

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	波纹钢板钢管混凝土组合框架结构体系技术研究及应用		
完成人	邹响, 王城泉, 李天祺, 陈明, 吴艺超		
完成单位	江南大学 上海欧本钢结构有限公司		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)	江南大学		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
江苏省住房和城乡建设厅	《装配式钢管混凝土大跨组合结构技术规程》编制与应用示范	2017年	2019.05.
江苏省自然科学基金-青年项目	新型预制钢管-波纹钢板混凝土组合柱的工作机理及设计方法研究	BK20180623	2021.06
校企合作项目	装配式新型钢管混凝土组合结构体系的性能研究	180026	2018.12
授权发明专利(项)	3	授权其他知识产权(项)	8
起止时间	起始: 2017年 06月	完成: 2020年 08月	

二、项目简介

本项目在国家大力推建筑产业化的背景下，针对建筑工程领域中的钢筋混凝土组合结构，提出一种新型预制装配式组合结构，实现了新技术对传统建筑产业的改造。

随着城市建设的不断发展，高层建筑的建设规模不断扩大，建筑物的高度和跨度不断增加，梁、柱所承受的荷载也越来越大，这就要求其具备更高的承载能力、更小的截面尺寸、更好的延性、更强的耐火性能及施工方便、经济高效等方面来满足建筑安全和使用要求。而传统的现浇混凝土结构需要大量的脚手架和人工，传统的钢框架结构用钢量大，预制混凝土结构的预制构件过重施工困难且结构整体的抗震性能和延性难以保证。

首次开展了波纹钢板钢管混凝土组合框架结构关键技术的研究，通过自主创新提出了波纹钢板-混凝土组合框架柱、波纹侧板-混凝土组合框架梁以及连接节点等成套技术，**实现主体施工全过程免模免支撑、有效缩短工期，节省建造成本，在过去2年内新技术的应用项目6项（其中云絮项目建造过程如下图所示），建造面积超过27.2万平米，节省成本5400万元。**



本项目研发过程密切结合“大力发展循环经济、实现可持续发展，建立资源节约型、环境友好型社会”的基本国策和“大力发展绿色建筑，研究推广新型、高效建筑建造技术，实现建筑业转型升级”的产业导向，以具有抗震性能好、力学性能优、构件截面小、节能环保等优点的波纹钢板钢管混凝土组合框架结构为研究对象，组织和开展了其设计、施工关键技术研究与应用，首次提出了波纹钢板钢管混凝土组合框架结构的设计方法，提高了工程质量、大大减少了施工工序、降低了施工难度和资源浪费，降低建造成本，为后续行业标准的发布提供了依据。

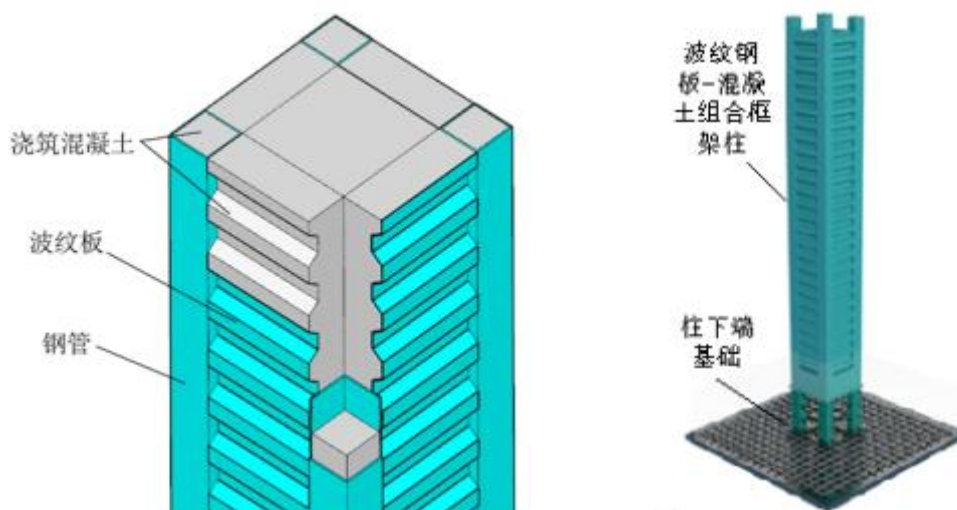
本项目相关技术目前已申请专利32项，其中已授权发明专利3项，发明专利实审21项；实用新型授权专利8项；发表高水平论文8篇，其中SCI论文3篇，EI论文2篇。

三、主要科技创新

在我国“大力发展循环经济、实现可持续发展，建立资源节约型、环境友好型社会”的基本国策下，“大力发展绿色建筑，研究推广新型、高效建筑建造技术，实现建筑业转型升级”已成为产业结构调整升级的主要导向。随着工业与物流仓储建筑结构的层数、载荷不断增长，需求不断增加，传统的现浇混凝土结构需要大量的脚手架和人工，传统的钢框架结构用钢量大，预制混凝土结构的预制构件太重，施工困难，因此本项目从建筑行业导向和市场迫切需求与发展出发，通过理论设计、试验研究、数值模拟分析、工程应用验证，对波纹钢板钢管混凝土组合框架结构体系设计、施工全过程关键技术进行系统研究。

一、创新点1：提出一种新型波纹钢板-混凝土组合框架柱

新型波纹钢板-混凝土组合框架柱（《波纹钢板组合框架结构技术规程》（T/CECS 709-2020）中简称甲壳柱）是由四角钢管与侧壁波纹钢板焊接形成多腔体钢框架，并在腔体内填充混凝土，组合成整体受力的钢-混凝土组合柱，构造如下图所示。



波纹钢板在较小的厚度下具有较高的屈曲强度和平面外刚度，合理地利用波纹钢板的特性可带来优越的力学性能和良好的经济效益。新型组合柱具有钢管混凝土柱和钢管约束混凝土柱的特征，有利于发挥材料之间的优势互补，实现构件的轻量化需求，体现“1+1+1>3”的组合效应；其含钢率略高于钢筋混凝土构件，远低于钢管混凝土构件的最小含钢率；截面四角的小钢管混凝土可为构件提供有效的压弯承载力和刚度，且能改善构件的抗震性能；布置在截面周边的横肋波纹钢板可为核心混凝土提供持续的侧向约束，还可为构件提供良好的抗剪承载力；并可用作浇筑核心混凝土的模板；此外，波纹钢板与钢管预先在工厂加工、制作，并焊接形成钢骨架，由于波

纹钢板具有良好的局部稳定性和侧向承载力，可保证钢骨架的运输和安装方便。可在重载、大跨结构中推广和应用，有望在降低成本、缩短工期、简化施工和节省用工等方面获得明显的经济和社会效益。

(1) 相关的专利:

- 1) 一种波纹侧板-方钢管混凝土柱的轴向承载力的计算方法(发明实审)(ZL201910624019.6);
- 2) 一种端部加劲的钢管混凝土柱(实用新型授权)(ZL201820974347.X);
- 3) 一种侧板加劲的钢管混凝土柱(实用新型授权)(ZL201920281406.X);
- 4) 一种内八角内浇混凝土组合柱(发明实审)(ZL202010281702.7);
- 5) 一种内设拉结板的组合结构柱(发明实审)(ZL202010173337.8);
- 6) 一种柱的横隔板及具有横隔板的柱子(发明实审)(ZL202010173330.6);
- 7) 一种四角钢管与波纹侧板及平侧板组合柱(发明实审)(ZL202010086298.8);
- 8) 柱与基础的连接结构及方法(发明实审)(ZL201910922227.4);
- 9) 上柱与下柱的连接方法及结构(发明实审)(ZL201910916697.X);
- 10) 一种柱及其制造方法(发明实审)(ZL201910845528.1);
- 11) 一种独立柱及施工方法(发明实审)(ZL201810011079.6);
- 12) 一种带十字加劲肋的捷约柱(发明实审)(ZL201810343021.1);
- 13) 一种带十字加劲肋的捷约柱(实用新型授权)(ZL201820543920.1);
- 14) 一种独立柱(实用新型授权)(ZL201820016659.X)。

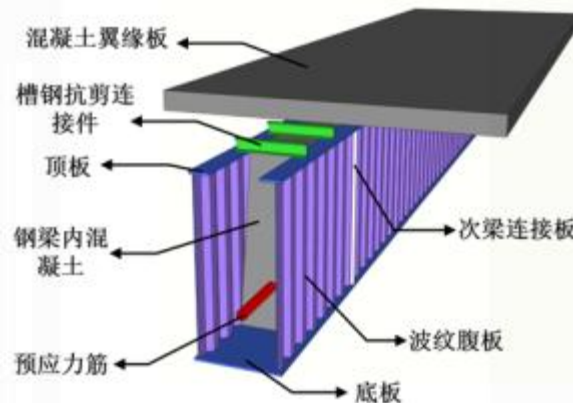
(2) 发表的相关论文:

- 1) Analysis of Mechanical Characteristics of Steel-Concrete Composite Flat Link Slab on Simply-Supported Beam Bridge (KSCE Journal of Civil Engineering, 2019.08);
- 2) Behavior of an Innovative Square Composite Column Made of Four Steel Tubes at the Corners and Corrugated Steel Batten Plates on all Sides (Advances in Civil Engineering, 2019.07);
- 3) Investigation on flexural behavior of a new-type composite column with steel angles (Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2020.08);
- 4) Ductility and ultimate capacity of concrete-filled lattice rectangular steel tube columns (SDHM Structural Durability and Health Monitoring, 2018.02);
- 5) 波纹侧板-方钢管混凝土柱轴压性能研究(建筑结构学报, 2020.06);

- 6) 高轴压比下波纹侧板一方钢管混凝土柱抗震性能试验研究（地震工程与工程震动，2020.08）；
- 7) 新型波纹缀板-方钢管混凝土组合柱轴压性能研究（实验力学，2020.06）。

二、创新点2：提出一种新型波纹侧板-混凝土组合框架梁

新型波纹侧板-混凝土组合框架梁（《波纹钢板组合框架结构技术规程》（T/CECS 709-2020）中简称甲壳梁）是由上、下翼缘及波纹钢腹板组成U形截面钢甲壳，内加普通钢筋混凝土的钢-混凝土组合梁，也可加配预应力钢筋形成预应力甲壳梁；优腹梁是两端为平腹板、中段为波纹腹板的H形钢梁，如下图所示。



新型组合梁由U形钢梁和混凝土组成，U形钢梁由两块波纹钢腹板、一块底部钢板和两块顶部钢板焊接形成。此外，在U形钢梁内部填充混凝土，并利用后张法张拉预应力钢绞线，用以增强梁的抗弯能力。用波纹钢腹板代替原先的直钢腹板，大大增加了钢板与混凝土的接触面积，能明显减少U形钢梁与混凝土之间的滑移，使两者协同工作。且经之前的研究发现外包钢-混凝土组合梁的抗剪承载力主要由腹板承担，本项目提出的组合梁采取竖放波纹腹板，与普通直钢板相比能明显提高组合梁的抗剪能力。故新型波纹侧板-混凝土组合框架梁施工便利，经济性好，有较好的发展前景。

（1）相关的专利：

- 1) 一种起波型钢-混凝土组合梁（发明授权）（ZL201910179952.7）；
- 2) 一种“L”型部分预制组合梁及其施工方法和应用（发明授权）（ZL201910167919.2）；
- 3) 一种起波箱梁（发明授权）（ZL201910179661.6）
- 4) 一种负弯矩作用下截面梁的抗弯承载力计算方法（发明实审）（ZL201911184101.8）；
- 5) 波纹侧板混凝土梁在正弯矩作用下的抗弯承载力计算方法（发明实审）（ZL201911184116.4）；
- 6) 一种外包波纹侧板混凝土组合梁的抗剪承载力计算方法（发明实审）（ZL201911185568.4）；

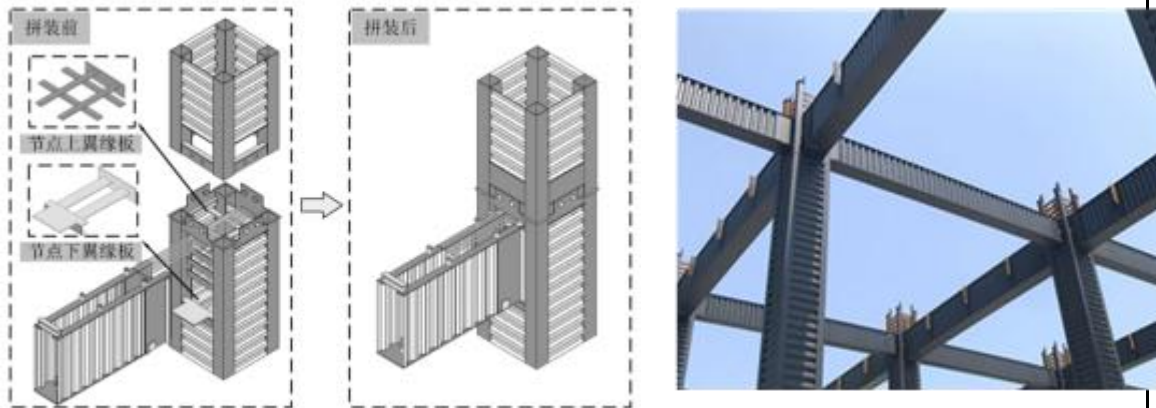
- 7) 一种计算外包波纹侧板混凝土组合梁的抗弯刚度方法（发明实审）（ZL201911240633.9）；
- 8) 一种起波型钢-混凝土组合梁（实用新型授权）（ZL201920299704.1）；
- 9) 一种“L”型部分预制组合梁（实用新型授权）（ZL201920281406.X）；
- 10) 一种钢波纹甲壳与预应力混凝土组合梁及其施工方法（发明实审）（ZL201810352165.3）；
- 11) 一种钢波纹甲壳与预应力混凝土组合梁（发明实审）（ZL201820558144.2）。

（2）发表的相关论文：

新型外包波纹钢-混凝土组合梁受弯性能数值分析研究（建筑钢结构进展，2020.08）。

三、创新点3：提出一种新型波纹板-钢管混凝土组合框架节点

柱在楼板上侧一定高度外分为上、下柱；为提高梁柱节点的整体性，在节点域内，下柱波纹钢在梁一侧转化为缀板，下柱与梁、楼板混凝土整体浇筑，使得梁、节点混凝土贯通。梁波纹钢在节点域内转化为直钢板。直钢板伸入柱内并搁置在柱节点域内，使得梁端剪力有效传递。通过焊机和高强螺栓等连接方式，对波纹钢混凝土组合框架结构中的梁柱进行连接，实现梁柱贯通的新型节点，具体如下图所示。



为保证梁在节点域内弯矩有效传递，将梁上、下翼缘转化为节点上、下翼缘板。在节点上、下翼缘非梁侧设锚固板，提高其与节点混凝土的粘结性能。新型组合节点构造形式简单、传力明确，并满足“强节点、弱构件”的抗震要求。通过波纹板-钢管混凝土组合框架节点的专项抗震试验，进一步验证了本项目首次提出的波纹板-钢管混凝土组合框架节点实现了了框架结构强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件的力学性能，在地震作用下具有良好的耗能能力，该节点设计方法具有广阔适用性和可靠性。

（1）相关的专利：

- 1) 一种方钢管混凝土柱与钢梁的节点连接装置（发明实审）（ZL202010311531.8）；
- 2) 一种钢-混凝土组合柱与梁的节点连接装置及其应用（发明实审）（ZL202010342279.7）；
- 3) 一种混凝土柱梁节点接头及其节点区钢套和施工方法（发明实审）（ZL201911240633.9）；
- 4) 一种梁柱连接节点结构（发明实审）（ZL201910990209.X）；
- 5) 一种柱及其与外部梁的连接方法（发明实审）（ZL201910841202.1）。

综上，波纹钢板钢管混凝土组合框架结构体系创造性地采用新型波纹钢板-混凝土组合框架柱、新型波纹侧板-混凝土组合框架梁和相应的节点构造，将波纹板、钢管与混凝土三者结合，形成受力合理、协同工作的新型预制构件，具有承载力高，延性好等优越性；波纹钢板既是模板支撑，又替代受力钢筋，施工全过程免模板免支撑，减少大量的人工和辅材，缩短建设工期；框架中科学地设置梁柱连接节点构造，既实现梁柱全贯通，又方便安装及施工，使得框架具有强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件的理想力学性能，地震作用下有良好的耗能能力。

本项目多项技术在国内外均为首创，查新报告的查新结果为国内外未见报道；上海市住房和城乡建设管理委员会科学技术委员会出具的《波纹钢板组合框架结构体系关键技术成果评估（鉴定）证书》技字2019-03-0204，以及中国工程建设标准化协会《波纹钢板组合框架结构技术规程》审查会会议中的权威专家对以上创新成果进行了鉴定，**结论为：达到国内领先、国际先进水平。**

通过多项实际工程应用验证了该体系比传统钢结构节约钢材30%~40%，有效降低建造成本；此外，比现浇钢筋混凝土框架结构缩短30%建设工期并节省50%以上的用工量；钢甲壳在工厂加工，现场安装，施工过程免模免支撑，有效减少施工阶段的安全隐患，保障劳动者的生命安全；在工程建设中，该体系能够节省70%以上的施工临时用地，节约土地资源。

综上，本项目创造性提出了新型波纹钢板-混凝土组合框架柱、新型波纹侧板-混凝土组合框架梁以及连接节点等成套技术，实现主体施工全过程免模免支撑、有效缩短工期，还节省了建造成本。这不仅丰富了我国的钢混组合结构体系，同时为波纹钢板钢管混凝土组合框架结构体系在我国的广泛应用提供有力保障，能够在一定程度上促进我国建筑的发展，推动行业科技进步，提高行业国际竞争力。

四、第三方评价

评 估 （ 鉴 定 ） 意 见

上海市住房和城乡建设管理委员会科学技术委员会于 2019 年 8 月 13 日组织召开上海欧本钢结构有限公司委托的《波纹钢组合框架结构体系》技术成果评估（鉴定）会，与会专家听取了课题组汇报，审阅了技术报告及相关文件，经认真讨论，形成如下评估（鉴定）意见：

1. 课题组提交的资料齐全，内容翔实，符合评估（鉴定）要求。
2. 课题组创造性地将波纹钢板、钢管（板）、混凝土有效组合，形成受力合理、协同工作的新型装配式组合构件甲壳柱、甲壳梁，并通过设置新型的梁柱节点构造，实现了框架结构强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件的力学性能，在地震作用下具有良好的耗能能力。
3. 课题组通过试验研究和理论分析，提出了甲壳柱及甲壳梁的计算公式，为波纹钢组合框架结构的设计提供了理论依据。
4. 波纹钢板组合框架结构构件型式新颖，节点安装便捷，施工免模板免支撑，是一种新型的装配式框架结构型式；通过示范项目的实践应用，体现了较好的安全性、适用性、经济性及施工便捷性，具有良好的经济效益及社会效益；可广泛应用于工业及民用建筑，尤其适合大跨重载的仓储建筑。

鉴定委员会认为，该项目成果具有创新性、实用性和经济性，总体达到国内领先水平，一致通过成果鉴定。

1. 项目名称改为“波纹钢板组合框架结构系统”。
2. 课题组进一步完善技术体系，突出系统性和整体性。
3. 设计参数可参照《钢管混凝土结构技术规范》(GB 50936)及《组合结构设计规范》(JGJ138)，弹性层间位移角可控制在 1/350 以内，弹塑性层间位移角可控制在 1/50 以内。

评估（鉴定）委员会主任：汪大绥

副主任：高承勇

2019 年 8 月 13 日

评 估（鉴 定）委 员 会 名 单

序号	评估会职务	姓 名	工 作 单 位	所学专业	现从事专业	职 称	签 名
1	主 任	汪大绥	华东建筑设计研究院有限公司	结构工程	抗震、结构	勘察设计大师	汪大绥
2	副主任	高承勇	上海华建集团	结构工程	结构	教高工	高承勇
3	委 员	瞿 苹	中船第九设计研究院工程有限公司	结构	结构	教高工	瞿苹
4	委 员	汪 瑾	上海市机电设计研究院有限公司	工程结构	抗震	教高工	汪瑾
5	委 员	路志浩	上海市宝钢建筑工程设计有限公司	结构	钢结构	高工	路志浩
6	委 员	梁淑萍	上海建筑工程咨询有限公司	结构	结构	教高工	梁淑萍
7	委 员	吴宏磊	同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司	结构	结构	高工	吴宏磊

西南医药温控枢纽中心项目

“捷约”预制装配框架系统可行性论证会专家意见

2019年1月16日下午，经星泓（重庆）生物科技发展有限公司在重庆市组织召开了“西南医药温控枢纽中心项目”的“捷约”预制装配框架系统可行性论证会，专家组听取了技术提供方上海欧本钢结构有限公司的汇报，查阅了相关资料，并质询讨论，形成如下意见：

1. “捷约”预制装配框架系统采用新型组合梁（甲壳梁），甲壳梁由上下钢板翼缘、双波纹腹板组成钢甲壳，内设预应力钢绞线，并通过浇筑混凝土形成钢-混凝土组合梁。构件形式新颖、节点安装便捷，免模免支撑，是一种全新的装配式框架结构构件。

2. 完成了甲壳梁的弯、剪受力性能试验、理论分析和有限元模拟，提出了甲壳梁的受弯承载力和受剪承载力计算公式。

3. 完成了甲壳梁-现浇钢筋混凝土柱节点的单调加载下的数值分析，结果表明该节点形式构造合理，具有良好的承载力性能。

4. 西南医药温控枢纽中心项目拟采用现浇柱、甲壳梁“捷约”预制框架系统，结构形式合理，安全可行。

综上所述，专家组一致同意通过本次可行性评审。

建议：

1. 进一步明确栓钉布置构造要求。
2. 补充完善梁柱节点试验，深入研究节点抗震性能。
3. 根据本次评审意见编制相关技术规定，供施工图设计和审查时参考。

专家组组长：

周绪红

成员：

徐吉
张子竹
邓坤
杨晓
曹

2019年1月16日

“捷约”预制装配框架系统专家论证意见

- 1、“捷约”预制装配框架系统采用新型组合柱（捷约柱）和组合梁（甲壳梁）。捷约柱由四角钢管、波纹腹板构成，并通过浇筑混凝土形成钢管混凝土组合柱，甲壳梁由波纹腹板、钢板底板及预应力钢绞线构成。“捷约”预制装配框架系统的构件形式新颖，节点安装便捷，节省模板和免支撑，是一种全新的装配式框架结构体系。
- 2、完成了捷约柱的轴压、偏压、抗弯、抗剪试验以及有限元的对比分析，提出了捷约柱设计的运用公式，研究数据翔实、研究方法和手段完善、计算公式为构件的设计提供了理论依据。
- 3、完成了甲壳梁的弯、剪受力的理论分析和有限元研究，提出了甲壳梁的抗弯、抗剪计算公式，为甲壳梁的设计提供了理论依据。
- 4、完成了框架节点的四周往复荷载下的数值分析，结果表明该体系具有良好的抗震性能。
- 5、“同华”项目所采用的“捷约”预制框架系统，采用了“捷约柱”、甲壳梁和屈曲约束支撑，结构模型合理，传力路径清晰，并考虑了施工上的便捷性和经济性，该体系可以有效控制层间位移比，梁柱截面应力和变形，方案经济适用、安全可靠。

综上，专家组同意本次评审，予以通过。

专家建议：

- 1、甲壳梁下翼缘板面适当增设栓钉。
- 2、套箍系数的公式建议给出取值区间，设计单位根据实际工程情况取值。
- 3、捷约柱的混凝土密实度应在设计文件中提出检测要求。

专家签字：

汪大绥

徐灵通

曹顺刚

李强

陈庆海

邵明

郑德敏

郑建勋

2018年6月14日



二、专家建议：

1. 结构阻尼比建议取值 4%；
2. 二、三层刚度突变，建议用时程分析法补充计算；
3. 建议“捷约”框架结构的弹性层间位移角限值取 $1/350$ ，大震弹塑性层间位移角限值取 $1/70$ ；
4. 楼梯间位于悬挑区域，建议将楼梯间所在区间的梁柱内力放大 1.2 倍进行设计，同时，梯段一端采用滑动支座。

结论： 可行 不可行

承诺：本人根据填表说明要求，在认真审阅方案，了解相关情况后，本着客观、公正、观点鲜明、针对性强的原则，填写论证意见。

专家签名：

2019年07月26日

王琦 邵明 郭欣 杜磊 徐灵通

汪建 胡长松

中国工程建设标准化协会标准
《波纹钢组合框架结构技术规程（送审稿）》
审查会会议纪要

中国工程建设标准化协会钢结构专业委员会于 2020 年 3 月 29 日在北京采用视频会议形式主持召开了《波纹钢组合框架结构技术规程（送审稿）》（以下简称《规程》）审查会。参加会议的有主管部门中国工程建设标准化协会领导、有关单位的专家和编制组全体成员（见附件 1）。会议组成了以周绪红院士为组长，全国勘察设计大师汪大绥、李国强教授为副组长的审查专家组（见附件 2）。审查专家组认真听取了编制组对《规程》编制情况介绍和有关技术内容说明，对《规程》内容进行了逐条审查，形成意见如下：

一、《规程》符合工程建设标准编写的规定，送审资料齐全。

二、《规程》编制组经过深入调查研究，大量试验分析，认真总结工程实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，形成本《规程》送审稿。《规程》的编制对波纹钢板组合框架结构的设计、制作、安装及验收具有指导意义，为波纹钢板组合框架结构的应用提供了依据。

三、《规程》采用波纹钢板与混凝土组合，提出了波纹甲壳组合柱、波纹甲壳组合梁、预应力甲壳梁以及连接节点等成套技术，明确了新型波纹钢板组合框架结构体系的设计、制作与施工、质量验收方法，技术内容科学合理、可操作性强，与现行相关标准相协调，达到国际先进水平。

四、审查专家组一致同意《规程》通过审查，并提出以下主要修改意见：

1. 《规程》名称修改为《波纹钢板组合框架结构技术规程》。
2. 建议对结构适用高度、高宽比、抗震等级、甲壳柱含钢率进行深入研究，补充有关规定。
3. 补充甲壳柱的二阶弯矩计算内容。

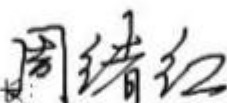
其他审查意见详见《审查意见汇总表》（见附件 3）。

建议编制组按审查会意见修改完善，尽快形成《规程》报批稿，按程序上报、审批、发布。

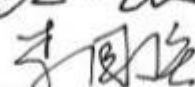
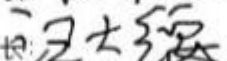
附件：

1. 中国工程建设标准化协会标准《波纹钢组合框架结构技术规程》(送审稿) 审查会议代表名单
2. 中国工程建设标准化协会标准《波纹钢组合框架结构技术规程》(送审稿) 审查专家组签字名单
3. 中国工程建设标准化协会标准《波纹钢组合框架结构技术规程》(送审稿) 审查意见汇总表

审查专家组组长：



审查专家组副组长：



2020年3月29日


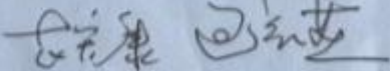
抄报：中国工程建设标准化协会

《装配式钢管混凝土大跨组合结构技术规程》

编制与应用示范课题验收意见

2019年5月23日,江苏省住建厅设计处在南京组织召开《装配式钢管混凝土大跨组合结构技术规程》编制与应用示范课题验收会。验收专家听取了课题组的汇报,经质询和讨论,形成验收意见如下:

1. 提供的验收资料完整,符合验收要求。
 2. 建议改名为《波纹钢组合框架结构技术标准》。
 3. 课题组完成了波纹侧板钢管混凝土柱和波纹缀板钢管混凝土柱的轴压、偏压、抗弯、抗剪和抗震性能的试验和理论研究,并提出了相应的设计方法和计算公式。
 4. 课题组进行了外包波纹钢-混凝土组合梁和节点的静力和抗震性能的研究,并提出了相应的设计方法和计算公式。
 5. 课题组根据研究成果编制了《波纹钢组合框架结构技术标准》初稿,并在上海同华冷库等三个项目中得到了应用。
- 专家组一致同意课题通过验收。

专家组签字:  侯善民


2019年5月23日

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

（1）上海同华储运有限公司洋山保税港区大宗/特色商品交易枢纽项目，工程总建筑面积为80919m²。该工程项目建设地点位于上海市浦东新区洋山保税区内，北临海旺路，东接洋浩路，南临扬帆路，西靠汇港路。该工程建筑类型为工业仓储，采用甲壳柱-甲壳梁-屈曲约束支撑框架结构，用钢量100kg/m²，与传统钢结构相比节约钢材41%，总造价节省约2000万元。该工程建设单位为上海欧本钢结构有限公司，上部结构于2019年4月开始现场安装，2019年11月结构主体完工。

（2）上海云契物联网科技有限公司云契科技物流中心项目，工程总建筑面积为28655m²。该工程项目建设地点位于上海市外高桥保税区日樱北路及华京路路口。该工程建筑类型为工业仓储，采用甲壳柱-甲壳梁-轻钢屋面框排架结构，用钢量72kg/m²，与传统钢结构相比节约钢材40%，总造价节省约600万元。该工程建设单位为上海欧本钢结构有限公司，上部结构于2019年9月开始现场安装，2019年12月结构主体完工。

（3）上海天弩食品有限公司新建厂房项目，工程总建筑面积为31308m²。该工程项目建设地点位于上海市青浦区。该工程采用甲壳柱-钢梁框架结构，用钢量65kg/m²，与传统钢结构相比节约钢材36%，总造价节省约700万元。该工程建设单位为上海欧本钢结构有限公司，上部结构于2020年4月开始安装，2020年7月结构主体完工。

（4）南通欧本城市安全研发中心及生产基地项目，工程总建筑面积为21292m²。该工程项目建设地点位于南通市开发区江海路北、通顺路东。该工程采用甲壳柱-钢梁框架结构，与传统钢结构相比节约钢材30%，总造价节省约100万元。该工程建设单位为上海欧本钢结构有限公司，上部结构于2019年12月开始现场安装，2020年1月结构主体完工。

（5）金山西圣宇轨交机器人智能交付中心建设项目，工程总建筑面积为48219m²。该工程项目建设地点位于上海市金山区廊下镇漕廊公路。该工程采用甲壳柱-甲壳梁-轻钢屋面框排架结构，用钢量65kg/m²，与传统钢结构相比节约钢材39%，总造价节省约800万元。该工程建设单位为上海欧本钢结构有限公司，上部结构于2020年6月正式开工，计划2020年10月上部结构完工。

（6）伽蓝集团上海生产基地新建项目，工程总建筑面积为61000m²。该工程项目建设地点位于上海市奉贤区。该工程采用甲壳柱-优腹梁框架结构，用钢量69kg/m²，与传统钢结构相比节约钢材34%，总造价节省约1200万元。该工程建设单位为上海欧本钢结构有限公司，上部结构于2020年6月开始现场安装，计划2020年12月结构主体完工。

2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额（万）	新增利润（万）
2018年			6120	489.6
2019年			9900	792
2020年			14250	1140
累 计			30270	2421.6
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>新增销售额数据来源合作单位上海欧本钢结构有限公司采用本项目技术的工程项目合同金额；利润率为近年财务审计报告利润率折算，约 8%，新增利润=新增销售额×利润率。</p> <p>核算方法为：2018 年本项目产品用钢 6000 吨，节约用钢 480 吨，本年度钢材价格 1.02 万 / 吨，新增效益为 480×1.02=489.6 万元；2019 年本项目产品用钢 10000 吨，节约用钢 800 吨，本年度钢材价格 0.99 万 /吨，新增效益为 800×0.99=792 万元；2020 年本项目产品用钢 15000 吨，节约用钢 1200 吨，本年度钢材价格 0.95 万 /吨，新增效益为 1200×0.95=1140 万元。本项目技术所编制的《波纹钢板组合框架结构技术规程》（T/CECS 709-2020）已经正式发布，2020 年 12 月 1 日规程实施后，每年应用的工程项目建筑面积预计不少于 200 万平方米，每年节约工程成本 2 亿元以上。</p>				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>项目成果提高施工效率、节约建筑材料、降低建造成本、保证工程质量，比传统钢结构节约钢材 30%~40%，节省材料，有效降低建造成本；比现浇钢筋混凝土框架结构缩短 30% 建设工期并节省 50% 以上的用工量；钢甲壳在工厂加工，现场安装，施工过程免模免支撑，有效减少施工阶段的安全隐患，保障劳动者的生命安全。有利于推动建筑工业化进程，促进我国建筑产业绿色、高效发展。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>1. 波纹钢板混凝土组合框架结构体系与传统钢结构节约钢材 30%~40%，项目成果且大幅度脚手架的搭设、模板的安装等工序，有效减少水电煤等能源及人工消耗、减少扬尘、噪音等环境污染与破坏。</p> <p>2. 波纹钢板混凝土组合框架结构体系能够节省 70% 以上的施工临时用地，节约土地资源。</p>				

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作 者	备 注
1	Analysis of Mechanical Characteristics of Steel-Concrete Composite Flat Link Slab on Simply-Supported Beam Bridge/KSCE Journal of Civil Engineering	2019.08.22	Chengquan Wang ; Yonggang Shen; Yun Zou; Yizhou Zhuang; Tianqi Li	KSCE JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING/ 2019, VOL. 23, NO. 8, 3571–3580/ SCI, 工程技术 4 区, IF=1.428
2	Behavior of an Innovative Square Composite Column Made of Four Steel Tubes at the Corners and Corrugated Steel Batten Plates on all Sides/ Advances in Civil Engineering	2019.07	Chengquan Wang ; Yun Zou ; Jinxin Kang; Yuan Zhou,; Ming Chen ; Yichao Wu	ADVANCES IN CIVIL ENGINEERING/2019 / SCI, 工程技术4区, IF=1.104
3	Investigation on flexural behavior of a new-type composite column with steel angles/Journal of Asian Architecture and Building Engineering	2020.08.10	Jie Ding ; Yun Zou; Cheng-Quan Wang; Hang-Fei Zhou & Tian-Qi Li	JOURNAL OF ASIAN ARCHITECTURE AND BUILDING ENGINEERING/ 2020, VOL. 19, NO. 5, 458–479/ SCI, 工程技术4区, IF=0.384
4	波纹侧板-方钢管混凝土柱轴压性能研究/建筑结构学报	2020.06.04	康金鑫; 邹昀; 王城泉; 吴艺超; 陈明	建筑结构学报/ 2020, VOL. 41, NO. 7, 146–153 /EI
5	新型外包波纹钢-混凝土组合梁受弯性能数值分析研究/建筑钢结构进展	2020.08.10	钱慧超; 邹昀; 王城泉; 曹岚; 谢梦洁; 陈明; 吴艺超	建筑钢结构进展/ 网络首发/CSCD

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种起波型钢-混凝土组合梁	中国	CN109763603B	2020.08.04	ZL201910179952.7	江南大学	邹昀;周渊;丁杰等
2	发明	一种“L”型部分预制组合梁及其施工方法和应用	中国	CN109736509B	2020.02.18	ZL201910167919.2	江南大学	邹昀;康金鑫;李天祺等
3	发明	一种起波箱梁	中国	CN109763415B	2020.01.14	ZL201910179661.6	江南大学	邹昀;周渊;李天祺等
4	发明	一种方钢管混凝土柱与钢梁的节点连接装置(实审)	中国	CN111379334B	2020.07.07	ZL202010311531.8	江南大学	邹昀;缪嘉炜;郑申鸽等
5	发明	一种负弯矩作用下截面梁的抗弯承载力计算方法(实审)	中国	CN110990922B	2020.04.10	ZL201911184101.8	江南大学	邹昀;郑申鸽;钱慧超等
6	发明	波纹侧板混凝土梁在正弯矩作用下的抗弯承载力计算方法(实审)	中国	CN111046461B	2020.04.21	ZL201911184116.4	江南大学	邹昀;夏雨;钱慧超等
7	发明	一种外包波纹侧板混凝土组合梁的抗剪承载力计算方法(实审)	中国	CN110889159B	2020.03.17	ZL201911185568.4	江南大学	邹昀;谢梦洁;王城泉等
8	发明	一种波纹侧板-方钢管混凝土柱的轴向承载力的计算方法(实审)	中国	CN110276165B	2019.9.24	ZL201910624019.6	江南大学	邹昀;甘宁;王城泉等
9	发明	一种钢-混凝土组合柱与梁的节点连接装置及其应用(实审)	中国	CN111502034B	2020.08.07	ZL202010342279.7	江南大学	邹昀;时建新;郑申鸽等
10	发明	一种混凝土柱梁节点接头及其节点区钢套和施工方法(实审)	中国	CN110924538B	2020.03.27	ZL201911240633.9	江南大学	邹昀;时建新;康金鑫等

11	发明	一种计算外包波纹侧板混凝土组合梁的抗弯刚度方法(实审)	中国	CN111611642B	2020.09.01	ZL202010455729.3	江南大学	邹昀;时建新;康金鑫等
12	实用新型	一种起波型钢-混凝土组合梁	中国	CN209670190U	2019.11.22	ZL201920299704.1	江南大学	邹昀;周渊;丁杰等
13	实用新型	一种“L”型部分预制组合梁	中国	CN210767500U	2020.06.16	ZL201920281406.X	江南大学	邹昀;康金鑫;李天祺等
14	实用新型	一种端部加劲的钢管混凝土柱	中国	CN208884846U	2019.05.21	ZL201820974347.X	江南大学	邹昀;钱慧超;王城泉等
15	实用新型	一种侧板加劲的钢管混凝土柱	中国	CN208884845U	2019.05.21	ZL201920281406.X	江南大学	邹昀;钱慧超;王城泉等
16	实用新型	一种拉拔试验连接装置	中国	CN210376088U	2020.04.21	ZL201920664856.7	江南大学	王城泉;董腾方;邹昀等
17	发明	一种内八角内浇混凝土组合柱(实审)	中国	CN111335545A	2020.06.26	ZL202010281702.7	上海欧本钢结构有限公司	陈明
18	发明	一种内设拉结板的组合结构柱(实审)	中国	CN111206718A	2020.05.29	ZL202010173337.8	上海欧本钢结构有限公司	陈明
19	发明	一种柱的横隔板及具有横隔板的柱子(实审)	中国	CN111206717A	2020.05.29	ZL202010173330.6	上海欧本钢结构有限公司	陈明
20	发明	一种四角钢管与波纹侧板及平侧板组合柱(实审)	中国	CN111139974A	2020.05.12	ZL202010086298.8	上海欧本钢结构有限公司	陈明
21	发明	一种波纹钢板钢管混凝土组合框架结构系统及应用(实审)	中国	CN110747996A	2020.02.04	ZL201911196079.9	上海欧本钢结构有限公司	陈明
22	发明	一种梁柱连接节点结构(实审)	中国	CN111335484A	2020.06.26	ZL201910990209.X	上海欧本钢结构有限公司	陈明;吴艺超

23	发明	柱与基础的连接结构及方法（实审）	中国	CN110644621A	2020.01.03	ZL201910922227.4	上海欧本钢结构有限公司	陈明
24	发明	上柱与下柱的连接方法及结构（实审）	中国	CN110644620A	2020.01.03	ZL201910916697.X	上海欧本钢结构有限公司	陈明
25	发明	一种柱及其制造方法（实审）	中国	CN110552463A	2019.12.10	ZL201910845528.1	上海欧本钢结构有限公司	陈明
26	发明	一种柱及其与外部梁的连接方法（实审）	中国	CN110552462A	2019.12.10	ZL201910841202.1	上海欧本钢结构有限公司	陈明
27	发明	一种独立柱及施工方法（实审）	中国	CN108086592A	2018.05.29	ZL201810011079.6	上海欧本钢结构有限公司	陈明
28	发明	一种带十字加劲肋的捷约柱（实审）	中国	CN108316558A	2018.07.24	ZL201810343021.1	上海欧本钢结构有限公司	陈明
29	发明	一种钢波纹甲壳与预应力混凝土组合梁及其施工方法（实审）	中国	CN108316554A	2018.07.24	ZL201810352165.3	上海欧本钢结构有限公司	陈明
30	实用新型	一种钢波纹甲壳与预应力混凝土组合梁	中国	CN208415690U	2019.01.22	ZL201820558144.2	上海欧本钢结构有限公司	陈明
31	实用新型	一种带十字加劲肋的捷约柱	中国	CN208815772U	2019.05.03	ZL201820543920.1	上海欧本钢结构有限公司	陈明
32	实用新型	一种独立柱	中国	CN207944630U	2018.10.09	ZL201820016659.X	上海欧本钢结构有限公司	陈明

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	超大面积预应力排架展馆施工关键技术研究		
完成人	耿裕华、张建忠、钱国新、徐卓、季克建、魏晓东、张昕、张卫国、徐亮亮、李新颜、程杨		
完成单位	南通四建集团有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	南通市住房和城乡建设局		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
企业自选	超大面积预应力排架展馆施工 关键技术研究		2016.11.10
授权发明专利（项）	5项	授权其他知识产权（项）	4项
起止时间	起始：2015年8月5日	完成：2016年11月10日	

二、项目简介

(限1200字)

珠海航展中心新建主展馆工程由珠海市政府投资兴建，总建筑面积 75249m²，平面呈矩形 550m×109m，总高 25m。地上一层，局部二层，局部地下一层。预应力混凝土管桩基础，双跨预应力钢筋混凝土排架柱+钢结构网架屋盖结构。

本项目针对珠海航展中心新建主展馆工程施工进行技术研究，由总工室、华南总部技术人员和项目部共同组成超大面积预应力排架展馆整体施工关键技术研究课题组，本课题主要应用于预应力排架展馆整体施工管理、预应力柱群施工、早强型自密实混凝土配合比和施工，超大面积钢网架液压提升以及机电系统与螺栓球网架一体化液压提升等施工领域。

主要研发的内容如下：

- ① 早强型自密实混凝土配合比和施工技术；
- ② 预应力排架群循环施工技术；
- ③ 超大面积钢网架液压提升技术；
- ④ 机电系统与螺栓球网架一体化液压提升技术。

研发技术主要特点：

- ① 排架展馆预应力自密实混凝土柱群循环作业技术

排架+钢结构屋盖网架是国内外大型、超大型展馆的基本结构形式，因本项目应用工程之一所在地“珠海”常年受台风影响，为加强展馆整体的抗台风能力，设计单位在排架混凝土结构上增加了预应力，提高整个排架的刚度，使其能够抵抗 17 级台风，但也给排架的整体施工增加了较大的难度。

由于预应力排架柱内部钢筋密集，研发小组放弃普通混凝土+机械振捣的施工模式，采用自密实混凝土进行浇筑，并通过优化现有自密实混凝土配比技术，使其具有早强性能，7 天强度达到设计强度的 90%，为整个预应力柱后张拉法的施工节约了时间，也为整个展馆排架群实现循环施工奠定了基础。该技术对于未来我国建设超大面积预应力排架展馆具有指导意义。

- ② 基于 BIM 的超大面积网架液压提升精度控制与安全预警系统

传统的钢屋盖网架液压提升技术较为成熟，但本研发中，应用工程钢网架拼接以螺栓球为主，不仅单片网架面积超大（184m*107m），而且重量超过（1800t），超过以往工程实例。为了保证提升过程精度和安全，研发小组提出利用 BIM 技术对网架提升的精度和安全进行控制和预警，并开发了一套 BIM 的钢结构网架液压提升精度控制和安全预警系统。这套系统相关研究在全球范围也罕见，充分保证了液压提升施工的精度和稳定。

- ③ 机电系统与螺栓球网架一体化液压提升技术

传统的钢结构网架施工采用高空散装法，其后再安装机电综合管线系统（以下简称 MEP），费时费力。而且，工人长期高空作业，加上夏日施工日均温度较高，极易出现安全事故。应用工程从开工之初就确定采用钢网架液压提升技术，在研究中研发小组提议：钢结构网架与 MEP 系统同步提升，这可避免重复支模，并降低劳动强度。研发小组在进行超大面积钢屋盖网架液压整体提升有限元分析时，进一步探讨了加载 MEP 系统后，网架竖向变形对 MEP 材质的影响，进而确定了合理的 MEP 系统安装方案，大大缩短了 MEP 系统安装的周期，为整个展馆按期完成施工任务奠定了基础。

三、主要科技创新

鉴于“超大面积预应力排架展馆关键施工技术研发及产业化”项目，南通四建集团有限公司组建研发小组，从早强型自密实混凝土配合比和施工技术，预应力排架循环施工、超大面积钢网架液压提升以及机电系统与螺栓球网架一体化液压提升几个方面，在珠海航展中心新建主展馆工程现场施工中，一边研发一边实践；后期在承接的南通国际会展中心工程现场施工中进行产业化推广，保证质量安全的前提下，提高了施工效率，保证现场施工的合理、有序，为后续施工创造空间，研发成果充分体现了技术先进性和应用性。

研发小组根据拟定的技术路线，总结出了以下四项的科技创新内容：

一、早强型自密实混凝土配合比和浇筑技术

本研究项目通过自密实混凝土配合比计算，再经过试验室试验、现场浇筑试验，总结出成套的早强型自密实混凝土配比和浇筑技术，在短期内满足预应力后张拉法施工要求，该技术在全球相关领域具有创新性。

(1) 初定试验配合比

根据结构设计要求（即预应力结构中混凝土强度设计标准为 C45）以及自密实混凝土 7 天抗压强度需大于设计标准的 90%。经过现场施工实践，确定的混凝土配合比范围，找出满足设计和施工要求的自密实混凝土最优配合比。

(2) 根据计算，确定试验用配合比，具体如下：

- ① 水泥 405 kg/m³；② 减水剂 10.2 kg/m³；③ 砂 720 kg/m³；④ 石子 960 kg/m³；
- ⑤ 水 158 kg/m³；⑥ 粉煤灰 75 kg/m³。

采用该配合比生产的自密实混凝土不仅能够满足现场复杂结构形式浇筑的要求，而且 7 天抗压强度能够满足后张拉法施工的要求，28 天抗压强度也满足设计标准。

为了确保早强型自密实混凝土柱的浇筑质量，研发小组首先在场外进行了试验。通过现场试验，掌握了整个早强型自密实混凝土浇筑的关键工艺。具体如下：

- ① 柱模板采用定型钢模板拼装，加固，并涂刷脱模剂；
- ② 针对应用工程所在地天气条件，选择无雨天气浇筑；
- ③ 浇筑前柱底用商品砂浆接浆，砂浆所用水泥、细骨料、外加剂的配合比必须与自密实混凝土所用相同；

- ④ 采用窜筒均匀灌注混凝土（窜筒采用直径为 10cm 的不锈钢管制作，漏斗为 30 公分）；

⑤ 浇捣时将窜筒设置于柱内测，灌入（50~70cm）混凝土以后用振动棒边插边拔边振，稍作振捣（5~10s）排出柱内混凝土中的气泡；振捣后拔出振动棒再浇灌（50~70cm）混凝土，柱体灌满后在插入振动棒至中间部位以下 500~800mm 边拔边振捣，使柱混凝土中的气泡排出，柱顶补足、排气、收平；

⑥ 对振动棒无法插入的部位，用木槌敲击模板、钢柱、钢筋或外置震动器等辅助手段，使柱内混凝土体产生震动波，促使气泡排出即可；

- ⑦ 清除柱顶部浮浆，用土工布或塑料布覆盖。

通过早强型自密实混凝土配合比研究，研制出满足预应力排架施工的自密实混凝土是本课题关键技术研究创新之一。

二、预应力排架展馆循环施工技术

应用工程之一珠海航展中心新建主展馆预应力排架结构复杂，且柱截面包含 1200mm*1400mm，1400mm*1400mm，1500mm*1500mm 三种规格截面，共 72 根，最大柱高 15m，对于整个施工工序的流水作业影响极大。在早强型自密实混凝土基础上，研发小组通过对比试验，提炼出预应力排架展馆循环施工方法。通过该技术，项目部可以在最小的人力、设备投入下以最快的速度完成整个排架的施工，并为后续的钢结构、机电系统的施工创造空间条件。

研发小组充分分析了脚手架，绑扎钢筋（波纹管、预埋件）、支模、混凝土浇筑、拆模、养护、张拉的时间分配，结合后续的钢结构屋盖网架液压提升施工方案提出应用于预应力混凝土排架群的循环施工方法。

预应力柱群循环施工基本流程如下：

(1) 根据施工图的要求，确定流水批次，确保每一批次不同截面预应力柱规格相似，钢模可以循环利用；

(2) 根据施工图和流水批次，选用相应的定型钢模；

(3) 采用自密实混凝土取代普通混凝土，进行浇筑；

(4) 一根柱分两节浇筑，上半节包含柱身和柱头；

(5) 在钢模板拆除后，对预应力柱覆膜，浇水养护，浇筑完 7 天后开始进行预应力后张拉法施工，但养护仍不能停止，直至浇筑完 2 个星期以上；

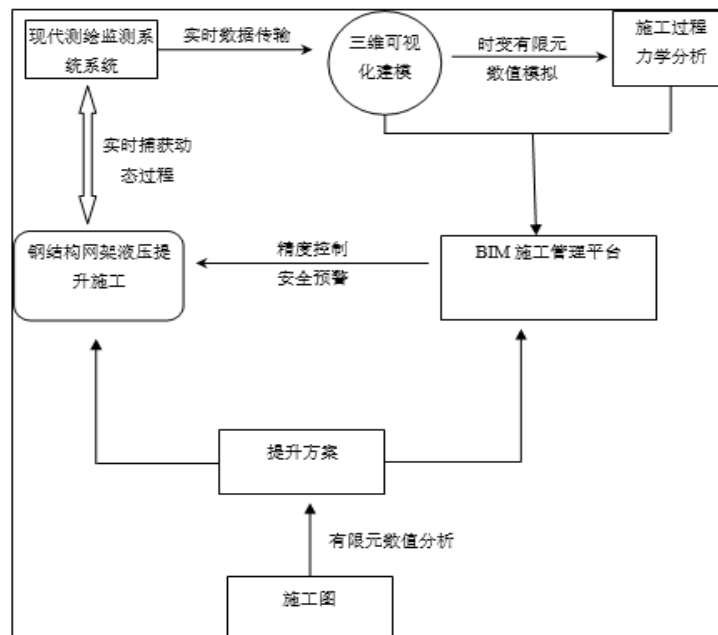
(5) 在后张拉法施工后，对柱体最有可能出现裂缝位置进行监测，防止结构破坏；

(6) 在第一轮柱群浇筑自密实砼的同时，第二轮次柱群开始搭设脚手架、钢筋绑扎、波纹管安装；第一轮柱群自密实混凝土浇筑完第二天，钢模板便可拆卸，流转至第二轮次；第一轮次自密实混凝土浇筑完第三天，第二轮钢筋绑扎、波纹管安装完毕，钢模开始支模，第一轮次柱群混凝土强度达到设计标准的 90%时（大致为浇筑后 7~8 天），可进行预应力后张拉法施工。

在早强型自密实混凝土基础上，能够实现超大面积预应力排架展馆循环流水施工、有效控制人力、设备投入，提高施工效率的施工技术是本课题关键技术研究创新之二。

三、超大面积钢网架液压提升技术

超大面积螺栓球钢屋盖网架提升技术研究从“液压提升有限元分析与方案制订”、“基于 BIM 的液压提升精度控制”以及“BIM-FEM 时变有限元安全预警”三个方面，展开一系列的研发和探索。该套基于 BIM 的钢结构网架液压提升精度控制与安全预警系统是钢结构液压全自动提升技术的基础理论与实践，对于提高钢结构自动化施工具有参考意义（见图一）。



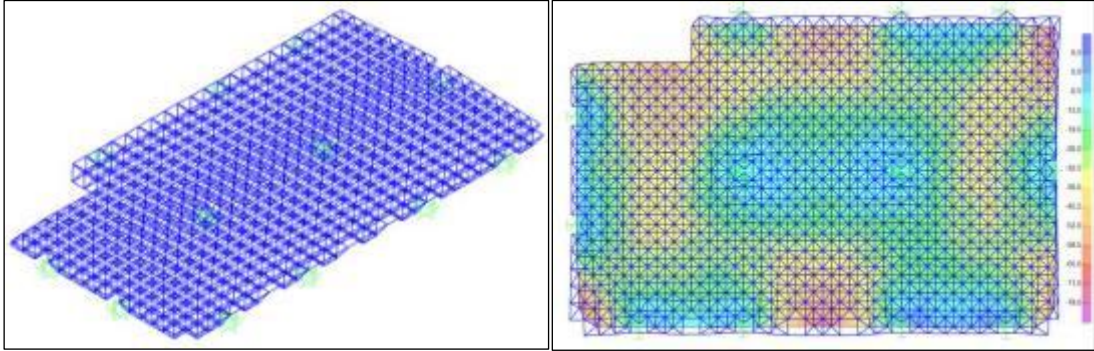
图一 钢结构屋盖网架液压整体提升技术路线图

(1) 液压提升有限元分析与方案制订

我司依据以往工程实例提出整体提升的初步方案，包括液压机器人的基本性能、平面布置等；再根据初步提升方案，进行钢结构屋盖网架整体提升数值模拟研究，内容包括提升装置所受的吊点反力、网架节点最大竖向位移，网架杆件应力比、提升装置的受力特征以及吊点临时球、管系统的受力特征（见图二）。

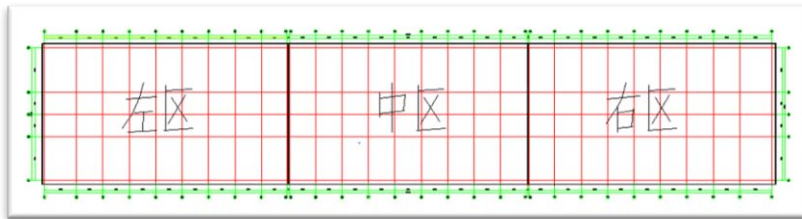
整个提升部分及支架采用通用结构分析软件 SAP2000 进行计算，节点分析采用 Solidworks 建

模，Workbench 进行分析。根据设计要求和施工图，在确定液压提升吊点平面布置，并建立钢结构屋盖网架整体液压提升数学模型后计算各个液压机器人所受的吊点反力。经分析，网架节点竖向位移，吊点附近的网架节点竖向上挠，最大不超过 6.5mm，没有吊点分布区域的网架节点竖向下挠，最大幅度约-78mm（见图三）；经分析，提升过程中的临时球、管系统受力特征，提升下吊点节点最大应力为 197MPa，最大相对变形为 5.3mm。节点位移的幅度及临时球、管系统受力均在弹性形变范围之内。



图二 钢结构屋盖网架整体液压提升数学模型 图三 竖向位移云图（左区，-78.06mm~7.05mm）

整个网架采用分块分区提升的方式，我司对提升的区域进行命名划分，提升范围主要为展馆屋盖钢网架除与支座相连的杆件外的全部钢网架结构，包括檩条、马道、天窗结构等，根据结构伸缩缝位置将网架划分为 3 个提升区域（见图四），提升方案的流程简述如下：



图四 网架分区示意图

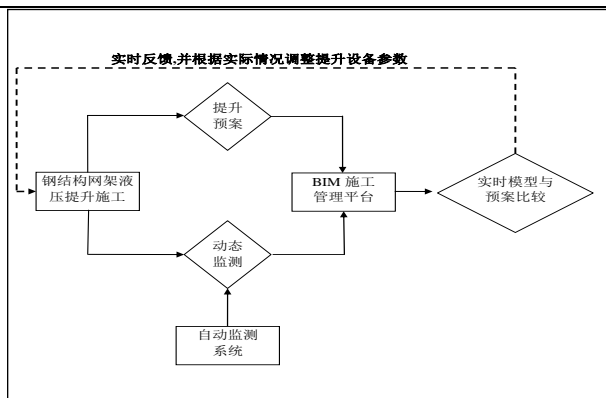
将屋盖网架结构提升单元在其安装位置正下方的地面上拼装成整体提升单元；安装液压同步提升系统设备；在提升单元与上吊点对应的位置安装提升下吊点临时球；按照设计荷载的顺序逐级加载，直至提升单元脱离拼装平台；提升单元提升约 250mm 后，暂停提升；微调提升单元的各个吊点的标高，使其处于水平，并静置 12 小时。

（2）基于 BIM 的液压提升精度控制

研发小组通过钢结构屋盖网架数值模拟的结果，发现钢结构网架各个节点的存在竖向位移。为了控制液压提升的精度，我司根据施工现场网架和临时措施的实际情况，布置自动监测系统。这套自动监测系统，包括位于提升区域外的自动全站仪和多个固定布设的光电测距仪（见图五）。

光电测距仪和自动全站仪的监测数据，通过无线传输至现场的计算机，根据每个仪器无线传输频段的差异，可以将光电测距仪的水平坐标与相应的频段相对应，每个监测节点的三维数据实现了实时传输。建立空间三维数据库，利用 SQL 开发，将监测的钢结构网架节点三维空间数据按时间序列自动进行重新整理，生成空间三维动态数据库。

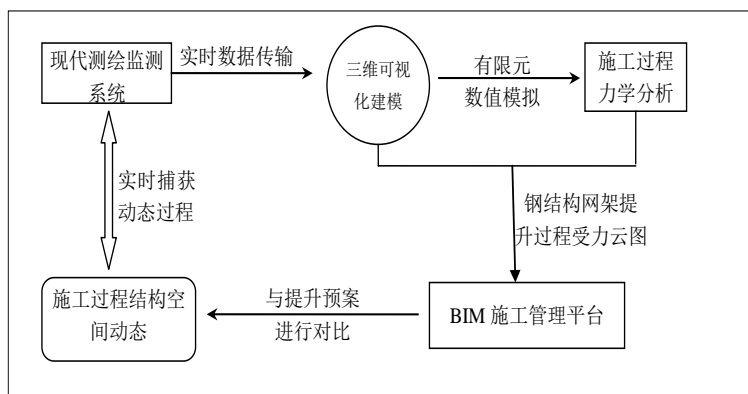
再利用 BIM 软件通过二次开发，建立 BIM 管理平台（该 BIM 管理平台为图形界面系统，由 C# 程序编写，可实时读取相应阶段的网架空间三维动态数据），在 BIM 可视化界面上模拟网架整体提升的过程，将“人工复核”转换成“自动复核”，这种方式可以协助现场管理人员对网架提升的空间形态有全面、清晰的认识，便于对紧急事故的提前判断。



图五 钢结构网架整体提升动态监测系统技术路线图

③ 基于 BIM-FEM 的钢结构网架提升时变有限元预警系统

实际提升时，随着网架的不断提升，网架上各个节点已经不能保持理论意义上的同步。针对节点可能产生的异步现象，我司提出基于 BIM-FEM 模式，采用理想状态下的有限元数值模拟结合现场应力监测的方式，对提升过程中的结构时变力学特征进行分析，主要针对提升吊点反力的变化过程与网架各个节点提升过程的竖向位移进行模拟、监测，确保整个提升过程的安全、稳定（见图六）。



图六 基于 BIM-FEM 的钢结构提升时变预警系统技术路线图

我司突破性的解决了数学模型的空间数据与现场提升网架的空间形态不一致的问题，研发了一套 BIM-FEM 空间数据传递的程序，利用 BIM 管理平台，将网架实时空间数据转化成满足有限元数学模型使用的空间数据，实现结构实时空间数据自动传输至有限元模型。

选取了与前期预案模拟相同的 SAP2000 作为时变有限元模拟的计算软件，模型的物理参数与预案模拟采用的物理参数一致。通过原本在模型内对结构空间属性进行手动调整实现时变有限元计算的方式，改为计算机程序自动转换，直接对 excel 或者文本文件中相应时刻各个节点的空间数据进行替换，生成计算文件。

为了解决关键节点异步提升问题，我司在提升前根据现场实际情况确定异步提升的阈值，实际提升过程中各个节点的实际标高差接近或超过数学模型预估时暂停提升，对标高较低的节点进行微调。

通过基于 BIM 的钢结构网架液压提升精度控制与安全预警系统，实现项目部对钢网架液压提升的全过程监控，确保了施工的精度和安全，是本课题关键技术研究创新之三（图 6）。

四、机电（MEP）系统与螺栓球钢网架一体化同步液压提升技术

研发小组提出，在钢网架拼接的同时，安装附属 MEP 系统，不仅可以提高施工效率，还能够充分保障工人的安全。经过螺栓球网架液压提升有限元分析，确定不宜安装 MEP 系统区域后，在地面上随钢网架拼装同步安装 MEP 系统，最后成功实现 MEP 系统随钢网架同步液压提升。经过现

场实践，成功实施了这项技术。

通过与钢网架同步液压提升，将原来高空作业的机电安装，变为地面安装、半自动施工，大大提高了整个机电安装的效率，缩短施工工期，降低了安全风险，是机电安装专业一个全新的思路，也是本课题关键技术研究创新之四。

四、第三方评价

2017年6月26日，江苏省土木建筑学会在南京组织召开了“超大面积预应力排架展馆施工关键技术研究”成果鉴定会。鉴定会委员听取了南通四建课题组成技术研究报告：

(1) 课题组成功研制出早强型自密实混凝土，7天抗压强度达到设计强度的90%，满足了整个展馆预应力排架柱的施工工期要求；

(2) 课题组将BIM技术与现场施工管理平台紧密结合，通过钢网架提升工况下的附设机电系统材质力学特征分析及施工全过程的时变有限元分析，实施了实时精度监测，实现了大面积机电系统与钢网架一体化同步提升。

鉴定委员会认为，该成果整体达到国际先进水平，其中大面积机电系统与钢屋盖网架一体化同步提升技术达到国际领先水平。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

在2015年9月29日至2016年9月22日期间，南通四建集团有限公司承建了珠海市政府重点项目航展中心新建主展馆工程。该工程位于珠海市金湾区航展中心内，展馆一层占地面积66000m²，建筑面积75249 m²。地上一层，局部地下一层，局部夹层。建筑结构屋面高度12.5m，钢结构屋脊高度25m。结构类型为钢结构排架和钢网架结构，钢网架为双跨，每跨长度为65m，夹层附属用房为框架结构，现浇混凝土楼盖。

南通四建在项目施工过程中应用了多项新技术、新工艺。配制出7天抗压强度可达到设计标准90%并在短期内能够满足预应力结构后张法施工的早强型自密实混凝土，经项目部统计可缩短工期约30天；结合早强型自密实混凝土的使用，在预应力排架柱施工过程中采用循环施工工艺将原先不能连续施工的预应力混凝土柱变成连续过程，避免了后张法施工队伍往返，提高了施工效率，经项目部统计缩短工期约40天；在超大面积螺栓球屋盖网架及集成机电系统整体液压提升方面采用地面拼装网架并在地面同步安装相应暖通和电气设备。这种全新的施工方法与搭设满堂脚手架并在高空拼接屋盖网架相比，缩短了施工工期约30天。综上所述，推广的早强自密实混凝土应用于预应力排架施工，并将超大面积螺栓球钢屋盖网架及其附属的MEP系统采用液压整体提升可节约工期约100天。

在2018年11月1日至2019年9月26日期间，南通四建集团有限公司承建了南通市政府重点项目南通国际会展中心。该工程位于南通市中创区，由会议中心和展览中心两个单体组成。会议中心：总建筑面积81615m²，其中地上约49356m²，地下约32259m²，建筑高度为32米；展览中心：总建筑面积41800m²，其中地上约33263m²，地下约8500m²，建筑高度为23.6米，其中钢结构部分总用钢量约2.28万吨。会议中心结构规模：宽度方向84米，长度方向316米，最大跨度为54米；展览中心结构规模：宽度方向168米，长度方向168米，两厅屋盖桁架跨度均为72米。

在南通国际会展中心施工过程中，南通四建集团有限公司在钢屋盖网架及集成机电系统整体液压提升方面，采用地面拼装钢屋盖网架并同步安装相应暖通和电气设备，与此同时安装液压提升设备新技术。该技术与传统满堂脚手架施工高空拼接相比，钢网架拼装时间与机电系统安装时间合二为一，缩短工期约20天。

2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	8000	2068		
2019	24000	3800		
累 计	32000	5868		
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>在 2015 年 9 月~2016 年 9 月期间承接的珠海航展中心新建主展馆工程，采用南通四建研发的早强自密实混凝土应用于预应力排架展馆施工，综合考虑人力成本、时间成本、材料成本，以及相应在水电资源上的消耗，经项目部计算，节省的施工费用约 68 万元；采用钢屋盖网架集成机电系统整体液压提升技术，综合考虑人力成本、时间成本、材料成本，以及相应在水电资源上的消耗，经项目部计算，节省的施工费用近 2000 万元。</p> <p>注：珠海航展中心新建主展馆工程科学合理地工期预测约为 18 个月，但合同约定的工期仅为 12 个月。因此，通过技术创新节省的工期相对应计算的项目部日常管理成本、人工成本、设备成本等都不能计入本项目科技创新的经济效益之中。</p> <p>在 2018 年 11 月 1 日至 2019 年 9 月 26 日期间承接的南通国际会展中心工程，采用钢屋盖网架集成机电系统整体液压提升技术，综合考虑人力成本、时间成本、材料成本，以及相应在水电资源上的消耗，经项目部计算，实际上节省的施工费用约 3800 万元</p>				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>研发成果支撑了珠海航展中心工程、南通国际会展中心工程的科学施工，缩短了整个展馆的施工工期，保证了质量，提高了施工安全性。研发的核心技术为后期珠海航展中心配套服务设施提升工程施工提供了理论与技术参考。珠海航展中心成功举办了第 11、12 届中国国际航空航天博览会，社会影响力巨大，工程获中国建筑工程钢结构金奖和国家优质工程奖；南通国际会展中心工程成功举办了 2019 中国森林旅游节，气势恢宏的展厅深受国内外业内人士赞赏。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>珠海航展中心新建主展馆工程，施工过程采用创新技术和方法，竖向预应力柱施工采用钢模代替传统木模，预应力柱浇筑过程中将普通混凝土改为自密实混凝土；将钢网架屋面及其附属的机电系统在地面拼装后采用液压设备整体提升，并应用 BIM 技术对提升过程进行监控。这些新技术的应用，体现了项目部策划在先，过程受控，组织严密，同时保证了工期，有效地节约了资源、保护了环境和减少了污染。</p>				

六、代表性论文论著情况

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	基于BIM的钢结构网架三维动态系统的设计与应用 /工程管理学报	2018年6月28日	张昕、朱岭、徐卓	
2	基于BIM技术的网架液压提升施工技术 /施工技术	2019年5月25日	季克建	
3	超大面积螺栓球网架集成机电系统一体化提升技术研究 /建筑技术	2018年12月20日	张建忠、李新颜、 徐卓、程杨	
4	基于BIM-FEM的钢网架液压提升安全预警系统研究 /江苏建筑	2017年6月30日	张昕、徐卓、 朱学佳、张赤字	
5	基于BIM的钢网架液压提升精度监测系统研究 /江苏建筑	2017年8月31日	张昕、张卫国、 徐卓、刘波、杨滢	

承诺：上述论文信息真实，因引起争议，本人愿意承担相应责任，并接受处理。

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家地区	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种基于BIM的钢结构网架液压提升精度控制的方法	中国	ZL 2016 1 06379 72.0	2016.12.14	2725 720	南通四建集团有限公司	徐卓; 张卫国; 张建忠; 张昕; 张赤字; 朱岭
2	发明专利	一种基于BIM的钢结构网架液压提升时变有限元分析的方法	中国	ZL 2016 1 06379 91.3	2017.11.29	2756 852	南通四建集团有限公司	张昕; 徐卓; 张建忠; 张卫国; 钱国新; 朱学佳
3	发明专利	一种双面钢模	中国	ZL 2016 1 05637 99.4	2018.02.03	2814 329	南通四建集团有限公司	张建忠; 潘冬庆; 钱国新; 季克建; 陆汉民; 刘春洋
4	发明专利	一种双面钢模中的防涨模支撑机构	中国	ZL 2016 1 05636 47.4	2018.02.09	2813 918	南通四建集团有限公司	潘冬庆; 张建忠; 钱国新; 季克建; 陆汉民; 刘春洋
5	发明专利	一种应用于预应力混凝土柱群的施工方法	中国	ZL 2016 1 09788 11.8	2019.10.25	3568 501	南通四建集团有限公司	魏晓东; 徐卓; 张建忠; 钱国新; 沈笑非; 温卫兵
6	实用新型专利	一种双面钢模中的连接构件	中国	ZL 2016 2 07536 02.9	2016.12.14	5772 226	南通四建集团有限公司	张建忠; 潘冬庆; 钱国新; 季克建; 陆汉民; 刘春洋; 魏晓东
7	实用新型专利	一种混凝土钢模	中国	ZL 2016 2 07539 37.0	2016.12.14	5770 343	南通四建集团有限公司	季克建; 张建忠; 潘冬庆; 钱国新; 陆汉民; 刘春洋
8	实用新型专利	一种用于监测钢结构网架提升的光电测距仪固定装置	中国	ZL 2016 2 08449 66.8	2017.01.11	5855 522	南通四建集团有限公司	刘波; 钱国新; 徐卓; 单良
9	实用新型专利	一种用于钢结构网架提升精度控制的自动测绘系统	中国	ZL 2016 2 08449 68.7	2017.01.11	5855 497	南通四建集团有限公司	徐卓; 魏晓东; 朱岭; 于张峰

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	超高层建筑大型设备综合吊装关键技术		
完成人	马记、陈超、马致远、宋建军、张绵宇、王宇杰、孙志明、张维林、王传开、齐景春、蔡同章		
完成单位	江苏省工业设备安装集团有限公司 南京新安江大件设备起重安装有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
授权发明专利（项）	1	授权其他知识产权（项）	2
起止时间	起始：1998 年 10 月 1 日	完成：2020 年 5 月 31 日	

二、项目简介

1. 技术背景

伴随国民经济的高速发展，城市化建设的不断推进，越来越多的超高层建筑成为城市地标，超高层建筑的高度被不断突破；超高层建筑顶部、设备层中的设备数量增多，重量越来越大，现场的塔吊无法满足吊装需要；大型设备的吊装（垂直运输）难度逐步增加，日益成为保障施工顺利进展的关键。在实际施工过程中，受现场环境复杂、场地面积小，设备重量大、外形尺寸大等因素影响，吊装方案的选择、编制与实施难度大、专业技术要求高、过程复杂。

为了系统解决超高层建筑设备吊装难题，本课题组针对不同吊装工况进行了研究，形成了“超高层建筑大型设备综合吊装技术”。

2. 主要技术、主要技术性能、标准、指标

1) “基于 BIM 的流动式起重机吊装方案辅助设计技术”本技术由起重机模型数据库、吊装现场三维布置技术、基于 BIM 的吊装全过程模拟技术三部分组成，在具备 BIM 技术的基础条件下，在模型数据库中预选较为合适的流动式起重机后，在吊装模拟平台上进行工况选择并模拟吊装步骤，便捷地显示吊装现场三维效果，确认吊装参数，确定吊装方案；基于 BIM 的吊装全过程模拟技术真实再现吊装全过程。“基于 BIM 的流动式起重机吊装方案辅助设计技术”的主要性能指标为：流动式起重机模型数据库，吊装方案模型，制定方案时间大幅缩短 80%左右。本技术可广泛应用于利用流动式起重机吊装作业的工况，技术水平处于国内领先水平。

2) “超高层建筑大型设备垂直运输施工技术”，本技术利用带导向臂人字桅杆，形成带柔性导轨的人字桅杆吊装体系，进行吊装作业。利用桅杆受力分析与计算辅助设计系统，实现桅杆的计算、参数验证、方案可行性判断，并输出计算书，辅助吊装专项方案的快速形成。本技术处于国内领先水平。

本技术利用导向臂人字桅杆建立设备垂直运输体系，系统性地解决了狭小场地内

无法使用大型起重机进行吊装作业的难题，本技术将在很大程度上影响超高层塔吊选型时因少数设备或构件重量过大而超配塔吊时的经济原则；适用于不同施工环境下的超高层设备运输。本技术完善了超高层建筑机电安装领域大型设备垂直运输技术，降低了机电专业分包在垂直运输方面对总承包的过分依赖，推动了安装行业的技术进步。

3. 对比国内外同类技术的主要参数、效益及市场竞争力

1) 国内尚无同类技术

2) 经济指标：与传统技术相比较，我们综合 3 个典型项目进行成本分析，成本降低率达到 35%，近 3 年来，创造利润 372 万元；

3) 市场竞争力：本项目技术综合了多种吊装技术以应对多样的现场作业环境。现场环境允许利用大型起重机时，利用本技术，能够快速、高效地编制出吊装方案；施工现场场地狭窄，无法使用大型起重机时，利用本技术，能完成大型设备的垂直运输。本技术经多项工程的验证，安全、高效，施工成本低，节能环保，经济效益、社会效益显著。

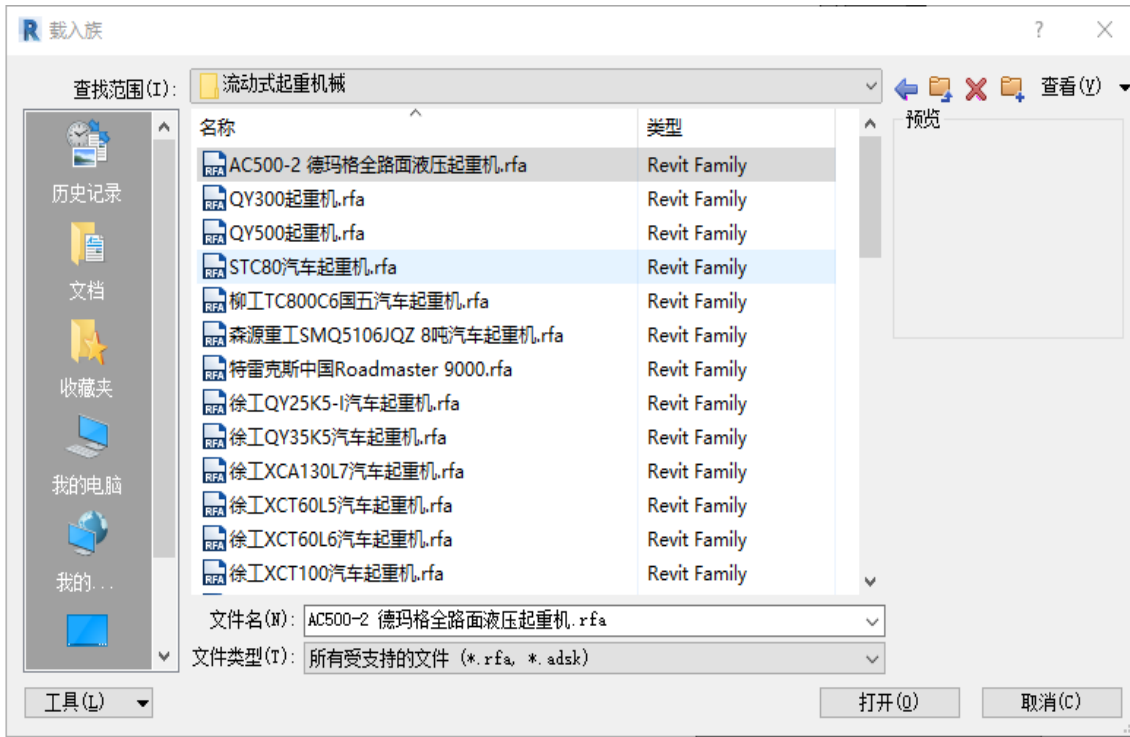
三、主要科技创新

超高层建筑综合吊装关键技术适用于各类工况下的机电设备吊装综合技术。在施工现场场地能满足流动式起重机使用条件的情况下，利用 BIM 技术进行流动式起重机的选型、吊装方案的模拟、确认；当施工现场不具备起重机使用条件时，研发了一种可布置于楼顶的人字桅杆吊装结构，为了克服超高层运输中风压引起的无法避免的水平位移，研究一种带导向臂的柔性轨道导向技术。

技术取得的主要创新点如下：

创新技术一：基于 BIM 的流动式起重机吊装方案辅助设计技术

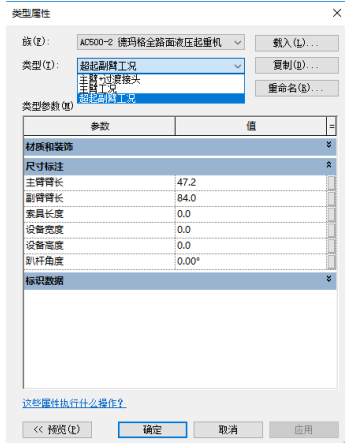
创新点1 预先构建的参数化起重机械数据库，使得编制吊装方案的技术人员在方案编制时节省大量的绘图时间，参数化模型全部基于起重机械厂家提供的说明书，在外观尺寸和起重参数上提供正确有效的数据，有效地复核技术人员的经验选择。



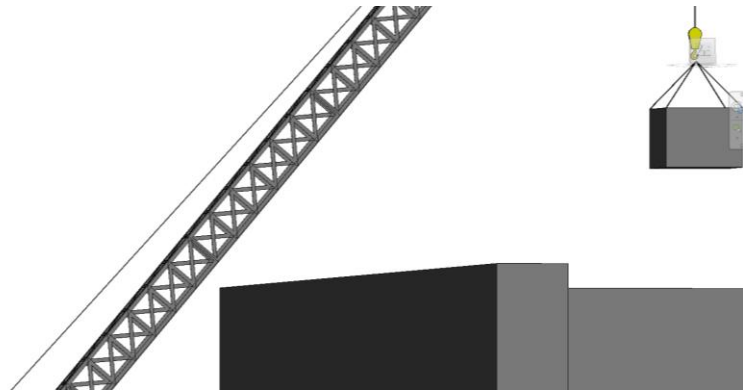
全路面（汽车）起重机族库（部分）目录

创新点2 吊装现场三维布置技术，充分利用数据库资料，在典型属性中快速选择、更换起重机的参数，三维模型可自动调整，生成与属性对应的三维模型；创新的临时体量，可根据建筑物

的实际情况调整建筑物高度、女儿墙高度等属性，直接生成吊装需要的与属性对应的本工程三维模型；干涉检查，能快速验证起重机参数的正确性。



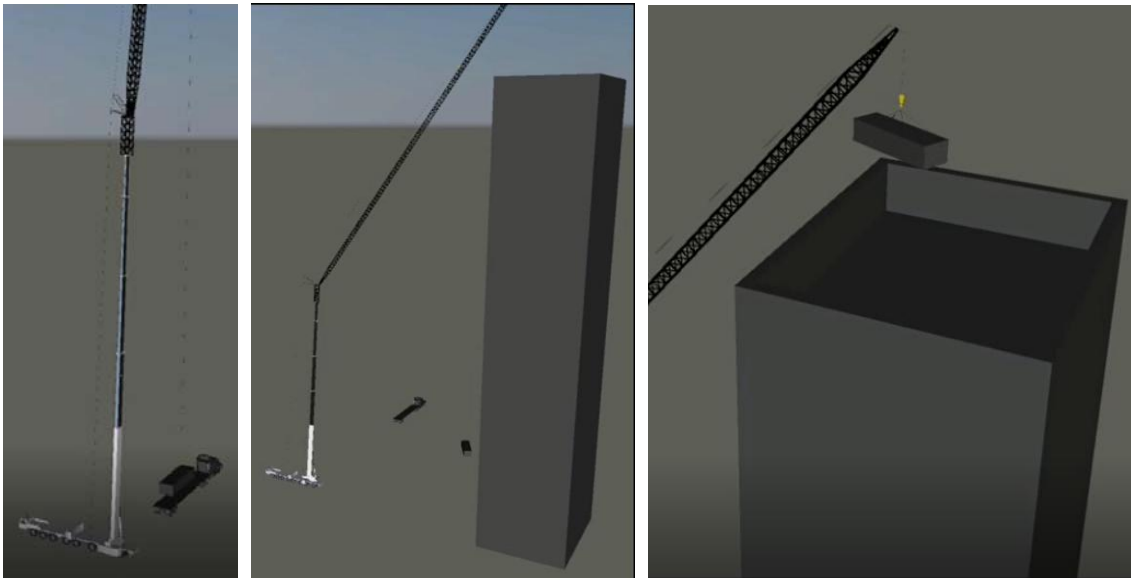
起重机典型属性的确认



起重机桅杆与建筑物干涉校核

创新点3 三维吊装模拟，可真实再现吊装的实际过程，有效地检查在吊装过程中可能发生的碰撞情况；强大的可视化功能，可以更好的帮助吊装工程师进行方案交底。在三维模型中，导入设备参数、设备运输轨迹、设定吊装步骤，利用BIM技术中的模拟动画功能，真实再现吊装的全过程，验证吊装方案的可行性。

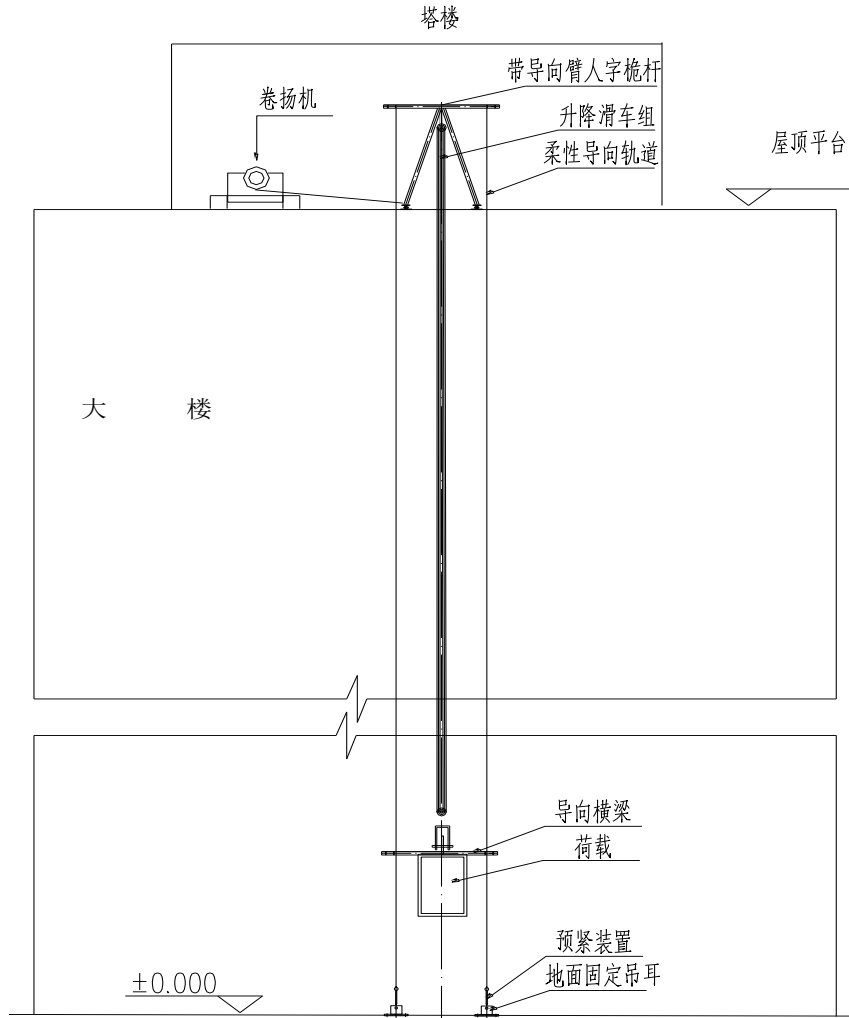
验证成功后，生成吊装平面布置图、立面图，输出起重机参数。根据输出的起重机参数，优化配置起重机；以生成吊装平面布置图、立面图为基础，编制吊装施工方案。



基于BIM的吊装过程模拟图

创新技术二：超高层建筑大型设备垂直运输施工技术

创新点1 本技术利用带导向臂人字桅杆，形成带柔性导轨的人字桅杆吊装体系，进行吊装作业。利用桅杆受力分析与计算辅助设计系统，实现桅杆的计算、参数验证、方案可行性判断，并输出计算书，辅助吊装专项方案的快速形成。



导向结构示意图

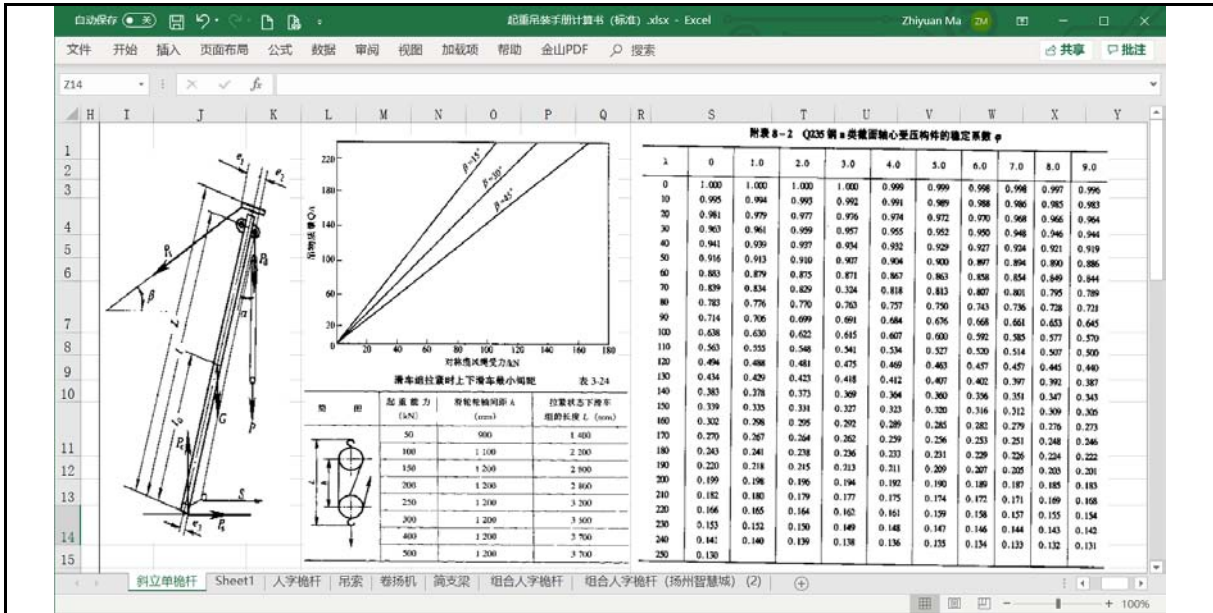
创新点2 带导向臂人字桅杆，和一般人字桅杆只能承载相比，增加了导向功能，具备结构简单、使用可靠、操作容易、节约费用、对砼结构受力要求较低等特点。

创新点3 现有人字桅杆吊装工艺一般采用缆风绳留尾、设置临时导向绳等方法进行导向，克服侧向风力影响的能力较差。缆风绳留尾时，需要有宽阔的场地才能实现（缆风绳必须和设备运行方向保持一定夹角），且受操作人员经验、观察效果等影响较大，垂直高度越高，效果越差。设置临时导向绳时，导向绳的预紧力较难控制，载荷侧向位移量无法掌握；荷载运输到位后，要与导向绳实现空中脱离，操作困难。采用带柔性轨道的人字桅杆，有效的解决了上述问题，大型设备在垂直运输时，沿柔性轨道上升，克服了风力影响，减少设备的水平位移。

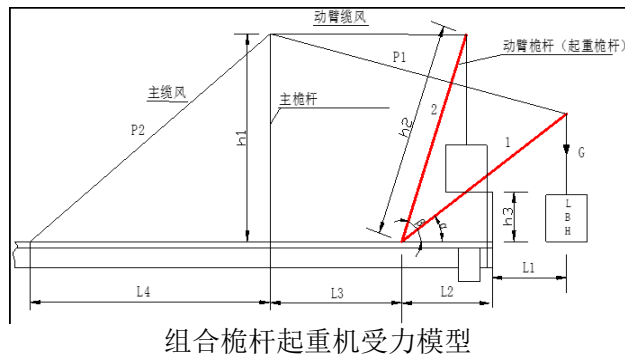
创新点4 桅杆受力分析与计算辅助设计系统，以强大的金属材料、型材数据库为基础；利用桅杆受力分析与计算系统，实现桅杆起重机的受力计算、桅杆参数的验证、方案的可行性验证，并形成计算书。

无缝钢管几何及力学特性表						
$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ $i = \frac{1}{4}\sqrt{D^2 + d^2}$ $J = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$ $W = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32D}$						
外径 (mm)	壁厚 (mm)	截面面积 (cm²)	理论重量 (kg/m)	参考数值		
				回转半径 (cm)	惯性矩 (cm⁴)	截面系数 (cm³)
377	8	92.74	72.80	13.05	15791.85	837.76
	10	115.30	90.51	12.98	19425.87	1030.55
	12	137.60	108.02	12.91	22939.76	1216.96
	14	159.66	125.33	12.84	26336.21	1397.15
	16	181.46	142.44	12.78	29617.87	1571.24
	18	203.01	159.36	12.71	32787.34	1739.38
426	9	117.90	92.55	14.75	25639.69	1203.74
	10	130.69	102.59	14.71	28287.25	1328.04
	12	156.07	122.52	14.64	33466.24	1571.18
	14	181.21	142.25	14.57	38492.91	1807.18
	16	206.09	161.78	14.51	43370.29	2036.16
	18	230.72	181.11	14.44	48101.36	2258.28
480	14	204.96	160.89	16.48	55684.90	2320.20
	9	147.31	115.64	18.42	49997.14	1886.68
530	10	163.36	128.24	18.39	55237.05	2084.42
	11	179.35	140.79	18.35	60415.68	2279.84
	12	195.28	153.30	18.32	65533.51	2472.96
	14	226.95	178.15	18.25	75588.65	2852.40
	16	258.36	202.82	18.18	85406.29	3222.88
	18	289.53	227.28	18.11	94990.18	3584.54

无缝钢管几何及力学特性等数据库截图



斜立单桅杆计算引用的受力模型、相关参数图



起重吊装手册计算...						
文件 开始 插入 页面 公式 数据 审阅 视图 加载						
G17				13000		
A	B	C	D	E	F	G
1. 已知条件						
1) 荷载的起重参数:						
	荷载质量G N	附加质量q N	荷载长度L mm	荷载宽度B mm	荷载高度H mm	吊装高度 mm
	70000	5000	5800	2260	2430	93900
2) 外部尺寸确认:						
	女儿墙高度h3 mm	设备基础间距 mm	千斤顶高度 mm	滑车组高度 mm	设备水平间距 mm	桅杆与设备间距 mm
	4700	200	2000	2200	200	350
	荷载与女儿墙距离 mm	荷载中心 与女儿墙距离L1 mm	动桅杆与女儿墙 距离(计算值) mm	动桅杆与女儿墙 距离L2 mm	主桅杆与动桅杆 距离L3 mm	主缆风与主桅杆 距离L4 mm
	200	1330	5392.95	6000	7000	15000
2. 桅杆外型尺寸的确认						
1) 动臂桅杆高度的确认:						
	按状态1计算		按状态2计算		动臂桅杆 计算高度 mm	动臂桅杆高度h2 mm
	动臂桅杆与竖面夹 角 α	动臂桅杆 最小高度 mm	动臂桅杆与竖面 夹角 β	动臂桅杆 最小高度 mm		
	40.91	9699.76	62.51	12997.73	12997.73	13000.00
2) 动臂桅杆与竖面的实际夹角:						
	动臂桅杆高度h2 mm	按状态1计算 动臂桅杆与竖面夹 角 α	按状态2计算 动臂桅杆与竖面 夹角 β			
	13000.00	55.68	56.74			
2) 主桅杆高度的确认:						
	确认项目	确认值	单位			
	主桅杆高度h1	12500.00	mm			
3. 桅杆受力计算						
	计算项目	计算值	单位			
	计算载荷P	82500.00	N			
	状态1: 动臂桅杆的轴向压力N1	145220.91	N			
	状态1: 动臂缆风的拉力P1	61955.00	N			
	状态1: 动臂桅杆的垂直压力	95109.61	N			
	状态1: 动臂桅杆的水平推力	46818.72	N			
	状态1: 主桅杆的轴向压力N2	46517.31	N			
	状态1: 主缆风的拉力P2	40921.42	N			
	状态2: 动臂桅杆的轴向压力N1	108427.98	N			
	状态2: 动臂缆风的拉力P1	60026.46	N			
	状态2: 动臂桅杆的垂直压力	96184.10	N			
	状态2: 动臂桅杆的水平推力	27709.37	N			
	状态2: 主桅杆的轴向压力N2	66272.62	N			
	状态2: 主缆风的拉力P2	10628.26	N			
	动臂桅杆的最大轴向压力N1	145220.91	N			
	动臂桅杆的最大垂直压力	96184.10	N			
	动臂桅杆的最大水平推力H1	46818.72	N			
	动臂缆风的最大拉力P1	61955.00	N			
	主桅杆的最大轴向压力N2	46818.72	N			
	主缆风的最大拉力P2	40921.42	N			

输出的组合桅杆起重机计算书（节选）

四、第三方评价

2020年7月13日，江苏省安装行业协会在南京组织召开了“超高层建筑大型设备综合吊装关键技术”科技成果评价会。评价委员会（名单附后）听取了成果完成单位江苏省工业设备安装集团有限公司的汇报，审阅了相关资料，经过讨论，形成评价意见如下：

1.该项成果评价资料齐全，内容详实，符合评价要求。

2.成果完成单位依托多个项目，对超高层建筑大型设备综合吊装技术进行研究，系统地解决超高层建筑设备吊装难题，形成了：“基于BIM的流动式起重机吊装方案辅助设计技术”、“带柔性导轨超高层建筑大型设备垂直运输施工技术”等多项技术。

3.该项成果主要创新点为：

（1）基于BIM的流动式起重机吊装方案辅助设计技术

依据起重机真实参数构建的起重机模型数据库，极大地方便了起重机的选型、效验；三维吊装模拟技术，真实再现吊装全过程，优化了吊装过程中被吊设备的运动轨迹，确保吊装安全；实现了吊装方案的快速编制；强大的可视化效果，可以更好的帮助吊装工程师进行方案交底。

（2）带柔性导轨超高层建筑大型设备垂直运输施工技术

利用带导向臂人字桅杆，建立带柔性导轨的人字桅杆吊装体系；利用专有的吊装方法，能有效克服风力影响，实现大型设备的垂直运输。利用桅杆受力分析与计算辅助设计系统，实现桅杆的计算、柔性导轨预紧力计算、参数验证、方案可行性判断，并输出计算书，辅助吊装专项方案的快速形成。

4.该成果技术先进，工艺安全可靠，施工速度快；已取得发明专利1项、实用新型专利2项、省部级工法1项、QC成果1项、论文1篇、企业标准2项等科技成果，社会效益和经济效益显著。

评价委员会一致认为该成果技术达到国内领先水平，具有较好的推广应用价值。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

1.推广、应用预期目的和已达到的效果

① 课题总目标：超高层建筑大型设备综合吊装技术适用于各种工况下的大型设备吊装。在施工现场场地能满足流动式起重机的条件下，利用BIM技术进行流动式起重机的选型、吊装方案的确认；当施工现场不具备起重机使用条件时，研发了一种可布置于楼顶的人字桅杆吊装结构，为了克服超高层运输中风压引起的无法避免的水平位移，研究一种带导向臂的柔性轨道导向技术。

② 课题具体目标：

1、实现BIM+在吊装领域的融合运用。

2、研发一种突破场地限制有效可行的荷载超高垂直运输方式

3、适用于多种情况的超高层机电设备安装领域的综合性技术并通过在我司三个以上工程研发和应用示范，最终形成了“超高层建筑大型设备综合吊装技术”分析报告，并总结形成超高层设备层机电设备安装的施工方法加以推广，同时，在研究过程中进行专利申请，对研究成果进行知识产权保护。

1) 已达到效果：成功研发了“基于BIM的流动式起重机吊装方案辅助设计技术”、“带柔性导轨的人字桅杆吊装技术”关键技术，本技术在多个项目中得到成功应用，施工工艺简单、工效高、成本低、安全、节能环保，系统的解决了在总承包吊装装备能力不足的情况下，超高层大型机电设备竖向吊装克服风压克服水平位移难题，有效提高编制吊装方案效率，缓解超高层建筑施工高峰期因垂直运输紧张的压力。

2) 本技术适用于各种工况、各种环境下，高层、超高层建筑中大型设备的吊装。

3) 主要成果包括：专利：发明专利1项，实用新型专利2项；企业标准2项；省部级工法1项；论文1篇；QC成果1项。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018		51		
2019		235		
累 计		286		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

以南京世茂外滩新城二期 9#楼工程为例进行成本对比：

方案	经济合理性	工期
超大型汽车吊	大型汽车吊台班费：5 万元/天；进退场费：10 万/次；卸货汽车吊费 0.3 万元/天；卸料平台搭建及拆除共 3 万元； 大型汽车吊平均每天吊装设备约 4 台，吊装工期约 5 天。 费用合计：= (5+0.3) × 5+3+10=39.5 万元	15
具有柔性导向轨道的人字桅杆吊装体系	桅杆材料运输、搭设费用：3 万元； 卸货汽车吊费 0.3 万元/天； 桅杆平均每天吊装设备约 3 台，合计约 7 天。 费用合计：=3+0.3×7=5.1 万元	12
设备吊装情况：吊装运输设备数量为 20 台，吊装最大高度为 173 米。		

3、社会效益（限 200 字）

本技术系统解决了超高层建筑设备层大型设备吊装难题，可有效应用于各种施工环境下的吊装作业；通过 BIM 技术的融合，有效提高起重机吊装方案的编制准确性和效率；通过导向技术和人字桅杆垂直运输技术的融合，解决了施工现场无法应用起重机情况下的吊装难题，同时有效缓解超高层施工时大量材料无法及时运输引起的施工降效、窝工现象；通过理顺超高层塔楼楼层施工流水，提高施工效率达 25%，本技术完善了超高层建筑机电垂直运输技术，推动了行业的技术进步同时也提升企业的核心竞争力。

4、环境效益（限 200 字）

本技术系统解决了超高层建筑设备层大型设备吊装难题，可有效应用于多种施工环境下的吊装作业。通过 BIM 技术的应用，在电脑中全方位模拟吊装作业，有效提高起重机吊装方案的编制准确性和效率，有效的避免了对地面造成的破坏，减少起重机的使用时间。

通过导向技术和人字桅杆垂直运输技术的融合，解决了施工现场无法应用起重机情况下的吊装难题；极大地减少了大型起重机的使用；桅杆等起重机具可重复使用，减少了材料的浪费，在资源的合理应用方面有着极大的优势。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	超高层建筑顶层大型设备的吊装/《安装》/	1999/6/21	马记	
2	《起重工（高级）》第1版	2013/3	吕嘉宾、马记	此书将本技术作为成果案例引入。
3	《起重工（高级）》第2版	2017/1	马记、罗顶瑞	此书将本技术作为成果案例引入。
4	带导向臂人字桅杆吊装体系在超高层建筑中的应用/《安装》/	2019/10	陈超	
5	超高层建筑大型设备垂直运输施工工法/省级工法/	2019/11/28	陈超、马记等	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	带柔性导轨的人字桅杆吊装体系及吊装方法	中国	ZL201410545515.X	2016/8/24	第2206003号	马记	马记
2	实用新型	带柔性导轨的人字桅杆吊装体系	中国	ZL201420596505.4	2015/1/7	第4046115号	马记	马记
3	实用新型	一种重型设备水平运输装置	中国	ZL201420546851.1	2014/1/21	第4092601号	江苏省工业设备安装集团有限公司	冯华明 吕海泉 马记等
4								
5								
6								
7								
8								
9								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	超宽单塔单索面斜拉桥智能建管养研究		
完成人	余郁、陈晓飞、熊文、薛玉波、叶见曙、宋晓东、吴建翔、冯皋军		
完成单位	扬州市市政建设处、东南大学		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	扬州市住房和城乡建设局		
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
江苏省建设系统科技项目	单塔单索面不对称超宽斜拉桥关键技术研究	2015ZD58	2017年11月3日
住房和城乡建设部技术创新项目	基于 BIM 的城市超宽单索面斜拉桥建管养一体化研究	2018-K4-023	
江苏省建设系统科技项目	基于 BIM 技术无应力方法施工控制关键技术研究	2016ZD109	2018年11月1日
授权发明专利（项）	2	授权其他知识产权（项）	2
起止时间	起始：2016年 1月 1日	完成：2019年 12月 31日	

二、项目简介

本项目所属科学技术领域为交通运输业的桥梁工程技术。本课题以扬州市开发路东延跨京杭运河大桥的设计施工为研究背景，将利用空间三维有限元仿真技术，结合现代工程管理的科学思想，深入研究这种超宽悬吊体系单塔单索面斜拉桥的力学行为特征与质量预控技术。利用参数化分析对其结构空间构造进行优化，研究此类桥型可能达到的极限宽度及其限制因素；利用空间加载技术，对桥面车辆布载位置以及数值的敏感性进行研究，对运营阶段的车辆超载、限行提出合理建议。同时，基于BIM平台，针对该类桥型结构的复杂性与特殊性，提出面向超宽悬吊体系关键工序及管养的安全质量预控系统，建立单元质量预控点，结合现场采集数据，确保施工阶段结构满足设计预期。通过BIM平台实现轻量化与可视化，并结合监测数据，提出基于多源数据融合的桥梁服役状态评估方法，确保运营阶段结构处于安全状态，本项目主要内容有：

1) 基于空间模型的结构关键设计参数优化方法研究

建立平面杆系模型、精细化三维实体/板壳模型，并对比两种模型的计算结果，明确单索面超宽桥梁结构的空间效应分析采用精细化模型的必要性。基于精细化模型对施工阶段、运营阶段的桥梁结构受力进行分析，对结构的安全性进行评估。基于精细化模型进行参数分析，对桥梁结构的关键参数进行优化分析。

2) 施工阶段空间效应分析与基于BIM的精细化施工控制

不同施工方法对结构受力的影响分析，包括悬臂拼装法和无应力施工方法。基于空间效应分析，设定监测方案，对桥梁进行应力、位移等现场监测。基于BIM模型对施工过程进行预拼装和容差分析，结合监测数据形成BIM监测平台。

3) 后期荷载敏感性分析与基于BIM的运营阶段管养方法

基于精细化模型进行桥梁结构受车辆荷载的敏感性分析，探究各种荷载分布形式下宽体钢箱

梁的受力形态。对运营阶段基于BIM的管养技术进行研究，包括运营精益管理研究、协同工作平台搭建和结构安全信息管理。利用监测的BIM平台化，结合精细化分析结果，对桥梁安全性的评估与管养进行研究。

4) 健康监测系统在BIM管养系统中的可视化、动态化、网页化的实现方法

基于Revit的监测信息数据库的建立与管理，研究监测系统的系统构架，实现基于Revit的监测信息数据库的建立与管理。基于Revit的监测信息处理及分析，将BIM技术引入到健康监测中，实现监测信息的信息操作、信息分析与信息处。基于BIM的桥梁管养系统集成与可视化，将监测信息数据库和监测信息处理集成与统一，并形成可视化监测管理养护系统，提高模型的交互性。

5) 基于BIM的桥梁建管养一体化设计方法与城市桥梁工程应用

基于BIM技术的桥梁建管养一体化云平台各子系统搭建，包括数据模拟系统、桥梁感知系统、数据传输系统、中央大数据存储系统和虚拟镜像还原系统。基于各子系统形成施工智能化管理平台，通过桥梁数字建模、施工期施工模拟和施工期安全数据的管理，实现施工方案、施工工序的优化完善。基于各子系统形成数字化智能管养平台，从而评估、预测结构服役状态，并制定实施相应的管养策略。

三、主要科技创新

本研究课题以扬州市开发路东延跨京杭运河大桥为研究对象，具有地方特色，研究成果已经在该桥的设计、施工和运营中得到了应用。本项目桥梁宽跨比较高，其空间效应突出，特别当采用钢箱梁作为主梁的截面形式时，横向受力特征、顶板的第三体系受力均会对结构产生较大影响。由于采用单索面作为主梁的支撑体系，主梁在偏载作用下的扭转受力行为，包括扭转对主梁纵、横向受力的耦合影响。由于单索面、超宽钢箱梁等新特性在目前的单索面斜拉桥中都属于特殊、复杂结构，应用很少，因此对此类结构的研究较少。本项目的研究成果中对于空间效应的影响，可以直接用于结构的设计优化分析和后期管养中的评价指标及阈值的设定，为桥梁的安全受力及基于生命周期的管理养护提供依据和理论支撑。在国内外同类技术比较中较少涉及。目前，无论是科研方面或者实际应用方面，BIM 技术的探索主要集中于桥梁工程的设计与施工阶段，相对而言，运营状态的BIM 应用研究较少。本课题结合单索面超宽斜拉桥桥梁的特点，探索BIM技术在桥梁在整个建-管-养过程中的应用研究。在精细化分析的基础上，将设计、施工、运营、养护等全过程一体化，尤其是针对管养过程中检测病害进行直观展示和健康监测信息的高效直观的表达，使管理养护部门对桥梁整体做出合理的评价，并为桥梁后期的管养提出重要的意见。同时，本研究将SHM 数据与人工巡检数据融合，实现了斜拉桥关键构件服役状态的快速、有效评估，并与BIM 模型相结合，提高了管养的时效性。项目的创新性成果主要有：（1）通过精细化分析技术，以空间分析方法为理论基础，通过精细化数值模型分析，对超宽悬吊体系单塔单索面斜拉桥的力学行为进行了分析研究，全面掌握该类桥梁的力学性能与特征。（2）通过全过程分析，获得同类桥型的施工监测、成桥运营等桥梁全周期各阶段实用性研究成果，得到该类桥型对荷载形式的敏感性，为全桥的安全性和运营平稳性提供评判指标。（3）建立了面向超宽悬吊体系关键工序及管养的安全质量预控系统、基于健康监测系统和BIM技术实现超宽悬吊体系单塔单索面斜拉桥的可

视化、动态化管养平台。(4)建立了基于BIM技术的桥梁建管养一体化云平台，通过数据模拟系统、桥梁感知系统、数据清洗系统、数据分析和评估系统实现整个工程生命周期的桥梁智能建设和管养。

本项目的创新点如下：

- (1) 进行了单塔单索面不对称超宽斜拉桥的空间力学行为分析。
- (2) 提出了基于康监测数据与人工巡检数据融合的斜拉桥关键构件服役状态评估方法。
- (3) 实现了BIM模型的轻量化与网页化，建立了超宽单索面斜拉桥建管养一体化BIM平台，实现了基于大数据的在线实时评估。

本课题的研究成果对提高该区域市政桥梁的建设水平提供了可靠的科学依据和工程实践指导。基于空间精细化分析的研究成功确定该类桥梁的关键设计问题并给出优化方案，为后续我国类似桥梁结构的设计、建设与运营管理提供更好的理论基础与依据。基于BIM的建管养平台可确保超宽悬吊体系单塔单索面斜拉桥更加合理有效地满足城市中日益增长交通量的通行需求，为后续我国同类桥型的优化、建设与养管提供更好的理论基础与依据，更好地为同类桥型的安全和耐久性提供保证，同时也为合理、节约地使用材料提供更多的依据，对工程建设及国民经济有着积极的促进作用。

四、第三方评价

《单塔单索面不对称超宽斜拉桥关键技术研究》(2015ZD58)江苏省住房和城乡建设厅鉴定意见(2017年11月3日):

项目以扬州市开发路桥东延跨京杭运河大桥为背景工程,采用了空间精细化有限元分析方法,深入分析了该类具有超宽箱形截面的单塔单索面钢结构斜拉桥的空间受力特性和设计施工中的关键技术问题,取得的主要结论如下:(1)单塔单索面不对称超宽斜拉桥钢箱梁受力最不利位置位于主跨边墩底板区域以及塔梁固结区域,该类桥梁设计应采取准确计入抗扭刚度的三维空间分析方法进行;(2)通过对比分析,针对单塔单索面不对称超宽斜拉桥车辆荷载偏载效应的计算方法提出了改进建议。该项目的创新点为:提出了宽钢箱梁桥无应力状态法与压重法相结合的斜拉索调索方法,研究成果在扬州市开发路东延跨京杭运河大桥设计与施工中得到了应用,对类似桥梁结构的设计、建设与运营管理也具有较好的参考价值。综上所述,鉴定专家委员会一致同意该项目通过鉴定,项目成果总体上达到国内领先水平。

《基于BIM技术无应力方法施工耦控制关键技术研究》(2016ZD109)江苏省住房和城乡建设厅鉴定意见(2018年11月1日):

项目以扬州市开发路东延跨京杭运河大桥为背景工程,针对独塔单索面宽箱梁斜拉桥无应力施工的特点,开展了基于BIM技术无应力方法施工控制关键技术研究。课题取得的主要结论及创新点如下:(1)成功的将BIM技术应用在单塔单索面超宽钢箱梁斜拉桥施工中,有效实现了依托工程无应力法施工过程中的应力和线型控制;(2)采用Web+BIM的B/S构架,开发了在线桥梁施工监控管理平台《基于BIM开发桥监控管理系统》,实现了施工监控数据共享、预警数据及时发布等功能。同时为桥梁后期管养提供了技术支撑平台。综上所述,鉴定专家委员会一致同意该项目通过鉴定,项目研究成果总体上达到国内先进水平。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

以扬州市开发路东延段跨京杭运河大桥的设计施工为研究背景，以BIM 技术为核心的信息化带动标准化，形成有特色的规范化操作和管理体系，为桥梁工程全寿命周期管理提供信息支持，进而促进工程全寿命期集成管理和信息管理理论的实践应用。本研究可以解决此类桥梁结构复杂的受力问题，优化结构构造，为设计、建设、运营提供合理的理论依据，建立面向超宽悬吊体系关键工序及管养的安全质量预控系统，基于BIM技术实现可视化养管，更好地为此类桥梁的安全和耐久性提供保证，同时也可以为设计单位合理、节约地使用材料提供更多的依据，对工程建设及国民经济有着积极的促进作用。应用证明如下：

（1）苏交科集团检测认证有限公司（应用时间2015-2016年）：本项目研究成果在扬州市开发路东延跨京杭运河大桥设计与施工中得到了应用，以精细化分析为基础对监控方案进行校核或提出建议，并开发了基于BIM的施工控制平台，确保该桥建设的顺利进行。对类似桥梁结构的设计、建设与运营管理也具有较好的参考价值。其中，本科研项目提出的“宽钢箱梁桥无应力状态法”“基于BIM的精细化施工控制与数据处理方法”已在本公司进行该桥施工监控中得到成功应用，确保该桥科学合理的施工工序与成桥线形。本科研项目研究成果的实际实施，将给社会带来巨大的经济、社会与环境效益。

（2）中铁四局集团有限公司（应用时间2015-2016年）：本项目研究成果在扬州市开发路东延跨京杭运河大桥设计与施工中得到了应用，从空间分析的角度对施工方案进行校核或提出建议，基于BIM平台确保该桥建设的顺利进行。对类似桥梁结构的设计、建设与运营管理也具有较好的参考价值。其中，本科研项目提出的“斜拉桥不配重施工方法”以及“基于BIM平台的建造过程管理与信息化技术”已在本公司进行该桥施工全过程中得到成功应用，确保该桥科学合理的施工

质量与成桥状态。本科研项目研究成果的实际实施，将给社会带来巨大的经济、社会与环境效益。

(3) 无锡市政设计研究院有限公司（应用时间2015-2016年）：本项目研究成果在扬州市开发路东延跨京杭运河大桥设计与施工中得到了应用，以精细化空间分析为基础对设计图纸及方案进行校核或提出建议，并开发了基于BIM的健康监测系统信息化平台，确保该桥运营期的力学性能符合设计的要求。对类似桥梁结构的设计、建设与运营管理具有较好的参考价值。其中，本科研项目提出的“基于BIM平台的可视化管养系统”和“基于BIM的桥梁建管养一体化设计方法”已在本公司进行该桥设计与运营管理中得到成功应用，确保该桥的力学性能与服役状态。本科研项目研究成果的实际实施，将给社会带来巨大的经济、社会与环境效益。

基于上述研究成果，已经成功申请并获得授权国家发明专利二项《一种基于BIM的斜拉桥不配重施工系统》、《一种桥梁梁体竖向位移的测量装置专利》，申请并获得授权国家软件著作权二项《基于BIM开发桥监控管理系统V1.0》、《超宽单索面斜拉桥监控与管养BIM平台V1.0》，发表学术论文3篇，形成成套技术1项（包括《桥梁配重研究专项方案建议报告》、《单塔单索面不对称超宽斜拉桥主桥施工方案分析报告》、《单塔单索面不对称超宽斜拉桥施工及成桥状态结构优化分析》、《基于BIM的宽体独塔斜拉桥建造模拟与管养可视化平台开发》、《基于SHM的斜拉桥服役状态评估方法及系统研发》五份报告。）

2、近年直接经济效益 单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
累 计				

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

3、社会效益（限 200 字）

本项目研究了具有超宽箱形截面的钢结构单索面单塔斜拉桥的空间受力性能,基于 BIM 技术建立了单塔单索面斜拉桥的建管养一体化平台,为后续我国类似桥梁结构的设计、建设与运营管理提供了更好的理论基础与依据。上述研究能指导该类桥梁的施工控制、运营状态评估和养护管理决策,同时减少非科学评价而带来的经济性浪费。研究成果可以推广应用于该区域和其他区域类似建造条件下的市政桥梁建设和养护管理,具有较大的经济效益和社会效益。

4、环境效益（限 200 字）

本项目建立了基于 BIM 平台的单塔单索面斜拉桥的智能建管养系统,在桥梁施工控制和组织管理中充分利用了信息化技术,通过施工方案模拟和碰撞检测优化了施工方案,降低了施工过程中的材料浪费和施工机具的能耗,可为后续我国类似桥梁结构的建造施工绿色化提供参考。在运营管理中,可视化与智能化平台为检测和养护提供实时依据,并结合预防性养护降低大修的概率,减少对环境的干扰。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	单塔单索面钢箱梁宽体斜拉桥空间效应分析/公路交通科技	2018/8	余郁、熊文、薛玉波、叶见曙	
2	超宽幅独塔单索面不对称斜拉桥计算模型的差异性分析/中国标准化	2017/6	余郁、陈晓飞、薛玉波	
3	临时铰在拱梁组合体系桥梁中的应用/广东建材	2018/5	薛玉波	
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	单塔单索面钢箱梁宽体斜拉桥空间效应分析	大跨钢箱梁斜拉桥施工控制要点分析/韩骐聪	房地产导刊	2019年9月
2	超宽幅独塔单索面不对称斜拉桥计算模型的差异性分析	超宽幅中央索面 PC 斜拉桥施工阶段扭转稳定性分析/杨康	长安大学硕士论文	2018年
3	单塔单索面钢箱梁宽体斜拉桥空间效应分析	W形腹板箱梁剪力滞效应分析/卢绍颖	大连理工大学硕士论文	2019年
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种基于BIM的斜拉桥不配重施工系统	中国	ZL201710344553.2	2019.1.18	3222246	余郁	余郁、熊文、陈俊松、王敏、陈晓飞、薛玉波
2	发明专利	一种桥梁梁体竖向位移的测量装置	中国	ZL201910203716.4	2020.6.5	3826776	东南大学、扬州市市政建设处、东南大学成贤学院	熊文、余郁、薛玉波、陈晓飞、王子琛、叶欣
3	软件著作权	基于BIM开发桥监控管理系统	中国	2018SR707227	2018.9.3	3036322	余郁、陈俊松、薛玉波、陈晓飞、熊文	
4	软件著作权	超宽单索面斜拉桥监控与管养BIM平台	中国	2019SR1034441	2019.6.1	4455198	东南大学	
5								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	城市景观湖水下大型停车库建造关键技术研究与应用		
完成人	邹厚存、刘良科、周融、张迎春、贵季嵘、陈玉彬、杨忠伟、 韩潇、冯晨、朱江林、刘正平		
完成单位	江苏扬建集团有限公司 扬州市桩基有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	扬州市住房和城乡建设局		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
江苏扬建科技计划	城市景观湖水下大型停车库 建造关键技术研究与应用	YJKJ-2015-1	2019.09
授权发明专利（项）	1	授权其他知识产权（项）	6
起止时间	起始： 2015年 6 月 1 日	完成： 2018年 6 月 30 日	

二、项目简介

本研究课题依托扬州荷花池地下停车场工程，针对景观湖水下停车库建设过程中的重难点，探索水域下建筑物建造技术，采用室内试验分析、数值模拟分析、现场数据验证、施工技术创新等多种研究方法，形成了相关研究成果。

依托工程概况：扬州荷花池地下停车场为城市景观湖水下大型停车库，项目用地面积约为2.26公顷，位于荷花池湖底以下，采用临时围堰分隔景观湖施工区域，明挖施工；地下停车库整体二层，局部三层，整体埋深14.10m，总建筑面积29687.66 m²，最大长约168.5m，最大宽约159.6m，平面呈多边形；地下联络通道连接水下停车库与苏北医院地下停车场，呈南北走向，全长约为141.5m，分为两段，一段为明挖段，长度为65.5m，另一段为顶管段，顶管长度为84m，顶管截面尺寸为8100mm×4950mm，管片厚度为550mm，属超大截面异形顶管。

1.主要关键技术

(1) 城市复杂环境下深基坑工程施工技术

在水域深基坑工程施工中，通过黏土回填、钢板桩加固围堰，提高防渗效果，利于景观生态恢复；优化基坑开挖顺序、栈桥拆除、格构柱换撑等施工工序，保证了安全快速施工；针对地质勘察中未发现的承压水险情，突破传统做法，采用管井减压控水技术，成功治理了基坑坑底承压水突涌问题。

(2) 水域大面积混凝土结构抗裂施工技术

双掺HME-IV混凝土高效膨胀剂和PCA-9聚羧酸系高效减水剂，创新配制低收缩微膨胀高性能混凝土，抗裂性能显著，并成功运用于混凝土大面积“跳仓法”施工中；结合温度场理论计算与数值模拟结果，对停车库顶板施加无粘结预应力，有效避免了地下室顶板温度裂缝的产生，突破了国内规范中地下连续混凝土结构变形缝许可间距的规定。

(3) 水域混凝土结构综合防水施工技术

根据工程主体不同部位和不同工况，基于刚柔结合、堵疏并举的原则，顶板防水施工前采取“表面抛丸处理”方法，有效保证防水材料 with 结构表面的粘结；底板上铺设“塑料排水板”；此外，针对承压水高水下管井不易封井、封井后底板抗渗效果差的问题，对管井和超深管井进行综合封堵，确保了水下结构无渗漏。

(4) 超大截面矩形顶管施工技术

针对顶进线路上障碍区，通过取芯钻机进行密集钻孔取芯，然后向取芯孔内填充粘土和高分子化学试剂拌制而成的改良土，并用优质粘土封堵加固夯实，顺利穿越顶进线路上障碍区；在顶管机机头通过工作井、接收井加固区时，通过小孔径钻芯换填改良处理，降低顶管机机头前端阻力，保证了顶管成功出洞、进洞；采用综合防水措施：管片接口采用“F”型承插式，接缝防水装置采用锯齿型止水圈和双组分聚硫密封胶嵌缝，同时对管节与管节之间采用1米长φ 25螺纹钢双边焊接，增加管节的整体连接稳定性，起到整体防水效果。

2.主要成果

基于技术创新，获得专利7项（发明1项），省级工法5项，发表、省级交流论文5篇，江苏省土木建筑学会土木建筑科技奖贰等奖1项。

3.项目应用情况

该项目依托工程——扬州荷花池地下停车场已成功实施，于2017年投入运营，获得省新技术应用示范工程，江苏省“扬子杯”优质工程奖。

三、主要科技创新

1.总体思路

我国沿海、沿河、沿江的城市很多，同时拥有大小湖泊、临近较大的自然湖泊的城市也不占少数，水下停车场无疑是适合未来许多城市的静态交通建设方向，特别是在一些水域存在污染的地区，通过水下停车场的建立，借机对生态环境进行改造，在此基础上形成更好的交通系统。

本研究课题以扬州荷花池地下停车场工程为研究对象，以企业技术中心为依托，将优化设计、数值模拟、工程实践相结合，从方案策划、施工工艺、过程控制、生态恢复等多个环节制定水下停车场建造的综合方案，探索水下停车场施工技术，为拟建的相似工程提供有价值参考。

2.技术方案与创新成果

基于扬州荷花池地下停车场工程，通过产、学、研优势互补，借鉴吸收与自主创新结合，单项技术突破与综合应用并举的方式，研究城市景观湖水下大型停车库的建造关键技术。具体而言：

1) 城市复杂环境下深基坑工程施工技术

(1) 土石围堰防渗施工技术

从方案设计、施工工艺、质量控制等方面，给出了土石围堰防渗加固的可行性措施。通过回填黏土设置土石围堰，实现基坑工程在无水状态下施工，保证了经济和环保效益。同时，为了提高土石围堰的防渗性能，保障主体结构的顺利进行，围堰上设置一排拉森钢板桩作为防渗芯墙，有效提高土石围堰的防渗效果。在工程应用中，工期及造价综合收益高、安全可靠、各环节施工工艺简便，特别适用于水域范围内的临时挡水结构。



工程场地地理位置示意图

(2) 深基坑内支撑重载栈桥施工及综合利用技术

根据工程特点和设计工况，栈桥两端设置回转平台，保证大型机械顺利作业；同时，在栈桥一端设置土坡，增加出土路径，减少土方开挖过程中挖掘机械对支撑梁的破坏，加快土方开挖及工程桩施工进度。

对栈桥进行分区时段拆除，并穿插施工主体结构；施工栈桥下方的主体结构时，先行拆除栈桥板面与相应区域的二道支撑，栈桥梁不拆，保留第一道支撑受力状态。此外，对于格构柱与混凝土柱重合的区域，采取高支模思路，搭设钢管排架进行换撑，方便了主体结构的施工；为避

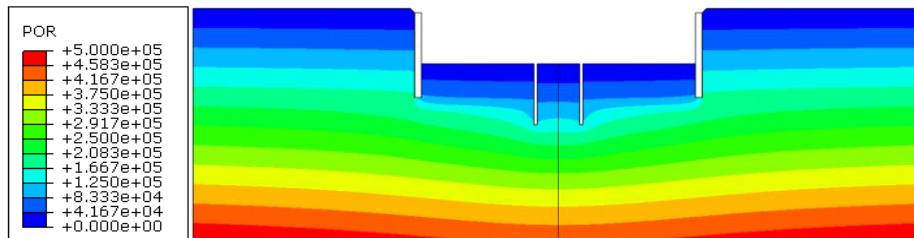
免钢管穿顶板数量过多，在顶板混凝土浇筑前，再次换撑，降低了水下建筑的渗水隐患，确保了工程质量。



围堰、基坑工程俯视图

(3) 深基坑承压水突涌减压控水技术

针对扬州荷花池地下停车场基坑工程中出现的微承压水对基坑工程施工中存在的隐患，尤其是局部区域出现的涌水现象，建立了ABAQUS数值模型，描述基坑降水开挖的特征，分析了井深、距突涌点径向距离两个因素对减压效果的影响，研究承压水减压降水对基坑工程及周围渗流场的影响，通过试算并比选减压降水井设计，制定处理坑底突涌的减压降水控水方案。控水系统由减压管井和水平井点两部分组成，以减压管井为主，水平井点为辅，并在工程成功运用，有效控制了承压水降水对基坑的危害，成功解决了基坑中出现的局部涌水问题，使深基坑工程能够顺利完成，确保了工期。



孔隙水压力分布云图（承压非完整井）

2) 水域大面积混凝土结构抗裂施工技术

(1) 低收缩微膨胀混凝土大面积“跳仓法”施工技术

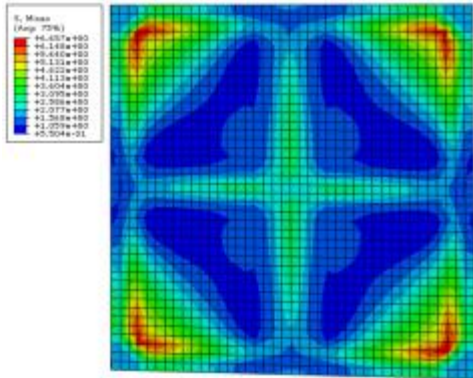
使用PCA-9聚羧酸高效减水剂和HME-IV混凝土高效膨胀剂，掺入粉煤灰，控制水胶比0.45，通过试验与不掺外加剂混凝土收缩应变进行对比分析，创新配制低收缩微膨胀混凝土，各项关键性能均满足设计要求，并具有良好的抗裂性能。

低收缩微膨胀混凝土成功运用于混凝土大面积“跳仓法”施工中，打破了规范所要求的结构分割不大于40m每段及混凝土填仓时间要间隔7天的要求，从而有效地缩短混凝土浇筑所持续的时间，有效节约了工期。

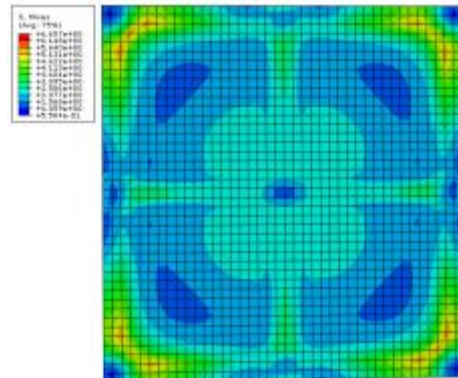
此外，结合温度场的有限元分析，对比实际监测温度与有限元结果表明，将有限元仿真分析用于混凝土温度场的分析行之有效，为后续大体积混凝土施工温度场分析打下理论基础。

(2) 水下停车场顶板预应力技术

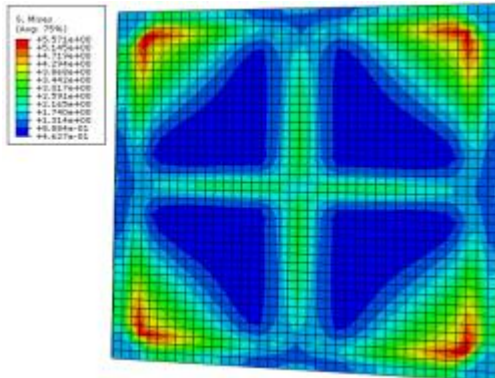
结合温度场及温度应力的计算理论和分析方法，分别对车库底板及顶板建模分析，研究地下室顶板在温度荷载作用下，施加预应力对地下室顶板内部应力的影响，为地下室顶板预应力施工方案提供了理论依据。计算得出，在地下室顶板施加预应力有利于降低板跨中内部拉应力，对于防止混凝土板在温度荷载作用下而产生温度裂缝具有较为明显的作用。施工中，对水下停车库顶板施加无粘结预应力，有效避免了地下室顶板温度裂缝的产生。



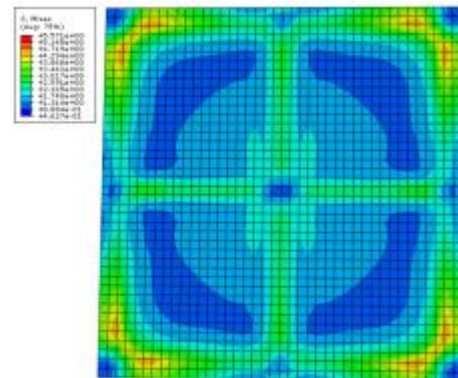
板底应力图（温度荷载+恒载）



板顶应力图（温度荷载+恒载）



板底应力图（温度荷载+恒载+预应力）



板顶应力图（温度荷载+恒载+预应力）

3) 水域混凝土结构综合防水施工技术

水下停车场因其自身所处环境的特殊性，在设计和施工中需要重点解决防水问题。特别是地下室顶板直接承受水体压力，防水要求非常严格，一旦顶板出现渗漏，将很难在顶板背水面自下而上进行堵漏。根据工程主体不同部位和不同工况，按照结构防水为主、刚柔结合、或堵或疏的原则，在研究“水下超大面积混凝土结构抗裂施工技术”的基础上，采用“顶板混凝土抛丸处理及防水施工技术”，对顶板抛丸处理，非固化橡胶沥青防水涂料涂刷，ARC耐根穿刺防水卷材铺贴；对底板采取“地下室底板铺设排水板施工技术”，在底板结构面上铺设排水板，与结构面形成空隙夹层，多重保障主体结构防水性能。此外，针对承压水高水头下管井不易封井、封井后底板抗渗效果差的问题，采用“管井和超深管井的多方案封堵技术”，进一步保证了结构的防水效果。

4) 超大截面矩形顶管施工技术

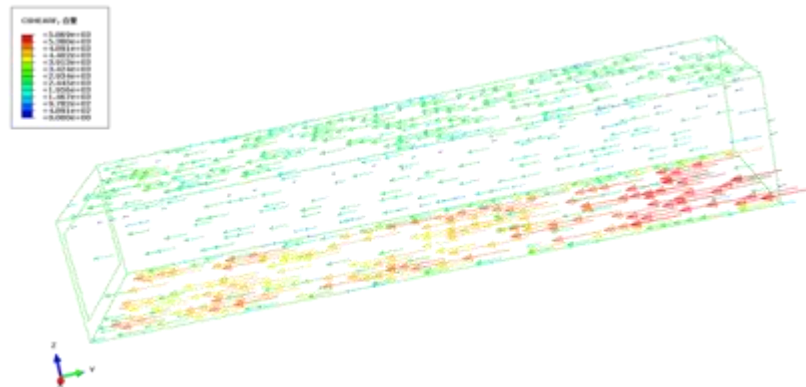
工程采用的矩形顶管技术属于异形顶管范畴，在同等截面下，矩形隧道比圆型隧道能更有效地利用地下空间。



地下顶管通道施工示意图

(1) 超大截面矩形顶管施工理论分析

通过理论分析，参考相关规范及工程经验，给出了大截面矩形顶管顶力的半经验计算方法，为工程施工提供了重要的施工参数。建立顶管施工模型，使用ABAQUS软件进行数值模拟，分析浅埋大截面矩形顶管的受力、变形情况及对周边土体的施工影响，指导顶管的顶进施工。对顶管顶力及出土量等施工数据进行采集分析，结合有限元软件计算结果，进一步验证半经验公式的可靠性。



顶管管道与土体接触面摩擦力矢量图

(2) 超大截面矩形顶管顶进区复杂障碍处理技术

在超大截面矩形顶管顶进施工方面，顶管机机头通过工作井、接收井加固区时，在顶推力过大无法顺利顶进的情况下，通过小孔径钻芯换填改良处理，降低顶管机机头前端阻力，降低顶推力，使机头能够顺利顶进。

此外，针对顶进线路上的硬质土层、岩层、废弃的混凝土基础等硬质障碍区或树根、木桩等软质障碍挤密区域，通过取芯钻机进行密集钻孔取芯，然后向取芯孔内填充粘土和高分子化学试剂拌制而成的改良土，并用优质粘土封堵加固夯实，保持了顶进过程中机头前端土压平衡，顶进过程顺利、平稳。

(3) 超大截面矩形顶管管节防水施工技术

针对特殊复杂地下条件，对超大截面矩形顶管管节采取综合防水措施。管片接口采用"F"型承

插式，接缝防水装置采用锯齿型止水圈和双组分聚硫密封膏嵌缝，同时对管节与管节之间采用1米长 ϕ 25螺纹钢双边焊接，增加管节的整体连接稳定性，让所有管节拼装成的通道形成整体，起到整体防水效果。

5) 水下停车场项目实施标准化管理研究

本标准化管理研究从安全、质量、环保等方面论述荷花池水下停车场项目建设目标以及相应的措施，并系统地分析了项目系统设计的特点。通过分析研究并结合荷花池水下停车场项目的特点，对项目的管理采取了“三全”检查，实现了管理制度的标准化，为以后相关水下停车场项目管理提供了参考。

6) 城市既有景观生态恢复与提升

工程是在既有景观湖的基础上进行的建设的，建设过程改变了原景观的原貌，因此，从既有景观的原样恢复和新建建筑物的环境融合两个方面，对荷花池生态进行恢复与提升。

采取保持原有湖岸线，修复车库顶板上方水域生态，对湖中原有仿古建筑进行编号拆除、按原图重建，池中淤泥就地安置，补种池内荷花等措施，成功恢复了荷花池景观生态；通过设计优化，将必要数量的车道及人员出入口布置与湖岸周边，将设备管井和出入口结合在一起，减少景观影响；同时，地下停车场出入口的配套建筑全部采用仿古建筑，设计风格与荷花池公园统一，与湖心原有建筑相得益彰，成为荷花池公园的新景观。对既有景观的恢复与提升充分体现了“以人为本、生态优先”的理念，妥善处理了水下停车库建设与周围环境的关系。

3.实施效果

科技成果“城市景观湖水下大型停车库建造关键技术研究与应用”通过江苏省土木建筑学会组织的鉴定，整体达到国内领先水平，并成功应用于大型水下停车库——扬州荷花池地下停车场工程中，节约造价约812万元，确保了水下建筑结构的质量及耐久性，实现结构无渗漏，获得2019年度江苏省“扬子杯”优质工程奖。

该工程已于2017年投入运营，有效改善了文昌阁所在的扬州市老城区域的交通拥堵，解决了苏北医院内部停车设施不足、车辆在医院门前滞留的难题，对城市既有景观湖生态成功进行了恢复与提升，是城市水下建筑施工的成功实践，大力推动了地区城市地下空间开发与利用进程。



建成后的荷花池水下停车库

四、第三方评价

1. 鉴定意见

2019年9月4日，科技成果“城市景观湖水下大型停车库建造关键技术研究与应用”通过江苏省土木建筑学会组织的鉴定，鉴定委员会认为，该科技成果在水域深基坑工程施工、水域大面积混凝土结构抗裂、水下大型停车库防渗以及城市复杂地下条件下超大截面矩形顶管工程施工等方面取得了显著的社会和经济效益，达到国内领先水平。

2. 查新报告

(1)《超大截面矩形顶管施工技术》，报告编号：201936000L150228，结论：“针对顶进线路上的硬质障碍区与软质障碍挤密区域，经过密集钻孔取芯、向取芯孔内填充由粘土和高分子试剂拌制的改良土、以及采用粘土封堵加固夯实等处理，以保持顶进过程中机头前端土压平衡，顺利顶进；顶管机机头通过工作井、接收井加固区时，在顶推力过大无法顺利顶进的情况下，通过小孔径钻芯换填改良处理，降低顶管机机头前端阻力，降低顶推力，使机头能够顺利顶进；管片接口采用‘F’插式，接缝防水装置采用锯齿型止水圈和双组分聚硫密封膏嵌缝，同时对管节与管节之间采用1米长 ϕ 25螺纹钢双边焊接，增加管节的整体连接稳定性，起到整体防水效果”未见文献述及。

(2)《城市既有景观湖水下大型停车库建造关键技术研究与应用》，报告编号：201936000L150226，结论：“水下停车库地下室顶板通过施加预应力来降低停车场出入口顶板的内部应力，有效避免地下室顶板由于温度裂缝导致地下室顶板渗水；在水下停车场大体积混凝土‘跳仓法’施工中，双掺PCA-9聚羧酸高效减水剂和HME-IV混凝土高效膨胀剂，有效控制混凝土收缩，缩短了“跳仓法”施工规范规定间隔7天的要求”未见相同报道。

3. 获奖情况

(1) 科技成果“城市景观湖水下大型停车库建造关键技术研究与应用”获得2019年度江苏省土木建筑学会土木建筑科技奖贰等奖；

(2) 依托工程“扬州荷花池地下停车场工程”获得2019年度江苏省优质工程奖“扬子杯”，2018年度扬州市琼花杯优质工程奖，2017年度江苏省建筑业新技术应用示范工程，2016年度扬州市优质结构工程奖，2016年度江苏省建筑施工标准化文明示范工地。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况

基于技术创新，获得专利7项（发明1项），省级工法5项，发表、省级交流论文5篇，获江苏省土木建筑学会土木建筑科技奖贰等奖1项。项目主要技术成功应用于大型水下停车库——扬州荷花池地下停车场工程中，该工程已于2017年投入运营，实现结构无渗漏，有效改善了文昌阁所在的扬州市老城区域的交通拥堵，解决了苏北医院内部停车设施不足、车辆在医院门前滞留的难题，对城市既有景观湖生态成功进行了恢复与提升，是城市水下建筑施工的成功实践，大力推动了地区城市地下空间开发与利用进程。

2017年国土资源部创建办在扬州市广陵区召开国土资源节约集约“四个创新”示范点交流研讨会，扬州市广陵区作为江苏唯一入选的示范点分享了国土资源节约集约利用的创新经验，关键技术应用效果显著。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	49856.4	1744.6	3740.8	149.5
2019	73515.8	2205.4	6881.7	288.4
累 计	123372.2	3950	10622.5	437.9

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

通过本项目的技术研发与创新，获得了多项成果，具有多项自主知识产权，提高了企业在行业中的竞争力，为企业的经营提供支持；同时，在相关的承接项目中运用了部分研究成果，在工期、质量、成本方面均取得了可的经济效益。

深基坑内支撑重载栈桥施工及综合利用技术，与传统工艺相对比，主体施工工期可提前 20 天左右，人员工资及机械租赁费用有效降低；深基坑承压水突涌减压控水技术，处理基坑突涌，一个突涌点处理的总造价仅为传统方法处理费用的 50%~60%；水下停车场综合防水施工技术，实现了水下混凝土结构无渗流，节约后期修补费用；超大截面矩形顶管施工技术，进行处理顶管区域地下障碍，每个地下障碍可较传统明挖清障方法节约造价约 15~25 万元；处理大截面矩形顶管管节防水，总造价降低约 0.5%左右。

3、社会效益（限 200 字）

扬州市荷花池公园是明清时期扬州著名园林之一，该项目充分利用荷花池公园地下（水域）空间资源。与传统方案对比，不占用城市建设上部空间，项目建设全采用地下空间形式，节约土地约 100%，用地“零消耗”，同时交通拥堵严重的问题，充分满足了该区域停车需求。相关混凝土结构防水抗渗技术的研究，为提高地下混凝土结构抗渗性能提供了及成功案例及新的思路。

4、环境效益（限 200 字）

采用的新技术新工艺，降低了噪音，减少了扬尘；超大截面矩形顶管施工，穿越地下障碍，场地要求低，相较于传统的大开挖法清除地下障碍，不需要进行降水、支护和开挖土方，具有扬尘少、不需要抽取地下水等特点。对既有景观的恢复与提升充分体现了“以人为本、生态优先”的理念，妥善处理了水下停车库建设与周围环境的关系。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	混凝土结构早期裂缝成因分析与处理	2016.12	张迎春、祝寿均	
2	扬州荷花池大型水下停车场深基坑施工技术	2016.11	刘良科	
3	深基坑承压水突涌减压控水施工新技术	2017.11	刘良科, 孔祥震	
4	内支撑栈桥在水下停车场工程中应用	2017.06	周融、李振民	
5	大截面矩形顶管穿越复杂地下障碍在施工中的应用	2018.05	刘正平、孔祥震、刘良科	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	深基坑钢管内支撑施加预应力的方法	中国	ZL200910234012.X	2011.04.27	769646	江苏扬建集团有限公司	张迎春; 祝寿均; 胡萍; 夏晓东; 华江
2	实用新型	地下深井封堵盖板系统	中国	ZL201420144102.6	2014.8.27	3768066	江苏扬建集团有限公司	韩潇; 邹厚存; 祝寿均; 施枢; 朱全录; 李振民
3	实用新型	钢筋混凝土底板“跳仓法”施工缝防水构造	中国	ZL201420234291.6	2014.9.17	3808340	江苏扬建集团有限公司	韩潇; 邹厚存; 施枢; 裴树龙; 薛天怡; 曹德华
4	实用新型	一种用于桩基模型试验的垂直加载装置	中国	ZL201920141051.4	2019.12.06	9720935	江苏扬建集团有限公司	贵季嵘; 邹厚存; 冯晨; 汤蕾
5	实用新型	一种用于桩基模型试验的群桩固定装置	中国	ZL201920140944.7	2019.12.06	9720934	江苏扬建集团有限公司	贵季嵘; 丁传武; 杨忠纬; 任德宇; 韩志腾
6	实用新型	一种浇筑混凝土斜剪试验试件的试模	中国	ZL201721422721.7	2018.07.03	7549524	江苏扬建集团有限公司; 扬州建祥商品混凝土有限公司	陈玉彬; 贾向锋; 邵德龙; 邹厚存; 陈梅梅
7	实用新型	装配式强弱电槽道	中国	ZL201921625300.3	2020.05.12	10493583	江苏扬建集团有限公司	朱江林; 童国军; 钱向东; 卞正勋; 薛德华; 杨康为
8	工法	深基坑承压水突涌减压控水施工工法	江苏	苏建质安(2016)366号	2016.8.3	JSSJGF2016-1-183	扬州市桩基有限公司	刘良科; 于金涛; 董红平; 孔祥震; 彭建勇
9	工法	水下停车场深基坑内支撑重载栈桥施工工法	江苏	苏建质安(2016)366号	2016.8.3	JSSJGF2016-1-177	江苏扬建集团有限公司	周融; 郝敬东; 汪祖成; 丁国伟; 类金菲

10	工法	水下停车场综合防水施工工法	江苏	苏建质安(2016)698号	2016.12.26	JSSJGF2016-2-201	江苏扬建集团有限公司	周融; 金蔚东; 张天荣; 郭善祥; 杨明珍
11	工法	超大截面矩形顶管穿越复杂地下障碍施工工法	江苏	苏建质安(2017)676号	2017.12.26	JSSJGF2017-2-161	江苏扬建集团有限公司	丁国伟; 樊金菲; 刘良科; 孔祥震; 刘正平
12	工法	超大截面矩形顶涵综合防水施工工法	江苏	苏建质安(2018)962号	2018.12.21	JSSJGF2018-341	江苏扬建集团有限公司	丁国伟; 张天荣; 赵军; 孔祥震; 刘良科

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	城乡地下排水管道微创修复工艺方法		
完成人	张庆、王咏川、陆勇泽、朱光灿、冯德成、唐伟、段晓军、吉志宇、 朱季寅、徐寅生、褚新民		
完成单位	泰州市高港区市政公用事业服务中心 东南大学 江苏恒达工程检测有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	王超		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
/			
授权发明专利（项）	1	授权其他知识产权(项)	6
起止时间	起始：2018年6月	完成：2019年4月	

二、项目简介

(限1200字)

近年来，因施工质量、材料质量、管道老化等问题导致的管道渗漏在各个城市频繁发生，如果不及时修复必然导致地面塌陷、引发各类事故，而传统的开挖修复具有局限性，不仅需要破坏道路、耗时耗资巨大，而且带来噪音、污染，还破坏植被、古迹和其它地下设施，也影响市民的正常生产生活。正如人生病需要手术开刀时会选择微创手术一样，一种城乡地下排水管道的微创修复工艺方法应运而生。

泰州市高港区市政公用事业服务中心协同江苏恒达工程检测有限公司、东南大学，深入开展产学研合作，通过工程技术人员深入研究和反复试验、结合国内外各类先进管道修复技术，针对管体变形超过1/3的、采用非开挖修复不了的、需大面积开挖修复的管道严重缺陷，开发出了“城乡地下排水管道微创修复工艺方法”。其技术方案要点依次包括如下工作步骤：1，CCTV检测仪检测确定管缺陷段。2，管缺陷段路面定位。3，钻孔取出管顶结构层、人工挖除管周土。4，切除管缺陷段、在CCTV监控校正下更换上新管。5，新旧管接口处封口稳固。6，泡沫水泥灰土填充管道周围。7，CCTV监控复核修管处、管内采用点状原位固化法将修复气囊附着玻璃纤维布加压固化内衬接口处、CCTV检查复核新旧管对接处固化内衬的质量。8，恢复路面结构层。

微创修复工艺方法的优势总结如下：

- (1) 对道路创伤小，创伤面积仅有 1.13 m²，无需封路，对交通出行影响小；
- (2) 施工噪音小，基本无扬尘，有利于维护城市环保和市容；
- (3) 机械化程度高，速度快、效率高，微创修复工期极短，局部修复能达到当天修复当天运行通车；
- (4) 工作量较大开挖修复小很多，费用成本不足传统开挖修复的 40%；
- (5) 维修者下井孔操作有安全护筒，施工安全可靠；
- (6) 修旧管段对接处采用橡胶带包裹、快凝快硬水泥浆封口、专用不锈钢抱箍抱紧，内部采用局部固化修复，堵漏、增强效果好，使用寿命可达 50 年以上；
- (7) 整个修复过程都在CCTV检测设备视频观察下进行，质量有保证。

本工艺方法已应用于泰州市区多处地下管网的修复，具有良好的社会效益和经济效益

➤ 社会效益

(1) 施工过程中，施工作业面小，施工周期短，减少了因为道路开挖而造成的车辆排队等候通行或者绕道行走的问题，基本不影响交通，较传统大开挖修复提高了道路通行效率；

(2) 利于环保。因不需要对路面大面积开挖，故产生的建筑垃圾少、粉尘少；施工使用的原材料均为环保材料，产生的有害气体也相对减少；

(3) 施工过程中，对其他的公用管道如煤气、自来水和通讯电缆等无影响，更不需要因保护其他设施而产生额外费用；

➤ 经济效益

通过实践施工比较，本工艺方法与传统大开挖管道修复费用比较，以修复埋深3米的DN600塑料双壁波纹管一处为例，微创修复工艺方法每处比大开挖修复每处造价少40%；从实践施工对比，微创修复工艺方法施工对所需修复的管道埋深越深，造价相对越低（因大开挖修复施工工艺所需破坏和恢复的路面结构层面积与待修复管道埋深成正比。

三、主要科技创新

(限 5 页)

(1) 工艺创新：我国的一些老城区地下管网铺设年代久远，与后铺设的管网彼此之间形成错综复杂的状况。同时，由于管道铺设工艺，管道材料的耐久性、施工的成熟性等多种原因，部分地下管道经过多年的运营，出现了渗漏、变形、脱节等病害情况。伴随着管道的病害情况的出现，管道修复技术应运而生。对于病害管道的修复，传统上采用开挖后重新埋管的方法。但是现有的地下管道一般都铺设在人口密集的市区，城镇等地区，排水管道周边还有相互交错的供热管道、煤气管道、石油管道等，有的管道铺设在主干道，采用传统的施工方法更新改造会造成破坏道路、影响交通、妨碍商业活动甚至外事活动，这极大的影响了人们的生活。和传统方法相比，本微创修复工艺方法通过在待修复管段顶开井孔，将缺陷管段切除后更换新管段，再在两新旧管对接处封口、稳固并利用点状原位固化法在新旧管体处进行接缝贴衬，在管内壁形成一层高强度、具有防腐防渗功能的内衬新管，实现地下排水管道的快速微创修复。本工艺主要优势如下：

- 解决了传统开挖施工对居民正常生活的干扰，减少了对交通、环境、周边建筑物基础的破坏和不良影响；
- 在传统施工方法无法施工或不允许开挖施工的场合(如穿越河流、高速公路、铁路等),可用非开挖技术从其下方穿越铺设,并可将管线设计在工程量最少的最佳位置穿过；
- 非开挖技术可以高精度地控制地下管线的铺设方向、埋深、并可使管线绕过未曾发现的地下障碍物(如巨石和地下构筑物)；
- 具有较好的社会效益和经济效益，在可比性相同的情况下,非开挖管线铺设、更换、修复的综合成本均低于开挖法施工，且在管径越大、埋深越大时越明显。

实践证明，在大多数情况下，尤其是在繁华市区或管线埋深较深地带,非开挖施工是开挖施工的极好代替方法；在特殊的情况下，例如穿越公路、铁路、河流、建筑物等，非开挖施工更是一种唯一经济可行的施工方法。施工过程中，减少了因为道路开

挖而造成的车辆排队等候通行或者绕道行走的问题，基本不影响交通，较传统大开挖修复提高了道路通行效率。本工艺更加利于环保，因不需要对路面大面积开挖，故产生的建筑垃圾少、粉尘少；施工使用的原材料均为环保材料，产生的有害气体也相对减少。施工过程中，对其他的公用管道如煤气、自来水和通讯电缆等无影响，更不需要因保护其他设施而产生额外费用。施工周期短，有效地减少了修复城市道路地下管道带来的交通压力及施工时占用公共资源的时间。微创修复工艺作业面约 1.13 m^2 ，是传统开挖修复（约 32 m^2 ）的 4%。

（2）材料创新：为了达到高强度和耐久性的要求，传统的混凝土始终在追求其结构的密实性，这种密实结构的混凝土缺乏透气性和透水性，收干时间较长，而且消耗大量能源和资源：据统计我国每年要开采 50 亿吨以上的粘土、石灰石和砂石等矿物质材料用于生产水泥和混凝土。为此将破坏自然景观，改变河床位置及形状，造成水土流失或河流改道等严重后果。同时为开采这些原料以及生产水泥，还需要耗费大量的能量，例如每烧制一吨水泥熟料需耗标准煤 178 公斤，砂石的开采与破碎、运输也需要耗费大量的能量。而本方法在管四周回填自制的泡沫水泥灰土，使用泡沫水泥灰土填充管道周围，实现了对管道周围的二次封堵。

和传统混凝土相比，泡沫混凝土具有以下优势：

- 质地较轻。泡沫混凝土的绝干密度通常在 $200\sim 1200 \text{ kg/m}^3$ 这个区间，占据一般混凝土容重的 $1/2\sim 1/10$ ，可以大幅降低质量，便于在道路修复工程中运用；
- 体积变化小。泡沫混凝土这种材料在实现初凝之后，体积变化小，在施工过程中能够比较准确的估算体积，提高道路修复效率；
- 强度能够进行调整。泡沫混凝土的抗压强度在 $0.7\sim 5.0 \text{ MPa}$ 这个区间，能够对新旧地下管道的连接处起到保护的作用，将新旧管道的位置进一步的固定，减小了路面结构层回填再造的压力对修复管道处造成的损伤。泡沫水泥灰土浇筑时自动密实成型，无需振动、夯实，凝固后达到 C15 的强度，有效避免管道连接处的损伤、管道下沉、塌陷等质量问题。在工程运用中具有很高的安全性；

- 速干效果好。泡沫水泥灰土有快凝快干的效果，泡沫水泥灰土可在 2-4 小时内快速收干，制作周期短，不需要水养护，大大缩短了修复地下排水管道的时间，提高了工作效率。将泡沫混凝土应用于管道修复中，不仅能节省水、电等资源的消耗，工程工期的缩短在一定程度上还有效降低了劳动成本；
- 具备较佳的流动性，成本偏低。泡沫混凝土属于可控低强度的材料，其具备优质的流动特性致使其具有优良的可泵送性与充实度。泡沫混凝土对于废弃物的使用率偏高，以粉煤灰为原材料，单位体积中使用水泥的量偏小，比起水泥稳定土与别的材料，在成本方面具备显著的优点。同时成型后的泡沫水泥灰土固体内多孔，体积增大，与等量的普通水泥土相比，覆盖面积会更大，节省成本。

(3) 设备创新：传统方法开挖后由于地下施工以及施工降水等问题，引起地下土层破坏扰动和不均匀沉降，造成管线接口处漏水，可能导致管线断裂，路面坍塌。一旦发生事故，将对周边地下管线造成威胁，造成路面塌陷，影响城市交通，并发生次生灾害，甚至发生安全事故危害施工人员的人身安全。本方法通过CCTV检测仪复核找到有损坏的地下排水管道，确定有损坏的位置之后，在损坏处上方钻孔，孔洞呈笔直向下延伸，孔洞周围不需要预留安全坡度，将自制的井孔安全护筒插入孔洞中。安全护筒层叠设有多个，并可根据井深多个层叠。安全护筒的两端设有固定框，所安全护筒的内壁设有多个加强筋，加强筋的两端分别与固定框连接。根据孔洞的深度，选择不同数量的安全护筒相结合，有利于施工的快速安全稳定性；固定框和加强筋提高了安全护筒的结构强度，提高了孔洞的结构稳定性，有利于保障维修者在孔洞内的安全性。本方法保障了孔洞的安全性，避免孔洞出现坍塌而导致操作者受伤。

四、第三方评价

该项目于 2019 年 9 月，由江苏省土木建筑学会组织召开成果鉴定会。鉴定专家组一致达成如下鉴定意见：

项目组针对传统的路面开挖修复管道技术的难题，开展了“城乡地下排水管道微创修复工艺方法”的研究，项目具有明显的创新性，包括（1）采用微创修复技术，道路开挖面积较小，可快速恢复交通，施工对环境的影响小；（2）施工中应用自制泡沫水泥灰土进行管腔回填；（3）采用自制的井孔护筒进行安全防护。

该应用技术具有现场施工工作量较小，修复成本较低的优点，有推广应用价值。已获得授权发明专利 1 项，实用新型专利 6 项。成果已应用于江苏省泰州市的部分地区，产生了良好的经济和社会效益。

鉴定委员会认为研究成果总体达到国内领先水平，一致同意通过鉴定。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

2019年4月15日，在南京师范大学泰州学院运动场污水管道修复中，对存在问题管道采用地下管道微创修复法，利用星期日一天时间修复完成，不影响学校正常教学，同时减少修复成本约10万元，没有环境污染。污水管道运行情况表明，微创修复法具有实施简单、运行成本低、负面影响小等特点。修复管道投入使用一直以来雨水通畅，运动场不存在积水，解决该校最大安全隐患。

2019年5月1日，泰州市中国医药城区域内的药城大道、郁金路存在路段坍塌问题，其中一处6m长坍塌处原已大开挖修复过，当初严重影响1个月之多的交通，花费近20万元，开挖修复采用大管套小管，修复部位全用混凝土浇筑，时间不长又出现坍塌，据分析在浇混凝土时管道就被压塌了。此后采用地下管道微创快速替换法，在汛期到来前进行抢修，克服重重困难，在五一节日假期完工，至今修复部位完好。管道运行情况表明地下管道微创修复快速替换法具有修复速度快、成本低等特点，同时协议上注明的修复部位终身免费保修实实在在。

2019年5月28日，泰州市迎春路与金东路红绿灯交叉口雨水管道存在坍塌问题中，其中，迎春路与金东路均是我市主要交通干道，人行及车流量大，同时坍塌管道横穿迎春路，如采用传统的大开挖修复，一是需要封路，严重影响交通，从实际出发是不可行的；二是需破坏道路路面，经初步核算费用近20万；三是修复时间长，最少需半个月。采用“地下管道微创修复快速替换法”，费用仅需9万元、夜间施工只需5小时即可恢复通车，基本不影响交通，同时基本不存在粉尘环境污染。

2020年4月15日，针对泰州市区泰康小区一区、二区雨污水分流改造项目，需对需保留的污水管道进行修复。若采用国际、国内“顶管法”、“胀管法”，均需对路面破坏，加之老小区施展作业空间受到限制无法实施；采用传统大开挖修复不但花钱多、阻碍交通、工期长、噪声粉尘污染严重，虽说是城建惠民，但老百姓还怨声载道，社会负面影响大。最终选用非开挖修复技术，对4处缺陷采用局部固化修复，6处坍塌、失去功能的管道采用微创修复。具有实施简单、运行成本低、负面影响小等特点。工程结束后，经全部检查验收，质量、工期均达到预期目标。

2018年8月28日，在泰州市励才路污水管道修复中，采用微创修复法。该管道坍塌位置在高压配电设备附近，采用大开挖修复，需先将配电设施迁移，而新建选址难度大，同时需停电，严重影响该区域的人民生产生活，预算总投入近100万元，间接损失除外。最终采用微创修复法，只花5万元就解决了修复问题。

实践表明，微创修复法具有修复速度快、成本低、环境影响小等特点，具有良好的社会、环境和经济效益，适用于地下管道的修复处理。

2、近年直接经济效益 单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2019年6月一至今	850万	150万	850万	/
累 计	850万	150万	850万	/

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

经济效益以高港区2018年实施的污水管道工程项目和2019年至2020年8月实施项目采用的不同的修复方法为例进行比较，2018年该区对春江路路段、金港中路4条路路段级2140米，实施控源截污，直接用于该段清淤、疏通、检验修复的总费用为761.8万元，其中清淤、疏通、检验花费12.8万元，采用整体水翻式和局部开挖修复花费749万元（水翻式、光固化法、局部固化法，管道塌陷是无法实施的），必须先将管道塌陷部位先开挖后复位，才能实施整体水翻式修复法，虽说对环境没有影响，但成本很高。

2019年5月至2020年8月对该区域的府东路、春江路、刁东中沟等5条路的污水管道进行清淤、疏通、检验、修复，总长4250米，共花费275.4万元，其中清淤、疏通、检验25.5万元，采用非开挖修复（局部固化、微创替换修复）249.9万元。

前者修复方法平均每米修复高达3500元，后者修复方法平均每米只需558元。据高港区统计主城区雨污水管道总长近100公里，按以上比例最少节省资金上千万元。从一个区到一个地级市乃至全国，可想而知，减少多么庞大的财政支出。

3、社会效益（限200字）

该微创修复法适用于地下管道的修复处理，施工作业面小，施工周期短，减少了

因为道路开挖而造成的车辆排队等候通行或者绕道行走的问题，基本不影响交通，较传统大开挖修复提高了道路通行效率；施工过程中，对其他的公用管道如煤气、自来水和通讯电缆等无影响，更不需要因保护其他设施而产生额外费用，尤其是管道塌陷处在固定建筑及电力设施附近，即使用大开挖修复无法实施，必须改道的，具有良好社会效益。

4、环境效益（限 200 字）

采用该微创修复法对地下管道进行修复，因不需要对路面大面积开挖，故产生的建筑垃圾少、粉尘少；施工使用的原材料均为环保材料，产生的有害气体也相对减少，具有显著环境效益。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	/			
2				
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	/			
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种用于地下管道微创修复快速替换管道的方法	中国	ZL201910463562.2	2019年5月30日	3813511	江苏恒达工程检测有限公司	沈宏扣；朱正宏；唐伟；孙栋；缪昌青；王娟；洪峰；蒋川；陈小欣；赵跃
2	实用新型专利	基于贝克曼梁法的路面弯沉自动检测装置	中国	CN208151823 U	2018年11月27日	8131151	江苏恒达工程检测有限公司	李立新；缪昌青；陈小欣；孙栋；蒋平；王娟；练微；朱正；宏洪峰
3	实用新型专利	一种基于油压泵的便携式路牙石搬运机	中国	ZL 201720010383.X	2017年9月29日	6505445	江苏恒达工程检测有限公司	曹凯；张杰；洪峰；蒋川；蒋平；周花军；王娟；练微
4	实用新型专利	一种基于路面弯沉自动检测装置	中国	ZL 201620113766.5	2016年2月4日	5515216	江苏恒达工程检测有限公司	赵跃；朱正宋；孙栋；唐伟；缪昌青；刘逸翔
5	实用新型专利	贝克曼梁检测车	中国	ZL 2018205169607	2018年4月11日	8139009	江苏恒达工程检测有限公司	唐伟；孙栋；金惟；陈小欣；赵亮；张杰；陆杰

6	实用新型专利	一种自动检测识别鳞芽朝向的可调装置	中国	ZL 2018 2 0520047 .4	2018年4 月11日	8032644	江苏恒 达工程 检测有 限公司	曹凯；孙 栋；缪昌 青；唐伟； 练微；朱 正宏；周 花军；蒋 川
7	实用新型专利	沥青路面摩擦检测仪测试台结构	中国	ZL 2018 2 0520242 .7	2018年4 月11日	7977493	江苏恒 达工程 检测有 限公司	孙栋；陈 小欣；王 军；金惟； 赵亮；张 杰；陆杰
8								
9								
10								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	大数据综合调度可视化系统		
完成人	周永军、周正康、张水凌、唐加山、罗志成、张砾华、周军		
完成单位	南京城建隧桥经营管理有限责任公司 江苏东大金智信息系统有限公司 南京邮电大学		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
	大数据综合调度可视化系统	RD17	2019.12.30
授权发明专利（项）	1	授权其他知识产权（项）	7
起止时间	起始： 2018 年 6 月 1 日	完成： 2019 年 12 月 30 日	

二、项目简介

(限1200字)

(一) 项目研究的目的、意义

南京城建隧桥经营管理有限责任公司管理的桥梁隧道具有管理养护数量多，多个信息系统数据相互封闭等特点，搭建大数据综合调度可视化系统进行数据分析可有效解决上述问题。

隧道管理、养护数据集成。多年来基于隧道管养工作的需要，建立了多个异构的、运行在不同的软硬件平台上的信息系统，然而这些数据彼此独立、相互封闭，难以共享。针对城市隧道的监管需求，对所需数据进行集成，其中包括机电设备集控系统，视频巡检系统，车流量大数据系统，隧道结构健康监测系统，综合养护管理系统五大类系统，涉及各类结构化数据和非结构化数据，数据库有多种关系型数据库，非关系型数据库，实时数据库，历史数据库。本项目建设了一个大数据综合调度可视化系统，可快速从各系统调取所需数据，为隧道管养运营综合监管大屏幕展示系统提供数据支撑。同时，各类系统的数据互通也为管养工作所需求的数据带来了多元性和更多的可能性，不同信息的相互组合将能产生更多的情景方案，依靠数据分析系统，更加完善地完成日常的管养需求。

(二) 国内外研究现状

交通是困扰现代大都市的世界性难题。近年来，可视分析技术在分析和利用交通大数据中扮演了越来越重要的角色，成为一项重要的智能交通技术。早期研究注重对道路流量的可视化展示方案,主要方法有箭头图、马赛克图和轨迹墙等.随着可视分析手段的丰富，对城市道路交通流量的分析层次上升到交通事件层面，但是交通事件的定义仅局限于交通拥堵。应用可视分析的其他交通问题领域包括公共交通、交通事故和人群出行行为等。近年出现了挖掘和利用交通轨迹或交通事件的社会属性或称环境上下文信息的研究新趋势。从对交通流量的可视化到交通事件的可视分

析，从面向道路交通状况到与交通相关的其他社会性问题，从单纯反映路况的交通数据到富含社会性语义的多源数据，从传统的PC端可视化和交互范式到新型的可视化展示介质，交通数据可视化领域的研究在深度和广度上都得到大大拓展,未来该领域的研究趋势也体现于其中。

（三）应用推广前景及预期的社会经济效益：

随着互联网科技的高速发展，智能城市和数据可视化一直是近几年的热门话题，在每天庞大的数据洪流面前，如何从日常的数据中提取或者转化有效的信息来服务于服务或者生产业，是现今各个政府，企业和公司都关心的一个问题。习近平总书记在第十九次全国代表大会上的强调“建设现代化经济体系，必须把发展经济的着力点放在实体经济上，把提高供给体系质量作为主攻方向，显著增强我国经济质量优势。加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，在中高端消费、创新引领、绿色低碳、共享经济、现代供应链、人力资本服务等领域培育新增长点、形成新动能”。开展大数据可视化工程将有效打破隧桥现有多个系统所带来的的信息孤岛问题，有力的与传统的养护数据相结合，也对日常的管养工作提供了更为高效的反应和数据支持。

三、主要科技创新

(限5页)

(一) 主要研究内容:

南京城建隧桥经营管理有限公司为南京市重点基础设施建设和管理单位，管理隧道数量多达24条，现有业务系统包括隧道机电设备集控系统，视频巡检系统，车流量大数据系统，隧道结构健康监测系统，综合养护管理系统共五大系统。南京城建隧桥经营管理有限公司大数据综合调度可视化系统将基于数据可视化、超高分辨率显示、数据集成、大数据分析等相关技术，建设一套隧道管养运营综合监管大屏幕展示系统，用于日常隧道管养运营监控，特殊时期专题监控，突发事件应急指挥，为隧道管养运营及城市交通管理提供决策支持。

(二) 关键技术、技术创新及研究方法和技术路线（或工艺流程）:

1、核心技术:

(1) 南京城建隧桥经营管理有限公司大数据综合调度可视化系统将基于数据可视化、超高分辨率显示、数据集成、大数据分析等相关技术，建设一套隧道运营综合监管大屏幕展示系统，用于城市快速路网多隧道群日常运营监控；特殊时期专题监控，突发事件应急指挥，为隧道健康运营及城市交通管理提供决策支持；建立隧道状态评价模型，将隧道相关设备设施状况，隧道交通状况，隧道结构健康状况等因子纳入隧道状态评价模型中实时全面的反映隧道状态。

(2) 利用计算机自动化分析能力的同时，充分挖掘人对于可视化信息的认知能力优势，将人、机的各自强项进行有机融合，借助人机交互式分析方法和交互技术，辅助人们更为直观和高效地洞悉大数据背后的信息、知识与智慧，这种将数据通过可视化变成图形的方法能更好地激发人的形象思维与想象力。

(3) 把转换后的数据进行可视化映射，映射为可视化结构数据，将可视化结构数据转化为可视化图形通过人机交互模块把可视化图形结果展示给用户，并把用户模块中金融类专业认知分析人员以及用户和决策者对各个阶段数据的分析结果反馈给认知模块，认知模块整合汇总人、机分析结果，对各个分析阶段进行实时调整，直到展示出满足用户要求和用户满意的可视化图形为止。

(4) 先对大数据进行分类，再对分类后的数据的重要程度进行划分，最后对划分的数据进行显示，由此实现了对海量大数据进行可视化显示的技术效果。

2、创新点:

(1) 顶层数据库架构:

现今隧桥总共有五大系统，包括了隧道内弱电设备、视频数据、健康结构感应及大数据车流

量等多类数据，每日有巨大的数据吞吐且数据类型复杂。本项目能够有效地解决数据孤岛，建立一个高效且具有稳定性和真实性的顶层数据库。

(2) 隧道状态评价模型：

将隧道相关设备设施状况，隧道交通状况，隧道结构健康状况等因子纳入隧道状态评价模型中实时全面地反映隧道状态。

(3) 大屏幕展示系统的建设：

本项目通过一个支持超高分辨率，具有丰富组件库，可提供丰富多样的数据表达方式，同时支持三维展示、GIS服务，可对视频数据进行有效组织和调用的可配置化大屏幕展示平台来配置实现集中监控、统一管理、综合分析的超高分辨率隧道管养运营综合监管大屏幕展示系统，并且可以根据应用场景配置多套界面，应对日常监管、主题监管、应急指挥等不同需求。同时还可以快速移植到PC电脑和移动手机上，形成大屏幕、PC电脑、移动手机的三终端一体化解决方案。

(4) 建立大数据分析可视化系统：

大数据分析，并在超高分辨率上对数据分析结果进行展示，为隧道管养运营及城市交通管理提供决策支持。

四、第三方评价

(一) 国家安全防范报警系统产品质量监督检验中心(上海)、公安部安全防范报警系统产品质量

量
监
督
检
验
测
试
中
心
检
测
报
告



170021022464
170009020967



(2017)国认监认字(275)号



中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L0653

报告编号: 公沪检202042981

检验检测报告

样品名称	隧道智能监控系统
型号规格	TunnelAI V1.0
受检单位	南京城建隧桥经营管理有限责任公司
检测类别	委托检测



国家安全防范报警系统产品质量监督检验中心(上海)
公安部安全防范报警系统产品质量监督检验测试中心



检测报告

样品名称	隧道智能监控系统		检测类别	委托检测
型号规格	TunnelAI V1.0		商标	—
委托单位	南京城建隧桥经营管理有限责任公司			
受检单位名称	南京城建隧桥经营管理有限责任公司			
制造单位名称	南京城建隧桥经营管理有限责任公司			
抽样单编号	—			
抽样日期	—	抽样地点	—	
受检批生产日期	—	批号或编号	—	
抽样母体数量	—	抽样样品数量	—	
检测样品数量	1套	样品收到日期	2020年06月30日	
检测依据	GB/T 28789-2012 《视频交通事件检测器》			
判定依据	1. GB/T 28789-2012 《视频交通事件检测器》 2. TunnelAI V1.0 型隧道智能监控系统企业技术要求（受检单位提供）			
检测日期	2020年06月30日 至 2020年07月02日			
检测结论	由南京城建隧桥经营管理有限责任公司委托并受检的 TunnelAI V1.0 型隧道智能监控系统样品，经本中心检测的项目共计 19 项，所测项目的检测结果符合 GB/T 28789-2012 及 TunnelAI V1.0 型隧道智能监控系统企业技术要求的相关要求，详见附页。 签发日期：2020年07月02日（盖章）			
受检单位 通讯资料	地址	南京市江北新区浦滨路150号中科创新广场10栋		
	邮政编码	210008	电话	15950595098

批准 鲍逸明 审核 范晓春 编制或主检 金敏
 签名 鲍逸明 签名 范晓春 签名 金敏

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

应用单位名称	应用起止时间	合同金额
南京市城市道路管理中心	2018.1.1-2019.12.31	11697.59万/年
南京市南部新城开发建设管理委员	2018.10.26-2019.10.30	861.8154万元

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2019年	1770.32	395.85	0	0
2020年1-8月	962.76	366.28	0	0
累 计	2733.08	762.13	0	0

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

2019 年新增数字化管养收入 1770.32 万元。2019 年利润总额 4893.03 万元，营业收入 21868.99 万元，新增利润=4893.03*（1770.32/21868.99）=395.85 万元；

2020 年 1-8 月新增数字化管养收入 962.76 万元，2020 年 1-8 月利润总额 4660.09 万元，营业收入 12234.05 万元，新增利润=4660.09*（962.76/12234.05）=366.28 万元。

3、社会效益（限 200 字）

公司采用“平台+生态”双轮驱动的方式，借助新一代的物联网、云计算、决策分析优化等信息技术，通过感知化、物联化、智能化的方式，将城市中的物理基础设施、信息基础设施、社会基础设施和商业基础设施连接起来，在城市不同部门和系统之间实现信息共享和协同作业，更合理的利用资源、做出最好的城市发展和管理决策、及时预测和应对突发事件和灾害，为新型智慧城市大数据可视化控制、管理提供了更为便利的手段。

4、环境效益（限 200 字）

自然灾害对项目工程会造成重大损失，城建隧桥通过基础设施云生态系统尽量减少自然灾害对施工过程的影响，增加行业抗击自然灾害的能力，并且保证自然灾害对施工的不良影响降到最低。更好的保障了基础设施的维护跟监管，为智慧城市的发展做出有力的贡献，提高公司的影响力。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	城市隧道入口交通信号灯的动态控制与优化	2019.10	周正康	《现代城市研究》
2				
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	城市隧道入口交通信号灯的动态控制与优化	周正康	《基于大数据的隧道交通事故因素分析电子制作》2020年72期 第77-78+57页	2020年
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	交通流量短时预测结果的可视化装置	国家	ZL201610522090.X	2018.9.4	3061285	南京城建隧桥经营管理有限责任公司	不公告发明人
2	实用新型专利	一种基于分布式的道路区间测速监测系统	国家	ZL201820761522.7	2019.1.22	8397707	南京城建隧桥经营管理有限责任公司	李志来、刘戌丹、游欣雨、沈海燕、周正康、罗志成、王宏伟、李光福
3	软件著作权	南京城建隧桥智能监控系统软件V1.0	国家	2018SR260761	2018.4.18	02486762	南京城建隧桥经营管理有限责任公司	南京城建隧桥经营管理有限责任公司
4	软件著作权	城建隧桥城市隧道群实时安全监测与长期健康管理系统软件V1.0	国家	2018SR1025144	2018.12.17	03362605	南京城建隧桥经营管理有限责任公司	南京城建隧桥经营管理有限责任公司
5	软件著作权	城建隧桥大数据综合调度可视化管理系统软件V1.0	国家	2018SR1028938	2018.12.18	03362604	南京城建隧桥经营管理有限责任公司	南京城建隧桥经营管理有限责任公司
6	软件著作权	城建隧桥视频云控系统软件V1.0	国家	2019SR447977	2019.12.27	4868734	南京城建隧桥经营管理有限责任公司	南京城建隧桥经营管理有限责任公司
7	软件著作权	城建隧桥云存储系统软件V1.0	国家	2019SR1457581	2019.12.27	4868913	南京城建隧桥经营管理有限责任公司	南京城建隧桥经营管理有限责任公司
8	软件著作权	南京城建隧桥集中管理平台软件V1.0	国家	2018SR270738	2017.11.20	02496659	南京城建隧桥经营管理有限责任公司	南京城建隧桥经营管理有限责任公司

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	低能耗MBR组合工艺在黑臭水体治理中的应用与示范		
完成人	王慧雅, 周保昌, 郭光, 胡志新, 杭祖圣, 殷琴, 丁克强, 刘涛, 刘平, 熊雪莲		
完成单位	南京工程学院 南京瑞洁特膜分离有限公司		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)	南京工程学院		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
科技创业家培育计划	二代双叠平板膜-膜生物反应器在节能减排中的应用及推广	/	2015.12
创新性产业集群培育计划	双叠平板膜膜生物反应器在节能减排中的实际应用及推广	2012Aa04	2013.6
南京市科技计划项目-创新基金	基于抗污染高通量多通道复合平板铝膜及膜组件的开发与应用	2013 创基 036	2015.7
初创型企业培育	初创型企业培育-基于中水回用低能耗膜生物反应器装备的开发与应用	2014Ab12	2015.3
江苏省科技项目-科技型企业技术创新资金	面向废水深度处理及中水回用膜生物反应器的开发与应用	BC2014029	2016.7
江宁区科技型中小企业技术创新专项资金项目	基于中水回用抗污染低能耗纯氧曝气膜生物反应器开发与应用	2015cz39	2016.5
南京市科技计划项目-生态环境科技	节能型平板膜在黑臭河治理中的研究与示范	201608031	2017.6
江宁区科技型中小企业技术创新专项	自循环膜生物反应器系统在污水处理中的应用	2017cz43	2018.8

资金项目			
南京市科技计划项目-生态环境科技	面向屠宰废水深度处理和资源化利用的节能型膜生物反应器关键技术的开发与应用	201716026	2018.7
南京市科技计划项目-生态环境科技	面向养殖废水治理和资源化利用的 MBR 装备化研究与应用	201805029	2020.06
南京环保科技项目	基于微污染水体低能耗型膜生物反应器的研究与示范	201812	2019.12
江宁区科技型中小企业技术创新专项资金项目	基于微污染水体水质提升高效脱氮 MBR 膜罐的研发与示范	2019JSCX0161	2020.8
授权发明专利(项)	4	授权其他知识产权(项)	32
起止时间	起始: 2014 年 1 月 1 日	完成: 2019 年 06 月 30 日	

二、项目简介

(限1200字)

随着经济发展和城市人口的增加，工业废水、生活污水排放量不断增加，大量未经有效处理的污水直接排入城市内部或周边的河流，导致不少城市河流尤其是中小型河流长期处于黑臭状态。水体质量的不断恶化，严重影响了居民生活和城市环境，制约了城市生态建设和城市经济可持续发展。膜生物反应器 (Membrane Bio reactor, 简称 MBR) 技术是一种新型高效的生物处理技术和绿色技术，具有许多其他生物处理技术无法比拟的明显优势，具有系统处理效率高、高负荷率、占地面积小、节省空间等优点，因而得到了人们越来越多的重视；已成为国外如水环境研究基金会(WERF) 和国际水协会(IWA)的研究重点之一。

本项目针对河道泵站纳污黑臭问题，成功制备出具有较高的力学强度和化学稳定性能的亲水性有机复合滤膜，搭建膜生物反应器对黑臭水体进行净化处理，减少能量损耗，提高膜通量和抗污染性能。在此基础上，集成平板膜组件、动力系统、变频技术以及控制系统集成化，将推动传统膜生物反应器技术向新型超低能耗膜生物反应器装备延伸，设计污水污泥同步处理系统，实现污水深度净化和污泥减量化的同步处理，解决了膜生物反应器运行高能耗难题，兼具生态价值和经济价值。

1、高强度和亲水性有机复合滤膜的制备

高分子是制备亲水性有机复合滤膜的基体，需要具有较高的力学强度和化学稳定性能。在本项目中采用钴源 γ 射线辐射技术，通过控制反应条件，实现不同比例的接枝，并通过对高分子结构进行设计和（或）功能性优化，提高了复合膜性能，保证高分子微观结构和机械强度之间的平衡，满足后续纳米复合膜制备对高分子基材的需求。

基于具有特定结构和功能化改性的高分子基材，有机和无机离子相结合，成功制备出具有较高的力学强度和化学稳定性能的亲水性有机复合滤膜。采用分子分散技术、原位水解方法、平板膜生产工艺、非对称相转化技术制备光催化亲水性粒子在高分子基体中均匀分散的复合滤膜，研究粒子与高分子间的相互作用及其对复合滤膜微观结构和性能的影响。从膜支撑体结构出发，研究多通路汇水技术，进行现有平板膜产品的二次开发与升级，减少过程能量损耗，同步提高膜通量和抗污染性能。

2、低能耗膜生物反应器的研发

开发的节能型平板膜-膜生物反应器装备，集成平板膜组件、动力系统、变频技术以及控制系统集成化，将推动膜生物反应器技术向超低能耗膜生物反应器装备延

伸，解决了膜生物反应器运行能耗难题。设计污水污泥同步处理系统，同步实现污水深度净化和污泥减量化。

3、以膜生物反应器为核心，结合改性活性炭和微生物强化技术，处理黑臭河道污水，实现了黑臭河道的高效治理，出水水质达到了准 V 标准

本项研究成果获授权发明专利 4 项，实用新型专利 32 项，发表科研论文 14 篇，其中 EI 或 SCI 论文 5 篇。该技术通过江苏保科技股份有限公司等企业在全国 6 个省 10 个市 20 余项城市典型黑臭水体中实现了较大规模的技术示范及应用。在过去 3 年间累计为企业增加销售额 16328 万元，实现利润增收 2062 万元、投资节约 3000 万元；有力支撑了 20 余项黑臭水体治理工程，环境效益和社会效益显著，有力推进了我国黑臭水体治理技术的发展。

三、主要科技创新

(限5页)

本项目通过改性, 获得抗拉性和亲水性高的改性聚偏氟乙烯膜, 并基于国内首创的双叠式膜元件、高密度平板膜及高精度膜分离材料, 开发出低能耗膜生物反应器, 技术处于国内领先地位。构建低能耗膜生物反应器处理黑臭水体, 出水水质主要指标能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准, 主要创新如下:

1、通量高、抗污染性强的 PVDF 复合膜体系的构建

创造性地将 $g-C_3N_4$ 修饰的 TiO_2 添加至铸膜液基体对聚偏氟乙烯(PVDF)改性, 提高了聚偏氟乙烯及其膜的抗拉强度、亲水性和抗污染性。在此基础上, 开发出一种既能提高该平板膜的装填密度, 降低平板膜的造价成本, 又不影响其使用强度的浸没式膜生物反应器多层平板膜及分体式平板膜, 使膜面不易被污泥污染, 设备能长期、稳定地运行, 且混合液的活性污泥浓度可以达到较高浓度, 进一步减少了污泥处置量。

研究表明类石墨烯 ($g-C_3N_4$) 含有大量羟基、羧基、环氧基、羰基等含氧官能团, TiO_2 经其修饰后添加至铸膜液中, 可更好优化复合膜的表面或底膜支撑层的亲水性和微观面貌, 光催化性和抗污染性均有所增强。本研究中采用溶胶-凝胶法制备复合粒子 $TiO_2/g-C_3N_4$, 并将其添加至聚偏氟乙烯基体, 基于相转换机理制备 $TiO_2/g-C_3N_4/PVDF$ 复合膜。通过水通量、截留率、接触角、SEM 等系列表征证实 $TiO_2/g-C_3N_4$ 复合粒子以物理作用成功和 PVDF 复合, 制得的 $TiO_2/g-C_3N_4/PVDF$ 复合膜的抗拉强度由 0.25 MPa 上升为 0.35 MPa, 力学性能的提升较为明显; 水通量由 97.0 L/(m²h) 增加到 143.2 L/(m²h), 提高了 47.6%; 抗污染性和分离性能也均得到改善, 各性能指标见表 1。

表 1 PVDF-0、PVDF-1、PVDF-2 的分离性能

膜	ε (%)	r_m (nm)	J_w (L·m ⁻² ·h ⁻¹)	J_p (L·m ⁻² ·h ⁻¹)	R (%)	接触角 (°)
PVDF-0	50.6	38.02	90.3	35.6	64.7	87.6
PVDF-1	71.4	39.11	167.5	92.4	85.3	68.2
PVDF-2	73.2	42.21	203.5	146.6	91.2	61.7

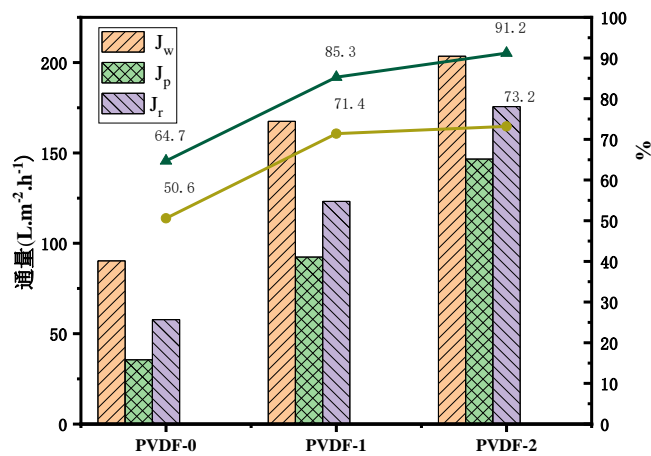


图 1 PVDF-0、PVDF-1、PVDF-2 的流量、孔隙率和截留率图

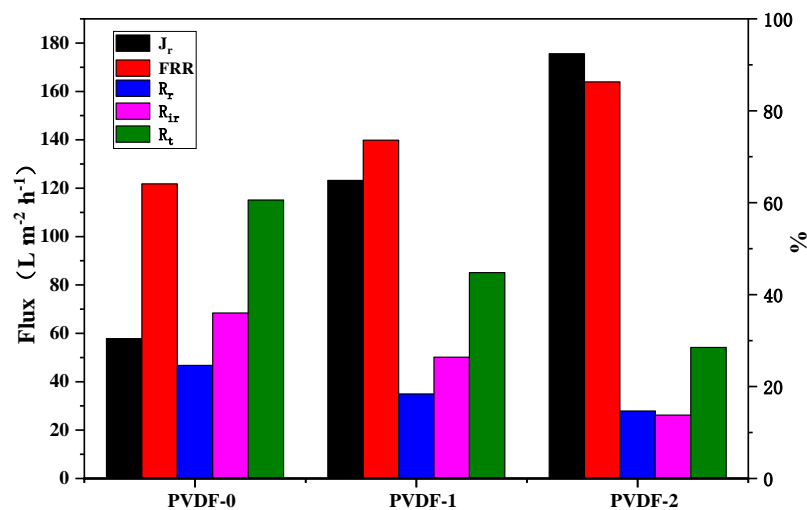


图 2 PVDF-0、PVDF-1、PVDF-2 的流量恢复和过滤阻力图

注：PVDF-0 为空白膜，PVDF-1 为 TiO₂/PVDF 复合膜，PVDF-2 为 g-C₃N₄/TiO₂/PVDF 复合膜。

采用多通道平板膜核心技术，实现了膜面积保持最大化（1.5 m²），保留单张膜可更换；采用多通道出水口，实现更为均匀的过滤，提高膜面积的利用效率，提高抗污染能力，延长膜使用寿命；继承双叠式理念，进一步降低支撑厚度，提高装填密度，减少设置空间；继承原有平板膜简便的维护保养性能，同时增加在线侧冲洗模式，进一步提升简易维护模式。多层平板膜核心技术，减少了设置空间，在双层平板膜的基础上进一步提高装填密度；降低膜实时清洗空气量，相对传统平板膜能耗曝气能耗大大下降，平均运行能耗降低 15%；继承了简便维护性；污泥难以附着的平板膜；通过

透明软管收集处理出水（容易控制 SS 渗漏）；每张膜元件可方便单独取出。



图 3 多通道 $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{TiO}_2/\text{PVDF}$ 复合膜

本技术属于有机高分子材料其他学科领域，证明材料：知识产权(附件 2.1、2.2、2.4、2.5、2.8、8.1.1、8.1.2、8.1.6、8.1.9、8.1.12)；代表性论著(附件 5.1、5.4)。

2、智能化、模块快低能耗 MBR 一体式装备的研制

采用模块化设计，结合装备加工技术、系统集成技术以及工艺集成技术，开发出一体化膜生物反应器装备。采用抽吸式过滤方式，处理量为 1000t/d 的运行能耗为 50.9kW，比传统外置式加压过滤方式的分置式滤膜组件减少了 10~20 倍，从而推动 MBR 应用。

依托核心平板膜技术，采用模块化设计，结合装备加工技术、系统集成技术以及工艺集成技术，开发出一体化膜生物反应器装备；将预过滤、缺氧反硝化、好氧硝化、MBR 过滤技术集于一体，缩短安装交付周期，占地面积仅有传统再生处理工艺的 30-50%；采用多级 A/O 工艺，充分收集富余空气能转化为混合液势能，通过提升原理实现污泥回流，降低运行能耗，无水下设备使用，大幅降低故障率。

专利膜组件曝气系统，提高膜组件曝气均匀性，保证曝气装置能提供更为均匀的擦洗，确保膜面死角更少，膜的有效面积更大，膜组件的抗污染能力进一步提高，降低运行能耗。采用气提回流污泥的方式，无水下动力设备，故障少。系统实现 PLC 控制，操作管理方便，可实现无人看守。

浸没式膜生物反应器专用的平板膜元件表面平整，运行时平板膜组件底部曝气管通过提供大气泡，在平板膜之间形成气固液三相混合物，对膜表面形成剪切力和流体湍动，使活性污泥微粒难于积聚在平板膜表面，使膜面不易被污泥污染，设备能较长期、稳定地运行，并且混合液的活性污泥 MLSS 可以达到 8000 mg/L, SVI 小于 100，进一步减少了污泥处置量。

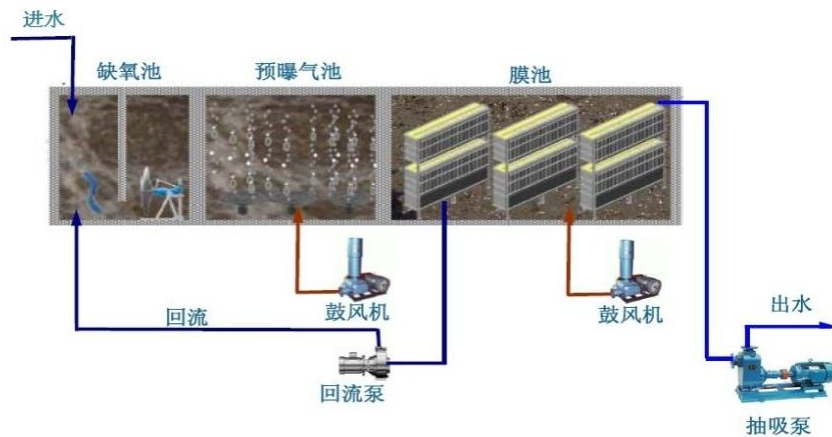


图 4 低能耗 MBR 一体式装备

证明材料：知识产权(附件 2.3、2.6、2.7、2.10、8.1.3、8.1.5、8.1.8、8.1.11、8.1.13、8.1.20)；代表性论著(附件 5.2)。

3、低能耗 MBR 系统为核心的组合工艺在黑臭水体治理中的应用

“控源截污+内源控制+生态修复+其他技术”的组合拳技术为原则，以低能耗 MBR 系统为核心，具体黑臭水体水质为研究对象，有机串联物理、生物技术，并将生物炭滤池作为末端选配装置，确保快速、彻底解决黑臭问题。

以低能耗膜生物反应器为核心，结合兼性菌和生物炭滤池，通过富集的方法，获得了高效处理黑臭水体的微生物资源，利用生物强化技术加快系统启动，有效提高污膜生物反应器的处理效率、改善污泥性能、强化系统稳定性。

证明材料：知识产权(附件 2.9、2.10、8.1.16、8.1.18、8.1.25)；代表性论著(附件 5.3、5.5)。

四、第三方评价

1、检测报告

国家海水及苦碱水利用产品质量监督检验中心：外观：外观平整结晶，干爽，色泽均匀，无机械损伤、孔和洞。平均孔径：该样品在测试压力4.56 bar下无气体通过，其平均孔径小于1 μm，超出GB/T32361-2015规定的孔径检测范围（0.1 μm ~15.0 μm）。孔分布：该样品在测试压力4.56 bar下无气体通过，超出GB/T32361-2015规定的孔径检测范围（0.1 μm ~15.0 μm），无法进行孔径分布的测试。膜厚度：0.231 mm。泡点压力：0.082MPa；通量：1.67 mL/(cm² min)，最大孔径：1.1 μm；孔隙率：70.42%。

国家海水及苦碱水利用产品质量监督检验中心：外观：外观平整结晶，干爽，色泽均匀，无机械损伤、孔和洞。膜厚度：0.194 mm。泡点压力：0.133 MPa；通量：0.78 mL/(cm² min)，最大孔径：0.670 μm；平均孔径：0.136 μm；孔隙率：66.63%。

南京市江宁区环境监测站：牛首山河道整治后水质监测结果：

表1 水质监测结果

监测地点及监测时间		监测项目 单位：mg/L, pH 无量纲					
		pH	悬浮物	化学需氧量	氨氮	总磷	总氮
何魏泵站污水处理设施口	2016.5.25	7.42	47	32	3.41	0.21	5.06
何魏泵站污水处理设施口		8.17	10	15	0.037	0.38	4.96
长山泵站污水处理设施口		7.45	45	37	1.87	0.37	6.71
长山泵站污水处理设施口		8.13	7	12	0.112	0.43	6.51

2、应用单位评价

南京瑞洁特膜分离科技有限公司采用该项目的关键技术后，成功对现有技术进行升级换代，开发出多层平板膜和浸没式膜生物反应器产品，产品性能稳定，受到用户的高度认可。

宜兴市中强环保机械有限公司才用本成果技术后，实现了原有产品的技术升级，成功开发出处理洗衣废水的膜生物反应器，产品成本低、质量稳定、性能优良，受到了用户的一致好评，常年稳定供货。

宜兴市凯斯特环保机械有限公司采用本成果技术后，成功对现有技术进行升级完善，应用于啤酒废水、化工有机废水等多个项目中，整套装备运行稳定，处理效能得到显著提高，节约了一次性投入和使用成本，具有可观的经济效益和社会效益。

宜兴市相邦科技有限公司采用本项目研发的新型复合膜用于洗衣废水的处置，实现了水的循环利用，实现了环境效益、经济效益和社会效益的统一。

南京紫鑫汇萃环境科技有限公司采用南京瑞洁特膜分离科技有限公司研发生产的低能耗MBR组合工艺，通过工艺优化、微生物性能定向改造以及污水处理组合工艺改造改良，整体处理工艺效能得到显著提高，节约了一次性投入和使用成本，产生明显的经济效益和社会效益。

3、需求单位的主要采购合同

由本成果关键技术生产出来的聚偏氟乙烯及其膜的抗拉强度高，亲水性高、抗污染、透水率高，质量稳定，受到污水处理使用方的欢迎，与宜兴市相邦科技有限公司、宜兴市凯斯特环保机械有限公司、宜兴市中强环保机械有限公司、南京拜思特环保设备有限公司、北京慧德环境工程有限公司、广州博才环保科技有限公司、日照红叶环保工程有限公司烟台分公司、南京鲸耀环保科技有限公司、南京欧松科技发展有限公司、南京长源环保工程有限公司、南京双瑞环保工程有限公司、滁州市通达机电设备有限公司、兴泰化工厂、南京中意昂环境科技发展有限公司等知名公司签订了各类购销合同。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

本项目完成了低能耗型膜生物反应器规模化生产，在宜兴市相邦科技有限公司、宜兴市凯斯特环保机械有限公司、宜兴市中强环保机械有限公司、南京拜思特环保设备有限公司、北京慧德环境工程有限公司、广州博才环保科技有限公司、日照红叶环保工程有限公司烟台分公司、南京鲸耀环保科技有限公司、南京欧松科技发展有限公司、南京长源环保工程有限公司、南京双瑞环保工程有限公司、滁州市通达机电设备有限公司、兴泰化工厂、南京中意昂环境科技发展有限公司、南京瑞杰特膜分离科技有限公司推广应用，并得到客户的一致好评。在高性能水处理膜材料的基础上，推动相关制备技术和应用技术快速发展，促进膜材料市场的增长。其中，宜兴市中强环保机械有限公司生产膜生物反应器，为提升企业在行业的竞争力和商业价值，为企业的快速发展提供强有力的引擎，推动国内膜市场建立了较完整的高性能膜技术运用创新链和产业链。该反应器占地面积小，施工方便，能耗低，近三年累计新增销售 16328 万元，具有良好的经济效益和社会效益。

南京瑞洁特膜分离科技有限公司建立了低能耗膜生物反应器治理牛首山黑臭水体治理的示范工程。该项目完成了牛首山河道治理1000 m³/d的示范工程，生态修复河道总长度8.8 km，总治理面积46万平方米。达到预期效果，出水水质达到了准V标准。经过牛首山河环境综合整治，牛首山河水质日益改善。而今的牛首山河草长莺飞，春意盎然，已成为牛首山文化旅游区诗意的绸带，成为“牛首胜景”灵动的诠释，不负“春牛首，秋栖霞”的金陵盛景的赞誉。该项目的开展与实施有力地推动了膜生物反应器在黑臭河治理领域中的应用，进一步推动我国环保产业向科技化发展，同时，紧密结合上下游产业，推动膜产业以及上下游产业结构产业升级，推动膜材料产业向高性能、低成本和绿色化方向发展。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2017	312	52	3938	477
2018	426	67	4955	512
2019	453	113	6244	841
累 计	1191	232	15137	1830

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

南京紫鑫汇萃环境科技有限公司 2017、2018、2019 年新增销售分别为 903 万、1421 万和 2511 万元；南京瑞洁特膜分离科技有限公司 2017、2018、2019 年新增销售分别为 312 万、426 万和 453 万；宜兴市凯斯特环保机械有限公司 2017、2018、2019 年新增销售分别为 312 万 453 万、和 806 万元；宜兴市中强环保机械有限公司 2017、2018、2019 年新增销售分别为 413 万、721 万和 1234 万元；南京市长源环保工程有限公司近 3 年新增销售为 242 万；广州博才环保科技有限公司近 3 年新增销售为 248 万；南京鲸耀环保科技有限公司近 3 年新增销售为 98 万。

3、社会效益（限 200 字）

该项目为实现黑臭水体深度治理，解决城市水生态环境问题，改善居民生活环境提供了有力的技术支持。此外，该项目的实施提供 32 个新增就业岗位，就业岗位涉及项目研发人才、工程技术人才、项目实施专业人才以及项目运营人才，有效缓解地区就业压力，有良好的社会效益。

4、环境效益（限 200 字）

通过低能耗膜生物反应器面向黑臭水体的治理，装置出水主要指标（COD、pH、NH₃-N、SS、TN）能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准，可以防止泵站污水外排对河道环境带来的危害，缓解水体自我净化的压力，逐步恢复水体的生态功能和生态系统完整性，并为动植物提供良好的繁衍、栖息场所，从而提高生物的多样性。低能耗膜生物反应器的投运，大量削减了泵站入河污染负荷，保障了黑臭水体改善的趋势。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	Preparation and characterization of TiO ₂ /g-C ₃ N ₄ /PVDF composite membrane with enhanced physical properties / Membranes	2018-03-05	Huiya Wang*, Ran Gong, Xinliang Qian	EI
2	Isolation, cloning and characterization of an azoreductase and the effect of salinity on its expression in a halophilic bacterium / International Journal of Biological Macromolecules	2018-11-19	Fang Tian, Guang Guo*, Can Zhang*, Feng Yang, Zhixin Hu, Chong Liu, Shiwei Wang	SCI
3	Magnetic zirconium-based metal-organic frameworks for selective phosphate adsorption from water / Journal of Colloid and Interface Science	2019-05-06	Tao Liu, Shourong Zheng, Liuyan Yang*	SCI
4	纳米氧化锆粒子对PVDF膜改性作用的机理研究/科学技术与工程	2013-08-28	王慧雅*	中文核心
5	2种改性生物炭对水体硝态氮的吸附特性/生态与农村环境学报	2018-03-26	张文, 吕欣田, 韩睿, 胡志新*	中文核心

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	Preparation and characterization of TiO ₂ /g-C ₃ N ₄ /PVDF composite membrane with enhanced physical properties	Tape casting and phase inversion derived easily recyclable PVDF@g-C ₃ N ₄ / Bi ₂ W _{0.98} Nb _{0.02} O ₆ porous film for high performance and long-term photocatalytic pollutants degradation / Chao Wu, Hongjian Yan, Jianqiang Zhong, Juan Xie, Dan Wang, Yulin Shi, Lan Zhang, Jianguo Zhu, Qiang Chen*	Applied Surface Science / 8.70	2019-08-19
2	Isolation, cloning and characterization of an azoreductase and the effect of salinity on its expression in a halophilic bacterium	Co-metabolic degradation of refractory dye: A metagenomic and metaproteomic study / Qingyun Zhang, Xuehui Xie*, Yanbiao Liu, Xiulin Zheng, Yiqin Wang, Junhao Cong, Chengzhi Yu, Na Liu, Wolfgang Sand, Jianshe Liu	Environmental Pollution / 9.30	2019-10-21
3	Magnetic zirconium-based metal-organic frameworks for selective phosphate adsorption from water	Enhancement of cadmium removal by oxygen-doped carbon nitride with molybdenum and sulphur hybridization / Jing Su, Lei Bi*, Chen Wang, Tao Lyu, Gang Pan*	Journal of Colloid and Interface Science / 11.00	2019-08-28
4	纳米氧化锆粒子对 PVDF 膜改性作用的机理研究	聚偏氟乙烯膜改性方法研究进展/朱腾义, 严和婷, 李毛	化学通报/ 0.709	2018-12-11
5	2 种改性生物炭对水体硝态氮的吸附特性	酸洗-铁改性生物炭对水中 NO ₃ ⁻ -N 的吸附特性/由晗杨, 张毅, 李文英, 谭伟, 马艳飞*, 于福顺	水处理技术/1.140	2020-06-10

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种复合改性聚偏氟乙烯及其膜的制备方法	中国	ZL201710083015.2	2019.04.02	3314843	南京工程学院	王慧雅, 钱良新
2	发明专利	一种分体式平板膜	中国	ZL201410450186.0	2017.01.11	2340916	南京瑞洁特膜分离科技有限公司	周保昌
3	发明专利	浸没式膜生物反应器多层平板膜	中国	ZL201010295181.7	2013.01.16	1120415	南京瑞洁特膜分离科技有限公司	周保昌; 潘定国
4	发明专利	一种基于菌丝体废旧速率的回收再生方法	中国	ZL201310612156.0	2016.01.20	1892994	南京工程学院	杭祖圣
5	实用新型	一种深度处理实验废水的太阳能膜分离装置	中国	ZL201621224416.2	2017.06.20	6244947	南京工程学院	王慧雅
6	实用新型	使用射流曝气的一体化膜生物反应器的污水处理装置	中国	ZL201822153252.4	2019.09.06	9342207	南京工程学院	王 一凡; 王慧雅
7	实用新型	一种净化工业废水的平板膜分离装置	中国	ZL201721659773.6	2019.01.01	8302829	南京工程学院	蹇成宗; 王慧雅
8	实用新型	一种浸没式膜生物反应器多通道多层平板膜	中国	ZL201320815691.1	2014.06.18	3628782	南京瑞洁特膜分离科技有限公司	周保昌
9	实用新型	一种组合式生态膜—膜生物反应器	中国	ZL201620581409.1	2016.12.14	5777938	南京瑞洁特膜分离科技有限公司	周保昌; 李海霞; 张敏
10	实用新型	一种自循环膜生物反应器系统	中国	ZL201720300983.X	2017.12.12	6712950	南京瑞洁特膜分离科技有限公司	周保昌; 李海霞

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	地下建筑节能环保技术研究与应用		
完成人	江林、宋小忠、张建明、朱香武、张亚民、江婷婷、吴晓军、江升、卢佩言		
完成单位	中如建工集团有限公司、南京理工大学泰州科技学院、南京朗辉光电科技有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
2012年如皋市科技计划项目	地下建筑节能环保技术研究与应用	51	2015.12.21
江苏省“六大人才高层”高层次人才C类资助项目	地下建筑节能环保技术研究与应用	2016-JZ-061	2019.4.30
授权发明专利(项)	3	授权其他知识产权(项)	6
起止时间	起始：2013年3月2日	完成：2018年6月28日	

二、项目简介

(限1200字)

一、成果主要用途：

本项目成果针对我国当前地下建筑中通风空调系统、照明系统、地下室结构设备及施工过程中资源能耗普遍较高的难关进行了攻克，其中提出的一种优化通风空调系统数学模型及空气处理方案、一种桩内埋管式地热源热泵系统、一种新型屋面排气系统、一种LED智能照明控制系统、超大体积砼多循环温控裂缝施工方法等创新技术，可有效提升绿色建造技术在地下空间的推广使用，具有良好的经济和社会效益，对地下建筑施工具有很强的指导意义和应用价值，可深入推动地下建筑节能产业结构调整，满足地下空间绿色高效的发展需求。

二、成果技术原理：

(1) 研发地下空间通风空调节能技术：针对通风节能问题，基于风机风量调节技术及变频调节技术，建立了系统通风量的节能寻优数学模型，开展实验，提出系统节能运行的最优风量和高效二次回风空气处理方案；针对地源热泵系统由于钻孔施工费用较高的问题，通过在灌注桩、地下连续墙内埋设地源换热系统实现为空调系统提供冷热源。

(2) 研发地下建筑采光照明节能技术：针对地下空间缺少自然光、人工照明设备不节能等问题，基于光导采光技术及LED智能控制原理，研发出自然采光、光导能效、智能控制与LED绿色照明（排气系统布控）增值功能等各方面完美融合于一体的地下空间光导照明技术和LED按需照明智能协调控制软件系统。

(3) 地下建筑节能环保技术研究与应用：针对地下空间结构施工中的资源消耗高、机械化程度低、施工成本高等问题，利用水泥石搅拌桩竖向挡土及斜向锚固支护设计方法、盆式结合岛式的逐层开挖技术，结合斜钢管内支撑施工技术，提出“大刚度支架-外锚-内撑”协调承载的深基坑支护技术；借鉴平屋面施工技术，提出了地下室露天顶板设置排气系统；通过解决地下室大立管支架承载力大的施工难点，提出了地下室大立管底端滑动支架结构绿色施工技术，受力合理，操作简便，牢固可靠，且确保了大型管道在轻质管井壁内固定的可靠性；通过在混凝土内部预置循环管网、设置热偶传感器测温点，提出了地下室超大体积混凝土按照热量传导原理，研发超大体积砼多循环温控裂缝施工方法；在基础底板上设置蓄水保温养护池、水泵、智能温度控制仪等，有效防止混凝土内外温差应力产生裂缝。

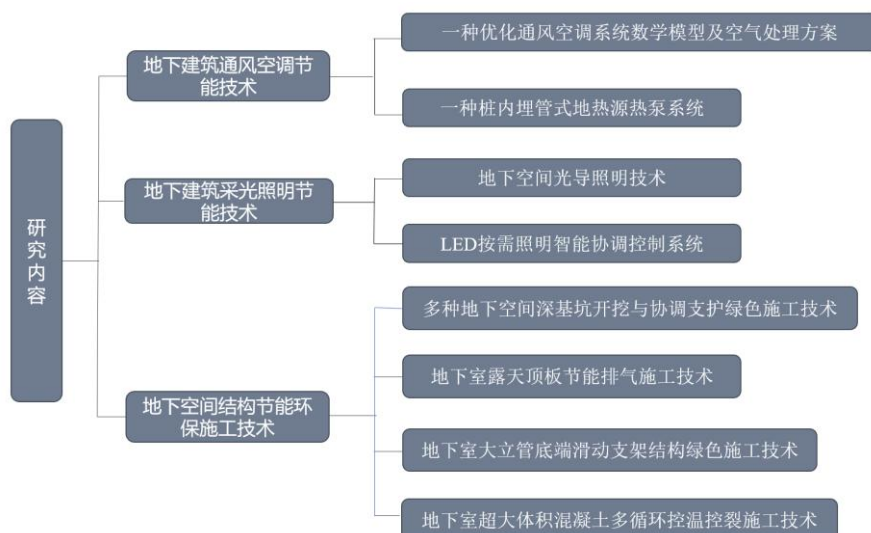
三、项目知识产权情况

项目已获国家授权发明专利3项、实用新型专利授权5项、软件著作权1项；省级工法4项；发表论文5篇。

三、主要科技创新

(限5页)

一、本项目主要研究内容

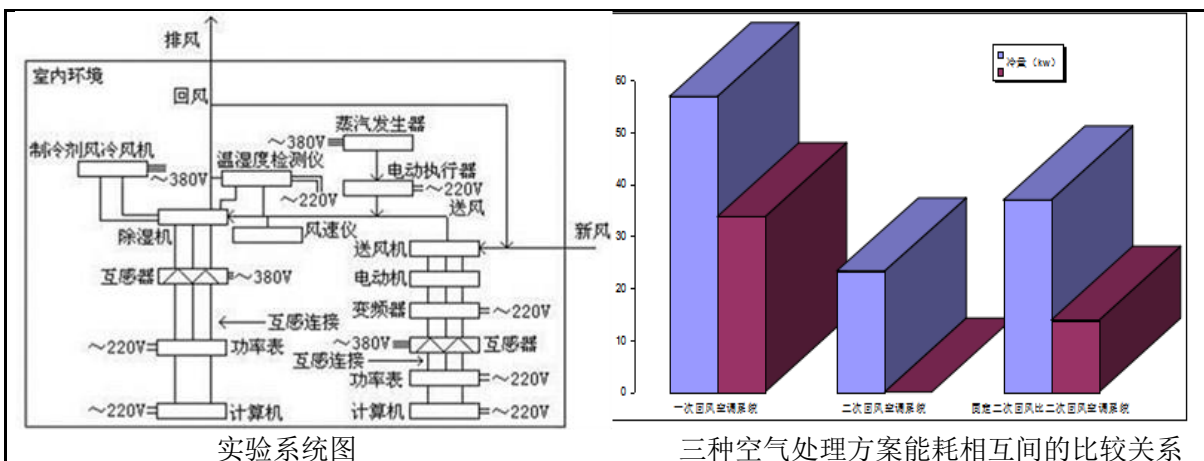


二、主要创新技术点

1、研发一种地下空间通风低能耗模型及空调空气处理技术

创新技术：据地下空间通风空调系统的负荷特点，确定了以除湿为主的通风系统设计方法，采用变频调速技术对通风系统设备进行控制时，将风机和除湿机等设备耦合成一个系统来进行研究，建立了系统通风量的节能寻优数学模型，包括以消除有害物浓度含量的动态数学模型和消除余湿量的动态数学模型，减少冷热量相互、有效提高能源利用效率。从减少冷热量散失、有效提高能源利用效率的角度，提出适用于地下空间的固定二次回风比的二次回风空调系统空气处理技术方案，且系统二次回风量占系统总风量的比例大于50%，提高能源的有效利用率。

创新成果：基于理论模型，课题开展了实验研究，确定了变频调节技术下系统最优化的运行风量。



2、研发一种桩内埋管式地源热泵系统施工技术

创新技术：地源热泵系统是一种利用浅层常温土壤中的能量作为能源的高效节能、无污染、低运行成本的，既可用于冬季采暖，又可用于夏季制冷，还可提供生活热水的新型空调技术。该系统是利用地下土壤常年温度相对稳定的特性，通过埋入建筑物周围的地耦管与建筑物内部完成热交换的装置。它是由地源热泵及地埋管组合的系统，具有换热效率高的优点，但由于钻孔施工费用较高而应用受到限制。

为此，研发桩内埋管式地源热泵系统施工技术，通过在灌注桩、地下连续墙内敷设地耦管形式的地源换热系统，即建筑桩基的孔径较大，可以在钢筋笼上放置多组U型管（U型换热管放置在钢筋笼的内侧或外侧，用尼龙扎带将其固定在钢筋笼上，并做好对U型管的保护）并在桩身内部并联汇聚后再引出桩身，一定数量的U型换热管水平集结，形成若干组同程（或异程）换热回路，汇集至集、分水器，达到为建筑物空调系统提供冷热源的目的。

创新成果：该技术在实体项目应用中大大降低了钻孔施工的成本，促进地源热泵技术的推广



和应用。《一种桩内埋管式地源热泵系统》获国家实用新型专利（专利号：ZL201720182936.X）、《桩内埋管式地源热泵系统施工工法》获江苏省2016年第二批省级工法。

埋管式地源热泵系统工程应用图

3、研发一种LED按需照明智能协调控制创新技术

创新技术：在地下室照明系统中将 LED 智能化控制引入，在照明灯具的工作模式上寻求突破，即实现“人来灯亮，人去转暗，自动休眠，按需照明”，充分发挥LED 的节能优势。使用红外感应器对停车场内每盏照明 LED 灯具进行控制，没有车辆进出时，所有灯具都处于休眠状态，每盏灯具功耗 2W，既满足安保监控照明的要求，又极大地节约了用电。当有车辆进出时，相应区域红外感应器发出信号，休眠灯具被唤醒点亮，功率为 16W，亮度达到 40W 普通日光灯的亮度，方便车主停车，车或人在感应区域内活动时，LED 灯一直保持常亮，当车或人离开感应区域约 30s（可调）后，LED 灯自动重新进入休眠状态，功率 2W。

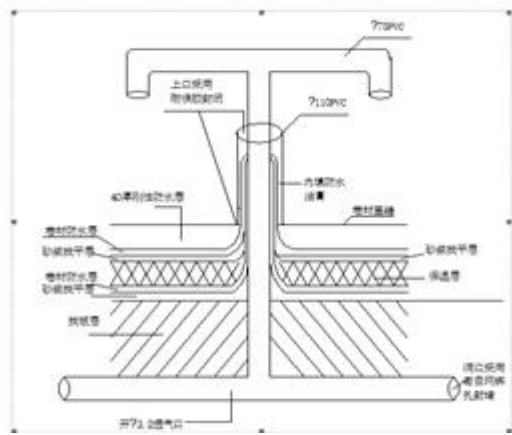
创新成果：该项技术在项目中应用，实现了按需照明，智能化控制，比传统的照明设计系统下的电耗降低了65%。《无线集成LED灯光控制器》获国家实用新型发明专利（专利号：ZL201320050479.0）、《智能声控灯柱》获国家实用新型发明专利（专利号：ZL201320051023.6）、《便于安装的无线集成LED灯光控制器》获国家实用新型发明专利（专利号：ZL201820408027.8）、《朗辉LED灯光控制系统软件V1.0》获国家计算机软件著作权（登记号：2015SR217052）。

4、研发一种新型露天顶板的排气系统

创新技术：为解决地下室顶板混凝土湿度问题，采取了“堵疏并举法”。“堵”即采用多道设防的防水施工工艺。“疏”即对地下室露天顶板借鉴平屋面施工技术的基础上，研发一种排气系统：在地下室露天顶板（屋面）找坡层内设有纵横交错的排气道；排气管分为立管，与立管相通的底部十字形水平排气管和顶部横管；排气管立管外还设有一同心护套管，将伸出地下室露天顶板（屋

面)的卷材防水层包围,其底部与顶部周边有耐候胶进行封闭,解决其防水、保温节能问题。

创新成果:该技术在工程应用中取得了良好的经济和社会效益,《屋面排气系统》获国家授权发明专利(利号:ZL201210493510.8)。



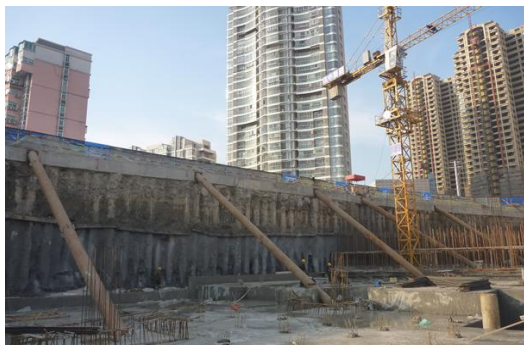
屋面排气系统图

5、开发了多种地下空间深基坑开挖与协调支护绿色施工技术

创新技术:(1)研发“盆岛结合的逐层开挖成套技术”:盆岛结合的逐层开挖成套技术替代当前从一边向另一边开挖、由内向外开挖、由外向内开挖等常规施工方法,既可形成便利的挖土通道网络,又使周边的预留土坡对支护结构有内支撑作用,有利于支护结构的安全性,减少变形;

(2)研发“大刚度支架-外锚-内撑”协调综合支护体系:该综合支护体系替代当前国内常规的单排或局部格栅式水泥搅拌桩支护结构形式;(3)研发“钢管斜内支撑无间歇转换技术”:该技术替代当前国内常用的钢筋混凝土内支撑,无需换撑,节约工期;基坑内平面形成大面积无支撑的空旷空间,满足挖土机械回转半径的要求;钢管可以多次循环使用,大量节约钢材,避免湿作业,减少施工扬尘及噪音污染,可充分保障基坑周边的建筑、道路、管线的正常使用。

创新成果:《多排多向旋喷搅拌加筋排桩加钢管斜撑支护施工工法》获2014年度第二批江苏省省级工法,发表学术论文《内支撑免转换逆向施工技术》。



钢管斜撑支护体系图

6、提出了地下室大立管底端滑动支架结构绿色施工技术

创新技术：针对高层（及超高层）建筑地下室的大立管底端支架的承载力大的施工难题，研发一种大环形托滑动式管径立盘支架安装结构，在楼层混凝土支模时，在该立管位置预埋锥形套管模具→楼层板混凝土浇混凝土后拆模→在楼层立管预留孔洞处穿锥形套管→穿托盘底板，并在其下的楼板上铺设一层细砂滑动层→穿立管→立管临时固定→固定锥形套管→锥形套管内填塞阻燃密实材料→三角形支撑钢板与托盘底板、锥形套管焊连→“三角形支撑钢板多边的线状焊连，仅有支撑钢板一道、一道的中间连接焊件，管道与锥形套管均分离独立，保证其间隙可以自由滑动；受力合理，操作简便，牢固可靠；且确保了大型管道在轻质管井壁内固定的可靠性；。

创新成果：《一种大管径立管的可滑动式环形托盘支架安装结构》获国家授权发明专利（专利号：ZL201210247000.2）。

7、提出了地下室超大体积混凝土多循环控温控裂施工技术

创新技术：本研究主要按照热量传导原理，在混凝土内部预置循环管网、设置热偶传感器测温点；在基础底板上设置蓄水保温养护池、水泵、智能温度控制仪等；通过应用大型有限元软件Midas/Civil对超大体积混凝土温度场进行仿真模拟预测分析，发现混凝土形成分散的低温圆锥状的高低温间隔，难以形成混凝土内部水化热集中高温区，减少了对混凝土周围约束的影响。

该技术中，循环用水可充分应用基坑降水及现场雨水收集系统，通过混凝土内外测温监控系统自动调控循环水的流量和流速；有效防止混凝土内外温差应力产生裂缝，保证“超大体积混凝土”施工质量达到设计和规范要求。

创新成果：《高压潜水泵自动耦合安装系统》获国家实用新型专利（专利号：ZL201620465107.8）、《施工现场雨水回收利用绿色施工工法》获江苏省2016年第一批省级工法、《超大体积砼多循环控温控裂施工工法》获2018年江苏省工程建设省级工法、发表论文《深管井内外协同降水施工技术》。

大体积砼多循环控温控裂施工及雨水回收利用系统图



四、第三方评价

该成果针对我国当前地下建筑中通风空调系统、照明系统、地下室结构设备及施工过程中资源能耗普遍较高的难关进行了攻克，提出的一种优化通风空调系统数学模型及空气处理方案、一种桩内埋管式地热源热泵系统、一种新型屋面排气系统、一种LED按需照明智能控制系统、超大面积砼多循环温控裂缝施工方法、开发的多种地下空间深基坑开挖与协调支护等节能环保创新技术，可有效提升绿色建造技术在地下空间的推广应用，具有良好的经济和社会效益，对地下建筑施工具有很强的指导意义和应用价值，可深入推动地下建筑节能产业结构调整，满足地下空间绿色高效的发展需求。该成果通过多项工程研发及应用示范，经专家评审鉴定达到“国内领先水平”。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

该成果自2013年至2018年历时五年进行研发与应用，实施全产业链的产业化实施应用，涉及中如建工集团有限公司及其控股产业链企业：江苏凌云置业有限公司、江苏万城置业有限公司、如皋市建筑设计院、江苏在水一方园林工程有限公司、如皋市龙泉给排水有限公司、江苏海东光伏发电有限公司、中如集团江苏建筑劳务有限公司、江苏管家物业有限公司；及产学研合作的南京理工大学泰州科技学院、南京朗辉光电科技有限公司等。先后推广应用至新疆、内蒙古、黑龙江、河北、北京、山西、山东、安徽、上海、江苏、浙江、海南、徐州等地承建的相关工程，得到了建设、监理单位及建设主管部门的赞誉。

自2015年至2017年，中如建工集团有限公司在镇江句容长三角经济园B地块工程、如皋市如城镇凌云新天地公寓、江苏凌云置业有限公司B2#、B3#、B4#、B5#楼住宅及2#地下车库工程、纪元B-17#商务综合楼等工程进行研发及应用，创造经济效益5406万元；

项目针对地下空间绿色开发建设进行了研究，研究成果针对目前城市用地紧张、能源浪费使用的社会弊病，提出了在地下空间开发中的节能技术和绿色施工技术，加快了地下空间工程的建设进度，提高了施工安全和工程质量，减少了施工成本及后期运行费用。相关发明和技术对于建设行业发展和实现地下空间的开发利用过程中的新型技术、能耗控制、绿色运营等具有重要的社会效益。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2015	5941	1610	0	0
2016	6698	1828	0	0
2017	7235	1968	0	0
累 计	19874	5406	0	0

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

自2015年至2017年，中如建工集团有限公司在镇江句容长三角经济园B地块工程、如皋市如城镇凌云新天地公寓、江苏凌云置业有限公司B2#、B3#、B4#、B5#楼住宅及2#地下车库工程、纪元B-17#商务综合楼等工程进行研发及应用，创造经济效益5406万元；

3、社会效益（限200字）

本项目针对地下空间绿色开发建设进行了研究，研究成果针对目前城市用地紧张、能源浪费使用的社会弊病，提出了在地下空间开发中的节能技术和绿色施工技术，加快了地下空间工程的

建设进度，提高了施工安全和工程质量，减少了施工成本及后期运行费用。相关发明和技术对于建设行业发展和实现地下空间的开发利用过程中的新型技术、能耗控制、绿色运营等具有重要的社会效益。

4、环境效益（限 200 字）

本项目解决了当前地下建筑通风系统、照明系统、地下室结构设备及施工过程中资源消耗普遍较高等问题，具有成本低、工期短、节能效果明显、绿色环保等特点；填补了国内地下建筑节能环保技术的空白，符合我国大力发展地下空间的政策导向，满足国内高层、超高层建筑向地下空间发展的需求，具有明显的经济和环境保护的效益，值得在类似工程中推广。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	内支撑免转换逆向施工技术/中国科技投资	2013.8	江林、王国斌	
2	深管井内外协同降水施工技术/安徽建筑	2013.9.20	江林、宗山尧	
3	多排多向旋喷搅拌加劲支锚结构的应用技术/建筑科学	2013.7.20	江林、沈永龙	
4	建筑电气智能化技术设计研究/市场周刊	2018.1	吴晓军	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	无			
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	国家发明专利	屋面排气系统	中国	ZL201210493510.8	2015.3.4	1599306	江林、南通东郡建设有限公司(现中如建工集团有限公司)	江林、宗山尧、朱银龙、闵悦、王冬、柳建宏、张秦、江升
2	国家发明专利	一种大管径立管的可滑动式环形托盘支架安装结构	中国	ZL201210247000.2	2015.7.8	1715993	中如建工集团有限公司	江林、宗山尧、陈宇; 周永根
3	国家发明专利	超大体积砼一次连续浇注多循环实时温控施工工艺	中国	ZL201310414714.2	2017.9.12	2614166	中如建工集团有限公司、南京理工大学泰州科技学院	江林、宋小忠、郭小兵、崔贵山、卢佩言、江婷婷、许小军
4	实用新型专利	高压潜水泵自动耦合安装系统	中国	ZL201620465107.8	2016.11.2	5644482	南京理工大学泰州科技学院	卢佩言、倪文彬、林忠源
5	实用新型专利	一种桩内埋管式地源热泵系统	中国	ZL201720182936.X	2017.10.24	6556030	中如建工集团有限公司、南京理工大学泰州科技学院	江林、郭小兵、许小军、崔贵山、江婷婷
6	实用新型专利	无线集成LED灯光控制器	中国	ZL201320050479.0	2013.8.7	3089132	南京朗辉光电科技有限公司	吴晓军
7	实用新型专利	智能声控灯柱	中国	ZL201320051023.6	2013.8.7	3088532	南京朗辉光电科技有限公司	吴晓军、王锋、孙公民
8	实用新型专利	便于安装的无线集成LED灯光控制器	中国	ZL201820408027.8	2018.11.2	8021681	南京朗辉光电科技有限公司	吴晓军
9	软件著作权	朗辉LED灯光控制系统软件V1.0	中国	2015SR217052	2015.11.10	1104138	南京朗辉光电科技有限公司	/

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	多能互补能源站能效专家平台开发与应用		
完成人	杜玉吉、钱辉金、周霖、杨小刚、周长江、徐亮、冯逸骁、张晔、王红、徐甜		
完成单位	中节能城市节能研究院有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	常州市住房和城乡建设局		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
北京市科技计划项目	采用联合能源实现区域供能的技术研究及示范	Z141109008414001	2018年07月
中国节能环保集团有限公司重大科技创新项目	城市区域能源系统关键技术研发、系统集成优化及示范	cecep-zdkj-2018-015	2020年12月
常州市科技支撑计划（工业）	多能互补能源站能效专家平台开发与应用	CE20180035	2020年09月
江苏省第五期“333 高层次人才培养工程”	基于物联网云平台的区域供冷供热高效管控的关键技术研究	BRA2020148	2022年03月
江苏省住房和城乡建设厅科技指导性项目	基于数字孪生的优化算法在区域能源系统精准调控中应用研究	163233243325	2022年04月
授权发明专利（项）	2	授权其他知识产权（项）	7
起止时间	起始：2015年05月01日	完成：2019年04月30日	

二、项目简介

多能互补能源站是指对一定区域内的建筑物群，设置一个或多个能源站，将多种能源技术进行耦合集成，集中制取热水、冷水、蒸汽等，通过区域管网输送给最终用户，实现用户用能需求的能源系统。对于国内现有的一些多能互补能源站，由于负荷变化快，网侧规模大、拓扑复杂，以及粗放式运行管理模式，系统运行过程中普遍存在综合效率低于3.0、能源浪费10%~20%的现象。

本项目为：多能互补能源站能效专家平台的开发与应用。是建立一套多种能源联合供能的全系统全过程仿真模型，通过提前预测需求侧用能负荷变化趋势，模拟系统最佳运行状态点，实时优化分配运行控制策略，主动调节管网的水力平衡，自动拓扑及诊断系统隐性故障，实现能源生产、输配、使用全过程的优化调度运行。主要技术创新点：

1、构建了一套改进型神经网络算法的冷热负荷预测技术，本冷热负荷预测技术可根据不同系统架构不同端敏感性系统运行模式的变化自动优化预测模型的初始权值，实现在线优化网络结构，负荷预测偏差率 $\leq 5\%$ ，为模拟能源系统最佳运行状态点，提前制定能源运行、调度策略提供了精准的数据支撑。

2、通过机理与辨识相结合，融合GIS地理信息系统平台，建立了热泵、循环水泵、板换、输配管网、蓄能水池以及各类电动阀门等与现实物理系统相一致的虚拟仿真机理模型，开发了一套多能互补能源站全系统在线仿真模拟技术，仿真结果与实际情况误差率 $\leq 5\%$ 。

3、基于热量传递存在延迟，传统PID反馈调节可能产生耦合震荡、水力平衡调节难度大，本项目开发了一种主动式水力平衡控制技术，通过对全网进行的热工水力计算以及对楼宇负荷的辨识建模重构新的工况，主动寻找水泵、调节阀适宜的运行工况点，再结合PID反馈进行迭代验算修正，实现全网的水力平衡，水泵运行能耗降低10%以上。

4、通过构建多能互补能源站系统知识库，建立多样化运行状态下系统能流拓扑识别方法，经人工神经网络自主学习和训练，开发了一套自组织变结构贝叶斯网络的

隐性故障诊断方法与能效管理技术，根据实际能流拓扑和已有诊断信息自组织生成隐性故障诊断方案，提前模拟系统的运行状态并自动寻优，制定不同负荷时的多种能源分配策略，达到供能精准控制、供需灵活互动的智慧调控目标，实现多能互补区域供能能源站系统能效4.0以上。

项目共授权发明专利2项、实用新型专利3项，软件著作权4项，发表论文5篇。

本项目成果已在中天未来方舟、长沙洋湖生态智慧能源、大丰区市民行政服务中心、常州新龙国际商务区等项目形成规模化、产业化应用。成果应用项目累计实现节约用电1938万kwh，累计节约天然气用量228万Nm³，共节约运行成本1811.14万元，累计新增产值4313万元，新增利润1276万元，新增税收144万元。项目完成单位于2018-2019年利用项目成果创造的产值10583万元，净利润1004万元。经济效益和社会效益十分显著。

三、主要科技创新

一、研究背景

随着中国城镇化进程的不断完善，经济增长模式从“粗放型”向“集约效益型”转型，清洁能源行业正在蓬勃发展。为达成减排目标，我国明确了2020年单位GDP能耗将比2010年降低31%的目标。《江苏省绿色建筑发展条例》建议“鼓励工业园区、旅游集中服务区、生态园区、大型商业设施等能源负荷中心建设区域分布式能源系统或者楼宇分布式能源系统。目前江苏省已建成约50座能源站，由于末端负荷变化快，网侧规模大、拓扑复杂，以及粗放式运行管理模式，运行过程中普遍存在综合效率低、能源浪费严重的现象。

多能互补能源站相比传统的分布式系统，具有初投资与运营费用低、土地资源利用率高、环境友好以及运行稳定等优点。供能示意如图1所示。

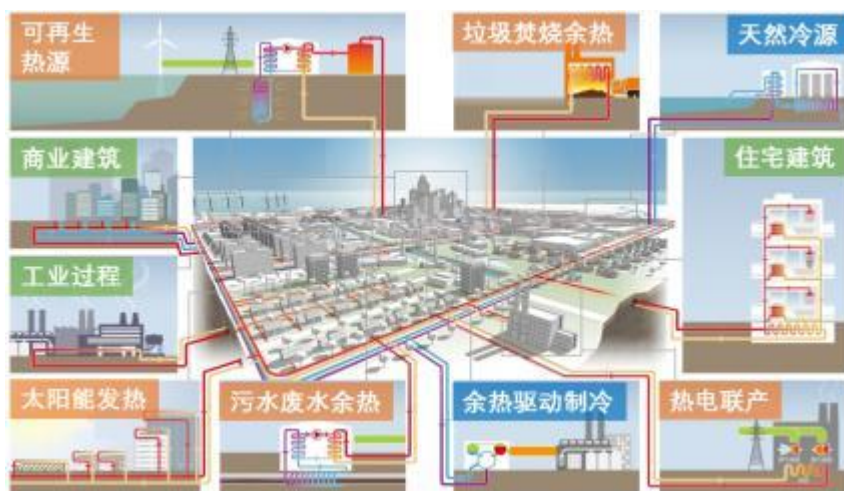


图1 多能互补能源站供能示意图

由于多能互补能源站系统在用能侧负荷随着季节、年份、用户数量等在波动，供给侧能源资源（如浅表热能、地热能、风能、太阳能）不稳定、存在波动性，以及网侧的复杂性及繁多的隐性故障，均给能源供应系统带来了新问题和新的挑战。因而，如何平衡好供能安全性、可靠性、环保性、舒适性、经济性等诸多方面的矛盾因素，如何克服供能的波动性与被动性，如何识别及诊断系统的隐性故障等，迫切需要对多能互补能源站能效专家平台的关键技术进行深入研究。通过采用智能化的手段来提升能源生产供应技术水平，实现供能系统自感知、自分析、自优化、自调节的智慧化运行，提高能效水平，提升节能效果，

在上述背景与技术需求下，我公司于2015年初，就开始进行多能互补能源站能效专家平台的应用研究，形成一系列技术成果，并逐步在多个项目中进行推广应用。

二、国内外行业技术发展情况

国外发达国家的政府已开始重点推动新能源互联的发展。德国提出信息化能源（E-Energy）促进计划，力图打造新型能源网络，按照计划，到2020年，德国35%电为要由可再生能源发出；《美国复苏和再投资法案》和《美国清洁能源安全法案》所透露出来的美国新能源发展战略包括节能增效、新能源研发、应对气候变化、“智能电网”开发等四大延伸方向。法国、丹麦、芬兰等区域能源行业发展较早的国家，侧重于自动化控制及优化调节方面，且居世界领先的水平，主要表现为：1）换热站内自动化运行程度高。通过现场的自动监测和控制系统，换热站能够根据室外温度自动调节；中央控制系统可根据换热站运行参数，通过用户压差自动控制循环泵频率，实现自动变流量供热运行。2）供热系统综合调节程度高。通过对热源、热网、用户的集中监控，负荷预测与调度系统可根据调节策略，有效实现热源分配、参数调整、工况变化、调温曲线控制等方面的自适应控制，实现全网的统一调配。

国内区域能源领域的大多数企业都顺应智慧能源发展趋势，很多公司开展了应用物联网、大数据和云计算等信息化手段进行信息化建设，清华同方、北京硕人时代、大连海心、北京天时前程等专业厂商，已开展能源智慧管理平台研究。清华同方公司的智慧管控平台侧重全网智能调节，以供热SCADA系统为核心建立源、网、末端全覆盖的智能监控系统，通过系统自主调节实现热网的热量平衡和水力平衡。清华同方的系统已在内蒙、新疆、东北多个地区应用。北京硕人时代公司较早进入信息化领域，研发的智能热网管理系统具有负荷预测、供热全过程监控、能耗分析等功能。大连海心公司近几年致力于研发智能热网综合管控平台，平台集成了收费客服、预测调度、换热站监控、水力平衡、能耗分析等功能模块，是一个综合性的管控平台。

上述国内外公司的智慧能源管控的研究主要侧重单个项目需求，且应用的能源形式较为单一，本项目开发的多能互补能源站能效专家平台是针对企业级以及面对多种能源互补的管控平台，属于国内首创。

三、科技创新思路

多能互补能源站能效专家平台架构如图2所示。重点由5个模块和云平台数据库组成，5个模块分别为：负荷预测模块、模拟仿真模块、多能互补模块、水力平衡模块和故障诊断模块。



图2 多能互补能源站能效专家平台架构图

(1) **负荷预测模块**：首先利用小波变换技术对历史负荷曲线进行特征变换与提取，得到具有周期性和线性特征的低频分量以及具有随机性和非线性特征的高频分量；然后进行关于气象、建筑类型以及用户用能模式等因素的负荷敏感性分析，筛选出对负荷有显著性影响的因素；针对冷负荷与热负荷，分别利用改进型神经网络算法建立动态冷、热负荷预测模型，最后通过反复训练神经网络模型确定冷、热负荷预测模型的参数。

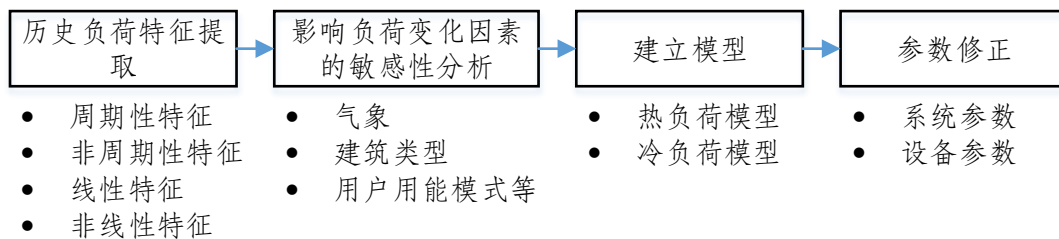


图3 负荷预测技术路线

(2) **模拟仿真模块**：基于机理与辨识相结合，融合GIS地理信息系统平台，建立能源采集端、能源转化端、能源输送端、能源使用端的全系统仿真模型，将现实物理系统的所有设备、管网、阀门等性能参数及热力、水力特性，映射到仿真模型中。既可基于未来负荷预测模拟全网运行状态，又可基于自控系统读取的实时运行数据展示全网实际运行状态。

(3) **多能互补模块**：通过多能互补模块的建立，根据当前负荷或未来负荷需求情况下，结合历史运行大数据，给出多种能源组合方案，包括：最经济能源组合方案、最高效能源组合方案、最低碳的能源组合方案。通过人工设定经济性、高效性、低碳

性的权重比例，系统自动计算给出最优的能源搭配方案及控制策略。

(4) 水力平衡模块：基于管网仿真模型，根据流体力学原理及水泵运行曲线，对全网进行的热工水力计算以及对楼宇负荷的辨识建模重构新的工况，主动寻找全网各区循环水泵、调节阀应有的运行状态或工作频率，通过自控系统，进行全网循环水泵的运行调度。

(5) 故障诊断模块：根据供热供冷领域知识库（包含热力概念知识、故障诊断知识、系统运行知识等）、先验概率知识与实例知识库等在计算机中构建隐性故障诊断库，基于自组织变结构贝叶斯网络的隐性故障诊断方法，使计算机能根据实际能流拓扑和已有诊断信息自组织生成诊断方案。

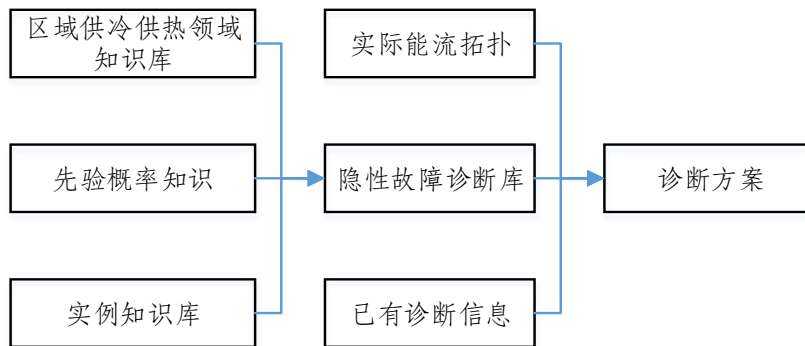


图4 隐性故障诊断技术路线

四、科技创新内容

1、创新点1：开发了一套改进型神经网络算法的冷热负荷预测技术。

学科分类：节能技术（48050）、制冷与低温工程（47035）。

核心知识产权：[1]中节能热力换热站负荷自适应调节控制系统软件，2016SR000227，中节能城市节能研究院有限公司。

科技创新内容：构建了一套改进型神经网络算法的冷热负荷预测技术，本冷热负荷预测技术可根据不同系统架构不同端敏感性系统运行模式的变化自动优化预测模型的初始权值，实现在线优化网络结构，负荷预测偏差率 $\leq 5\%$ ，为模拟能源系统最佳运行状态点，提前制定能源运行、调度策略提供了精准的数据支撑。

2、创新点2：开发了一套多能互补能源站全系统在线仿真模拟技术。

学科分类：能源系统工程（48080）、仿真科学技术（41315）。

核心知识产权：[1]杜玉吉、毛明亮、陈超、孔泽裕，一种蓄能水池综合数据分析系统，CN201610035791.0。

[2]杜玉吉、冯轶骁、陈超等，一种节能自控的换热站分区供能系统，XXXXX

[3]中节能地源热泵自适应调节控制系统软件V1.0, 2019SR0096850, 中节能城市节能研究院有限公司。

科技创新内容: 通过机理与辨识相结合, 融合GIS地理信息系统平台, 建立了热泵、循环水泵、板换、输配管网、蓄能水池以及各类电动阀门等与现实物理系统相一致的虚拟仿真机理模型, 开发了一套既可基于未来负荷预测模拟全网运行状态, 又可基于自控系统读取的实时运行数据展示全网实际运行状态的全系统在线仿真模拟技术, 仿真模拟结果与实际情况误差率 $\leq 5\%$ 。

3、创新点3: 开发了一种主动式水力平衡控制技术。

学科分类: 热工学(47020)。

核心知识产权: [1]杜玉吉、钱辉金、邢甜媛, 一种新型水路耦合装置系统, 201620740551.6。

[2]杜玉吉、梁江涛、薛大奎、王海刚, 一种新型的大温差管网及末端热泵系统, 201621165015.4。

[3]中节能基于云平台热力输配系统监控软件v1.0, 2016R11L205631, 中节能城市节能研究院有限公司。

科技创新内容: 本项目开发了一种主动式水力平衡控制技术, 通过对全网进行的热工水力计算以及对楼宇负荷的辨识建模重构新的工况, 主动寻找水泵、调节阀适宜的运行工况点, 再结合PID反馈进行迭代验算修正, 实现全网的水力平衡, 水泵运行能耗降低10%以上。

4、创新点4: 开发了一种自组织变结构贝叶斯网络的隐性故障诊断方法与能效管理技术。

学科分类: 能源系统工程(48080)、仿真科学技术(41315)。

核心知识产权: [1]杜玉吉、朱庭浩、顾治国, 一种地源冬夏辐射空调系统, 201510094946.3。

[2]基于云平台能源站远程控制系统软件1.0, 2015R11L497874, 中节能城市节能研究院有限公司。

科技创新内容: 本项目开发了一套自组织变结构贝叶斯网络的隐性故障诊断方法与能效管理技术, 根据实际能流拓扑和已有诊断信息自组织生成隐性故障诊断方案, 提前模拟系统的运行状态并自动寻优, 制定不同负荷时的多种能源分配策略, 达到供能精准控制、供需灵活互动的智慧调控目标, 实现多能互补区域供能能源站系统能效4.0以上。

四、第三方评价

1. 科技查新结论

通过对检索到的相关文献进行分析对比，关于查新点，一种电蓄热锅炉与太阳能联合采暖的系统，采用PSO-BP神经网络控制方法及最优PID控制参数，实现供暖期内联合供暖及能源互补；设计基于负荷预测以PID结合BP神经网络智能算法系统的大电网频率控制策略，实现预测负荷分级机组优化调节并仿真；一种提升园区多能互补综合能源配置最优运行方法；一种基于资源及负荷匹配的能源互联网组网方法，设计横向多源互补及源网荷储协调运行的实现；一种园区型多能源互补分布式能源系统的能源调度实现方法；以及，搭建一种基于天然气分布式系统的太阳能天然气复合互补供能系统结构，实现热电冷三能量集成供能的研究，国内已有文献报道；但是，本课题研究多能互补能源站能效专家平台，基于大数据分析技术及神经网络算法构建不同工况下最优控制策略，建立模型在线仿真供能系统运行状态；调节供能管网水利平衡；预测供能系统负荷变化提供自动调节控制策略的研究，在国内公开发表的中文文献中未见报道。

2. 项目及相关技术所获奖项或荣誉

本项目获2018年常州市创新创业大赛二等奖。

采用的“中节能热力换热站负荷自适应调节控制系统软件V1.0”荣获2016年江苏省软件产品认定、2016江苏省高新技术产品认定、2016年常州市高新技术产品认定。

相关的“基于互联网+的数字化能源站技术”获2018年江苏省循环经济协会科学技术奖一等奖、2018年中国循环经济协会科学技术奖三等奖。

相关的“智慧区域能源系统设计与调控关键技术研究与应用”，经制冷协会鉴定，整体技术达到国际先进水平，并获2019年江苏省科学技术奖三等奖。

相关的“常州市绿色宜居城区区域智慧能源综合管理平台研究与开发”获常州市绿色宜居城区创新类示范项目补贴115万元。

3. 部分用户使用情况

中天未来方舟可再生能源集中供能系统项目于2017年引入“多能互补能源站能效专家平台”技术，全面提升了系统能效水平，综合COP达4.25，节能、经济和社会效益显著。相比原系统技术方案，累计节约电费和燃气费约为1359.44万元，节能率15%；在社会效益方面，该技术的引入，为本项目打造“20℃方舟”的暖民工程做出了重要的贡献。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况

本项目代表性应用情况如表1所示。

表1 技术成果代表性应用情况

应用项目名称	应用单位名称	应用起始时间	应用单位联系人及电话	应用情况
中天未来方舟可再生能源集中供能系统项目	中节能（贵州）建筑能源有限公司	2017年10月	肖开乐， 13639015159	节约运行成本1539.44万元，新增产值3434.94万元，新增利润1012.65万元，新增税收58.25万元。
洋湖生态新城智慧能源工程	中节能先导城市节能有限公司	2017年10月	杜卫， 18670052243	节约运行成本332万元，新增产值577.4万元，新增利润205.95万元，新增税收82.36万元。
大丰区市民行政服务中心	江苏慧融节能环保科技有限公司	2018年3月	秦超， 18552090808	节约运行成本119.7万元，新增产值301万元，新增利润57万元，新增税收3.5万元。

项目技术应用效果简述：

中天未来方舟可再生能源集中供能系统项目应用规模达800余万平方米，采用了河水源热泵、污水源热泵、燃气锅炉等多种技术的耦合集成。通过引入本项目技术后，全面提升了系统能效水平，综合COP达4.25，累计节约电费和燃气费约为1539.44万元，节能率超15%；在社会效益方面，该技术的引入，为本项目打造“20℃方舟”的暖民工程做出了重要的贡献。



图5 贵阳中天未来方舟项目

洋湖生态新城智慧能源工程供冷（热）规划面积88.5万m²，供冷69.9MW。项目于2017年10月引入本项目技术后，全面提升了系统能效水平，累计节约电费和燃气费约为332万元，节能率约15%。项目实施至今，对响应国家推广建筑节能实现可持续发展，对长沙市品位、理念拉升，改善城市环境起到了积极的推动作用，具有技术可靠、经济可行、节约能源、保护环境等示范效果。

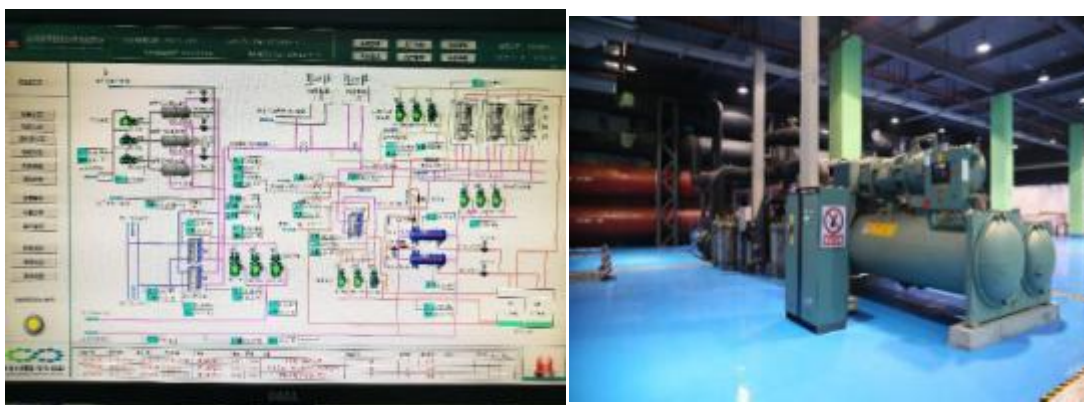


图6 长沙洋湖生态智慧能源工程项目

大丰区市民行政服务中心项目，应用规模约11万平米，采用了冷水机组+燃气锅炉的能源供应方式。通过引入本项目技术，全面提升了系统能效水平，综合COP达4.56。相比原系统技术方案，累计节约电费和燃气费约为119.7万元，节能率19%，节能、经济和社会效益显著。



图7 大丰区市民服务中心项目

2、近年直接经济效益					单位：万元人民币	
	完成单位		其他应用单位			
年 份	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润		
2018	5096.68	327.85	2051.36	199.69		
2019	5486.82	676.15	2261.98	1075.91		
累 计	10583.50	1004.00	4313.34	1275.60		
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据： 完成单位的新增销售额、新增利润取自于完成单位 2018 年、2019 年的审计报告；应用单位的新增销售额、新增利润取自于应用单位的应用证明。</p>						
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>本项目在倡导清洁能源和可再生能源利用的同时，针对国内现有的一些能源站集中供能项目，通过建立多能互补能源站能效专家平台，对能源生产、输配、使用全过程进行优化调度运行，解决系统运行过程中普遍存在综合效率低下、能源浪费严重的问题，提高了系统整体能效水平及运行管理水平，给项目建设单位带来了较好经济效益。同时，为提升建筑品质、改善人居环境提供了有力的支撑，拉升了城市品位及理念，增强了人民群众的获得感、幸福感，具有较大的社会影响力。</p>						
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>成果应用项目累计实现节约用电 1938 万 kwh，累计节约天然气用量 228 万 Nm³。依据《综合能耗计算通则》，折算本项目共节标煤约 811 万 t。相当于减少二氧化碳排放 2023 万 t，减少二氧化硫排放 13.39 万 t，减少氮氧化物排放 12.66 万 t，减少粉尘排放 7.79 万 t。</p>						

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	大型公建联合能源区域供冷供热系统工程实例/建筑节能	2017/12/25	杜玉吉、郭林、周霖	
2	基于微燃机的冷热电供能系统经济性分析/暖通空调	2016/10/15	杜玉吉、李龙、纪执琴、梁江涛	
3	液-汽引射器内液汽混合过程压力及汽液分布特性研究 /热科学与技术	2020/06/03	杜玉吉、张晓灵、张斌、张梦、高蓬辉、张东海、刘展	
4	空调节能磁悬浮主机的应用/中国资源综合利用	2018/08/25	杜玉吉、王鹏、郭豪杰、张家生	
5	智慧区域能源系统设计与调控关键技术与应用/中国科技成果	2019/10/25	杜玉吉、林小杰、张晓灵、李昊、钟巍、丁江华、赵阳	

2、代表性论文论著被他人引用的情况

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	大型公建联合能源区域供冷供热系统工程实例	城市新区区域供热供冷发展策略研究——以横琴新区为例/陈凯、朱雪飞、于文益	特区经济/0.476	2020.07.01
2	基于微燃机的冷热电供能系统经济性分析/暖通空调	冷热电联产系统两级调峰方案■分析/曹玮、郑莆燕、仇中柱、沈玉清、史洪超	节能技术/0.698	2019.01.01
3	基于微燃机的冷热电供能系统经济性分析/暖通空调	回热器关闭度对CCHP系统两级调峰方案影响分析/曹玮、郑莆燕、王伟、仇中柱、沈玉清、史洪超	节能/0.31	2018.11.01
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种地源冬夏季辐射空调系统	中国	ZL201510094946.3	2018年5月29日	2942963	中节能城市节能研究院有限公司	杜玉吉、朱庭浩、顾治国
2	发明专利	一种蓄能水池综合分析系统	中国	ZL201610035791.0	2018年5月18日	2930497	中节能城市节能研究院有限公司	杜玉吉、毛明亮、孔泽裕、陈超
3	实用新型专利	一种新型水路耦合系统	中国	ZL201620740551.6	2016年12月14日	5769460	中节能城市节能研究院有限公司	杜玉吉、钱辉金、刑甜媛
4	实用新型专利	一种节能自控的换热站分区供能系统	中国	ZL201720739884.1	2018年1月5日	6816400	中节能城市节能研究院有限公司	杜玉吉、冯轶骁、陈超、廖燕、任春雷、张家生、周泽扬
5	实用新型专利	一种新型的大温差管网及末端热泵系统	中国	ZL201621165015.4	2017年10月20日	6548423	中节能城市节能研究院有限公司	杜玉吉、梁江涛、薛太奎、王海刚
6	软件著作权	中节能热力换热站负荷自适应调节控制系统软件v1.0	中国	2016SR000227	2015年8月4日	1178843	中节能城市节能研究院有限公司	-
7	软件著作权	中节能地源热泵自适应调节控制系统软件V1.0	中国	2019SR0096850	2018年9月15日	3517607	中节能城市节能研究院有限公司	-
8	软件著作权	中节能基于云平台热力输配系统监控系统软件v1.0	中国	2016SR188210	2016年1月15日	1366827	中节能城市节能研究院有限公司	-
9	软件著作权	基于云平台能源站远程控制系统软件1.0	中国	2016SR056870	2015年12月15日	1235487	中节能城市节能研究院有限公司	-

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	钢拱桥组合桥面系关键技术研究及应用		
完成人	夏至, 陈峻, 廖芳龄, 陆卫东, 李磊磊, 谷振, 朱纯海, 张宇, 常喜梅		
完成单位	江苏中设集团股份有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	无锡市住房和城乡建设局		
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
江苏省交通运输科技项目	钢拱桥组合桥面系关键技术研究及应用	2015T20	2015-11-29
授权发明专利（项）	0	授权其他知识产权（项）	1
起止时间	起始：2014年01月01日	完成：2015年11月29日	

二、项目简介

(限1200字)

本课题首先简要介绍了钢-混组合结构的体系与构造，在对钢-混组合结构受力机理和设计理论与方法进行总结的基础上，对负弯矩区的受力特性和设计方法进行了深入的研究，同时针对国内外相关规范进行了对比分析。

其次，以实桥直湖港大桥为依托工程，采用理论分析与数值试验相结合的方法，对直湖港大桥组合桥面系的受力机理和受力特性进行分析研究，发现桥面板承受较大的轴向拉力，温度和收缩徐变作用对桥面系受力影响较大，应予以重视。为探求各构件与桥面系受力的相关性，采用参数化的分析手段，明确了各设计因素，如剪力钉刚度、横梁刚度、系梁刚度及吊杆刚度等，对组合桥面系受力的影响。深析了结合面的局部受力，得到全桥剪力钉的剪力分布及剪力钉直径和布置对桥面系的影响。同时，制定了系梁增设预应力，桥面板增设预应力和施工过程中预压等三个优化设计方案，经对比分析，给出了推荐方案和建议。

再次，本课题对施工过程中拱肋制作与安装、剪力钉施工、桥面板预制与安装等关键技术进行了详细的梳理，制定了搭设支架拼装和整体吊装相结合的施工方案，形成了利用顶推装置调节水平位移的合龙技术，优化了预制板的纵横向安装顺序，并说明了针对桥面系的监控方案，跟踪监测了桥面系受力状况。

最后，针对吊杆的养护维修问题，提出了后期吊杆更换方案，分析了更换吊杆对桥面系的影响。

本课题研究与实际相结合，验证了实施的效果和推广应用价值。

在研究过程中，本课题组获得实用新型专利一项：

专利号：ZL201320470607.7 专利名称：钢桁架拱桥的叠合桥面系. 发明人：夏至、朱纯海、常喜梅，授权日：2014.01.15。

发表核心论文两篇：1、《常熟市虞新线南桥吊杆更换设计研究》中外公路 2015 第 35 卷第 2 期；2、《钢桁拱桥组合桥面板的设计及受力分析》电子工程学院 2020 年第 9 卷 08 期。

三、主要科技创新

(限5页)

随着我国交通建设规模的扩大，桥梁呈现出跨径不断增大、桥型不断丰富、结构不断轻型化的发展趋势，同时对桥梁建设的经济性和综合效益也越来越重视。在这种背景和需求下，传统的桥梁结构形式在许多情况下已经不能满足设计、建造和使用的要求。钢-混凝土组合结构桥梁不但受力性能优越，能够充分发挥钢和混凝土的材料性能，而且造价较低，方便施工、能够减少桥梁建设工期。钢-混凝土组合结构桥梁由于同时兼有钢桥和混凝土桥的优点，适合我国基本建设的国情，近 20 年来已得到迅速发展。从中小跨径梁桥到跨径近千米的斜拉桥，都有组合结构的应用。

钢-混凝土组合结构桥面系近几年也开始在拱桥中使用，但拱桥组合桥面系受力复杂，且没有完整的设计施工规范指导，相关研究也比较少。针对此情况，江苏省交通运输厅设立本研究课题“钢拱桥组合桥面系关键技术研究及应用”，对组合桥面系在钢拱桥中应用时的设计施工关键技术进行深入研究，提供科学、客观、合理的研究成果，为该项技术的推广应用提供理论和实践的支撑。本课题在江苏省交通运输厅的精心组织下，由江苏中设集团股份有限公司组成技术力量雄厚的课题组，按照研究大纲确立的技术路线与实施方案展开调查分析、理论研究、数值试验与工程应用。经过将近两年的协同攻关和努力工作，圆满完成了本课题科研项目中的各项研究任务，取得了丰硕的研究成果和较大的社会经济效益。

上世纪 90 年代以来江苏省建造了大量的钢筋混凝土及钢管混凝土系杆拱桥。但吊杆失效和拱脚开裂问题一直是此种桥梁不可回避的病害，近些年体现的尤为明显。2012 年多座拱桥的密集事故，一度使建设单位和设计单位对此类拱桥的应用持谨慎态度，并且上世纪 90 年代建造的桥梁多已进入吊杆更换期，给建设管养单位也带来了不小的经济压力。

随着经济的快速发展和公路桥梁耐久性要求的提高，无推力钢拱桥逐渐体现出优势，它很好解决了吊杆失效和拱脚开裂的问题。而钢-混组合桥面系，又避开钢桥面板铺装容易受损和混凝土结构开裂的技术难题。

本课题依托无锡市安泰路直湖港大桥，围绕钢拱桥组合桥面系的受力机理、受力性能、结合面局部受力、施工控制技术、养护维修技术等关键问题，开展了理论分析、数值试验和实桥监测等分析研究，取得以下研究成果：

(1) 钢拱桥组合桥面系的混凝土桥面板受力类似于多跨连续梁，在钢横梁位置产生负弯矩，在两横梁之间产生正弯矩，弯矩均较小。在桥面板现浇段混凝土浇筑完成并形成强度后，桥面板参与结构整体受力。收缩徐变后，系梁拉力减小，桥面板受到的拉力增加，系梁与桥面板间产生拉力重分配，桥面板分担了系梁约 30% 的拉力，受到较大的轴向拉力。收缩徐变作用是桥面板轴

力的主要部分，平均占比 53.8%，整体升降温和梯度温度平均占比 15.5%和 12%。，收缩徐变和温度作用对桥面板轴力有很大的影响，并且主要在成桥运营阶段发生。

(2) 不同剪力钉刚度下桥面板轴力相差很小。取消端横梁剪力钉后，距端横梁 5m 范围内的桥面板轴力有不同程度的减小，端部基本为零；距端横梁 5~20m 范围轴力减小在 3%~5%；距端横梁 20m 到跨中范围轴力减小在 3%以内，跨中位置基本一致。

(3) 在桥梁中心线和距中心线 4m 位置处，不同横梁刚度桥面板轴力的顺桥向分布规律基本一致，桥面板轴力从梁端到跨中逐渐增大，跨中段趋于平稳。桥梁中心线端横梁处轴力随横梁刚度的增大而减小；1/4 跨位置轴力随横梁刚度的增大而增大，与 $\lg X$ 成线性关系；跨中位置轴力随横梁刚度的增大而增大，与 $\lg X$ 呈抛物线关系。距中心线 4m 位置桥面板轴力随横梁刚度的增大而增大，端横梁和 1/4 跨位置处轴力与 $\lg X$ 成线性关系，跨中位置轴力与 $\lg X$ 呈抛物线关系。距中心线 7m 位置桥面板在端横梁和 1/4 跨位置处轴力与 $\lg X$ 呈抛物线关系，在跨中位置轴力随与 $\lg X$ 的增大而减小。

(4) 在桥梁中心线和距中心线 4m 位置处，不同系梁刚度桥面板轴力的顺桥向分布规律基本一致，桥面板轴力从梁端到跨中逐渐增大，跨中段趋于平稳，刚度越大平稳段越短。在距中心线 7m 位置处，各工况下桥面板轴力在拱脚附近变化较大，在吊杆范围变化相对平缓。各位置处轴力均随系梁刚度的增大而增大，与 $\lg X$ 近似成线性关系。端横梁位置轴力横向上呈“W”型，1/4 跨和跨中位置处横向上呈“V”型，从中间向两侧递增，跨中位置比较均匀，各工况相差不大。

(5) 在距中心线 7m 位置处工况 D1~工况 D4 的轴力相差很小，工况 D5 与其他工况相差较大；在桥梁中心线和距中心线 4m 位置处，不同吊梁刚度桥面板轴力的顺桥向分布规律基本一致，桥面板轴力从梁端到跨中逐渐增大，跨中段趋于平稳，工况 D1~工况 D4 的轴力相差很小，工况 D5 与其他工况相差较大。工况 D1~工况 D4 下各位置处桥面板轴力相差很小，工况 D5 吊杆刚度很小时，桥面板轴力与其他工况相差较大。

(6) 活载满载工况下结构受力汇总如下表。

位置	端横	拱梁结合处横	四分点横	跨中横
混凝土最大纵向拉应力/MPa	1	2.1	1.4	1.2
混凝土最大横向拉应力/MPa	0.3	0.4	0.2	0.2
混凝土最大主拉应力/MPa	1	2.1	1.4	1.2
焊钉最大纵桥向剪力/kN	14.8	36.94	4.91	0.98
焊钉最大横桥向剪力/kN	6.06	7.95	5.72	6.21
钢梁底板最大 Mises 应力	28.8	18.9	60.8	78

(7) 随着焊钉直径由 19mm 增加到 25mm，端横梁、四分点横梁以及跨中横梁处混凝土应力

没有变化，拱梁节点处横梁混凝土应力稍有增加但增幅很小，三种情况下全桥混凝土应力状态均满足规范要求，可见焊钉直径变化对于混凝土桥面板应力状态影响很小。

钢梁底板最大 Mises 应力随每根横梁上焊钉直径变化的变化很小。

随着焊钉直径由 19mm 增加到 25mm，端横梁、四分点横梁以及跨中横梁处焊钉最大纵桥向剪力变化很小，拱梁节点处横梁焊钉最大纵桥向剪力稍有增加但增幅很小，各关键截面焊钉最大横桥向剪力有所增加。

(8)随着焊钉排数由 2 排增加到 4 排，端横梁处混凝土最大纵向拉应力及主拉应力有所下降，但拱梁节点处最大纵向拉应力及主拉应力有所增加。四分点及跨中跨中处混凝土最大纵向拉应力及主拉应力没有变化。各关键截面混凝土最大横桥向拉应力不受焊钉排数变化影响。因此，焊钉排数变化对于混凝土桥面板应力状态影响较小。

钢梁底板最大 Mises 应力随每根横梁上焊钉排数变化的变化很小。

随着焊钉排数由 2 排增加到 4 排，全桥各关键断面焊钉最大纵桥向剪力及最大横桥向剪力均有所下降。其中，拱梁节点处焊钉最大纵桥向剪力有较大幅度下降，跨中及四分点处焊钉最大横桥向剪力有较大幅度下降。

(9)方案一在系梁内增设预应力后，桥面板和系梁受力均得到优化，且纵横向受力比较均匀。根据结构传力途径，在系梁设置预应力传力比较明确。在钢系梁内设置预应力钢束需增设横隔板和锚箱，增加了系梁制作和安装的复杂性，也增加了造价。同时，为方便体外预应力钢束后期的养护检修，需在钢系梁底设置检查孔。

方案二桥面板内增设预应力，预应力效率比较高，桥面板和系梁内拉力均大幅降低，中部存在一定拉力，端部出现压力，结构受力得到优化。但桥面板施工难度增加，在桥面板预制过程中就需要预埋波纹管，施工桥面湿接段时也需要对接波纹管，扁波纹管的后期穿钢束也较为困难。同时，需要调整剪力钉的布置，调整为剪力钉群并预留后浇孔。钢束张拉完成后方可浇筑后浇孔，以免预应力作用到横梁上引起其侧向弯矩的增大。

方案三施工过程中对系梁进行预压，中间桥面板拉力明显减小，施工技术相对简单，达到优化结构受力，降低造价的目标。在钢混组合结构的施工中较为常用。

根据以上分析，三个优化方案均具有可行性。经综合比选结构受力、施工方便性、工期、经济性、耐久性、后期养护维修等因素，推荐采用方案三在施工过程中预压的方案。

(10)施工时提出了桥位处搭设支架拼装（两边段）及岸滩拼装后整体吊装（中段）两种方式相结合的施工方案。合龙时设置可调节水平位移的顶推装置，加快合龙进度，降低合龙难度。经过对预制桥面板不同安装工况的对比分析，得到从跨中向两侧的优化安装顺序。

(11)工况 G2~工况 G8 更换吊杆均可行，为提高施工效率，减小对交通的影响，施工中推

荐采用工况 G6 和工况 G7 的方案，从跨中向两侧对称进行，跨中两根吊杆同批更换，其余吊杆同批一次同时更换 4 根吊杆。如考虑不封闭交通，正常通行情况下，汽车及人群荷载产生的吊杆力约 20MPa，工况 G2~G8 下吊杆力也满足要求，但工况 G8 富余量不大。考虑到行车引起的振动影响及车辆制动引起的制动力效应等因素，建议封闭交通施工。

本课题研究的桥型及桥面系结构具有广泛的优势，能有效的改善桥梁的安全性、耐久性及经济性，是城市桥梁非常有竞争力的桥型结构。

根据本文的对钢拱桥组合桥面系设计理论方法、结构整体受力、钢混结合面受力、施工工艺、施工监控及维修技术的研究分析，解决此类桥梁从理论分析、设计、施工、维修等全过程中的关键技术难题，为此类桥梁的后期推广应用提供技术支撑，具有重要的研究意义。

本研究创新之处为：

钢拱桥组合桥面系有别于一般组合梁，国内应用于实桥较少，相关研究较少。本次研究对于同类型桥梁的建设有借鉴意义。

四、第三方评价

2015年11月29日，无锡市交通运输局主持开展了“钢拱桥组合桥面系关键技术研究及应用”项目验收工作。验收委员会（专家名单附后）听取了课题组的汇报，审阅了有关技术文件，经质询和讨论，形成验收意见如下：

一、课题组完成了项目合同（任务书）规定的研究任务，提供的技术资料完整齐全，内容详实，符合验收条件。

二、课题依托无锡市安泰路直湖港大桥，围绕钢拱桥组合桥面系的受力机理、受力性能、结合面局部受力、施工控制技术、养护维修技术等关键问题，开展了理论分析、数值试验和实桥监测等工作。通过分析研究，得到了各荷载作用下的桥面系受力特性，明确了各设计参数对桥面系受力的影响，深析了结合面的局部受力，提出了优化设计方案，梳理了施工中拱肋制作与安装、剪力钉施工、桥面板预制与安装等关键技术，制定了后期吊杆更换的方案，同时，实桥工程验证了实施的效果，该课题提供的结构形式实用、经济、耐用、易维护，具有良好的推广应用价值。

三、综上所述，该项目达到了合同约定的预期目标，实施效果良好，同意该项目通过验收。

评审委员会主任：

冯泉钧

2015年11月29日

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

直湖港大桥位于无锡市胡埭镇安泰路延伸段，跨越等级航道直湖港段，全长266.36m。主桥采用钢桁拱结构，长82.1m，一跨过河。主桥全宽27m，横断面组成为1.5m人行道+2.5m非机动车道+2m护栏及结构宽度+15m车行道+2m护栏及结构宽度+2.5m非机动车道+1.5m人行道。

直湖港大桥主桥上部结构采用单跨简支钢桁拱结构，计算跨径80m，为无推力体系。主拱采用两片平行的钢桁架拱肋，上下弦杆为焊接箱型断面，高0.9m，宽1.0m，吊杆为工字型断面，截面高0.45m，宽0.4m，采用上下均为吊耳式的纵向铰与拱肋和系梁连接。系梁采用焊接箱型钢结构断面，高1.5m，宽1m。横梁采用工字型钢结构断面，横梁纵向布置间距根据吊杆位置与桥面系受力确定，在吊杆布置范围内间距有2.2m和2.5m两种，端部间距有2.4m和1.9m两种。桥面系采用25cm厚C50砼预制板，通过在钢横梁顶设置47cm宽混凝土现浇段连接。同时，在钢横梁上翼缘顶设置多排 $\phi 22$ 剪力钉，将混凝土桥面板与钢横梁连接，组成组合桥面系。

本桥结构设计合理，细节处理精细，施工过程中顺利，施工工艺成熟，质量容易控制，结构耐久性好，经济性较好且造型恢弘大气，后期桥面系养护维修工作量少，取得较好的社会效益，值得在城市桥梁中进一步推广。



2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	120	20	0	0
2019	100	10	0	0
累 计	220	30	0	0
经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>本课题研究的桥型及桥面系结构具有广泛的优势，能有效的改善桥梁的安全性、耐久性 & 经济性，是城市桥梁非常有竞争力的桥型结构，具有较大的发展前景。结合实桥工程建设，对桥梁施工养护工程中的关键技术进行了研究。本文的分析研究成果，为同类桥梁建设提供了借鉴，具有较大的工程意义和经济价值。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>该技术的应用可以有效减少建设工期，增加耐久性，因此减少了对环境的影响关系。</p>				

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过5篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	常熟市虞新线南桥吊杆更换设计研究/中外公路	2015年第35卷156页	张宇	
2	钢桁拱桥组合桥面板的设计及受力分析/电子工程学院	2020年第9卷08期	常喜梅、朱纯海	
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	下承式系杆拱桥吊杆更换技术研究	张运清,吴军鹏,刘康,孟涛	山东交通科技/0.047	2019.03
2	某刚性吊杆系杆拱桥病害分析及加固对策研究	毛铮	西部交通科技/0.075	2018.06
3	某系杆拱桥吊杆更换设计与施工	陈建华,秦现德	工程技术研究/0.060	2017.05
4	刚性系杆刚性拱桥吊杆更换方法研究	邹彦兵	长安大学	2017
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	具有桥头抗推力保护墙的无端梁V型钢构桥	中国	ZL201410398159.3	2014-01-15	3362358	江苏中设集团股份有限公司	夏至、施霄飞、王楠、孙艳
2	发明	超深层螺旋板荷载测试装置	中国	ZL201610016224.0	2017-05-17	5328477	江苏中设集团股份有限公司	张道政、夏墨原、陈捷华
3	发明	客运站车位个数计算方法	中国	ZL201510134999.3	2017-01-18	2348660	江苏中设集团股份有限公司	刘志旗、孙家骏、陆卫东、黄丽娜、张建军
4	实用新型	具有撑脚的大跨度山岭隧道拱架	中国	ZL201320472026.7	2014-01-15	3362358	江苏中设集团股份有限公司	夏至、施霄飞、王楠、孙艳
5	实用新型	钢桁架拱桥的叠合桥面系	中国	ZL201320470607.7	2014-01-15	3362263	江苏中设集团股份有限公司	夏至、朱纯海、常喜梅
6	实用新型	下承式简支钢箱系杆拱桥拱脚结构	中国	L201621231484.1	2017-06-16	6233844	江苏中设集团股份有限公司	李磊磊、陈峻、夏至、朱纯海、施霄飞、常喜梅、陈靖波
7	实用新型	矮塔斜拉桥斜拉索在混凝土箱梁上的锚固结构	中国	ZL201621231485.6	2017-06-16	6232536	江苏中设集团股份有限公司	朱纯海、陈峻、夏至、李

								磊磊、施霄飞、常喜梅、陈靖波
8	实用新型	一种外挂式挡板预应力锚索桩板挡土墙	中国	ZL201721154845.1	2018-04-20	7240917	江苏中设集团股份有限公司	朱纯海、夏至、陈峻、李磊磊、施霄飞、常喜梅、陈靖波
9	实用新型	快速施工钢拱桥结构	中国	ZL201721892325.0	2018-09-25	7892767	江苏中设集团股份有限公司	夏至、谷振、孙艳、蒋皓、朱纯海、陈靖波
10	实用新型	软弱围岩隧道复合超前支护结构	中国	ZL201820524583.1	2018-11-30	8160489	江苏中设集团股份有限公司	夏至、常喜梅、施霄飞

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	高透隔热建筑夹层玻璃用纳米复合EVA中间膜的关键技术及应用		
完成人	熊政政, 蔡洪, 怀旭, 史道浦, 汪勇, 胡云涛、杭祖圣		
完成单位	南京金永发塑胶加工制品有限公司 南京工程学院		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)	江苏省颗粒学会		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
企业自主研发	高透隔热建筑夹层玻璃用纳米复合 EVA 中间膜的关键技术研究	RD07	2020年9月6日
授权发明专利(项)	1	授权其他知识产权(项)	20
起止时间	起始: 2013年8月1日	完成:	2020年9月6日

二、项目简介

(限1200字)

作为一种重要的建筑外墙防护技术，玻璃幕墙不仅外观结构美观多样，还具有保温、防风、遮阳、采光等多种使用价值，因此被广泛应用于高层建筑中。对高层建筑用玻璃而言，除了对其使用安全性提出了越来越高的要求外，还要兼顾降低建筑能耗的问题。因此，如何通过对玻璃的结构及性能进行改善，获得既满足使用安全性要求，又具有高透隔热性的安全节能玻璃是建筑行业亟待解决的关键问题。

通常，太阳能以热辐射和热传导两种方式通过玻璃传递到室内。为了制造出具有良好保温、隔热性能的建筑节能玻璃，可以通过采用热反射、吸热、低辐射、贴膜、涂膜等技术降低玻璃的遮蔽系数，也可以通过使用中空玻璃、真空玻璃等降低玻璃的传热系数实现上述目的。目前市面上的隔热玻璃多采用多腔结构，同时为了反射太阳光，会在玻璃表面涂覆一层金属氧化物如氧化银等，虽然能够实现保温效果，但是也存在较多问题：①表面涂料易氧化，使用寿命短；②基材为单层玻璃，存在强度不够带来的安全隐患；③室内温和，但是室外白色污染问题严重；④玻璃透明性不佳，影响室内视野。

本成果从筛选并优化红外高阻隔纳米粒子复配体系、对纳米粒子表面进行修饰并结合助剂的配方设计改善纳米粒子与高分子聚酯之间的界面相容性以及优化基体乙烯-乙酸乙烯酯共聚物(EVA)膜的流延工艺等方面进行了系统的研究。利用特殊的研磨工艺制备了粒径分布窄、红外屏蔽效果好和可见光透过率高的纳米多元掺杂氧化锡(MTO)/纳米锑掺杂二氧化锡(ATO)(MTO/ATO)复配纳米粒子体系，通过对其表面功能化修饰并结合加工助剂优化了纳米复合EVA膜的配方，通过挤出共混法将透明且具有高效红外反射功能的MTO/ATO纳米复配体系添加到EVA中，并经流延成型制备的夹层玻璃用纳米复合EVA膜，在保持较高可见光透过率的同时高效阻隔红外光。

本成果完成了具备高透光隔热、使用寿命长等高性能的纳米复合EVA中间膜的设计，掌握了具有红外高阻隔纳米粒子在高分子聚酯中均匀稳定分散的制备工艺，突

破了纳米复合 EVA 中间膜流延成型工艺中的技术难题，创制了 EVA 膜的双工位收卷装置、压花辊表面清洁装置、自动裁切装置以及用于 EVA 薄膜热收缩率检测的加热装置，最终实现了纳米复合 EVA 膜的室外红外热能阻隔效率超过 80%，同时保持可见光的最大透过率，从而达到了采光、遮阳、隔热、使用寿命的最佳效果。

本成果共获得发明专利 3 件，授权实用新型专利 20 件，发表学术论文 5 篇，为高透隔热建筑夹层玻璃用纳米复合 EVA 中间膜的设计提供了理论和实践基础。开发的产品表现出显著的优势：高透光、低雾度；高隔热、夏天减少红外热能进入室内，室内外温差可达 10℃ 以上，节能环保；紫外线阻隔效率高达 99%，耐候性能强；可见光反射率仅有 8%，大幅度降低了二次光污染；不屏蔽无线信号；使用安全、寿命长。相关的工艺装备也节约了能源并降低了综合成本，该产品已经广泛应用于汽车、遮阳棚、阳光房、节能门窗等对采光、遮阳、隔热有特殊要求的领域。近三年累计新增销售收入 2100 万元，新增利税 210 万元。

三、主要科技创新

(限5页)

本成果从结构-功能设计的理论基础出发,对高透隔热建筑夹层玻璃用纳米复合EVA中间膜的配方、结构、成膜工艺及热压制备粘胶夹层玻璃的生产工艺进行了系统的研究,掌握了实现复配纳米粒子在聚合物基体中均匀稳定分散的规律,解决了EVA膜流延成型过程中的难题,实现了高透隔热纳米复合EVA膜的稳定生产,同时完成了相应生产装置的设计和研制,实现了从原料、中间体、EVA复合膜到粘胶夹层玻璃生产工艺的优化。

南京金永发塑胶加工制品有限公司采用其关键技术研发的高透隔热建筑夹层玻璃用纳米复合EVA中间膜产品,具有高透明、高效阻隔太阳光中红外热能的显著优势,得到了成功应用,并推广到其他EVA中间膜或相关制品的生产企业中。相关的工艺装备也带来了节约能耗、提高生产效率的显著效果,新产品的开发也提供了新的就业岗位,带动了上下游相关产业链的发展,取得了显著的经济效益、社会效益和环境效益。

本成果主要取得了以下四个方面的科技创新:

(1) 探明了复配纳米粒子体系对高透隔热的协同调节作用机制并优化了胶膜配方

基于材料的尺度效应及其与光的相互作用原理,通过对隔热材料的种类、尺度及其尺度分布进行综合控制,对尺度远小于可见光的纳米材料进行复配,从诸多纳米隔热材料中筛选出稳定性好、可见光透过率高、具有高效红外反射功能的MTO掺杂ATO,获得兼具隔热性能和透光特性的纳米粒子复配体系。纳米粒子的粒径大小($D(50) \leq 30\text{nm}$),不影响可见光透过,粒径分布窄,减少了对产品雾度的影响。对纳米粒子的表面进行功能化修饰后,结合助剂的配方设计技术,进一步针对EVA基体的官能团特征,同时考虑交联剂、助交联剂、偶联剂、抗氧剂、光稳定剂、紫外稀释剂等添加剂的化学特性,获得了能够在EVA基体中分散均匀、团聚作用小的表面功能化复合纳米粒子。

(2) 优化了高透隔热复配纳米粒子在EVA基体中的分散工艺

针对无机纳米隔热材料粒径小、表面能高、与EVA粒子混合后挤出流延过程中

容易出现纳米颗粒团聚、混合分散不均，严重影响薄膜性能的关键科学问题，从分散介质、分散方法、固含量的角度分别进行了系统的研究。

通过选用合适的分散介质，使之既与纳米隔热材料形成一种性质稳定的均匀分散体，又与 EVA 基体材料性质接近，容易吸收、熔融至 EVA 体系中，同时分散介质不会影响 EVA 胶膜的产品性能，如：玻璃粘接性能、胶膜的透光率、雾度、耐候性等。经过多次试验，最终从多种分散介质包括甲苯、环己烷、乙醇、甲醇、二甲基甲酰胺、N-甲基吡咯烷酮、丙酮、乙酸乙酯、三甘醇二异辛酸酯、三乙二醇二(2-乙基己酸)酯和己二酸酯等试剂中筛选出环己烷作为分散介质。之后将 MTO 掺杂 ATO 纳米粉体中加入分散助剂中，通过搅拌、超声处理使其形成一种分散均匀的纳米隔热浆料。根据浆料粘度对胶膜性能的影响规律，控制浆料中的固含量在 20%~40%之间。

将 EVA 粒子与纳米隔热浆料用塑料搅拌机混合均匀，持续搅拌至混合物干燥，得初料；此时隔热浆料被 EVA 粒子充分吸收形成组成均匀性质稳定的混合物。之后将交联剂、助交联剂、偶联剂、抗氧剂、光稳定剂、紫外线吸收剂混合均匀，然后加入初料，用塑料搅拌机混合均匀，持续搅拌至混合物干燥，得混合料；此时助剂被初料充分吸收形成组分均匀性质稳定的混合料。采用挤出流延法将混合料制成 EVA 胶膜，挤出机的螺杆温度为 85-100℃。

采用雾度分析仪、扫描电子显微镜等宏观和微观相结合的特征手段剖析了高透隔热复配纳米粒子在 EVA 基体中的分散效果以及纳米粒子的含量对 EVA 基体性能的影响规律，确定了高透隔热复配纳米粒子的含量及其获得均匀分散效果的胶膜制备工艺。该成果改善了无机纳米颗粒和高分子聚酯基体之间的界面相容性，实现了高透隔热复配纳米粒子在 EVA 胶膜中均匀分散，充分发挥了纳米体系的隔热、透光功能，解决了因团聚引起的尺度变化造成透光性变差和隔热性能下降的问题。

(3) 优化了纳米复合 EVA 中间膜的流延成型工艺

该成果揭示了 EVA 中间膜流延成型工艺中温度梯度和牵伸速度等工艺参数对其透明度和结晶度等性能的影响。温度梯度影响分子链的运动以及交联程度，结晶速率和结晶度。分子链沿着外力牵伸的方向取向排列，其规整性提高，从而使其结晶度得

到提高。结晶度的变化会影响到制品的透光率和力学性能。因此通过调控温度梯度和牵伸速度调节分子链的运动，可以改变 EVA 这种聚酯材料的透明度、结晶度和力学性能。

利用红外辐照计、高温高湿试验箱和紫外耐气候试验箱等设备分别研究了工艺参数对制品的透光率、光学雾度、隔热性能以及耐候性能的影响，通过反馈和工艺调节，获得了性能卓越、质量稳定的 EVA 中间膜的制备工艺参数。该产品年产量达到 80 吨，年销售额约 700 万元，年上缴税收 70 万元，利润 50 万元。

车间 EVA 胶膜生产装置如图 1 所示：



图1. EVA胶膜挤出流延生产线

(4) 创制了 EVA 胶膜生产过程中使用的高效节能装置

该成果创制了 EVA 膜的双工位收卷装置、压花辊表面清洁装置、自动裁切装置以及用于 EVA 薄膜热收缩率检测的加热装置，见图 2a 至图 2d。

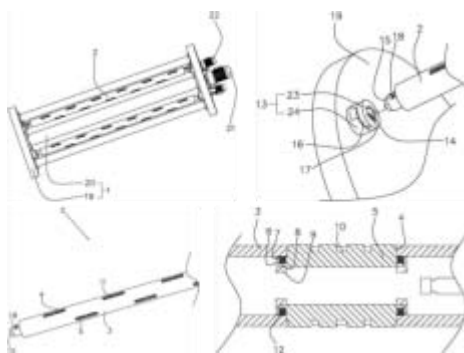


图 2a. EVA 膜的双工位收卷装置

本实用新型适用于带状卷材生产加工的收卷作业，操作简便，两个收卷辊交替收

卷，换卷不停机，提高了生产效率。

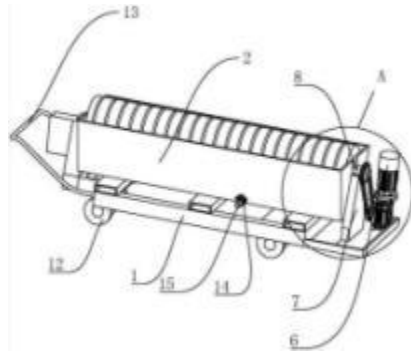


图 2b. 压花辊表面清洁装置

本实用新型实现了对压花辊表面粘附的灰尘及其他杂质进行清洗，避免压花辊压花不清楚影响压花产品的质量。

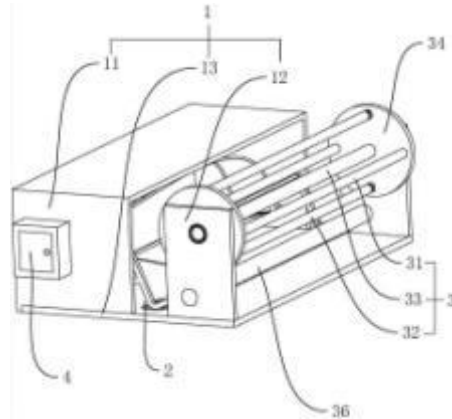


图 2c. 自动裁切装置

该自动裁切装置采用电动方式代替传统的人工滑动裁切刀片，在节省人力的同时提高了工作效率。

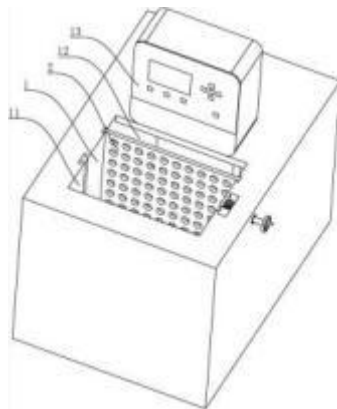


图 2d. 一种用于 EVA 薄膜热收缩率检测的加热装置

本实用新型通过设置隔热网板避免了加热器直接对薄膜加热，通过恒温热油对EVA薄膜进行加热，使其受热更为均匀，对EVA薄膜的热收缩率测量结果更加精确。

图3为5mm玻璃+K76HG+5mm玻璃与10mm玻璃（对比样）在相同功率红外光源照射下，宏观温度随时间变化的对比结果。从图中可以看出，随着时间的延长，10mm厚度的玻璃样品温度升高的比2块5mm厚度的粘胶夹层玻璃快，且最终趋于稳定时的温度比2块5mm厚度的粘胶夹层玻璃高出约10℃。

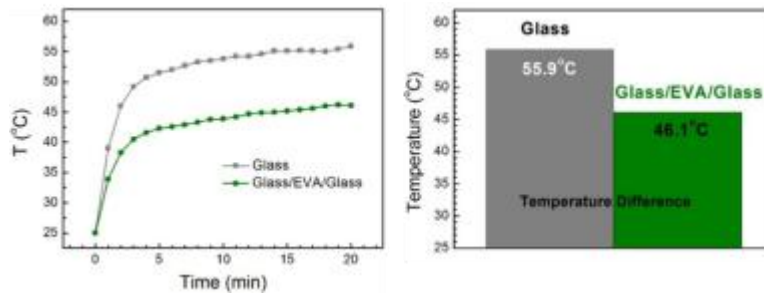


图3 隔热性能对比试验结果

综上所述，采用本成果开发的高透光隔热型夹层玻璃用EVA中间膜制作的夹层玻璃能将太阳光中超过80%的红外热能阻隔在室外，阻隔太阳光中99%的紫外线，同时保持可见光的最大透过率，玻璃雾度低，清晰度高，达到了采光、遮阳、隔热的最佳效果。采用该产品制作的夹层玻璃具有比其他隔热玻璃使用寿命更长、反光率更低、透光率更高、隔热性能更好、安全性能更高的特点，节能环保，应用前景广阔。

本成果在技术上具有重要创新，解决了建筑幕墙用夹层玻璃行业发展中的关键问题，总体技术水平和经济指标达到行业领先水平。产品已有多年的销售历史和较大规模的推广应用，产生了显著的经济效益、社会效益和环境效益。本成果为提升建筑品质、改善人居环境提供了有力支撑，增强了人民群众的安全感和幸福感。本成果中的技术转化程度高，具有较强的示范引领和辐射带动能力，促进了相关产业的转型升级，带动了上下游相关产业链的发展，对行业的发展做出了重要贡献。

四、第三方评价

客观评价：

1. 检测报告

(1) 上海市质量监督检验技术研究院国家建筑材料及装饰装修材料质量监督检验中心出具的检测报告：

样品名称：K76HG（隔热）夹层玻璃，型号规格：4mm玻璃+0.76EVA胶片+4mm玻璃，检测依据：JGJ/T 151-2008 建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程和JC/T 2304-2015（2017）建筑用保温隔热玻璃技术条件，检测报告显示可见光透射比：0.744，太阳能总透射比：0.536，遮阳系数：0.616，太阳红外热能总透射比：0.342。

(2) 通标标准技术服务（上海）有限公司出具的检测报告：

样品名称：K76HG，样品尺寸：100mm×100mm，检测依据：EN410: 2011和JC/T 2304-2015，检测报告显示透光率：73.17%，紫外线透射率：2.84%，遮阳系数：0.65，太阳红外热能总透射比：39.01%。

2. 应用单位评价

南京圣耀玻璃有限公司采用了该项目的关键技术之后，成功对现有技术进行了升级换代，开发出高透光隔热型EVA夹层玻璃，产品质量稳定，性能优良，受到用户的高度认可，常年稳定供货。

广州市耀邦玻璃有限公司，采用了该项目的关键技术之后，实现了原有产品的技术升级，开发出高透光隔热型EVA夹层玻璃，产品质量稳定，性能优良，价格合理，受到用户的一致好评，常年稳定供货。

安徽美吉尔家居有限公司，采用了该项目的关键技术之后，成功地改善了原有产品的透光隔热性能，开发出采光、遮阳、隔热效果好、使用寿命长的高透光隔热型EVA夹层玻璃，产品质量稳定，性价比高，受到用户的广泛好评，常年稳定供货。

3. 需求单位的主要采购合同

由本成果关键技术生产的高透隔热建筑夹层玻璃用纳米复合EVA中间膜产品，透光率高、隔热效果好、耐候性好，受到需求客户的广泛好评，与武汉峰发精工玻璃有限公司、南京圣耀玻璃有限公司、上海斯迈克实业有限公司等签订了各类销售合同。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

本公司产品广泛应用于户外建筑工程安全夹层玻璃、防爆玻璃、防弹玻璃、幕墙玻璃、智能调光玻璃、电子仪器仪表玻璃、隔热节能玻璃、装饰玻璃、电磁屏蔽玻璃等领域。部分产品形貌如图4所示，



图4. 本公司生产的部分产品宏观形貌

另外，公司作为南玻、江西科为、康得新等国内知名深加工玻璃企业长期稳定配套供应商，产品用于大型工程建设、市政工程、地标项目等。如南京鼓楼医院外墙玻璃、南京河西CBD、南京同仁医院外墙玻璃、南京地铁车厢玻璃等所用的EVA中间膜都是我公司的产品。同时我公司产品还远销美国、意大利、俄罗斯、西班牙、澳大利亚、哥伦比亚、巴西、印度、香港、台湾等五十多个国家和地区。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	256	36	338	61
2019	340	55	440	72

累 计	596	91	778	133
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>新增销售额=固定资产折旧+劳动报酬+增值税+营业盈余 新增利润=项目产品销售收入-项目产品成本</p>				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>培养了一批在该领域具有创造力的研发人员和一批高层次的技术人才，促进了相关学科的发展。新增就业岗位 5 个以上，提高了当地劳动人民的生活水平，促进了社会的和谐稳定。带动了上下游产业链的发展，促进了社会生产力的发展。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>玻璃幕墙作为一种新型墙体可以赋予建筑美化环境、增强城市活力、提升人文气息的功能。玻璃材质还具有不易污染，节约能源的优点。该成果所开发的高透光隔热型夹层玻璃用纳米复合 EVA 中间膜，具有高效隔热的显著优势，夏天减少了绝大部分红外热能进入室内，室内外温差可达 10℃ 以上，保持室内凉爽舒适，降低了建筑能耗，减少空调费用，节能环保。另外，该产品仅有 8% 的可见光反射率，大幅度降低了二次光污染，减少眩光，提高了舒适度。</p>				

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	耐高低温EVA热熔胶的制备及应用探析 / 科技经济导刊	2020/06/25	<u>熊政政</u> , 史道浦, 汪勇.	
2	Enhanced fully-biodegradable Mg/PLA composite rod: effect of surface modification of Mg-2Zn wire on the interfacial bonding. / Surface & Coatings Technology	2018/07/17	<u>Hong Cai</u> , Yue Zhang, Jiao Meng, Xuan Li, Feng Xue, Chenglin Chu, Li Tao, Jing Bai* .	
3	Self-reinforced biodegradable Mg-2Zn alloy wires/Polylactic acid composite for orthopedic implants. / Composites Science and Technology	2018/05/03	<u>Hong Cai</u> , Yue Zhang, Xuan Li, Jiao Meng, Feng Xue, Chenglin Chu, Li Tao, Jing Bai* .	
4	Insight into the effect of interface on the mechanical properties of Mg/PLA composite plates. / Composites Science and Technology	2019/08/30	<u>Hong Cai</u> ¹ , Xuan Li ¹ , Chenglin Chu*, Feng Xue, Chao Guo, Qiangsheng Dong, Jing Bai* .	
5	Efficiently enhancing the photocatalytic activity of g-C3N4 by a simple advanced successive activation method. Micro & Nano Letters	2018/03/01	<u>Xu Huai</u> , Zusheng Hang, Zhangzhong Wang*, Delin Liu, Qiuya Li, Zhen He, Yang Chen, Xisi Han.	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	Enhanced fully-biodegradable Mg/PLA composite rod: effect of surface modification of Mg-2Zn wire on the interfacial bonding.	Effect of fluoride coating on degradation behavior of unidirectional Mg/PLA biodegradable composite for load-bearing bone implant application. / Ali W, Mehboob A, Han MG, Chang SH	Composites Part A-Applied Science and Manufacturing / 6.44	2019/09
2	Enhanced fully-biodegradable Mg/PLA composite rod: effect of surface modification of Mg-2Zn wire on the interfacial bonding.	Characterizations and interfacial reinforcement mechanisms of multicomponent biopolymer based scaffold. / Feng P, He JY, Peng SP, Gao CD, Zhao ZY, Xiong SX, Shuai CJ.	Materials Science & Engineering C-Materials for Biological Applications / 5.88	2019/07
3	Self-reinforced biodegradable Mg-2Zn alloy wires/Polylactic acid composite for orthopedic implants.	Proteins, peptides and peptidomimetics as active agents in implant surface functionalization. / Jurczak P, Witkowska J, Rodziewicz-Motowidlo S, Lach S.	Advances in Colloid and Interface Science / 9.92	2020/02
4	Self-reinforced biodegradable Mg-2Zn alloy wires/Polylactic acid composite for orthopedic implants.	Structure-property relationship of PLA-Opuntia Ficus Indica biocomposites. / Scaffaro R, Maio A, Gulino EF, Megna B.	Composites Part B-Engineering / 7.63	2019/06/15
5	Efficiently enhancing the photocatalytic activity of g-C3N4 by a simple advanced successive activation method.	Self-assembled g-C3N4 nanoarchitectures with boosted photocatalytic solar-to-hydrogen efficiency. /Jiang Y, Qu FQ, Tian L, Yang XF, Zou ZY, Lin ZX.	Applied Surface Science / 6.18	2019/05/07

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种高透光隔热型夹层玻璃用 EVA 中间膜及其制备方法	中国	/	/	/	南京金永发塑胶加工制品有限公司	熊政政, 斯华宁等
2	实用新型	EVA 膜的双工位收卷装置	中国	ZL201820345067.2	2018/10/12	7951641	南京金永发塑胶加工制品有限公司	斯华宁, 熊政政等
3	实用新型	一种用于 EVA 薄膜热收缩率检测的加热装置	中国	ZL201820345065.3	2018/10/12	7936252	南京金永发塑胶加工制品有限公司	史道浦, 斯华宁, 熊政政等
4	实用新型	夹层玻璃成型装置	中国	ZL201820345496.X	2018/11/20	8106021	南京金永发塑胶加工制品有限公司	汪勇, 熊政政等
5	实用新型	压花辊表面清洁装置	中国	ZL201820344836.7	2018/10/12	7936656	南京金永发塑胶加工制品有限公司	熊政政等
6	实用新型	自动裁切装置	中国	ZL201820344927.0	2018/10/12	7950427	南京金永发塑胶加工制品有限公司	熊政政, 汪勇等
7	实用新型	一种用于 EVA 膜的电熨装置	中国	ZL201820345026.3	2018/11/20	8109939	南京金永发塑胶加工制品有限公司	熊政政等

8	实用新型	EVA 膜与玻璃基体粘结强度的测量装置	中国	ZL201820345063.4	2019/03/22	8615499	南京金永发塑胶加工制品有限公司	史道浦, 熊政政等
9	发明	一种 g-C ₃ N ₄ /MF 复合结构荧光微球及其制备方法	中国	ZL201610963971.5	2018/11/27	3161982	南京工程学院	杭祖圣, 怀旭等
10	发明	一种基于碳量子点的真空可见光室温固化复合膜和制备方法	中国	/	/	/	南京工程学院	怀旭

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	高性能环氧树脂结构胶材料性能研究与应用		
完成人	孙德文, 张小冬, 李波, 尹浩, 贡照华, 亓帅, 候平平, 马英杰, 刘畅, 冉千平		
完成单位	江苏省建筑科学研究院有限公司、江苏苏博特新材料有限公司、中国铁路上海局集团有限公司南京桥工段		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
江苏省自然科学基金	高耐候利废型环氧砂浆抗冲磨材料的构筑及机理研究	BK20130097	2016年7月
江苏省自然科学基金	高性能环保型水性环氧水泥基材料的构筑与机理研究	BK20140110	2017年7月
江苏省科技支撑计划	高性能有机防护材料关键技术研究及其在海工混凝土防护中的应用	BE2014019	2017年7月
江苏省自然科学基金	仿生改性环氧湿基面界面粘附机理与性能调控研究	BK20170110	2020年7月
授权发明专利(项)	12	授权其他知识产权(项)	0
起止时间	起始: 2013年6月1日	完成: 2019年8月1日	

二、项目简介

(限1200字)

随着社会的发展,人民对轨道交通、高速公路、水利水电工程等基础建设要求越来越高,混凝土结构在建筑、交通、水利等工程中应用广泛,已成为构筑现代文明大厦的奠基石。由于设计理念、施工质量、混凝土材料本身微观多孔结构等因素,导致钢筋锈蚀、混凝土碳化、开裂等病害,从而影响混凝土建筑的安全性能。因此在混凝土建筑从初步建设到服役期间的多个阶段均需进行结构防护、加固或修补。无论是新建建筑,还是老旧建筑,均存在结构加固的需求。环氧树脂结构胶材料因其粘接强度高、耐蠕变能力强、本体力学性能优等特点,已经逐渐成为建筑预制构件拼装及老旧建筑物加固的重要材料。但环氧树脂材料本身存在质脆、韧性差、潮湿带水基面粘结力低、大规模施工适用期短等缺点,限制了这类材料的应用。本研究拟解决上述关键技术问题,提升环氧树脂结构胶综合性能,扩大其应用范围。

1、环氧树脂材料潮湿基面粘结性能提升研究

研究通过利用单分子盐酸多巴胺修饰坡缕石纳米粒子,进一步将其引入环氧树脂,使其与混凝土界面通过聚多巴胺的媒介作用形成稳定的化学键,进而提高了环氧树脂材料与混凝土潮湿界面的粘结强度。其改性后潮湿粘结强度提升了约 2.7 倍。通过红外谱图分析及 X 射线衍射分析,明晰了材料湿固化作用机理。最终解决了环氧树脂材料潮湿基面粘结力差的问题,材料潮湿带水基面最终粘结拉拔强度可达 4.5MPa 以上,实现仿生改性湿固化环氧树脂材料优异的潮湿基面粘结性能及良好施工适应性能。

2、有机硅原位接枝增韧改性环氧树脂性能研究

研究通过设计合成不同分子量氨基有机硅聚合物(APDMS),并将其引入环氧树脂体系中,通过实验表明,APDMS 分子量在 1000~2500 g/mol 区间内时对环氧树脂的增韧效果最佳。进一步通过有机硅小分子处理无机粉体,提升无机粉体与环氧树脂之间的亲和力。将两者同时用于环氧树脂结构胶体系增韧改性,两种改性技术的协同使用,可达到提升环氧结构胶材料变形能力的同时保持较高的压缩弹性模量,可实现其瞬时压缩弹性模量达 10000MPa 以上的同时断裂伸长率达到 2% 以上,解决了环氧结构胶材料高压压缩弹性模量与高变形量不能兼得的问题,提升了材料在高幅震动服役环境下耐疲劳及结构耐久性能。

3、位阻型低放热固化剂的合成及性能研究

通过苯酚、甲醛和胺合成一系列的位阻型固化剂,通过核磁共振、红外光谱以及黏度表征手段对产物进行了评价,明确固化剂与环氧树脂最佳配比。实验表明所有改性胺体系带水粘接强度均高于未改性胺体系,phenol-mMXDA 的水下剪切粘接强度最高。将 phenol-mMXDA 用于环氧树脂结构胶体系,放热曲线表明位阻型固化剂的引入可有效延长材料适用期。进一步将该体系用于环氧树脂结构胶,发现其可延长材料适用期的同时保证了早期强度及最终力学性能,解决了传统环氧树脂结构胶高温环境下大规模施工时适用期不足的问题。

本研究相关技术开发的环氧树脂结构胶系列产品在包括南京长江第五大桥、郑州四环线、珠海洪鹤大桥、五峰山长江大桥、连徐铁路等国家重点工程中得到应用,综合应用效果得到业主及施工单位等多方的好评与认可,为工程节约了施工工期,产生了良好的社会和经济效益,截止 2020 年 8 月份,已形成产值约 3800 万元,产生利税约 750 万元。

三、主要科技创新

混凝土结构广泛应用于建筑、交通、水利等工程，已成为构筑现代文明大厦的奠基石。但是，由于设计理念、施工质量、混凝土材料本身多孔结构等因素，导致钢筋锈蚀、混凝土碳化、腐蚀、开裂等严重病害，为保证建筑结构的安全及正常使用，保证构筑物的服役寿命，在服役的一定阶段须进行修补、加固处理。环氧树脂结构胶材料以其强度高、界面粘接性强、耐化学品性佳等特点而成为广受欢迎的混凝土结构加固材料。但在环氧树脂结构胶材料工程应用过程中往往因特殊的施工环境、服役环境，使得材料存在一些性能不足。如处于潮湿或者带水基面等特殊服役环境下的混凝土结构，如港口码头、桥梁墩柱、潮湿的地下建筑等，工作环境恶劣，长期受到水介质的侵蚀和其他外来因素的破坏，其对环氧树脂结构胶材料潮湿基面粘结性能要求更高；对处于长期处于高幅震动环境下的建筑物结构加固，环氧树脂结构胶材料需要具备较高的强度及模量的同时需具备更好的抗变形、耐疲劳性能；此外，在工程施工中，常常由于夏季高温，导致材料操作时间短，存在来不及施工或施工质量差（可粘接时间短）的问题，需要材料具备更长的可操作时间以保证施工质量。

1、仿生基团改性环氧树脂提升材料潮湿基面固化性能

本研究首先通过一系列化学反应成功将稳定的仿生改性官能团引入环氧基团结构中，但在实际的制备过程中存在仿生基团易氧化，合成复杂、纯化困难以及产量较低等各种问题，因此，改用普通环氧树脂 A 组分结合改性胺固化剂 B 组分形成湿固化环氧体系，并利用单分子盐酸多巴胺在碱性环境下通过氧化自聚合的作用形成聚多巴胺并附着于坡缕石纳米粒子的表面，形成较强的共价交联和非共价交联结构，另外附着于坡缕石表面的聚多巴胺自身含有的高活性羟基可使其成为二次反应平台继续与环氧树脂、固化剂及混凝土界面发生迈克尔加成反应或席夫碱反应。从而使得环氧树脂与混凝土界面通过聚多巴胺的媒介作用形成稳定的化学键，进而提高了环氧树脂材料与混凝土潮湿界面的粘结强度。进一步制备了聚多巴胺功能化的坡缕石纳米粒子（Pal-PDA，图 1），实验过程操作简单，产量较高。通过红外光谱测试和热稳定性测试进一步表明坡缕石纳米粒子的表面已经成功被聚多巴胺所包裹，负载量约为 20%。

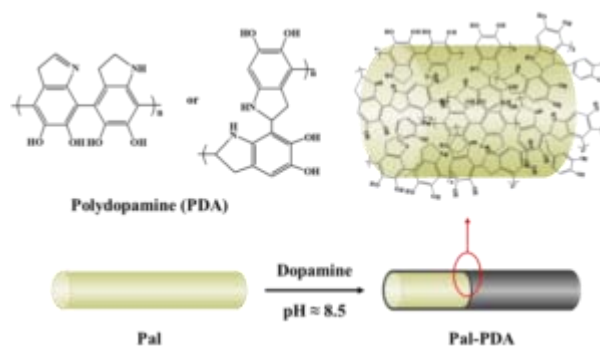


图 1 聚多巴胺功能化坡缕石纳米粒子（Pal-PDA）的示意图

实验采用普通环氧树脂 A 组分结合改性胺固化剂 B 组分形成湿固化环氧基体材料，进一步通过将不同质量分数的 Pal-PDA 掺加到湿固化环氧树脂体系并涂覆于潮湿混凝土试块表面进行粘结性能测试可以发现，随着 Pal-PDA 纳米粒子含量的增加，材料的的粘结强度也在逐渐增加，当 Pal-PDA 的质量分数达到 10%时，其粘结强度较纯湿固化环氧树脂提升了约 2.7 倍。通过对混凝土、Pal-PDA 以及混凝土与湿固化环氧树脂界面的红外谱图分析及 X 射线衍射分析进一步说明潮湿混凝土界面与 PDA-Pal 以共价或非共价的方式形成了稳定的化合物，而非简单的物理性结合，明晰了材料湿固化作用机理。

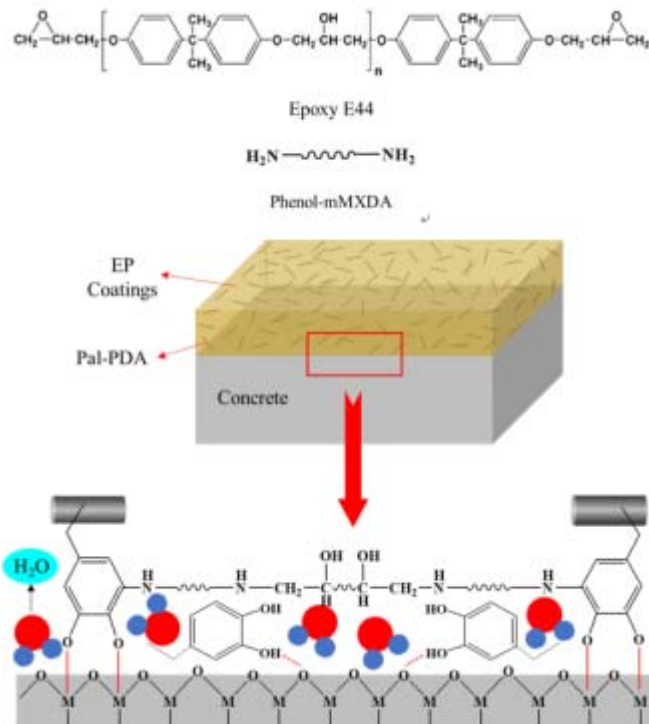


图 2 添加 Pal-PDA 的湿固化环氧树脂材料与潮湿混凝土基面的粘结作用机理图

进一步通过对固化体系浸润性及电通量的对比测试可以发现，通过对固化体系的化学改性可以实现树脂体系与混凝土的亲合力大于其与水的亲合力，使得材料能够有效浸润、成膜平整均一。而良好的渗透性能够有效提高其在潮湿基面及饱水基面的粘接性能，提升对基材的封闭与锚固效果。在潮湿基面和饱水基面上，该仿生改性湿固化环氧树脂材料具有优异的封闭性能和良好的施工适应性能，解决环氧树脂材料在潮湿基面粘结力不足的问题。

2、有机硅聚合物及有机硅化学修饰无机粉体增韧改性环氧树脂

关于解决环氧树脂材料脆性偏高，韧性不足的问题，本研究首先设计合成了 1106, 1987, 2690, 4313 g/mol 不同分子量氨基有机硅低聚物（图 3），再分别用于环氧树脂增韧改性研究，实验表明分子量过高容易在体系中形成严重相分离而导致材料性能下降（图 4），分子量在 1000~2500 g/mol

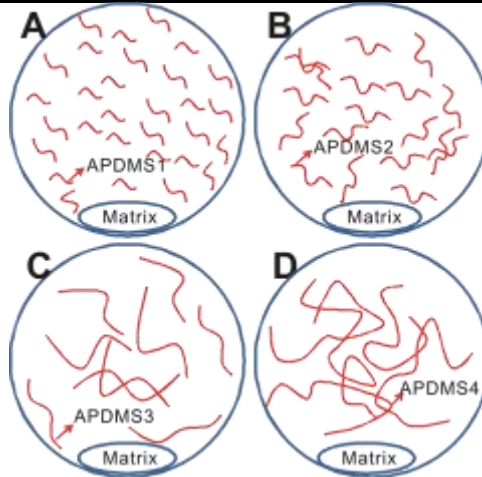


图 4 APDMS 分子在环氧树脂基体中分布示意图

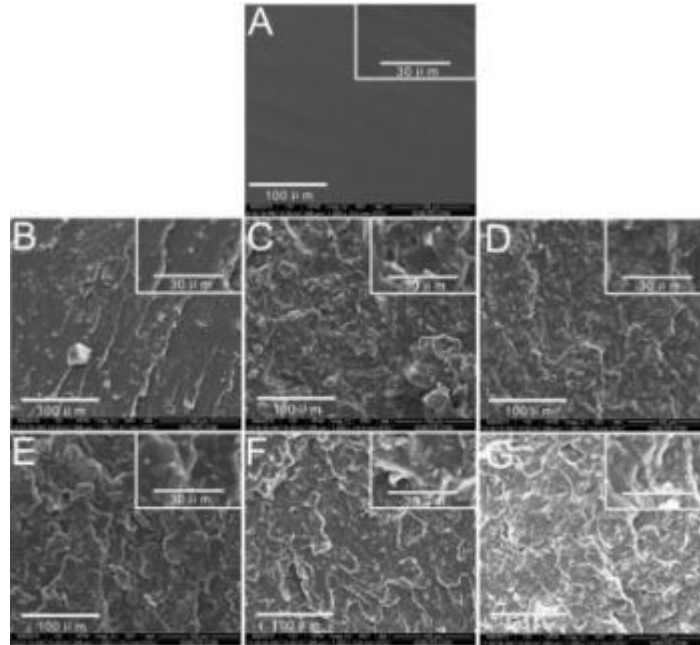


图 5 有机硅表面化学写实石英粉增韧改性环氧树脂冲击断面扫描电镜照片
(A: 无石英粉; B: 30wt% 石英粉; C: 50wt% 石英粉; D: 80% 石英粉; E: 30%KH550 表面修饰石英粉; F: 50%KH550 表面修饰石英粉; G: 80%KH550 表面修饰石英粉;)

3、位阻型低放热固化剂的应用

此外，为解决环氧树脂结构胶材料大规模应用时可操作时间偏短的问题，本研究通过曼尼希反应利用苯酚（苯酚、邻甲酚和壬基酚）、甲醛（ CH_2O ）和胺（DETA、MXDA 和 D230）合成一系列不同结构的位阻型固化剂。并通过核磁共振氢谱、红外光谱以及黏度表征手段对该系列位阻型固化剂自身的性能进行了评价。试验结果表明改性胺固化剂已经成功合成且测试出了该系列改性胺固化剂的粘度及含水量，通过计算甘露醇胺对 DGEBA 的固化要求量，确定了固化剂的最佳用量。另外对于在空气中粘合的基材，未改性胺固化的环氧树脂与改性胺固化的环氧树脂的粘接

强度未表现出显著性差异，表明改性胺对干基面的粘结强度未起到明显改善。而对于水下黏附，所有改性胺体系粘接强度均高于未改性胺体系，表明改性可以提高环氧树脂的水下粘接性能。当基材置于水下，环氧结构胶的施胶和固化也在水下进行，几乎所有改性胺固化胶粘剂的粘附性都比在空气中获得的低，而改性 DETA 和 D230 的粘附力降低幅度大于改性 MXDA。另外通过对比也可以发现在带水环境条件下，phenol-mMXDA 的剪切粘结强度最高，因此优选水下粘结较高的固化体系进一步进行树脂固化放热性能评价。

进一步将位阻型固化剂 phenol-mMXDA 用于环氧树脂结构胶体系，考察不同 phenol-mMXDA 用量时树脂体系放热效应，放热曲线表明随着位阻型 phenol-mMXDA 用量的增加，体系放热峰逐渐降低，放热曲线逐渐趋向平缓，且达到放热峰值温度所需时间逐渐延长（图 6），表明位阻型固化剂的引入可有效延长环氧树脂材料适用期，增加材料可施工时间。进一步将该固化体系结合填料助剂等制备环氧树脂结构胶，发现其早期强度虽然存在一定程度降低，但仍然可达到 FIP 要求的 12h 与 24h 早期压缩强度值，且最终强度并无显著下降，因此表明位阻型低放热固化剂的应用可延长环氧树脂结构胶适用期的同时保证了材料的早期强度及最终综合力学性能。

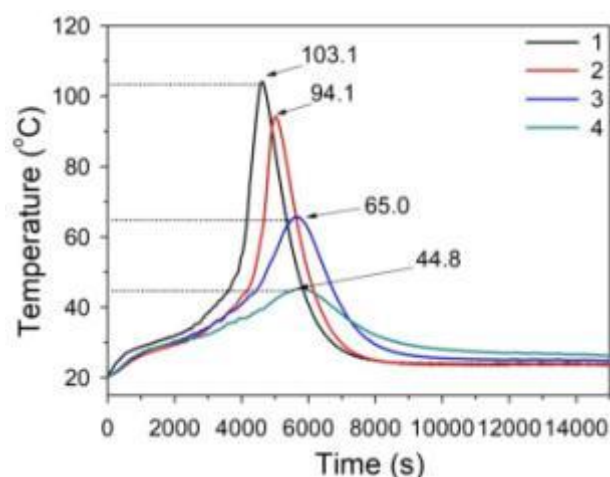


图 6 不同配方环氧树脂放热曲线

最终将潮湿基面固化技术、有机硅增韧改性技术、位阻型低放热固化技术协同制备环氧树脂结构胶系列产品，考察了其各项综合性能指标，在其各项指标均满足 FIP 标准及国内各固化重点工程中设计指标要求的同时，实现潮湿基面粘结强度达到 3MPa 以上，在瞬时压缩弹性模量达到 10000MPa 以上的同时，断裂伸长率达到 2% 以上，另外在夏季 40℃ 高温环境下使用时，可操作时间达到 30min，可粘结时间达到 70min，可保证施工时足够的可施工时间。因此本研究制备的环氧树脂结构胶解决了工程潮湿基面施工粘结力差、夏季高温施工可操作时间不足及高模量和高变形不能兼得的问题，使得环氧树脂结构胶具有更高的施工环境适应性的同时，保证并提升了工程质量。本研究相关技术开发的环氧树脂结构胶系列产品在包括南京长江第五大桥、郑州四环线、珠

海洪鹤大桥、五峰山长江大桥、连徐铁路等国家重点工程中得到应用，综合应用效果得到业主及施工单位等多方的好评与认可，为工程节约了施工工期，产生了良好的社会和经济效益，形成产值约3800万元。

四、第三方评价

2019年9月，江苏省硅酸盐学会召开了由江苏省建筑科学研究院和江苏苏博特新材料股份有限公司完成的“高性能环氧树脂结构胶材料性能研究与应用”成果鉴定会。与会专家审阅了相关材料，听取了项目汇报，经质询和讨论，形成如下鉴定意见：

一、提供的资料齐全，符合鉴定要求。

二、项目关键技术和主要创新点如下：

1.潮湿带水基面高粘结技术：环氧树脂结构胶材料采用仿生基团接枝改性环氧树脂技术，并通过多巴胺修饰坡缕石纳米粒子，用于环氧树脂基体改性，解决环氧产品潮湿带水基面环境固化不足粘结力差的问题，实现潮湿带水混凝土基面拉拔粘结强度达到 4.5MPa 以上，且为混凝土破坏，使得环氧树脂结构胶材料在潮湿带水环境可施工同时并保证工程质量。

2.高效增韧技术：环氧树脂结构胶材料通过有机硅原位接枝增韧改性环氧树脂技术，实现环氧树脂结构胶材料具备高模量、高韧性的同时具备较高的断裂延伸率，解决高填料体系下环氧材料断裂伸长率不足的问题，瞬时压缩弹性模量 $>10000\text{MPa}$ 的同时断裂伸长率达到 2% 以上，使得环氧树脂结构胶兼具高模量和高延伸率，实现模量与变形的协调统一，提升材料耐疲劳及结构耐久性能。

3.夏季高温长适用期技术：环氧树脂结构胶材料通过酚、醛、胺以特殊比例，合成得到位阻型低放热固化剂，并将其用于环氧树脂基团改性，降低材料反应放热，实现环氧树脂结构胶材料在夏季高温条件下保持 $\geq 30\text{min}$ 超长可操作时间及 $\geq 70\text{min}$ 可粘接时间同时保证材料 24h 早期强度，解决传统酚醛胺固化剂固化速度快，易爆聚，可操作时间短的技术难题。

三、项目已获授权发明专利 12 件，编制标准 2 项，发表论文 36 篇，其中 SCI 收录 4 篇，EI 收录 1 篇。成果应用于南京长江第五大桥、郑州四环线、南昌洪都大道快速化改造、珠海洪鹤大桥、五峰山长江大桥、郑许铁路、连徐铁路等一系列国家重点工程，取得了显著的经济和社会效益。

研究成果整体达到国际先进水平，其中环氧树脂潮湿带水基面高粘结技术达国际领先水平。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

将潮湿基面固化技术、有机硅增韧改性技术、位阻型低放热固化技术协同应用，制备环氧树脂结构胶系列产品，考察了其各项综合性能指标，在其各项指标均满足FIP标准及国内各重点工程中设计指标要求的同时，实现潮湿基面粘结强度达到4.5MPa以上，在瞬时压缩弹性模量达到10000MPa以上的同时，断裂伸长率达到2%以上，另外在夏季40℃高温环境下使用时，可操作时间达到30min，可粘结时间达到70min，可保证施工时足够的可施工时间。因此本研究制备的环氧树脂结构胶解决了工程潮湿基面施工粘结力差、夏季高温施工可操作时间不足及高模量和高变形不能兼得的问题，使得环氧树脂结构胶具有更高的施工环境适应性的同时，保证并提升了工程质量。

本研究开发的环氧树脂结构胶系列产品在包括南京长江第五大桥（2018~2020）、郑州四环线（2019~2020）、珠海洪鹤大桥（2018~2020）、五峰山长江大桥（2019~2020）、连徐铁路（2019）、南昌洪都大道快速化改造（2018~2019）、郑许铁路（2018~2020）、宁波舟山港大桥（2019~2020）、杭绍台高速公路（2019~2020）等国家重点工程中得到应用，产品综合应用效果得到业主及施工单位等多方的好评与认可，为工程节约了施工工期，产生了良好的社会可经济效益，形成产值约3800万元，形成利税约750万。

2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	800万	200万	/	/
2019	1500万	250万	/	/
2020	1500万	300万	/	/
累 计	3800万	750万	/	/
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>新增利润和新增税收根据生产企业财务报表及财务核算，成本利润分析报告。从 2018 年至今，环氧树脂结构胶系列产品生产并销售了 1500 余吨，环氧砂浆、环氧胶泥、环氧灌浆料等产品 1000 余吨，共计新增利润 750 万，取得了良好的技术经济效益。</p> <p>根据环氧树脂结构胶系列产品于 2018 年，2019 年及 2020 年相关销售额计算得到。</p>				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>相关技术及产品为国家重点工程提供有力的产品保障与技术支持，潮湿基面高粘结技术及高温长适用期技术赋予环氧树脂结构胶产品具有优异的施工环境适应性，使得工程工期大大节约，改善了露天工程“看天”施工现状，同时保证了施工质量，提升工程品质，为工程建设及工期维护节约大量人力物力，产生了良好的社会效益。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>环氧树脂结构胶产品为无毒环保产品，不挥发物含量达到 99.9%，固化物对环境 0 污染，材料施工过程中无有毒有害物质挥发，保护了施工工人的身心健康；此外高温环境下施工时，材料的长适用期特性避免材料因放热爆聚导致的失效，减少了材料的浪费，减轻环境负担，产生了良好的环境效益。</p>				

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	Self-synthesized epoxy terminated polydimethylsiloxane with various molecular weights toughening epoxy resin. (Journal of Vinyl & Additive Technology)	2018, 10	Bo Li, Qianping Ran, Dewen Sun, Hao Yin, Yun Wan, Yuting Liu, Yongling Mao, Jiaping Liu	SCI
2	Using self-synthesized aminopropyl-terminated polydimethylsiloxane to toughen epoxy resin: The role of molecular weight of polydimethylsiloxane (Journal of Vinyl & Additive Technology)	2017, 11	Qianping Ran, Bo Li, Dewen Sun, Hao Yin, Yun Wan, Chong Yang, Yuting Liu, Yongling Mao	SCI
3	Self-emulsified waterborne epoxy hardener without acid neutralizers and its emulsifying and curing properties (Pigment & Resin Technology)	2019,3	Hao Yin, Yun Wan, Jinjun Zhou, Dewen Sun, Bo Li, Qianping Ran	SCI
4	Epoxy adhesive with high underwater adhesion and stability based on low viscosity modified Mannich bases (Journal of Applied Polymer Science)	2018, 1	Jinjun Zhou, Yun Wan, Na Liu, Hao Yin, Bo Li, Dewen Sun, Qianping Ran	SCI
5	DSC and curing kinetics study of epoxy grouting diluted with furfural -acetone slurry; Materials Science and Engineering (Global Conference on Polymer and Composite Materials)	2016,7	Hao Yin, Dewen Sun, Bo Li, Qianping Ran, Jiaping Liu	EI

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	Epoxy adhesive with high underwater adhesion and stability based on low viscosity modified Mannich bases (Journal of Applied Polymer Science)	VATA: A Poly(vinyl alcohol)- and Tannic Acid-Based Nontoxic Underwater Adhesive (Lee, Daiheon; Hwang, Honggu; Kim, Jun-Sung;)	ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES (IF:7.5)	2020,6
2	Epoxy adhesive with high underwater adhesion and stability based on low viscosity modified Mannich bases (Journal of Applied Polymer Science)	Water-Triggered Hyperbranched Polymer Universal Adhesives: From Strong Underwater Adhesion to Rapid Sealing Hemostasis (Cui, Chunyan; Fan, Chuanchuan; Wu, Yuanhao;)	ADVANCED MATERIALS (IF:27.4)	2019,12
3	Self-synthesized epoxy terminated polydimethylsiloxane with various molecular weights toughening epoxy resin.	Effect of tertiary polysiloxane on the phase separation and properties of epoxy/PEIblend (Zhen, Xueqian; Li, Weizhen; Wu, Jiaming)	JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE (IF:2.5)	2020(on line)
4	Self-synthesized epoxy terminated polydimethylsiloxane with various molecular weights toughening epoxy resin.	Epoxy terminated polysiloxane blended with diglycidyl ether of bisphenol-A. 1: Curing behavior and compatibility (Yang, Yang; Li, Weizhen; Chen, Kaimin;)	JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE (IF:2.5)	2018 , 12
5	Using self-synthesized aminopropyl-terminated polydimethylsiloxane to toughen epoxy resin: The role of molecular weight of polydimethylsiloxane	Synthesis of new functional hexamethyltrisiloxanes and telechelic polydimethylsiloxanes based on them (Drozdov, F. V.; Cherkaev, G. V.; Demchenko, N. V.)	JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE (IF:2.5)	2018, 12, 15

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	专利	一种含氟有机硅聚合物改性糠醛丙酮环氧灌浆材料及其制备方法	中国	ZL201410853110.2	2017.07.25	2564224	江苏苏博特新材料股份有限公司	冉千平;李波;孙德文;万赞;尹浩;刘玉亭;杨冲
2	专利	一种环氧灌注结构胶的制备方法	中国	ZL201510963920.8	2018.02.23	2827171	江苏苏博特新材料股份有限公司	李波;冉千平;孙德文;刘玉亭;尹浩;万赞;
3	专利	一种抗冲磨环氧树脂砂浆及其制备方法	中国	ZL201510744425.8	2018.10.09	CN201510744425.8	江苏苏博特新材料股份有限公司	尹浩;孙德文;冉千平;李波;李玉亭;万赞
4	专利	一种适用于潮湿及水下环境的环氧树脂胶粘剂	中国	201611262931.4	2020.06.26	CN201611262931.4	江苏苏博特新材料股份有限公司	周进俊;冉千平;孙德文;韩旭;尹浩;李波;刘玉亭;万赞;刘娜

5	专利	水性固化剂、水性环氧树脂组合物及其在高渗透防水补强涂料中的应用	中国	201710019947.0	2020.03.27	CN201710019947.0	江苏苏博特新材料股份有限公司	冉千平;周进俊;尹浩;孙德文;李波;万赞;刘玉亭;刘娜
6	专利	一种环氧树脂固化剂及其制备方法与应用	中国	201310328731.4	2016.05.11	CN201310328731.4	江苏苏博特新材料股份有限公司	冉千平;乔敏;俞寅辉;高南箫;尹浩;刘加平
7	专利	一种增韧型环氧树脂固化剂及其制备方法与应用	中国	201310328483.3	2015.12.23	CN201310328483.3	江苏苏博特新材料股份有限公司	乔敏;俞寅辉;高南箫;尹浩;冉千平;刘加平
8	专利	一种表面改性纤维增韧的环氧砂浆	中国	201611031815.1	2019.03.08	CN201611031815.1	江苏苏博特新材料股份有限公司	周进俊;冉千平;孙德文;尹浩;李波;刘玉亭;万赞;刘娜
9	专利	一种多氨基有机硅固化剂的制备方法、使用该固化剂的环氧防腐防护漆及其制备方法	中国	201310418041.8	2015.12.02	CN201310418041.8	江苏苏博特新材料股份有限公司	俞寅辉;乔敏;高南箫;尹浩;冉千平;刘加平

10	专利	一种低温固化型脂肪族酰胺多胺环氧树脂固化剂及其制备方法	中国	201310731613.8	2016.06.01	CN201310731613.8	江苏苏博特新材料股份有限公司	尹浩;冉千平;乔敏;高南箫;俞寅辉;刘加平;
11	专利	一种酰胺型自乳化水性环氧树脂固化剂的制备方法	中国	201410828589.4	2017.10.10	CN201410828589.4	江苏苏博特新材料股份有限公司	尹浩;孙德文;杨冲;李波;刘玉亭;万赞;冉千平;刘加平
12	专利	一种用于混凝土基层表面的防护与修复体系的制备方法	中国	201810115364.2	2020.01.17	CN201810115364.2	江苏苏博特新材料股份有限公司	冉千平;刘玉亭;孙德文;刘娜;李波;万赞;尹浩

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

专业：土木工程（示范项目）

编号：

项目名称	工业化被动式超低能耗绿色建筑创新技术集成示范工程			
完成人	黄裕辉、周炳高、施晖、张福斌、沈宏生、郭瑞东、顾洪才、沈士锋、 顾鹏军、陈林波、李永新、黄端、黄光华、吕金健			
完成单位	江苏南通三建集团股份有限公司			
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）				
学科分类名称	1	土木建筑工程	代码	
	2		代码	
	3		代码	
任务来源				
<p>具体计划名称和编号（验收、评估、结题时间）： 工业化被动式超低能耗绿色建筑创新技术集成示范工程，于2018年11月28日通过江苏省省级节能减排建筑综合专家组验收。详见验收评估报告。</p>				
授权发明专利（项）	4		授权的其他知识产权（项）	11
起止时间	起始：2016年10月1日		完成：2019年06月30日	

二、项目简介

项目名称：工业化被动式超低能耗绿色建筑示范工程 项目地点：江苏省海门市悦来镇新城西路69号 建设单位：江苏南通三建集团股份有限公司 设计单位：南京长江都市建筑设计股份有限公司 施工单位：浩嘉恒业建设发展有限公司 部品部件生产单位：康博达节能科技有限公司

南通三建装配式被动式超低能耗绿色建筑产业园位于江苏省海门市悦来镇新城西路69号，东至包临公路，南至规划喜悦路，北至新城西路。产业园规划用地面积为27277m²，项目总建筑面积为45333m²。

工业化被动式超低能耗绿色建筑示范工程占地面积为545.98m²，建筑面积为2311.94m²，地上4层，建筑层高为3.0m，建筑高度为14.046m，建筑用途为住宅楼，项目于2017年1月开工，2018年5月竣工，系住建部装配式超低能耗绿色建筑示范项目。

本示范工程是夏热冬冷地区首栋将装配式建筑技术与被动式建筑技术高度集成的绿色建筑。项目完整应用了装配式与被动式建筑技术集成体系，采用叠合板、楼梯、夹心保温外墙板、内剪力墙、阳台板、设备平台等多类型混凝土预制构件和高性能围护结构系统、热交换新风系统、可再生能源利用系统、智能家居系统等新技术。使建筑建造缩短工期、节约资源、绿色环保，建筑使用降低建筑能耗、改善室内环境、提高舒适度。通过本示范项目的研发、设计、生产、施工、运营的经验积累，使之成为可复制、可推广，应用至高层住宅建筑。为国家现代建筑产业化发展提供示范引领。

能耗指标：夏热冬冷地区年供暖需求 4.8kWh/m².a；年供冷需求13.4kWh/m².a；年照明一次能源消耗量 4.57kWh/m².a；年供暖、供冷和照明一次耗能源量 22.77kWh/m².a。综合节能率85%。

气密性指标：换气次数 $N_{50} \leq 0.6$ 。室内环境控制指标：冬季室内温度 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\geq 30\%$ ；夏季室内温度 $\leq 26^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\leq 60\%$ ；室内CO₂浓度 $\leq 1000\text{ppm}$ ；新风量 $\geq 30\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ ；噪声：昼间 $\leq 40\text{dB}$ ，夜间 $\leq 30\text{dB}$ ；室内温度不保证率 $\leq 10\%$ 。

主要技术经济指标： 1) 保温隔热性能更高的非透明围护结构, 外墙传热系数为: $0.29\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$;

屋面为 $0.19\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$, 底板 $0.31\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$; 2) 保温隔热性能和气密性能更高的外窗, 传热系数为: $1.0\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$;

3) 无热桥的设计与施工, 连续不间断的外保温;

4) 加强气密性措施;

5) 高效新风热回收系统, 显热回收效率大于75%, 全热回收效率大于70%;

6) 充分利用可再生能源, 太阳能、空气能等再生能源的利用;

7) 满足《江苏省绿色建筑设计标准》DGJ32J 173-2014二星级要求;

8) 建筑工业化示范; 装配率83.53%, 预制率53.3%。

三、主要科技创新

工业化被动式超低能耗绿色建筑示范工程的建设过程，紧紧围绕绿色建造、节能建筑、人工智能、超低能耗、工业化、建筑产业现代化等开展设计、生产、施工、运营。在技术创新上有重大突破，建立了工业化被动式超低能耗绿色建筑设计、生产、施工的技术体系，通过研发与实践解决了超低能耗建筑行业发展中的关键问题，科技成果经过权威机构鉴定达到国内领先水平。依托创新技术完成的示范工程及超低能耗绿色建筑新建工程，产生了显著的经济效益和社会效益。尤其在提升建筑品质、改善人居环境，增强人民群众的安全感和幸福感做出了努力。工业化被动式超低能耗绿色建筑具有较强的示范引领和辐射带动作用，可促进传统建筑产业的转型升级。

同时，以本示范工程为载体，参编了国家标准《**近零能耗建筑技术标准**》GB/T51350-2019；行业标准《**聚苯模块保温墙体应用技术规程**》JGJ/T420-2017、《**夏日冬冷地区低能耗居住建筑技术规程**》；地方标准《**江苏省超低能耗居住建筑技术导则**》和主编了企业标准《**南通三建超低能耗绿色建筑技术规程**》、《**EPS模块外墙保温系统应用技术规程**》等。为国家、行业工业化被动式超低能耗绿色建筑的发展作出了重要贡献。

1、建筑设计 本项目是夏热冬冷地区装配式技术与被动式低能耗技术相结合建造的示范工程，对促进建筑行业转型和节能减排具有较高的示范意义。

示范工程户型平面设计采用模数化、模块化拼装，实现了构件“少规格多组合”，降低了建造成本。工程地上层数为4层，层高为3.0m，采用左右对称的两单元设计，一梯两户住宅式宿舍，每单元设置1部电梯和1跑疏散楼梯。建筑平面采用两种标准化设计的基本户型，A1户型和A2户型。

所采用的装配式构件主要包括预制混凝土剪力墙外墙板（外页板+保温层+内页板）、预制混凝土剪力墙内墙板、混凝土叠合梁、混凝土叠合板、预制混凝土楼梯、预制混凝土阳台与隔板、外墙挂板；装配构件包括：厨卫隔墙及分户墙采用钢筋陶粒混凝土轻质板材、户内分隔墙采用轻质加气混凝土板材（ALC板）、

屋面采用四坡轻钢结构装配式瓦屋面，预制构件工厂预制，现场安装。 **2、高**

效节能门窗

节能门窗是南通三建自主研发生产的铝合金门窗，型材为75系列聚氨酯隔热铝合金，玻璃规格为5mm白钢化16A（暖边）

+5mmLow-E半钢化+0.15mm+5白钢化。填充物导热系数 0.382W/m.K。门窗上中下三遍采用三道密封，使整门窗的传热系数为1.0W/m².K。外门窗气密性登记8级、水密性5级、抗风压性能8级。整窗传热系数满足《被动式超低能耗绿色建筑技术导则(试行)(居住建筑)》、《江苏省居住建筑热环境和节能设计标准》

及《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》的要求。 **3、高性能围护结构** 本项目在“预制混凝土复合保温外墙板的制作及安装如何确保质量提高气密性上做了研究与实践，在外门窗安装窗框与窗洞间如何确保

质量，提高气密性等方面进行了研究与实践，在屋面保温、外墙洞口等如何确保气密性，防止出现冷热桥等方面做了研究及实践。预制混凝土剪力墙夹心保温外墙板，按照被动式超低能耗建筑技术进行设计，其外墙保温采用厚度为120mm的EPS石墨聚苯板，预制混凝土剪力墙采用夹心保温构造，由于夹心保温层厚度是普通预制混凝土墙板夹心保温厚度的2-3倍，因此连接外页板和内页板的拉结件也不同于普通的夹心保温预制墙板拉结件，既要满足装配式内外页板的刚度、强度、抗剪、抗震，还要满足被动式减少冷热桥，基于该项目的特征，我公司联合清华大学土木工程系开展了《应用于预制混凝土夹心保温墙体的非传热超长受力拉结件的研发》的相关研究。

4、外窗外挂法施工 外窗采用外挂法施工，整窗悬挂在结构内页板外侧，保温层中间，通过高性能的外窗和内外页板中间保温使外围护结构的保温有效的连接不断开，外框和结构的连接采用防腐木块进行处理，满足外窗安装的强度和保温性能的连续性。窗户外窗窗台板采用整体预制的方法配合铝塑窗台板，使雨水有组织的进行流淌。内侧采用真空绝热板和防水透气膜，解决窗户外框和结构解决冷热桥和气密性问题。

5、高效热回收新风系统

1) 新风量设计标准按每小时>30m³计算，单户按最大300m³/h新风量计算，考虑家里新风需求突然增大。

2) 所有户型均采用全热回收除霾抗菌新风空调一体机。带有新风、制冷、制热、除湿等功能。新风机组机芯膜采用高分子石墨烯纳米亲水膜, 透水不透气, 高效回收显热, 正常工况下, 全热交换率达到80%以上。

风机采用 EC无极调速电机, 可根据系统实际需求风量大小来调节转速, 降低风机转速, 减少用电量。采用无极调速电机其用电量比普通定频风机用量可节省30%以上。

不同房间的温度调节通过调节电机送风阀来实现, 各个风区内由四合一传感器检测该区域温度值, 当检测值和温度设定值(可在四合一上设定)不一样时, 机组会给信号风阀, 然后风阀根据信号开启, 直到该分区满足使用的要求。

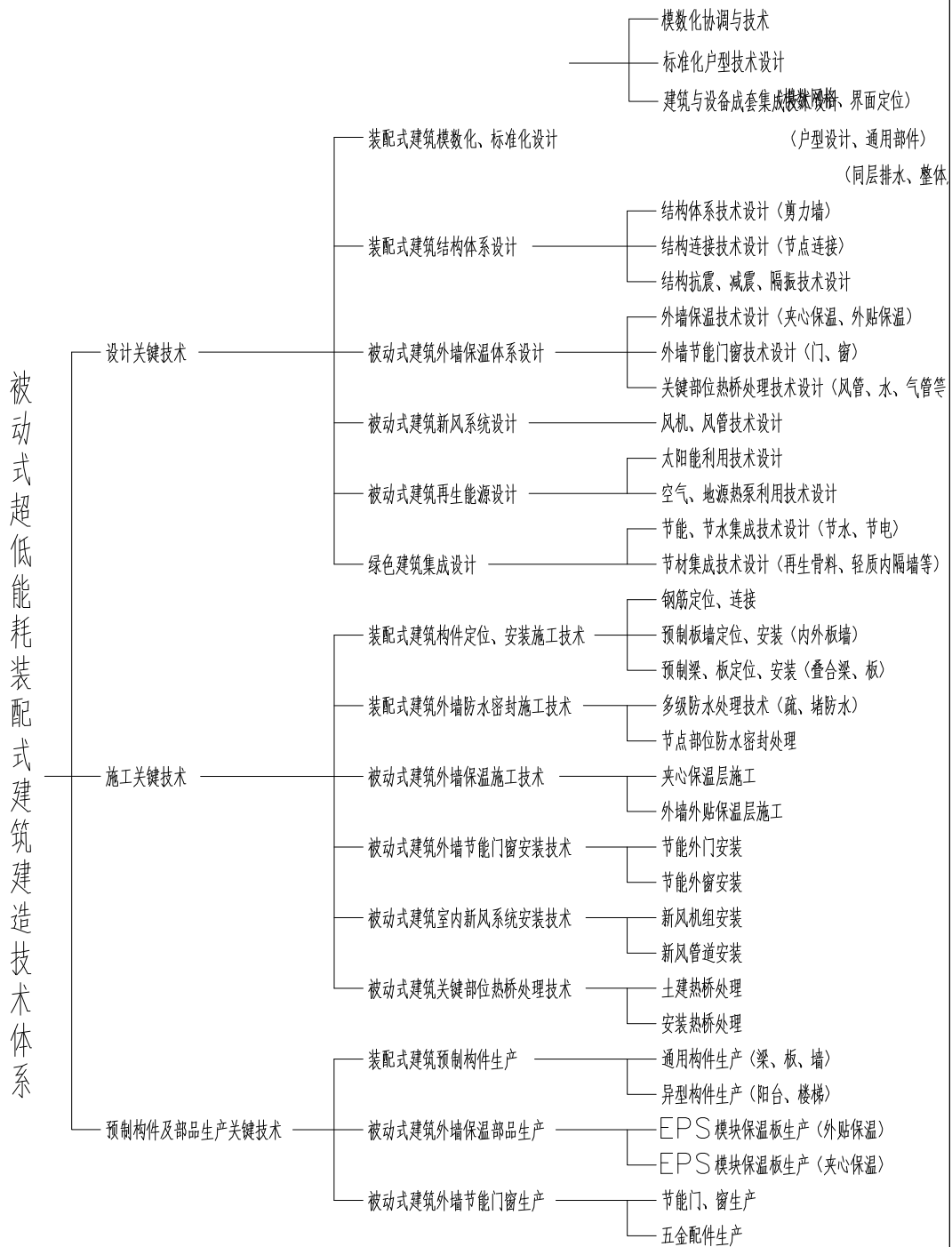
6、厨房和卫生间通风措施 厨房设置电动补风口进行补风, 补风口和排油烟机进行联动控制, 达到节能设计要求。卫生间冷暖季采用机械排风, 排风量 300~400m³/h, 排风热交换新风机组排出室外, 新风换气机采用转轮换热装置, 卫生间进门处装有红外线传感器, 传感器与排气扇联动, 当有人进入卫生间, 传感器感应到有人进入, 给排气扇发出信号, 排气扇自动开启, 无需手动开启。

7、太阳能热水系统 太阳能热水系统是目前最为经济合理的可再生能源利用方式, 具有较高的投资效益比, 可大大降低建筑运行费用。本建筑共 4 层, 每户设置壁挂式太阳能热水系统, 太阳能采用电辅助加热, 厨房内不设燃气热水器, 热水用水量 40L/人.天, 其中 A2 户型阳台壁挂式太阳能板集热面积合计 3.50 m², 热水罐容量为 200L, A1 户型阳台壁挂式太阳能板集热面积合计为 2.10 m², 热水罐容量为 120L。太阳能保证率为 40%, 集热效率 50%, 壁挂式太阳能热水器出水作为户内水。

8、BIM 建筑信息模型技术应用 本项目各专业采用传统设计软件进行本专业的施工图设计, 在深化设计阶段, 全面引入 BIM 建筑信息模型技术, 利用 BIM 建模软件建立各专业的三维数据模型并进行模拟拼装, 及时发现了各专业之间所隐藏的碰撞、疏漏及错误, 通过方案优化, 形成构件深化图。采用 BIM 技术, 避免了因设计失误生产计施工带来的风险, 使预制构件与现浇结构之间的机电管线实现了完美对接, 保证了工程的施工质量。

9、智慧家居系统 本项目智慧家居技术系统是一个综合性的系统，覆盖照明、遮阳、供暖与空气源热泵、影音娱乐、安防系统等各种日常生活功能需求，可以让用户通过多种方式控制和管理到系统的设备，也可以在传感器和逻辑模块的作用下，自动执行各种任务给用户带来全方位的智能生活体验。智能家居设计方案涵盖了智能语音控制系统、智能照明系统、电动窗帘系统、背景音乐系统、暖通控制系统、智能家电控制系统、安防报警系统、智能门锁系统、视频监控系统、环境感知系统等，并最终利用先进的计算机技术、网络通讯及现代控制技术作为核心，把建筑内的所有系统和设备有机的整合为一体，进行远程控制或定时控制和管理，从而创造出舒适、便捷、安全、节能的居住环境。

10、关键技术体系



被动式超低能耗装配式建筑建造技术体系示意图

四、第三方评价

1、提交的验收资料齐全，满足项目验收的要求。

2、项目示范面积 2312 平方米，结合夏热冬冷地区气候特点，因地制宜采用保温隔热、自然通风、自然采光等被动式技术，外墙传热系数 $0.31\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{k}$ ；外窗传热系数 $1.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{k}$ ，气密性达到 8 级，建筑整体气密性 $N50\leq 0.35$ ；地面传热系数 $0.29\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{k}$ 。充分发挥了围护结构的节能潜力，满足超低能耗被动房的要求。

3、项目在江苏省首次将被动式超低能耗建筑技术成功地应用在预制混凝土装配式建筑中。对被动式超低能耗建筑技术与预制混凝土装配式建筑集成进行了试点和探索。施工过程中攻克了超厚外墙保温板的内外墙连接体系，预制装配式混凝土建筑的关键节点拼缝部位的气密性处理技术和防热桥技术。同时应用了空气源热泵、太阳能热水系统、排风热回收、节能照明、智能化控制、BIM 设计与施工等多种适用的绿色建筑技术。

4、该项目预期节能效益显著，获得了住房和城乡建设部颁发的被动式低能耗建筑质量标识，系装配式建筑技术与被动式超低能耗建筑技术高度融合的绿色建筑。为类似工程的应用及推广提供了良好的范例。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

（1）项目名称：南通三建技术研发大楼 开竣工时间：
2013.10~2016.10

结构类型：混凝土框架结构 建筑面积：6800m² 建设单位：康博达节能科技有限公司

（2）项目名称：海门大学科技园16#17#18# 楼

开竣工时间：2018.2~2019.6 结构类型：混凝土框架结构 建筑面积：
1.4万m² 建设单位：海门港通科技发展有限公司

（3）工业化被动式超低能耗绿色建筑专家楼

开竣工时间：2017.01~2018.05 结构类型：装配式混凝土剪力墙结构
建筑面积：2311m² 建设单位：江苏南通三建集团股份有限公司

2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
年份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2019	9125	1251		
2018	6592	889		
2017	1165	69		
累计	7757	2209		
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据： 销售额来源及计算依据主要为装配式混凝土预制构件、节能门窗、保温材料等用于装配式与被动式建筑的部品部件的研发、生产、销售、施工以及后期运营维护。</p>				
<p>3、社会效益（限200字）</p> <p>1) 通过研发建立了一整套工业化被动式超低能耗绿色建筑建造技术体系。</p> <p>2) 通过项目实践和工程示范，取得了设计、生产、施工、运维管理等全产的建设经验。</p> <p>3) 通过应用和推广工业化被动式超低能耗绿色建筑建造技术体系，使社会更多的现代化优质舒适房屋，改善人民群众生活居住条件。</p> <p>4) 通过建造工业化被动式超低能耗绿色建筑，能达到建筑节能的效果，为做出贡献。</p>				
<p>4、环境效益（限200字）</p> <p>1) 工业化被动式超低能耗绿色建筑建造方式与传统的建筑建造方式相比有建设速度快、建造质量高、施工环境好，减少了现场湿作业，改善了建境，提高了居住生活质量，改变了建造方式，促进了行业进步。</p> <p>2) 减少施工现场木方、模板、钢管、钢筋和混凝土的用量，减少了现场劳投入，缩短了结构施工时间，节约了建造成本。</p> <p>3) 有效地降低了施工现场的光污染、声污染、水污染和扬尘污染等，提高了空量。明显地改善了施工现场周边的环境，环境效益得到了提高。</p>				

六、代表性论文论著情况

序号	论文论著名称刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	“被动式超低能耗建筑外墙保温 PPS 模块安装施工技术” 《建筑施工》	2017 年 12 月	黄裕辉、顾洪才	
2	“被动式超低能耗建筑的外墙窗安装施工技术” 《建筑施工》	2015 年 12 月	顾鹏军、顾洪才	
3	“被动式弓式建筑的预应力钢结构安装施工技术” 《建筑施工》	2018 年 12 月	徐挺、顾洪才	

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种用于被动式建筑外墙外保温系统的洞口内置式门窗结构及其安装方法	中国	ZL 2016 108273 74.X	2018.11.20		南通三建、康博达节	周炳高、张杰伦、矫贵峰、周波、黄端、陈松、何称称
2	发明	一种节能环保型通风隔热坡屋面施工方法	中国	ZL 2017 1 0407947.8	2019.8.30	第3509604号	康博达节能科	周炳高、周波、何称称、江华、袁一岐、顾锦博
3	发明	一种被动式超低能耗建筑外墙结构保温墙板的制作方法	中国	201811521795.5	2019.10.18		南通建集股份有限公司	黄裕辉、周炳高、张福斌、顾洪才、
4	发明	一种被动式建筑预制混凝土结构保温墙板拉结件安装方法	中国	201811521794.0	2018.12.13		南通三建集	黄裕辉、周炳高、张福斌、顾洪才、
5	实用新型	一种EPS 平板保温板	中国	ZL 2016 2 1059316.9	2017.4.5	第6042444号	南通三建、康博达节	周炳高、张杰伦、矫贵峰、周波、黄端、顾锦博、何称称

6	实用新型	一种防脱落、 渗漏保温板	中国	ZL 2016 2 0014405.5	2016.8.1 0	第 ---号---	南通 建、 博达 能科 有限 公司、 嘉恒 建设 展有 公司	周 顾佩 菊、 华、 锦 周炳 高、 贵 黄 何称
7	实用新型	一种防脱落、 防渗漏转角 保温板	中国	CN205444522 U	2016.8.1 0	第5415842 号	南通 三建、 康博 达节 能科 技有 限公 司、 浩嘉 恒业	周 波、 江 华、 沈海 华、 周 炳 高、 矫 贵
8	实用新型	一种预制墙体 构件	中国	CN208251371 U	2018.12.1 8	第 号	康博 节能 技有 限公 司	周炳 高、 波、 称 任洪 波、 松、 俊成
9	实用新型	一种被动式 房屋高性 能保温轻 型外墙结构	中国	CN208251356 U	2018.12.1 8	第8233752 号	康博 达节 能科 技有 限公 司	周炳 高、 波、 矫 贵 峰、 黄 称、 贤
10	实用新型	一种高密封节 能铝合金门窗	中国	CN208073238 U	2018.11. 9	第 号	康博 节能 技有 限公 司	周炳 高、 波、 端、 锦 何称 称、 贤

1	实用新型	用于被动式建筑外墙系统的洞口内置式门窗结构	中国	ZI 2016 2 1059327.7	2016.09, 18		南通建、康博能科技有限公司	周炳、张杰、伦峰、田波、王端、
12	实用新型	用于厨卫间的预制混凝土整体地面楼板	中国	CN208280410 U	2018.12. 25		南通建、康博达节能公司	矫峰、周波、黄顾、何称、
13	实用新型	一种转角EPS保温模块	中国	CN208763219 U	2019.4. 19	第 88749372 号	康博达节能公司	周、高、周波、黄江、杭
14	实用新型	一种装配式内隔墙系统	中国	CN 208518136U	2019.2.1 9	第 8497136 号	康博达节能科技有限公司	周、高、波、王端、江、华、杭
15	实用新型	一种适用于被动式建筑的预制保温外墙板	中国	CN209509233 U	2019.10. 18	第9500242 号	南通三建集公司	张、斌、张、伦、顾、鹏、军

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	公路桥梁三维协同建设管理平台应用研究		
完成人	贲庆国、王宁、曹学勇、郝贵发、李健、李聪、胡彦卿、邢煜、王新国、张昕昊、周俊		
完成单位	苏交科集团股份有限公司 镇江市公路事业发展中心		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	江苏省综合交通运输学会		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
镇江市科技局科技支撑计划—社会发展项目	公路桥梁建设三维可视化项目 管理系统关键技术研究	SH2014015	2018年2月
授权发明专利（项）	1	授权其他知识产权（项）	3
起止时间	起始： 2014年07月01日	完成： 2017年11月30日	

二、项目简介

一、项目主要科技成果的创新和先进点

(1)以高效率、高性价比、真实反映地物为主体思路，提出“GIS平台+无人机倾斜摄影”的新型三维实景地形模型建立方案，丰富了公路行业三维实景地形模型建立、展示及应用的实现方案，实现了GIS平台与无人机倾斜摄影技术的完美融合。

(2)基于常规的公路行业主体结构三维建模软件，提出了适用于公路行业快速、准确的建模二次开发平台框架，开发形成了包含路基、桥梁等多专业的三维建模工具，为公路行业能够快速、准确地三维建模提供了实用的工具。

(3)通过项目系统应用研究，首次提出了基于公路行业的标准编码体系，通过对相关行业的编码体系研究及改进，形成了在公路行业具有一定的推广价值的编码标准体系，对行业发展具有推动作用。

(4)基于项目管理系统开发成果，首次实现了公路桥梁建设管理的各项制度和管理行为与三维可视化的完美融合，通过关键技术研究完成了大量的硬件系统、软件系统及广泛的IT技术进行集成，对传统的项目管理系统有很大的提升，也对促进项目管理工作更加科学化、规范化具有及其重要的意义。

二、相关论文论著和知识产权数量

1、发表论文5篇

(1)张坤.市政道路桥梁工程施工管理探讨(已出刊,四川水泥,文章编号1007-6344(2015)07-0303-01)

(2)刘丹.BIM技术在桥梁设计和施工中的运用(已出刊,交通世界,2017年第9期)

(3)邢煜、贲庆国.BIM开启公路行业新时代(已出刊,中国建设信息化,2017年第22期)

(4)李健、贲庆国.BIM的公路工程施工监测系统应用探索(已出刊,中国公路,2018年第18期)

(5)李健.BIM辅助城市快速路设计及协同管理应用(已出刊,福建交通科技,2020年第1期)

2、专利1项

(1) 实用新型：一种基于无人机的桥梁监测数据采集系统，ZL 2015 2 0602717.3，已授权

3、软件著作权3件

(1) 软件著作权：现浇箱梁建模设计软件V1.0，登记号2015SR072425，原始取得

(2) 软件著作权：现浇箱梁建模设计软件V2.0，登记号2016SR028867，原始取得

(3) 软件著作权：大型桥梁结构健康监测数据采集外站故障自诊断软件V1.0，登记号2016SR044497，原始取得

三、应用推广及经济、社会效益情况

“公路桥梁建设三维可视化项目管理系统关键技术研究”研究成果直接应用于镇江市312国道城区改线段工程，该成果针对江苏省内公路建设项目管理的特点，重点研究了三维可视化项目管理系统的应用，依托工程桥梁在建设阶段管理情况良好，一方面实现了桥梁施工建设的计划、组织、施工、监督、控制、协调等全过程的管理，另一方面解决了所有参与项目的建设主管单位、施工单位、监理单位等各方协同作业的需求。

该成果在公路桥梁建设领域的推广应用将会提高桥梁工程施工质量、确保建设任务的顺利实现、促进质量管理工作更加科学化、规范化具有及其重要的意义，进一步提升了公路建设的整体形象，具有很好的经济社会效益，推广前景广阔。

四、对推动行业科技进步作用

“公路桥梁建设三维可视化项目管理系统关键技术研究”研究成果直接应用于镇江市312国道城区改线段工程，该成果针对江苏省内公路建设项目管理的特点，重点研究了三维可视化项目管理系统的应用，依托工程桥梁在建设阶段采用现代化的管理手段，提高管理的成效和质量。利用计算机及相关技术手段，对现有公路桥梁建设过程及管理行为进行数字化处理，实现公路桥梁建设管理的科学化、规范化、信息化，减少不必要的资源内耗，大力推进工程建设的步伐，是公路桥梁建设管理的发展方向，具有显著的经济效益和广泛的推广价值。

三、主要科技创新

一、项目实施意义

本项目针对桥梁施工建设的计划、组织、施工、监督、控制、协调等全过程进行的管理。有效解决所有参与项目的建设主管单位、施工单位、质检安检、监理单位等各方协同管理的需求，在协同工作、有效沟通、大量文档和工作流的管理、信息交流和查询等方面进一步完善工程的管理体系，减少不必要的资源内耗，大力推进工程建设的步伐，为经济发展和社会进步提供技术支持。

本项目将三维可视化技术应用于桥梁施工管理中，为施工提供了可视化途径，在完成虚拟施工的同时，利用三维平台来体现工程的完成情况、并可查询工程各分部的数据信息，直观方便实用。本项目对提高公路工程施工质量、确保建设任务的顺利实现、促进质量管理工作更加科学化、规范化具有极其重要的意义。

- (1) 实现管理系统数据扁平化，将各参建方集中于统一的信息平台之上。
 - (2) 公路建设项目管理数据获取个性化，实现各取所需，满足不同管理层次的需要。
 - (3) 公路建设项目数据传输电子化，以纸质资料替代为电子资料、数据信息替代为动态信息。
 - (4) 公路建设项目数据存储集中化、统一管理，可实现对多个项目的工程建设情况进行了解，同时可以清晰单个项目的基本情况。
 - (5) 通过流程化管理，提高公路建设管理数据透明度和数据保密性，提高工作效率。
 - (6) 利用三维虚拟现实技术，将场景和动态实时显示在系统之中。
 - (7) 利用人员身份验证技术，准确把控施工现场的人员在位情况，加强人员责任心，促进管理制度落实。
 - (8) 对于关键进度、检测、人员数据，进行自动检测，主动报警，及时提醒防范可能存在的问题，提高管理的自动化程度。
 - (9) 现场监控，便于安全管理控制。
- 在施工过程中出现危险事故的原因主要有人的不安全行为、物的不安全状态、环境隐患和组织管理不力等。可以根据这四个因素的重要程度进行各个方面的安全价值分析，指定不同的安全

方案。可以达到资金与安全程度的最大优化。

(10)道路桥梁三维展示

公路桥梁的施工技术是很宝贵的建设经验，按照用户需求，给这些技术、工艺以数字化、可视化的呈现，把公路桥梁建设的历程、关键技术和建成以后的美丽画面展示给受众，起到宣传、纪念以及培训展示的作用。可以把大型工程的规划、施工流程、施工重点和要点以及建成后的效果，通过三维动画的形式，直观、准确、形象的表现出来。

二、主要研究结论

本文针对建设项目管理对三维可视化应用的实际需求，提出了一个全新的基于BIM工程项目管理整体实施方案和系统架构，通过无人机倾斜摄影建立实景模型、研发设计模型平台、BIM与GIS融合、将建设工程编码与构件关联等关键技术，开发基于三维可视化模型为数据索引载体的Web项目管理系统，建立数据与模型的双向链接，实际的成功应用验证了该实施方案和系统的可行性和有效性，增强了在建设项目的准备阶段、实施阶段、竣工阶段各参与方的协同工作，提高了建设项目中信息化水平和工作效率。系统充分体现了BIM的应用价值，为BIM在工程管理中的应用提供了新的技术方法和软件系统。

本项目以提升管理效率为目标，考虑现场实际管理需求，完成了基于312国道镇江城区改线段项目开发的公路桥梁建设三维可视化项目管理系统平台的开发工作。主要结论如下：

(1)本次研究中的三维实景地模建立采用无人机倾斜摄影技术，数据处理采用Bentley公司的Context Capture作为自动化建模工具。照片采集利用无人机的高机动性及低成本的优势，可以快速获取现场实际资料，在数据处理方面ContextCapture能够基于数字影像照片全自动生成高分辨率三维模型，其构建模型可达到毫米级精度。照片可以来自于数码相机，手机，无人机载相机，或航空倾斜摄影仪等各种设备。适应的建模对象尺寸从近景对象到中小型场所到街道到整个城市。最终形成的三维实景地模可以分析、掌握现有条件，进行风险管理，监督施工项目，从而可以优化决策，降低风险，减少成本。这套技术相对传统的现场勘察方式能够节约大量的时间及人力，具有一定的经济效益和推广价值。

(2)三维设计工具的开发以PowerCivil路线设计为基础，具备参数化和特征化特色，设计模型

依赖于路线模型，可直接与路线模型进行信息交换和关联修改，从而达到关联化和一体化的目的。同时，为了让工程师快速建立可见即可得的BIM模型，工具也致力于设计模型的标准化和批量化。对于公路行业的快速三维建模具有比较好的适用性，能够节约大量的时间及人力，具有一定的经济效益和推广价值。

(3)模型的工程编码在实现工程规范化管理、数据共享、降低沟通成本方面有着深远的意义。对整个项目管理过程中价值的衡量和计算带来了极大的方便，同时体现出极高的准确率这一优越性。贯穿整个工程的始终，是最基本也是最重要的一种形式。是实现规范化管理及数据共享，降低沟通成本的最基本的工作，本次研究通过参照行业相关编码标准及本项目的实际特点，采用通用编码标准与本次项目的特殊编码相结合的方式，将整个编码结构细分为项目名称、施工标段、工程类型、施工地点、工点性质、施工幅侧、结构位置、施工特征位置、具体构件、构件编号。采用数字、字母作为编码符号，编码符号之间使用下划线进行分割。最终形成了公路行业有一定适用性的编码标准体系，具有一定的推广价值。

(4)针对建设项目管理对三维可视化应用的实际需求，提出了一个新的BIM工程项目管理整体实施方案和系统架构，BIM与GIS结合开发基于三维可视化模型为数据索引载体的web项目管理系统，建立数据与模型的双向链接，实际建的成功应用验证了该实施方案和系统的可行性和有效性，增强了在建设项目的准备阶段、实施阶段、竣工阶段各参与方的协同工作，提高了建设项目中信息化水平和工作效率。系统充分体现了BIM的应用价值，为BIM在工程管理中的应用提供了新的技术方法和软件系统。具有一定的经济效益和推广价值。

(5)系统涵盖了项目建设阶段的各类业务知识，需要对公路业务有全面的理解，才能够深入理解业主的管理要求和管理重点，并通过系统实现业主的管理需求。同时，由于该项目融入了大量物联方面的应用，需要通过物联网手段实时提取项目现场大量的业务数据，系统建设单位必须对公路专业的相关业务非常熟悉，才能够理解需要采集哪些数据，数据采集后如何进行汇总和处理，形成对管理单位实用的信息，包括各种预警值的设定、分级的提醒等。

(6)对于关键进度、检测、人员数据，进行自动检测，主动报警，提高自动化程度，及时提醒防范可能存在的问题。

(7) 该项目内容包括系统总体架构的建立、基础管理平台BS端系统开发、移动端接口开发、物联设备数据采集等，所以要求项目建设单位对各类信息技术都有比较全面的了解，能够满足系统建设的各类技术要求。

(8) 计算机信息学、计算机仿真实理论与建筑工程实际相结合，属于交叉领域，通过研究使传统建设工程管理与计算机信息学等技术有机的结合起来。实现将计算机三维可视化技术应用到建筑工程施工管理，在三维空间建筑实景模型上实现信息化管理，拓展了三维可视化技术的应用领域，为桥梁建设管理提供新的方法。

(9) 使用模型库和动态仿真，实现工程的虚拟建造，并实现了5D施工模拟。

(10) 本系统采用通用的开发式系统结构和硬件平台，在数据库和模型库中只要注入不同的实体数据和场景模型，就可应用于其他行业。同时采用高可靠性的设计，使其具有很高的推广应用价值。

三、创新点

(1) 以高效率、高性价比、真实反映地物为主体思路，提出“GIS平台+无人机倾斜摄影”的新型三维实景地形模型建立方案，丰富了行业三维实景地形模型建立、展示及应用的实现方案，实现了GIS平台与无人机倾斜摄影技术的完美融合。

(2) 基于常规的行业主体结构三维建模软件，提出了适用于行业快速、准确的建模二次开发平台框架，开发形成了包含路基、桥梁等多专业的三维建模工具，为公路行业能够快速、准确地三维建模提供了实用的工具。

(3) 通过项目系统应用研究，首次提出了基于行业的标准编码体系，通过对相关行业的编码体系研究及改进，形成了在公路行业具有一定的推广价值的编码标准体系，对行业发展具有推动作用。

(4) 基于项目管理系统开发成果，首次实现了桥梁建设管理的各项制度和管理行为与三维可视化的完美融合，通过关键技术研究完成了大量的硬件系统、软件系统及广泛的IT技术进行集成，对传统的项目管理系统有很大的提升，也对促进项目管理工作更加科学化、规范化具有及其重要的意义。

四、第三方评价

2018年2月7日，镇江市科技局组织相关专家组成验收委员会对由江苏省镇江市公路管理处承担、苏交科集团股份有限公司参与的镇江市科技支撑计划（社会发展）“公路桥梁建设三维可视化项目管理系统关键技术研究”项目（编号：SH2014015）进行了验收。验收委员会听取了项目实施情况汇报，审阅了相关资料，经质询和讨论，形成验收意见如下：

1、验收资料齐全、规范，符合验收要求。

2、该项目以312国道镇江城区改线段工程为依托，针对江苏省内公路建设项目管理的特点，利用BIM及其相关技术手段，对现有公路桥梁建设过程及管理行为进行数字化处理，建成了三维可视化项目管理系统（包括三维实景建模技术、主体结构建模技术、公路行业编码体系研制等），实现公路桥梁建设管理的科学化、规范化、信息化，提高了管理的效率。

3、获授权实用新型专利1件，获登记软件著作权3件，发表论文4篇。

4、项目经费使用合理规范，符合相关规定要求。

验收委员会认为该项目完成了合同规定的各项任务和指标，一致同意通过验收。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1. 推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

依托课题项目成果成功搭建了基于BIM的施工阶段可视化管理云平台，并在省内外进行了推广应用，目前在我省及省外先后参与了徐州市迎宾大道工程、南京扬子江大道快速化改造工程、国高网G56楚大高速公路扩容工程、南京建宁西路过江通道工程、宿城至泗洪高速公路工程、南京横江大道快速化改造工程、西宁昆仑路快速化改造工程等多个项目BIM技术应用工作。推广应用项目详见下表。

序号	项目名称	应用时间	所在区域
1	徐州市迎宾大道工程	2016年12月至2018年12月	江苏
2	南京扬子江大道快速化改造工程	2016年05月至今	江苏
3	国高网G56楚大高速公路扩容工程	2017年02月至2019年12月	云南
4	南京建宁西路过江通道工程	2017年06月至今	江苏
5	宿城至泗洪高速公路工程	2018年06月至今	江苏
6	南京横江大道快速化改造工程	2019年01月至今	江苏
7	西宁昆仑路快速化改造工程	2017年02月至今	青海

通过各项目应用结果表明，该成果能够有效提高公路桥梁工程施工质量、确保建设任务的顺利实现、促进质量管理工作更加科学化、规范化具有及其重要的意义，进一步提升了公路建设的整体形象，具有很好的经济社会效益，推广前景广阔。



2018年世界交通运输（WTC）大会央视报道BIM管理平台



徐州市迎宾大道工程施工阶段可视化管理云平台

(应用时间：2016年12月)



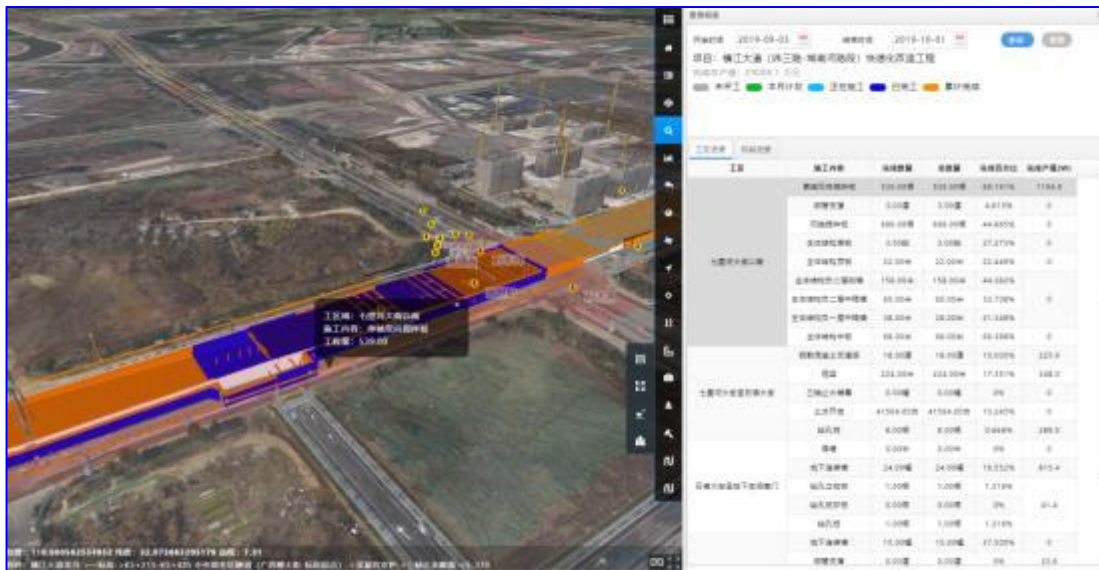
南京扬子江大道快速化改造工程施工阶段可视化管理云平台

(应用时间：2017年05月)



国高网G56楚大高速公路扩容工程施工阶段可视化管理云平台

(应用时间：2017年10月)



南京横江大道快速化改造工程施工阶段可视化管理云平台

(应用时间：2019年01月)



西宁昆仑路快速化改造工程施工阶段可视化管理云平台

(应用时间：2019年03月)

项目团队通过多年的应用，以工程三维数字化设计技术和工程全生命周期管理技术为主要研究方向，致力于提高工程建设行业规划、勘测、设计、建造和运营管理的数字化技术应用水平，积累了丰富的研究经验，并形成了BIM技术的全生命周期应用成果，成为我国BIM技术应用推广

的主要力量。

2、近年直接经济效益

单位：1878万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2016	200	30		
2017	150	20		
2019	1020	200		
2020	328	50		
累 计	1878	300		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

徐州市迎宾大道工程 BIM 技术应用合同额 200 万元；南京扬子江大道快速化改造工程 BIM 技术应用合同额 150 万元；国高网 G56 楚大高速公路扩容工程 BIM 技术应用合同额 80 万元；南京横江大道快速化改造工程 BIM 技术应用合同额 1020 万元；西宁昆仑路快速化改造工程 BIM 技术应用合同额 328 万元，合计 200+150+80+1020+328=1878 万元。

3、社会效益（限 200 字）

“公路桥梁建设三维可视化项目管理系统关键技术研究”研究成果直接应用于镇江市 312 国道城区改线段工程，该成果针对江苏省内公路建设项目管理的特点，重点研究了三维可视化项目管理系统的应用，依托工程桥梁在建设阶段管理情况良好，一方面实现了桥梁施工建设的计划、组织、施工、监督、控制、协调等全过程的管理，另一方面解决了所有参与项目的建设主管单位、施工单位、监理单位等各方协同作业的需求。

该成果在桥梁建设领域的推广应用将会提高公路桥梁工程施工质量、确保建设任务的顺利实现、促进质量管理工作更加科学化、规范化具有及其重要的意义，进一步提升了公路建设的整体形象，具有很好的经济社会效益，推广前景广阔。

4、环境效益（限 200 字）

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作 者	备 注
1	市政道路桥梁工程施工管理探讨/四川水泥/张坤、项达伟	2015-07-10	张坤、项达伟	
2	BIM 技术在桥梁设计和施工中的运用/交通世界/刘丹	2017-04-11	刘丹	
3	BIM开启公路行业新时代	2017-11-30	邢煜、贲庆国	
4	BIM的公路工程施工监测系统应用探索/中国公路/李健、贲庆国	2018-09-16	李健、贲庆国	
5	BIM辅助城市快速路设计及协同管理应用/福建交通科技/李健	2020-02-20	李健	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	BIM 技术在桥梁设计和施工中的运用	BIM 技术在公路工程试验检测中的应用/赵壮	技术与市场 (2019) 复合影响因子: 0.105 (2019) 综合影响因子: 0.045	2020-07
2	市政道路桥梁工程施工管理探讨	道路桥梁工程的施工管理措施/王兴泰	科技创新与应用 (2019) 复合影响因子: 0.129 (2019) 综合影响因子: 0.058	2016-11
3	BIM 开启公路行业新时代	BIM 技术在公路工程设计中的应用研究/程兴园	公路交通科技(应用技术版) (2019) 复合影响因子: 0.140 (2019) 综合影响因子: 0.075	2018-03
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型	一种基于无人机的桥梁监测数据采集系统	中国	证书号第4797452号	2015.12.02	ZL 2015 2 0602717.3	苏交科集团股份有限公司	孙震、张宇峰
2	软件著作权	现浇箱梁建模设计软件 V1.0	中国	软著登字第0959511号	2015.02.28	2015SR072425	苏交科集团股份有限公司	
3	软件著作权	现浇箱梁建模设计软件 V2.0	中国	软著登字第1207484号	2015.12.10	2016SR028867	苏交科集团股份有限公司	
4	软件著作权	大型桥梁结构健康监测数据采集外站故障自诊断软件 V1.0	中国	软著登字第1450728号	2015.12.21	2016SR044497	苏交科集团股份有限公司	
5								
6								
7								
8								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	灰渣填埋场工程设计建设与运营关键技术研究		
完成人	陈永战、常红晨、程曦、王艳明、王福喜、江浩、龚习炜、马腾飞、李捷、 李小林、徐继超		
完成单位	南京市城市建设投资控股（集团）有限责任公司 南京城市建设管理集团有限公司 上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司 南京环境集团有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
2014年住房和城乡建设部科学技术计划立项项目（项目类别：建设项目管理）	灰渣填埋场工程设计建设与运营关键技术研究	2015-R3-002	2018年5月10日
授权发明专利（项）		授权其他知识产权（项）	
起止时间	起始：2015年4月3日	完成：2018年5月10日	

二、项目简介

2016年垃圾焚烧量为6811万吨，飞灰产生量已高达395万吨。飞灰安全处置已经成为生活垃圾焚烧全过程污染控制和风险管理中最为薄弱的环节。目前国内灰渣填埋场建设刚刚兴起，灰渣填埋场设计、建设、运营缺乏相关设计标准与规范，主要参考生活垃圾填埋场相关标准与规范。然而，灰渣工程特性、沉降特性、渗沥液产量与水质等均存明细差异，不能完全照搬国内垃圾填埋场工程设计与建设的相关规范，同时亦不能简单照搬西方国家填埋场工程设计与建设的相关规范。

本课题通过文献查阅与现场勘察取样、现场试验、室内试验等手段，对南京江南灰渣填埋场设计建设和运营进行研究与分析。整个课题研究内容分为以下几个部分：

(1) 第一部分基础数据的测试：现场勘察取样、原位测试与室内试验，获得灰渣的物理、化学及工程特性，分析灰渣渗沥液产量的影响因素与水质特性。

(2) 第二部分工程措施优化：对库区斜坡上土工膜进行受力分析，研究填埋作业对防渗衬垫的影响；对固化飞灰填埋场渗滤液收集导排层进行淤堵模拟分析，对渗滤液收集层设计进行优化；根据固化飞灰渗滤液水质特征，优化渗滤液处理工艺。

(3) 第三部分填埋作业工艺研究：系统研究填埋作业的单元划分、运输与卸料方式、推铺压实工艺、雨污分流等措施，进而优化工艺设备的选型。

(4) 第四部分建立填埋作业的动态管理系统：该系统主要包括数据采集系统（数据库）、决策支持系统两部分。通过动态管理系统实现灰渣填埋场全生命周期动态化、信息化管理。

本课题研究成果已成功应用于南京市江南及江北灰渣填埋场一期建设工程、常州市生活废弃物处置中心下属的飞灰专用填埋场工程。目前国内灰渣填埋场建设处于起步阶段，随着垃圾焚烧量的增加，未来将面临大量的新建、扩建工程项目，项目成果直接应用于相关工程项目的咨询、设计与建设，为相关灰渣填埋场的工程建设与生产运营提供了技术支持和数据参考。

三、主要科技创新

一、技术水平

本课题拟在对国内灰渣填埋场固化飞灰的特性及设计规范与标准进行深入调查、系统分析的基础上，总结灰渣填埋场设计、建设与运营现状。测试研究国内焚烧灰渣物理、化学及工程特征，提出适合国情的垃圾焚烧炉渣和固化飞灰所对应的填埋作业工艺，并系统性分析渗滤液产量及水质影响因素、渗滤液处理工艺、固化飞灰填埋对渗滤液收集导排、水平防渗系统的影响，以及填埋作业动态管理系统等关键问题，并在此基础上编写灰渣填埋场的技术导则。

二、课题的创新点

课题首先通过文献查阅，进行室内试验与现场试验研究，获得炉渣与固化飞灰的物理与工程特性，并与现有设计理论及规范进行对比分析，提出合适的设计参数。通过采用现代计算机技术，开发填埋作业动态管理系统，实现数据的录入、查询修改、填埋作业决策，更好地为填埋场的建设及填埋作业运营服务。本课题研究的主要创新点有：

(1) 首次针对灰渣填埋场内的已填埋固化飞灰进行现场勘察、原位测试与室内实验，获得固化飞灰的物理、化学及工程特性，形成固化飞灰基本特性数据库。

(2) 针对灰渣物化及工程特性，优化灰渣填埋场设计、填埋作业工艺，进而编制灰渣填埋场工程技术导则。

(3) 根据实测的南京灰渣填埋场渗滤液组分特点，提出针对固化飞灰渗滤液的处理工艺。

(4) 首次建立固化飞灰填埋作业动态管理系统，对气象、运输车辆、填埋重量、物料来源、填埋位置、渗滤液抽排、渗滤液组分的数据进行系统的收集与录入，生成系统化的图表，以供填埋作业决策与信息化运行管理。

四、第三方评价

2018年5月10日，受住房和城乡建设部委托，江苏省住房和城乡建设厅在南京主持召开了“灰渣填埋场工程设计建设与运营关键技术研究”（2015-R3-002）课题验收会。验收委员会听取了课题组的技术研究报告，审查了相关资料文件，经质询、讨论，形成验收意见如下：

- 1、课题组提交的资料基本齐全，内容完整，符合验收条件。
- 2、课题通过原位测试、勘察取样与室内试验，获得了炉渣与固化飞灰的物化及工程特性参数；测试了固化飞灰渗滤液水质特征，优化了固化飞灰渗滤液处理工艺；建立了渗滤液淤堵计算模型，分析了固化飞灰填埋对库区边坡水平防渗衬垫系统及渗滤液导排层淤堵的影响，优化了水平防渗及渗滤液导排层结构。
- 3、课题针对固化飞灰入场检测、填埋单元划分、日覆盖与中间覆盖、雨污分流措施等问题，提出了固化飞灰填埋作业管理体系；研发了固化飞灰填埋作业动态管理系统；编制了《灰渣填埋场工程技术导则》（讨论稿）。
- 4、综上所述，验收委员会认为课题组完成了项目任务书规定的考核指标，同意通过验收。
建议继续深化课题研究，以期实现科技成果的转化与应用。

验收专家委员会主任委员：曾苏

副主任委员：刘新

2018年5月10日

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

（1）南京环境集团有限公司江南灰渣填埋场

江南灰渣填埋场是南京环境集团有限公司下属运营的飞灰专用填埋场，位于江苏省南京市江宁区铜井镇，于2015年11月建成投运，一期飞灰填埋库容30万m³，使用年限为5年。截止2020年8月25日已累计完成飞灰填埋23.6万吨，每日平均填埋量135吨。

江南灰渣填埋场于2016年9月10日至2018年6月5日应用了《灰渣填埋场工程设计建设与运营关键技术研究》课题研究成果，该成果对填埋场投运后的日常填埋作业提供了有力的技术指导和技术支撑，尤其是通过加强覆盖作业管理，场内飞灰渗沥液产生量大大降低，飞灰扬尘得到有效控制，为填埋场日常稳定、安全和高效地运行提供了有力保障，取得了显著的社会环境效益。

（2）南京环境集团有限公司江北灰渣填埋场

江北灰渣填埋场是南京环境集团有限公司下属运营的飞灰专用填埋场，位于江苏省南京市浦口区星甸董庄组，于2018年1月20日开始试运行，一期飞灰填埋库容20万m³，使用年限为5年。截止2020年8月25日已累计完成飞灰填埋6.56万吨，每日平均填埋量75吨。

江北灰渣填埋场于2018年3月1日至2019年5月20日应用了《灰渣填埋场工程设计建设与运营关键技术研究》课题研究成果，该成果对填埋场投运后的日常填埋作业提供了有力的技术指导和技术支撑，尤其是通过加强覆盖作业管理，场内飞灰渗沥液产生量大大降低，飞灰扬尘得到有效控制，为填埋场日常稳定、安全和高效地运行提供了有力保障，取得了显著的社会环境效益。

（3）常州市生活废弃物处置中心

常州市生活废弃物处置中心下属运营的专业飞灰填埋场，位于江苏省常州市武进区雪堰镇浒庄村夹山，于2017年建成投运，飞灰填埋库容24万m³，使用年限为6年。截止2020年8月11日已累计完成飞灰填埋13.26万吨，每日平均填埋量126吨。

该填埋场于2018年8月2日至2020年8月11日应用了《灰渣填埋场工程设计建设与运营关键技术研究》课题研究成果，该成果对场内日常填埋作业中的飞灰进场检测、填埋、压实、覆盖、渗沥液收集处理、填埋作业信息化管理等提供了有力的技术指导和技术支撑。尤其是通过加强覆盖作业管理，场内飞灰渗沥液产生量大大降低，为场内日常稳定、安全和高效地运行提供了有力保障，取得了显著的社会环境效益。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润

累 计				
经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>通过将本课题研究成果应用于国内灰渣填埋场，规范了填埋场的建设和日常运营，现场作业环境及员工劳动卫生得到极大改善，取得了显著的环境效益，由此有力带动了国内灰渣填埋场的建设，保障生活垃圾焚烧飞灰得到规范处置，提高固废处理行业管理水平，同时促进当地居民就业，改善生活质量，促进经济社会可持续发展。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>国内灰渣填埋场的建设还处于起步阶段，与之相关的设计标准与规范相对缺乏，目前大都参考生活垃圾填埋场工程相关标准与规范。通过将本课题研究成果应用于国内灰渣填埋场，降低了填埋场运营过程中扬尘、渗滤液等污染物的产生量，填埋作业、渗滤液收集导排及处理等运营管理更加规范化。同时，现场作业环境及员工劳动卫生得到极大改善，员工职业健康得到有力保障，并有效降低了灰渣填埋场建设运营对周边环境的影响，有效改善周边环境质量，环境效益显著。</p>				

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	稳定化飞灰填埋场渗滤液产量预测	2018年5月17日	徐辉, 常红晨, 缪建冬, 陈萍, 詹良通, 罗小勇。	中文核心期刊
2	生活垃圾焚烧炉渣的工程特性	2018年6月25日	程曦, 朱广, 徐辉, 缪建冬, 陈萍。	中国科技核心期刊
3	垃圾焚烧固化稳定化飞灰填埋处置面临的问题与对策	2018年10月5日	罗小勇, 王艳明, 龚习炜, 徐辉	中文核心期刊
4	药剂稳定化垃圾焚烧飞灰的工程特性测试研究	2018年10月23日	徐辉, 缪建冬, 陈萍, 詹良通, 罗小勇。	中文核心期刊

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著 题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	生活垃圾焚烧炉渣的 工程特性	1、生活垃圾焚烧炉渣湿法处理前后化学特性表征 2、垃圾焚烧炉渣研究进展	1、环境污染与防/1.240 1、广东建材/0.124	1、2020年7月15日 2、2019年10月15日
2	垃圾焚烧固化稳定化 飞灰填埋处置面临的 问题与对策	1、基于响应面法的重金属螯合剂前体物合成条件 优化研究/王峰，宋倩楠，唐一，童立志，胡滨，杨 晓进，胡清 2、城市垃圾焚烧飞灰的水洗脱氯与水泥固化技术/ 张芝昆，王晶，李浩天，沈伯雄 3、生活垃圾填埋场中飞灰固化体动态/半动态浸出 行为/李清毅，宋凯，何亮，牟陈亚，骆成杰，王飞， 刘建 4、基于固化法共处置飞灰和浓缩液浸出特性研究/ 车宁，孙英杰，王华伟，黄耀民，王亚楠，占美丽 5、生活垃圾焚烧飞灰的资源化利用概况/罗任宏，李 菁若，张东长，钟成，蒋立新	1、环境污染与防治 /1.240 2、科学技术与工程 /0.787 3、环境工程/1.360 4、中国环境科学/2.823 5、环境影响评价/0.711	1、2020年1月15日 2、2019年12月18日 3、2019年11月15日 4、2019年11月6日 5、2019年7月15日

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

专业：智能化应用、设备运行维护

编号：

项目名称		机电管家——基于互联网+BIM技术的智慧绿色机电系统运管平台		
完成人		朱正 王焰文 王呈 桂树东 杨培兴 刘旭东 俞铮 周宏明 庄运超 唐秀芳		
完成单位		无锡市工业设备安装有限公司 江南大学		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）				
学科分类 名称	1	信息科学与系统科学	代码	120
	2	电子、通信与自动控制技术	代码	510
	3	计算机科学技术	代码	520
任务来源		住房和城乡建设部2016年科技项目计划		
具体计划名称和编号（验收、评估、结题时间）： 具体计划名称：住房和城乡建设部 2016 年科技项目计划 编号：2016—K3-005 验收时间：2018 年 5 月				
授权发明专利（项）		1	授权的其他知识产权（项）	9
起止时间		起始：2014 年 09 月 01 日		完成：2018 年 5 月 31 日

二、项目简介

(限1200字)

机电管家——基于互联网+BIM技术的智慧绿色机电系统运管平台属于目前全面覆盖机电系统物理属性的综合性智慧分析管理平台。其主要特色是应用分析算法先进、BIM (Building Information Modeling, 建筑信息化模型) 技术的拓展应用、平台服务智慧化、全生命周期管理。本项目通过研究解决机电设备设施智慧运行维护的技术难点和管理难题, 总结机电管家系统的搭建及应用案例, 不但保证机电设备设施的正常运行, 提高机电设备设施运行质量及维护管理效率, 保证安全可靠, 并最终形成一套完整的包括供配电系统、空调制冷系统, 电梯运行系统、消防系统、给排水系统、能源管理系统等, 多个分专业、分功能机电设备设施运行维护管理子系统的平台开发应用技术, 以及相关专利等成果, 达到国内同行业领先的技术水平。该成果促进传统建筑安装企业由施工向服务管理的转型升级, 将逐渐老龄化的技术人员由前端施工迁移到后端服务控制平台, 充分运用和发挥技术人才优势, 同时进一步促进了企业的现代化管理创新。

其主要性能指标:

- (1) 实现对机电系统的智能化运行维护管理, 包括远程监控、三维可视化虚拟巡检、故障检测、故障报警、故障定位预处理;
- (2) 实现对机电系统运行的能耗数据收集、能耗检测;
- (3) 实现机电系统工程安全性与可靠性分析管理;
- (4) 实现机电系统工程安装过程管控;
- (5) 实现机电系统多系统协同运作。

主要优势具体如下:

(1) 该技术成果以三维数字技术基础, 并融合互联网技术, 对机电设备设施实现可视化、协调、模拟、优化以及信息化等功能的精细化管理。有效完成机电系统的由“人海战术”运维向“线上线下协同”运维的转变, 提高了建筑工程及机电设备运维服务在整体进程中的管理效率。

(2) 该技术成果主要从能源管控因素、能源管控方法、能源管控效应三个方面

考虑，形成能源运行效率管理体系，借助机电管家平台向客户提供优质的能源托管与节能改造服务，解决了能源管理智能化技术升级和设备更新问题，为客户提供了能源专家型的价值服务，节能服务综合质量大幅提升。

(3) 该技术成果以导入可靠度及可用度的分析技术，分析设备、系统的可靠度信息，预测故障，帮助业主提升机电系统稳定度，减少故障发生。解决了机电设备运行系统的安全隐患，机电设备智能化管理平台为业主提供了安心优质的机电设备故障预测管理服务。

(4) 该技术成果以 BIM 模型与施工现场的虚实结合，实现智能化的施工过程管控。施工现场与 BIM 信息平台的信息交互，为全生命周期管理提供可靠的数据信息。解决了信息在施工过程中易缺失和不易追踪等问题，提高机电工程全生命周期中的工作效率。

机电管家——基于互联网+BIM 技术的智慧绿色机电系统运管平台，为客户提供机电系统的运行维护管理、节能降耗管理、安全可靠性能管理以及施工过程管控等服务，实现企业业务由施工向服务拓展，企业竞争力大幅提升。据统计，我公司服务营业收入 2018-2019 年比 2016-2017 年有明显增长，运维服务业务量逐年上升，经济效益显著，未来将成为我公司第二大支撑业务，拥有巨大的推广应用前景。

三、主要科技创新

(限5页)

机电管家——基于互联网+BIM技术的智慧绿色机电系统运管平台研发项目包含技术深化融合、云平台搭建和多系统的协同实施应用，其中项目研究成果实现机电系统从设计、施工到维护管理的全生命周期的综合管理。本项目研究实施内容主要为：机电系统的智能化运行管理、设备维护维修、设备巡检巡更、资产管理、模型监控、设备监控、移动监控、监控与智能系统联动、实时监测、故障检测、故障报警、故障定位预处理；机电系统运行的能耗数据收集、能耗检测、节能改造评估、能耗统计、能耗预警；机电系统工程安全性与可靠性分析管理、预案管理；机电系统工程安装过程管控；机电系统多系统协同运作、移动端资源共享等。其主要的创新点：

(1) 通过将机电设备系统的运行从单一的运行维护模式、传统服务模式向全生命周期服务模式转变，克服了机电设备系统设计、安装、维护、管理等阶段性管理系统的局限性，满足机电设备运行全生命周期管理服务要求，最大化机电设备运行的有效价值。

(2) 通过融合 BIM、互联网等技术，对机电设备设施实现可视化、协调、模拟、优化以及信息化等功能的精细化管理。克服运维管理作业中机电设备设施有效物理属性信息、空间环境信息缺乏等困难，实现机电系统运维管理由“人海战术”向“线上线下协同”的转变，保证了建筑工程及机电设备运维服务在整体进程中的高效率管理。

(3) 通过从能源管控因素、能源管控方法、能源管控效应三个方面着手，形成能源运行效率管理体系，借助机电管家平台向客户提供优质的能源托管与节能改造服务，解决能源管理智能化技术升级和设备更新问题，保证为客户提供了能源专家型的价值服务，节能服务综合质量大幅提升。

(4) 通过导入可靠度及可用度的分析技术，分析设备、系统的可靠度信息，预测故障，帮助业主提升机电系统稳定度，减少故障发生。解决了机电设备运行系统的安全隐患，机电设备智能化管理平台为业主提供了安心优质的机电设备故障预测管理服务。

(5) 通过 BIM 模型与施工现场的虚实结合，实现智能化的施工过程管控。施工

现场与 BIM 信息平台的信息交互，为全生命周期管理提供可靠的数据信息。解决了信息在施工过程中易缺失和不易追踪等问题，提高机电工程全生命周期中的工作效率。

机电管家——基于互联网+BIM 技术的智慧绿色机电系统运管平台是全面覆盖机电系统物理属性的综合性智慧分析管理平台，其主要应用于建筑节能与绿色建筑、建筑产业现代化、信息化应用、智慧城市建设和新型城镇化建设等领域。机电管家平台研发主要基于 BIM 技术和互联网以及物联网等使能技术，融合可靠性分析、节能、二维码、信息采集、传输、分析、汇总等技术手段，形成对机电系统运行监控的一体化智慧平台。主要特色技术应用

(1) 互联网技术

基于互联网的机电系统运管平台是一开放式架构系统，控制器具有互联网功能的网络控制器。采用互联网技术，通过数据存储、处理和传输的主机和网络通信设备，完成信息的有效应用，实现对机电系统运行的远程监控和关键设备的实时监控，大量减少运维人员和管理人员，同时提高机电系统的信息化管理效率。

(2) BIM 技术

采用 BIM 技术为整个系统平台提供机电系统及其环境的三维空间模型（BIM 模型）、三维空间快速定位、虚拟巡检、属性信息、地图显示等功能，机电系统运行监控的直观可视化和快速定位导航以及信息共享，可以克服运维中遇到问题时缺乏数据信息支撑，维保不到位、不及时等问题；运用 BIM 技术实现融合设计、建设、运行等项目全生命周期的数字化、可视化、一体化系统的信息管理，实现运行维护的信息传承。BIM 技术的深入应用，综合提高运维管理效率，大量减少维护管理人员。

(3) 可靠性分析技术

通过研究可靠度及可用度分析算法，建立可靠度分析模型并导入机电管家平台，通过用设备运行的失效率来描述系统设备运行的可靠度，达到对机电设备系统稳定度的评估，得出设备失效的趋势和大概时间，形成评估报告，预测故障，反馈给管理人员实现系统部件更换或结构调整，提升机电系统稳定度，及时发现和解决安全隐患，减少故障发生，减少成本支出，提高安全性。

(4) 节能技术

通过研究机器学习的支持向量回归(Support Vector Regression, SVR)方法,建立节能预测模型,提出节能分析预测方法,搭建节能降耗管理系统。根据机电设备运行维护管理系统采集的能耗数据,完成对后期耗能的预测分析,采取节能控制,通过机电管家平台向客户提供优质的能源托管与节能改造服务,促进能源管理智能化技术升级和设备更新,提升节能管理服务质量。

(5) 二维码技术

基于BIM技术,并以二维码技术为手段,依据机电设备智能化管理系统中设备的维保纪录及维修备品待料期,系统自动产生维保清单及最佳库存量;运维现场扫描二维码获取BIM模型中设备属性信息,用于辅助现场运维,同时通过扫描将运维现场状态及过程信息反馈至BIM信息平台。通过运维现场与BIM信息平台的信息交互,为全生命周期管理提供可靠的数据信息。解决了信息在运维管理过程中易缺失和不易追踪等问题,提高机电系统全生命周期中的运行效率。

(6) 大数据分析技术

在基于BIM技术构建数字化机电工程项目场景,依托综合数据采集网关对前端数据进行筛选整理,通过大数据分析,对机电系统进行全方位高精度的监控,实现对机电设备全生命周期工况信息的智能管理,了解机电系统运管需求变化,及时制定针对性预案,优化决策,降低成本,提高机电系统运管质量。

基于互联网、GIS、BIM、物联网以及大数据等先进技术,推进升级机电管家智能化管理平台,为客户提供机电设备设施的智慧运维管理服务。机电管家智能化管理平台是由大数据衍生实现的机电系统智能化运维管理工具。具体服务内容包括机电设备设施托管、机电系统能源托管与节能改造、机电设备设施故障预测维修、机电设备备品备件库管理、空间管理五大服务。

(1) 机电设备设施托管服务。该服务依托机电管家智能化管理平台线上的机电设备设施运行状态信息采集、智能化分析及指令下达等活动顺利进行的安全运行环境,实施线上线下协同运作管理服务体系。具有成本耗费低、专业程度高、风险低、机电系统运行有保障等优点。

(2) 机电系统能源托管与节能改造服务。该服务依托机电管家智能化管理平台,

以“你出钱，我改造”“我改造，我运维”模式提供必要的技术升级优化、设备改造服务以及运维管理服务，通过机电管家智能化管理平台的能耗分析、用能设备运行状态监测、能耗预测、任务单准备等后台智能化算法及功能，自动优化用能设备各项指标。具有节能效率高、服务专业性高、客户风险低、节能指标有保障等优点。

(3) 机电设备设施故障预测维修服务。该服务依托机电管家智能化管理平台，进行可靠性分析、虚拟巡检、故障预测、任务单准备等后台智能化算法及功能，实现故障的提前预知，下达任务至维修人员对相应的机电设备维修或更换，把事后维修更换成事前预警，主动优化机电系统各个设备设施。具有可靠性高、设备设施使用寿命延长，节约成本等优点。

(4) 机电设备设施备品备件管理服务。该服务依托机电管家智能化管理平台，实施智能化分析、工单生成、任务单准备等后台智能化算法及功能，实施备品备件的安全、可靠、规范管理，推送采购清单，提高备品备件的采购准确率。具有减少材料浪费，节约材料成本，提高工作效率等优点。

(5) 机电设备设施空间管理服务。该服务依托机电管家智能化管理平台，可视化数字模型为载体，实施空间优化管理、空间模拟规划、空间物资管理等机电设备设施的空间管理功能，对建筑物及空间设施的操作、维护、管理等内容，进行分析和决策，从而帮助建筑空间运营的成本收益达到最优。具有节约改造成本、提高空间利用率等优点。

项目研究成果实现了机电系统从设计、预制、施工到维护管理的全生命周期的综合管理，延伸了机电安装行业的产业价值链，为客户提供机电设备设施智慧运维管理服务，打造成为绿色机电设施服务商。

四、第三方评价

三、验收委员会验收意见

2018年5月31日，受住房和城乡建设部委托，江苏省住房和城乡建设厅在无锡市组织召开了“机电管家——基于互联网+BIM技术的智慧绿色机电系统运管平台”成果验收会。专家组听取了项目组的技术研究报告汇报，审阅了相关资料，经质询、讨论，形成验收意见如下：

1、项目组提供的资料齐全，符合验收要求。

2、该项目研究运用互联网+BIM技术提出了机电设备施工、运维管理等系统的一体化解决方案。基于物联网，融合BIM技术、数据分析等技术，建立了以绿色运维为目标的综合性运行管理系统。

3、“机电管家”运维模式实现了机电设备运行的远程监控管理，提升了机电设备运行管理的水平，为实现机电设备全生命周期管理提供了技术保障。

4、该研究成果在多个项目上的应用取得了显著的社会效益和经济效益。

专家组一致认为，项目已完成申报书设定的各项任务，一致同意通过验收。

建议继续深化研究，完善设备系统功能，加强技术推广应用。

专家组组长：  _____

2018年05月31日

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

2015年，机电管家——基于互联网+BIM技术的智慧绿色机电系统运管平台（简称“机电管家”）在无锡市青祁隧道机电设备运维管理中的应用作为无锡国家传感网创新示范区第三届物联网十大应用案例之一加以宣传推广。在继青祁隧道机电设备管理应用之后，2016年在代维的无锡城投广场运营公司的11个变电所运维管理项目上实施应用，2019年增至20个变电所，以高效能的运维管理方式取代了传统的运维管理，大幅提高了执行效率和运营成本。

青祁隧道作为该成果运行管理试点基地，青祁隧道内设置了通风、照明、消防、监控、供配电等运营管理设施。隧道各个相关部位都配备了相关的用于监控管理以及维护管理的设施。应用机电管家平台后，可以在后台管理系统中将隧道采集的数据集中显示在三维BIM信息模型上，实时监控管理隧道中的各类设备信息。有状况发生时，迅速定位，及时采取应对方法，提高了青祁隧道机电设备管理人员及技术人员的响应速度。根据隧道机电设备运行参数指标的实际情况，进行后台模拟巡检、大数据分析、故障预测、后台管控指挥等机电设备的线上服务管理，并同时进行派工单、人工巡检、运行维护等线下服务管理，以线上和线下协同运作，促进提升机电设备的智能化管理效能。

无锡市城市投资发展有限公司物业现管理10座10kV变电站，2座低压变电站及6台10kV箱变。传统管理的弊端就是人员工作效率低，只能做到定期常规维护，不能满足大范围的数据采集，使得问题难以及时监测分析管理，影响居民的生活安全稳定。同时由于严重缺员，部分站所无法实现24小时监控。另员工年龄老化，工资逐年上涨，部分站所投运年代较长，值班人员安全风险大。

我公司代维的20个变电所运维项目，采用智能化集中运维管理，并融入BIM技术，采用变电所无人值守的新型管理方式。我公司设立了本部监控中心（总控站）及运河公园监控室（分控站），负责集中大数据分析及故障预测管理、自动巡检管理，智能化预警管理等，并根据变电所分布情况与特殊性，设立三个智能化运维管理值守点，即火车站运维管理值守点、运河公园运维管理值守点、城投公司运维管

理值守点。现配备专职值班、巡视人员仅有 12 人。在该变电所的智能化集中运维管理后，推进技术升级，机电设备的运行维护管理、现场操作及设备缺陷管理、事故处理效率等均有了很大提升。

机电管家的实施和推广应用，提高了机电设备管理人员的管理效率、机电设备的安全可靠性，运营服务的品质等，推进了创新技术应用和机电设备能化管理进程。机电管家平台以高效率智能化管理作为品牌亮点向客户推广应用，机电管家平台在无锡市青祁隧道机电设备管理项目和无锡城投广场运营公司的 20 个变电所运维管理项目中试点应用，以智能化的管理和运营服务打造了强有力的品牌效应，以无形资产引发一系列经济活动，为企业带来了较好的经济效益和社会效益。

2、近年直接经济效益 单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	387.96	57.54	3415.84	438.21
2019	536.71	134.12	3852.06	607.80
累 计	894.67	191.66	7267.90	1046.01

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

机电管家——基于互联网+BIM 技术的智慧绿色机电系统运管平台，为客户提供机电系统的运行维护管理、节能降耗管理、安全可靠性管理以及施工过程管控等服务。机电管家平台于 2014-2015 年初步应用，2016-2019 年全面展开，强化机电管家服务应用。2019 年根据十几项服务项目统计，减少人员编制规模均分布在 20%—50% 范围内；能源运行效率提升约 30%。机电设备系统的智能化整体监测与故障预测判别，故障应急响应速度提高 50%，使机电设备运营服务在整个进程中的管理效率提高 3 倍。运管人员在后台进入三维数字模型进行虚拟巡检、资产管理，查看机电设备固有属性和实时运行状态以及历史运行维护记录、相关维修指南等信息，与现场人员进行协同有效的管理，从根本上提升企业管理效率的 4 倍。预期未来五年内，机电管家平台提供的运维服务业务量将逐年上升，成为我公司第二大支撑业务，经济效益显著，企业该板块营业收入翻番。

3、社会效益（限 200 字）

机电管家——基于互联网+BIM 技术的智慧绿色机电系统运管平台，是我公司首次提出，并开发实施应用。自机电管家平台实施应用以来，有四十多家同行企业参观学习。该成果被列入无锡国家传感网创新示范区第三届物联网十大应用案例、智能城市建设中智慧工业领域的示范项目，其技术获得行业专家的一致认可，并荣获“世界物联网博览会新技术新成果”银奖，推动行业科技发展进步。该科技成果的实施，以施工过程管控、机电设备运行可靠性预测等功能，能提高工程质量水平和工程建设效率。通过形成能源管理网络，实时监测各项耗能数据，采用节能降本措施，提高能源运行效率，促进了企业绿色发展。

4、环境效益（限 200 字）

机电管家——基于互联网+BIM 技术的智慧绿色机电系统运管平台,通过远程监控管理系统的信息采集、交互，形成能源管理网络，实时监测各项耗能数据，由能耗异常分析进行故障诊断，并分析、调整、改造项目中使用的非绿色运行设备和系统，在确保功能需要的前提下，以远程信息管理为中心，保护环境为根本，采用节能降本措施，响应了我国“节能、节地、节水、节材和环境保护”的四节一环保的要求，提高能源运行效率约 30%，实现绿色运行，促进企业的绿色发展。

六、代表性论文论著情况

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	机电管家-基于物联网的机电工程运行监控系统/安装/ISSN1002-3607	2015年1月	朱正	
2	新常态下无锡安装创新发展的思考/安装/ISSN1002-3607	2016年3月	朱正	
3	打造工厂基础设施的智慧化管理/无锡企业	2016年8月	朱正	
4	安装企业机电设备智能化服务转型管理/全国企业管理现代化创新成果	2019年3月	朱正	
5	无锡安装奋斗在“新赛道”的机电好管家/中国设备工程/CN11-4623/N	2019年12月	朱正	

承诺：上述论文信息真实，因引起争议，本人愿意承担相应责任，并接受处理。

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种用于机房内设备、管道的预制组合系统	中华人民共和国国家知识产权局	ZL201510802448.X	2018年05月22日	2933725	无锡市工业设备安装有限公司	刘旭东; 朱正; 王焯文; 唐秀芳
2	实用新型专利	综合信息采集网关	中华人民共和国国家知识产权局	ZL201520194479.7	2015年07月08日	4418953	无锡市工业设备安装有限公司	朱正; 王宪; 王焯文; 刘旭东; 李秀霞; 陈永宁
3	实用新型专利	基于物联网的机电设备运行远程监控管理系统	中华人民共和国国家知识产权局	ZL201520194324.3	2015年07月29日	4473251	无锡市工业设备安装有限公司	朱正; 王焯文; 刘旭东; 傅小辉; 庄云超; 唐秀芳
4	实用新型专利	一种管道预制的信息管理系统	中华人民共和国国家知识产权局	ZL201520926214.1	2016年04月06日	5102420	无锡市工业设备安装有限公司	朱正; 王焯文; 刘旭东
5	实用新型专利	一种用于机电安装的平台系统	中华人民共和国国家知识产权局	ZL201620523889.6	2017年02月08日	5916748	无锡市工业设备安装有限公司	朱正; 王焯文; 唐秀芳; 陈永宁
6	实用新型专利	一种能就地进行小型数据中心能耗分析的设备	中华人民共和国国家知识产权局	ZL201621413484.3	2017年10月13日	6526477	无锡市工业设备安装有限公司	黄亭尧; 吕亦宸; 王焯文; 周

								宏明
7	实用新型专利	一种简易的设备运行监控故障报警和传输的设备	中华人民共和国国家知识产权局	ZL20162141351 2.1	2018年05 月08日	7324472	无锡市工业设备安装有限公司、江苏集云信息科技有限公司	朱正；刘旭东；王昭文；庄云超
8	外观专利	动力及环境监控网络综合主机	中华人民共和国国家知识产权局	ZL20163057724 6.5	2017年08 月29日	4275634	无锡市工业设备安装有限公司、江苏集云信息科技有限公司	黄亭尧
9	软件著作权	机电管家——基于物联网的机电设备运行远程监控管理系统[简称：机电管家]V1.0	中华人民共和国国家版权局	2016SR045158	2016年03 月04日	1223775	无锡市工业设备安装有限公司	朱正
10	软件著作权	机电设备绿色节能运管平台 V1.0	中华人民共和国国家版权局	2016SR299418	2016年10 月20日	1478035	无锡市工业设备安装有限公司	朱正

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	基坑支撑预制空心桩组合立柱体系关键技术研究		
完成人	蒋峰, 洪鑫, 王卫华, 彭成, 贾国林, 朱建飞, 顾文斌, 周杰, 任奕杰		
完成单位	江苏九如建设有限公司		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
自筹	基坑支撑预制空心桩组合立柱体系关键技术研究	ZD(KY)01-2015	2018年8月
授权发明专利(项)	2	授权其他知识产权(项)	2
起止时间	起始: 2015年04月01日	完成: 2019年08月15日	

二、项目简介

(限1200字)

目前，国内外传统的深基坑内支撑立柱形式通常是将钢格构柱直接插入钻孔灌注桩内浇筑成整体，但该立柱形式存在环境污染严重、经济费用较高、钢格构柱的垂直度和截面方向等难以控制的一系列施工质量问题。因此亟需创新一种新的立柱组合形式，以有效克服传统立柱形式的上述缺点。

本项目创造性的研制出了一种新型的预制空心桩组合立柱体系，作为深基坑水平支撑的竖向传力体系。该体系主要由预制空心桩、插芯钢格构柱和上部钢格构柱三部分组成，主要技术原理是采用预制空心桩代替钻孔灌注桩，通过上部钢格构柱将深基坑水平内支撑的竖向荷载传递到预制空心桩。将钻孔灌注桩改为预制空心桩后，钢格构截面尺寸通常大于预制空心桩内径，导致钢格构柱无法直接插入空心桩内。为解决钢格构柱与预制空心桩连接的问题，将钢格构柱拆分为两部分：上部仍采用与常规设计相同截面形式及尺寸的钢格构柱，下部钢格构柱改为小截面尺寸的插芯钢格构柱，将插芯钢格构柱插入预制空心桩内，并在其顶部焊接一块连接端板，插芯插入预制空心桩后再浇筑灌芯混凝土并振捣密实，在上部钢格构柱底部设三角形加劲板，钢格构柱与加劲板以及连接端板进行焊接，保证钢格构柱与预制空心桩的连接质量。同时在上部钢格构柱不同位置设置与预制空心桩桩径（边长）一致的抱压平台，从而解决了无法采用顶压法施工时，可利用抱压夹具采用抱压法施工工艺进行静压施工的难题。

本套关键技术减少了常规钻孔灌注桩泥浆对环境的污染，且可以采用静压法施工有效控制施工噪音，属于一项环境友好型的装配式绿色施工技术。另外，本套技术的经济效益也较为可观，经估算与传统组合立柱相比，每根新型组合立柱的费用可以节约6000~10000元。因此对于内支撑较多的大型基坑项目，其经济效益是非常明显的。

本项目研究成果成功授权两项发明专利，分别为：预应力管桩立柱（专利号：ZL 201510726504.6）和预应力方桩与钢格构柱集成立柱（专利号：ZL 201510726126.1）；成功申报两项江苏省省级工法，分别为：预应力管桩+钢格构新型立柱施工工法（工法编号：JSSJGF2016-1-109）和预应力方桩+钢格构柱新型立柱施工工法（工法编号：JSSJGF2017-2-128）。

本项目所研究的关键技术可推广应用于采用一道或多道内支撑支护的深基坑支撑立柱体系，以及位于深基坑内需要采用组合式的塔吊基础。我司先后在樾河小学A区、樾河小学F区、康居夏苑二期B标项目等基坑工程中应用该套技术，后续还将应用于我司中大未来城四期基坑工程，推广应用前景较好。

三、主要科技创新

(限5页)

近年来,随着经济的高速发展,土地集约化开发受到越来越高的重视,超深地下空间的应用也越来越多,尤其是在城市密集区,深、大基坑更是被广泛应用。为确保深基坑支护的安全性和尽可能减小对周边环境的影响,混凝土内支撑+立柱被大量使用。然而混凝土支撑体系自身重量较大,立柱作为混凝土水平支撑的支座,主要承受混凝土支撑自重以及相应的施工荷载,对于超大基坑,多道支撑,还须承担拆撑机械的荷载。因此,对组合立柱体系的要求相应较高。

目前常采用钻孔灌注桩+钢格构柱、预制管桩或预制方桩的型式。采用钻孔灌注桩+钢格构柱的立柱型式,相应的经济费用较高,同时在施工过程中会产生泥浆污染;钢格构柱的垂直度较难控制,且钢格构柱截面的方向较难控制,难以保证立柱与支撑梁的连接节点的施工质量。采用预制管桩或方桩直接作为立柱的型式,与支撑梁的连接节点较为复杂,立柱穿越底板的防水节点较难施工。

为解决传统组合立柱体系的缺点,本项目创造性的提出预制空心桩+钢格构柱组合立柱体系。基坑支撑预制空心桩组合立柱体系关键技术,在设计上主要需解决钢格构柱与预制空心桩的连接节点问题,在施工上主要需解决预制空心桩与钢格构柱组合后,在保证钢格构柱与预制空心桩节点施工质量的情况下,如何采用静压桩工艺进行施工的施工工艺问题。现已取得两项发明专利,分别为:预应力管桩立柱(专利号:ZL 201510726504.6)和预应力方桩与钢格构柱集成立柱(专利号:ZL 201510726126.1)。(详见附件2)

本项目结合工程案例,采用了预制空心桩+钢格构柱的组合立柱施工技术,作为深基坑的水平支撑竖向传力体系,并成功申报两项江苏省省级工法,分别为:预应力管桩+钢格构新型立柱施工工法(工法编号:JSSJGF2016-1-109)和预应力方桩+钢格构柱新型立柱施工工法(工法编号:JSSJGF2017-2-128)。主要科技创新如下:

一、组合立柱连接节点创新

现行的深基坑支撑中:一道支撑体系,钢立柱一般需要承受的竖向荷载标准值在1000kN左右;两道支撑体系,钢立柱承受的竖向荷载标准值在2500kN(含栈桥荷载)左右。而在塔吊基础中,单桩承受的竖向荷载(标准值约为1000kN),相对于基坑工程中均较小,抗拔荷载相对也不高。

基于以上分析,在基坑支护工程中,根据承担的竖向支撑力进行上部钢格构柱截面设计,钢格构柱一般采用4根等肢角钢组成,利用缀板组成一个整体,其截面边长一般为420~470mm,截面的对角线长为594~665mm。为确保钢立柱竖向承载力能有效传递给预制空心桩,一般宜采用直径不小于600mm的管桩或边长不小于500mm的方桩,以便于钢格构柱通过端板对接。同时在端板另一侧空心桩内焊接4个角钢形成插芯钢格构柱,角钢底部增设托板,并在空心桩施工时进行灌芯,

从而增强节点的连接质量。

(1) 预制空心桩截面尺寸主要包括桩径（边长）和孔径，孔径应确保上部钢格构柱的四个角钢均位于空心桩截面上。对于边长为420~470mm的钢格构柱截面，可选择边长为500mm、孔径为310mm的方桩，或桩径为600mm、孔径为340mm的管桩，见图1：

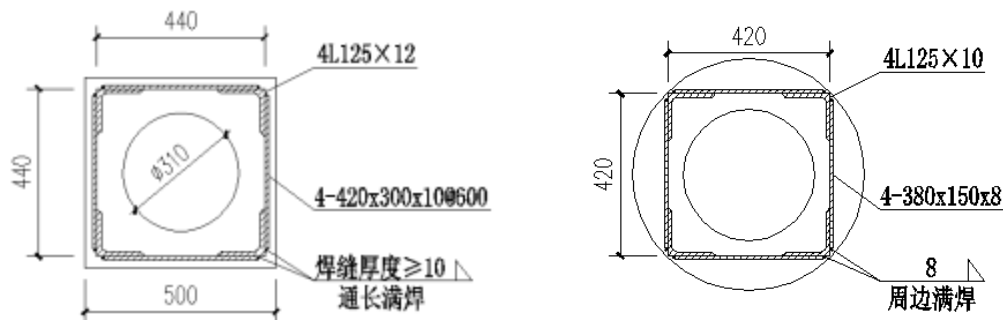


图1 空心桩与钢格构柱截面

(2) 插芯钢格构柱一般由4根等肢角钢组成，长度可按照不小于5倍的桩径（边长），且不小于2.0m，4根等肢角钢的截面面积应大于插筋面积要求，并不宜小于上部钢格构柱的等肢角钢截面积的0.5倍，从而确保上部钢格构柱能够有效将力传递给预制空心桩，缀板根据钢结构设计的相关规范要求进行设计：上部的钢格构柱为4根L125×10组成，下部的插芯可选择4L80×10，相应缀板可选择150~200（长度）×100（高度）×6（厚度）的钢板，间隔500~600mm等距离焊接，见图2。

插芯钢格构柱围成的截面应根据空心桩孔径尺寸确定，材质Q235。采用空心方桩时的插芯钢格构柱边长可取190mm，采用空心管桩时的插芯钢格构柱边长可取210mm，插芯钢格构柱的角钢可取L80×10的规格。

(3) 连接端板采用与空心桩端板材质、尺寸及厚度一致的型式，并在端板的下边缘设置与空心桩端板一致的坡口，内径考虑插芯混凝土的浇筑，按照120mm考虑，同时为了确保插芯混凝土振捣密实，在端板顶部开设8个直径为10mm透气孔。端板底面与插芯钢格构柱焊接，所有连接部位均进行满焊，焊缝高度不得小于8mm，典型连接图见图3。

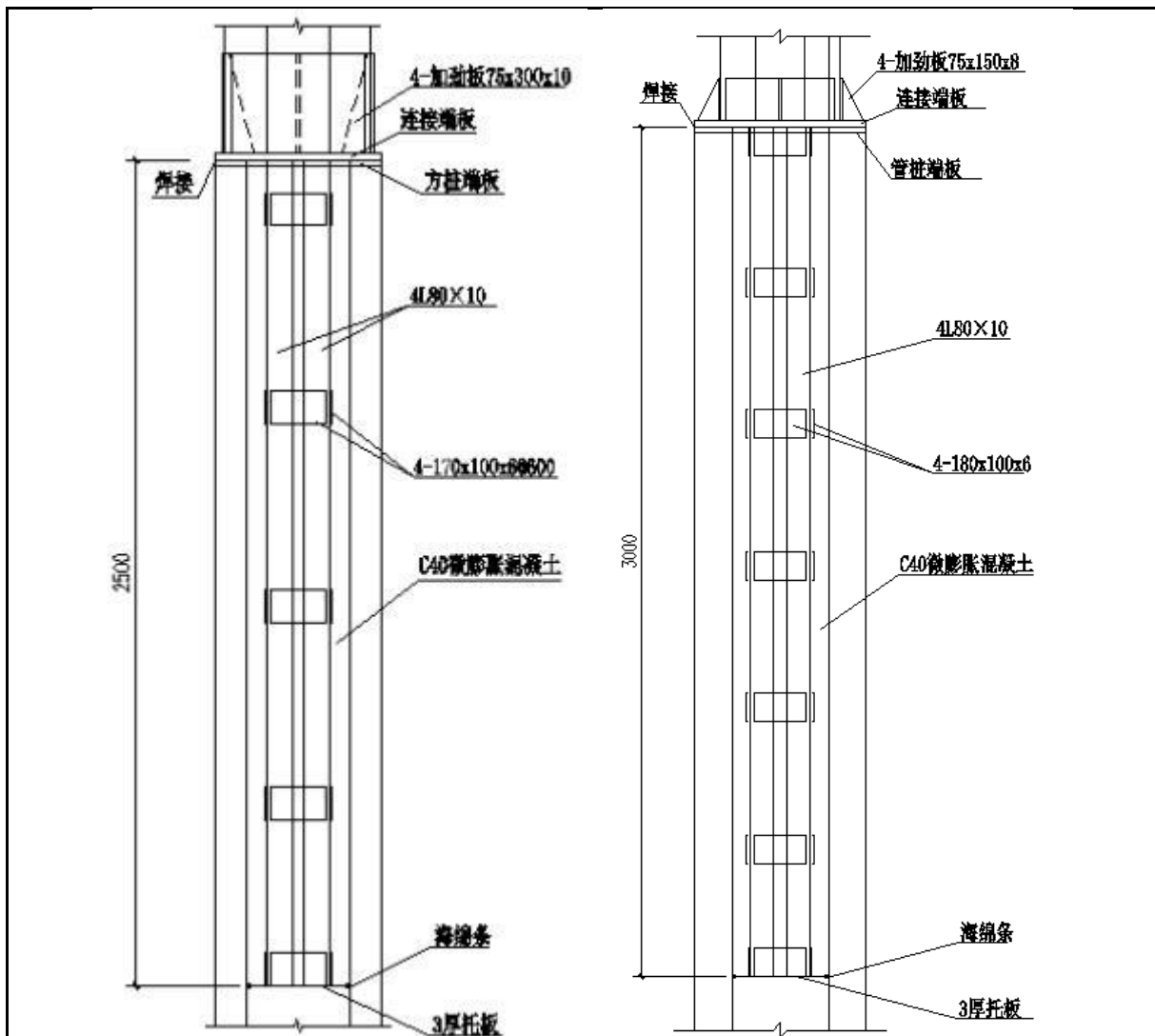


图 2 插芯钢格构柱与空心桩连接

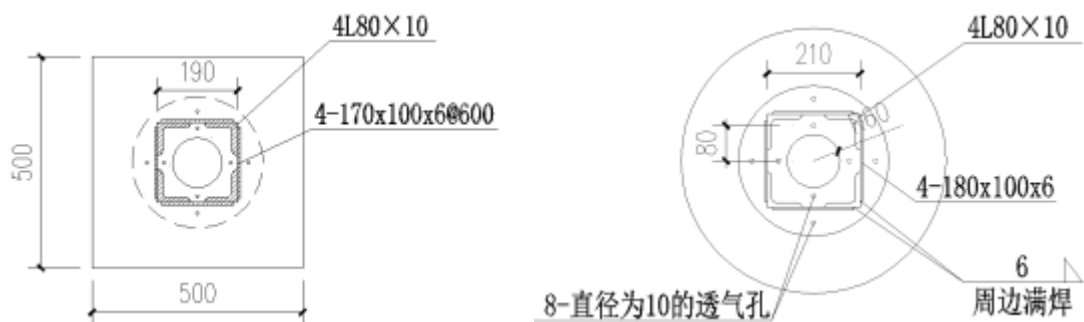


图 3 插芯钢格构柱与端板的连接

(4) 插芯托板采用3mm厚的圆形铁板制作，材质Q235，直径按照空心桩孔径尺寸确定，即

d0-20mm，对于空心方桩托板直径可取290mm,空心管桩托板直径可取320mm。插芯托板与插芯钢格构柱采用焊接连接

(5) 插芯钢格构柱与预制空心桩部分的连接，主要通过插芯区域浇灌混凝土和插芯部分的连接端板与空心桩端板进行焊接：在插芯托板四周增设海绵条，防止浇灌的混凝土进行振捣时，出现漏浆，浇灌混凝土采用C40微膨胀混凝土，从而确保插芯钢格构柱与空心桩充分连接。连接端部与空心桩端板的焊缝质量须满足图集要求。

(6) 上部钢格构柱与插芯钢格构柱的连接：在钢格构柱端部增设三角形加劲板，钢格构柱与插芯钢格构柱的连接端板进行焊接，并通过加强的加劲板进行焊接。

二、组合立柱施工工艺创新

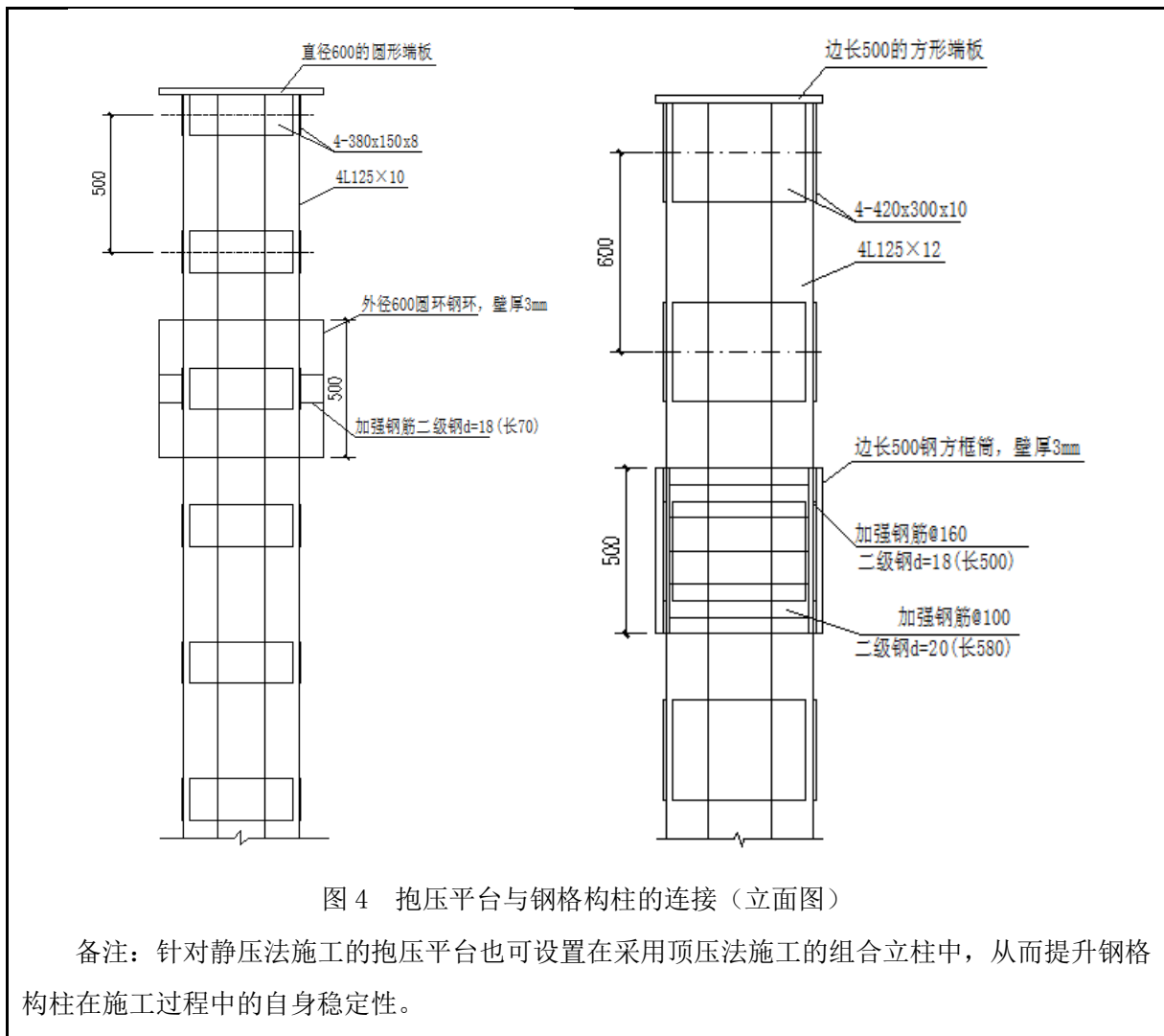
上部钢格构柱主要根据支撑所传递的荷载进行计算确定，截面形式为正方形，边长一般选取420~470mm之间。本新型组合立柱体系主要研究如何利用普通桩基施工设备顺利进行施工。

(1) 顶压法：钢格构柱不仅要承担支撑所传递的荷载，还应承担施工过程中顶压应力，可按照预估极限承载力的1.5倍考虑，或由周边空心桩顶压施工过程中的压桩力来确定（必要时进行引孔施工），顶部增设与空心桩桩径（边长）相同的端板，厚度与方桩端板一致，与钢格构柱焊接，材质为Q345B级。

(2) 抱压法：与顶压法类似，钢格构柱不仅要承担支撑所传递的荷载，还应承担施工过程中的抱压应力。在设计前，应充分了解相邻工程桩的施工情况，尤其是施工荷载（必要时进行引孔施工），再根据《建筑桩基技术规范》进行验算，确保钢格构柱承载能够满足承载要求。由于钢格构柱的截面既比方桩径截面小，又与管桩截面类型不同，相应地在进行桩基施工过程中，抱压的夹具仅适用于管桩（方桩），对于钢格构柱截面无法适用。因此，在钢格构柱不同位置设置与管桩桩径或方桩边长一致的抱压平台，从而解决利用抱压夹具顺利进行钢格构柱段的施工，具体如下：

1) 抱压平台的设置位置：根据静压桩机抱压夹具的行程及地下室底板的厚度、地下室楼板位置、支撑的位置及厚度进行布置，抱压平台需要避开地下室底板、地下室楼板、支撑等位置。抱压平台的间距一般按照1.5m~2.0m进行设置，所设置的抱压平台均应与管桩（方桩）处于同心，误差应控制在5mm以内。

2) 抱压平台的制作要求：在需要设置抱压平台的位置，采用3mm的钢板制作成高度为500mm与管桩桩径（方桩边长）相同圆环（方框），通过加强钢筋与钢格构柱缀板相连，内部浇灌C40混凝土，典型做法具体见图4。



四、第三方评价

我司于2015年8月、2017年2月组织专家分别对康居新江南四期夏苑（二期）B标、樾河小学项目的基坑围护专项施工方案进行论证，评审专家一致认为采用预制空心桩组合立柱体系在设计上可满足水平支撑体系传递的竖向荷载传，进一步优化预制空心桩与钢格构柱的连接，修改后方案可行。（详见附件2）

江苏省建筑行业协会组织专家召开了“基坑支撑预制空心桩组合立柱体系关键技术研究”课题成果评价会，评价委员会一致认为该项目成果达到国内先进水平，值得推广。（详见附件3）

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

该关键技术可推广应用于内支撑式一道或多道支撑支护的深基坑立柱体系以及位于基坑内需要采用组合式的塔吊基础。同时，其装配化的施工减少了大量湿作业工作量，明显缩短施工工期及节约项目成本，符合以人为本、科学发展、低碳减排、绿色施工的先进理念。

应用项目1：康居新江南四期夏苑（二期）B标（12-16#、18#、19#、22#、23#、25#楼、地下车库）

由昆山城市建设投资发展集团有限公司建设的康居夏苑二期B标工程，位于昆山市高新开发区，北临康居路、东临思常路、西临康居商业、南临康居公园，整个基地总用地面积约为6.3万平方米。基坑规模：本基坑开挖面积约62349.396m²，支护长度约为1210.263m，分为两个区段，通过后浇带进行分割，其中由我司承担的西侧区域基坑开挖面积为33168.198m²，基坑外围支护周长为603.9m。基坑中部、南部区域内共6根立柱原设计采用钻孔灌注桩+钢格构柱型式，后经我司（原江苏中大建设集团有限公司）创造性提出采用预应力空心管桩代替灌注桩，对此新型立柱的承载力复核、确认满足要求，设计修改，并进行专家论证，通过后于2015年8月26日至2015年10月29日应用于本工程。在经济上，共节省2.58万元，节约工期2天，产生了明显的经济效益。在环境上，由于采用装配式结构，施工质量得以大量提升，加之采用静压法施工，噪音能够得以有效控制，同时也减少了常规钻孔灌注桩泥浆对环境的污染，属于环境友好型的一项绿色施工技术。经本工

程应用，收到同行业的一致好评，该创新成果具有良好的应用前景。

应用项目2：樾河小学行政楼（A）、教学楼（B/C/D/E/F）、地下车库（含人防）及室外配套工程

由昆山经济开发区社会事业管理局建设的樾河小学工程，位于昆山市经济技术开发区樾河路西侧，南浜路南侧，总建筑面积为41182.79m²。基坑规模：地下一层地库（含人防）总建筑面积9088.69m²，整体呈“Z”形，围护面积约9200m²，东西向最长处约100m，南北长约180m，围护周长740m。基坑A区、F区内共37根立柱原设计采用钻孔灌注桩+钢格构柱型式，后经我司（原江苏中大建设集团有限公司）创造性提出采用预应力空心方桩代替灌注桩，对此新型立柱的承载力复核、确认满足要求，设计修改，并进行专家论证，通过后于2017年3月19日至2017年8月31日应用于本工程。在经济上，共节省29.35万元，节约工期11.5天，产生了明显的经济效益。在环境上，由于采用装配式结构，施工质量得以大量提升，加之采用静压法施工，噪音能够得以有效控制，同时也减少了常规钻孔灌注桩泥浆对环境的污染，属于环境友好型的一项绿色施工技术。经本工程应用，收到同行业的一致好评，该创新成果具有良好的应用前景。

应用证明详见附件4。

2、近年直接经济效益 31.93 单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
累 计				

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

樾河小学工程北部F区域基坑支护采用三轴水泥搅拌桩内插型钢+一道混凝土支撑，本区域共有29根立柱。通过采用预应力空心方桩+钢格构柱新型立柱形式替代钻孔灌注桩+钢格构柱立柱形

式，并对施工中各项材料及人工费用进行对比：

钻孔灌注桩+钢格构柱造价

序号	名称	单价	总价（元）
1	灌注桩	638m×436.77 元/m	278659.26
2	钢筋笼	34.56t×3612.05 元/t	124832.45
3	大型机械设备进出场及安拆	1×5664.54 元/次	5664.54
4	钢柱制作、运输、安装费	32.722t×6912.48 元/t	226190.17
5	合计		635346.42

预应力空心方桩+钢格构柱造价

序号	名称	单价	总价（元）
1	预应力混凝土空心方桩	638m×264.35 元/m	168655.30
2	钢柱制作、运输、安装费	20.142t×7112.48 元/t	143259.57
3	预埋铁件制作、安装费	9.88t×8637.96 元/t	85343.04
4	砼方桩内灌芯	7.89m ³ ×665.13 元/m ³	5247.88
5	砼抱压平台填充	3.37m ³ ×538.04 元/m ³	1813.19
6	抱压平台封模模板材料费	14.93m ² ×66.39 元/m ²	991.20
7	合计		405310.18

通过对比，采用预应力空心方桩+钢格构柱新型组合立柱形式共节约成本230036.24元；在施工进度上，通过对比灌注桩施工工艺，共节约工期9天。樾河小学A区采用8根预应力空心方桩+钢格构柱新型组合立柱形式，共节约成本63442.43元，节约工期2.5天。康居夏苑二期B标工程采用6根预应力空心管桩+钢格构柱新型组合立柱形式，共节约成本25800元，节约工期约2天。

预应力空心桩与钻孔灌注桩比较，同等承载力下，钻孔灌注桩的价格比预应力桩的价格高一倍以上；由于采用该新型立柱型式，钢格构柱在制作上增加了一定的材料和劳动力费用，但相对于桩基费用的减少可以忽略不计，对于大型基坑项目其经济性是非常明显的。经初步估算，每根立柱的费用可以节约6000~10000元。

3、社会效益（限 200 字）

在质量上，采用该新型组合立柱形式，不仅保证立柱的承载能力，避免了灌注桩施工质量缺陷带来的承载力不足的问题，且施工节点简单，对地下室结构施工影响较小，从而保证了结构防水及结构实体的施工质量。在进度上，该新型组合立柱属于钢格构柱与预制空心桩组合的装配式结构，均可在工厂制作好，运抵施工现场进行组装。一根新型组合立柱施工需1个小时左右，而传统灌注桩组合立柱施工需要4个小时左右，大大提升了施工效率。

4、环境效益（限 200 字）

采用静压法施工，噪音能够得以有效控制，同时也减少了常规钻孔灌注桩钻孔过程中产生的大量废弃泥浆对环境的污染，属于环境友好型的一项装绿色施工技术，可在同行业内推广应用。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	《预应力空心方桩集成立柱施工质量控制》 (《工程质量》第38卷第4期)	2020年4月10日	周杰、蒋峰、洪鑫、 顾文斌	论文2019年3月完成
2	《预应力管桩组合立柱施工技术研究》 (《工程质量》第38卷第11期)	2020年11月	蒋峰、周杰、洪鑫、 朱建飞、张宗成	论文2019年6月完成，尚未 发刊
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	预应力管桩立柱	中国	ZL 20151072 6504.6	2017-09-29	2640793	江苏九如建设有限公司	洪鑫； 张振良；张宗成
2	发明专利	预应力方桩与钢格构柱集成立柱	中国	ZL 20151072 6126.1	2017-10-24	2666160	江苏九如建设有限公司	洪鑫
3	工法	预应力管桩+钢格构柱新型立柱施工工法	中国	/	/	JSSJGF201 6-1-109	江苏九如建设有限公司	洪鑫、 张振良、张宗成、 周光伟、朱建飞
4	工法	预应力方桩+钢格构柱新型立柱工法	中国	/	/	JSSJGF201 7-2-128	江苏九如建设有限公司	洪鑫、 蒋峰、 顾文斌、贾国林、 史坤宜
5								
6								
7								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项 目 名 称	基于BIM智慧建设管控平台		
完 成 人	潘龙、屈俊峰、刘清泉、徐正宏、潘卓兮、王友高、王骁睿、陆亚珍、集永辉、何其刚、王海江		
完 成 单 位	江苏龙腾工程设计股份有限公司 江苏龙腾数字建造技术研究院有限公司		
推荐单位（盖章）	南京市城乡建设委员会		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
江苏省住建厅2018年科技指导性项目（主持）	基于BIM智慧建设管控平台	2018ZD140063	2020-06-29
住建部2018年装配式建筑科技示范项目（主持）	禄口街道肖家山及省道340拆迁安置房项目	2018-S9-020	2020-07-31
“十三五”国家重点研发计划课题子课题（主持）	基于BIM的预制装配式建筑分析设计软件应用	2016YFC070200 2.10	2019-06-31
江苏省住建厅2018年科技指导性项目（参与）	装配式建筑产业信息服务平台建设与应用研究	2018ZD140066	2020-12-31
南京市2017年市级建筑产业现代化示范课题（参与）	基于装配式建筑构件分类及其数据库编码规则的质量监控管理信息系统关键技术研究		2017-12-31
授权发明专利（项）	1	授权其他知识产权（项）	5
起止时间	起始：2017年1月1日	完成：2020年6月30日	

二、项目简介

1.研发背景

长期以来，我国建筑业工业化、信息化水平较低，2015年住建部发布了《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》，全面推行项目全生命周期、各参与方的BIM应用；《“十三五”建筑业信息化发展纲要》指出应增强BIM、互联网等技术集成应用能力；2020年印发了《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》，强调大力发展装配式建筑和加快打造建筑产业互联网平台是促进建筑业转型升级、实现高质量发展的重点内容。BIM技术与互联网技术的深度融合是开发面向建筑领域的综合管理平台的关键技术所在，是促进建筑业数字化、智能化升级的关键支撑，也是推动智能建造与建筑工业化协同发展的重要工作。

BIM工程管理平台是深度集成BIM技术与互联网技术的新型科技产品，涉及项目全过程的设计、施工、运维管理等，用于解决项目管理信息化水平低下、工程信息断层、数据信息难以实现可视化和共享的问题。目前，国内只有少数大型软件厂商开发了一些商用的BIM工程管理平台，如广联达协筑云平台、鲁班BIM系统平台等，基本涵盖了模型、造价、质量、进度等基础功能，但是BIM轻量化技术仍不够成熟，存在多种使用功能缺陷，此外上述平台仅在设计、施工、咨询或运维的某一环节发挥作用，尚难以解决工程数据互联互通和多方参与协同管理的问题，无法满足当下EPC模式对BIM工程管理平台的技术要求。

2.主要科学技术内容

面对BIM轻量化产品普及率不高或技术不完善以及EPC模式对数字化、信息化、智能化管理平台高度需求的现状，江苏龙腾工程设计股份有限公司联合江苏龙腾数字建造技术研究院有限公司深入解读了EPC模式下工程总承包单位在项目过程中遇到的管理、协调、施工、审查等各环节各类问题，共同研发了**面向EPC的基于BIM智慧建设管控平台**。

本平台攻克了BIM技术与互联网技术深度集成的多项技术难点，基于IFC解析技术、Web三维渲染技术和模型拾取技术实现了各专业BIM模型的统一解析和轻量化处理，实现了项目成果全数

字化交付、全专业可视化审查和全生命周期的信息共享，搭载BIM+VR+物联网集成技术，建立了面向EPC的BIM智慧建设管控平台，同时，本平台联合基于Revit二次开发的预制构件参数化设计技术，极大拓展了BIM智慧建设管控平台在装配式建筑项目管理领域的附加功能价值。

本平台构建了建设、工程总承包、监理、设计和施工“五方协同”的管理体系，集设计、生产、成本、质量及安全管理、进度预警和智慧施工于一体，实现各参与方信息化、智能化、规范化、可视化管理，业务覆盖EPC项目管理、工程全过程咨询及装配式建筑项目管理，下设多个子平台，支持多项目同时在线，是具备自主知识产权的BIM综合管控平台。

3.项目成果及应用推广情况

项目成果获授权专利4项（发明1项），软件著作权2项，发表科技论文5篇，科技内容是多项省部级课题、政策的核心科技支撑，已成功应用于4个工程项目管理，极大提升了项目管理水平，已累计节约建设成本3600多万元，经济效率显著，服务内容涉及EPC项目管理、工程全过程咨询和装配式项目管理，推广应用前景广阔。

三、主要科技创新

面对BIM轻量化产品普及率不高或技术不完善以及EPC模式对数字化、信息化、智能化管理平台高度需求的现状，江苏龙腾工程设计股份有限公司联合江苏龙腾数字建造技术研究院有限公司，深入解读了EPC模式下工程总承包单位在项目过程中遇到的管理、协调、施工、审查等各环节各类问题，共同研发了**面向EPC的基于BIM智慧建设管控平台**，攻克了BIM技术与互联网技术深度集成的多项技术难点，基于IFC解析技术、Web三维渲染技术和模型拾取技术实现了各专业BIM模型的统一解析和轻量化处理，实现了项目成果全数字化交付、全专业可视化审查和全生命周期的信息共享，搭载BIM+VR+物联网集成技术，建立了面向EPC的BIM智慧建设管控平台，同时，本平台联合基于Revit二次开发的预制构件参数化设计技术，提升了BIM技术在装配式建筑领域的应用深度。本平台服务于EPC模式，实现管理的可视化、智能化、规范化及信息化，极大提升了工程项目管理水平，产生了显著的经济、社会和环境效益，为推动智慧建设、促进建筑业转型升级、实现高质量发展提供技术支撑和管理平台，主要科学技术内容如下：

创新点一：基于 Web 的 BIM 模型轻量化技术

BIM 管控平台推广应用首要解决的技术问题是打破 BIM 软件的束缚，实现管理人员对 BIM 模型的无损网页端浏览和轻度编辑，本平台解决了基于 Web 的 BIM 模型轻量化技术存在的三个主要技术难点：一是 BIM 模型标准数据解析，二是对数据的轻量化处理，三是网页端 BIM 模型的无损重建，总体技术路线如下：

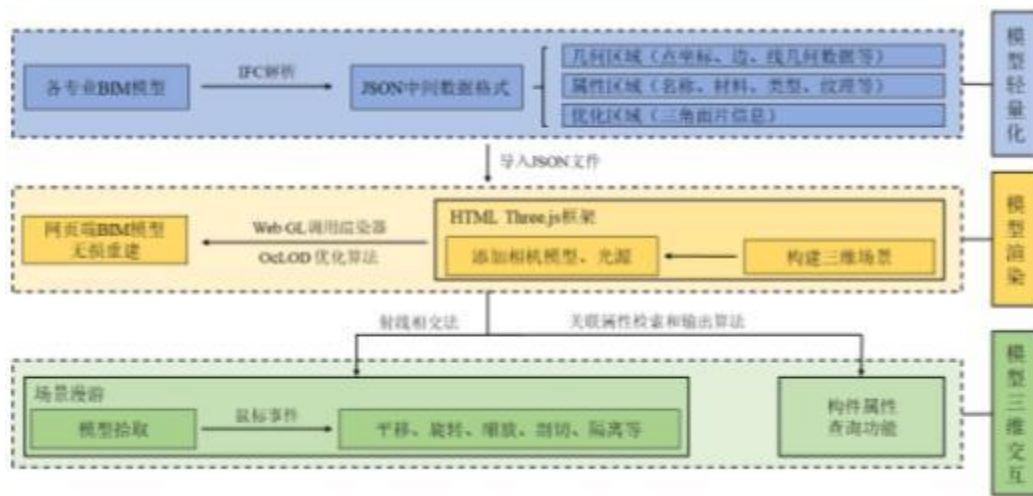


图 1. 基于 Web 的 BIM 模型轻量化总体技术路线

(1) 多专业模型标准数据解析及转换关键技术—基于 JSON 数据格式的 IFC 解析

市场上针对不同使用功能开发的 BIM 软件种类繁多，如建筑建模的 Revit、钢结构的 Tekla、市政的 Civil 3D、施工管理的 Navisworks 等等，不同软件系统之间缺乏统一的数据接口标准，数据传输过程中容易造成模型信息丢失，为了保证 BIM 模型完整无损的跨平台交互，本平台引用了 IFC (Industry Foundation Class) 数据标准的部分内容，但 IFC 文件包含了过多的信息层次、次要数据和重复性描述，造成其数据量庞大，以 IFC 格式作为数据载体进行传输交互对服务器负荷较大，

本平台对 IFC 数据进行了深入解析,研究了 IFC 数据结构,选择轻量级文本形式的数据交换格式 JSON (Java Script Object Notation)作为 IFC 解析的中间文件,将 JSON 划分为几何区域、属性区域和优化区域,开发了一种基于 JSON 数据格式的 IFC 解析模型,采用两重迭代和一个递归算法将 IFC 数据中的资源层关键信息写入属性区域(如名称、材料、构件类型、纹理材质等)、将核心层关键信息写入几何区域(如模型每个点的坐标、面和边的几何数据以及每个点的索引信息),剔除冗余描述,减少了模型的数据量,再基于边折叠算法编写了转换矩阵,将原模型的几何图元进行轻量化处理,转换为适合于渲染引擎绘制的三角面片并写入优化区域。

通过上述流程,实现了 BIM 信息模型的无损压缩,将设计人员及管理人员关心的有效信息以文本形式封装到 JSON 中间文件并进行了轻量化处理,既避免了信息缺失,又保证了实例之间的解耦,实现了模型源文件的轻量化,且数据解析及封装效率极高,解决了 BIM 模型互联网高效传输问题。

(2) BIM 模型轻量化渲染关键技术—基于 WebGL 技术的图形渲染引擎

本平台解决的另一项关键技术是开发了基于 WebGL (Web Graphics Library)的图形渲染引擎,利用 Three.js 框架对网页端 BIM 模型渲染功能进行开发,在搭建的 HTML 框架中引入 Three.js 库,通过 THREE.Scene()构建三维场景,添加相机模型和基础光源,导入 JSON 文件三角面片,利用 WebGL 技术调用顶点着色器和片元着色器直接在浏览器中对模型进行渲染,同时,兼用 OcLOD 渲染优化算法在不影响模型精细度的前提下进一步提升了 BIM 模型的渲染速率,实现将 JSON 文件中包含的 BIM 模型的材质、纹理、光照等属性无差别地在网页端重建。

(3) BIM 模型网页端三维交互关键技术—基于射线相交法原理的模型拾取技术

BIM 模型实现了网页端轻量化显示后,平台使用人员还希望能够对模型进行旋转、缩放和移动等交互性操作,并能够实时查询特定构件的属性信息,本课题针对这一技术难点,基于射线相交法原理编写了世界坐标向量和视图坐标向量的转换矩阵,实现了对 BIM 模型的拾取,并设计了关联属性检索和输出算法,达到实时查询构件属性的目的,再通过对鼠标事件的编码,使用 Trackball Controls.js 轨迹球进行模型的平移、旋转、缩放、剖切、隔离、隐藏和查看属性等操作,最终实现场景漫游功能。

创新点二: 基于 Revit API 的预制构件参数化设计技术

近年来,依托 BIM 建模以标准部品部件为基础的标准化设计是装配式建筑发展的主流趋势,即利用 BIM 技术创建标准化部品部件库、预制构件库、或者更高层级的功能模块库,通过对构件或模块的选择与组合设计建筑模型,但是这种设计理念对标准化构配件库的内涵需求较高,需要提前录入大量丰富的族库信息供选择,否则可能出现可选构件类型单一、户型个性化不足的问题。

本课题针对上述问题,对 BIM 在装配式建筑中应用的关键技术展开了研究,以预制构件设计为核心,基于 Revit API 开发“动态”族库,实现了预制构件参数化设计:利用 Revit API 平台,将建筑模型各类信息以参数形式表达,创建了一个高度自由、参数可变的“动态”族库,同类构件仅需创建一个动态族,该类构件的其他规格只需修改参数即可自动生成。本技术攻克了钢筋族尤其是斜向钢筋族难以参数化的技术难点,基于多层嵌套、基准坐标和立面旋转算法提出了含斜向钢

创新点四：面向 EPC 的基于 BIM 智慧建设管控平台

在前述多项关键技术支撑下，本课题深入解读了 EPC 模式下工程总承包单位在项目过程中遇到的管理、协调、施工、审查等各环节各类问题，开发了面向 EPC 的 BIM 智慧建设管控平台，创建了建设方、工程总承包方、监理方、设计方和施工方“五方协同”的管理体系，建立了项目成果全数字化交付标准，集前期管理、设计管理、采购管理、生产管理、成本管理、施工管理于一体，实现了全专业可视化审查和全生命周期的信息共享，平台内整合虚拟施工和场景漫游技术优化施工流程，同时编入了工程进度自校算法，具备自动分析进度报告和智能进度预警功能，实现了智慧施工，极大提升工程项目管理水平，核心技术功能架构如下：



图 7.面向 EPC 的基于 BIM 智慧建设管控平台功能架构

(1) 项目成果全数字化交付标准

本平台规定了各专业各阶段项目成果数字化交付的内容，包括：①合同规定的工程各阶段的相关成果，如设计、施工、竣工、运维 3D 模型，各专业 BIM 模型直接上传，不需格式转换，提高管理效率；②项目各参与方管理的过程文件及归档文件，如项目合同、招投标文件、采购文件、设计服务单、施工日志、进度报告、会议记录、项目公告、表单协同等；③项目验收需提交的各类工程管理和技术材料。同时，本平台制定了各项内容的交付标准，实现标准化和规范化管理。

(2) 全专业可视化审查和全生命周期信息共享

①平台支持网页端浏览 BIM 模型，且具备二维图纸和 3D 模型整合技术（图 8），实现了全专业可视化审查，大幅提高排查“错、碰、漏、缺”问题的效率，减少后期变更成本。

②平台提供了生产、设计、施工、质量、安全各环节的网络管理方案，项目各方对交付文件中的任何问题均通过平台发布，明确责任方，问题整改或回复也通过平台提交，复核通过后闭环归档，实现全流程可回溯。所有审查确认以电子签形式，全面实现无纸化办公，提高管理效率。

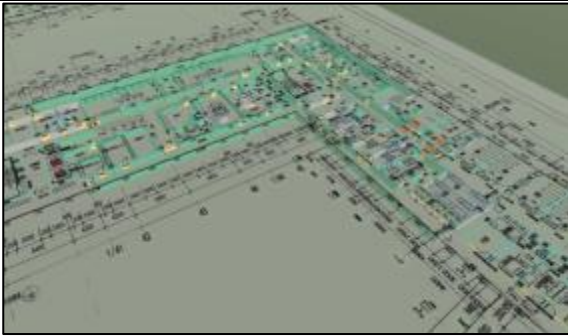


图 8.二维图纸与 3D 模型平台内整合



图 9.综合管线可视化

(3) 智慧施工

本平台以权责制为原则，建立了完善的施工组织管理制度，通过信息化、规范化管理实时掌握施工作业进度，提高管理人员现场管控力，保证安全生产管理，借助 BIM 模型可视化技术提前优化施工方案，切实提高现场作业质量和效率，节省施工成本，达到智慧施工技术要求：

①施工方案可视化：通过虚拟施工动画和模型内场景漫游两种形式进行施工方案审查，如施工场地规划合理性审查，手机端观察 BIM 模型结合现场地况优化材料堆放区、运输路线等，加快决策速度，确保方案可行性，突显智慧施工的优势。

②复杂节点技术交底：对复杂节点的 BIM 模型进行网页端投放，如复杂的钢筋节点和综合管线 (图 9)，通过平台完成钢筋排列或管线交错方式交底，指导施工人员对安装工序进行预先优化，规避现场问题，极大提高了施工质量和效率。

③施工任务可追溯：本平台以权责制为原则，记录构件进场检查、施工日志、吊装验收、进度报告等阶段性文档，并具备日期筛选和关键词过滤功能，可以追溯全施工流程任意阶段的施工进度或后续施工计划，方便进行物资采购计划和资金投入决策等工作，实现信息化管理。

(4) 数据分析和进度预警

本平台内置工程进度自校算法，可以对各项数据进行结构化统计分析，将各项数据通过图表、表格的形式反馈，并自动对比进度报告和进度计划，对施工进度进行智能化预判，预防工期延误，实现智能化项目管理，技术特点如下：

①平台可以自动提炼业务数据，动态呈现各类报表，包括项目的当前产值完成率、构件过程流转信息记录、工厂已发货构件数量、场地库存数量、发货准时率分析、物流信息记录等等。

②平台自动对比分析项目进度提前或滞后，利用 CPM 关键路径算法自动计算延期天数，通过设置计算周期和预警阈值发布项目进度预警，并邮件通知责任主体，包括发货预警、收货预警、项目延期预警，并根据影响工程进度重要性区分预警级别。



图 10.基于 BIM 智慧建设管控平台主页



图 11.数据分析及进度预警功能

综上，本平台面向EPC项目管理，攻克了BIM与互联网技术深度融合的多项技术难点，搭载Revit预制构件参数化设计技术和BIM+VR+物联网集成技术，实现了项目全数字化交付、全专业可视化审查和全生命周期信息共享，构建了“五方协同”的管理体系，集设计、生产、成本、质量及安全管理、进度预警和智慧施工于一体，实现各参与方信息化、智能化、规范化和可视化管理，拓宽了BIM技术的应用范围，提升了建筑业项目管理水平，获得了显著的经济、社会和环境效率，促进了建筑业数字化、智能化转型升级，为推动智能建造与建筑工业化协同发展作出了有力贡献。

四、第三方评价

“基于 BIM 智慧建设管控平台”专家验收意见

2020年7月17日，受江苏省住房和城乡建设厅委托，南京市城乡建设委员会组织召开了江苏龙腾工程设计股份有限公司和江苏龙腾数字建造技术研究院有限公司承担的江苏省建设系统科技项目（指导类）“基于BIM智慧建设管控平台（项目编号：2018ZD140063）”成果验收会。验收委员会（名单附后）听取了项目组的工作总结和技术报告，进行了平台实操演示，并审查了相关技术材料，经过质询和讨论，形成验收意见如下：

1、项目组提交的技术成果资料完整规范、数据翔实，符合验收要求。

2、此项目为参建各方提供项目管理即时动态的信息共享和数据分析，基于BIM技术实现数字化交付和全生命周期信息共享，将项目工程管理与BIM交互融合，为全过程工程咨询、EPC项目的管理服务,达到管理的可视化、标准化、规范化及信息化，形成了具有自主知识产权的项目智慧建设管控平台。

3、该项目成果已在4个项目（其中3个项目为装配式建筑）上得到了应用，对全过程工程咨询、EPC工程总承包项目管控具有明显的成效，具有较高的推广应用价值。

4、项目组取得软件著作权登记证书两项。

验收委员会认为该项目完成了计划任务书规定的研究内容和考核指标，一致同意通过验收。

证明材料见附件“评价证明—科学技术成果鉴定证书”。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

基于 BIM 智慧建设管控平台攻克了 BIM 技术与互联网技术深度集成的多项技术难点，实现了项目成果全数字化交付、全专业可视化审查和全生命周期信息共享，构建了建设、工程总承包、监理、设计和施工方“五方协同”的管理体系，集设计、生产、成本、质量及安全管理、进度预警和智慧施工于一体，实现各参与方信息化、智能化、规范化、可视化管理，目前，本平台已成功应用于 4 个工程项目管理（其中 3 个项目为装配式建筑），解决了管理层面繁杂、信息孤岛严重、项目管控滞后等诸多问题，提高了工程整体数字化交付质量和效率，拓宽了 BIM 技术的应用范围，保证了工程质量、安全和进度，显著提升了工程项目管理水平，并在工期提前、管理成本降低、材料节省、软硬件成本节约方面取得了良好的综合经济效率，共计产生经济效益 3602 万元，本平台促进了建筑业数字化、智能化转型升级，为推动智能建造与建筑工业化协同发展作出了有力贡献，可在各类 EPC 项目管理、工程全过程咨询服务及装配式建筑项目管理中大规模推广应用，具有较高的推广应用价值。

典型案例：

在“江宁开发区将军大道人才公寓项目”中，多方协同运用了“基于 BIM 智慧建设管控平台”，规范了工程项目管理内容，实现了项目成果全数字化交付和可视化管理，优化了施工流程，借助平台的 BIM 模型可视化技术和智能进度预警功能，提前优化施工方案，人工、材料、机械得到了合理的分配，减少了无效等待时间和返工时间，工期提前 23 天，减少了由于施工图原因造成的设计变更，同时避免了大多数现场问题造成的材料、人力、机械浪费，节约材料成本约 5%，多方协同+无纸化办公极大提高了任务流转效率，提高了管理人员管控力，解放了部分管理人员职能，节约管理成本约 20%，产生的综合经济效益达 1224 万元，取得了显著的经济、社会和环境效益。

本平台推广应用项目列表

编号	项目名称	应用单位	起止时间	节约成本 (万元)
1	江宁开发区将军大道人才公寓项目	南京江宁经济技术开发总公司	2017.12-2020.06	1224
2	六合经济开发区科技园一期项目	南京六合经济开发区科技创业有限公司	2018.06-2020.06	1056
3	禄口街道肖家山及省道 340 拆迁安置房项目	南京江宁区人民政府禄口街道办事处	2017.12-2020.12	1097
4	汤山度假区鹤寿路以南地块幼儿园项目	南京汤山建设投资发展有限公司	2019.02-2020.12	225
合计				3602

2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2017年	945	138		
2018年	1440	212		
2019年	1725	291		
累 计	4110	641		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

本平台产生的综合经济效益主要体现在四个方面：

工期提前：借助本平台的BIM模型可视化技术和智能进度预警功能，提前优化施工方案，人工、材料、机械得到了合理的分配，减少了无效等待时间和返工时间，以江宁开发区将军大道人才公寓项目为例，工期提前了23天，约占总工期3%，提前工期直接转化为经济效益；

管理成本：项目各参与方借助本平台统一管理工程中各项事件，多方协同+无纸化办公极大提高了任务流转效率，提高了管理人员管控力，解放了部分管理人员职能，管理成本约节约20%；

材料成本：一线技术人员在现场通过移动端及时校对BIM模型，减少了由于施工图原因造成的设计变更，同时避免了大多数现场问题造成的材料、人力、机械浪费，节约材料成本约5%；

软硬件成本：本平台的构建成本低廉，除配置主服务器完成云计算任务外，无需任何软硬件支持，BIM轻量化技术极大节省了技术人员和管理人员软硬件配置成本。

3、社会效益

本平台响应国家政策内容，积极推广BIM与互联网等技术的集成应用，解决了BIM技术应用落地的核心问题，面向EPC项目，打造了基于BIM的建筑业互联网管理平台，实现了项目数字化交付和可视化管理，解决了管理层面繁杂、信息孤岛严重、项目管控滞后等问题，保证了工程质量、安全和进度，实现了多方协同的智能化、信息化、规范化管理，促进了建筑业数字化、智能化升级和高质量发展，推动了智能建造与建筑工业化协同发展，具有显著的社会效益。

4、环境效益

本平台加强了建设工程管控力度，规范了工程项目管理内容，监督落实环保措施，在贯彻绿色文明施工、打造智慧工地方面起到了积极作用，节约建设成本、保护环境，具有良好的环境效益；同时，本平台提升了企业数字信息综合利用水平，提高了工程数字化交付标准，基于BIM平台的数字化交付必将成为工程项目管理的主流趋势，本平台走在了行业前沿，并已在多个工程项目中推广应用，具有提高建筑业项目管理水平、改善市场竞争环境的积极作用。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	设计院负责的EPC工程总承包项目实践/中国勘察设计	2018/10/15	潘龙	潘龙.设计院负责的EPC工程总承包项目实践[J].中国勘察设计,2018,313(10):44/47.
2	BIM技术在装配式建筑中的应用/工程建设与设计	2020/02/28	陆亚珍等	陆亚珍,吴限,吴彬,崔安平,周乃. BIM技术在装配式建筑中的应用[J]. 工程建设与设计,2020,000(004):17/18.
3	BIM下建筑结构施工图设计分析/建材与装饰	2018/12/21	陆亚珍	陆亚珍.BIM下建筑结构施工图设计分析[J].建材与装饰,2018,000(051):67/68.
4	装配式混凝土结构竖向预制构件设计/建筑技术开发	2018/07/25	屈俊峰,陆亚珍等	屈俊峰,陆亚珍,曹跃峰,袁华安,许海.装配式混凝土结构竖向预制构件设计[J].建筑技术开发,2018,45(14):22-24.
5	装配整体式混凝土结构与现浇混凝土结构设计区别的探讨/建筑技术开发	2018/09/15	高榕泉,屈俊峰,陆亚珍等	高榕泉,屈俊峰,陆亚珍,曹跃峰,袁华安.装配整体式混凝土结构与现浇混凝土结构设计区别的探讨[J].建筑技术开发,2018,45(17):17-18.

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	BIM技术在装配式建筑中的应用	国家速滑馆桩基工程基于BIM的高效施工技术/张怡等	施工技术/1.181	2020/05/25
2	BIM技术在装配式建筑中的应用	BIM技术在装配式建筑工程施工中的应用研究/王长胜等	智能建筑与智慧城市/0.233	2020/07/25
3	BIM技术在装配式建筑中的应用	BIM技术在全装修保障性住房上的切实运用/余飞等	城市建筑/0.761	2020/05/25
4	装配整体式混凝土结构与现浇混凝土结构设计区别的探讨	现浇整体式混凝土楼梯施工/王守贞	建筑技术开发0.089	2020-03-25
5	装配整体式混凝土结构与现浇混凝土结构设计区别的探讨	装配式混凝土拼接连梁剪力墙抗震性能试验研究/李松佶	哈尔滨工业大学/硕士学位论文	2019-06-01

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	授权发明专利	BIM 非几何信息数据库的结构化与交互的方法及系统	中国	2016112146361	2020.06.30		江苏龙腾工程设计股份有限公司	潘龙等
2	授权实用新型专利	一种预制外墙竖向防水节点	中国	2019211196682	2020.04.14	10996042	江苏龙腾工程设计股份有限公司	潘龙等
3	授权实用新型专利	一种外围护减轻预制墙连接节点	中国	2019211200762	2020.04.14	10981457	江苏龙腾工程设计股份有限公司	潘龙等
4	授权实用新型专利	剪刀楼梯	中国	2017206047509	2018.09.07	7818128	江苏龙腾工程设计股份有限公司	潘龙等
5	软件著作权	基于 BIM 的智慧建设协同管控平台 V1.0	中国	2019SR0641346	2019.06.21	4062103	江苏龙腾数字建造技术研究院有限公司	
6	软件著作权	龙腾数字基于 BIM 多方系统数字化项目管控软件 V1.0	中国	2019SR1125476	2019.11.07	4546233	江苏龙腾数字建造技术研究院有限公司	

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	基于地铁建设的共同管廊应用研究		
完成人	赵勇坚、丁勇、龚焱、黄新炎、王晓觅、谢迁、李平、余运意、刘井浪、王伟、曹朝		
完成单位	江苏建科工程咨询有限公司、南京理工大学、常熟市天然气有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
2015年度省建设系统科技项目计划项目	基于地铁建设的共同管廊应用研究	2015JH08	2017.7
授权发明专利（项）	2	授权其他知识产权（项）	2
起止时间	起始： 2015 年 7 月 1 日	完成： 2017 年 7 月 1 日	

二、项目简介

(限 1200 字)

综合管廊作为保障城市运行的重要基础设施和“生命线”，它能够有效减少因各种市政管线工程施工而导致的“马路拉链”等现象的发生，使得城市的地下资源得到合理的利用，方便居民的日常生活，减少浪费城市地下资源、改善城市环境的污染程度。在规划建设综合管廊时，难免会与已建地铁或者规划建设地铁产生一部分“交集”，这部分“交集”主要体现在地铁与综合管廊在空间结构、物质信息等方面。本项目主要针对可能出现的一些“交集”情况进行相应的研究，为将来地铁与综合管廊建设者提供相对可靠的参考依据。主要研究内容如下：

1、通过查阅国内外相关资料，提出了地铁与综合管廊的“共生”（主要指的是管廊与地铁在空间位置上有部分连接的结合方式，即两者有共用的结构，这种结合方式主要发生在管廊与地铁站之间）、“穿越”（主要指管廊与地铁隧道在空间上距离近但不接触，两者无结构共用，也没有物质、信息等的交流，一般表现为管廊上穿地铁隧道）、“交互”（主要指管廊与地铁在物质、信息等方面有交流，尤其体现在管廊与地铁的各个附属系统之间的相互联系，比如监控系统、供电系统、排污系统等）等结合方式，并针对这些结合方式进行了可行性分析，尤其对于两者结合过程中可能出现的一些问题提出了相应的解决方法。

2、考虑到综合管廊内需要敷设燃气管线，而燃气管线敷入后需考虑其如果发生爆炸对于地铁的影响，因此采用了 AUTODYN 软件建立燃气管舱、舱内空气、炸药、地铁隧道以及周围覆土的三维模型，并选定 TNT 当量法模拟了管廊中发生爆炸时邻近地铁隧道的动力响应，以此来研究综合管廊内燃气舱室若发生燃气泄漏爆炸，将对其正下方且前行方向一致的地铁隧道会有何影响及其影响的严重程度，并且还得出不同土体、管廊和地下轨道交通之间所隔距离长短等因素对管廊发生爆炸所产生冲击波的传递均有一定影响作用的结论。

3、考虑到综合管廊燃气舱室发生爆炸还会对地铁的人流密集区产生不利影响，因此利用 FLUENT 软件，在验证了数值模拟的有效性以及准确性后，通过建立燃气管舱以及与之流通的空气域二维模型，研究了不同点火位置情况下模型中冲击波超压的

传播规律以及温度分布规律；利用超压准则评估了典型燃气管舱中发生最危险爆炸时对管舱上方人体以及建筑物的损伤范围；不仅如此，还研究了在燃气管舱下方设置泄压口时的泄爆过程，并分析了不同泄压口位置、不同泄压口大小对于泄压效果的影响，最终得出泄压口长度与对应的通风口或者投料口长度的较优比值。

4、在以上研究内容的基础上，并根据目前综合管廊燃气管舱设计规范，强化了综合管廊燃气管舱的防爆设计，包括强化燃气管道的设计要求、综合管廊燃气管舱内部的监控系统设计以及抗爆管廊设计。根据此要求开发了一种综合管廊天然气管道监测控制系统及方法、一种城市综合管廊用管道沉降自动控制支座、一种具有增敏防护功能的光缆感温系统以及一种新型防爆综合管廊。

三、主要科技创新

(限5页)

本课题通过理论分析+数值模拟+典型案例相结合的方式，详细而又深入的研究了基于城市建设的共同管廊应用技术，形成以下几点技术创新：

1、首次提出了管廊与地铁的“共生”、“穿越”、“交互”的三种结合方式。

(1) 明确了“共生”结合方式主要指的是管廊与地铁站的结合，而且此时管廊中不建议收纳燃气管线，以免产生意外对周围人和物造成巨大损害。并且在地下综合管廊管理施工设计方案制定的原则基础上，以典型工程案例为背景，掌握了管廊与地铁车站在空间上最为合理的布置方式是管廊设于地铁顶部，实现地铁的顶板与管廊的底板共用的目的。

(2) 明确了“穿越”结合方式若是新建管廊上穿既建地铁隧道，则可能引起地铁隧道的上浮，若新建地铁隧道下穿既建管廊，则可能引起管廊的下沉，因此在施工中应该采取相应的措施来对既有隧道或者管廊进行安全保护。

(3) 明确了“交互”结合方式主要体现在管廊与地铁的各个附属系统之间的相互联系，与共生一样，交互的结合方式只能发生在管廊与地铁站之间。通过管廊与地铁车站的交互结合，管线检修困难及安全问题可以得到良好的解决，如地铁车站可直接由综合管廊供电供水，车站产生的污水也可直接排至综合管廊的污水管中。除了水电等物质交互，管廊与车站还可实现信息交互，如管廊中的通信、信号电缆进入地铁站、两者共用监控系统等。管廊与地铁车站可实现逃生通道相互借用，若发生事故，人员可从两者的逃生通道共同撤离。

以上三种结合方式为地铁建设与管廊的结合方式和关键控制因素提供技术参考，最终确定兼具技术可行和经济合理的结合体系。

2、对于管廊爆炸对地铁隧道产生的影响，在国内首次运用AUTODYN软件模拟分析得出在综合管廊天然气舱室内，当天然气泄漏浓度达到一定数值时发生爆炸的威力是十分剧烈的。其将对正下方且前行方向一致的圆形地铁隧道产生一定影响，具体表现在圆形地铁隧道拱顶以及拱肩将产生较大的振动速度以及拉应力。

(1) 基于模拟分析结果表明综合管廊与地铁隧道之间的间距越大时，爆炸影响越小。结合示范工程若管廊与地铁周围土质与本课题提出的土质相类似时，建议综合管廊与地铁隧道之间的间距不小于7.2米。

(2) 基于数值模拟分析，提出了一些相应的防爆措施，例如：采用相对较软的土质；增大综合管廊与地铁隧道之间的垂直间距；在天然气管舱内舱壁面上敷设如泡沫铝等有缓冲吸能效果的材料等，来减小爆炸冲击波对地铁隧道产生的影响。

3、对于管廊爆炸对地铁周边人流密集区的影响，在国内首次运行FLUENT分析软件模拟并评估了典型燃气舱室内发生最危险爆炸时对周围人体的和建筑物的损伤范围。

(1) 为保证建筑物在冲击波作用下仍能经过简单的修理继续工作，建议在离燃气管舱投料口处37.5米内、通风口20米内不规划建设一些工业厂房以及高层建筑。

(2) 提出在燃气管舱中设置泄压口来减少燃气管舱中爆炸威力，还提出了当泄压口长度与对应的通风口或者投料口的长度之比 d 在0.6-0.75范围内时，泄压效果较好，效率也较高。

4、提出了一种通过地下雨水调蓄舱进行泄爆的防爆综合管廊。

该设计理念将泄爆板应用于燃气管沟上，发生爆炸时将有效进行泄压，雨水调节舱中的水对爆炸有吸能效果，从而能有效的减小爆炸威力。本发明专利在一定程度上解决了燃气管线入廊的安全问题，同时加入了雨水调蓄舱体现并满足了海绵城市的理念。

5、提出了一种具有增敏防护功能的光缆测温系统。

该系统包括光缆、钢管、三通接头、橡胶圈、环形圆盖、水泵、水源、监控中心。光缆穿过钢管；钢管分段布置在综合管廊或者隧道的顶部；钢管的两头各自接有一个三通接头的第一个接口；三通接头的第二个接口可用所述橡胶圈和环形圆盖组成的密封组件密封起来；三通接头第三个接口连接有一个水泵；水泵都置于同一个水源中，水泵由监控中心控制；光缆接收的信息由监控中心采集。此系统在正常工作时，水泵处于关闭状态，钢管能有效的保护光缆不受到机械破坏（动物啃咬，外力撞击）。当光缆感应到温度过高时，监控中心将控制打开水泵，使水流通此段钢管，从而降低温

度，达到保护所述光缆的目的。

6、获得了专利“一种城市综合管廊天然气管道监测控制系统及方法”。

本发明公开了一种城市综合管廊天然气管道监测控制系统及方法。该系统包括薄膜、空气管道、固定装置、薄膜段承接过渡装置、红外线报警器、进风机、排风机、甲烷浓度传感器，薄膜通过若干个薄膜段承接过渡装置将其支撑在天然管道外侧，其底部通过固定装置固定在地面上，使其形成密闭的薄膜通道，在薄膜通道的两侧分别设置一个空气管道，沿一个空气管道设置若干个进风机，沿另一个空气通道设置若干个排风机，其中起始端的进风机和尾部的排风机与薄膜通道连通，使薄膜通道内的空气流通，在尾部排风机的内部设置甲烷浓度传感器，用于检测薄膜内甲烷的浓度，在薄膜段承接过渡装置的顶部设置红外线报警器，用于检测薄膜的膨胀程度，以确定是否存在甲烷泄漏。本发明能够实时监测天然气管道是否渗漏，并能准确快速定位，及时排出泄露气体。

7、获得了专利“一种城市综合管廊用管道沉降自动控制支座”。

本发明公开了一种城市综合管廊用管道沉降自动控制支座，包括提升机、提升机托架、承压板安放装置、承压板、承压基础和压力传感器，该支座通过使用压力传感器监测支座基底压力的方法，判断管道各支座之间的沉降情况，通过自动控制的提升机将沉降部位的管道提升或降低，并使用钢板安放装置将承压钢板插入提升托架下承担压力，从而达到改变该部位管道支座高度的目的，防止出现因管廊沉降而引起管道沉降导致的管道应力集中和破坏现象。本发明能够实现完全自动化、全天候运行，对于突发沉降事件反应迅速，在沉降控制方面精度比人工操作更高，不仅能节省人工开支，也能减少因为人员经常进出综合管廊带来的安全风险。

8、获得了软件著作权“施工阶段监理风险控制预警系统软件V1.0”

该系统通过大数据分析对可能存在的风险进行预判、预估，及时提醒各参见单位注意及采取必要措施，在避免了风险发生的同时，减少了建设方和施工方不必要的损失，取得了良好的经济效益和社会效益。该系统通过对风险的识别、风险评估、风险应对以及风险监控等方式实现了施工过程中风险的事前事中控制。在关键节点设置预警值，当系统软件识别到超过预警值时，则会立即报警并将相关数据推动给相关负责

人，以便迅速的做出应对措施以遏制风险的发生。为项目的风险控制提供了有效的解决办法，有效的将施工中的风险降至最低。

9、获得了软件著作权“工程项目现场施工安全实时监控系统V2.0”。

该系统将实时的安全情况及时的导入到功能模块中，实现监理项目的“安全监控可视化”预防工程安全事故的发生，不仅加快了工程监理项目安全管理效率，而且通过不断的知识积累和共享提高了企业管理水平，提高企业安全监理的核心竞争力，实现了较高推广应用价值和经济效益。

以上结论在国内属于首次研究，均可作为综合管廊与地铁建设的参考依据，具有较高的指导意义。

四、第三方评价

通过国内文献检索，均未发现与本项目整体研究水平基本相同或相近的研究文献报道，本项目的研究选题具有新颖性，技术具有先进性，成果具有创新性。工程应用表明该项成果创新性强，应用价值高。从专家评审和文献角度均证明，本项目研究成果达到国内领先水平。

一、应用领域和主要技术研究

本课题成果主要应用于地下工程领域，尤其是对于综合管廊与地铁相关的设计。

本课题主要进行了以下技术研究：

(1) 结合相关工程与实例，提出了综合管廊与地铁之间三种结合方式—“共生”、“穿越”、“交互”；(2) 利用 AUTODYN 软件模拟研究了综合管廊燃气管舱内爆炸作用下其正下方地铁隧道的动力响应；(3) 利用流体动力学分析软件 FLUENT 评估了典型综合管廊燃气舱室内发生最危险爆炸时对正上方人流密集区的损伤范围；(4) 首次提出将泄爆口应用于燃气舱室内来减少燃气爆炸威力，且得出泄压口的布置对于减少爆炸威力的规律。

二、与同类技术比较

本课题基于仿真有限元软件 AUTODYN 得出了综合管廊与地铁（土质为给定）在爆炸作用下的最小间距，在国内属于先进研究；利用流体动力学分析软件 FLUENT 评估了典型综合管廊燃气舱室内发生最危险爆炸时对正上方人流密集区的损伤范围，并研究了燃气管舱内的泄压规律以此来减少爆炸带来的危害，这在国内属于首次研究，为燃气管线纳入综合管廊中提供理论支撑。

三、研究成果的创新性

(1) 基于综合管廊燃气舱室内爆炸作用下正下方的地铁隧道的动力响应，首次将燃气管线若纳入综合管廊中，并提出了地铁与管廊之间（土质为给定）的最小间距，为管廊与地铁建设的应用奠定提供了参考依据。

(2) 首次评估了典型综合管廊燃气舱室内发生最危险爆炸时对正上方人流密集区的损伤范围，为城市规划者在设置人流密集区时提供可靠的意见。

(3) 初次提出了泄压口位置布置，为管廊设计者们在考虑纳入燃气管线时提供一

些参考意见。

(4) 首次提出利用雨水舱室来对综合管廊燃气管舱进行内部泄爆，十分具有创新性。

(5) 研究成果技术体系的先进性和科学性，具有较高的应用价值。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

（1）“基于地铁建设的共同管廊应用研究”在2017-2019年应用于徐州新淮海西路综合管廊工程上，运用有限元模拟试验研究管廊燃气爆炸的影响，优化了徐州新淮海西路综合管廊工程管廊投料口、卸料口以及通风口的尺寸及燃气仓内结构设计，并应用与徐州新淮海西路综合管廊工程中，从而减少工程投资以及确保燃气入廊安全和后续管线入廊的便捷性，取得良好的经济效益和社会效益。

（2）“基于地铁建设的共同管廊应用研究”、“施工阶段监理风险控制预警系统软件V1.0”，在2019年-2020年在项目上推广试用，通过对风险的识别、风险评估、风险应对以及风险监控等方式实现了施工过程中风险的事前事中控制。在关键节点设置预警值，当系统软件识别到超过预警值时，则会立即报警并将相关数据推送给相关负责人，以便迅速的做出应对措施以遏制风险的发生。为项目的建设风险控制提供了有效的解决办法，有效的将施工中的风险降至最低。

（3）“基于地铁建设的共同管廊应用研究”、“工程项目现场施工安全实时监控系统V2.0”在2017年-2020年通过在项目上应用，将实时的安全情况及时的导入到功能模块中，实现监理项目的“安全监控可视化”预防工程安全事故的发生，不仅加快了工程监理项目安全管理效率，而且通过不断的知识积累和共享提高了企业管理水平，提高企业安全监理的核心竞争力，实现了较高推广应用价值和经济效益。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018年	320	26.6		
2019年	460	36.6		
累 计	780	63.2		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

该研究成果的应用，优化设计、提高工效、缩短工期、节省设备台班、材料周转率快，降低

了直接成本。如：在徐州新淮海西路综合管廊工程上应用，优化了管廊投料口、卸料口以及通风口的尺寸及燃气仓内结构设计，并应用与徐州新淮海西路综合管廊工程中，从而减少工程投资以及确保燃气入廊安全和后续管线入廊的便捷性。经工程造价审核，优化后节省工程建安造价 140.6 万元；因对管廊结构进行优化，对后期运行管线入廊安装节省相关安装、吊装费用 63.2 万元，经济效益显著。

3、社会效益（限 200 字）

本课题研究了地铁与综合管廊穿越、共生、交互的三种结合方式，三种结合方式为地铁建设者以及管廊建设者提供参考意见；此外还主要研究综合管廊中爆炸对地铁、地面人群的影响以及燃气管舱内泄压规律，提出了新型防爆管廊、新型测温系统、新型燃气泄漏监测系统新技术，此类研究成果不仅可以借鉴给综合管廊规范制定者，而且还为将来城市综合管廊与地铁建设者提供相对可靠的参考依据。

4、环境效益（限 200 字）

本课题研究了地铁与综合管廊穿越、共生、交互的三种结合方式在一定程度上能节约地下空间资源；其次本课题基于仿真有限元 AUTODYN 得出的综合管廊与地铁在爆炸作用下的最小间距，利用流体力学分析软件 FLUENT 评估了燃气舱室爆炸对正上方人流密集区的损伤范围，并研究了燃气管舱内的泄压规律，研究成果可指导城市综合管廊的规划、设计与施工技术水平，最大程度保证了管廊工程的防爆安全，减少了管廊运行过程中对周边环境的破坏。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	《综合管廊天然气舱内爆炸对临近地铁隧道影响研究》 /现代隧道技术	2018.12.15	赵勇坚、丁勇、龚焱等	
2	《综合管廊内天然气爆炸对地面人体影响的数值模拟 研究》/建筑技术	2018.6.15	夏阳、龚焱等	
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	综合管廊天然气舱内爆炸对临近地铁隧道影响研究	城市地下综合管廊抗震抗爆研究进展/陈代过、马宏昊	施工技术/1.181	2020.3.4
2	综合管廊内天然气爆炸对地面人体影响的数值模拟研究	城市地下综合管廊抗震抗爆研究进展/陈代过、马宏昊	施工技术/1.181	2020.3.4
3	综合管廊内天然气爆炸对地面人体影响的数值模拟研究	燃气管道纳入综合管廊后的安全风险防控/安昱萱	市政技术/0.23	2019.11.10
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种城市综合管廊天然气管道监测控制系统及方法	中国	ZL 2017 1 0801571.9	2019.5.7	证书号第3365313号	南京理工大学	丁勇
2	发明专利	一种用于综合管廊用管道沉降自动控制支座	中国	ZL 2017 1 0214591.6	2019.5.7	证书号第3364924号	南京理工大学	丁勇
3	软件著作权	工程项目现场施工安全实时监控系统V2.0	中国	2017SR045609	2017.02.16	软著登字第1630893号	江苏建科工程咨询有限公司	江苏建科工程咨询有限公司
4	软件著作权	施工阶段监理风险控制预警系统软件V1.0	中国	2019SR0671186	2019.07.01	软著登字第4091943号	江苏建科工程咨询有限公司	江苏建科工程咨询有限公司
5								
6								
7								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	基于工序进度管控下建筑工程资料信息化管理技术的研发和应用		
完成人	陈克荣, 李金元, 季文君, 王继行, 陈昌远, 刘明霞, 李永利, 郑磊		
完成单位	江苏双楼建设集团有限公司 中建一局集团第二建筑有限公司 中国建筑一局(集团)有限公司		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
授权发明专利(项)	2	授权其他知识产权(项)	8
起止时间		起始: 2015年03月01日	完成: 2017年03月01日

二、项目简介

本项目通过对企业工程资料管理的信息化和标准化的建设，主要研究内容如下：

(1) 明确建筑工程项目资料形成的样表、资料间的逻辑关系以及对应的标准规范。

在中建系统资料标准化体系管理下，以及长时间收集的基础数据梳理参与项目给公司土建项目各岗位对于工程资料的管理职责，在此基础上将之与目前现行规范中的工程资料表格进行逐项匹配，形成所有工程资料表格的业务关系表，包括工程资料的填写岗位、前置条件、业务流转序列等内容，从而确定了工程资料与现场岗位的关系在线资料动态跟踪。

(2) 梳理基于标准化管理模式下的工程资料信息化管理流程

根据资料管理规程以及相关标准规范，明确土建项目施工各个专业，各工序资料形成的样表、前置资料的逻辑关系以及应该对接的标准规范。

主要从开工前期准备工作、建立资料档案盒（A类、B类、C1~C8类）到跟踪，如：开工前期准备工作；基建文件；监理资料；施工组织设计/方案报审/交底、技术交底、开工前报审验收资料、工程开工报审资料验收、施工进度计划、图纸会审、变更洽商、分包资质、材料、施工日志、停/复工报审；试验、测量放线、钢筋、模板、混凝土；结构实体检验等相关内容按工程进度、施工工序顺序一一展开详解（试验标准名称和编号、原材进场复试、试验取样标准、混凝土试块留置要求等），清晰有序。

(3) 研发工程资料的信息化管理平台

主要实现现场资料及时用手机或者PC端编写，同步上传资料云平台；对进度下的资料能随时管控、预警、提醒，实现信息化的数据互联互通。可查阅、可调改、可监控。实现多资料管理软件表格提取。

(4) 与BIM进行结合的相关研发

在目前已经研发的系统基础上，在人工智能和BIM技术结合方面进行辅助研究，以实现现场采集数据直接通过与相应的仪器设备进行通信，直接完成数据的采集。同时，研究利用工序、部位等基础数据与BIM模型实现数据对接，以期实现工程资料跟踪基于BIM模型的管理模式。

三、主要科技创新

1、主要科技创新

(1) 基于建筑工程工序资料的管理技术

工程资料是建筑工程质量最重要的数据体现。通过对施工工序的研究，将工程资料与施工工序进行有机的结合，利用施工工序弥补工程资料的系统性及关联性，根本上解决了工程资料编制难度大的问题，提高了工程资料的编制水平，强化了工程资料表格间的逻辑关系，保证了工程资料编制效率和及时性。

(2) 施工资料表格电子文件线上电子签章技术

从行业发展趋势的角度施工资料的无纸化和数字化已经成为必然的发展方向，尤其从国家到行业主管部门对无纸化应用的推进和提倡力度在前所未有的加强，更加说明这一点。本课题中从技术层面对施工资料表格如何转换为电子文件，以及在转换完成的电子文件如何实现电子签章进行了研究和开发，实现了对施工资料表格电子文件的线上电子签章的新模式。

项目目前正在应用的施工资料编制软件，在此基础之上实现了编制完成的施工资料表格自动转换为 PDF 电子文件（PDF 电子文件是一种开放的电子文件格式,同时符合城建档案对电子文件的格式要求），由于实现了自动化的转换在这个环节并不增加现场岗位人员的工作内容,从而能够更好的在现场中得以使用。转换完的施工资料电子文件通过自动或手动的方式提交到信息化平台，在信息化平台中实现了针对 PDF 电子文件的签字和盖章，本课题中使用的电子签章为具备国家法律依据的数字签名和电子印章技术。这项技术的创新实现了“不见面”的签字盖章，有效解决了现场签字盖章困难和效率低下的问题，同时也符合主管部门提倡的新型管理模式，让数据多跑路的要求。

(3) 施工资料签审流程自动化流转技术

在实现了施工资料电子签章技术之后，还面临一个较为复杂的难题，由于施工资料表格数量众多，同时每张施工资料表格签字、盖章的流程都不一样，而且涉及到签字盖章的单位、人员数量也比较多。这就导致施工资料签审过程的流转实现较为困难。

对目前现行的工程资料管理规程进行了深入的分析，把规范中每一张表的流程进行了分析，形成的标准化的工作流程。在此基础之上，结合信息化平台开发 workflow 引擎功能，将所有施工资料的签审流程进行预置，从而实现了施工资料电子文件提交平台后自动开始进行流转，根据每张施工资料自动流转到需要签字盖章的岗位人员，当前人员签字盖章后，会自动流转到下一个人岗位，从根本上解决了施工资料电子文件流转的自动化问题，让电子签章技术发挥了真正的作用。

(4) 施工资料与 BIM 模型构件的智能化关联技术

在传统的 BIM 模型信息化平台中，外部文档均通过手动上传的方式来完成外部文档与 BIM

模型的关联挂接，这种方式效率非常低下，同时对于专业性较强的施工资料表格来说并不适用，这主要是因为施工资料表格数量巨大，且覆盖面广泛，BIM 工程师没有施工资料经验无法完成手动挂接，而负责施工资料的岗位人员对 BIM 模型并不熟悉，更是无法完成这项挂接工作。因此施工资料与 BIM 模型的关联挂接就成为一个技术难题。

本课题通过对 BIM 模型构件信息的分析，并结合施工资料自身的特性，利用公司现有的 BIM 模型插件、建筑工程资料软件中的施工流水段数据和功能，结合工程资料编制的过程，实现了施工资料编制完成后，自动与 BIM 模型完成相应流水段标记的构件实现智能化的挂接，从而有效的提高了施工资料与 BIM 模型的关联挂接效率。

(5) 实现基于 BIM 轻量化模型的施工资料可视化跟踪检查技术

BIM 模型技术的可视化给施工资料的跟踪检查带来了一种全新的实现方式，能够更加形象的实现对施工资料的跟踪检查，从而极大的提升施工资料检查的工作效率。

在课题的信息化系统中通过公司自主研发的 BIM 模型轻量化引擎，实现了对项目现场 BIM 模型的轻量化处理，并通过 BIM 模型插件，实现了 BIM 模型数据与信息化系统的同步。在此基础上，通过项目现场的轻量化模型实现对完成智能化关联的施工资料数据进行可视化展示，可实现基于构件对相关的施工技术资料以及施工数据进行直接的检查，使得检查更加的直观和方便。

2、科技局限性

本项目目前只设计了建筑工程的资料挂接样板，因此当前阶段只适用于建筑工程领域。后续针对市政、桥梁等工程领域再开发出挂接样板，即可适用。本课题不受工程限制，应用范围很广，目前软件公司已经发布软件系统进行商业运营。

四、第三方评价

表号：CG002
制定机关：科学技术部
批准机关：国家统计局
批准文号：国统制[2018]196号
有效期至：2021年12月

科技成果登记表

(应用技术类科技成果)

成果名称：基于工序进度管控下建筑工程资料信息化管理技术的研发和应用

第一完成单位：中建一局集团第一建筑有限公司
(盖章)

研究起始日期：2015年03月
研究终止日期：2017年03月

推荐单位：
(盖章)

批准登记单位：

批准登记号：5442019Y0022

批准登记日期：2019-05-13

中华人民共和国科学技术部制定
国家统计局批准

2019年

综合评分与评价结论

综合评分：91.14

评价结论：

2019年5月13日，中国建筑集团有限公司在北京组织召开了由中国建筑一局（集团）有限公司和中建一局集团第二建筑有限公司等单位共同完成的“基于工序进度管控下建筑工程资料信息化管理技术的研发与应用”项目科技成果评价会。与会专家审阅了评价资料，听取了成果汇报，经质询讨论，形成如下评价意见：

1. 项目提供的技术资料齐全，符合科技成果评价要求。

2. 该成果研发了基于工序进度管控下建筑工程资料信息化管理技术，有效解决了资料编制及管理过程中存在问题，创新成果如下：

(1) 创新形成了基于工序的建筑工程资料信息化管理技术及签审流程自动化流转技术，保证了工程资料编制效率和及时性。

(2) 自主研发了基于BIM和工序的工程资料在线跟踪检查信息化协同管理系统，有效地与BIM模型智能关联，可实现基于构件对相关的施工技术资料以及施工数据进行直接检查。

(3) 自主研发的BIM模型轻量化引擎，实现了对项目现场BIM模型的轻量化处理，对完成智能化关联的施工资料数据进行可视化展示。

3. 该成果获得授权发明专利1项，发表论文5篇，软件著作权7项。成果已在多个项目成功应用，提高了工效，社会效益和经济效益显著，具有很好的推广应用前景。

评价委员一致认为，该成果总体达到国际先进水平。

评价委员会负责人签字：

2019年5月13日

评价委员会名单

评价委员会 职务	姓名	性别	工作单位	所学专业	从事专业	技术 职称
主任委员	冯跃	男	北京市工程建设质量管理协会	施工技术	施工技术	正高
委员	杨健康	男	北京住总集团	施工技术	施工技术	正高
委员	李久林	男	北京城建集团有限责任公司	施工技术	施工技术	正高
委员	吴学松	男	中国建筑学会建筑施工分会	建筑机械	建筑机械	正高
委员	毛杰	男	北京城建集团工程总承包	施工技术	施工技术	正高
委员	赵亚军	男	中建科技集团有限公司	施工技术	施工技术	正高
委员	安风杰	女	中建二局总承包	施工管理	施工管理	正高

填写说明：

指在以鉴定、评审、验收等形式对本成果进行评价过程中发挥咨询、评价作用的专家委员会的成员。其中：

评价委员会职务：按在评价委员会中担任的职务：“主任委员、副主任委员、委员”择一填写。

工作单位：指本成果评价时专家所在工作单位。

所学专业：指专家个人获得最高学历学习期间的专业。

从事专业：指专家在现工作单位从事的专业。

职称：按正高、副高、中级、初级、其他分别填写。如评价专家具有院士资格，则填院士，并写明是中科院院士还是工程院院士。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

本课题研究基于工程资料的完整、真实的提升，也为工程后期的改建、扩建、运维等方面的工作起到积极的作用；同时为质量监督站、档案馆等主管部门提供了配合工作的新渠道，便利了工作，具备一定的示范意义。

工程资料管理一直以来是建设工程行业质量管理中最为薄弱的环节之一，而工程资料又是工程质量最直接最真实的反映。本课题是在前一阶段研究基础上对施工资料数字化无纸化流转的创新研究，并依托于BIM技术解决施工资料跟踪检查的便捷化、可视化，意义特别重大。

住建部近两年来加强了对工程质量的监督和管理力度，工程资料的重视程度逐步提高。本系统对实现施工资料电子化提供了一种可操作的创新工作模式，在工程质量监督和工程档案管理方面会有较好的延伸前景。

另外本系统具有良好的扩展性，可为业主（甲方）、监理方提供第三方数据查询接口，可以让业主和监理更好的了解工程的进度和质量，提升了公司在市场中的竞争优势。

通过多个项目的推广和应用实践，现场工长和质检员通过手机APP将现场工序施工数据传递到管理系统编制工程资料，实现资料自动同步编制和分类汇总，同时管理系统对资料编制过程具有动态警示和遗漏提醒等功能，保证了资料及时和填写准确、真实、完整，实现了资料信息化条件下的数据互联互通调改、查阅，自动化程度高，节省了人工，减轻了资料员的工作强度，提高了工作效率。同时利用互联网、云计算、BIM等技术使得工地现场施工资料管理上了一个新的台阶，不仅有效解决施工资料电子化流转签章的问题，同时将BIM技术与施工资料有机结合也真正实现工程资料与工程施工进度同步，降低成本同时，提升了管理效率，降低了工程质量风险，且转化程度高，对建设行业工程资料标准化、信息化建设管理，具有较强的的引领和示范作用。

本科技创新成果在关键技术和系统集成上有较大创新，难度较大，在建设与管理中发挥重要作用，总体技术水平和主要技术经济指标达到国内同类技术领先水平，对加快技术进步、提高管理水平有较大促进作用，成果总体达到国际先进水平。

2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2017-2020		208.36		
累 计		208.36		
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>通过应用该信息化平台及技术，自动化程度高，提高了工作效率，减少了资料人员数量配置，节约大量人员工资及人工成本，节约资料员住宿、办公费；通过无纸化管理，节约大量纸张、硒鼓、墨盒等打印耗材及打印机购置、维修费和电能消耗费；因信息及时反馈而减少了现场实体质量的拆改返工损失和对现场进度影响，减少工期延误窝工损失及其违约金等费用，经济效益显著。</p> <p>（1）节省成本，提高效率</p> <p>从实际应用中可以直观看到的成本节省环节大概有 7 大项（线下检验批划分工作、资料员编制工程资料表格、工程资料检查、施工日志检查、工序维护工作、业务指导、工程资料预警检查与整改），直接省去的环节就有 2 项（跟踪表手工维护工作、跟踪表上报工作），通过功能合理分解的有 5 项。根据设计中的数据测算跟踪表的综合效率提高了 40%。同时，新人入职、入行本行业相关培训费用的投入大大减少。</p> <p>（2）最大限度的降低了工程资料给工程质量带来的风险</p> <p>应用系统后，工程资料的同步完成基本得到实现，减少了遗漏、缺失工程资料的管理风险；数据的现场采集保证了工程资料表格数据的真实性，减少了工程质量方面的各类风险；对分包单位的工程资料管理得到了一定程度的加强，也减少了风险的发生。</p>				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>本创新成果解决了工程管理过程中资料不完整、查询难、不同步、不及时等问题，实现将资料信息和模型信息、施工信息相关联，基于工序的管理方式，提高资料编制标准化程度，降低错误率和不及时性，同时有效地与模型智能关联，提高资料检索的便捷性。</p> <p>本成果在技术上有重要创新，解决了行业发展中的热点、难点的关键问题，总体技术水平和技术经济指标达到行业领先水平；经过两年多较大规模的推广应用，具有转化程度高、辐射带动能力强等特点，产生了显著的社会效益。且为工程后期的改建、扩建、运维等方面工作起到积极的作用；同时为质量监督站、档案馆等行业部门提供了配合工作的新渠道，对工程资料标准化、信息化建设管理和转型升级、加快行业技术进步、提高管理水平，具有较强的引领示范和较大促进作用。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>本创新成果研发的工程资料信息化管理平台实现了现场资料管理软件的手机或者 PC 端编写，同步上传资料云平台 and 资料表格转换、线上电子签章和提取，实现资料信息化的数据互联互通下的查阅、调改和无纸化应用，节省大量纸张和硒鼓、墨盒等打印耗材及打印机的电能消耗和废旧物无害化回收对环境的污染。</p>				

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过5篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	工序资料管理模式在北京某工程的应用/《中华建设》/	2019/5	王继行 刘春峰 许有越	
2	论建筑工程施工资料管理/《建筑建材装饰》/	2015/8	刘明霞	
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种多组件可阵列结构的智能化快速施工方法	中国	201510429630.5	2018.01.05	2766440	中建一局集团第二建筑有限公司	王继行；富强；李金元；季文君；赛菡
2	发明	一种施工标识印制器	中国	201410801389.X	2017.05.17	2488691	江苏双楼建设集团有限公司	陈克荣
3	软著	建筑施工临时用水方案生成器	中国	2016SR070051	2016.04.07	1248668	中建一局集团第二建筑有限公司	
4	软著	施工成本分析软件	中国	2016SR071208	2016.04.07	1249825	中建一局集团第二建筑有限公司	
5	软著	混凝土冬施养护热工计算软件	中国	2017SR480100	2017.08.31	2065384	中建一局集团第二建筑有限公司	
6	软著	BIM 编码管理软件	中国	2017SR480092	2017.08.31	2065376	中建一局集团第二建筑有限公司	
7	软著	施工日记录软件	中国	2018SR252649	2018.04.13	2581744	中建一局集团第二建筑有限公司	
8	软著	智慧建造项目应用管理平台	中国	2018SR377827	2017.10.20	2164075	中国建筑一局(集团)有限公司	
9	软著	双楼二次结构受线荷载方向计算设计软件	中国	2017SR578971	2017.12.27	2322616	江苏双楼建设集团有限公司	
10	软著	房体结构截面抗震验算建模计算软件	中国	2017SR578797	2017.10.20	2164058	江苏双楼建设集团有限公司	

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	基于人工智能的智慧建设工程管理系统		
完成人	葛洪涛、高荣、刁大年、李科、谢建荣、钱吉平、王振宇、汤杰、杨晓力、黄景、史科春		
完成单位	溧阳市建设工程质量安全监督站、中国联合网络通信有限公司常州市分公司、南京合智信息技术有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
授权发明专利（项）	0	授权其他知识产权（项）	7
起止时间	起始：2018 年3月 13 日	完成：2020 年 5 月 10 日	

二、项目简介

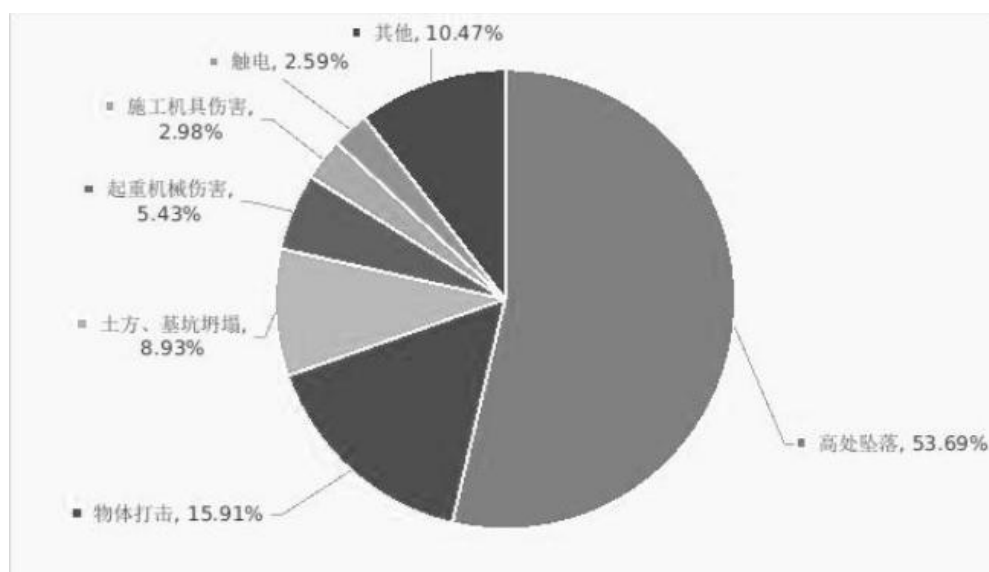
2.1 背景

“新基建”是服务于国家长远发展和“两个强国”建设战略需求，以技术、产业驱动，具备集约高效、经济适用、智能绿色、安全可靠特征的一系列现代化基础设施体系的总称。近年来，伴随建筑行业发展趋势和需求，在 5G 应用、建筑业大数据、人工智能、工业互联网等领域进一步促进了建筑业监管技术和模式的变革。

2017 年 3 月住建部办公厅印发《进一步加强建筑施工安全生产工作的紧急通知》。

2018 年 10 月住房和城乡建设部印发《工程质量安全手册（试行）》的通知【建质（2018）95 号】。

2020 年 7 月住房和城乡建设部等部门印发《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》。



根据 2019 中华人民共和国住房和城乡建设部办公厅发文《关于 2019 年房屋市政工程生产安全事故情况的通报》数据统计分析，未佩戴安全帽造成的人员伤亡、高空坠落（包含深基坑）占工地安全事故占比前 2 位。

2.2 需求分析

1) 安全帽质量管理：可对安全帽的生产日期、报废日期、使用人员等信息进行

有效管理

2) 人员定位管理：可对现场人员进行实时定位监测，查询人员分布情况，便于快速救援。

3) AI 远程视频监控：可对施工现场进行监控，人员抓拍并与人员定位管理相结合。

3) 定型化防护栏杆管理：可对定型化防护栏杆进行质量管理（安装人员信息备案、设备出厂资料备案等）、对定型化防护栏杆进行巡检，生成巡检报告。

5) 危险区域实时告警：可对施工现场靠近危险区域人员进行识别并提示其离开该区域。

6) 在以往环境治理经验的基础上加大整治措施，采用先进的智能识别技术，由计算机自动判断，对车辆冲洗实时监控，实现净车出场的管理目标。

2.3 国内外发展趋势分析

关于安全帽使用：目前国内已经出现了一部分以主动安全防护为主的智能安全帽，配合物联网设备可以实现以下基本功能：视频识别人员、脱帽预警、电子围栏、远程视频、现场视频监控和拍照、远程通话、SOS 一键求救等。

就视频识别人员视频分析而言判断手段单一，智能安全帽的使用率因为较高的成本所以无法得以大面积推广及使用，仅装备于部分高级管理人员或者展示使用。

临边洞口安全防护：国内外在预防方面较为先进的做法，一是利用可移动的红外对射装置，在临建危险区域（破损护栏附近或洞口 4 边）放置红外对射进行防护，当有人进入防区遮断对射之间的红外光束时，立即触发报警。二是在临边拐角处使用太阳能警示灯，太阳能警示灯能起到白天储能夜间发光的作用，对夜间或弱光环境下人员起到安全警示作用。但是这一做法仅用于被动防护，无法主动告警，防护能力有限。

车辆未冲洗自动抓拍：近年来国家对工地要求越来越高，要求越来越细化，对工地冲洗车辆提出新的要求，所有进出工地的施工车辆出工地前必须要进行冲洗后方能离场，要求对出场未冲洗车辆自动识并记录，做好建设工程工地扬尘污染防治工作。为建筑扬尘污染治理服务，通过 AI 视频分析技术、深度学习技术和雨雾分析技术，实现 24 小时对工程车辆离开工地是否冲洗进行全天候自动监控，实现净车出场的管理目标。

三、主要科技创新

3.1 研究目标

1、开发新一代智能安全帽定位解决方案，改善现有所谓智能安全帽注重功能而由于成本高昂无法大规模投入实际应用的情况

2、物联网边缘计算是一款云边一体的 PaaS 层软件产品，将云端的能力下沉到边缘侧，解决边缘实时性、可靠性、运维经济性等方面遇到的问题。

3、根据实际的安全生产需要，聚焦于实用化、智能化和集成化，重新定义智能安全帽解决方案。

4、将安全帽高精度定位、识别、质量管理体系与临边洞口防护需求相结合。

5、利用物联网技术实现被动防护与主动防护技术相结合。

6、建立新一代面向临边洞口防护的全覆盖解决方案。

7、实现 24 小时对工程车辆离开工地是否冲洗进行全天候自动监控，实现净车出场的管理目标。

3.2 研究内容：

1) 高精度安全帽定位系统

针对现有安全帽的定位系统进行改进，利用多角度蓝牙天线系统配合蓝牙接收装置、摄像机系统和机器学习计算平台建立高精度的安全帽定位系统。从而完成对佩戴了安全帽的人员的位置信息进行实时监测。

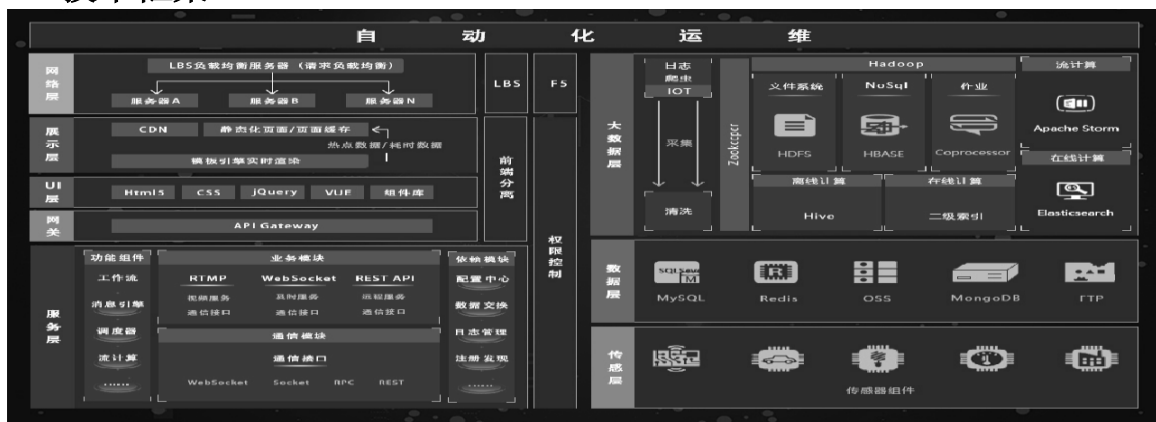
2) 临边洞口的主动防护系统

基于安全帽定位系统和其安全管理系统，建立主动和被动相结合的临边洞口防护系统。利用安全帽定位系统和 AI 视频分析提供的人员位置信息，以及射频识别系统提供的周界防护系统，在临边洞口附近设置声光主动告警系统，在人员接近危险区域时主动发出声光告警。

3) 车辆未冲洗自动抓拍系统

结合在物联网行业的技术经验，采用先进的物联网技术、互联网技术、大数据技术、数据可视化技术、自动化技术、人工智能技术等，将建筑工地施工现场车辆监控和监管信息等结合政府相关规定及建设工程工地扬尘污染防治工作管理要求，通过技术创新研究实现提升智慧工地管理水平，改善生态环境质量，加强施工企业的绿色文明施工，促进社会和谐发展。

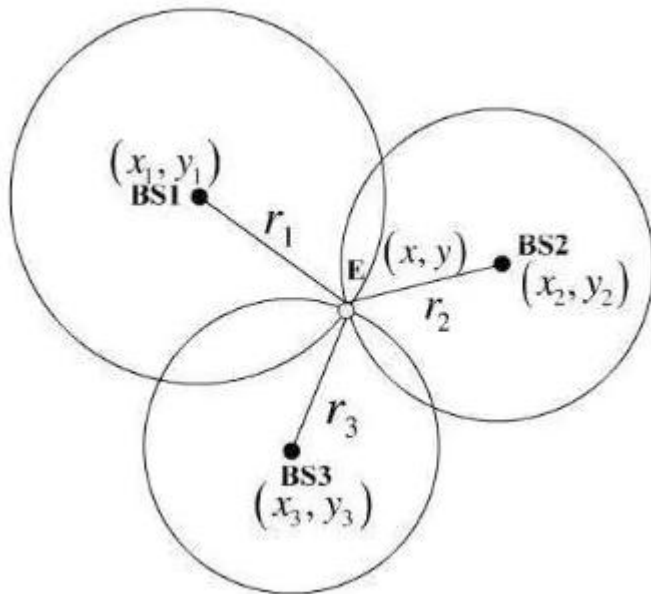
3.3 技术框架



1) 基于数据的原理分析

基于蓝牙的定位技术

蓝牙定位基于 RSSI (Received Signal Strength Indication, 信号场强指示) 值，通过三角定位原理进行定位。



如图：E 点发出信号，同时被 BS1、BS2、BS3 收到，三角定位算法通过已知的三个坐标反推出 E 点的坐标。

根据定位端的不同，蓝牙定位方式分为网络侧定位和终端侧定位。

网络侧定位系统由终端、蓝牙 beacon 节点，蓝牙网关，无线局域网及后端数据服务器构成。其具体定位过程是：

- 首先在区域内铺设 beacon 和蓝牙网关。
- 当终端进入 beacon 信号覆盖范围，终端就能感应到 beacon 的广播信号，然后测算出在某 beacon 下的 RSSI 值通过蓝牙网关经过 wifi 网络传送到后端数据服务器，通过服务器内置的定位算法测算出终端的具体位置。

终端侧定位系统由终端设备和 beacon 组成。其具体定位原理是：

- 首先在区域内铺设蓝牙信标。
- beacon 不断的向周围广播信号和数据包。
- 当终端设备进入 beacon 信号覆盖的范围，测出其在不同基站下的 RSSI 值，然后再通过手机内置的定位算法测算出具体位置。

距离算法和三点定位算法

基于 rssi 的三点定位算法，是已知三个点的坐标和未知点到这三个点的 rssi 的

信号值，求解未知点的坐标。

首先是将 rssi 信号转换为距离： $d=10^{((ABS(RSSI)-A)/(10*n))}$ 其中 d 为距离，单位是 m。

RSSI 为 rssi 信号强度，为负数。

A 为距离探测设备 1m 时的 rssi 值的绝对值，最佳范围在 45-49 之间。

n 为环境衰减因子，需要测试矫正，最佳范围在 3.25-4.5 之间。

在获取未知点到三个点的距离后，剩下的就是求解未知点的坐标。我们都知道两个圆会相交于一个或者两个点（如果相交），那么三个圆如果相交的话，必然会交于一个点（三个探测设备在一条直线上的情况下有可能相交于两个点，这里不考虑），所以我们要求解的未知点便是以三个已知点为圆心，以他们与未知点之间的距离为半径画出的三个圆的交点。那么这个问题就转化为了求三个已知圆的交点，然后如果根据圆的方程：

$$(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 = r_1^2$$

$$(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 = r_2^2$$

$$(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 = r_3^2$$

2) 网络传输

现场定位所涉及的网络传输可利用 NB-iot 的形式进行传输，使用 License 频段，可采取带内、保护带或独立载波等三种部署方式，与现有网络共存，可直接部署于 GSM 网络、UMTS 网络或 LTE 网络，以降低部署成本、实现平滑升级。NB-iot 优势：

- 超强覆盖：相对 GPRS 来说，增加 20db 的信号增益。
- 超低功耗：对于终端功耗的目标是：基于 AA（5000mAh）电池，使用寿命可超过 10 年。
- 超大连接：一个扇区能够支持数万个连接，支持低延时敏感度、超低的设备成本、低设备功耗和优化的网络架构。
- 超低成本：NB-IoT 无需重新建网，射频和天线基本上都是复用的。

3.4 临边防护射频识别技术

射频识别具有下述特点：

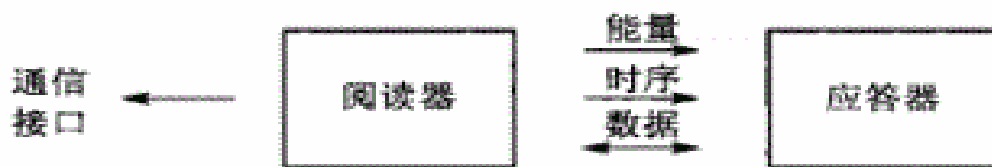
- 它是通过电磁耦合方式实现的非接触自动识别技术；
- 它需要利用无线电频率资源，必须遵守无线电频率使用的众多规范；
- 它存放的识别信息是数字化的，因此通过编码技术可以方便地实现多种应用，

如身份识别、商品货物识别、动物识别、工业过程监控和收费等：

- 它可以容易地对多应答器、多阅读器进行组合建网，以完成大范围的系统应用，并构成完善的信息系统；
- 它涉及计算机、无线数字通信、集成电路、电磁场等众多学科，是一个新兴的融合多种技术的领域。

RFID 的基本交互原理

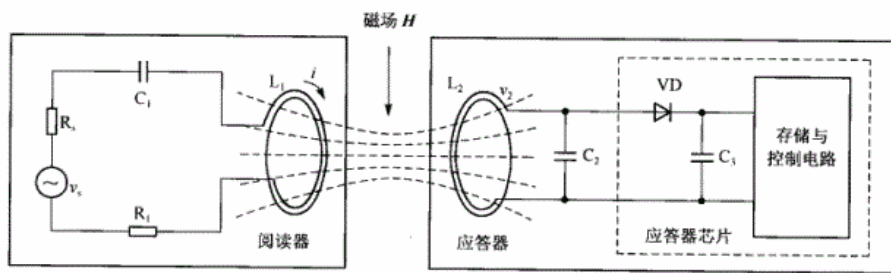
射频识别的基本原理框图如图所示。应答器为集成电路芯片，由阅读器提供能量，阅读器产生的射频载波，它的工作需要用于为应答器提供能量。



阅读器和应答器之间的信息交互通常是采用询问-应答的方式进行的，因此必须有严格的时序关系，时序由阅读器提供。应答器和阅读器之间可以实现双向数据交换，应答器存储的数据信息采用对载波的负载调制方式向阅读器传送，阅读器给应答器的命令和数据通常采用载波间隙、脉冲位置调制、编码调制等方法实现传送。

电感耦合方式

电感耦合方式的电路结构如图所示。电感耦合方式的射频载波频率(也称为工作频率)为 13.56 MHz 和小于 135 kHz 的频段。应答器与阅读器之间的工作距离在 1m 以下。



应答器的能量供给

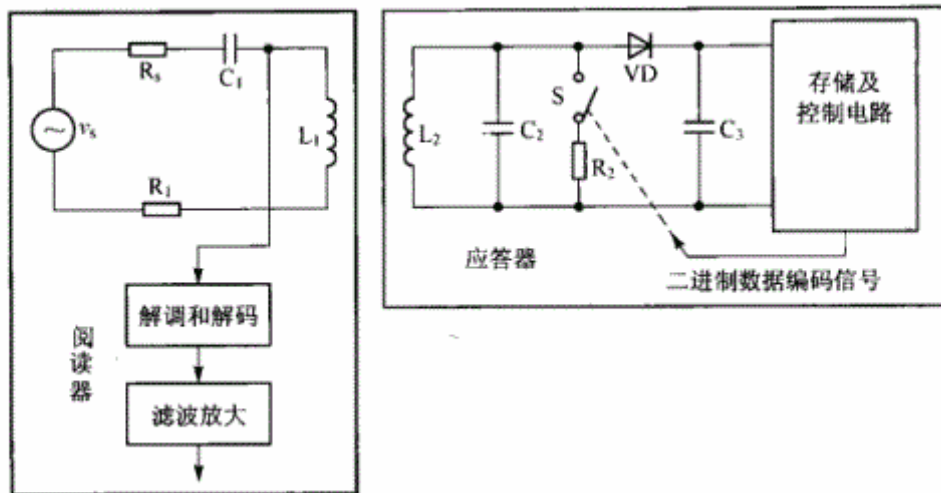
电感耦合方式的应答器几乎都是无源的，能量(电源)从阅读器获得。由于阅读器产生的磁场强度受到电磁兼容性能有关标准的严格限制，因此系统的工作距离较近。

在图所示的阅读器中， v_s 是射频源， L, C 构成谐振回路(谐振于 v_s 的频率)， R_s 是射频源 v_s 的内阻， R 是电感线圈 L 的损耗电阻。 v 在 L 上产生高频电流 i ，谐振时高频电流 i 最大，高频电流 i 产生的磁场穿过线圈，并有部分磁力线穿过距阅读器电感线圈 L 一定距离的应答器电感线圈 L 。由于所用工作频率范围内的波长(13.56 MHz 的波长 λ 为 22.1 m, 135 kHz 的波长 λ 为 2400 m)比阅读器与应答器线圈之间的距离大很多，所以两线圈间的电磁场可以当做简单的交变磁场。

穿过电感线圈 L_2 的磁力线通过感应，在 L 上产生电压 v_2 将其整流后，即可产生应答器工作所需的直流电压。电容器 C_2 的选择应使 L_2C_2 构成对工作频率谐振的回路，以使电压 v_2 达到最大值。电感线圈 L 和 L 也可以看做一个变压器的初、次级线圈，只不过它们之间的耦合很弱。因为电感耦合系统的效率不高，所以这种方式主要适用于小电流电路，应答器的功耗大小对工作距离有很大影响。

② 应答器向阅读器的数据传输

应答器向阅读器的数据传输采用负载调制的方法。负载调制的原理如图所示。



如果在应答器中以二进制数据编码信号控制开关 S (芯片上的开关器件), 则应答器线圈上的负载电阻 (图中的 R_2) 按二进制数据编码信号的高低电平变化而接通和断开。负载的变化通过 L_2 映射到 L_1 , 使 L_1 上的电压也按此规律变化。该电压变化通过解调、滤波放大电路, 恢复为应答器端控制开关的二进制数据编码信号, 经解码后就可获得存储在应答器中的数据信息。这样, 二进制数据信息就从应答器传到了阅读器。

图中的负载调制方式称为电阻负载调制, 其实质上是一种振幅调制, 也称为调幅 (AM), 调节接入电阻 R_2 的大小可改变调制度的大小。

③ 阅读器向应答器的数据传输

阅读器向应答器的数据传输可以采用多种数字调制方式, 通常为幅移键控 (ASK)。

四、第三方评价

1、项目成果在“龙海大厦”项目中应用，得到了施工单位龙海建设集团有限公司的好评。

2、项目成果在“银江大厦”项目中应用，得到了常州市华阳建设工程监理有限公司的好评。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

本项目从 2017 年开始调研，2018 年 3 月正式启动，期间溧阳市住建局、中国联通常州市分公司联合向二个试点项目的建设单位龙海集团和城建集团进行了建设示范单位授牌，2018 年 8 月溧阳市住房与城乡建设委员会下发了“关于智慧工地建设的通知”，正式进入推广建设阶段，又于 2019 年 9 月下发了“补充通知”进行完善。2020 年 3 月完成手机移动端 APP 开发，4 月份开始试用。

“项目”建设过程中进行了 2 次软件升级，前后已建单体项目 64 个，其中已竣工 21 个，在建项目 43 个，共拉动投资需求 500 多万元。

通过人工智能技术协助建设部门建立完善、高效、快速的安全监管体系，提高工作效率和安全监管覆盖面，降低行政管理成本，提高建筑工地突发事件的应急处置能力，建立完善的指挥体系。同时，有效利用现代科技成果，实现建设工程监管模式的创新，极大地缓解了因建设工程分布扩散、安全监管对象面广造成的安全监管力量相对不足的矛盾，提高了监管部门的工作效率。

现在“项目”数据已对接环保、攻坚办等政府部门，监管部门都可以通过“平台”数据进行实时监测，对在建项目检测、管控起到了十分重要的参考作用。

为进一步提升建设工程质量安全管理力度，提升建筑工地安全监督管理效能，形成“端+云+大数据”的业务体系和创新管理模式，结合建设管理部门实际工作需要，人工智能技术应用将越来越广泛。

2、近年直接经济效益：/

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	/	/	/	/
2019	/	/	/	/
累 计	/	/	/	/

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

本项目作为管理部门的一种利用 AI 技术进行创新监管手段，主要目的是提高工作效率和质量、安全监管覆盖面，降低行政管理成本，提高建筑工地突发事件的应急处置能力，建立完善的指挥体系，不直接产生经济效益。

3、社会效益（限 200 字）

通过人员安全帽定位、安全帽 AI 分析、高处作业临边防护报警系统与关键区域联动、实现人员越界报警、人员未戴安全帽报警、超时作业报警或人员区域定位,及时监控人员现场作业情况,尤其是高风险作业,有效实现人员实时安全监控与风险管控。

研究成果将加强安全管理,减少工伤事故,防尘、控尘,使政府放心。减少社会矛盾,维护社会秩序稳定。

4、环境效益（限 200 字）

以满足安全管理需求为目标,结合安全管理成果和信息资源,制订合理、适用、实用的建设方案,注重系统的实际应用效果和投资效率,着力提高施工现场安全管理的信息化水平。同时,通过系统的建设加强了安全管理分析的客观科学性,方便信息查询,显著提高了人员工作效率,降低安全管理费用,提升扬尘环境管理。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	合智车辆未冲洗自动抓拍系统软件 V1.0	2018.02.01	南京合智信息技术有限公司	
2	合智建筑安全监督管理系统软件 V1.0	未发表	南京合智信息技术有限公司	
3	合智智慧工地综合管理系统软件	2017.04.13	南京合智信息技术有限公司	
4	合智智慧工地综合管理平台APP软件	2018.02.01	南京合智信息技术有限公司	
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	/	/	/	/
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型	一种车辆未冲洗抓拍装置	中国	20192223 4298.3	2019.12.13	第10886208 号	溧阳市建设工程质量监督安全监督站	葛洪涛
2	实用新型	一种车辆运输监控系统	中国	20162087 4679.1	2017.01.18	第5868357号	南京合智信息技术有限公司	黄景
3	实用新型	一种基于SAAS平台的智慧工地环境综合检测	中国	20162087 9132.0	2017.02.8	第5902988号	南京合智信息技术有限公司	黄景
4	实用新型	合智智慧工地综合管理系统软件	中国	2017SR56 2629	2017.10.11	软著登字第 2147913号	南京合智信息技术有限公司	南京合智信息技术有限公司
5	实用新型	智慧工地综合管理平台APP软件	中国	2018SR70 2800	2018.08.31	软著登字第 3031895号	南京合智信息技术有限公司	南京合智信息技术有限公司
6	实用新型	车辆未冲洗自动抓拍系统软件	中国	2019SR04 59515	2019.05.14	软著登字第 3880272号	南京合智信息技术有限公司	南京合智信息技术有限公司
7	实用新型	建筑安全监督管理系统软件	中国	2019SR11 54890	2019.11.14	软著登字第 4675647号	南京合智信息技术有限公司	南京合智信息技术有限公司

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	基于物联网、云端大数据处理技术应用的智慧护栏研发及其应用		
完成人	李琳、杨庆喜、池贵全、解通志、郭鑫、李野、陈强		
完成单位	江苏爱可青交通科技有限公司、连云港市市政绿化养护管理中心		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	连云港市住房和城乡建设局		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
市科技成果转化	基于物联网、云端大数据处理技术应用的智慧护栏研发及其应用	HA2017004	2020年4月29日
授权发明专利（项）	3	授权其他知识产权（项）	13
起止时间	起始：2017年9月1日	完成：2020年4月29日	

二、项目简介

本项目致力于研究面向智慧交通的潮汐机器人（护栏）关键技术，并构建应用示范。拟在 CAN 总线信号传输抗干扰、双电机驱动、重力感应技术、多源无线信号传输、视频信号无线传输与中继等技术新研究和智慧交通实际应用上取得突破，组织基于潮汐机器人（护栏）具备自主移动、小型化、模块化、低功耗、低成本的无线无源视频传感节点的研发攻关，实现由基于多传感器信息融合的自带智能分析模块的潮汐机器人（护栏）驱动系统应用平台，提供云环境下基于 SDN 技术、边缘计算、大数据处理的智慧交通服务。产品服务于社会交通安全管理系统的实战应用，对推动智慧交通的技术发展具有重要意义。

通过企业内部科技创新，结合市场需求及智慧城市建设发展纲要，针对上述关键技术进行了技术创新，取得了 3 项授权发明专利、7 项授权实用新型专利、6 项软件著作权，另有 5 项发明专利审查中。

该项目产品原定技术指标全部实现，经常州检验检测标准认证研究院检测，产品各项技术性能指标全部合格：信号传输接收率 100%（原定技术指标：信号传输接收率 > 98% 运行速度 4.1-4.2m/min，运行定位精准度 < ±20mm，300mm 障碍物运行停止，300mm 涉水深度下正常运行无故障，运行电压波动 0.4V（原定技术指标：电压波动 < 0.5V）。

该项目产品的市场推广应用，得到了应用客户（深圳、宁波、苏州、海南交警支队；连云港城乡和住房建设局）的一致好评，市场占有率及行业内市场排名经中国道路交通安全协会认定：排名第一。2019年度仅该产品市场销售额达7332万元，利税1091万元。

三、主要科技创新

一、立项背景：

城市交通拥堵给社会经济和人民生活造成了极大的影响。2012 年城市蓝皮书将城市交通拥堵问题列为中国城市发展面临的十大挑战之一，认为：“中国城市上班族的平均通勤时间是世界上最高的，高出世界平均水平 31.7%，几乎是加拿大和美国的 2 倍。北京、上海、天津、沈阳、西安、成都等城市平均通勤时间超过 1 小时，全国约 2/3 的城市在高峰时段内出现交通堵塞”。城市交通拥堵也带来了一系列问题：出行时间成本上升，由于交通拥堵导致车辆启停次数增加，平均车速下降，公众出行时间延长；交通污染日益严重，机动车排放的二氧化碳占城市总排放量的 80%以上，机动车尾气是城市大气污染的最大来源；交通安全形势不容乐观，拥堵的道路会引发车主焦虑，交通违规和交通事故数量呈上升趋势，行车难、停车难矛盾越来越突出；交通管理更加困难，假牌套牌车猖狂、肇事逃逸等违法案件频发，对社会治安造成了严重威胁。因此，如图 1.1 所示，传统交通护栏功能单一，使用寿命短的弊端已显露无疑，对城市交通拥堵问题的治理已刻不容缓。

智慧交通，借助新一代信息技术的集成应用来改善路网交通流的分布，提高现有路网通行能力，已成为治理城市交通拥堵的重要途径之一。智慧交通是解决城市交通问题的基本途径，是城市交通管理的发展升级方向。智慧交通是“互联网+交通”的产物，可以提高道路利用率，改善城市环境，提升公众生活质量。2013 年，交通运输部提出建设综合交通、智慧交通、平安交通、绿色交通“四个交通”战略部署，其中，智慧交通是“四个交通”发展的重要环节，提出要以信息化和智能化为牵引，推动现代信息技术与交通管理和服务进一步融合。2016 年，交通运输部在《交通运输信息化“十三五”发展规划》中指出，要大力推进智慧交通建设，落实国家信息化的战略任务，努力实现交通运输信息化的内外融通、上下贯通和左右连通，促进现代的综合交通运输体系不断发展。根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要》（2006-2020 年）要求，智慧交通已经成为国内交通领域未来发展的一个重要方向。因此，面向未来，智慧交通理应是加强城市交通建设的一个必要选择。



图1.1 传统交通护栏功能单一，使用寿命短

随着我国经济的不断发展、人们生活水平的不断提高，人们的消费观念和消费水平也有了很大

的转变与提升。在这个契机下，城市交通护栏行业也得到了快速发展，如图 1.2 所示，2018 年我国城市交通护栏行业的市场规模达到 79 亿元，2019 年市场规模为 140 亿元，从这两年的市场规模发展来看，城市交通护栏行业正处于发展之中，预计 2020 年将达到 250 亿元。根据国务院出台的《交通强国建设纲要》明确指示，紧紧围绕统筹推进“五位一体”总体布局和协调推进“四个全面”战略布局，坚持稳中求进工作总基调，坚持新发展理念，坚持推动高质量发展，推动交通发展由追求速度规模向更加注重质量效益转变，由各种交通方式相对独立发展向更加注重一体化融合发展转变，由依靠传统要素驱动向更加注重创新驱动转变，构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通体系，打造一流设施、一流技术、一流管理、一流服务，建成人民满意、保障有力、世界前列的交通强国。而纲要目标第二条中明确指出：大力发展智慧交通。推动大数据、互联网、人工智能、区块链、超级计算等新技术与交通行业深度融合。推进数据资源赋能交通发展，加速交通基础设施网、运输服务网、能源网与信息网络融合发展，构建泛在先进的交通信息基础设施。构建综合交通大数据中心体系，深化交通公共服务和电子政务发展。推进北斗卫星导航系统应用，由此可见传统交通护栏的改造升级，势在必行，如图 1.5 所示，现在国内交通护栏的生产企业虽然数量众多，多集中在华北、华东和西部地区，多数护栏生产制作企业缺乏科技创新意识和能力，如图 1.3 所示，仍旧采用传统作坊式的生产方式，而其生产的传统隔离护栏功能单一，标准未定，对城市道路交通秩序的管理缺乏有效数据支撑，所以该项目的实施真正契合了国家交通发展纲要的具体要求。

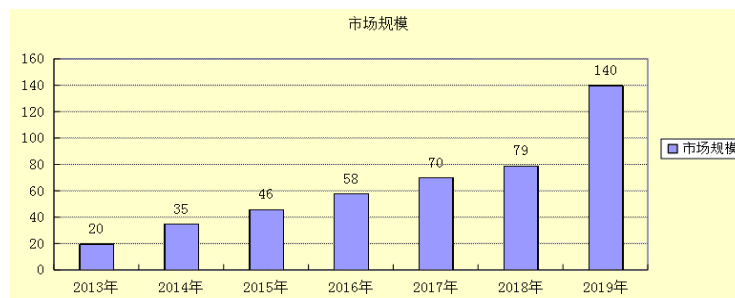


图 1.2 2013-2018 年城市交通护栏行业市场规模情况

二、关键技术

● 道路交通护栏故障快速定位维护系统应用 (ZL201610697858.7)

该技术属于控制技术领域，主要包括护栏状态检测单元、信息中继单元、参数配置单元和故障点定位及导航单元；同一道路区段的若干个护栏状态检测单元配设 1 个共同归属的信息中继单元；护栏状态检测单元用于实时检测道路交通护栏状态；信息中继单元用于接收并转发所辖护栏状态检测单元上报的故障信息报文以及管理所辖护栏状态检测单元是否发生自身工作故障；故障点定位及导航单元用于接收解析故障信息报文后在地图上定位标注和显示，并生成前往维护

的导航路径；参数配置单元用于现场参数配置。本发明安装维护方便、使用时能大幅减轻通信负荷和通信成本、故障护栏定位准确直观且对故障护栏维护响应准确快速。

●多点移动设施运动轨迹控制技术（ZL201820682315.2）

该技术属于控制技术领域，涉及一种多点交通设施运动轨迹控制装置和方法。包括机械控制装置和电磁控制装置，机械控制装置包含电机、机械控制电路和机械式导向。所述的机械控制电路通过驱动控制电路与电机连接，电机与轮子连接，控制轮子转动，整体置于机械式导向上，机械式导向采用异形轨道。电磁控制装置包含两个电机、电磁控制电路和电磁信号源装置；电磁控制电路分别通过电机驱动电路与两个电机相连，两个电机的输出端连接轮子。电磁控制电路包括传感器、放大器、数据采集模块、数据处理模块和电磁控制单元。本实用新型更加稳定的采集到信号的相对位置，更加稳定的控制移动设施的运动，能自动修正轨迹，定位精度高。

●道路交通护栏智能管理系统技术应用（ZL201310245208.5）

该技术属于控制技术领域，包括护栏监测单元和摄像传输单元；护栏监测单元至少设置3个以上；护栏监测单元分散固定设置在道路中间的隔离护栏的立柱上，且位于护栏立柱的中上部；摄像传输单元至少设置1个以上；护栏监测单元包括检测电路、信号放大滤波电路、信号处理控制电路、区位/时钟电路、信号放大发射电路和电源模块；摄像传输单元包括信号接收模块、摄像触发控制模块、摄像装置、信号处理控制模块、区位/时钟电路模块、信号发射模块和电源模块。该技术发明结构简单，安装方便，成本较低；省电且使用寿命长；工作可靠性高；能有效提高交通管理调度中心对道路护栏出现故障时处置的即时性和有效性，减少交通事故发生。

●图像识别精确定位的潮汐护栏系统（ZL201620925374.9）

该技术属于控制技术领域，该系统包括若干个可移动护栏和设置在公路上的轨迹线、可移动护栏包括底座和立柱，立柱上设有控制器和与控制器线路连接的图像识别装置，图像识别装置用于识别所述轨迹线，控制器用于根据所述图像识别装置的识别结果控制所述可移动护栏沿轨迹线移动。采用图像识别技术进行可移动护栏的精确定位，施工时不需要在公路上预设埋铁降低了施工成本和施工难度，具有结构简单、定位精度高的优点。

●一种公共设施的GSM+GPS的组合控制技术应用（ZL201820682271.3）

该技术属于控制技术领域，主要涉及一种公共设施的GSM+GPS的组合控制装置。包括电源模块、GPS模块，控制单元和GSM模块；电源模块与GPS模块、控制单元和GSM模块连接，并为GPS模块、控制单元和GSM模块提供工作电压。控制单元通过串行通信接口，定期向GPS模块发送查询命令，并获取当前的经纬度位置信息、护栏编号及用户终端手机号发送给GSM模块；GSM模块发送到远距离的无线接收终端。能够有效自主监控公共设施的位置并进行实时上报，具有很大的推广应用价值。

三、国内外同类技术对比

针对城市交通管理领域，已有很多高校和研发机构进行过深入研究和开发，专利局网站中也可以检索到相关信息，通过我们的对比和发现，主要的技术方向和切入点都比较窄，这也不可避免的形成城市管理系统的信息孤岛，即所有的关键数据采集不充分，抓取不彻底，因为高校和研发机构的定位限制，他们的技术研发主要用于技术挖掘，并不能很好的结合市场和客户的需求，所以在推广的过程中，不能有效解决客户的痛点，技术先进，但是成本过高，没有推广价值。

例如：

CN202120450U 的实用新型专利，它公开了一种车流量交通信号灯控制系统，该系统通过部署在道路旁的监控摄像头会实时监控该道路的车流量，监控的数据被发送到附近的交通信号灯控制系统的车流量监控系统，将采用图像处理技术对收到的图像数据进行分析处理，得到具体的车流量系信息，将根据收到的具体车流量，控制各个方向的交通信号灯停留时间从而提高了时间的利用率，减少时间资源的浪费。

弊端：该交通信号灯控制系统的行车顺序不会根据车流量变化适时调整，可能会出现有的道路车辆排了很长的队伍，甚至影响到上一个交通路口的交通，还是需要等待其他路口通行后才能通行。

CN102063780A 的发明专利，公开了一种基于物联网技术的公路护栏撞击定位和报警系统及方法，该系统包括碰撞检测模块，用于对护栏监测，确认是否有撞击事件发生；现场终端，用于监管多个碰撞检测模块，对辖区内的碰撞检测模块进行实时轮询，并将轮询信息发送给中心终端；中心终端，用于监管所有现场终端，对现场终端发送过来的信息进行处理，对撞击事件报警及定位；通信模块，用于负责各模块之间的信息传输。碰撞检测模块检测到有撞击事件发生，现场终端及时向中心终端发送信息报告由中心终端处理；否则，现场终端定期向中心终端报告无状况。

弊端：该系统结构复杂，成本巨大，没有市场推广的应用价值，且采用轮询的方式，系统各部分始终处于工作状态，造成电能的浪费以及设备老化进程增加，容易产生故障。

总结：综合国内现有交通管理系统的技术和方案，目前，在市场推广运用方面，还未出现成熟的产品，存在少部分窄性设备和系统未能整合全方位的数据资源及城市车流改善的具体应用产品，因为交通数据流量是描述交通状态的重要特征参数，交通流量的数据变化又是一个实时、高维、非线性、非平稳的随机过程，相关因素的变化都可能影响到下一刻的交通流量。相关技术关于短时的预测装置局限性强，预测精度较低，预测功能单一，实时预测不能取得令人满意的结果，未能对人们的实时道路选择提供有效建议，从而交通数据的采集和分析大部分都停留在短期预测中。通过信息检索，国外目前在早晚高峰时段进行车流调整的措施主要是 Zipper car（俗称：拉链车），通过各项具体参数对比，该项目产品更具有优势，且实施操作便捷、维护方便，性价比更高。，特

列表说明，见图 2.1。

潮汐车道解决方案对比表 (1公里路段为例)				
序号	功能	智慧护栏	拉链车	评价
1	单车道变道用时	35秒	35分钟	智慧护栏效率提升 60倍 ，路段越长，效率优势越大！
2	多车道变道	1-N 车道自由变换	只能实现 单 车道变道	智慧护栏变道从 1-N 自由变换无障碍！
3	操作要求	智能化 遥控操作	专业特种车驾驶人员	智慧护栏真正实现 全智能 操控！
4	弯道适应力	高 ，全面覆盖	低 ，路面要求高	智慧护栏城市弯道全覆盖，弯道适应能力 100%
5	智能交通系统的 信息互通	智能数据接口 可 互联互通	人工 操控，无法接入	智慧护栏智能产品，可单独使用， 同时可接入智慧城市系统
6	项目投资	400万	7000万	智慧护栏投资成本是拉链车的 5.7%
7	运营成本	700元 /年/KM	30万 /年/KM (不含塑料壳 墩的自然老化损坏)	拉链车年运营成本 (人工+车辆费用+油费) 是智慧护栏 的 400倍 ，智慧护栏电耗0.5度电/天/次/KM

图 2.1 潮汐车道解决方案与 ziaap car (拉链车) 性能指标对比

四、第三方评价

评价一：

新产品新技术鉴定验收证书（苏经信鉴字【2018】392号）：2018年7月29日，江苏省经济和信息化委员会组织专家对江苏爱可青交通科技有限公司（曾用名：江苏爱可青实业有限公司）研发的“ZH-3 道路交通智慧护栏”经信新产品样机鉴定。鉴定委员会听取了产品的试制工作总结、技术工作总结等汇报，审查了相关文件资料，考察了生产现场，鉴定委员会认为：该产品技术处于国内领先、国际先进水平。

评价二：

江苏省首台（套）重大装备认定（认定编号：2018114）：经认定，江苏爱可青交通科技有限公司研制的 ZH-3 型道路交通智慧护栏为江苏省首台（套）重大装备产品。

评价三：

中国道路交通安全协会证明函：江苏爱可青交通科技有限公司是我国城市道路护栏行业知名的国家高新技术企业，该公司生产的道路交通智慧护栏“马路机器人”产品，技术达到了国内首创、国际先进水平。目前，该产品在护栏行业市场中，实用性、新颖性、创新性、功能性在国内市场占有率排名第一，在国内护栏行业排名第一。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

目前，该项目产品技术成熟，生产设备齐全，产能充沛，能够保证各大客户的生产应用需求，现产能已达 1300 台套/年，后期，将进一步引进相关生产设备，争取产能翻番。

截止 2019 年 12 月，项目产品的销售收入总额达 13174 万元，在全国一二线城市的推广工作有序开展，深圳、海南、苏州、宁波、连云港等一二线城市均已进行实际应用，评价热烈，对该产品的创新技术、实用的功能、便捷的操作手段都给予了积极好评，后期，将通过国内大中型交通设施展会、电子商务平台、政府公共招投标平台、网页推广及自媒体宣传平台增加推广渠道，扩大销售，真正为群众的出行方便、减轻交管部门管理执勤压力、提升道路通行效率提供相应的服务，并在此基础之上，进一步结合应用过程中市场提出的新的需求，作产品的功能补充和完善，搭建一套运维管理系统平台，配合该产品的管理和分析。

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	经济、社会效益 (元)
深圳市榕亨实业集团有限公司	潮汐机器人 (护栏)	2017 年 3 月	张工 13420938308	530000
海口市公安局交通警察支队	潮汐机器人 (护栏)	2019 年 6 月	李科长 1896176509	480320
浙江浙大中控信息技术有限公司	潮汐机器人 (护栏)	2019 年 6 月	唐总 15815586805	1211532
连云港市住房和城乡建设局	潮汐机器人 (护栏)	2019 年 10 月	郭鑫 13775595199	2180220
连云港市住房和城乡建设局	智慧护栏管理平台	2019 年 6 月	池贵全 15261308303	4478500

2、近两年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	5841.98	274.06	0	0
2019	7332.51	352.15	0	0
累 计	13174.49	626.21	0	0

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

2018 年度和 2019 年度企业财务报表。

3、社会效益（限 200 字）

智慧护栏的改造大大提升了事故的处置效率，减少二次事故的发生，同时对资产实现数字化管理工作，潮汐机器人（护栏）装备成功的研发和市场应用，有效的解决了城市交通潮汐问题，大大增强了拥堵路段的道路使用率，提升了车流通行率，有利于人们出行，出车安全。对加快智慧城市建设及智慧交通网的组建，延长该领域上下游产业链，增加就业，促进企业科技创新能力提升和地方经济发展 具有十分重要的意义。

4、环境效益（限 200 字）

智慧护栏集芯片和反光标识为一体，既美观又能起到很好的放光效果，特别是夜间行车特别醒目美观。潮汐机器人（护栏）能够有效提升道路通行效率，大大缓解车道拥堵问题，减少车辆红绿灯等待时长，从而减少因等待而产生的汽车禁止状态下的高浓度尾气，从长远角度看，保护了大气环境；智慧护栏集芯片和反光标识为一体，既美观又能起到很好的放光效果，特别是夜间行车特别醒目美观。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1				
2				
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种道路交通护栏故障快速定位维护系统	中国	2016106978587	2019-01-18	3221522	爱可青公司	李琳
2	发明	便捷柱帽	中国	2014102220519	2017-02-01	2365944	爱可青公司	李琳
3	发明	道路交通护栏智能管理系统	中国	2013102452085	2015-07-08	1718542	爱可青公司	李琳
4	实用	一种多点移动设施的 CAN 控制装置	中国	2018206821142	2018-05-09	8212399	爱可青公司	李琳
5	实用	图像识别精确定位的潮汐护栏系统	中国	2016209253749	2017-02-22	5938632	爱可青公司	李琳
6	实用	一种道路交通护栏故障快速定位维护系统	中国	2016209129614	2017-03-29	6032949	爱可青公司	李琳
7	实用	一种多点交通设施运动轨迹控制装置	中国	2018206823152	2018-12-11	8212957	爱可青公司	李琳
8	实用	一种公共设施的 GSM+GPS 的组合控制装置	中国	2018206822713	2018-12-11	8196488	爱可青公司	李琳
9	实用	一种改道护栏系统	中国	2017207233181	2017-07-20	7110288	爱可青公司	李琳
10	实用	一种移动智能桩的无线充电装置	中国	20189206822874	2019-01-25	8413440	爱可青公司	李琳

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术研究与应用		
完成人	陈霞、卢兴明、薛雨春、何伟、黄坤坤		
完成单位	标龙建设集团有限公司、南通世纪建筑科学技术研究院		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	南通市住房和城乡建设局		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
无	基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术研究与应用	BLJS-2013-01	2018年11月
授权发明专利（项）	2	授权其他知识产权（项）	无
起止时间	起始：2013年8月28日	完成：2018年11月7日	

二、项目简介

(限1200字)

随着国民经济的发展和建筑设计的多样化,各种建筑中越来越多地采用空间异形结构,平面呈弧形、梯形,跨度大,形状复杂,对脚手架及其模板支撑体系的技术要求越来越高。对于异形建筑结构,为满足平立面的造型需要,模板支撑架多数采用扣件式钢管脚手架或碗扣式、盘扣式脚手架或相互组合形成的混合架体,采用这类架体,扣件式钢管脚手架立杆底部纵横向扫地杆安拆繁琐、操作不便;碗扣式或盘扣式脚手架立杆底部纵横向扫地杆设置高度受场地限制,标高基本不能随意调整。另外,此类架体每一根立杆顶部均需设置可调顶托,安装梁、板模板时底部均需设置木方或方钢与模板固定,施工速度慢、操作繁琐且浪费人工,给施工带来一定的难度,特别是扣件式钢管脚手架某种程度上很难保证架体搭设的完整性,后期的检查验收和加固工作量大,削弱了架体的安全稳定性。

因此,针对以上扣件式钢管脚手架或碗扣式、盘扣式脚手架等形式的模板支撑架的缺点,我公司研究将销式抗扭脚手架用于各种结构形式和各种造型的主体结构模板支撑架体,特别适用于坡屋面、圆形、不等边形、曲线型等异形钢筋砼结构建筑,另外,销式抗扭脚手架适合各种材质模板的安装和使用,与铝合金模板、钢框塑料模板等组装式高强模板配合使用,施工更方便、速度更快,结构构件截面尺寸及轴线、标高位置更准确,混凝土成型效果更好。在此基础上,我公司申报了“销式抗扭连接脚手架”和“组装式高强工程模板”2项发明专利,并已全部获得授权。同时,编写的《建筑施工承插型销式抗扭钢管支架安全技术标准》已形成企业标准,总结形成的“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工工法”被评为2018年江苏省省级工法。撰写的“销式抗扭连接脚手架用于钢框塑料模板支撑施工技术”论文获得2017年度南通市优秀论文一等奖、2017年度江苏省优秀论文二等奖,撰写的“销式抗扭脚手架在建筑施工中的应用”论文获得2018年南通市土木建筑学会优秀论文二等奖并发表在《建筑科技》杂志(2019年12月)上。

本施工技术采用的销式抗扭脚手架具有结构简单、装拆方便、安全稳定性好、抗压强度高、不易损坏、不易变形、节能环保、可重复利用等优点。

三、主要科技创新

一、核心技术原理

1、销式抗扭脚手架由底部丝杆、立杆、水平杆、顶部丝杆、顶部填心水平杆、剪刀撑杆等杆件及丝杆调节螺母、丝杆碗、剪刀撑插件等配件组成。各杆件、配件如下图所示(图 1-1-1~1-1-9):



图 1-1-1 立杆

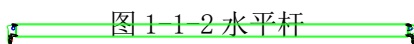


图 1-1-2 水平杆

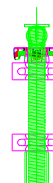


图 1-1-4 (1) 顶部丝杆

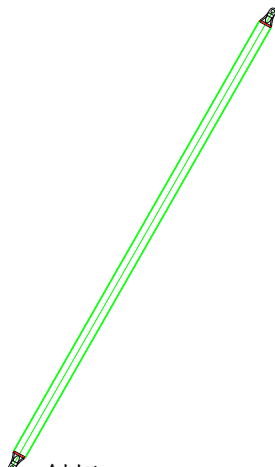


图 1-1-3 斜杆

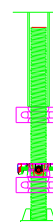


图 1-1-4 (2) 底部丝杆

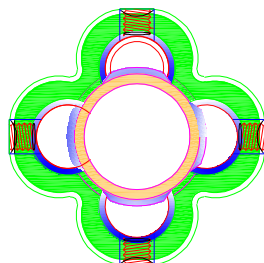
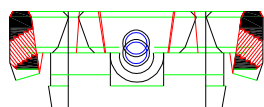
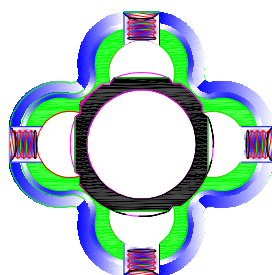
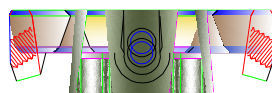


图 1-1-5 盘式插销座



丝杆顶插销座透视图



内架承重丝杆顶插销座侧面图

图 1-1-6 丝杆碗

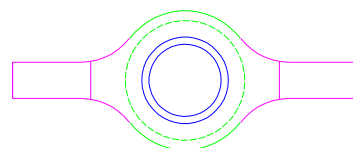
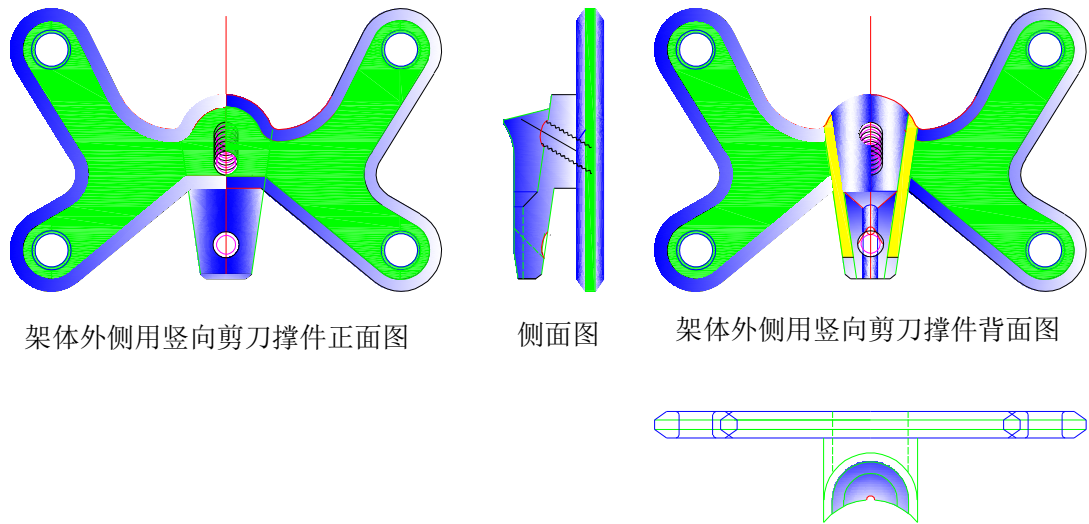


图 1-1-7 丝杆螺母

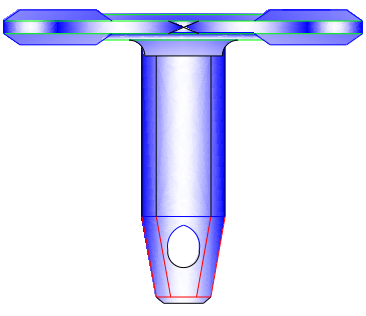


架体外侧用竖向剪刀撑件正面图

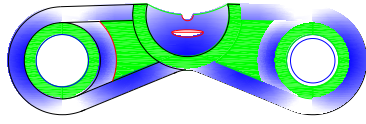
侧面图

架体外侧用竖向剪刀撑件背面图

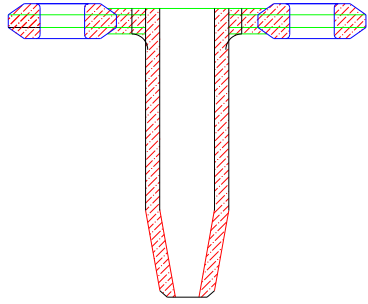
图 1-1-8 竖向剪刀撑插件（梅花型销扣）



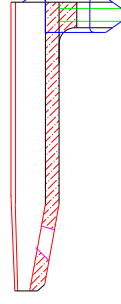
水平剪刀撑插件正视图



水平剪刀撑件俯视透视图



剖面图1



剖面图2

图 1-1-9 水平剪刀撑插件（苗牙形插件）

2、底部丝杆和顶部丝杆上均配有调节螺母和丝杆碗，底部丝杆上的调节螺母用以固定立杆、丝杆碗用以安装纵横向扫地杆，顶部丝杆上的调节螺母用以固定顶部丝杆、丝杆碗用以安装顶部梁板底纵横向水平杆和填心水平杆；底部、顶部丝杆伸入立杆内长度均不低于 150mm，底部丝杆长度有 300/600mm 两种规格，以便于架体基础不同标高时使用；顶部丝杆长度有 600/900/1200/1800mm 四种规格，标高均可以根据实际需要随意调节，顶部无需再另行设置可调顶托，可满足不同标高、不同结构尺寸的楼面梁、板模板支撑架搭设需要。

3、立杆长度有 300/600/1200/2400mm 四种规格，立杆下端焊有比立杆自身大一规格的连接套管（长 150mm），连接时底部首根立杆直接套入底部丝杆用调节螺母固定和调节标高，中部立杆直接套入下部立杆顶端，锚入套管内长度 150mm。若架体高度 $\geq 2.4\text{m}$ ，同步内相邻立杆采用不同长度的相互错开设置。600mm 以上规格立杆上中部每 $\text{@}600\text{mm}$ 焊固有四眼盘式插销座，盘式插销座制有四个方向均匀分布的锥形销眼，用以安装水平杆或剪刀撑插件，可满足不同步距要求的模板支撑架搭设需要。

4、水平杆、填心水平杆长度有 450/600/900/1200/1500/1800mm 六种规格，水平杆两端焊固有抗扭插销头，直接与立杆上的盘式插销座连接。顶部采用带填心杆插件的水平杆，可以在梁、板底部位安装填心水平杆，若采用组装式高强模板或组合模板时，可与顶部水平杆和填心水平杆直接安装固定，采用其他形式模板时，模板底部无需另外设置木方、型钢等，模板直接固定在在顶部水平杆和填心水平杆上，可采用自攻螺钉或气钉与水平杆固定。

5、架体可根据不同高度要求设置水平和垂直剪刀撑，有效分担上部传递至支撑架体的部分荷载，增加架体的稳定性。水平和垂直剪刀撑均为长度可调节的剪刀撑杆与剪刀撑插件跟架体立杆盘式插销座或丝杆碗相连。剪刀撑杆空间长度有 $900 \times 1800/1200 \times 1800/1500 \times 1800/1800 \times 1800$ 四种规格，杆一端设有可调节内杆，根据不同长度需要，在外杆上有 2 个调节螺母固定。

6、立杆盘式插销座间距和水平杆长度均按模数设置，即立杆间距和步距以模数倍数构成，使工具式脚手架具有标准化、通用性的特点。按照 600mm 模数设置节点间距时，常用步距为 1.2m、1.8m。底部丝杆的长度有 300、600mm，顶部丝杆长度有 600mm（用于板下及梁下）、900mm、1200mm、1800mm（这三种用于梁侧边，丝杆中部加一至二道丝杆碗构成一至二道横杆体系），构件均在工厂定型加工。现场施工，直接安装，节省了施工时间，焊接在立管上的盘式插销座，比碗扣脚手架的碗扣抗侧向滑移效果更好。因架体顶部形成受力系统架，不受扣件钢管脚手架立杆悬臂端长度不大于 500mm，丝杆外露长度不大于 200mm；碗扣脚手架、盘扣脚手架可调托座伸出顶层水平杆的悬臂长度不超过 650mm，丝杆外露长度不大于 400mm 的限制。解决了异形结构模板支撑的施工难题，保证了支撑架体施工的安全、快捷。

二、工艺特点

1. 销式抗扭脚手架体均为定模数杆件，较传统的扣件式钢管脚手架相比，架体的立杆纵横向间距和水平杆步距能精准定位、尺寸及标高控制更准确，装拆方便、作业速度快。

2. 架体底部设有高度可调节丝杆，丝杆上设置丝杆碗和丝杆螺母，用以安装纵横向扫地杆和立杆，并可以随意调节纵横向扫地杆和立杆的高度。纵横向扫地杆距地高度可控制在 200mm 范围内，能有效保证架体底部的整体稳固性。

3. 架体顶部设有高度可调节丝杆，丝杆上设置丝杆碗和丝杆螺母，用以固定丝杆和安装水平杆，与传统的扣件式钢管脚手架和碗扣式、盘扣式脚手架相比，顶部不需设置可调顶托，通过丝杆碗和丝杆螺母的标高调节，直接精确定梁板底标高，便于上部模板安装，节约人工。

4. 梁板模板直接与架体顶部的水平杆固定，水平杆间距均匀、固定牢靠，与传统的扣件式钢管脚手架相比，用顶部水平杆代替木方、型钢等小梁，解决了传统脚手架梁板模板底部小梁间距不均匀、固定不牢固、浪费材料等缺点，避免结构构件轴线偏移、变形等情况的发生。

5. 水平杆两端焊固有抗扭插销头，抗扭插销头前端上部或前端面和下部分别制有与立杆外周圆弧凸面相配合的弧形凹口和与盘式插销座制锥形销眼相配合的锥形插销，水平杆安装时，只要将横

杆端抗扭插销头的锥形插销插入立杆锥形插销的锥形销眼即可完成连接固定，将横杆端抗扭插销头的锥形插销从立杆锥形插销的锥形销眼取出即可完成拆解。抗扭插销头上宽下窄，具有独立的立体圆弧“T”形抗扭设计，插入锥形销眼后即形成连接整体，且拆卸方便、自身强度高、不易变形和损坏。

6. 销式抗扭脚手架顶部设有高度可随意调节的丝杆，丝杆长度最长 1800mm，丝杆上设有丝杆螺母和丝杆碗，可将顶部水平杆调节到任意高度，特别适用于坡屋面、圆形、不等边形、曲线型等异形钢筋砼结构建筑。

7. 架体可根据实际需要作早拆支撑架使用，具体根据不同层高、不同部位、不同规格尺寸的结构构件，设置成“独杆型”（1 根立杆）、“一品型”（4 根立直组合）、“多品型”（多根立杆型组合，立杆的根数为“一品型”的模数）独立支撑体系，以满足早拆需要。

四、第三方评价

1. “基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工工法”获得2018年江苏省省级工法；
2. “销式抗扭连接脚手架用于钢框塑料模板支撑施工技术”论文获得2017年度江苏省土木建筑学会优秀论文二等奖。
3. “销式抗扭脚手架在建筑施工中的应用”论文获得2018年南通市土木建筑学会优秀论文二等奖。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

1) 润茂国际广场位于扬州市中心西路与云顶街交叉口东北角，该工程由大润发超市及大润发酒店组成，其中地下建筑面积 21970m²，地上建筑面积为 76674.8m²，总建筑面积 98644.8m²。裙房为框架结构，地下一层，地上四层（局部五层），层高分别为 6.55m、5.4m、5.4m、4.8m、5.75m；酒店为框架剪力墙结构，地下一层，地上十三层，层高 3.5 m。

裙房共分 A、B、C、D、E、F 六个施工区域，其中 S-H/1-7 轴为 A 施工区，该施工区每层建筑面积约 2500m²，一至四层层高分别为 6.55m、5.4m、5.4m、4.8m。A 施工区一~四层主体结构模板支撑体系均采用“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”，主体结构施工时间为 2016 年 7 月至 2016 年 9 月。

通过在该工程裙房 A 施工区主体结构模板支撑体系中的应用，保证了支撑架体施工的安全、快捷，未发现任何安全隐患，节约了人工和降低了工人的劳动强度，施工进度比原计划提前 20 天完成，且为后续的装修工程提供了充足的施工时间，得到了扬州市相关主管部门和建设单位、监理单位的一致好评。

2) 北京外国语大学附属如皋龙游湖外国语学校工程，位于如皋市城南街道龙游湖东侧，由 13 栋单体工程组成，框架结构，局部地下一层，地上一~四层，总建筑面积 106968 m²。

其中视觉艺术中心工程，框架结构，地上一层，建筑面积为 2115 m²，建筑高度为 8.75m（最高点），4.95m（最低点），东西方向长 109.77m，南北方向长 46.15m；一层斜板厚度为 250、300mm，梁下标高从+2.9m 到+6.47m，板下标高从+4.2m 到+7.95m。外形设计为从下向上两个锯齿形的斜板，斜板坡度为 1: 0.12。本工程主体结构模板支撑体系采用“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”，主体结构施工时间为 2017 年 5 月至 2017 年 8 月。

通过在视觉艺术中心工程主体结构模板支撑体系中的应用，施工质量好、速度快，节约了人工和降低了工人的劳动强度，施工工期比计划工期提前 15 天完成，得到了相关主管部门及建设单位和监理单位的好评。

3) 1-3#商业楼、4#商业办公综合楼、5-6#商业楼及地下车库工程，位于如皋市花城大道与城南路交汇处西北角，框架结构，地下一层，地上一~八层，地下建筑面积 16771.15 m²，地上建筑面积 40877.07 m²，总建筑面积 57648.22 m²。

本工程 6 栋单体工程的屋面均为钢筋混凝土坡屋面，屋面坡度从 25° 到 47° 不等，板厚 120mm。其中 4#商业办公综合楼，建筑面积 11484.29 m²，框架结构，地上四~六层，屋面为 47° 的超大陡坡钢筋混凝土屋面，该工程主体结构模板支撑体系采用“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”，主体结构施工时间为 2018 年 3 月 25 日至 2018 年 8 月 9 日。

通过在本工程 4#商业办公综合楼主体结构模板支撑体系中的应用，保证了超大陡坡屋面模板支撑体系的稳定性和安全性，施工质量可靠、施工速度快，主体结构施工工期比计划工期提前 25 天完成，同时也节约了一定的施工成本。

4) 国际园艺城二期工程，位于如皋市花城大道与城南路交汇处西北角，框架结构，局部地下一层，地上一~十层，其中地下建筑面积 78532.8 m²，地上建筑面积 169589.4 m²，总建筑面积 248122.4 m²。

其中 C 区 2#会展中心，地下一层，地上四层，框架结构，地下建筑面积 12740.69 m²，地上建筑面积 19278.93 m²，总建筑面积 32019.62 m²。为了确保南通市优质结构，在该工程上，主体结构模板支撑体系采用“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”，主体结构施工时间为 2019 年 8 月 14 至 2020 年 3 月 20 日。

C 区 3#楼，地下一层，地上七~十层，框架结构，其中地下建筑面积 11671.18 m²，地上建筑面积 26590.05 m²，总建筑面积 38261.23 m²。为了确保南通市优质结构，在该工程上，主体结构模板支撑体系也采用了“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”，主体结构施工时间为 2020 年 3 月 5 至 2020 年 8 月 20 日。

通过在本工程 C 区 2#会展中心及 3#楼主体结构模板支撑体系中的应用,保证了支撑架体施工的安全,施工质量可靠、施工速度快,该 2 栋单体工程主体结构施工工期比计划工期提前 15 天完成,同时也节约了一定的施工成本。

2、近年直接经济效益		单位: 万元人民币		
年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2016年	10.96	0.71		
2017年	2.98	0.19		
2018年	15.18	0.99		
2019年	15.99	1.04		
2020年(截止8月)	18.47	1.2		
累 计	63.58	4.84		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据:

公司采用“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术研究与应”,2016年-2020年8月实现经济效益分别为10.96万元、2.98万元、15.18万元、15.99万元、18.47万元,按公司平均利润率6.5%计算,得出每年新增利润额。

2016-2019年,公司在4个项目5个单体工程主体结构模板支撑体系应用本施工技术,所得经济效益如下(具体详见各项目经济效益证明):

2016年,应用项目为扬州润茂国际广场裙房A施工区,该施工区域每层建筑面积约2500m²,一至四层层高分别为6.55m、5.4m、5.4m、4.8m。A施工区从首层至四层模板支撑采用“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”,主体结构施工时间为2016年7月至2016年9月。通过在该工程裙房A施工区主体结构模板支撑体系中的应用,保证了支撑架体施工的安全、快捷,未发现任何安全隐患,节约了人工和降低了工人的劳动强度,施工进度比原计划提前20天完成,实现经济效益109600元。

2017年,应用项目为北外附属如皋龙游湖外国语学校视觉艺术中心工程,该工程为框架结构,地上一层,建筑面积2115m²,建筑高度为4.95m(最低点)~8.75m(最高点),东西方向长109.77m,南北方向长46.15m;一层斜板厚度为250、300mm,梁下标高从+2.9m到+6.47m,板下标高从+4.2m到+7.95m。外形设计为从下向上两个锯齿形的斜板,斜板坡度为1:0.12。本工程主体结构模板支撑体系采用“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”,主体结构施工时间为2017年5月至2017年8月。通过在视觉艺术中心工程主体结构模板支撑体系中的应用,施工质量好、速度快,节约了人工和降低了工人的劳动强度,施工工期比计划工期提前15天完成,实现经济效益29870元。

2018年,应用项目为如皋花木大世界一期4#商业办公综合楼,建筑面积11484.29m²,框架结构,地上四~六层,屋面为47°的大陡坡钢筋混凝土屋面。在该工程上,主体结构模板支撑采用了“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”,主体结构施工时间为2018年3月25日至2018年8月9日。通过在4#商业办公综合楼主体结构模板支撑体系中的应用,保证了超陡坡屋面模板支撑体系的稳定性和安全性,施工质量可靠、施工速度快,节约了人工和降低了工人的劳动强度,主体结构施工工期比计划工期提前25天完成,实现经济效益151800元。

2019年,应用项目为如皋花木大世界二期C区2#会展中心,地下一层,地上四层,框架结构,地下建筑面积12740.69m²,地上建筑面积19278.93m²,总建筑面积32019.62m²。为了确保南通市优质结构,在该工程上,主体结构模板支撑体系采用“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”,主体结构施工时间为2019年8月14日至2020年3月20日。通过在C区2#会展中心主体结构模板支撑体系中的应用,保证了支撑架体施工的安全,施工质量可靠、施工速度快,节约了人工和降低了工人的劳动强度,该工程主体结构施工工期比计划工期提前15天完成,实现经济效益159900元。

2020年,应用项目为如皋花木大世界二期C区3#楼,地下一层,地上七至十层,框架结构,其中地下建筑面积11671.18m²,地上建筑面积26590.05m²,总建筑面积38261.23m²。为了确保南通市优质结构,在该工程上,主体结构模板支撑体系也采用了“基于销式抗扭脚手架的模板支撑体系施工技术”,主体结构施工时间为2020年3月5日至2020年8月20日。通过在C区3#楼主体结构模板支撑体系中的应用,保证了支撑架体施工的安全,施工质量可靠、施工速度快,节约了人工和降低了工人的劳动强度,该工程主体结构施工工期比计划工期提前15天完成,实现经济效益184700元。

3、社会效益(限200字)

2016年~2020年8月,采用本施工技术分别在扬州润茂国际广场裙房A施工区、北外附属如皋龙游湖外国语学校视觉艺术中心、如皋花木大世界一期4#商业办公综合楼和如皋花木大世界二期C区2#会展中心、C区3#楼项目上得到了成功应用,施工质量好、速度快,节约了人工和降低了工人的劳动强度,得到了项目所在地相关主管部门及建设单位和监理单位的一致好评。其中扬州润茂国际广场、北外附属如皋龙游湖外国语学校、如皋花木大世界一期项目均获得了“市优质结构工程”、“江苏省建筑业新技术应用示范工程”、“江苏省建筑施工标准化文明示范工地”和“江苏省建筑业绿色施工示范工程”。如皋花木大世界二期C区2#会展中心、C区3#楼正在进行墙体砌筑、装饰装修工程施工,相关奖项均已申报,待单体工程竣工后再进行相关验收。

4、环境效益(限200字)

本施工技术所使用的销式抗扭脚手架所有杆件、配件均为厂家模具化生厂,并全部经过热镀锌处理,杆件全部为国标杆件,质量好、强度高,可适用施工现场夏季高温、冬季低温、雨水等各种气候条件,不会产生锈蚀、不易变形,且适合各种材质的模板安装和使用,安装、拆卸、运输方便,周转率、重复利用率可达到95%以上,对损坏或变形严重的杆件、配件全部可回收厂家重新进行再加工、生产,架体立杆底部配有钢垫板和高度可调节杆件,现场施工无需再垫零星木板、木方等,施工过程中不会产生粉尘,材料装卸均采用人工传递,噪声均控制在规范允许范围内,施工过程中和交付使用后对建筑物基础土层及建筑物结构等均不会产生环境污染。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	“销式抗扭脚手架在建筑施工中的应用” / 《建筑科技》	2019年12月	薛雨春、陈霞、吴晓群	
2				
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	无			
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	销式抗扭连接脚手架	中国	ZL201310338073.7	2016年12月7日	2307580	卢兴明	卢兴明、陈霞
2	发明专利	组装式高强工程模板	中国	ZL201210307881.2	2016年4月20日	2036419	卢兴明	卢兴明、陈霞
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	既有公共建筑节能改造关键技术与城市应用示范		
完成人	龚延风、邹云龙、陈丽萍、杨宽荣、戴小燕、张映波、段凯、谢建华、张蒙、高海强、宋文荣		
完成单位	常州市住房和城乡建设局、南京工业大学、常州市武进区建设工程施工图设计审查中心、常州市城建艾科绿色技术有限公司、盐城金坤节能科技有限公司、常州燕润能源科技有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	江苏省土木建筑学会		
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
	既有公共建筑节能改造关键技术研究与城市应用示范	苏土建学 鉴字【2018】 第 20 号	2018.12.29
授权发明专利（项）	2	授权的其他知识产权（项）	3
起止时间	起始： 2017 年 10 月 1日	完成： 2018 年12 月 29 日	

二、项目简介

既有公共建筑节能改造关键技术与城市应用示范，项目属既有公共建筑节能改造领域，学科为建筑环境与能源应用工程，项目来源常州市城乡建设局。

实施既有公共建筑节能改造，是建设绿色生态城市的要求，全国各地正在大力推动之中，常州市也被列为江苏省既有建筑节能改造示范城市。既有建筑节能改造同时又是一项涉及技术、经济、管理、社会发展的多因素系统工程，这其中节能改造技术是节能改造的基础性工作。为推动既有建筑节能改造科学、健康发展，常州市住建局专门组织了《既有公共建筑节能改造关键技术与城市应用示范》的课题，主要研究既有公共建筑中需要解决的共性关键应用性技术，以期为既有建筑节能改造提供扎实的技术支持。具体开展了如下工作：

1. 既有建筑节能改造关键技术总结与研究

1.1 供暖空调系统综合节能改造技术研究

主要设备及系统的能效诊断技术，封闭管道内流体参数测试技术、冷水机组节能运行技术、水泵及水系统节能改造技术、末端空调设备节能管理技术。

1.2 生活热水系统改造技术研究

热水系统的改造技术，热水系统优化设计，运行控制逻辑设计技术。

太阳能热水、空气源热泵应用技术研究。

1.3 智能控制与管理技术研究

开展建筑设备系统控制（含冷冻站、水系统、AHU 等系统的节能控制策略，运行管理模式）、校园行为节能管理、能耗定额应用（结合能耗计量系统数据应用）等智能化管理研究。既改工程的网络通信技术模式。

1.4 围护结构及改造技术研究

窗户改造工艺研究；隔热膜应用效果与适宜性研究；墙体保温（内外保温形式的比选、新型保温隔热材料应用）技术适宜性研究。

2. 常州市既有建筑节能改造技术体系及整体效益分析

对常州市已完成的节能改造项目进行全面总结，以建筑为整体对象，分析节能改造的技术体系，采用的主要技术方法、后续节能运行管理模式，对采用的技术进行梳理，对整体节能效果进行分析评价。

3. 既有建筑节能改造关键技术的效益分析

依据已有实施项目，统计分析各个单项技术的节能效益、适宜性，投资回收期。

主要技术类型包括：LED 照明替代技术、各设备系统的智能控制技术、空气源热

泵热水供应技术、太阳能热水供应技术、水泵变频改造技术、冷水机组效率提升技术、末端空调机组节能技术、热回收技术、电力系统谐波治理技术、电梯能量回馈技术、灶具节能技术、窗户置换技术、隔热膜技术、墙体保温技术、屋面绿化技术等。

项目研究指标：

- (1) 封闭管道带压安装插入式冷热量仪施工工艺实验研究
- (2) 不同控制策略下水泵变频节能量测试、实验研究
- (3) 隔热膜节能改造效果测试、实验研究
- (4) 空气源热泵热水机组效率测试、实验研究
- (5) 集中式太阳能热水系统运行控制模式研究
- (6) 基于投资回收年限的冷水机组能效诊断新方法研究
- (7) 单体空调节能控制系统测试、实验研究
- (8) 教室照明节能控制系统测试、实验研究
- (9) 节能控制系统产品研发
- (10) 《常州市既有建筑节能改造示范城市——单项技术经济性分析报告》编写
- (11) 《常州市既有建筑节能改造示范城市后评估研究技术效益分析报告》编写

通过常州市 20 个示范项目的技术及其经济性分析，获得关键技术对节能减排方面的贡献，为政府评估相关政策的绩效提供真实数据，推动建筑节能改造持续、健康发展。

本项目申请国家专利 2 项，发表论文 3 篇。

经第三方检测、查新及科技成果鉴定达国内领先水平。

三、主要科技创新

为推动既有建筑节能改造科学、健康发展，本项目主要研究既有公共建筑中需要解决的共性关键应用性技术，以期为既有建筑节能改造提供扎实的技术支持。

本项目主要针对以下技术开展研究：

- (1) 冷冻机性能诊断与测评方法研究
- (2) 空调冷冻水系统变流量时压差变化的实测分析
- (3) 不同控制策略下水系统变流节能特性研究
- (4) 集中太阳能热水系统运行策略研究
- (5) 空气源热泵全年供热性能研究
- (6) 生活热水系统的能耗统计分析
- (7) 玻璃贴膜节能性能研究
- (8) 教室节能控制物联网云平台开发研究。
- (9) 封闭管道内流体参数测量方法研究；
- (10) 关键技术应用示范成效总结

1. 冷水机组能效诊断与测评方法研究

突破传统的仅用COP为指标的冷水机组能效诊断方法，提出以投资回收年限阈值为目标的诊断方法。该方法将冷水机组的实际COP与测量环境下COP理论值作比较，分析诊断冷却塔、冷凝器、蒸发器、压缩机、节流各个环节热力过程。这样的诊断细致，能够找准问题，使得冷水机组能效诊断的科学性较大幅度地提高。

2. 空调冷冻水系统变流量时压差变化的实测分析

末端压差变化有较好的瞬时性，一般系统流量发生变化时，末端压差总会在比较短的时间内发生变化，一般在 15s-30s 之间。当流量发生变化时，其压差变化的传播距离随发生点衰减。距离越近，压差变化比较明显，距离较远时，压差变化较小，但压差变化与系统流量变化不存在线性关系。

3. 不同控制策略下水系统变流节能特性研究

温差控制中温差越大，水泵电耗越低，节电率越高。温差控制策略下，水泵变频运行

功耗波动范围较大，实际调控幅度较大。压差控制中，压差越大，水泵电耗越高，节电率越低。温差控制策略周节电率高于压差控制策略 49.8%。而温差控制策略日节电量高于压差控制策略节电量仅 2.76%。温差控制策略节电量随时间的累积是及其显著的。温差控制下集中空调系统系统综合能效系数高于压差控制下集中空调系统系统综合能效系数。

4. 集中太阳能热水系统运行策略研究

(1) 在保证出水温度恒定前提下，充分吸收和利用太阳能热量，减少补热量是确定运行模式的核心原则。

(2) 在连续供水的项目（如酒店等）中，采用双水箱是必要的。热水制备与热水使用分开，补水应进入集热水箱，不影响供水温度，也不影响集热时间和效率，但此时水箱容积可适度减小。如果采用单水箱，则无论如何运行，其补热量都较大。

5. 空气源热泵全年供热性能研究

外界气温 20℃ 以上空气源热泵运行加热时热泵效率在 4.25 以上，机房综合效率基本保持 4 以上。在考虑恒温的情况下，热泵真实效率约比标注效率低 30-34%；1~8 月份，空气源热泵热水机组效率以 18.76% 的增幅上升；10~12 月份，效率以 60.7% 的降幅急速下降。8 月份总耗电仅是 1 月份总耗电的 29.4%，9~12 月份总耗电急速上升。12 月-1 月热水产热成本约 25-26 元，6-10 月热水成本约 9-10 元/吨。热泵正常工作年平均效率约为 3.3 左右，平均年综合效率约为 3.1。

6. 生活热水系统能耗统计研究

就全年而言：从单位热水补热量和补热量占总热量比例角度出发，太阳能+空气源热泵热水系统比空气源热泵热水系统更为节能，而太阳能+锅炉热水系统相较于空气源热泵热水系统是否节能则需根据项目实际情况而定；从单位热水耗煤量角度出发，太阳能热水系统比空气源热泵热水系统更为节能。

7. 玻璃贴膜节能性能研究

贴膜透过可见光功率几乎都是未贴膜透过可见光功率的一半。贴膜室内可见光隔热率平均下降 53.86%。贴膜透过红外线功率仅是未贴膜透过红外线功率的 11%~28%，红外线隔热率平均下降 79.24%。贴膜阻碍红外线透过率的作用要强于其阻碍可见光透过率的作用。

空调运行相同时间时，贴膜房间空调降低室内温度 1℃的耗能与未贴膜房间空调降低室内温度 1℃的耗能大小关系具体不确定性。贴膜使得室内温度波动小，比未贴膜房间温度低 1.55℃。达到室内相同温度，贴膜房间空调运行时间少，平均节能率为 35.88%。

8. 教室节能控制物联网云平台开发研究

该物联网系统能够按照时段或者按照需求对设备进行控制，避免了温度适宜未关空调、人走未关灯等现象造成的能源浪费，可实现 15%-20% 及以上的节能率。

9. 封闭管道内流体参数测量方法研究

带压打孔方式安装插入式超声波流量计，可以避免停用系统且能保证测量精度。本研究对在运行状态的集中空调管道中如何安装冷热量仪并测试封闭管道介质热力参数进行探究。分析安装工艺流程，研究现场计算及定位、安装阀门、打压试验、钻孔、调试等工艺关键点。说明本研究涉及的工艺的环保措施、质量控制、安全措施等。结果表明：本研究安装的冷热量仪所测热力参数的偏差在合理范围内。在不影响集中空调系统正常运行前提下降低了流量仪表安装费用，并能做到随用随测。

10. 关键技术应用示范

通过对常州市 20 个示范项目的技术及其经济性分析，一方面得到了不同技术在节能减排方面的贡献，为政府评估相关政策的绩效提供真实数据，便于今后政策的出台，推动建筑节能改造持续、健康发展；另一方面，还可为其他业主和合同能源公司提供示范项目效益方面的相关信息，利于业主和合同能源公司的技术决策。

主要创新

(1) 突破传统的 COP 为指标的冷水机组能效诊断方法，本项目提出以投资回收

年限阈值为目标的冷水机组能效诊断方法；

(2) 基于冷水机组实际COP与测量环境下COP理论值的比较，本项目提出诊断冷却塔、冷水机组冷凝器、蒸发器、压缩机、节流各个环节热力过程的方法，极大提高冷水机组能效诊断的科学性；

(3) 高效应用水泵变频技术、高能效机组技术、冷媒系统水处理技术以及控制系统优化及构建，冷却塔采用智能启停技术或变频技术降低建筑空调系统能耗；

(4) 构建了一套基于人工智能的节能控制物联网云平台系统

(5) 通过常州市20个示范项目的技术及其经济性分析，获得关键技术对节能减排方面的贡献，为政府评估相关政策的绩效提供真实数据，推动建筑节能改造持续、健康发展。

四、第三方评价

2018年12月29日,江苏省土木建筑学会在常州组织召开了”既有公共建筑节能改造关键技术研究与应用示范”课题成果鉴定会。鉴定委员会听取了课题组的技术汇报,审阅了课题鉴定资料,经质询、讨论,形成鉴定意见如下:

1、课题提交的鉴定资料齐全,符合鉴定要求。

2、课题针对既有公共建筑节能改造中常见技术问题开展研究,研究内容包括:冷水机组能效诊断与测评方法;空调变流量水系统管网压力变化特性以及变流量控制方法;空气源热泵热水系统与集中太阳能热水系统的节能效果对比分析;公共空间照明、分体空调的集中控制与节能效率的分析;建筑外窗玻璃贴膜隔热性能研究等内容。技术路线正确,内容丰富。

3、课题研究成果在常州市20项、总计改造面积达67.98万平方米的公共建筑节能改造工程中得到应用,节能量10%-41.3%、投资回收期3-8年。

4、研究过程中开发了教室照明与空调节能控制系统、封闭管道内流体介质参数测量方法。

5、课题研究在冷水机组部分负荷运行数学模型、冷水机组能效诊断模型、水泵变频控制测试方法等方面具有创新性。

鉴定委员会专家认为该课题完成了课题任务书规定的研究内容,研究成果达到了国内领先水平,一致同意通过鉴定。

建议:进一步分类总结相关节能技术在不同类型公共建筑节能改造中的适宜性。

该委托查新项目既有公共建筑节能改造关键技术研究与应用,要求重新检索:在分析冷却塔、冷水机组冷凝器、蒸发器、压缩机、节流阀各个环节热力过程的基础上,以恰当的投资回收年限阈值为目标,提出冷水机组能效诊断方法。综合分析检索到的国内相关文献,并与委托项目的重新点进行对比分析,得出以下结论:经检索并对国内相关中文文献分析对比结果表明,该项目既有公共建筑节能改造关键技术研究与应用,未见相同报道。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

项目研究成果在常州市20项、总计改造面积达67.98万平方米的公共建筑节能改造工程中得到应有。

表1 改造工程

改造项目	改造建筑面积 m ²	节 能 量 kwH	节能率	时间
常州奥体明都国际饭店	23249	635057	14%	2017.12
常州宝鼎大酒店	11361	495339	20.54%	2017.10
常州大酒店	36659	1484251	16.6%	2017.11
锦海国际大酒店	16937	419580	10%	2018.1
常州轻工职业技术学院	105046	2845225	31.6%	2018.1
常州市钟楼区玖玖江南护 养中心	10609	314905	41.3%	2017.10
常州信息职业技术学院	60000	1331033	20.7%	2018.1
福记逸高酒店	50848	3242179	34%	2017.12
常州富克斯流行广场	61386	1878545	13.9%	2017.5
华意楼绿色化改造工程	2766	35899	32.2%	2017.10
嘉丰明珠大酒店	17754	525363	18.1%	2017.5
江苏理工学院	87790	1492689	34.3%	2017.5
金陵明都大饭店	24674	748629	17%	2017.10
锦海武进宾馆	12154	450170	22.5%	2017.11
锦江国际大酒店	28814	1519197	21.4%	2017.5
天目湖宾馆	29840	1323534	17.7%	2017.11
维景国际大酒店	34148	1310838	20.9%	2017.11
扬子国际大酒店	17980	767465	25.5%	2017.11
颐丰大酒店	10843	490340	15.5%	2017.5
中天凤凰大酒店	37005	2335653	34.3%	2017.4

2、近年直接经济效益单位：万元人民币

年份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
累计				

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

研究成果在常州市 20 项、总计改造面积达 67.98 万平方米的公共建筑节能改造工程中得到应用，节能量 10%-41.3%、投资回收期 3-8 年。

3、社会效益（限 200 字）

2014 年常州市被江苏省住建厅确定为省首批既有建筑节能改造示范城市。为了检验对照节能改造工作的初始目标和期望，总结节能改造的技术、改造效果和运行成效，明确各种节能改造技术的适宜性，形成适应本地的核心技术体系，形成可推广、可借鉴的技术经验，开展既有建筑节能后评估，以示范项目的实际运行结果为依据，对关键技术问题进一步研究总结，为今后示范城市示范项目的应用和推广提供了技术支撑。

4、环境效益（限 200 字）

建筑耗能产生大气污染，本研究主要分析 CO₂、烟尘与 SO₂ 的排放量。火电厂每产生 1kWH 的电，放出 CO₂ 1.2388kg，SO₂ 0.009324 kg，烟尘 0.0013 kg。本项目研究成果在常州市 20 项、总计改造面积达 67.98 万平方米的公共建筑节能改造工程中得到应用，节能量合计达 23645891 kWh。由此获知常州市 20 项的节能改造工程减少 CO₂ 排放量 29292.530 吨、SO₂ 排放量 220.474 吨、烟尘排放量 30.739 吨，环境效益显著。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	基于人工智能的节能控制物联网云平台的设计与实现/电气应用	2019.11	戴小燕 张映波 杲靖 王仁南	
2	常州市既有建筑节能改造关键技术效益分析/建筑工程技术与设计	2019.8月上	戴小燕 朱平 龚延风 王琦	
3	示范城市实施分析/锦绣	2019.2	张映波 龚延风 王琦 段凯	
4	电梯能量反馈系统节能改造效益分析/建筑工程技术与设计	2019.11月中	戴小燕 段凯 王琦	
5	集中太阳能热水系统运行策略研究/ 给水排水	2019.12	顾翀 张映波 段凯 谢建华	

。

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利申请	无线热释电人体感应传感装置	中国	201910494390.5	2019.06.10	201910494390.5	常州燕润能源科技有限公司	常州燕润能源科技有限公司
2	发明专利申请	无线三路电源控制器	中国	201920701903.0	2019.05.16	201920701903.0	常州燕润能源科技有限公司	常州燕润能源科技有限公司
3								
4								
5								
6								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	加筋垫层刚性桩复合地基关键技术研究及应用		
完成人	朱小军, 费康, 顾维扬, 周欣, 李启宏, 杨超, 陈伟, 邱亚波, 张丽丽		
完成单位	扬州大学 扬州市邗江区住房和城乡建设局 扬州市建筑安全监察站 江苏省建筑工程集团第一工程有限公司 扬州工业职业技术学院 江苏旭科建设工程有限公司		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)	扬州大学		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
国家自然科学基金	桩承式加筋路堤设计理论研究	50908198	2013年01月10日
授权发明专利(项)	2	授权其他知识产权(项)	7
起止时间	起始: 2010年 1月 1日	完成: 2019年 5月 30日	

二、项目简介

加筋垫层刚性桩复合地基，通过在刚性桩桩顶布置土工合成材料与砂砾土组成加筋垫层，达到增加地基水平抗力、大幅增加桩间距、降低工程造价的目的。与常规的刚性桩复合地基相似，加筋垫层刚性桩复合地基中桩与桩间土也存在着差异沉降，这种差异变形造成了垫层中的土拱效应，土拱效应的产生减少了作用下软土顶面或合成材料顶面的压力，即一部分荷载被直接传递给桩顶，并通过桩传递到坚硬下卧层；而桩、土间的差异沉降，对土工合成材料会产生一定的拉伸变形和拉力，可以承受一定的荷载，并通过拉力的垂直分量传递到桩体上，减少了软土地基的沉降及差异沉降，即土工合成材料加筋垫层带来的拉膜效应。再者，加筋垫层相比软土有一定的刚度，能够起到软土的桥梁跨越作用，减少桩间软土承担的荷载。由此可见，加筋垫层刚性桩复合地基技术处理软土地基的思路是尽量减少软弱土体所承担的荷载，这与那些通过排水固结等方法提高土体承载能力的地基加固措施是不同的。

而目前对于加筋垫层设计中土拱效应和拉膜效应采用简单的分开考虑，第一步应用土拱效应理论给出作用在土工合成材料顶面的压力，第二步根据土工合成材料顶面压力大小应用拉膜理论确定土工合成材料的拉力。这种设计思路没有考虑到这些荷载传递分量中存在着耦合作用，比如土拱效应的差异沉降受到自身拱效应发挥程度的影响，差异沉降决定了土工合成材料的拉伸变形及拉力等。另外，究竟采用多层低强度土工合成材料还是采用单层高强度土工合成材料加筋垫层，目前还缺少相关研究支持。从理论上来说，若加筋垫层具有较大的刚度，可以减小软土的差异沉降，为了加筋垫层达到所需要的刚度，加筋材料性能、位置及桩间距如何确定，都是设计中要考虑的问题。

项目组完成了加筋垫层土拱效应及拉膜效应研究、刚性桩复合地基加固机理研究、加筋垫层刚性桩复合地基受组合荷载作用下的承载性能研究，首次形成了考虑加筋垫层土拱效应和拉膜效应的简化分析方法，通过在房建、公路、桥梁等数百项工程中的应用探索，形成了加筋垫层刚性桩复合地基成套关键技术，获得发明专利 2 项，实用新型专利 7 项，软件著作权 2 项，省级工法 1 项，参编江苏省工程建设标准 2 部，完成省部级科技项目 2 项，发表论文 40 余篇，其中核心期刊收录 30 篇，SCI、EI 收录 20 篇。

项目组提出的加筋垫层刚性桩复合地基，在桩顶布置一层高强度土工合成材料加筋垫层，垫层材料中的土拱效应、土工合成材料的拉膜效应、加筋垫层的刚性垫层效应、桩土间刚度差异引起的应力集中效应是保障加筋垫层刚性桩复合地基加固软土地基效果的保证。通过加筋垫层的土拱效应和拉膜效应，上部荷载相对理性地分配给刚性桩和桩间土，充分发挥了桩间土的作用，较大幅度增加桩间距，减少刚性桩的用量，并且有效减小了软土的总沉降和不均匀沉降，采用了此技术桩体面积置换率最低可为 10%~20%，远低于常规刚性桩复合地基的桩体面积置换率 30%~50%，具有明显的技术经济优点。

三、主要科技创新

我国沿海及江河、湖相冲积平原是经济最活跃的地区，基础设施建设发展速度快、分布密度大、建设规模大、修建标准高，对地基处理提出了更为严格的安全、经济要求。而这些地区广阔分布软土地基，在软土地区修建构筑物必须解决承载力不足、沉降或不均匀沉降过大、侧向变形过大、整体或局部失稳等问题，往往需要一定的时间进行地基处理。这期间造成建筑单位成本积压、交通堵塞、物流不畅等问题，这对经济带来不利影响，其损失往往超过工程本身的费用。因此发展软土地基快速处理是对我国经济的长期健康发展十分必要，研发新型地基处理技术来解决软土地基快速加固问题，作为软土地基中修建大重型构筑物的技术瓶颈，已成为经济发展面临的严峻挑战。

缩短工期的核心实质上就是要选取合适的软土地基处理方法，常用的超载预压法或排水固结方法费用低廉，但需要相当长的时间来保证地基土固结和强度增长的要求。且这类方法会引起相临建筑物的沉降；另一方面，柔性桩（如深搅桩）和散体材料桩（如碎石桩）的加固软土地基，施工工期较短，加固效果也有一定保证，在软土地基处理中应用广泛，但由于存在施工质量不易控制、加固深度有限的问题，目前在施工期要求较高的重要工程中倾向于采用刚性桩的趋势。

在软弱地基上用刚性桩加固地基，从受力机理上来看，刚性桩的性状与常规的柔性桩或散体材料桩的情况是不同的，通常认为后者在上部荷载作用下桩、土的竖向应变相等，按照复合地基理论进行设计。而刚性桩加固的地基，桩与土模量相差大，桩间土与桩之间必然产生差异沉降，差异沉降越大，采用桩土等应变假设进行设计所产生的误差也就越大，而且其结果是不安全的。

自 21 世纪高强度土工格栅问世后，土工格栅具有较高的抗拉强度，且造价低廉，土工格栅加固软土地基时，能较好地扩散基底压力，减小软弱下卧层的附加应力，加速地基土的排水固结，同时，加筋垫层的水平抗拉强度和抗弯强度的提高，能增加地基的稳定性，减小地基的差异沉降，但对于上部荷载较大的情况效果不够理想。因此将刚性桩与土工格栅联合起来加固软土地基成为一种新型地基处理方法，使用该方法处理软土地基，刚性桩置换率最低可为 10~20%，远低于常规刚性桩复合地基，具有明显的技术经济特点。

加筋垫层刚性桩复合地基最大程度利用了原地基土，且刚性桩自身强度高，可解决软土地基承载力不足、工后沉降大等问题。实践表明。采用加筋垫层刚性桩复合地基加固软土地基，具有施工工期短，处理深度大、施工质量易控制、对相邻构筑物影响小、加固效果好的特点，具有适用性强、性价比高、绿色环保等优势，是一种适用于软土地基的典型“绿色建筑地基基础”，符合国家“绿色”发展理念，前景广阔。

目前有关加筋垫层刚性桩复合地基的理论研究滞后于工程实践，特别是在上部结构受到风力、水流甚至船撞等水平荷载作用的情况，使得该复合地基总应力场比单一竖向受荷情况下的应力场复杂得多，这将导致基础受荷响应的变化，即为多荷载的耦合效应。这种多荷载耦合作用下的加筋垫层刚性

桩复合地基设计更多地是从概念上把握，相关的理论研究较少，阻碍了该技术的推广应用。综述，本研究通过室内和现场试验研究、理论分析和数值模拟，提出相对完整、准确的加筋垫层刚性桩复合地基设计理论，进而推广在高速公路、高层建筑、大型桥梁的软弱地基处理等方面的工程应用。

项目组首先通过加筋垫层模型模型试验、DPRF 数值模拟和模型试验、解析计算等方法研究加筋垫层刚性桩复合地基工作性状，在此基础上提出 DPRF 设计方法；与此同时，开展 DPRF 施工方法研究，最终形成加筋垫层刚性桩复合地基技术系统理论。详细内容如图 1 所示。

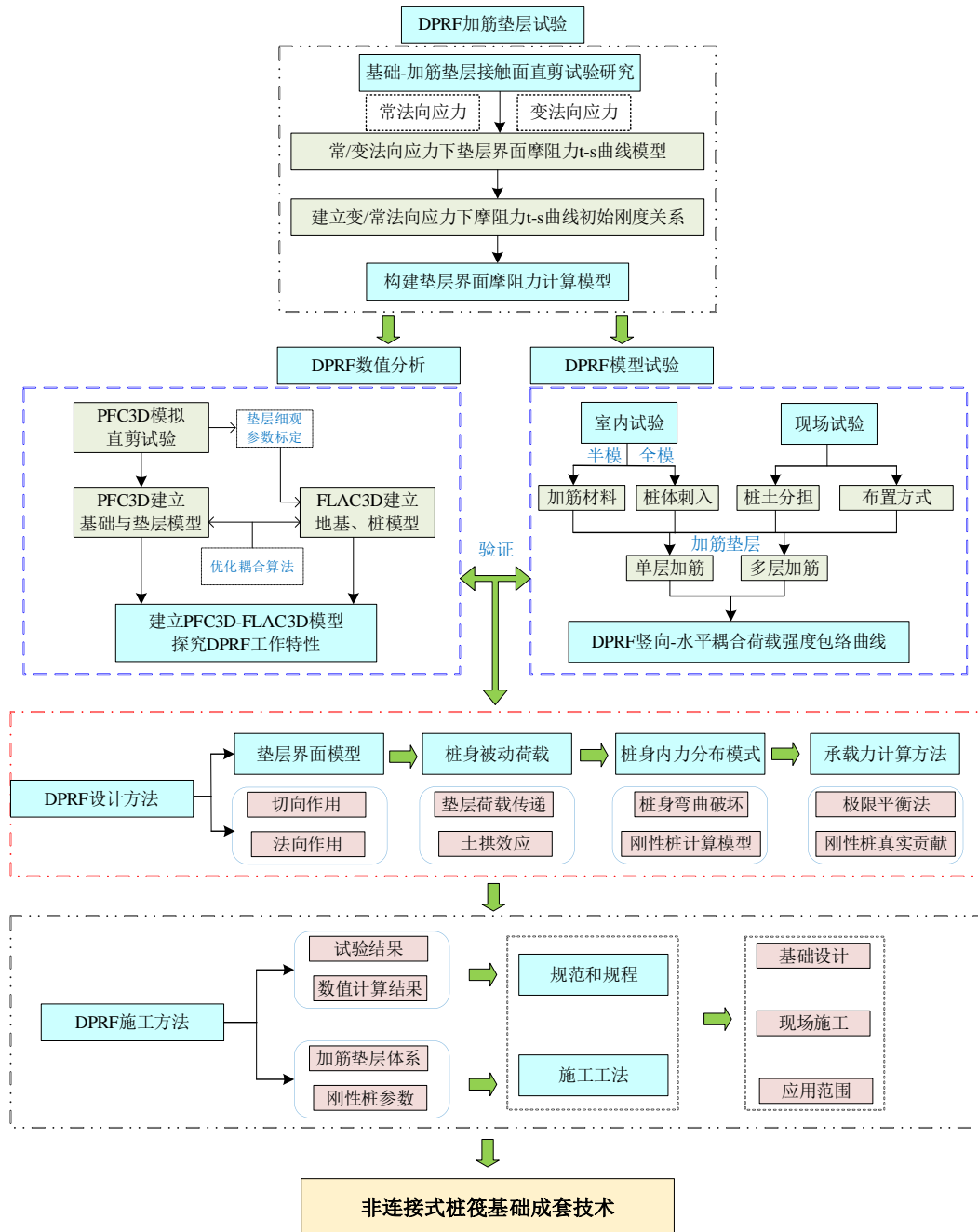


图 1 技术方案

针对加筋垫层刚性桩复合地基存在的不足，扬州大学、扬州市邗江区住房和城乡建设局、扬州市建筑安全监察站和扬州工业职业技术学院等项目完成单位基于数值分析-室内模型试验-足尺模型试验-反演分析-工程应用的总体思路，积极展开技术攻关，开展“加筋垫层刚性桩复合地基关键技术研究及应用”，取得了一系列的技术成果，并在实践中得到了运用，经过了工程实践检验，取得了良好的经济和社会效益。

通过“加筋垫层刚性桩复合地基关键技术研究及应用”，形成以下 5 项科技创新成果：

1、建立了加筋垫层剪切力学模型

开展了常/变法向应力下基础-加筋垫层接触面剪切力学性状试验研究，利用高性能全自动直剪仪进行常/变法向应力下的基础-加筋垫层接触面剪切特性研究，明确了常法向应力与变法向应力下的界面摩阻力 τ - s 曲线，建立了法向应力相同情况下两者摩阻力 τ - s 曲线初始刚度的关系，进而构建出加筋垫层界面摩阻力 τ - s 曲线的计算模型，求得了任意法向应力或围压下的摩阻力值，揭示加筋垫层摩阻力的形成机理。

2、提出了离散-连续数值耦合优化算法

首次提出有限差分和离散元相结合的方法研究加筋垫层刚性桩复合地基作用机理的演变过程，充分反应基础-加筋垫层-桩交界面的接触特性。通过改变土体离散颗粒集合体的细观参数进行数值试验不断试凑，使得颗粒集合体表现的宏观属性与实际相近，针对目前离散-连续边界力提取不够精确问题，提出将边界耦合力提取转化为结点力拉格朗日乘子法求解的寻优问题，并强调两种模型在耦合边界上的相容性。

采用在基础-垫层-桩耦合界面直接对颗粒离散元/有限差分网格进行耦合计算的思路，提出与耦合界面接触颗粒的搜索方法，推导出计算颗粒与耦合界面重叠量算法以及颗粒与耦合界面相互作用力的计算方法，实现颗粒离散元与有限差分法数据交互，并采用 FISH 语言实现 PFC^{3D}-FLAC^{3D} 并行耦合计算；采用 PFC^{3D}-FLAC^{3D} 耦合计算，建立了基础-垫层-桩复合基础数值模型，分析了基础-垫层-桩复合地基沉降、桩间土土体位移、桩顶刺入垫层情况、桩间土应力分布、桩身轴力分布、桩土分担比等宏观特性。

3、提出了土拱效应二维和三维简化分析方法

选取单桩及加固范围内的地基土作为研究对象，进行室内模型试验，对桩土分担比、土工合成材料拉力大小及分布进行分析；结合单桩试验结果，进行 DPRF 群桩足尺试验，对地基土抗力以何种形式考虑、桩的负摩阻力影响有多大、如何限制桩的上刺变形、如何选择加筋材料、加筋材料如何布置等问题进行研究，比较桩与土之间的荷载分担、差异沉降、地基土水平变形。

采用数值软件和半模试验对加筋垫层破坏模式进行了研究，对桩间距、垫层厚度和内摩擦角等情况进行了敏感性分析，根据研究结果假定出垫层破坏面形状，破坏面位于桩顶以上的泡状曲面，可用

对数螺旋面表示，并建立了土拱效应二维和三维简化分析方法，且简化分析方法的计算结果相比其他分析方法更符合实际。

4、提出了荷载平衡和变形相容的土工合成材料拉力分析方法，实现了拉膜效应与土拱效应的耦合作用

传统的复合地基设计方法将土拱效应和拉膜效应孤立考虑，即首先分析土拱效应能将多少荷载传递给桩，多少荷载作用在土工合成材料顶面，然后单独考虑加筋材料，分析承担竖向荷载作用下需要多大格栅拉力。这种做法隐含假设土拱效应和拉膜效应能同步发挥，忽略了土拱效应和拉膜效应之间的耦合作用。

通过试验和数值分析发现土拱效应并不能全部将上部荷载传递给桩顶，其余荷载通过加筋垫层的弯曲，土工合成材料发生弯曲成圆弧型或悬链线，土工合成材料呈现拉膜效应，从而承受一定的竖向荷载。因此采用有限元对此拉膜效应进行了分析，揭示了土工格栅拉力与垫层厚度、桩身模量及土工格栅刚度的内在关系，提出了加筋垫层刚性桩复合地基加固效果依赖于加筋垫层的土拱效应和拉膜效应共同发挥的结论。

5、提出了加筋垫层刚性桩复合地基的非对称破坏模式，建立了以桩身内力分布模式为基础的承载力计算方法

根据 PIV 半模试验提出三角形与对数螺旋线相结合的非对称破坏模式，考虑了桩身内力分布的影响，以及桩身抗弯强度的贡献，并对桩体破坏机理和 DPRF 破坏模式进行假定：假定桩体达到其弯曲强度时发生破坏，刚性桩所能承受的水平抗力与单桩破坏时一致；DPRF 剪切带滑动面位置基本和刚性桩弯曲破坏位置吻合。考虑桩体可能优先发生的弯曲破坏，滑动面以上桩身内力的极限值由桩身抗弯强度控制，而滑动面处桩身截面的残余抗剪强度提供一定的抗滑力从而为 DPRF 整体承载力作贡献，结合传统的极限平衡法，采用桩体的残余抗剪强度指标，建立了以桩身内力分布模式为基础的 DPRF 极限承载力计算方法。

项目组通过研究加筋垫层刚性桩复合地基的关键技术，对垫层内部的土拱效应机理以及多种荷载工况下土拱效应的发挥程度进行了研究，对比分析了垫层加筋材料对加筋垫层刚性桩复合地基整个承载特性的影响。事实上，加筋材料的变形取决于承担了多少荷载，即土拱效应的发挥程度，而土拱效应是加筋垫层的差异变形造成的应力重新分配，加筋垫层又会影响差异沉降的大小，进而影响土拱效应，因此需要综合考虑土拱效应和拉膜效应的耦合作用。在工程实际中，常采用多层低强度土工合成材料加筋垫层的情况，多层土工合成材料与垫层材料之间相互作用，使得加筋垫层具有一定的刚度，起到一定的跨越作用，但本项目提出采用单层高强度土工合成材料，可利用其拉膜效应提升加筋效果，相比多层低强度土工合成材料加筋效果更好。现有的基于加筋垫层的设计方法，对关键参数的敏感性不尽相同，大多数设计方法将土拱效应和拉膜效应隔离起来单独考虑，先应用土拱效应理论给出作用

在土工合成材料顶面的压力，再根据土工合成材料顶面压力大小，应用拉膜理论确定土工合成材料的拉力。这种分析方法没有考虑到荷载在传递分量中存在耦合作用，没有同时满足受力平衡条件和土工合成材料的荷载~应变关系的相容条件，也没有反映垫层、桩、桩间土和土工合成材料的相互作用即其对加筋垫层刚性桩复合地基受力性状的影响。

项目组通过对加筋垫层展开研究，对竖向荷载和水平荷载对土工合成材料产生的应力和变形进行量化，发现土工合成材料的刚度、桩的刚度、桩土刚度比、垫层厚度等均影响加筋垫层、桩、桩间土的相互作用问题；并且采用拉膜理论计算加筋材料的拉力会相对偏小，而实际情况在一些竖向荷载和水平变形较大的位置土工合成材料拉力会非常大，因此会造成土工合成材料的破坏和失效，项目组研究发现选用高强度土工合成材料会克服此方面的影响。

对于刚性桩而言，桩间距、桩的布置、桩长等几个方面的设计与常规设计并没有太大的区别。桩筏在大型、复杂性建筑基础设计中得到了广泛应用。然而，刚性桩连接于承台底部，桩体结构承载力成为决定性因素。为解决此问题，将桩顶与承台分离，中间设置流动性的颗粒材料垫层，称之刚性桩复合地基，即可避免桩顶与承台连接部位及桩体结构的破坏，且刚性桩自身强度高，可解决软土地基承载力不足、工后沉降大等问题。但由于刚性桩复合地基中桩间土的沉降大于桩的沉降，桩将受到负摩阻力作用，而且桩会对垫层产生上刺变形，这均会对加筋垫层刚性桩复合地基的设计造成误差。

当刚性桩复合地基受竖向-水平向荷载联合作用时，刚性桩复合地基失稳分析较为复杂，桩的倾斜或断裂会造成复合地基在低荷载水平下就发生破坏，这是常规设计方法无法反映的，也无法采用柔性桩复合地基中常用的复合强度参数的方法。对于刚性桩而言，桩间土的沉降将大于桩的沉降，桩体受到负摩擦力作用，传统承载力设计方法没有考虑负摩擦作用，这对刚性桩复合地基没有足够的安全储备。

常规的刚性桩复合地基为了通过土拱效应将上部荷载传递给桩，需要采用较小的桩间距或采用大尺寸的桩帽，费用较大。而项目组提出的加筋垫层刚性桩复合地基，在桩顶布置一层土工合成材料加筋垫层，垫层材料中的土拱效应、土工合成材料的拉膜效应、加筋垫层的刚性垫层效应、桩土间刚度差异引起的应力集中效应是保障加筋垫层刚性桩复合地基加固软土地基效果的保证。项目组通过研究，发现土工合成材料中的拉力、桩土应力比随荷载、桩身模量及土工材料刚度的增加而增加，土拱效应系数随填土高度、桩身模量的增加而减小，随土工合成材料刚度的增加而增加。桩顶应力与桩间土应力比值在相对合理的范围内，上部荷载作用下，刚性桩和地基土顶面会产生差异沉降，进而在垫层中引起剪切变形和剪应力，将一部分荷载传递给桩顶，此为土拱效应作用的结果；余下的上部荷载将作用在加筋土工合成材料上，通过加筋土工合成材料的拉力再将荷载传递给桩顶，此为加筋材料的拉膜效应。通过加筋垫层的土拱效应和拉膜效应，上部荷载相对理性地分配给刚性桩和桩间土，充分发挥了桩间土的作用，较大幅度增加桩间距，减少刚性桩的用量，并且有效减小了软土的总沉降和不均匀

沉降，采用了此技术桩体面积置换率最低可为 10%~20%，远低于常规刚性桩复合地基的桩体面积置换率 30%~50%，具有明显的技术经济优点。

四、第三方评价

2020年8月26日，江苏省土木建筑学会在南京组织召开了“加筋垫层刚性桩复合地基关键技术研究及应用”鉴定会。鉴定委员会听取了课题组的技术研究报告，审阅了相关资料，经质询、讨论，形成以下鉴定意见：

- 1、研究成果资料完整，符合鉴定要求。
- 2、课题基于基础-垫层-桩耦合界面对颗粒离散元/有限差分网格进行耦合计算的思路，给出了边界耦合力提取优化方法，建立了土拱效应二维和三维简化分析模型。
- 3、揭示了土工格栅拉力与垫层厚度、桩身模量及土工格栅刚度的内在关系，发现加固效果依赖于加筋垫层的土拱效应和拉膜效应，建立了加筋垫层刚性桩复合地基承载力计算方法。

课题成果已应用于40多个工程项目，获得了系列发明专利、实用新型专利、软件著作权及省级工法，发表学术论文40余篇，取得了显著的经济效益和社会效益。

鉴定委员会认为，成果总体达到国内领先水平，一致同意通过鉴定。

建议：进一步加大研究成果的推广应用。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

加筋垫层刚性桩复合地基技术已经在金建橄榄城、金建和园、临沂茗筑华庭、念四路西延及念四河整治项目、亚行贷款湖北黄石水污染综合治理项目下游湿地土建工程、扬州骏翔羽绒制品有限公司新建生产厂区工程、江苏华格幕墙有限公司生产楼项目、江阳路改造工厂恢复性重建检测试验中心项目、毕节经济技术开发区小坝大道 C 标段道路市政工程、永州市湘江路道路市政工程、永州市海提路、港前四路路基、扬州市恒通顺达广场工程、扬州市广陵新城京和商业街、扬州商务高等职业学校宿舍楼、扬州市生态科技新城泰安学校中学部教学楼、华鼎星城三期、真武中心卫生院迁建工程、扬州金武环保科技有限公司生产厂房、宝应县汜水镇中心卫生院综合楼及附属楼、西江厂房土建工程、星悦府商品房、融创中梁华府天地、碧桂园商品房、扬州江都融创中远桃园墅、芳甸花园生态居住区项目、中南徐州凤凰山和平府、秦皇岛泰盛上午大厦、扬州西部交通客运枢纽、723 所新区二期科研楼、扬州市游泳建设中心、泰州数据产业园综合楼二期、三期工程、南京浦口城西换乘枢纽中心、南京江宁上秦淮国际会议中心、南京白云亭文化艺术中心、金坛国际大酒店项目、扬州笛莎互联网智慧大厦项目、扬州经济开发区智谷科技综合体工程、扬州大学广陵学院新校区搬迁工程、扬州新城西区综合体工程等数百项公路工程、民用建筑、桥梁工程中应用，实践表明加筋垫层刚性桩复合地基技术具有明显的造价与工期优势，与常规地基处理方法相比节省造价 20% 以上，软土地基经加筋垫层刚性桩复合地基技术处理后，地基沉降均匀、质量可靠、工期缩短，施工现场文明，优化了工人劳动环境、改善了城市环境，是典型的绿色施工技术，经济、社会和环境效益显著。

近六年来，创造经济效益约 3.27 亿元，新增利税约 0.75 亿元，节省投资约 1.14 亿元，产生了重大经济效益，节能减排效果明显；促进我国地基处理技术的科技创新，带动了我国建造行业的发展，大幅度提升了我国软土地区建筑行业水平，推动了建筑行业绿色可持续发展。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2017	0	1470	0	10450
2018	0	750	0	6900
2019	0	1590	0	9110
累 计	0	3810	0	26480

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

1、2017 年：8 个房建和市政施工单位使用本项目地基加固方法处理地基、路基等，减少砂砾

土用量 159 万吨（9540 万元），节省 PHC 管桩 5.7 万米（1710 万元），累计缩短工期 394 天，间接降低 670 万元的工期成本费。

2、2018 年：8 个房建和市政施工单位使用本项目地基加固方法处理地基、路基等，减少砂砾土用量 107 万吨（6420 万元），节省 PHC 管桩 2.7 万米（810 万元），累计缩短工期 245 天，间接降低 440 万元的工期成本费。

3、2019 年：9 个房建和市政施工单位使用本项目地基加固方法处理地基、路基等，减少砂砾土用量 146 万吨（8760 万元），节省 PHC 管桩 4.5 万米（1350 万元），累计缩短工期 357 天，间接降低 590 万元的工期成本费。

3、社会效益（限 200 字）

加筋垫层刚性桩复合地基技术已在全国推广,该地基加固技术具有明显的造价与工期优势，与常规地基处理方法相比节省造价 20%以上，产生了重大经济效益，促进我国地基处理技术的科技创新，带动了我国建造行业的发展，大幅度提升了我国软土地区建筑行业水平，经济和社会效益显著。

4、环境效益（限 200 字）

软土地基经加筋垫层刚性桩复合地基技术处理后，地基沉降均匀、质量可靠、工期缩短，施工现场文明，节能减排效果明显，优化了工人劳动环境、改善了城市环境，是典型的绿色施工技术，推动了建筑行业绿色可持续发展。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	刚性桩复合地基垫层破坏机理研究	2014/05/15	朱小军, 赵学亮, 龚维明, 徐国平, 闫峭	中国公路学报/2.385
2	加筋形式对桩承式路堤工作性状影响的试验研究	2013/05/10	费康, 陈毅, 王军军	岩土工程学报/2.497
3	桩承式路堤土拱效应的试验和数值研究	2011/07/10	费康, 王军军, 陈毅	岩土力学/2.613
4	垫层土拱效应试验与计算方法	2013/09/20	朱小军, 龚维明, 赵学亮, 徐国平	东南大学学报(自然科学版)/1.096
5	复合地基垫层刺入量模型试验与计算方法研究	2019/04/15	朱小军, 孔伟阳, 费康, 许朝阳, 李文帅	地下空间与工程学报/1.162

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	刚性桩复合地基垫层破坏机理研究	刚性桩复合地基桩土应力比的时效分析及计算方法/武崇福,季焯,郭维超,乔菲菲	中国公路学报/2.385	2018-03
2	加筋形式对桩承式路堤工作性状影响的试验研究	考虑加筋体三维变形的桩承式路堤沉降计算方法/庄妍,崔晓艳,王康宇	天津大学学报(自然科学与工程技术版)/0.908	2019-12
3	桩承式路堤土拱效应的试验和数值研究	不同车速下高速公路 X 形桩网复合地基动力特性研究/尹锋,刘汉龙,陈育民,李建斌,周航,楚剑	岩土工程学报/2.497	2018-03
4	垫层土拱效应试验与计算方法	侧向约束下柔性桩复合地基沉降特性/吴有平,张可能,刘杰,何杰	吉林大学学报(地球科学版)/1.966	2017-03
5	复合地基垫层刺入量模型试验与计算方法研究	黄土地区刚-柔性桩复合地基的承载机理/张恩祥,何腊平,龙照,胡志平	交通运输工程学报/1.93	2019-04

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种测定土体剪切带发展趋势的改进直剪仪和方法	中国	ZL201710059217.3	20190507	3366095	扬州大学	朱小军、李文帅、孔伟阳、费康、洪家宝
2	发明专利	一种爆破采煤用粉尘隔离装置	中国	ZL201810740234.8	20200421	3762295	华东交通大学	杨超、王威、万旭民、罗永学、张晓红
3	实用新型专利	下沉筒型基础土体变化试验装置	中国	ZL201720477390.0	20180123	6899130	扬州大学	朱小军、李文帅、张天宇、李润磊、孔伟阳
4	实用新型专利	桩箱基础水平循环加载试验装置	中国	ZL201720809915.6	20180406	7175255	扬州大学	朱小军、孔伟阳、费康、李文帅、洪家宝
5	实用新型专利	输电塔抗拔沉井基础	中国	ZL201620428327.3	20161116	5660137	扬州大学	朱小军、费康、洪家宝、王波、杨丹燕
6	实用新型专利	桩箱基础水平循环荷载剪切变形试验装置	中国	ZL201620429326.0	201611130	5725968	扬州大学	朱小军、费康、洪家宝、孔伟阳、李文帅、许朝阳
7	实用新型专利	桩箱基础隔震性能试验模型箱	中国	ZL201620417137.1	20161207	5733526	扬州大学	朱小军、费康、洪家宝、李文帅、孔伟阳
8	软件著作权	桩承式路堤加筋材料三维分析软件 V1.0	中国	2013SR158829	20130918		扬州大学	费康
9	软件著作权	实心钢管混凝土压弯承载力计算软件 V1.0	中国	2016SR314805	20161101	1493422	杨超、陈杰、黄宏	杨超、陈杰、黄宏

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	建筑外墙节能保温防护与修复技术研究与应用		
完成人	王沁芳、周剑峰、杨江金、许鸣、张朝辉、张菁燕、钱中秋、郭锋、陈立岗、王友力、吴斌		
完成单位	常州市建筑科学研究院集团股份有限公司、江苏尼高科技有限公司、江苏鼎达建筑新技术有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	常州市住房和城乡建设局		
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
江苏省建设科技指导项目	建筑外墙节能保温防护与修复技术研究与应用	2017ZD159	2019年12月
江苏省级抗震加固专项资金	建筑外保温及外墙砖安全智慧诊断与加固修复	/	/
江苏省建设科技指导项目	既有建筑外墙外保温质量缺陷生态修复技术研究与应用	2018ZD070	/
授权发明专利（项）	5	授权其他知识产权（项）	8
起止时间	起始：2014年1月1日	完成：2019年12月31日	

二、项目简介

随着建筑保温行业的迅速发展，外墙外保温系统的使用越来越普遍，由于气候条件、系统材料、施工工艺、施工管理等多方面的原因，外墙出现脱落、空鼓、开裂，室内出现泛潮反霜、结露等各种问题；再加上我国过去几十年间竣工验收的保温工程面积巨大，而有关节能保温防护与修复行业还属于新兴行业，缺乏针对性的技术导向，没有系统专业的检测与鉴定方法，无法对既有建筑外墙外保温问题进行诊断，单纯根据渗水、空鼓、脱落的部位进行简单修补，不仅不能从根本上解决外墙外保温的问题，还容易在修补界面出现新的状况，导致外墙保温继续恶化，对业主居住与生活环境的安全、舒适等造成了严重影响。因此加强对既有建筑外墙外保温系统防护与修复技术研究，保证新建和既有建筑节能保温行业的可持续发展具有重要意义。

本项目组在实际调研分析目前建筑外墙节能保温系统构造形式、保温材料种类、使用现状的基础上，以外墙保温系统存在的质量问题为研究对象，分析了其不同系统质量问题产生的原因和影响因素，并对既有外墙保温系统诊断、评价检测技术进行研究，提出针对性的节能诊断、检测、评价技术方法。对建筑外墙节能保温防护与修复材料、施工、技术进行研究，综合考虑安全性、节能性、施工性以及经济性，摸索出系统、经济、安全、高效、可行的外墙节能保温防护与修复技术措施，并将其应用到实际工程中，进行优化提高，为规范保温防护、修复、加固工程，共同搭建节能保温防护与修复技术中心平台提供技术服务。本项目结合工程实际，对建筑外墙保温质量检测技术进行研究创新，通过引进红外热像法、无人机等技术，整合提出整套的外保温质量缺陷诊断评估技术；对建筑外墙节能保温防护与修复材料、施工过程中的配套检测技术进行研究创新，并结合工程实际对修复后建筑进行检测评价。同时通过材料研发、保温体系创新，形成了自主特色的保温修复技术，并配套开发表层加固法、置换法、注浆法、垫层加固法、嵌缝法等专有修复施工技术，开发各种外墙保温系统及配套材料，并在工程中推广应用。

项目实施过程中共申请专利20余项，授权发明专利5件，实用新型8件，专业文章8篇，完成省级研究课题1项、建设部科技项目1项；形成了一套集检测鉴定、材料研发生产、配套施工的一条龙技术服务体系，从前期建筑外墙保温系统质量缺陷诊断与评估，到针对性诊断、修复改造方案提出，现场施工质量控制，后期效果把控与评估，对相关技术进行整合深化并创新，主编国家标准4项，其中准《既有外墙外保温改造技术规程》T/CECS574-2019，已于2019年7月1日起实施，标准规范了既有外墙外保温修复工程中涉及的检测、材料、施工以及验收等，为指导建筑外墙节能保温防护与修复工作推广应用提供技术依据。项目完成后为建筑外墙外保温防护与修复提供技术咨询服务，配套相关产品的推广应用，初步形成收入1380万，新增利税415万。

三、主要科技创新

本项目技术兼顾外墙保温系统防护与修复材料研发、施工工艺研究、检测技术创新应用等为一体，以实际工程应用为基础，结合理论分析，对比研究不同节能保温防护修复技术方法在不同外墙保温质量问题中的应用效果，提出系统、经济、安全、高效、可行的外墙节能保温防护与修复技术措施，并对其相关的检测、鉴定评价方法进行研究，形成科学、规范的技术规程，为指导建筑外墙节能保温防护与修复工作推广应用提供技术依据。

主要创新成果如下：

1、检测方法的创新

对已经出现质量问题的既有建筑外墙保温工程，应先对建筑外墙保温系统质量缺陷进行诊断与评估，从系统材料、施工工艺、施工质量等方面进行诊断评价。但由于既有建筑已投入使用，与新建建筑相比，其检测的难度增加，特别登高检测尤为困难，迫切需要有新的诊断技术，进行检测研究，分析出外墙保温质量出现的原因、发展状态、后续走向，并再根据诊断评估结果提出专业性修补建议，因此检测方法的创新非常重要。

(1) 结合工程实际，对建筑外墙保温质量检测技术进行研究创新，通过引进红外热像法、无人机等技术，整合提出整套的外保温质量缺陷诊断评估技术。

突破了现有建筑外墙缺陷(外墙裂缝、脱落)检测鉴定人工检测，局部破损，工作量大，高层检测困难等难题，利用无人机、红外热像仪、雷达等设备进行组合创新，通过采集建筑外墙的功能层与表面状况，将所采集到外墙功能层质量与表面状况信息智能输出，对其所接收的信息进行处理并与数据库图像进行比对，如发现处理后图像与数据库图像基本一致，则触发敲击及预警。

相关成果佐证如下：

1) 申请专利：

- ① “外墙功能层质量问题智能识别与预警管理的方法和系统” (201911043794.9)
- ② “无人机检测建筑物外墙功能层质量的装置” (ZL201921849170.1)

2) 发表论文：

- ① 《外墙外保温系统检测及质量评价》《建材技术与应用》2018年第6期
- ② 《既有建筑节能保温节能诊断检测技术研究》2017年第11期《砖瓦》
- ③ 《红外热成像法在建筑节能检测中的研究与应用》2017年1月《江苏建筑节能》

(2) 对建筑外墙节能保温防护与修复材料、施工过程中的配套检测技术进行研究创新，并结合工程实际对修复后建筑进行检测评价。

对改造修复中应用的材料性能检测方法进行创新：对保温锚栓性能、抗拔承载力检测设备进行研究，编写检测标准，申请专利；对保温系统中粘结材料试验方法和检测设备进行改造创新，申请发明专利。对改造后建筑保温系统质量进行检测评价，对利用隔热涂料改造的建筑外墙等效热阻进行检测，提出新的检测方法及检测装置；利用红外热成像技术辅助现场对建筑外墙整体传热系数、热工缺陷进行检测。

相关成果佐证如下：

1) 主编、参编标准：

- ① 《建筑外墙保温锚栓安装及质量检验评定技术规程》
- ② 《民用建筑节能工程现场热工性能检测标准》
- ③ 《民用建筑能效测评标识标准》

2) 申请专利：

- ① “抗拔承载力检测设备”（ZL201621078214.1）
- ② “粘结砂浆拉伸粘结强度检测机具及检测方法”（201911314719.1）
- ③ “隔热涂料等效热阻检测装置及检测方法”（ZL201210543636.1）

3) 发表论文：

- ① 《红外热成像技术辅助现场传热系数检测方法探讨》2014年第9期《新型建筑材料》
- ② 《多雨地区外墙保温系统的应用及质量控制》2017年第4期《墙材革新与建筑节能》

2、保温修复技术的创新

本项目研究技术兼顾外墙保温系统防护与修复材料研发、施工工艺研究为一体，以实际工程应用为基础，结合理论分析，对比研究不同节能保温防护修复技术方法在不同外墙保温质量问题中的应用效果，提出系统、经济、安全、高效、可行的外墙节能保温防护与修复技术措施。

目前通过材料研发、保温体系创新，形成了自主特色的保温修复技术，并配套开发表层加固法、置换法、注浆法、垫层加固法、嵌缝法等专有修复施工技术，结合具体案例开发各种外墙保温系统及配套材料，并在工程中推广应用。

(1) 修复技术

既有建筑外墙外保温工程中出现质量缺陷多种多样，其修复起来方法也各不相同，本项目结合大量的工程实例，对不同的修复方法以及配套材料、工艺、机具等进行了系统研究，开拓创新，提出了多种外墙保温修复方法，并在实际工程中推广应用，具体代表性方法有：

- a. 针对较宽的裂缝修补的嵌缝修补法；
- b. 针对存在局部空鼓等缺陷的表层加固法；
- c. 针对存在非规则裂纹缺陷保温系统的垫层加固法；
- d. 针对保温板粘贴面积不够、粘结砂浆强度低的缺陷的注浆法，同时也适用于面砖系统的空鼓、加固，通过环氧注浆以及勾缝处理，可避免面砖大面积铲除重新置换；
- e. 针对保温系统中存在空鼓、脱落等缺陷的置换法；
- f. 针对某些具体案例中出现较严重的开裂、空鼓、脱落等质量缺陷又不能采用置换法进行重置保温构造的特殊情况的非铲除干挂法

相关成果佐证如下：

1) 申请专利：

- ① “干挂式外墙修补加固方法”（201710984214.0）
- ② “一种既有建筑墙体保温系统的修复方法”（202010748657.1）
- ③ “非铲除式外墙外保温装饰板修复方法”（201910112111.4）
- ④ “分仓式外墙外保温修补加固方法”（ZL201710794887.X）
- ⑤ “干挂式外墙修补加固方法”（201710984214.0）
- ⑥ “外墙注浆修补加固法”（201810000552.0）
- ⑦ “外墙表层加固法”（201810000556.9）
- ⑧ “外墙嵌缝修补法”（201810000547.X）
- ⑨ “一种外墙防水修补构造”（2019217727153）

2) 发表论文：

- ①既有建筑外保温系统修复技术研究/《第二届全国工程防护与修复技术交流会论文集》
- ②既有建筑外保温质量诊断与处理技术研究/2016年第2期《工程质量》

3) 工程应用：

目前修复技术，在南京、常州、南通、上海、淮安等多个工程得到应用，如：上海新城金郡、尚上城；常州紫缘公寓等，累计修复面积超过10万平米，有效解决了外墙外保温系统的空鼓、开裂、脱落等质量缺陷，延长建筑物的使用寿命。

(2) 外墙保温修复系统及材料开发

针对外墙保温质量问题，结合前期的保温节能施工经验，综合考虑安全性、经济性、可操作性，研发创新多种外墙保温产品及体系，有复合自保温墙体节能体系，彩色砂浆饰面保温装饰一体化板系统，高性能防水保温隔热系统；高性能轻质高强防水找平系统等，为外墙保温节能防护

与修复工作开展提供充分的技术支持。

相关成果佐证如下：

1) 专利成果：

- ① “复合自保温墙体节能体系”（ZL201410559877.4）；
- ② “一种新型建筑墙体节能体系”（ZL201420607432.4）；
- ③ “饰面砂浆外墙装饰涂层结构”（ZL201520879141.5）；
- ④ “高性能轻质高强防水找平系统”（ZL201720852116.7）；
- ⑤ “高性能防水保温隔热系统”（ZL201720499100.2）；
- ⑥ “轻质聚氨酯保温装饰一体化系统构造”（ZL201420771944.4）；
- ⑦ “超轻泡沫石膏、填充超轻泡沫石膏的自保温混凝土砌块及砌块的制备方法”（201710846586.7）
- ⑧ “复合岩棉板外墙外保温系统”（ZL201820603042.8）
- ⑨ “外墙自保温系统热桥部位保温处理方法”（201710985944.2）
- ⑩ “复合岩棉板外墙外保温系统及其施工工艺”（201810382122.X）
- ⑪ “改性水泥发泡保温板及其制备工艺”（ZL201810382241.5）
- ⑫ “彩色砂浆饰面保温装饰一体化板”（ZL201310232176.5）

3、成套技术的创新

针对已经出现质量问题的既有建筑外墙保温工程，从前期建筑外墙保温系统质量缺陷诊断与评估，分析出外墙保温质量出现的原因、发展状态、后续走向，再根据诊断评估结果进行修复改造，并对其施工质量及效果进行质量把控与评估，对相关技术进行整合深化并创新，形成了检测鉴定、材料研发生产、配套施工的一条龙技术服务体系。

相关成果佐证如下：

1) 主编标准：

- ① 《既有外墙外保温改造技术规程》
- ② 《既有建筑瓷砖饰面质量评估与改造技术规程》
- ③ 《建筑外墙保温系统质量诊断与评估技术规程》
- ④ 《建筑外墙保温锚栓安装及质量检验评定技术规程》等；

其中中国工程建设标准化协会标准《既有外墙外保温改造技术规程》（T/CECS 574-2019）已于2019年7月1日起实施，该规范的发布为既有外墙外保温改造提供了指导依据，其有利于建筑节能

能保温防护与修复技术的推广应用，减少了建筑外墙隐患，保证建筑节能可持续发展。

2) 发表论文:

- ①《聚苯板薄抹灰外墙外保温系统工程改造案例分析》2019年第2期《墙材革新与建筑节能》
- ②《岩棉防火隔离带外墙外保温系统工程质量探讨》2019年第8期《砖瓦》
- ③《夏热冬冷地区建筑外墙保温系统的现状分析》2017年第6期《砖瓦》
- ④《夏热冬冷地区既有建筑外墙保温系统改造技术应用研究》《第九届既有建筑改造技术交流研讨会》

研讨会》

- ⑤《既有建筑外墙保温装饰一体化板工程技术改造的研究应用》2019年第7期《混凝土世界》

3) 科研项目:

- ①江苏省建设科技指导项目《建筑外墙节能保温防护与修复技术研究与应用》2017ZD159
- ②住房和城乡建设部软科学研究项目《建筑领域外保温行业质量提升与发展策略研究》

R12018138

- ③江苏省建设科技指导项目《既有建筑外墙外保温质量缺陷生态修复技术研究与应用》(2018ZD070)

2020年1月20日，江苏省建设科技指导项目《建筑外墙节能保温防护与修复技术研究与应用》2017ZD159验收通过，验收委员会专家对项目研究成果：无人机搭载红外成像检测等无损检测技术，及置换法、嵌缝法、表面加固法、注浆法、垫层加固法等修复技术表示认可；对项目具体应用取得的效果：规范外墙保温修复流程，提高既有建筑外墙保温改造的技术水平，在上海、江苏等地的十多个项目中得到广泛应用，经济效益和社会效益明显表示赞赏。

住房和城乡建设部软科学研究项目《建筑领域外保温行业质量提升与发展策略研究》R12018138全国各省市调研报告已提交汇总，其调研报告汇报稿已提交，等待课题结题中。其项目覆盖全国多个气候区，针对不同种类外墙保温出现的问题，从保温系统形式、材料生产工艺、施工质量控制、运营管理等多个方面进行调查研究；汇集了个地区科研院所、建设主管部门、外墙保温材料、施工厂家等多方意见与建议，对指导我国外墙外保温行业发展与质量提升健康、可持续发展提供了依据。

四、第三方评价

1、项目成果在常州紫缘公寓外墙外保温修复项目中应用，得到了监理单位江苏嘉越工程项目管理有限公司的好评；

2、项目成果在上海新城金郡、尚上城外墙外保温修复项目中应用，得到了甲方新城万家房地产有限公司的好评；

3、我公司主编的中国工程建设标准化协会标准《既有外墙外保温改造技术规程》（T/CECS 574-2019）于2018年1月23日在北京由中国工程建设标准化协会成立的专家委员会召开的审查会上通过审查，该规程于2019年7月1日施行；

4、江苏省建设科技指导项目“建筑外墙节能保温防护与修复技术研究与应用”（2017ZD159）2020年1月鉴定验收通过，验收委员会专家对该项目取得的成果一致认可；

5、2016年1月，常州市工程技术研究中心“建筑能耗测评与既有建筑节能改造咨询工程技术研究中心”验收合格；

6、2020年常州市工程技术研究中心“建筑能耗测评与既有建筑节能改造咨询工程技术研究中心”获得绩效评估“优秀”评价；

7、主编2项中国建设协会标准《既有建筑瓷砖饰面质量评估与改造技术规程》、《建筑外墙保温锚栓安装及质量检验评定技术规程》；

8、主编2项中国建设协会标准“第二次工作会议召开”；

9、主编的中国工程建设标准化协会标准《既有建筑瓷砖饰面质量评估与改造技术规程》（送审稿）审查会议通过、报批；

10、公司主办“全国工程防护与修复技术交流会”等多项保温修复相关会议；

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

序号	项目名称	项目内容	日期
1	上海新城金郡、尚上城	保温修复	2015.7
2	海门市中南世纪锦城	保温鉴定	2015.09
3	苏州新城金郡二期 E 区	保温鉴定	2015.04
4	张家港中联君悦花园	保温鉴定	2015.07
5	江苏江南农村商业银行遥观支行	保温鉴定	2016.07
6	南京新城香溢紫郡	保温鉴定	2016.03
7	溧阳蒋店安置小区	保温鉴定	2016.10
8	常州金安家园地块廉租房	保温鉴定	2016.04
9	西宁市公安局城中分局技术业务用房	保温鉴定	2017.09
10	无锡清扬御庭二期 1#楼	保温鉴定	2017.05
11	无锡海岸城 8#地块住宅项目	保温鉴定	2017.02
12	淮安市天润翠璟花苑小区	司法鉴定	2017.11
13	海门中南世纪锦城 1.1 期 2#、3#、4#、5#楼	保温鉴定	2017.01
14	张家港市福前小学、幼儿园	保温鉴定	2017.07
15	紫缘公寓	保温修复	2017.09
16	南京香溢紫郡	保温修复	2018.03
17	后白集镇维修改造工程	保温鉴定	2018.06
18	溧阳甘露茗苑-16#楼、23#楼	保温鉴定	2018.08
19	北京师范大学常州附属学校-小学教学楼、中学教学楼、行政楼	保温鉴定	2018.10
20	贵州观山湖金华苑 A1、A2 栋	保温鉴定	2018.11
21	杭政储出（2012）42 号地块商品住宅兼容商业用房项目 1#楼	保温鉴定	2018.09
22	蒋店安置小区一期工程	保温鉴定	2018.06
23	江西年产 5 吨原料药及 3000 吨中药提取项目	红外检查	2019.07
24	江西阳明国际中心一期 3#商业	红外检查	2019.07
25	万科天网行动业务	外保温评估	2019.07
26	黑牡丹科技园一期 44#、47#楼	红外检查	2020.04
27	张家港沙洲湖科创园	保温鉴定	2020.04

2、近年直接经济效益单位：万元人民币

年份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2019	1358.30	372.18	/	/
2018	985.68	277.71	/	/
2017	620.18	185.44	/	/
累计	2964.16	835.33	/	/

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

①根据近 3 年来的推广应用情况的项目产值，该产值包括建科院的外保温质量检测鉴定、尼高保温材料生产、鼎达新技术施工服务等方面的产值，以此计算出新增销售额；

②通过财务核算出利润率后计算新增利润。

3、社会效益（限 200 字）

自 2000 年初全国范围推广使用建筑外墙保温技术，随后国家政策对于消防、节能的要求不断提高，一些新材料、施工技术跟标准规范很难跟进政策要求及建筑耐久性的要求，外墙外保温空鼓、脱落、开裂、漏水等质量问题层出不穷，对居住与生活环境的安全、舒适等造成严重影响。因此，开展建筑外墙节能保温防护与修复技术研究与应用，摸索一套安全、可行的外墙节能保温防护与修复技术措施，对提升人居环境安全性、舒适性有十分重要的意义。

4、环境效益（限 200 字）

节约能源和保护环境是我国的基本国策，节能减排是我国应对能源资源约束和气候变化挑战的必然选择，建筑节能作为国家实施节能减排战略的重要组成部分发挥了重要作用。建筑外墙节能保温防护与修复技术研究与应用的研究，有利于规范和促进建筑节能保温行业的可持续发展，对于促进节能减排、低碳经济、可持续发展有重要意义。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	红外热成像技术辅助现场传热系数检测方法探讨/《新型建筑材料》	2014. 9. 25	许鸣, 陈立岗, 王沁芳	中文核心期刊
2	既有建筑节能保温节能诊断检测技术研究/《砖瓦》	2017. 11. 10	王沁芳, 李超, 王炳龙	
3	聚苯板薄抹灰外墙外保温系统工程改造案例分析/《墙材革新与建筑节能》	2019. 02. 10	王沁芳, 吴斌, 周丹等	
4	既有建筑外墙保温装饰一体化板工程技术改造的研究应用/《混凝土世界》	2019. 07. 20	王沁芳, 许鸣, 陈立岗	
5	夏热冬冷地区建筑外墙保温系统的现状分析/《砖瓦》	2017. 6. 10	王沁芳, 许鸣, 吴斌	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间
1	红外热成像技术辅助现场传热系数检测方法探讨	建筑 SPR 复合保温外模板系统施工技术/陈磊	长春大学学报/0.375	2019 年 12 月 30 日
2	红外热成像技术辅助现场传热系数检测方法探讨	民用建筑节能检测技术的应用与研究/秦静	南京理工大学硕士学位论文	2016 年 6 月 7 日
3	既有建筑外墙保温装饰一体化板工程技术改造的研究应用	基于建筑装饰工程的项目管理方法和措施分析/周晓飞	建材与装饰/0.158	2020 年 1 月 10 日
4				
5				

3、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	复合自保温墙体节能体系	中国	ZL201410559877.4	2016/11/16	2294276	江苏尼高科技技术有限公司	钱中秋; 吴开胜; 杨江金; 张菁燕; 李龙梓; 张朝辉; 邵银存
2	发明专利	彩色砂浆饰面保温装饰一体化板	中国	ZL201310232176.5	2016/5/18	2072501	江苏尼高科技技术有限公司; 常州市建筑科学研究院集团股份有限公司	邱建华; 吴开胜; 吴红英; 张传顺; 丁常正
3	发明专利	隔热涂料等效热阻检测装置及检测方法	中国	ZL201210543636.1	2016/8/17	2176451	常州市建筑科学研究院集团股份有限公司; 江苏尼高科技技术有限公司	许鸣; 王沁芳; 周剑峰; 司强; 陈立岗; 曹寿平
4	发明专利	改性水泥发泡保温板及其制备工艺	中国	ZL201810382241.5	2018/4/26	3824278	江苏尼高科技技术有限公司; 常州市建筑科学研究院集团股份有限公司	赵大军; 吴开胜; 钱中秋; 郭锋; 张传顺
5	发明专利	分仓式外墙外保温修补加固方法	中国	ZL201710794887.X	2017/9/6	3799693	江苏尼高科技技术有限公司; 常州市建筑科学研究院集团股份有限公司	郭锋; 邵银存; 赵大军; 钱中秋; 吴开胜; 吴斌
6	实用新型	高性能防水保温隔热系统	中国	ZL201720499100.2	2017/5/8	7014804	江苏尼高科技技术有限公司; 常州市建筑科学研究院集团股份有限公司	吴开胜; 邵银存; 钱中秋; 赵大军; 杨江金; 郭锋
7	实用新型	无人机检测建筑物外墙功能层质量的	中国	ZL201921849170.1	2019/10/30	11310597	常州市建筑科学研究院集团股份有限公司; 奥	杨江金; 吴斌; 陈达虎; 石国杰

		装置					立国测（北京）科技有限公司	
8	实用新型	一种新型建筑墙体节能体系	中国	ZL201420607432.4	2015/5/13	4295961	江苏尼高科技有限公司	张菁燕；钱中秋；吴开胜；杨江金；李龙梓；邵银存
9	实用新型	饰面砂浆外墙装饰涂层结构	中国	ZL201520879141.5	2016/5/18	5210338	江苏尼高科技有限公司	吴开胜；赵大军；高岗；许霞
10	实用新型	高性能轻质高强防水找平系统	中国	ZL201720852116.7	2018/6/8	7447653	江苏尼高科技有限公司；常州市建筑科学研究院集团股份有限公司	郭锋；吴开胜；赵大军；朱玉兰
11	实用新型	高性能防水保温隔热系统	中国	ZL201720499100.2	2017/5/8	7014804	江苏尼高科技有限公司；常州市建筑科学研究院集团股份有限公司	吴开胜；邵银存；钱中秋；赵大军；杨江金；郭锋
12	实用新型	轻质聚氨酯保温装饰一体化系统构造	中国	ZL201420771944.4	2015/5/13	4298209	江苏尼高科技有限公司	邱建华；钱中秋；邵鹏刚；王道中；赵大军
13	实用新型	复合岩棉板外墙外保温系统	中国	ZL201820603042.8	2018/4/26	2019/6/4	江苏尼高科技有限公司；常州市建筑科学研究院集团股份有限公司	吴开胜；张朝辉；钱中秋；赵大军

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	江苏省城市地下综合管廊建设模式及实践研究		
完成人	黄俊、张忠宇、张俊、杨帆、孙蔚、周永军、殷凤军、董飞、赵光、施展、 龚丹丹		
完成单位	苏交科集团股份有限公司、涟水县交通运输局、江苏省城市规划设计研究院、 江苏交科交通设计研究院有限公司、南京城建隧桥经营管理有限责任公司、 中冶交通建设集团有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	江苏省地下空间学会		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
2016年度江苏建设 系统科技项目	江苏省城市地下综合管廊建设 模式及实践研究	2016JH07	2018年12月29日
授权发明专利（项）	3	授权其他知识产权（项）	3
起止时间	起始： 2016 年 08 月 01 日	完成： 2018 年 12 月 29 日	

二、项目简介

(限1200字)

1、科学技术领域

本项目属于市政基础设施领域

2、主要科技内容

课题以江苏省内建成或在建综合管廊项目为研究对象,通过调研,获取一手数据,分析各项目规划、建设、运营层面的思路,并进行综合管廊平面布局、入廊管线、断面布置及与地下工程协同建设等研究,通过综合管廊远期需求预测,确定省内综合管廊合理规模。针对省内管廊建设均采用“PPP”模式融资进行建设的情况,研究了综合管廊融资模式、建设成本分担及运营成本分担等问题,提出了各地级市投融资模式的选取方法。

项目共完成三份子课题报告,分别为:

- 1) 城市地下综合管廊既有案例研究;
- 2) 城市地下综合管廊规划及前期研究;
- 3) 城市地下综合管廊投融资模式研究。

3、授权专利情况

项目完成的过程中修编、编制技术标准6部,其中编制完成已发布的2部技术标准分别为:

- 1) 《江苏省城市地下综合管廊建设指南》—江苏省地方标准
- 2) 《江苏省城市综合管廊与地下工程协同建设指南》—江苏省地方标准



《协同建设指南》、《建设指南》

正在编制 4 部标准分别为：

- 1) 《城市综合管廊工程总体设计标准》—中国市政工程协会标准
- 2) 《城市综合管廊智慧化建设技术标准》—中国市政工程协会标准
- 3) 《城市综合管廊自动巡检系统技术标准》—中国市政工程协会标准
- 4) 《江苏省城市综合管廊运营维护技术规程》—江苏省地方标准

4、技术经济指标

课题目的是为了满足不同城市空间开发需求，优化地下空间布局，指导综合管廊建设，提升建设管理水平，做到技术先进，经济合理。

在规划、设计阶段，明确入廊管线及断面形式，提出综合管廊与地下工程的协同建设范围，并就三维控制关系、建设方式等提出指导性要求，明确近远期的任务和目标。

在实施阶段，为了缓解省内各地级市地下综合管廊建设中面临的资金压力，提出相关可用的融资渠道建议，结合实际财政能力情况，给江苏省各地级市未来地下综合管廊建设提供投融资模式选择的参考和建议。

项目已发表学术论文 4 篇。

5、应用推广及效益情况

(1) 社会效益

本课题以省内建成或在建综合管廊项目为研究对象，通过调研，补充整理了江苏省城市综合管廊的建设成果和规划成果，分析各项目在规划、建设、运营层面的思路，并建立了数据库，能够在很大程度上节省未来综合管廊项目可行性研究时间，建设模式的研究能够在更为广阔的视角下为决策提供支持。

在大量调研数据支撑下，项目组编写了《江苏省城市综合管廊与地下工程协同建设指南》、《江苏省城市地下综合管廊建设指南》等多部指南、标准，重点研究了综合管廊在规划、设计、施工、运营与维护过程中存在的技术问题，有助于规划、设计及施工过程中规避风险，为江苏省综合管廊建设提供了技术支撑，便于管廊设计、施工各单位统一思路，有理有据，促进行业技术进步。

(2) 经济效益

徐州城东大道、涟水清涟大道综合管廊项目均采用 PPP 模式，课题组针对当地经济、财政能力以及综合管廊建设计划，提出的建立多元化的综合管廊建设运营投融资模式，帮助政府节约资金，减少财政压力。其中徐州东城大道综合管廊获得徐州市交通运输局和徐州市财政局支付的基于绩效考核机制下必要的可行性缺口补助，用以维持项目运营维护、收回投资并获得合理投资回报。

扬子江大道快速化改造工程综合管廊位于南京市主城区，区域开发强度较高，综合管廊建设过程中一方面需要解决与既有车行隧道、地铁、人行地道、电力隧道的共线或交叉，另一方面还需为规划地下工程预留实施空间，建设难度极大。课题组以扬子江大道综合管廊工程为依托，充分研究了综合管廊与地下工程的协同建设对策，对综合管廊与车行隧道、地铁、大直径管道平行与交叉段进行了多方案的比选，提出了明挖法（共基坑、分离式基坑）、暗挖法（管幕法、顶管法）等总体布置方案及水泥土加固、预制桩加固等管廊基底加固方案，并进行了论证，为项目节约投资约 1500 万元。

南通综合管廊规划项目以南通市既有废弃人防设施及规划轨道交通为对象开展了两个专题研究（“结合废弃人防设施利用的综合管廊布局研究”和“结合轨道交通的综合管廊布局研究”）。在规划中提出了结合轨道交通建设管廊 25.3 公里，对于老城区内的缆线综合管廊建设可利用废弃人防工程，避免多次开挖，具有客观的经济效益，在今后管廊建设中可充分体现。

(3) 推广程度

课题内容全面，应用前景广泛，成果已在江苏省住房和城乡建设厅组织召开的相关宣贯活动中进行推广，将在江苏各地实行。

其中，协同建设指南是国内首部关于综合管廊与地下工程协同的指导性文件，具有非常大的推广价值。

三、主要科技创新

(限5页)

“江苏省城市地下综合管廊建设模式及实践研究”项目为 2016 年江苏省住房和城乡建设厅科技计划类项目 (2016JH07)，由苏交科集团股份有限公司牵头，涟水县交通运输局、江苏省城市规划设计研究院、江苏交科交通设计研究院有限公司、南京城建隧桥经营管理有限责任公司、中铁一局集团有限公司、中冶交通建设集团有限公司共同承担。

1、国内外同类先进技术发展概括

在城市中建设地下管线综合管廊的概念，起源于 19 世纪的欧洲，首先出现在法国。自从 1833 年的巴黎诞生了世界上第一条地下管线综合管廊系统后，迄今已经有近 182 年的发展历程。经过百年探索、研究、改良和实践。其技术水平已经完全成熟，并在国外的许多城市得到了极大发展，并已成为了国外发达城市市政建设管理的现代化象征和城市公共管理的一部分。随后，英国伦敦于 1861 年开始兴建综合管廊，管廊内容纳自来水、通讯、电力、燃气、污水等市政管道。德国汉堡于 1893 年开始兴建综合管廊，综合管廊内容纳自来水、通讯、电力、燃气、污水、热力等市政公用管道。

到 20 世纪，美国、西班牙、俄罗斯、日本、匈牙利等国也开始兴建城市地下综合管廊。日本是当今世界上综合管廊建成规模最大、技术最为完善的国家。早在上世纪 20 年代，在东京市中心的九段地区干线道路下建设日本第一条地下综合管廊，到目前为止，日本东京、大阪、名古屋、横滨和福冈等近 80 个城市已建成综合管廊，总长度超过 2 000 km。

此外，日本在综合管廊建设方面有着相当完备的法律、管理和技术体系，制定《共同沟实施法》，以及指导规划设计的《共同沟设计指针》等。日本《共同沟实施法》规定，综合管廊的建设费用由道路管理者与管线建设者共同承担，各级政府可以获得政策性贷款的支持以支付建设费用。综合管廊主体的维护管理可由道路管理者独自承担，也可与管线单位组成的联合体共同负责维护。综合管廊中的管线维护则由管线投资方自行负责。

在中国,国务院高度重视推进城市地下综合管廊建设,2013年以来先后印发了《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》、《国务院办公厅关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》,部署开展城市地下综合管廊建设试点工作。

国内最早的综合管廊建设主要分为三种类型:一是为了解决重要节点的交通问题,如北京天安门广场和天津新客站综合管廊项目;二是为了特定区域的功能需要,如广州大学城、上海世博园等项目;三是为了城市的发展需要以及为了探索综合管廊建设经验而建的项目,如上海张杨路等,这些都是政府直接出资的施工总承包项目,约占目前总项目数量的15%。

由于综合管廊的建设特点,后来出现了诸多 EPC 模式建设和个别 BT 模式的综合管廊项目,如海南三亚海榆东路综合管廊 EPC 项目,珠海横琴管廊 BT 项目,这些约占总项目数量的10%。2014年《国务院关于创新重点领域投融资机制鼓励社会投资的指导意见》(国发〔2014〕60号)中提出:积极推动社会资本参与市政基础设施建设运营,其中鼓励以TOT(移交-运营-移交)的模式建设城市综合管廊。但这项措施还没有定论的时候,紧接着《国务院办公厅关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见》(国办发〔2015〕61号文)就提出了以PPP的模式大力推进建设综合管廊,之后大量建设的综合管廊项目基本上均为PPP项目,约占总项目数量的75%。

由于管廊PPP项目的建设规模越来越大,且SPV公司的组成复杂和收益不确定,其实施主体基本上都是中建、中冶、中铁等几大央企,虽然国家一直鼓励社会资本进入综合管廊市场,但是由于种种原因,极少有民营企业进入。

“十二五”期间,江苏省地下综合管廊从无到有,建设速度稳步推进。目前全省已建成综合管廊24条,总长度约57公里,主要集中在苏州、南京、无锡。综合管廊的建设,有效保障了城市安全运行,提高了城市综合承载能力和城镇化发展质量。

到2020年,各省辖市开工建设综合管廊不小于20公里,其余县(市)开工建设综合管廊不少于5公里,全省开工建设城市地下综合管廊300公里以上。各省辖市综合管廊建设示范段不少于1处。其中,2016年新开工综合管廊82.8公里。

2、本项目与其全面对比情况

江苏省各地级市均编制了地下综合管廊专项规划,但本课题是省内首次对江苏省

内建成或在建综合管廊项目及各地规划资料系统性梳理，并获取一手数据，分析了各项目规划、建设、运营层面的思路，具有示范作用。

同时，编写的《江苏省城市综合管廊与地下工程协同指南》是国内首部关于综合管廊与地下工程协同的指导性文件，借鉴国内外地下综合管廊建设、管理的先进理念与技术，系统地研究了综合管廊在规划、设计、施工、运营与维护等阶段与其他工程进行协同的要求。成果内容全面，操作性较强，具有前瞻性，对江苏省综合管廊建设具有较强的指导作用。

从全省各地级市已编制的地下综合管廊专项规划，对城市地下综合管廊的建设规模进行了测算，建设资金需求巨大。如此大的建设成本完全靠政府投资难度非常大。徐州、涟水等地率先采取了“PPP”的融资模式，具有前瞻性。

3、课题关键技术内容

1) 以省内建成或在建综合管廊项目为研究对象，通过调研，获取一手数据，分析各项目规划、建设、运营层面的思路，以扬子江大道综合管廊项目为依托探讨其在实施层面的上的特点，为后续研究提供借鉴。

2) 在广泛调研的基础上，以南通市城市地下综合管廊规划为依托，进行综合管廊平面布局、入廊管线、断面布置及与地下工程协同建设等研究；通过综合管廊远期需求预测，确定我省综合管廊合理规模。

3) 江苏省目前除少数综合管廊全部采用政府资金外，大部分综合管廊均采用“PPP”模式融资进行建设，设定特许经营权年限。“PPP”融资模式根据政府与社会资本的参与程度又分为 BT、BOT、BOO 等多种形式。以涟水县清涟大道综合管廊建设为依托，研究了综合管廊融资模式、建设成本分担及运营成本分担等问题，形成适用于江苏省的合理建设模式。

4、课题技术原理

本项目属于市政基础设施领域，主要技术原理：

1) 以省内建成或在建综合管廊项目为研究对象，通过调研，获取一手数据，分析各项目规划、建设、运营层面的思路，以扬子江大道综合管廊项目为依托探讨其在实施层面的上的特点，为后续研究提供借鉴。

2) 在广泛调研的基础上,以南通市城市地下综合管廊规划为依托,进行综合管廊平面布局、入廊管线、断面布置及与地下工程协同建设等研究;通过综合管廊远期需求预测,确定我省综合管廊合理规模。

3) 江苏省目前除少数综合管廊全部采用政府资金外,大部分综合管廊均采用“PPP”模式融资进行建设,设定特许经营权年限。“PPP”融资模式根据政府与社会资本的参与程度又分为 BT、BOT、BOO 等多种形式。以涟水县清涟大道综合管廊建设为依托,研究了综合管廊融资模式、建设成本分担及运营成本分担等问题,形成适用于江苏省的合理建设模式。

4、主要技术创新点:

1、系统性提出了雨污水、大口径给水管道入廊的技术要求,编制完成《江苏省城市地下综合管廊建设指南》。

2、首次提出了综合管廊与地下工程在规划、设计、施工及运维阶段协同建设的内容和要求,以及结合既有地下空间进行综合管廊综合利用的方法,编制完成《江苏省城市综合管廊与地下工程协同建设指南》。

3、针对江苏省各地级市经济、财政能力以及综合管廊近期建设计划,提出了各地级市投融资模式的选取方法。

四、第三方评价

鉴定意见

2018年12月29日，江苏省住房和城乡建设厅在南京组织召开了省建设系统科技项目“江苏省城市地下综合管廊建设模式及实践研究”成果鉴定会。鉴定委员会（名单附后）听取了课题组的研究成果报告，查阅了相关文件资料，经质询、讨论，形成鉴定意见如下：

一、课题组提交的鉴定资料齐全，符合鉴定要求。

二、项目的主要研究成果与创新点：

1、系统性提出了雨污水、大口径给水管道入廊的技术要求，编制完成《江苏省城市地下综合管廊建设指南》。

2、首次提出了综合管廊与地下工程在规划、设计、施工及运维阶段协同建设的内容和要求，以及结合既有地下空间进行综合管廊综合利用的方法，编制完成《江苏省城市综合管廊与地下工程协同建设指南》。

3、针对江苏省各地级市经济、财政能力以及综合管廊近期建设计划，提出了各地级市投融资模式的选取方法。

鉴定委员会认为，项目研究成果达到了国内领先水平，一致同意通过鉴定。

鉴定委员会主任：



五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

《南通市地下综合管廊专项规划》

科研课题“江苏省城市地下综合管廊建设模式及实践研究”以南通市既有废弃人防设施及规划轨道交通为对象开展了两个专题研究（“结合废弃人防设施利用的综合管廊布局研究”和“结合轨道交通的综合管廊布局研究”。

《涟水清涟大道综合管廊建设工程》

课题研究成果针对涟水县经济、财政能力以及综合管廊建设计划，提出的建立多元化的综合管廊建设运营投融资模式，以及通过县政府本级财政、PPP项目财政运营补贴及省政府财政管廊试点城市专项资金落实项目资金等方法。

《徐州市城东大道综合管廊工程》

课题的相关研究成果在本项目中进行了应用，建议项目采用“投资、建设、运营和维护一体化、入廊单位付费、可行性缺口补助”的方式运作：政府方出资代表与社会资本共同成立项目公司，项目公司向入廊管线单位收取入廊费和日常维护费，并获得徐州市交通运输局和徐州市财政局支付的基于绩效考核机制下必要的可行性缺口补助，用以维持项目运营维护、收回投资并获得合理投资回报。

《扬子江大道快速化改造综合管廊工程》

科研课题以扬子江大道快速化改造工程为依托，充分研究了综合管廊与地下工程的协同建设对策，提出了综合管廊与地下工程在规划、设计、施工、运营和维护过程中建设内容和要求。对扬子江大道综合管廊的设计施工提供了较大的指导作用，有效

降低了工程风险，确保项目顺利实施。

课题内容全面，应用前景广泛，成果已在江苏省住房和城乡建设厅组织召开的相关宣贯活动中进行推广，将在江苏各地实行。

其中，协同建设指南是国内首部关于综合管廊与地下工程协同的指导性文件，具有非常大的推广价值。



2、近年直接经济效益 1500 单位：万元人民币				
<p>本项目属于方法技术类研究，项目研究成果间接影响了单位承接项目量，同时具体极大的社会效益。</p>				
	完成单位		其他应用单位	
年 份	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2018	2365万	350万	/	/
累 计				
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>课题目的是为了满足不同城市空间开发需求，优化地下空间布局，指导综合管廊建设，提升建设管理水平，做到技术先进，经济合理。</p> <p>徐州城东大道、涟水清涟大道综合管廊项目均采用 PPP 模式，课题组针对当地经济、财政能力以及综合管廊建设计划，提出的建立多元化的综合管廊建设运营投融资模式，帮忙政府节约资金，减少财政压力。其中徐州东城大道综合管廊获得徐州市交通运输局和徐州市财政局支付的基于绩效考核机制下必要的可行性缺口补助，用以维持项目运营维护、收回投资并获得合理投资回报。</p> <p>扬子江大道快速化改造工程综合管廊位于南京市主城区，区域开发强度较高，综合管廊建设过程中一方面需要解决与既有车行隧道、地铁、人行地道、电力隧道的共线或交叉，另一方面还需为规划地下工程预留实施空间，建设难度极大。课题组以扬子江大道综合管廊工程为依托，充分研究了综合管廊与地下工程的协同建设对策，对综合管廊与车行隧道、地铁、大直径管道平行与交叉段进行了多方案的比选，提出了明挖法（共基坑、分离式基坑）、暗挖法（管幕法、顶管法）等总体布置方案及水泥土加固、预制桩加固等管廊基底加固方案，并进行了论证，为项目节约投资约 1500</p>				

万元。

南通综合管廊规划项目以南通市既有废弃人防设施及规划轨道交通为对象开展了两个专题研究（“结合废弃人防设施利用的综合管廊布局研究”和“结合轨道交通的综合管廊布局研究”）。在规划中提出了结合轨道交通建设管廊 25.3 公里，对于老城区内的缆线综合管廊建设可利用废弃人防工程，避免多次开挖，具有客观的经济效益，在今后管廊建设中可充分体现。

3、社会效益（限 200 字）

本课题以省内建成或在建综合管廊项目为研究对象，通过调研，补充整理了江苏省城市综合管廊的建设成果和规划成果，并建立了数据库，能够在很大程度上节省综合管廊项目可行性研究时间，建设模式的研究能够在更为广阔的视角下为决策提供支持。

项目组编写了《江苏省城市综合管廊与地下工程协同建设指南》、《江苏省城市地下综合管廊建设指南》等多部指南、标准，重点研究了综合管廊在规划、设计、施工、运营与维护过程中存在的技术问题，有助于规划、设计及施工过程中规避风险，为江苏省综合管廊建设提供了技术支撑，便于管廊设计、施工各单位统一思路，有理有据，促进行业技术进步。

4、环境效益（限 200 字）

综合管廊建成后可容纳多条市政管道，维护人员可以直接进入管廊巡视，对管线进行日常的维护与维修工作，从而避免各种施工机械在市政管线敷设、维护、维修过程中对道路反复开挖造成的路面折旧以及能源、资源的消耗，降低温室气体排放。同时，综合管廊设有智能监控与报警系统，大大降低了管线漏损情况，可节约大量的资源。

六、代表性论文论著情况

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	地下交通隧道建设中的协同设计及工程实践/《工程建设与设计》	2018年9月5日	杨奎, 邢冬冬, 黄俊, 吾佳, 张忠宇	
2	综合管廊与地下工程协同建设的关键问题与对策/《地下空间与工程学报》	2018年12月	张忠宇, 徐建, 黄俊, 蔡斌,	
3	基于可持续发展的城市综合管廊与轨道交通协同建设-以南通市为例/《2017城市发展与规划论文集》	2017年	陈曦寒, 韦梓春	
4	综合管廊建设及运营管理模式初探/《2017 城市发展与规划论文集》;	2017年	仓宁	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	/	/	/	/
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型	位移计组及隧道	中国	ZL201721819748.X	2018.06.22	ZL201721819748.X	苏交科集团股份有限公司	黄俊;张忠宇;陈喜坤;唐心煜;李宏;施展;马波;陈铁虎 陈聪
2	发明专利	主体结构墙预应力结构及主体结构墙的回筑方法	中国	ZL201610729941.8	2019.8.023	ZL201610729941.8	苏交科集团股份有限公司	张忠宇;黄俊;李宏;马波;杨奎;郭映飞;邢冬冬;陈聪 姜益涛
3	发明专利	获取矩形隧道节段间接缝水平变形量和差异沉降量的方法	中国	ZL201711409978.3	2020.7.28	ZL201711409978.3	苏交科集团股份有限公司	黄俊;张忠宇;陈喜坤;唐心煜;李宏;施展;马波;陈铁虎 陈聪

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	江苏省工程建设标准《园林绿化工程施工及验收规范》(DGJ32/TJ201-2016)		
完成人	路奎、陆伟东、金少军、程小武、张俊、潘然、马晓斌、任全进、彭尧		
完成单位	南京市绿化园林局、南京工业大学、江苏省建设工程质量监督总站、南京市园林工程指导中心(南京市园林工程安全质量监督站)、金埔园林股份有限公司、江苏凯进生态环境有限公司、南京嘉盛景观建设有限公司		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
《关于印发〈2010年度江苏省工程建设标准和标准设计编制、修订计划(第二批)〉的通知》(苏建科〔2010〕495号)	《园林绿化工程施工及验收规范》	DGJ32/TJ 201-2016	2015年12月21日
授权发明专利(项)	4	授权其他知识产权(项)	
起止时间	起始: 2010年10月8日	完成: 2015年12月21日	

二、项目简介

为适应新时期园林绿化工程建设发展的需要，进一步加强园林绿化建设工程施工质量管理，促进园林绿化工程施工的标准化、规范化、程序化，提升工程品质，根据省住建厅《关于印发〈2010年度江苏省工程建设标准和标准设计编制、修订计划（第二批）〉的通知》（苏建科[2010]495号）要求，主编单位南京市绿化园林局和南京工业大学组织编制组经广泛调查研究，总结实践经验，参考有关标准，广泛征求意见，编制了本规范。

一、规范的主要内容

本规范共10章，主要内容为：1、总则；2、术语；3、基本规定；4、绿化栽植工程；5、园路、广场工程；6、园林理水工程；7、园林石景工程；8、园林建筑、桥梁与设施工程；9、园林设备工程；10、园林工程质量验收。

二、规范的主要特点

1. 覆盖内容全面：目前的园林绿化工程不仅有传统绿化叠石理水，还有建筑、桥梁、雕塑、广场、道路等，因此规范主要包括了六大部分，即园林绿化工程，园路、广场工程，园林理水工程，园林石景工程，园林建筑、桥梁与设施工程，园林设备工程。其中我们最先以系统方式将园林建筑、雕塑和桥梁工程纳入规范，尤其是木结构、钢结构构件在园林中的大量使用，由此所带来的安全、耐久性问题，对这些方面的系统表述，也是顺应园林绿化工程发展的需要，可以说本规范目前是国内内容最为全面的园林规范。

2. 地方特色鲜明：作为江苏省地方规范，本规范主要从以下几方面充分体现了地域特色。一是针对省内河网纵横，水生植物种类众多，在园林中大量使用，规范对水湿生植物的栽植在现有各规范基础上进行了更深入规定，如对不同种类植物结合江苏特点进行了补充，并规范了栽植方法。二是结合享誉国内外的苏式园林中的假山施工工艺，在园林石景工程中对叠石、置石、石景配水、石景配植等进行了系统表述，将控制结构安全性的相关条款列为主控项目。三是省内竹类资源丰富，本规范对竹类栽植进行了详细规定。四是苏式园林对地面铺装施工质量要求较高，因此本规范对各类园林铺地做法结合海绵城市中透水路面基层做法及江苏特点进行了详细规定。

3. 注重生态环保：一是针对生态环保理念中海绵城市建设理念的推广应用，本规范在广场道路雨水回收、生态池底等条款中充分体现了目前的前沿成果。二是体现节约型园林建设理念，提出利用原有或新建设施空间进行绿化，增加城市绿化面积，缓解城市热岛效应，在设施空间绿化部分对屋顶、立面、坡面绿化等常用的施工工艺提出了明确要求。三是明确要求严禁使用带有严重病虫害的植物材料，水湿生植物土壤、肥料及农药使用不得污染水体，植物病虫害防治采用生物防治和生物农药及高效低毒农药，严禁使用剧毒农药。

4. 建设程序规范：在基本规定和园林工程质量验收部分，按照新的法律法规、规章及文件要求增加了对施工前期准备、质量验收程序要求及须满足的条件等内容。

5. 质量标准严格：与原标准相比，新规范对施工质量提出了更高要求，一是对种植土质量检测提出了详细指标要求。二是对植物材料规格的规格划分更细、偏差要求更严。三是增加了必须严格执行的条文。四是对施工期的植物养护提出了具体的要求。

作为我省第一部园林绿化工程施工及质量验收规范，省住建厅于2016年11月1日发布，2016年12月1日起实施。

三、主要科技创新

江苏省工程建设标准《园林绿化工程施工及验收规范》(DGJ32/TJ201-2016)作为我省第一部园林绿化工程施工和质量验收规范,它的实施有利于进一步规范园林绿化工程建设行业质量管理程序,提升园林绿化工程建设质量管理水平,为园林绿化工程建设行业质量管理提供了有力的技术支撑,对我省园林绿化工程建设行业标准化建设起到示范引领作用。规范主要在以下几个方面进行了创新:

一、构建了园林绿化工程质量标准框架体系

一是作为我省第一部省级园林绿化工程施工和质量验收规范,《园林绿化工程施工及验收规范》(DGJ32/TJ201-2016)的发布实施,有效补齐了我省园林绿化工程建设领域标准化建设的短板,构建了我省园林绿化工程质量标准体系的基本框架,为资质取消后的园林绿化工程建设领域施工质量管理提供了强有力的技术支撑。二是在内容方面,与国家行业规范及其他省市规范相比,我们结合当前园林绿化工程建设内容和特点,增加了园林土建及设施工程、园林设备工程等多项内容,并且最先以系统方式将园林建筑、雕塑和桥梁工程纳入规范,可以说本规范目前是国内内容最为全面的一本园林规范。三是针对木结构、钢结构(建)构筑物在园林工程中的大量使用,由此所带来的安全、质量和耐久性等问题,规范进行了明确规定,顺应园林绿化工程建设的发展和人民群众日益增长的美好生活需要。四是在术语部分对栽植土有效土层厚度、分枝点高度、胸径、地径、大树移植等专业术语指标要求进行统一规范,解决了我省由于地域广阔造成的园林绿化工程专业名词和指标描述不统一、不规范的问题,确保工程质量能得到有效控制。

二、规范了园林绿化工程施工及验收管理

一是编制组广泛吸收南京、苏州、徐州、扬州等多地园林绿化主管部门的施工及验收管理实践经验,对施工及验收管理内容进行修改完善,使规范在全省范围内普遍适用。二是在附录部分对单位(子单位)、分部(子分部)和分项工程进行了明确划分,并对分项工程主控项目、一般项目、检验方法和检验数量的划分提出了明确要求,为参建单位施工过程质量管理及验收和监督机构质量监督抽查提供了明确的技术依据,确保工程实体质量和质量行为得到全过程的管控。三是在基本规定部分对施工单位规章制度建立、施工组织设计编制、进场准备等工作进行了明确要求;质量验收部分对检验批、分项、分部(子分部)、单位(子单位)实体质量、质量控制资料和验收组织及程序进行了明确,并对工程质量监督和竣工验收备案提出了要求,进一步闭合了园林绿化工程质量事中事后监管体系。

三、奠定了园林绿化工程高质量发展基础

一是我省第一部园林绿化工程施工和质量验收规范《园林绿化工程施工及验收规范》的发布实施，改变了园林绿化工程建设领域以往对标准规范重视程度不高、园林绿化工程建设标准规范在各大专业中占比较低的情况，树立起我省园林绿化工程专业标准规范编制的标杆，掀起了一轮开展行业标准化建设和科技创新的热潮，大量的行业主管部门、科研院校和企业积极参与标准规范编制和开展专业科技课题研究。在总结《园林绿化工程施工及验收规范》应用实践经验的基础上，南京市园林工程指导中心成功申请了2个省级标准，其中《假山造景技术规程》已按要求送审，新批准的《城市生态园林绿化工程技术规程》编制工作正有序推进，结合相关实践经验出版了《园林绿化工程施工质量管理实务》，推动省厅在江苏省《房屋建筑和市政基础设施工程质量监督工作指南（2018年版）》中增加园林绿化工程专业监督内容，补齐了建设工程监督管理方面存在的专业缺项。参与规范编写的3家园林施工企业参与了《园林绿化木本苗》等2个省级以上标准的编写，完成了《新优观赏地被植物的栽培技术研究及应用推广示范》等2个科研项目，有序推进在手的1个科研项目，完成了盐碱地大苗移植施工工法等10个工法，成功申报了雨水花园净化系统、透水混凝土植物绿化景墙等57项专利。二是在《园林绿化工程施工及验收规范》发布后，省内各主管部门及参建单位积极学习贯彻落实规范要求，有力地促进了我省园林绿化管理工作和工程项目品质的快速提升，住房和城乡建设部日前公布的2019年8个国家生态园林城市中，江苏占4席（南京、太仓、南通、宿迁），比例高达50%，新增量全国第一；在2019年中国北京世界园艺博览会等国际、国内大型园林园艺博览会的景点竞赛中，我省南京等市屡获“组委会大奖”、“最佳展园”等奖项，行业质量水平稳居全国前列。三是规范发布后，在省内掀起了一轮园林绿化工程建设领域精细化管理的高潮，南京市在总结《园林绿化工程施工及验收规范》应用实践经验的基础上，以六个部门名义印发了《南京市绿化园林建设精细化管理技术导则（试行）》，推动全市园林绿化工程建设品质的快速提升，2017年，南京牛首山文化旅游区一期工程—佛顶宫项目获得“鲁班奖”，2019年，南京国际博览中心一期扩建工程和南京牛首山文化旅游区一期工程—佛顶寺及前苑景观2个项目获得“国家优质工程奖”，实现创建国家级优质工程奖的历史性突破，2017年以来，南京市有19个项目获得省优质工程“扬子杯”奖、112个项目获得市优质工程“金陵杯”奖，实现了园林绿化工程建设领域从国家到地方优质工程奖的全覆盖。四是规范的及时发布，为园林绿化施工企业资质取消后我省的园林绿化工程建设市场管理提供了强有力的支撑，南京市在总结规范实施多年以来的管理经验的基础上，在全国范围内率先以市政府规范性文件的方式出台了《南京市园林绿化工程建设管理办法》（宁政规字〔2019〕4号），全面规范园林绿化工程建设立项、规划、设计、施工和移交等各个环节管理，有效地遏制了园林绿化资质取消后园林绿化工程建设市场乱象滋生的苗头，较好地解决了资质取消“放管服”改革后事中事后监管的核心问题及招投标市场的突出问题，得到了住建部和省住建厅的高度评价并在行业内推广。

四、第三方评价

《江苏省园林绿化工程施工及验收规范》 (送审稿) 审查意见

2015年12月21日，江苏省住房城乡建设厅组织专家在南京主持召开了《江苏省园林绿化工程施工及验收规范》(送审稿)(以下简称《规范》)审查会。审查组专家听取了编制组有关编制情况的报告，对《规范》进行了逐条审查，形成审查意见如下：

- 1、《规范》根据相关法律、法规，结合我省园林绿化建设管理的实际情况进行编制，依据充分，内容较全面；
- 2、《规范》结构合理，符合标准编写规定的要求；
- 3、《规范》对园林绿化的施工、验收等做了详细规定，有较强可操作性；
- 4、专家建议：进一步细化完善水生植物栽植、非适宜季节苗木栽植、施工期的植物养护、园林驳岸、石景工程等相关内容；附录内容与相关章节相呼应。

审查组同意通过审查。建议编制组根据本次会议的专家意见进一步修改完善后，提交报批稿，报省建设行政主管部门批准实施。

组长：王春彦

2015年12月21日

《江苏省园林绿化工程施工及验收规范》(送审稿) 审查会议专家组名单

会议时间：2015.12.21

序号	姓名	工作单位	职务或职称	专家组职务	签名
1	王春彦	金陵科技学院园林学院	教授	组长	王春彦
2	相西如	江苏省城市规划设计研究院	研究员级 高级工程师	组员	相西如
3	项卫东	苏州市绿化管理站	站长 高级工程师	组员	项卫东
4	孙小军	南京市市政公用工程质量安全监督站	站长 高级工程师	组员	孙小军
5	吴锦华	南京万荣园林实业有限公司	高级工程师	组员	吴锦华
6	何士洋	南京开林园林绿化工程有限公司	总经理 高级工程师	组员	何士洋
7	尤升天	江苏园景工程设计咨询有限公司	副总经理 高级工程师	组员	尤升天

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

《园林绿化工程施工及验收规范》(DGJ32/TJ201-2016)于2016年11月1日经省住建厅批准以省地方标准发布,2016年12月1日起正式实施。规范一经发布得到了龙虎网、南京日报等主流媒体的专题报道,引起了社会各界的密切关注。

一、全面提升了全省园林绿化工程质量

规范发布后,省内各主管部门及参建单位积极学习贯彻落实规范要求,有力地促进了我省园林化管理工作和工程项目品质的快速提升,在住房和城乡建设部日前公布的2019年8个国家生态园林城市中,江苏占4席(南京、太仓、南通、宿迁),比例高达50%,新增量全国第一。在2019年中国北京世界园艺博览会等国际、国内大型园林园艺博览会的景点竞赛中,我省南京等多市屡获“组委会大奖”、“最佳展园”等奖项,园林绿化工程品质稳居全国前列。

二、着力打造了一批园林绿化精品工程

规范发布后,在省内掀起了一轮园林绿化工程建设领域精细化管理的高潮,南京市在总结《园林绿化工程施工及验收规范》应用实践经验的基础上,以六个部门名义印发了《南京市绿化园林建设精细化管控技术导则(试行)》,推动全市园林绿化工程建设品质的快速提升,2017年,南京牛首山文化旅游区一期工程—佛顶宫项目获得“鲁班奖”,2019年,南京国际博览中心一期扩建工程和南京牛首山文化旅游区一期工程—佛顶寺及前苑景观2个项目获得“国家优质工程奖”,实现创建国家级优质工程奖的历史性突破,2017年以来,南京市有19个项目获得省优质工程“扬子杯”奖、112个项目获得市优质工程“金陵杯”奖,实现了园林绿化工程建设领域从国家到地方优质工程奖的全覆盖。

三、助推行业科学技术水平稳步提升

规范的发布实施,改变了园林绿化工程建设领域以往对标准规范重视程度不高、园林绿化工程建设标准规范在各大专业中占比较低的情况,树立起我省园林绿化工程专业标准规范编制的标杆,掀起了一轮开展行业标准化建设和科技创新的热潮,大量的行业主管部门、科研院校和企业积极参与标准规范编制和开展专业科技课题研究,在总结《园林绿化工程施工及验收规范》应用实践经验的基础上,南京市园林工程指导中心成功申请了2个省级标准,其中《假山造景技术规程》已按要求送审,新批准的《城市生态园林绿化工程技术规程》编制工作正有序推进,结合相关实践经验出版了《园林绿化工程施工质量管理实务》,推动省厅在江苏省《房屋建筑和市政基础设施工程质量监督工作指南(2018年版)》中增加园林绿化工程专业监督内容,补齐了建设工程监督管理方面存在的专业缺项。参与规范编写的3家园林施工企业参与了《园林绿化木本苗》等2个省级以上标准的编写,完成了《新优观赏地被植物的栽培技术研究及应用推广示范》等2个科研项目,有序推进在手的1个科研项目,完成了盐碱地大苗移植施工工法等10个工法,成功

申报了雨水花园净化系统、透水混凝土植物绿化景墙等 57 项专利，为提升园林绿化工程质量注入活力。

四、形成了全国领先的行业管理模式

规范的及时发布，为园林绿化施工企业资质取消后我省的园林绿化工程建设市场管理提供了强有力的支撑，南京市在总结规范实施多年以来的管理经验的基础上，在全国范围内率先以市政府规范性文件的方式出台了《南京市园林绿化工程建设管理办法》（宁政规字〔2019〕4号），全面规范园林绿化工程建设立项、规划、设计、施工和移交等各个环节管理，有效地遏制了园林绿化资质取消后园林绿化工程建设市场乱象滋生的苗头，较好地解决了资质取消“放管服”改革后事中事后监管的核心问题及招投标市场的突出问题，得到了住建部和省住建厅的高度评价并在行业内推广。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
累 计				

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

3、社会效益（限 200 字）

《园林绿化工程施工及验收规范》的发布实施，有力地促进了我省园林化管理水平和工程品质的快速提升，我省南京市等4个城市首次获得“2019年国家生态园林城市”荣誉称号。推动我省园林绿化工程品质稳居国内前列，在2019年中国北京世界园艺博览会等国际、国内大型园林园艺博览会的景点竞赛中，南京等多市屡获“组委会大奖”、“最佳展园”等奖项。

4、环境效益（限 200 字）

《园林绿化工程施工及验收规范》的发布实施，为省园林绿化工程建设领域深入学习贯彻习近平总书记生态文明思想和切实践行“绿水青山就是金山银山”理念提供了强有力的技术支撑，掀起了一轮园林绿化工程精细化建设管理的高潮，一批具有城市历史文化内涵和生态效益突出的精品工程展现在市民面前，促进我省生态环境质量走在全国前列，让“环境美”成为江苏鲜明的标识，老百姓的获得感、幸福感不断提升。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	现代工程木在园林景观中的应用研究/现代园林	2013年12月25日	路奎、程小武、刘伟庆、陆伟东等	
2	彩叶植物的分类及其在绿地中的应用/现代农业科技	2014年1月3日	张俊、路奎、任全进、高艳等	
3	彩叶地被植物在南京园林绿地中的应用/中国野生植物资源	2014年6月15日	任全进、路奎、赵康兵、王立平等	
4	《园林绿化工程施工及验收规范》解读/2018江苏省工程建设标准解读论文集/	2019年10月	马晓斌、王雅伟	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种栾树的大苗移栽方法	中华人民共和国	201510096403.5	2017.4.5	第2437838号	金埔园林股份有限公司	刘雁丽; 薛峰; 张志南
2	发明专利	一种朴树的大苗移栽方法	中华人民共和国	201510096404.X	2017.5.3	第2470759号	金埔园林股份有限公司	张志南; 刘雁丽; 薛峰
3	实用新型专利	一种边坡绿化排水及蓄灌系统	中华人民共和国	201721396661.6	2018.6.19	第7500041号	金埔园林股份有限公司	顾亚兰; 张志南; 吴攀; 庄凯; 王春浩; 李立波
4	实用新型专利	透水混凝土植物绿化景墙	中华人民共和国	2019205116248	2019.12.31	第9860516号	金埔园林股份有限公司	顾亚兰; 刘雁丽; 刘娇; 沈秋菊; 汤阳泽
5								
6								
7								
8								
9								
10								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

专业：

编号：

项目名称	江苏省工程建设标准《装配整体式混凝土剪力墙结构技术规程》 DGJ32TJ 125-2016			
完成人	李振兴、郭正兴、朱张峰、张军、陈耀钢、胡勇、陈俊、张雷、徐鹤松			
完成单位	江苏中南建筑产业集团有限责任公司、东南大学、南京工业大学			
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	南通市住房和城乡建设局			
学科分类 名称	1	土木工程	代码	0814
	2		代码	
	3		代码	
任务来源	江苏省住房和城乡建设厅《关于印发<2014年度江苏省工程建设标准和标准设计编制、修订计划的通知>（苏建科[2014]256号）			
<p>具体计划名称和编号（验收、评估、结题时间）： 江苏省住房和城乡建设厅《关于印发<2014 年度江苏省工程建设标准和标准设计编制、修订计划的通知>（苏建科[2014]256 号），修编第 22 项。 江苏省住房和城乡建设厅关于发布江苏省工程建设标准《装配整体式混凝土剪力墙结构技术规程》的公告（第 20 号），编号 DGJ32TJ 125-2016，2016 年 9 月 1 日起实施。2019 年 9 月第 1 次印刷出版。</p>				
授权发明专利（项）	10		授权的其他知识产权（项）	
起止时间	起始：2014 年 5 月 29 日		完成：2016 年 6 月 23 日	

二、项目简介

(限1200字)

我国建筑施工主要采用现场施工为主要的传统建造方式，工业化程度低、设计建造粗放、建筑材料损耗及建筑垃圾量大、建筑质量不稳定、建筑全寿命周期能耗高。装配式建筑混凝土剪力墙结构是适应我国国情的一种新型工业化结构，也是可以推广应用到面广量大的住宅结构形式，可以有效节约资源和能源，提高材料在实现建筑节能和结构性能方面的效率，减少现场施工对场地和环境条件的需求，减少建筑垃圾和施工对环境的不良影响，提高建筑功能和结构性能，有效实现“四节一环保”的绿色发展要求，实现低能耗、低排放的建造过程，促进我国建筑业的整体发展，实现预定的节能减排目标。

装配整体式混凝土剪力墙结构，是指剪力墙竖向构件预制、构件交汇处现浇、上下层竖向构件纵向受力钢筋浆锚连接或套筒灌浆连接，梁、楼板等水平构件叠合现浇，形成整体结构。通过墙板全部或部分预制、墙板连接部位局部现浇、受力钢筋浆锚连接或套筒灌浆连接以及梁、板叠合现浇，使装配整体式剪力墙结构达到与现浇结构相当的整体性与受力性能，实现“等同现浇”性能。

中南建筑自2007年引进国外装配式建筑先进建筑理念与结构体系，经过借鉴、改进、创新、研发。通过与东南大学、同济大学等高校的产学研合作与大量试验，得出浆锚连接装配结构体系的承载能力和抗震耗能能力与现浇结构体系相当，可满足工程需要，并应用到大量工程实践。最终形成了一套具有完全知识产权的装配整体式混凝土剪力墙结构技术体系。2011年8月，主编了江苏省工程建设标准《预制装配整体式剪力墙结构体系技术规程》DGJ32/TJ125-2011，浆锚连接技术列入国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/51231-2016。

2016年由中南建筑和东南大学主修编江苏省工程建设标准《装配整体式混凝土剪力墙结构技术规程》DGJ32/TJ125-2016，规程最大适用高度范围已与国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016相对应，使得浆锚连接技术的适用范围得到了实质性提升。新修标准将原省标中的最大适用高度由60m提升到120m，同时填补了原省标抗震设防烈度不适用于8度区的空白，实现了浆锚连接技术全省范围内通用，使得浆锚连接技术有了更为广泛的应用空间和实质提升。

装配整体式混凝土剪力墙结构技术具有完全自主知识产权，形成发明专利20余项、实用新型专利18项，编制国家级工法1项、省级工程十余项，关键技术研究成果达到国际先进水平，获得2017年度江苏省科学技术一等奖。成功应用到南通世纪花城、南通军山半岛、海门中南世纪城、沈阳中南世纪城等项目，总建筑面积达270万 m^2 以上，取得了较好的经济效益和社会效益。改变了传统的房屋建筑施工方法，整体装配率可达到90%以上，符合建筑工业化和住宅产业化的发展方向，对推进我国绿色建筑、绿色施工的发展起到了重要的示范和引领作用。

三、主要科技创新

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 装配整体式剪力墙结构宜简单、规则、均匀及对称，不应采用严重不规则的结构，并应符合下列要求：

- 1 应具有必要的承载能力、刚度和良好的延性；
- 2 结构的竖向和水平布置应具有合理的刚度和承载力分布，应避免局部突变和扭转效应而形成薄弱部位，对可能出现的薄弱部位，应采取有效措施予以加强；
- 3 结构在两个主轴方向的动力特性宜相近。

6.1.2 装配整体式剪力墙结构适用于抗震设防烈度为 6 度至 8 度抗震设计的建筑中，其房屋最大适用高度应符合表 6.1.2 的要求。

表 6.1.2 装配整体式剪力墙结构房屋的最大适用高度（m）

预制剪力墙板钢筋连接方式		抗震设防烈度			
边缘构件竖向钢筋	竖向分布钢筋	6 度	7 度	8 度(0.2g)	8 度(0.3g)
钢筋浆锚连接	钢筋浆锚连接	110	90	70	50
绑扎搭接、机械连接或焊接（混凝土现浇）	钢筋浆锚连接	120	100	80	60
改进型钢筋浆锚连接	钢筋浆锚连接	120	100	80	60
钢筋套筒灌浆连接	钢筋浆锚连接	120	100	80	60

注：房屋高度指室外地面到主要屋面的高度，不包括局部突出屋顶的部分。

1 当结构中剪力墙全部为现浇且楼盖采用叠合梁板时，房屋的最大适用高度可按《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的规定采用。

2 在规定的水平力作用下，当预制剪力墙构件底部承担的总剪力大于该层总剪力的 80% 时，其最大适用高度应按表 6.1.2 规定的装配整体式剪力墙结构房屋的最大适用高度降低 10m。

6.1.3 抗震设计时，高层装配整体式剪力墙结构不应全部采用短肢剪力墙；抗震设防烈度为 8 度时，不宜采用具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构。当采用具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构时，应符合下列规定：

1 在规定的水平地震作用下，短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不宜大于结构底部总地震倾覆力矩的 50%；

2 房屋适用高度应比本规程表 6.1.2 规定的最大适用高度适当降低，抗震设防烈度为 7 度和 8 度时宜降低 20m。

注：1 短肢剪力墙是指截面厚度不大于 300mm、各肢截面高度与厚度之比的最大值大于 4 但不大于 8 的剪力墙；

2 具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构是指，在规定的水平地震作用下，短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不小于结构底部总地震倾覆力矩的 30% 的剪力墙结构。

6.1.4 高层装配整体式剪力墙结构的高宽比不宜超过表 6.1.4 的数值。

表 6.1.4 高层装配整体式结构适用的最大高宽比

非抗震设计	抗震设防烈度		
	6 度	7 度	8 度
6	6	6	5

6.1.5 装配整体式剪力墙结构构件的抗震设计，应根据设防类别、烈度、结构高度确定相应的抗震等级，并采取相应的计算和构造措施。丙类装配整体式剪力墙结构的抗震等级应按表 6.1.5 确定。

表 6.1.5 丙类装配整体式剪力墙结构的抗震等级

结构类型		抗震设防烈度							
		6 度		7 度			8 度		
装配整体式 剪力墙结构	高度 (m)	≤70	>70	≤24	>24 且 ≤70	>70	≤24	>24 且 ≤70	>70
	剪力墙	四级	三级	四级	三级	二级	三级	二级	一级

6.1.6 抗震设计的高层装配整体式剪力墙结构，当其房屋高度、高宽比等超过本规程的规定或者抗震设防标准有特殊要求时，可按《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3 的有关规定进行结构抗震性能设计。

6.1.7 高层装配整体式剪力墙结构应符合下列规定：

- 1 当设置地下室时，宜采用现浇混凝土；
- 2 剪力墙结构底部加强部位的剪力墙宜采用现浇混凝土。
- 3 当底部加强部位的剪力墙采用预制混凝土时，应采取可靠技术措施。

6.3 预制构件设计

6.3.1 预制构件的设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》 GB 50010 的要求，并应符合下列规定：

- 1 对持久设计状况，应对预制构件进行承载力、变形、裂缝控制验算；
- 2 对地震设计状况，应对预制构件进行承载力验算；
- 3 对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制构件验算，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666 的有关规定。

6.3.2 抗震设计时，装配整体式剪力墙结构构件及节点的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取 0.85；当仅考虑竖向地震作用组合时，承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取 1.0；预埋件锚筋截面计算的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取 1.0。

6.3.3 装配整体式剪力墙结构可采用预制板式楼梯，楼梯两端可采用可滑动构造，梯段板底应配置通长纵向钢筋，板面宜配置通长纵向钢筋；当两端不能滑动时，板面应配置通长纵向钢筋。

6.3.4 阳台、空调外机搁板、挑檐等悬挑构件可与相邻楼板、屋面板合并设计成大型构件；当分开预制、现场连接时，预制悬挑构件的负弯矩钢筋应伸入相邻楼板、屋面板现浇叠合层中可靠锚固。

6.3.5 用于固定连接件的预埋件与预埋吊件、临时支撑用预埋件不宜兼用；当兼用时，应同时满足各种设计工况要求。预制构件中吊件、预埋件的验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》 GB 50010、《钢结构设计规范》 GB 50017 和《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666 等有关规定。

6.4 连接设计

6.4.1 装配整体式剪力墙结构各构件间的连接应能保证结构的整体性，且应符合下列规定：

- 1 各构件间的连接破坏不应先于构件破坏；
- 2 各构件间的连接不应出现钢筋锚固失效、混凝土破坏等脆性破坏；
- 3 各构件间的连接构造应符合整体结构的受力模式及传力途径。

6.4.2 装配整体式剪力墙构件水平拼缝截面受剪承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况：

$$\gamma_0 V_w \leq 0.6 f_y A_{sd} + 0.8 N \quad (6.4.2-1)$$

2 地震设计状况：

$$V_w \leq 0.6 \times (f_y A_{sd} + N) / \gamma_{RE} \quad (6.4.2-2)$$

剪力墙底部加强部位，尚应符合下列要求：

$$\eta_j V_{mua} \leq 0.6 \times (f_y A_{sd} + N) \quad (6.4.2-3)$$

式中：

V_w ——预制装配整体式剪力墙体水平拼缝截面剪力设计值；

f_y ——钢筋抗拉强度设计值；

A_{sd} ——垂直穿过拼缝的受拉钢筋面积；

N ——与剪力设计值相应的轴向力设计值，压力取正值，拉力取负值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，按本规程 6.3.2 条取值；

η_j ——水平拼缝剪力增大系数，抗震等级为一、二级取 1.2，抗震等级为三、四级取 1.1。

V_{mua} ——构件端部按实配钢筋面积计算的斜截面受剪承载力设计值。

6.4.3 钢筋浆锚连接（图 6.4.3）应符合下列规定：

- 1 钢筋伸入金属波纹管内的长度不少于 l_{aE} ；
- 2 预埋金属波纹管的直线段长度应大于浆锚钢筋长度 30mm，孔道上部应根据灌浆要求设置合理弧度；
- 3 预埋金属波纹管的内径不宜小于 40mm 和 2.5d（d 为伸入孔道的连接钢筋直径）的较大值，孔道之间的水平净间距不宜小于 50mm。孔道外壁至剪力墙外表面的净间距不宜小于 30mm；
- 4 灌浆材料应采用水泥基灌浆料，其性能应符合本规程第 4.3.1 条的规定。

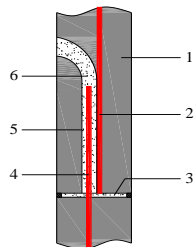


图 6.4.3 钢筋浆锚连接构造示意图

1—预制墙板；2—墙板预埋钢筋；3—坐浆层；4—浆锚钢筋；5—金属波纹管；6—灌浆料

6.4.4 采用改进型钢筋浆锚连接（图 6.4.4），除符合 6.4.3 条要求，尚应符合下列规定：

- 1 螺旋箍筋宜采用圆环形，且应沿金属波纹管直线段全范围布置；
- 2 螺旋箍筋保护层厚度不应小于 15mm，螺旋箍筋之间净距不宜小于 25mm，螺旋箍筋下端

距预制混凝土底面之间净距不宜大于 25mm；

3 螺旋箍筋开始与结束位置应有水平段，长度不小于一圈半；

4 螺旋箍筋可选用 HPB300 级、HRB335 级和 HRB400 级热轧钢筋，可按表 6.4.4 确定螺旋箍筋配置方案。

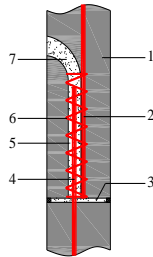


图 6.4.4 采用改进型钢筋浆锚连接构造示意图

1—预制墙板；2—墙板预埋钢筋；3—坐浆层；4—浆锚钢筋；5—金属波纹管；6—螺旋箍筋；7—灌浆料

表 6.4.4 改进型钢筋浆锚连接用螺旋箍筋选用表

钢筋直径 (mm)	抗震等级		
	一级	二、三级	四级
$\Phi \leq 14$	$\Phi 6@50$	$\Phi 6@75$	$\Phi 6@100/\Phi 4@40$
$14 < \Phi \leq 18$	$\Phi 8@40$	$\Phi 6@40$	$\Phi 6@50$

7.3 预制墙板竖向连接设计

7.3.1 预制墙板竖向钢筋当采用钢筋浆锚连接形式或改进型钢筋浆锚连接形式时，可采用图 7.3.1 所示的节点构造。当采用钢筋浆锚连接形式时，应满足本规程第 6.4.3 条的有关规定。当采用改进型钢筋浆锚连接形式时，应满足本规程第 6.4.4 条的有关规定。

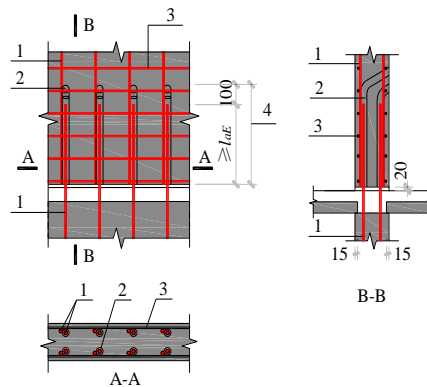


图 7.3.1 钢筋浆锚连接预制剪力墙构造

1—竖向钢筋；2—金属波纹管；3—水平钢筋；4—钢筋浆锚区；

7.3.2 预制墙板竖向钢筋采用改进型钢筋浆锚连接时，可采用图 7.3.2 所示的节点构造。

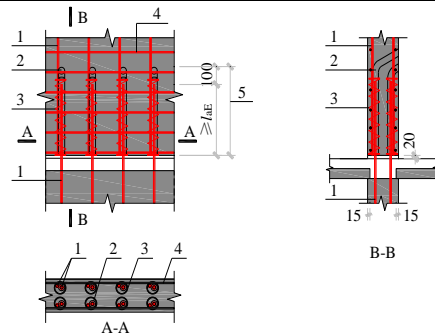


图 7.3.2 螺旋箍约束改进型钢筋浆锚连接预制剪力墙构造

1—竖向钢筋；2—金属波纹管；3—螺旋筋；4—水平钢筋；5—钢筋浆锚区

7.3.3 预制墙板竖向钢筋采用混合连接形式时，可采用图 7.3.3 所示的节点构造。

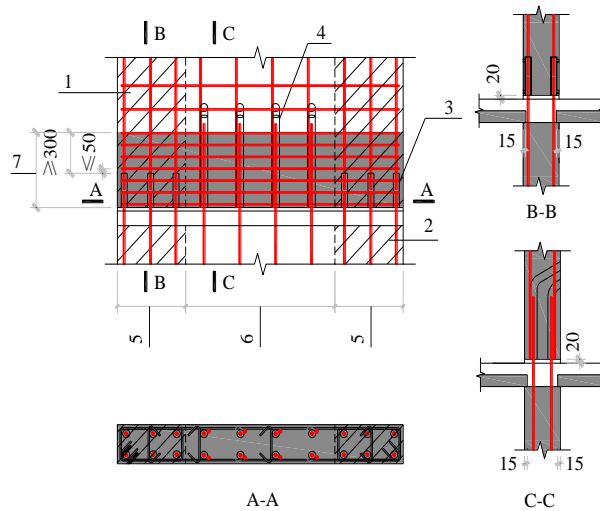


图 7.3.3 钢筋混合连接预制剪力墙构造

1—上层预制剪力墙；2—下层预制剪力墙；3—灌浆套筒；4—金属波纹管；5—边缘构件；6—剪力墙分布钢筋区；7—箍筋加密区

7.3.4 上下层预制剪力墙的竖向钢筋，当采用钢筋浆锚连接、改进型浆锚连接及钢筋混合连接时，应符合下列规定：

1 边缘构件竖向钢筋应逐根连接。

2 预制剪力墙的竖向分布钢筋，当采用单排连接时（图 7.3.4-1），连接钢筋宜居墙中布置，间距不宜大于 400mm，且应满足剪力墙构件承载力设计和分布钢筋配筋率计算的要求；连接钢筋在上下层预制剪力墙中锚固长度不应小于 $1.2l_{aE}$ 。

3 预制剪力墙的竖向分布钢筋，当仅部分连接时（图 7.3.4-2），被连接的同侧钢筋间距不应大于 600mm，且在剪力墙构件承载力设计和分布钢筋配筋率计算中不得计入不连接的分布钢筋；不连接的竖向分布钢筋直径不应小于 6mm。

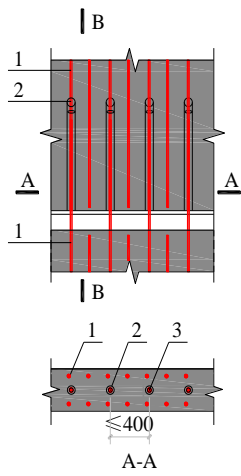


图 7.3.4-1 预制剪力墙竖向分布钢筋单排连接构造
1—竖向分布钢筋；2—金属波纹管；3—浆锚钢筋

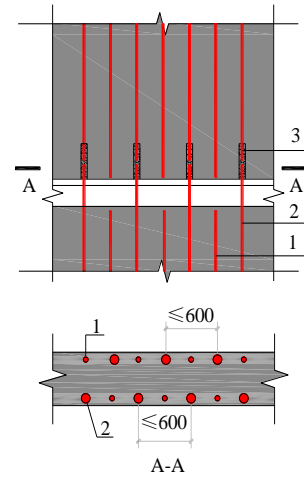
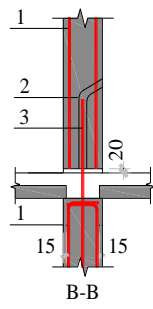


图 7.3.4-2 预制剪力墙竖向分布钢筋部分连接构造
1—不连接的竖向分布钢筋；2—连接的竖向分布钢筋；
3—钢筋连接接头

四、第三方评价

2016年1月28日，江苏省住房和城乡建设厅在南京组织召开了“《装配整体式混凝土剪力墙结构技术规程》（送审稿）”（以下简称：规程）审查会。审查组专家听取了编制组有关编制情况的汇报，审阅了相关资料，经过质询、讨论，形成如下意见：

- 1、提供的审查资料齐全，符合国家相关技术法规和工程建设标准编写规定的要求。
- 2、规程以现行的国家、地方标准为依据，在广泛征求意见的基础上，通过大量试验研究，认真总结实践经验编制而成，科学合理，依据充分。
- 3、该规程在《预制装配整体式剪力墙结构体系技术规程》DGJ32/TJ 125-2011的基础上修订而成，规程的主要修订内容有：对术语和符号进行了完善；增加了基本规定的相应要求；修改了装配整体式剪力墙结构的设计要求；补充了改进型浆锚搭接连接和混合连接等构造要求；补充修改了质量验收要求。该规程内容全面，结构完整，技术合理，具有可操作性。

审查组一致同意通过审查。编制组根据本次会议的建议和意见修改完善后，提交报批稿，按程序报省建设行政主管部门批准实施。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

结构体系	工程名称	起止时间	应用情况
装配整体式 混凝土剪力 墙结构	海门中南世纪城 1.6 期 33-36#楼	2009~2010	建筑面积 1.8 万平米，预制率 65%，新增产值 3240 万元，新增利润 162 万元
	海门中南世纪城 1.8 期	2011-2013	建筑面积 1.56 万平米，预制率 60%，新增产值 2808 万元，新增利润 140.4 万元
	军山半岛 E 岛 28#-36#楼	2011-2013	建筑面积 8.5 万平米，预制率 65%，新增产值 15300 万元，新增利润 765 万元
	沈阳中南世纪城 1.1-1.3 期	2012-2014	建筑面积 7.85 万平米，预制率 79%，新增产值 14130 万元，新增利润 706.5 万元
	沈阳中南世纪城 1.4-1.6 期	2013-2015	建筑面积 14.7 万平米，预制率 70%，新增产值 26460 万元，新增利润 1323 万元
	海门中南世纪城 3.5 期 96#楼	2013-2015	建筑面积 2.62 万平米，预制率 70%，新增产值 4716 万元，新增利润 235.8 万元
	海门中南世纪城 97#、98#楼	2013-2015	建筑面积 4.1 万平米，预制率 15.2%，新增产值 5945 万元，新增利润 297.25 万元
	南通花城二期 24#25#楼	2011-2013	建筑面积 5.28 万平米，预制率 14.6%，新增产值 7656 万元，新增利润 382.8 万元
	南京花城三期 26#28#31#35#楼	2013-2015	建筑面积 9.38 万平米，预制率 15%，新增产值 13601 万元，新增利润 680.05 万元
	海门锦苑 3#-7#楼	2014-2016	建筑面积 8 万平米，预制率 70%，新增产值 14400 万

			元, 新增利润 720 万元
海门锦苑 23#24#	2011-2013		建筑面积 3.97 万平米, 预制率 16%, 新增产值 5756.5 万元, 新增利润 287.825 万元
海门中南总部基地宿舍楼	2014-2016		建筑面积 5.2 万平米, 预制率 72%, 新增产值 9360 万元, 新增利润 468 万元
苏州太湖论坛城 7#地块	2013-2015		建筑面积 15 万平米, 预制率 75%, 新增产值 27000 万元, 新增利润 1350 万元
泰禾青浦 62A-02A 地块	2014-2016		建筑面积 16.49 万平米, 预制率 70%, 新增产值 29682 万元, 新增利润 1484 万元
沈阳张士村改造工程	2014-2016		建筑面积 6.17 万平米, 预制率 30%, 新增产值 9872 万元, 新增利润 493.6 万元
海门锦尚名苑	2016-2018		建筑面积 10.32 万平米, 预制率 60%, 新增产值 18576 万元, 新增利润 928.8 万元
上海青浦朱家角项目	2016-2018		建筑面积 6.83 万平米, 预制率 45%, 新增产值 10928 万元, 新增利润 546.4 万元
上海青浦赵巷 B5-01 地块	2016-2018		建筑面积 20.12 万平米, 预制率 30%, 新增产值 32192 万元, 新增利润 1609.6 万元
南京中南世纪雅苑	2015-2019		建筑面积 5 万平米, 预制率 50%, 新增产值 9000 万元, 新增利润 450 万元
常熟 2017A-001 地块项目	2017-2019		建筑面积 18.1 万平米, 预制率 37%, 新增产值 28960 万元, 新增利润 1448 万元
海门熙悦	2017-2019		建筑面积 12.37 万平米, 预制率 15%, 新增产值 17936.5 万元, 新增利润 896.825 万元
南通中创区 R17031 地块项目	2018-2019		建筑面积 13.1 万平米, 预制率 50.41%, 新增产值 20960 万元, 新增利润 1048 万元
太仓海伦堡	2018-2019		建筑面积 11.04 万平米, 预制率 37%, 新增产值 16008 万元, 新增利润 800.4 万元
海门和园	2018-2019		建筑面积 14 万平米, 预制率 20%, 新增产值 20300 万元, 新增利润 1015 万元
海门 CR17030 地块项目	2017-2019		建筑面积 8 万平米, 预制率 20%, 新增产值 11600 万元, 新增利润 580 万元
如皋熙悦	2017-2019		建筑面积 13.4 万平米, 预制率 65%, 新增产值 19430 万元, 新增利润 971.5 万元
常熟 2017B-004 地块项目	2017-2019		建筑面积 12.8 万平米, 预制率 20%, 新增产值 18560 万元, 新增利润 928 万元
镇江御景城项目	2016-2019		建筑面积 9.7 万平米, 预制率 31%, 新增产值 14065 万元, 新增利润 703.25 万元
海门润园一期项目	2016-2019		建筑面积 5.1 万平米, 预制率 20%, 新增产值 7395 万元, 新增利润 369.75 万元

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2016年及以前	190466.5	9523.325		

2017年	61696	3084.8		
2018年	55896.5	2794.825		
2019年	128318	6415.9		
累 计	436377	21818.85		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

竣工结算表明，2009年~2019年间，通过应用项目研究成果，我公司开发和建设的装配整体式混凝土剪力墙结构多高层建筑工程，总计建筑面积270.8万平米，新增产值436377万元，新增利润21818.85万元，经济效益良好。

3、社会效益（限200字）

在江苏省工程建设标准《装配整体式混凝土剪力墙结构技术规程》的支撑下，公司承建了30项装配整体式混凝土多高层建筑工程。其中，江苏海门中南集团总部宿舍楼是我国首个百米装配整体式混凝土剪力墙结构居住建筑。工程结构施工过程中均采用了装配整体式混凝土剪力墙结构技术成果，有效缩短了工期，加快了工程进度，提高了施工质量与建筑品质，改善了施工现场的噪音污染，实现了节能环保与绿色施工，取得了良好的经济、环境和社会效益。

4、环境效益（限200字）

装配整体式混凝土剪力墙结构技术现场湿作业少，构件在工厂进行集中生产。工业化构件生产和安装，改善了生产环境，降低了单位工程的劳动力用量和降低劳动强度，符合“以人为本”的发展理念。操作环境的改善及现场作业的减少，在提高工程质量的同时，还可大幅度减少质量安全事故的发生，更好地保障人民的生命安全。大大节省了垃圾清理和处理费用，减轻建筑生产对环境造成的压力；同时，也有利于文明施工、环境保护和减少施工扰民。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	《考虑竖向与水平接缝的工字形装配式混凝土剪力墙抗震性能性能研究》/《工程力学》	2019/3	朱张峰、郭正兴	
2	《不同连接构造的装配式混凝土剪力墙抗震性能试验研究》/《湖南大学学报》	2017/3	朱张峰、郭正兴、朱寅、李亚坤	
3	《高层装配式混凝土结构多形式连接节点施工技术》/《施工技术》	2016/11	陈耀钢、张军、董年才	
4	《装配式混凝土剪力墙结构空间模型抗震性能试验》/《工程力学》	2015/4	朱张峰、郭正兴	
5	《装配式混凝土剪力墙结构阶段性研究成果及应用》/《施工技术》	2014/11	郭正兴、朱张峰	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过5篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	《考虑竖向与水平接缝的工字形装配式混凝土剪力墙抗震性能研究》	《带竖向接缝的空心模剪力墙受剪性能试验研究及承载力计算》/初明进,刘继良,侯建群等	工程力学/1.821	2020-01-25
2	《不同连接构造的装配式混凝土剪力墙抗震性能试验研究》	《高层装配式剪力墙结构地震损伤性能评估》/秦朝刚,白国良,吴涛等	中南大学学报(自然科学版)/1.141	2020-06-26
3	《高层装配式混凝土结构多形式连接节点施工技术》	《带凹槽剪力墙-混凝土梁节点低周往复加载试验研究》/徐斌,孔亚陶,张艳霞等	建筑结构/0.575	2019-09-10
4	《装配式混凝土剪力墙结构空间模型抗震性能试验》	《带竖向接缝的预制混凝土空心模剪力墙受弯性能试验研究》/初明进,刘继良,侯建群等	建筑结构学报/1.779	2017-03-06
5	《装配式混凝土剪力墙结构阶段性研究成果及应用》	《我国建筑工业化发展现状与思考》/王俊,赵基达,胡宗羽	土木工程学报/2.481	2016-05-15

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	柔性预制装配剪力墙-外墙一体化施工体系及其施工方法	中国	ZL201510572058.8	2017年9月5日	2607754	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	姜吉龙、张军、陈耀钢、方龙、晏金洲
2	发明专利	一种全预制边缘构件矩形螺旋箍筋的定型加工装置及方法	中国	ZL201510794703.0	2017年5月17日	2483614	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	袁秦标、袁美翠、张军、陈耀钢、张雷、黄理荣、徐鹤松
3	发明专利	装配式混凝土楼层板用承力扣件的承力测试装置及方法	中国	ZL201310444690.5	2016年3月23日	1992562	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	张军、王永泉、陈耀钢
4	发明专利	具滑动支座的抗震楼梯及其施工方法	中国	ZL201410045844.8	2016年8月17日	2175482	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	陈耀钢、张军、钱益锋、袁秦标
5	发明专利	一种装配式预设锚固螺母的楼板支模体系	中国	ZL201310444857.8	2015年7月29日	1736712	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	陈耀钢、王永泉、张军
6	发明专利	一种装配式预设吊挂钢筋的楼板支模体系及安装拆卸方法	中国	ZL201310443262.0	2015年7月29日	1738167	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	陈耀钢、王永泉、张军
7	发明专利	一种模板面板可拆卸且厚度可调的组合式钢筋桁架楼承板	中国	ZL201310369425.5	2015年6月17日	1701609	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	张军、陈耀钢、王永泉
8	发明专利	L型剪力墙水平连接节点	中国	ZL201010128747.7	2015年5月13日	1662102	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	陈耀钢、张军、顾春明、张雷
9	发明专利	一种预制钢筋混凝土天沟	中国	ZL201010128747.7	2015年5月13日	1662102	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	张军、陈耀钢
10	发明专利	一种预制叠合板的模数化侧模	中国	ZL201210573260.9	2014年12月10日	1540490	江苏中南建筑产业集团有限责任公司	陈耀钢、张军、胡勇、张林、周小军

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	江苏省建筑业10项新技术（2018版）		
完成人	汪志强、程建军、鲁开明、陆志远、马记、高宝俭、唐来顺、王先华、颜银军、张赤宇、张大春		
完成单位	江苏省建筑行业协会、中建八局第三建设有限公司、江苏省工业设备安装集团有限公司、江苏省建筑工程集团有限公司、南京建工集团有限公司、中国江苏国际经济技术合作集团有限公司、江苏省建工集团有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
授权发明专利（项）	1	授权其他知识产权（项）	4
起止时间	起始： 2018年6月1日	完成： 2019年3月4日	

二、项目简介

《江苏省建筑业 10 项新技术(2018 版)》由江苏省住房和城乡建设厅工程质量安全监管处立项，组织江苏省建筑行业协会、中建八局第三建设有限公司、江苏省工业设备安装集团有限公司、江苏省建筑工程集团有限公司、南京建工集团有限公司、中国江苏国际经济技术合作集团有限公司等共同编写，该成果总结了 2011 年以来江苏省建筑业发展的最新技术成就，并经过了近七年的应用和完善，所列新技术均具有先进性、适用性、成熟性、可推广性等特点。《江苏省建筑业 10 项新技术(2018 版)》作为创建建筑业新技术示范工程项目的重要指导依据已在全省范围内推广使用。本成果旨在通过推广创新成果，革新建造方式，努力引导江苏建筑业优化产业结构，不断提升“江苏建造”品牌的含金量和影响力，积极推动江苏建筑业高质量发展走在全国前列，探索迈向绿色、集约、科技的良性循环发展之路，为建设“强富美高”新江苏提供有力支撑。

该课题于 2018 年 6 月 1 日召开首次会议并成立编写课题组，于 2019 年 3 月 4 日通过课题评审，共历时十个月。课题完成后，省住房和城乡建设厅、省建筑行业协会就江苏省建筑业 10 项新技术应用向全省各地建筑企业进行推广，2019 年 6 月本课题成果《江苏省建筑业 10 项新技术(2018 版)》正式出版，并在全省推广使用。

《江苏省建筑业 10 项新技术(2018 版)》的主要特点为：

- 1、补充和完善了《江苏省建筑业 10 项新技术（2011 版）》内容。
- 2、根据江苏省建筑业“四化”融合发展、推行“四个建造”总体要求，经充分调研、论证后制定了 10 大项 72 子项建筑业新技术成果，填补了住房和城乡建设部《建筑业 10 项新技术（2017 版）》的部分空白。
- 3、《江苏省建筑业 10 项新技术(2018 版)》适用于江苏省地理范围内新建、改建、扩建、拆除、装修等房屋建筑和市政基础设施工程的设计、施工活动。成果的实施有利于提高工程项目全生命周期的技术、质量与安全水平；有利于提高江苏省和外地在苏建筑业企业的科技创新水平，增强企业核心竞争力；有利于江苏省和外地在苏建筑业企业的高质量发展。

三、主要科技创新

《江苏省建筑业 10 项新技术（2018 版）》包括十大项内容：地基基础和地下空间工程技术；建筑工程测量技术；建筑新机具、新设备应用技术；现浇混凝土及防水技术；装配式结构技术；机电安装工程技术；建筑装饰工程技术；绿色施工与建筑节能技术；工程检测与监测应用技术；数字工地应用技术。

《江苏省建筑业 10 项新技术（2018 版）》反映了 2011 年以来江苏省建筑业发展的最新技术成就，所列新技术均具有先进性、适用性、成熟性、可推广性等特点。

《江苏省建筑业 10 项新技术（2018 版）》突出了技术的通用性与行业覆盖面，总体以建筑工程应用为主，适当考虑市政基础设施（如市政公用工程、轨道交通工程等）等其他领域的应用需求。

《江苏省建筑业 10 项新技术（2018 版）》共有 10 大项、61 分项、72 子项，具体为：

（1）“地基基础和地下空间工程技术”大项包括 8 分项：全回转钻孔桩成孔稳定控制施工技术；全方位高压喷射注浆（MJS）、超高压喷射注浆（RJP）和五轴深搅桩施工技术；结构支护和抗浮用扩大头锚杆(索)技术；地下连续墙接头控制技术；降排水信息化控制技术；地铁盾构隧道的顶管法联络通道施工技术；地下工程控制周边环境影响施工技术；地下工程桩基拔除技术。

（2）“建筑工程测量技术”大项包括 5 分项：JSCORS 实时定位技术、三维激光扫描应用技术、无人机测量技术、BIM 放样机器人应用技术、盾构和顶管施工精密自动导向技术。

（3）“建筑新机具、新设备应用技术”大项包括 6 分项：便携式轻钢龙骨冲压连接钳冲压连接施工技术、塔式起重机辅助控制技术、地坪激光整平机应用技术、机械喷涂与抹灰应用技术、组合式防护升降平台施工技术、带锯床钢筋加工技术。

(4)“现浇混凝土及防水技术”大项包括3分项、4子项：地下现浇混凝土抗裂防渗应用技术、装饰混凝土施工技术（下设2子项：彩色饰面混凝土施工技术、外墙艺术混凝土施工技术）、基层防水透气膜施工技术。

(5)“装配式结构技术”大项包括8分项：装配整体式框架结构梁柱键槽节点技术、装配整体式剪力墙结构竖向钢筋集中约束搭接连接技术、装配整体式剪力墙结构竖向钢筋分布式约束搭接连接技术、装配式箱形钢板剪力墙技术、自支承H型钢现浇楼盖技术、钢结构外挂墙板施工技术、装配式轻型木结构技术、装配式胶合木结构技术。

(6)“机电安装工程技术”大项包括7分项、8子项：管道和设备工厂化清洗技术、大面积板焊缝埋弧焊自动焊技术、薄壁不锈钢管道新型连接技术（下设2子项：薄壁不锈钢管道自动熔焊技术、薄壁不锈钢管道锥螺纹连接技术）、PVC成品式预埋套筒应用技术、模块化电缆密封系统的应用、彩色柔性泡沫橡塑绝热系统应用技术、成型U-PVC保温外壳应用技术。

(7)“建筑装饰工程技术”大项包括6分项、10子项：新型板材幕墙（下设3子项：陶土板幕墙施工技术、金属幕墙施工技术、玻璃纤维增强水泥（GRC）板幕墙施工技术）、光电幕墙施工技术、双层动态节能幕墙施工技术、新型幕墙连接技术（下设2子项：干挂石材幕墙后切式背栓连接技术、板幕墙槽式埋件连接技术）、新型建筑涂料技术（下设2子项：反射隔热涂料、艺术涂料）、整体厨卫施工技术。

(8)“绿色施工与建筑节能技术”大项包括6分项：工程泥浆原位处理技术；淤泥原位分离技术；超高层混凝土泵管水气联洗技术；成品隔油池、泥浆池、沉淀池、管沟、窨井应用技术；建筑外遮阳技术；管道式日光传导装置应用技术。

(9)“工程检测与监测应用技术”大项包括5分项、7子项：冲击回波检测技术、雷达检测技术、桩基光纤测试技术、钢结构焊缝相控阵检测技术、自动化监测技术（下设3子项：静力水准监测技术、光纤传感监测技术、固定式测斜仪监测技术）。

(10)“数字工地应用技术”大项包括7分项、10子项：人员动态管理应用技术、

建筑起重机械监控应用技术（下设4子项：塔式起重机安全监控应用技术、吊钩可视化应用技术、门式起重机安全监控应用技术、升降机安全监控应用技术）、视频监控应用技术、卸料平台监控技术、安全防护设施监测报警系统应用技术、深基坑监测预警系统、高支模安全监控系统。

四、第三方评价

2019年3月4日，江苏省住房和城乡建设厅在南京主持召开了《江苏省建筑业10项新技术（2018版）》的专家评估会。专家委员会审阅了相关评估资料，经讨论，形成如下评估意见：

- 1、课题组提供的评估资料齐全，符合评估要求。
- 2、该课题成果编写思路清晰，内容科学严谨，在近年来江苏省建筑业新技术全面总结的基础上，对住房和城乡建设部《建筑业10项新技术（2017版）》进行了补充。
- 3、该课题成果符合江苏省建筑业科技发展实际，对推动江苏省建筑业技术进步、提高企业技术发展水平和从业人员技术素质，具有很好的实施价值。

课题成果达到了国内领先水平，推广应用价值高，专家委员会一致同意通过评估。

评估委员会名单

主任委员：王群依

副主任委员：郭正兴

姓名	职称	工作单位
王群依	研究员级高工	江苏省建管总站
郭正兴	教授	东南大学图名工程学院
胡明亮	研究员级高工	江苏省建筑科学研究院
徐宏均	研究员级高工	南通新华建筑集团有限公司
龚振斌	研究员级高工	中国核工业华兴建设有限公司
徐永海	研究员级高工	江苏邗建集团有限公司

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

《江苏省建筑业 10 项新技术（2018 版）》（以下简称“2018 版新技术”）反映了 2011 年以来江苏省建筑业发展的最新技术成就，所列新技术均具有先进性、适用性、成熟性、可推广性等特点。

2018 版新技术突出了技术的通用性与行业覆盖面，总体以建筑工程应用为主，适当考虑市政基础设施（如市政公用工程、公路工程等）等其他领域的应用需求。2018 版新技术共有 10 大项、61 分项、72 子项。各子项均在 2011 年—2018 年间广泛应用。

随着 2018 版新技术的出版发行，以及所列新技术具有先进性、适用性、成熟性、可推广性等特点，江苏省地理范围内的新建、改建、扩建、拆除、装修等房屋建筑和市政基础设施工程，其设计、施工活动势必会越来越多应用这些成果。

2019 年江苏省建筑业新技术应用示范工程目标项目 658 个，已通过验收公布项目 344 个（应用时间：2019 年 6 月至 2020 年 6 月），上述目标项目以工业与民用建筑为主，也有市政基础设施项目（如市政公用工程、公路工程等）。根据“江苏省建筑业新技术应用示范工程”评审管理办法之规定，无论目标项目还是示范项目，均应应用至少 2 大项 2018 版新技术内容，经查，上述 344 个目标项目推广应用 2018 版新技术均不少于 2 大项 5 子项。据此，江苏省内正在或即将开展本成果应用的总次数至少为 $344 \times 5 = 1720$ 次，具体如下：

- （1）地基基础和地下空间工程技术：应用约 140 次；
- （2）建筑工程测量技术：应用约 60 次；
- （3）建筑新机具、新设备应用技术：应用约 200 次；
- （4）现浇混凝土及防水技术：应用约 420 次；
- （5）装配式结构技术：应用约 270 次；
- （6）机电安装工程技术：应用约 120 次；

- (7) 建筑装饰工程技术：应用约 100 次；
- (8) 绿色施工与建筑节能技术：应用约 160 次；
- (9) 工程检测与监测应用技术：应用约 50 次；
- (10) 数字工地应用技术：应用约 200 次。

2018 版新技术应用成效：

已应用、正在应用和即将应用 2018 版新技术，都有力促进了科学技术向生产力转化，降低了工程投资和施工成本；降低了操作人员的劳动强度，提高了工效，加快了施工进度；提高了安全、文明施工水平；提高了绿色施工水平，促进了节能、环保；减少了质量通病，提高了结构耐久性和工程质量，保障了建筑寿命；提高了建筑的品位和档次，使得建筑富有时代气息；提高了在苏从事设计、施工业务企业的管理水平，有利于企业实现高质量发展。

综上，江苏省建筑业10项新技术2018版推广应用综合效益十分显著。

2、近年直接经济效益 单位：301720万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2019			300000	1720
累 计			300000	1720

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

(1) 2019 年度推广应用 2018 版新技术不少于 344 个工程 1720 项次（江苏省住房和城乡建设厅已验收公布项目数量），按每子项至少新增利润 1 万元计算，2019 年度至少新增利润 1720 万元。

(2) 由于推广应用 2018 版新技术能带来显著的综合效益（包括经济效益、科技效益、质量效益、管理效益等），进一步提升企业的知名度和社会影响力，因此有利于企业拓展经营业务。按在苏每企业每年至少多拓展 1 个项目，单个项目造价 3000

万元计算，全省仅百强企业就能新增销售额 100 家企业×1 个项目/企业×3000 万元/项目=300000 万元。

3、社会效益（限 200 字）

通过推广建筑业科技创新成果（包括2018版新技术内容），革新建造方式，努力引导江苏建筑业优化产业结构，不断提升“江苏建造”品牌的含金量和影响力，积极推动江苏建筑业高质量发展走在全国前列，探索迈向绿色、集约、科技的良性循环发展之路，为建设“强富美高”新江苏提供有力支撑。

4、环境效益（限 200 字）

本成果的10大项、61分项、72子项新技术均能促进资源节约、环境友好，从而降低工程投资和施工成本，提高项目的安全、文明、绿色施工水平。成果特别将“绿色施工与建筑节能技术”进行单独罗列，所列6项新技术具有鲜明的地方特色、显著的环境效益，特别适合在江浙沪地区推广应用。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	江苏省建筑业10项新技术（2018版）/ISBN978-7-5630-6006-1	2019/6/23	顾小平、赵庆红、汪志强等	
2				
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型专利	一种建筑废水处理装置	中国	ZL20182100146.6	2018.6.27	8636508号	南京建工集团有限公司	鲁开明等人
2	实用新型专利	一种预拌砂浆用防尘装置	中国	ZL201821001493.0	2018.6.27	8539632号	南京建工集团有限公司	鲁开明等人
3	发明专利	管线工业化安装方法	中国	ZL201410545545.0	2016.5.11	2068801号	个人	马记
4	实用新型专利	管线工业化安装支架结构	中国	ZL201420596504.X	2015.1.28	4102831号	个人	马记
5	实用新型专利	管线工业化安装专用操作平台	中国	ZL201420596507.3	2015.1.28	4102486号	个人	马记

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	开发区CPM智慧工程建设项目管理及电子稽查平台		
完成人	谌中平、冷小红、许瑾瑾、陈斌彬、戴栋、陈玮、王康		
完成单位	苏州天地微易智能科技有限公司 江苏省吴江东太湖生态旅游度假区（太湖新城）建设局 东南大学苏州研究院		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	东南大学苏州研究院		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
姑苏科技创业天使 计划专项	开发区项目管理系统	苏科验【2018】821号	2018年2月23日
授权发明专利（项）	无	授权其他知识产权（项）	无
起止时间	起始：2015年4月3日	完成：2017年12月20日	

二、项目简介

近年来，我国开发区类型不断拓展，数量逐渐增多，成为推动工业化和城镇化快速发展的重要平台。与此相对应的是，绝大多数的开发区建设（或投资集团）管理落后，信息化程度很低。在传统的管理模式下，开发区工程建设面临诸多困难。一是涉及工程管控内容多、项目复杂。二是项目周期长，合同管理难度大，动辄需要对数万个合同进行管理，纸质资料多、查找困难，各专业建设体系、表格不统一。三是建设资金管理难度大，资金筹措及支付管理精细化不够，造成资金沉淀或者无法及时支付。四是建设管理人才稀缺，各项目建设前期工作及建设管控不到位，安全管理难度大。五是廉政管理难度大，建设管理环节透明度低，廉政风险防控难度较大。

为了解决这些突出问题，2015年4月，苏州天地微易智能科技有限公司与江苏省吴江东太湖生态旅游度假区（太湖新城）建设局联合开发了：开发区 CPM 智慧工程项目管理及电子稽查平台（以下简称：CPM 项目管理系统）。系统采用先进的.NET 技术架构，采用多层 B/S 应用结构体系，表示层、业务层、数据访问层分开，采用电子签名技术实现投资控制及工程建设管理全过程无纸化、信息化，独创了国内首个大型投资集团建设项目全过程管理及智能监控系统，在开发区基建信息化管理和海量工程竣工资料实现一体化电子归档在行业内起到引领示范作用。

作为开发区智慧工程建设的一部分，CPM项目管理系统是一套专门针对国家大型开发区量身定制的项目管理系统；是一套针对从单个项目的项目立项、设计、征地拆迁和招投标到计量、变更、质量、安全、进度及最终归档、结算、决算等项目前期、中期、后期3段式管控及23个阶段全过程管理系统；是一套能够实现对项目群的动态管理，自动提取汇总单个项目的各项过程数据，汇总成用户所需要的各类报表，为领导决策提供一套完整的真实可靠的建设管理数据的系统；是一套能够实现对管理方的投资控制、考核管理、专项活动等日常建设管理的系统。通过本项目的建设，全面提升了吴江太湖新城项目信息化水平和管理水平，完善制度建设，努力在工程建设管理方面走在全国前列，自CPM项目管理系统在吴江太湖新城运行以来，取得了很好的成效，主要

体现在以下几个方面：

（1）有效解决了开发区工程建设粗放式管理的难题，优化管理流程，是开发区项目现场管理的创新；

（2）对开发区内工程建设项目进行全过程管理，及时采集工程建设过程中产生的数据，实现数据的集中统一共享，实现业主、监理与施工单位之间的协同管理，提高工作效率；

（3）对工程规划、建设过程中产生的大量文档进行规范化管理，实现无纸化办公及竣工资料一体化电子归档；

（4）解决合同投资、计量支付、变更管理和报表等建设过程中最为复杂的问题，加强了资金监管；

（5）使领导层能够对所有建设项目工程进度、质量和投资进行及时的动态掌握与控制，辅助领导决策；

（6）对各类建设工程项目管理中各种数据进行深度挖掘，灵活生成各种统计报表，辅助进行分析和预测；

（7）实现项目管理经验和数据的有效积累，改变项目建设的粗放式管理模式，真正实现通过先进的管理产生效益。

（8）为基建工程预防腐败及政府稽查提供了新的创新手段。

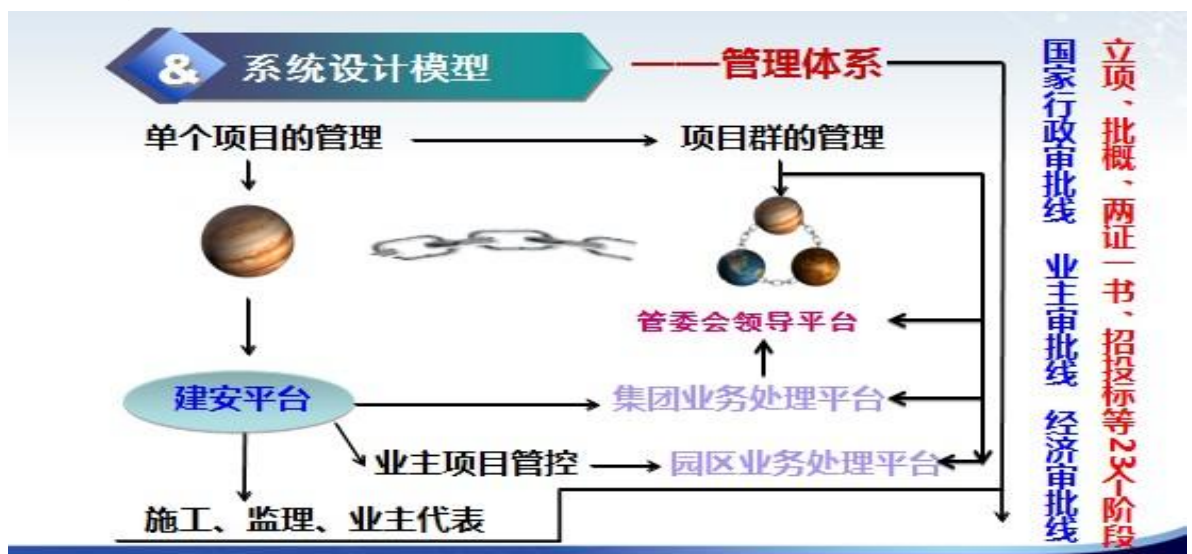
三、主要科技创新

1、工程信息化管理理论体系创新

近年来，加快推动工业化和城镇化快速发展是我国战略发展要求之一，我国是基建强国、大国，但项目管理软件的应用，以前多依赖于国外的软件，如微软的 PROJECT、美国的 P3 等管理软件，这些软件主要是以施工环节为核心，以时间进度控制为出发点，利用网络计划技术，对施工过程中的进度、费用、资源等进行综合管理。

2015 年，微易研发团队以江苏省吴江东太湖生态旅游度假区（太湖新城）建设局为研发平台，与东南大学苏州研究院联合，充分结合和利用太湖新城面积广、投资大、项目多而杂的建设实际，采用电子签名技术实现投资控制及工程建设管理全过程无纸化、信息化，独创了国内首个大型投资集团建设项目全过程管理及智能监控系统，在开发区基建信息化管理和海量工程竣工资料实现一体化电子归档在行业内起到引领示范作用。

该系统能很好的将项目建设周期中的各项指标及信息共享，并设定红线预警、信息自动闭合，使投资管控更加精准。该系统的最大特色就是将建设项目的管理理念与江苏省吴江东太湖生态旅游度假区（太湖新城）建设局的管理思路相结合，使开发区的信息化管理业务模型成功提炼并开发成功。模型如下图：



系统将三段式管控、三线监控、23个阶段式管理、关键节点式管理体系进行反复提炼并无缝植入进系统；建立了以立项项目为基础、以概算总控为核心的投资控制管理体系。将投资发展体系贯穿整个系统，建立了业主项目经理单项目的管理体系和建设局项目群的管理体系。同时通过无人机航拍、高清视频监控、农民工实名制管理、试验物联网技术管理、安全隐患排查系统的运用，建立重点项目智慧工地。



开发区 CPM 智慧工程项目管理及电子稽查平台使开发区大型项目管理水平进行了一次质的飞跃，同时也是业主项目管理理念的一次巨大突破。它将开发区具体的建设管理流程与系统业务处理相融合，借助系统逻辑性、条理性、严谨性将对开发区的管理流程体系、制度建设、信息化水平进行一次全面的优化提升，为以后整个开发区的建设管理模式理念沉淀提供平台载体。为开发区内部管理规范化和模块化做出贡献，实现精细化管理。

系统实现了大型开发区、投资集团工程建设大数据中心、电子效能监察、平安工地、城市三维地下管网智能监控及反腐利器的建设，提高工作效率、降低工程造价。成功提炼并建立了国家级开发区全过程投资管理及多工种业务处理业务模型。独创基于电子签名的 OA 系统，成功将电子签名技术、OA 办公系统，应用到海量工程管理资料审批签名之中，全面实现了工程无纸化、海量竣工资料电子归档管理，对整个工程行业的信息化发展具有革命性的创新意义。

开发区 CPM 智慧工程建设项目管理及电子稽查平台是我公司独创的一套国内首个真正适合我国管理特色的自主知识产权的综合集成项目管理平台。

2、关键技术创新及优势

系统基于最新的架构（框架式、开放式结构），采用最新的主流开发语言和开发工具进行研发。五年之内，系统不用更新底层平台，保证了系统的先进性。开发平台采用Microsoft Visual Studio；数据库采用主流的Microsoft SQL Server；总体架构采用.net 三层架构，使用框架式、可扩展、交互式设计；系统大量使用 Ajax、JavaScript框架等成熟的富客户端技术。在安全性方面，系统采用了从后台主机安全（NASE）到前台移动终端控管综合体系（MPS）的基于内核保护的IT行业顶级安全技术，有力保障了系统的正常运行和信息安全（注：中国二炮、军事科学院、外交部、银监会、证监会均采用类似的安全保护技术）。

【技术创新点】：

创新点一：实现以设计参数为模型控制基础的三维仿真系统，并自动提取项目管理系统进度、质量、计量变更的数据。

创新点二：采用电子签名技术实现投资控制及工程建设管理全过程无纸化信息化。

创新点三：一个大平台实现公路、铁路、市政、景观绿化等不同管理管理规范开发相对应的成功融合。

创新点四：采用微波、无线网桥、云存储、ZIGBEE 飞行技术实现视频监控及人员轨迹定位

之中。系统目前源代码超过 1000 万行，涉及 72 项具体工程管理业务，208 项业务权限，该产品为国内工程 ERP 系统最庞大最复杂的系统。

【技术优势】：

技术优势一：**首次提出**基于单个项目全过程精细化管理及项目群的管理理论和实践方法。建立单个项目的全生命周期管理，从项目立项至竣工全过程动态数据管控；建立项目群动态管理，将所有建设项目信息动态汇总并做有效的分析。

技术优势二：**以概算总控为核心**的投资控制管理体系。系统自动提取设计概算指标，与过程中实施发生的费用对比，进行概算预警。合同超支付及清单超计预警，系统自动提取合同总额及清单总量，与过程中实际发生的费用对比，进行成本管控预警。

技术优势三：**同时对项目定义、编码规则、完成投资**等涉及建设管理的众多技术、指标进行了定义及统计标准规范。极大的解决了开发区在数据统计过程中规则不统一、标准不一致的现状，使数据信息更加真实可靠。

技术优势四：**利用目前最新的 ZIGBEE 技术，实现人员安全定位**。ZigBee 技术利用人员定位卡每 3 秒发射一次信号，传输到主基站、副站，利用光速的速度和飞行时间，来判断人员的位置，从而实现人员轨迹精确定位。

技术优势五：将 OA 系统、电子签名技术无缝融合进工程项目管理各项具体业务之中，真正实现了工程建设管理全过程信息化管理，**突破行业信息化的瓶颈**，资料不用软系统做一次，手工再补签名做一份的传统信息化模式，为新基建信息化建设提供了新的技术手段。

四、第三方评价

该软件是一个多层次多项同的综合管理平台，实现了项目的全生命周期管理。

1、提高工作效率。主要体现在加快了审批效率，实时监控审批的时效，做到超时公文短信提醒通知。

2、资源共享。开发区在建设过程中积累了海量的数据，要找到需要的信息非宫附难。现将所有数据录入信息平台。统计分析高效准确。原来需要加班加点统计数据，数据还存在不准确现象，现在不但可以随时做各种统计分析，各单位还可以信息共享。

3、提高投资效率。系统的智能监控和分析引擎可以实时监控建设过程中的投资、进度、支付情况，发现问题及时制警，发现问题及时纠正，避免了不必要的损失，提高投资效率。

4、规范流程。将开发区的管理制度固化在系统流程中，减少人为因素的干扰，所有工作均按流程办理，对反腐倡廉也具有积极意义。

5、提供决策支持。除了开发区建设过程中的海量资料，还有人量的数据分析模型，可以为各级管理者决策提供各种分析数据，决策依据可靠准确。

此系统针对国内开发区的特点开发，比较适合我国开发区和工业园区的建设管理，现在该平台已经成为我单位项目建设管理不可缺少的工具。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

有样板真正用起来才是硬道理。该平台自2015年4月起在江苏省吴江东太湖生态旅游度假区（太湖新城）推广使用，目前已经得到广泛运用，管理1500个立项项目，30000多份工程合同。上层统计数据从施工、监理、业主代表单个项目平台（3级平台的第一级）自动获取，解决了数据的真实性、可靠性和及时性，实现了跨平台、跨服务器，多工种数据融合。系统经过了实际项目和历史数据的检验，系统稳定、简单、实用。截至目前已累计产生销售528万。

2015年6月，依托于开发区CPM智慧工程建设项目管理及电子稽查平台在吴江太湖新城的成功运用，我公司与福建武夷瑞通投资有限公司就武夷新区快速通道项目建设信息化管理系统签订合作协议，中标合同额315.7212万。

2016年3月，目前国家级最大试验区福建省平潭综合试验区，与我公司就平潭综合实验区工程标准化管理及信息综合服务项目进行签约。通过电子签名项目管理大数据平台，实现了从年度投资计划、招投标、施工过程质量安全、计量变更、后期结算审计、运维养护的标准化。已累计产生销售2100万（应收款）。

2016年5月，我公司与苏州吴中滨湖新城工程建设管理有限公司就吴中太湖新城项目信息化管理系统签订协议，实现了吴中太湖新城工程建设管理从传统电子表格管理向全过程信息化管理的提升，实现了从项目立项审批、招投标、施工过程进度质量安全、审计的全过程信息化管理。已累计产生销售520万。

2016年9月，我公司被委托开发了重庆两江新区投资管控及建设项目管理系统，分别为龙兴工业开发区、水土工业园和鱼复工业开发区提供系统开发及技术咨询服务，每个工业园单独签订合同，共计产生销售499.4万。

2017年7月，我公司与重庆两江新区经济运行局就工程项目管理平台成功签约，通过系统对接国家发改委、市发改委、统计局，实现了项目从概算审批立项到施工过程资金全方位监管，大幅度提高了资金使用率。中标合同额180万。

2017年11月，我公司与重庆市城市建设投资（集团）有限公司就重庆市城投集团工程项目管理系统成功签约，合同额175.68万。

2018年6月，我公司与重庆渝高科技产业（集团）股份公司就智慧工程建设管理大数据平台成功签约，实现了大型工程建设投资集团的精细化管理和实时动态风险预警，为投资决策提供了一手数据。中标合同额303万。

以上项目的成功运用，基本确定了微易智能在开发区行业的领军地位。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2015年	100	39	315.7212	110
2016年	100	37	3119.4	930
2017年	100	34	355.68	122
2018年	128	42	303	100
2019年	100	35	148	42
累 计	528	187	4241.8012	1304

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

每年按照新增项目合同以及项目执行完成进度确认项目收入，同时账务账面都是严格按照企业会计准则，以项目名称为核算维度，精确把控每个项目收支情况，计算项目利润。

3、社会效益（限 200 字）

- 1、对产业发展具有促进作用，以数字化设计、电子化文件等技术，催生新的产业状态。
- 2、形成新的示范点和创新点。通过项目实施，全国形成多个大型示范点，将开发区项目从规划、建设到管理提升到一个全新水平。
- 3、促进人才队伍建设。通过信息化项目实施，造就一批有文化、懂技术、会管理的新型建设

管理者。

4、**成为反腐重要工具**。系统对项目建设各个流程、阶段、时间节点进行动态分析，做到效能监察，在监管项目方面起到重要贡献。

4、环境效益（限 200 字）

1、**提高资源能源利用效率**。通过充分运用现代信息技术，对规划、建设过程实行“无纸化”办公、数字化设计、智能化控制、精准化运行、科学化管理，大大降低人力、物力的消耗率，减少资源的浪费，提高办事人员的工作效率和开发区的管理水平。

2、**促进节能减排**。本项目通过计算机技术实现管理效果及应用，对环境没有任何影响，且在过程中也不会对环境造成影响。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	无	无	无	无
2				
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	无	无	无	无
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	著作权	开发区智慧工程信息化管控软件 V1.0	中国	软著登字第 1645053 号	2015 年 3 月 9 日	2017SR059 769	谌中平	谌中平
2	著作权	工程项目管理三级管控平台软件 V1.0	中国	软著登字第 1223219 号	2015 年 12 月 7 日	2016SR044 602	谌中平	谌中平
3	著作权	基于电子签名技术的公文管理系统 V1.0	中国	软著登字第 1799484 号	2016 年 7 月 18 日	2017SR214 200	谌中平	谌中平
4	著作权	基于电子签名技术的计量支付系统 V1.0	中国	软著登字第 1799694 号	2016 年 10 月 12 日	2017SR214 410	谌中平	谌中平
5	著作权	市政工程计量支付管理软件 V1.0	中国	软著登字第 1587506 号	2016 年 7 月 11 日	2017SR002 222	谌中平	谌中平
6	著作权	微易智能远程视频监控管理软件 V1.0	中国	软著登字第 1030935 号	2015 年 3 月 5 日	2015SR143 849	谌中平	谌中平
7	著作权	微易智能远程数据传输与预警系统 V1.0	中国	软著登字第 1613998 号	2016 年 3 月 3 日	2017SR028 714	谌中平	谌中平
8								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	全过程工程咨询模式研究		
完成人	陈贵、裴爱根、曹桂敏、江建平、张殿齐、徐慧、戚绪安、程曦、徐澄、朱静、王晓冕、张明、邢松明、何连顺		
完成单位	江苏建科工程咨询有限公司、国网江苏省电力工程咨询有限公司 南京永泰工程咨询有限公司、南京城市建设管理集团有限公司 南京长江都市建筑设计股份有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
2019年市建设系统 科研项目（重点项 目）	全过程工程咨询模式研究	Ks1902	2019.12.6
授权发明专利（项）	2	授权其他知识产权（项）	6
起止时间	起始：2019年6月28日	完成：2019年12月6日	

二、项目简介

南京市开展全过程工程咨询试点已有2年，91家单位（含设计企业、监理企业、招标代理企业、造价咨询企业）作为试点企业开展全过程工程咨询，开展项目已超过200项，其中27项被列为江苏省全过程工程咨询试点项目。在此背景下，通过总结国内、南京市和国际工程咨询行业发展历程和现状，对比异同和差距，发现南京市以及我国工程咨询业自身的问题，研究分析全过程工程咨询的服务模式、承发包模式、酬金模式，总结推动南京乃至全省全国全过程工程咨询的经验和建议，是一个非常重要又非常迫切的研究课题。主要研究内容如下：

1、通过对部省级政策文件的深入分析，借鉴国外工程模式以及国内相关省市试点经验，结合南京市实际情况，明确了全过程工程咨询的核心理念—集成，不是简单的专业咨询的拼接、联合体的合作，必须要实现咨询过程的集成化和咨询内容的集成化。

2、通过对不同牵头模式的案例、优势、不足进行分析研究，提出各种牵头模式的措施建议以及适合项目类型。不过，总体而言，牵头模式的选择还应满足建设单位的需求，非一定由某个专业领域咨询企业来牵头实施，为建设单位选择牵头模式提供了选择依据。结合近十年来在江浙沪地区的“监理+项目管理服务”（或称“管监合一”）、“以投资控制为主线的全过程咨询服务”、全过程代建，还有“质量、安全、进度、管理流程的全方位跟踪审计”等可以说都是全过程工程咨询的不同表现形式，而且都有不少成功的案例。但是，总体而言，项目管理是全过程工程咨询的核心体现，在项目前期策划（虽然较少，但是也有参与）、报批报建、招标采购、质量监督、投资控制、进度控制、安全管理、验收咨询等方面具备优势，因此，以项目管理为核心的全过程工程咨询能力是各种模式的基础。

3、通过对全过程工程咨询市场准入和业务承揽的现行制度的研究，提出目前制度存在的企业市场准入、个人执业资格、市场业务承揽等方面问题，通过调研得出全过程工程咨询承发包模式的关键点，呼吁尽快出台招投标管理办法。

4、通过研究全过程工程的五大核心能力、内部支撑能力和三大集成方法，以信息化手段为依托，搭建了全过程工程咨询信息平台，平台主体核心在于全过程工程咨

询业务内容、流程再，只需要与BIM平台进行接口开发，就可以实现基于BIM的全过程工程咨询服务。提出了可以实现的全过程工程咨询企业能力评价指标体系，针对权重的研究提出了基于专家打分和塞迪1-9标度法相结合的指标计算方法。

5、通过分析当前开展全过程工程咨询面临的困难。政府和行业层面的困难涉及市场准入、收费出处、标准体系、质量责任、风险管理等方面；企业层面的困难涉及服务能力、组织架构、管理体系、人才队伍等方面；行业组织层面的困难主要涉及履行“提供服务、反映诉求、规范行为”职责等方面。课题以问题为导向，对应地从三个层面提出了培育发展全过程工程咨询的建议。

三、主要科技创新

本课题通过案例分析+理论研究+工程实践相结合的方式，全方面深入研究全过程工程咨询应用开展关键模式，形成以下几点技术创新：

1、明确了全过程工程咨询的核心理念—集成化，不是简单的专业咨询的拼接、联合体的合作，必须要实现咨询过程的集成化和咨询内容的集成化。

2、课题基于不同牵头模式案例分析，提出全过程工程咨询不能简单地评价以哪种模式牵头最为合适，应根据建设单位需求与项目类型做出合理的选择。

明确项目管理是全过程工程咨询的核心体现，是全过程工程咨询各种模式的基础。

基于行业发展、个人执业的合同关系、法律责任关系等研究分析，提出个人执业模式的特点是以总咨询工程师为主的咨询团队执业。

3、课题通过承发包案例及现状研究分析，提出需要尽快出台相应的招标投标管理办法，对包括委托阶段定义，全过程工程咨询服务商的资质标准，分包政策等做出相应的规定。

4、课题通过对现有全过程工程咨询收费情况进行研究分析，提出需要尽快出台统一的收费办法和标准。倡导以费外奖励的方式鼓励全过程工程咨询企业创优。

5、课题研究提出了全过程工程咨询企业应以五大核心能力、内部支撑能力以及三大集成方法为抓手，进行全过程工程咨询流程创造。

以信息化手段为依托，建立了全过程工程咨询信息平台，实现全过程工程咨询集成化的内涵。

构建了全过程工程咨询能力评价体系。

6、课题基于当前开展全过程工程咨询面临的困难，对应地从政府和行业层面、企业层面、行业组织层面提出了培育发展全过程工程咨询的建议。

四、第三方评价

2019年12月6日，南京市城乡建设委员会组织召开了“全过程工程咨询模式研究”课题验收会，验收会专家组听取了该课题的研究汇报，审阅了相关资料，经质询和讨论，形成如下意见：

一、课题组提交的验收资料齐全，数据详实，符合验收要求。

二、课题组采用专家调查、专题调研、集中研讨等方式，通过总结国际、国内工程咨询行业发展历程和现状，对比异同和差距，理清我国工程咨询业存在的问题，研究分析全过程工程咨询的服务模式、承发包模式、酬金模式，结合政府评价、业主选择需求，以全过程工程咨询能力评价模型为基础，提出推广全过程工程咨询在政府和行业主管层面、企业层面和行业协会层面存在的问题及建设性的建议，能够满足全过程工程咨询模式的实际需求。

三、课题层次清晰、内容全面、语言规范，具有针对性、适用性和创新性，为全过程工程咨询服务、监管提供支持。

验收专家组认为“全过程工程咨询模式研究”课题已完成科研合同要求的研究内容，经费使用合理，一致同意通过验收。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

（1）“全过程工程咨询模式研究”于2018年-2019年应用于无锡绮北220千伏输变电工程。应用课题关于全过程工程咨询能力模型、酬金模式研究、承发包模式研究成果，优化标准化设置及最有人员配置，拟定全过程工程咨询服务内容、发包方式及取费标准；应用课题关于评价体系研究成果，编制出台了《全过程工程咨询管理办法》等一系列制度标准；应用课题搭建信息化平台，对接BIM平台，创建和管理项目各阶段各专业的BIM模型，实现通过三维设计指导施工全过程管理，探索向运维单位进行数字化移交。全过程工程咨询管理模式创新研究，压缩现场管理层级、建立高效信息传递渠道，增加创新课题BIM管理平台的辅助管理，突破了传统工程管理的难题，实现工程管理的高效性、可视化及可追溯性，该管理模式的推广应用前景广泛。随着应用的工程数量增多，经济效益将愈加明显。

（2）“全过程工程咨询模式研究”于2019年6月至今应用于江苏省人民医院门急诊病房综合楼及1号、2号楼初心改造全过程咨询项目。应用课题研究搭建的信息化平台，搭载医院系统模块，服务于建筑布局调整、机电系统管线更新、消防设施完善、医技设备的添置更新、智能化系统更新完善等咨询工作，为后期医院运维提供全过程、数字化管理数据支撑。

（3）“全过程工程咨询模式研究”于2019年6月至今应用于南京市浦口区保障房建设工程。应用课题研究的项目管理牵头模式，进行总控管理咨询服务，提高工程现场管理水平，提升参建单位的履约率和执行力，有效控制重大安全隐患，加快项目建设进度，保证计划阶段性目标顺利实现，有效解决目前项目建设中存在的参与单位多、管理难度大、组织实施困难等问题；利用课题搭建的全过程工程咨询信息化平台，衍生开发手机APP，利用移动互联网技术，建立工程质量标准体系，通过流程落实管理制度，方便现场采集各类数据，提高项目管理效率，提升工程质量水平，同时与全过程工程咨询信息化平台实现数据互通，具有推广价值。

2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
	完成单位		其他应用单位	
年 份	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2019	20982.36	732.33	12650	460
2020	10867.53	1249.05		
累 计	31849.89	1981.38	12650	460

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

完成单位 2019 年新增销售额：

- (1) 海门体育中心全过程工程咨询项目：1936 万元
- (2) 南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目全过程工程咨询服务：8330.13 万元
- (3) 南京机电职业学校高淳校区全过程工程咨询项目：4046.57 万元
- (4) 南京南站规划学校项目全过程工程咨询服务：1621.2 万元
- (5) 江苏园博园（一期）（园区基础设施建设、场地平整工程除外）全过程工程咨询服务：4723.85 万元
- (6) 汤山度假区大凹矿坑文化展示中心全过程咨询项目：164.16 万元
- (7) 大岷精品民宿村项目全过程工程咨询服务：90.95 万元
- (8) 湖熟街道 2018 年特色田园乡村全过程咨询项目：69.5 万元

共计：20982.36 万元

完成单位 2020 新增销售额：

- (1) 河海大学长荡湖大学科技园（一期）项目全过程工程咨询：5480 万元
- (2) 南京大学苏州校区东区项目全过程工程咨询：4300 万元
- (3) 南京长江新济洲国家湿地公园示范湿地建设项目全过程工程咨询服务：236.56 万元
- (4) 竹山安置房（公租房）项目全过程工程咨询：119.07 万元
- (5) 南京市太平工业园初级中学项目全过程工程咨询：99.05 万元
- (6) 汤山威雅公学项目全过程工程咨询：324.85 万元
- (7) 横溪街道农村人居环境整治工程项目全过程工程咨询服务：308 万元

共计：10867.53 万元

完成单位 2019 年新增利润：

- (1) 海门体育中心全过程工程咨询项目：46.46 万元

- (2) 南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目全过程工程咨询服务：199.92 万元
 - (3) 南京机电职业学校高淳校区全过程工程咨询项目：84.97 万元
 - (4) 南京南站规划学校项目全过程工程咨询服务：39.72 万元
 - (5) 江苏园博园（一期）（园区基础设施建设、场地平整工程除外）全过程工程咨询服务：314.88 万元
 - (6) 汤山度假区大凹矿坑文化展示中心全过程咨询项目：13.74 万元
 - (7) 大岷精品民宿村项目全过程工程咨询服务：5.33 万元
 - (8) 湖熟街道 2018 年特色田园乡村全过程咨询项目：27.31 万元
- 共计：732.33 万元

完成单位 2020 新增利润：

- (1) 海门体育中心全过程工程咨询项目：92.92 万元
 - (2) 南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目全过程工程咨询服务：266.56 万元
 - (3) 南京机电职业学校高淳校区全过程工程咨询项目：127.47 万元
 - (4) 南京南站规划学校项目全过程工程咨询服务：51.06 万元
 - (5) 江苏园博园（一期）（园区基础设施建设、场地平整工程除外）全过程工程咨询服务：412.65 万元
 - (6) 汤山度假区大凹矿坑文化展示中心全过程咨询项目：4.4 万元
 - (7) 大岷精品民宿村项目全过程工程咨询服务：8.59 万元
 - (8) 湖熟街道 2018 年特色田园乡村全过程咨询项目：3.54 万元
 - (9) 河海大学长荡湖大学科技园（一期）项目全过程工程咨询：76.72 万元
 - (10) 南京大学苏州校区东区项目全过程工程咨询：68.8 万元
 - (11) 南京长江新济洲国家湿地公园示范湿地建设项目全过程工程咨询服务：45.76 万元
 - (12) 竹山安置房（公租房）项目全过程工程咨询：13.02 万元
 - (13) 南京市太平工业园初级中学项目全过程工程咨询：27.1 万元
 - (14) 汤山威雅公学项目全过程工程咨询：15.67 万元
 - (15) 横溪街道农村人居环境整治工程项目全过程工程咨询服务：34.79 万元
- 共计：1249.05 万元

其他应用单位新增销售额及新增利润：

通过全过程工程咨询管理及项目管理平台的应用，缩短了管理流程、提高了项目

管理人员的工作效率，节约了工期，帮助检查设计及施工阶段的“错漏碰撞”，较大程度提高了工程质量验收的一次合格率，有效避免了返工整改。经测算，在应用的工程中，能平均减少工期 35 天，检查“错漏碰缺”问题 45 处，平均一次验收合格率从 78% 提升至 93%，平均不合格验收点降低 550 处。平均每个应用工程产生经济效益 396.5 万元，具体计算如下：

工期节省费用=平均减少工期×每天成本费用=35×6=210 万元

“错漏碰缺”节省返工费用=平均每处返工费用×处数=1.7×45=76.5 万元

降低不合格点数节省返工费用=平均每处不合格点返工费用×点数=0.2×550=110 万元。

2019 年全过程工程咨询试点工程“220 千伏绮北变电站新建工程”提前竣工投产 40 天，绮北变运行期间平均提高无锡高新区供电能力约 24 万千瓦，以每度电销售价格 0.55 元，每度电产生 0.02 元净利润，2019 年增供电量约 2.3 亿千瓦时，新增销售额 1.265 亿元，新增利润 460 万元。

3、社会效益（限 200 字）

（1）为提升全过程咨询工程的服务管理质量，提升从业人员素质，提升行业整体水平。

（2）为企业转型升级，推动咨询企业向全过程服务商转型指明了方向，有益于培育一批具有国际水平的全过程咨询企业，加快建筑业企业“走出去”。

（3）为住建部门用于制定“全过程工程咨询招投标制度”、“承发包管理”、“个人执业”提供有益的参考，对推动建筑产业现代化起到良好的作用，将具有较好的社会效益。

4、环境效益（限 200 字）

（1）基于课题研究的全过程工程咨询能力模型及评价体系，有助于鼓励投资咨询、招标代理、勘察、设计、监理、造价、项目管理等企业，采取联合经营、并购重组等方式发展全过程工程咨询，构建全面推广全过程工程咨询的行业环境。

（2）基于课题研究全过程工程咨询承发包模式、酬金模式及对政府和行业的建议，有助于建立以政府监管、信用约束、行业自律为主要内容的管理体系，完善全过程工程咨询政策环境。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作 者	备 注
1	有关全过程工程咨询服务中存在的问题与措施的探讨/ 商品与质量	2019年11月6日	张修华	
2	全过程工程咨询服务对建设工程管理的意义/工程技术 /CN 50-9203/TB	2019年11月	张兆军	
3	建设项目全过程工程咨询服务的发展方向/建筑工程技术 与设计	2018年9月	邢松明	
4	Research on BIM Model Identification System for Substation Project Management/Journal of Physics: Conference Series (JPCS) (ISSN:1742-6588)	2020年4月21日	Xuan Qi, Yunfei Liu Yang Zhang Sheng Cao Wenrui Zhu Juejing Tang	EI目录系列期刊
5	Dynamic Analysis of Digital Twin System Based on Five-Dimensional Model/Journal of Physics: Conference Series (JPCS) (ISSN:1742-6588)	2020年4月21日	Lei Sun, Aigen Pei, Xuan Qi, Sheng Cao, Ruibo Yang, Xiaoke Liu	EI目录系列期刊

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	软件著作权	全过程工程咨询服务信息化平台V1.0	中国	登记号 2019SR0591783	2019年6月11日	4012540	江苏建科工程咨询有限公司	
2	软件著作权	手机APP施工现场质量管理体系V2.0	中国	登记号 2019SR0690392	2018年12月2日	4111149	江苏建科工程咨询有限公司	
3	软件著作权	总控督导管理平台V1.0	中国	登记号 2019SR1298333	2019年 月29日	4719090	江苏建科工程咨询有限公司	
4	软件著作权	基于BIM施工过程管理平台V1.0	中国	登记号 2019SR0819898	2019年 08月07 日	04383018	国网江苏省电力工程咨询有限公司	
5	软件著作权	变电站质量巡检系统V1.0	中国	登记号 2019SR0819621	2019年 08月07 日	04364336	国网江苏省电力工程咨询有限公司	
6	软件著作权	安全巡查系统V1.0	中国	登记号 2019SR0819897	2019年 08月07 日	04383010	国网江苏省电力工程咨询有限公司	
7	发明专利	一种施工管理系统与GIM模型的交互方法	中国	申请号 或专利号 201910890980.X			国网江苏省电力工程咨询有限公司；中国电力	

							顾问集团华东电力设计院有限公司	
8	发明专利	一种用于高压电器设备安装调试方法	中国	申请号 或专利号 201910684916.6			国网江苏省电力工程咨询有限公司；中国电力顾问集团华东电力设计院有限公司	
9								
10								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	苏州市农村住房施工质量安全指导图册		
完成人	宫长义、邹建刚、王国佐、满建政、赵锋、徐珣、李建华、沙萍、靳绪耀		
完成单位	苏州市住房和城乡建设局 中亿丰建设集团股份有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
内部课题 （苏州市住房和城乡建设局指导）	农村住房施工质量安全指导图册	中亿丰建设[科技—课题]2019 第 6 项	2019.3.21
授权发明专利（项）	/	授权其他知识产权（项）	/
起止时间	起始： 2017年5 月 10 日	完成： 2019 年 3 月 21 日	

二、项目简介

当前我国村镇建设迈入美丽乡村建设新阶段，农村住房建设工作也面临着新要求、新挑战和新机遇。2016年12月，住房和城乡建设部印发《关于切实加强农房建设质量安全管理的通知》，针对农村住房面积增大、层数增加、改扩建明显增多、质量安全问题凸显等问题，提出全面推动农房建设实行“五个基本”，即“建设具有基本的建设规划管控要求、基本的房屋结构设计、基本合格的建筑工匠、基本的技术指导和队伍、基本的竣工检查验收”，不断提高农房建设管理能力和水平。

住房和城乡建设部办公厅印发的《关于开展农村住房建设试点工作的通知》提出，运用共建共治共享的理念和方法，坚持政府引导、村民主体的基本原则，在尊重农民安居需求和农房建设实际的基础上，通过农村住房建设试点工作，提升农房建设设计和服务管理水平，建设一批功能现代、风貌乡土、成本经济、结构安全、绿色环保的宜居型示范农房，改善农民居住条件和居住环境，并探索建立支持农民建设宜居型农房机制、农房设计力量下乡服务机制以及农村建筑工匠培养和管理制度。苏州市委、市政府对此高度重视并多次批示，要求针对存在问题，精准施策，探出新路。

结合住建部和苏州市政府规划要求，中亿丰建设集团做为地方民营企业，同时也是苏州市建筑行业内龙头企业，应想政府所想，积极参与农村人居环境建设，在苏州市住建局指导下，对农村住房建设现状进行了实地调研，针对调研后的现状于2017年5月成立了内部课题组，并于2018年5月形成初稿《农村住房施工质量安全指导图册》，2018年5月至2019年3月在农村小业主中进行应用，过程中不断完善修改，2019年3月组织专家评审，得到专家一致好评。经过一年的实践应用证明本技术资料在指导农民建房过程中有积极的指导作用，是一本以农民群众作为受众的技术资料，其技术表现形式深受欢迎。为进一步扩大应用范围，将本技术内容申请了苏州市住建局科研课题，在住建局的指导下，进行更大范围的应用，并根据反馈，增加相关的知识点，进一步丰富了知识内容及表现形式，2020年6月苏州市住建局专家对该课题给予了高度评价。该课题成果将做为农村住房建设公益读物发放给农村住房建设的小业主，后续还将不断充实内容，更全面的为农村自建房小业主提供工程建设服务。

课题组针对苏州地区农村住房建设风貌特点，采用插图、漫画、文本、BIM平台、二维码扫描等相结合的方式，形象的表达农村住房建筑施工全过程，把枯燥的质量安全问题以通俗易懂的方式呈现出来，以此向村民群众普及建房基础知识，同时提高农村建筑工匠的专业技术水平及安全意识，提升基层建设管理人员质量安全管控能力。

课题研究小组在充分调研、总结、整理、创新的基础上，研究成果形成出版物《苏州市农村住房施工质量安全指导图册》一书及相关信息化资料。本书内容资料均源于苏州市农村建设当中，在苏州农房建设推广当中有积极的反响。该书的表现形式及信息化手段、智能设备联动，除了提升了农村住房建设的管理水平以外，填补了针对农民群体的以苏式农房建设作为核心内容的农村住房建设科技化、信息化的空白，是全国范围内农村住房建设领域中的首次创新。

三、主要科技创新

(限5页)

在振兴乡村战略政策指引下,当前农村建设进入新的时代。针对农村建设的特点,各地均出台了农村建设图集或者规范。然而现状是图集均为建筑图集,即农村户型的设计方案集锦,没有针对农村住房这一小型工程施工质量与安全方面的指导手册。个别地区的农村住房规范也是针对专业技术人员的技术手册,以文字描述为主,专业节点图为辅,且均为专业术语,从目前农村自建房现状来看,管理和监督人员以留守老人和孩童为主,受教育程度相对较底,更加无法理解房屋建造领域专业知识。针对这一现状,课题组针对农村建设过程中的建筑风貌、施工质量、施工安全等纯文字性内容转换为图片、三维模型辅以文字说明,这种表达方式使农村自建房小业主对技术、质量、安全有更直观的了解。现代信息化技术手段利用,将传统的房屋建造过程“翻译”成适合于各种文化层次人员的科普性专业读物,解决了农村自建房小业主想参与到自己建房的施工过程当中,又苦于无系统的专业知识的痛点。针对以上问题,本项目科技创新点如下:

1、当前在农村自建房建设当中,普遍存在对文化遗产、历史风貌保护意识薄弱的现状。个别地区片面的追求所谓的现代化城市生活,建了洋楼、欧式大别墅。乡村不再是那个“看得见水、记得住乡愁”的粉墙黛瓦的江南水乡。为保留传统的江南苏式风韵的农村住房风貌,将苏州古典民居粉墙黛瓦,精致素雅的建筑精髓进行传承,课题研究组采用了现代三维BIM信息化技术手段,为农村自建房提供建筑外观设计方案,同时将苏式建筑风韵植入智能手机及平板等智能设备,通过全景技术以三维漫游方式直观展示。借此从正面来引导农村小业主在自建房建设过程中采用江南水乡地域建筑风貌,极大的促进了农村自建房小业主群体对传统苏式民居认可和喜爱。

从目前村镇建设中来看,将农村自建房传统风貌通过BIM技术、全景技术等来引导、规范美丽乡村建设,突破了纸质形式及专业文字性描述的范畴,智能化、三维化、全景化技术的结合与创新,生动形像的展示苏式建筑农村整体人居环境风貌,推动了建设美丽宜居乡村工作的步伐。



欧式别墅的农村住房



江南水乡传统民居



VR 云营销 就上720yun.com



VR 云平台全景漫游技术



实现了农房施工工艺过程、施工质量安全、文明施工等方面的数字化演示，解决了农民对专业知识的匮乏问题，提升了农房施工过程的质量安全水平。



施工工艺流程图



专业知识漫画式表达



农房施工质量安全常见问题二维码索引

3、针对农村住房建设过程中的常见质量缺陷、安全问题等内容建立知识库，形成农房建设知识问答库，方便农民群众在上面查找针对苏州地区特色的专业技术内容。

针对农村住房方面的质量通病、安全问题，建立微信公众号宣传相关技术知识，针对苏州江南民居建设过程中的问题进行有针对性的解答。收集整理相关农村住房方面的国家、省、市等各级政府针对农村住房方面的政策进行转发，让农民了解国家的引导政策，促进农村建设贯彻相关国家政策。





四、第三方评价

一、专家验收意见

2019年3月21日中亿丰建设集团股份有限公司组织专家对中亿丰建设内部课题（苏州市住房和城乡建设局指导）“农村住房施工质量安全指导图册”进行验收。验收专家组听取了课题组的汇报，审查了验收资料，经质询和讨论后形成如下验收意见：

农房施工质量安全指导图册作为一个美丽新农村建设的科普读物符合国务院加快农村城镇化建设的政策，具有实际的宣传教育指导性意义，专家一致认为是可行的，达到国内先进水平。

二、查新报告

综合分析国内所检文献，并与本委托项目的查新点对比，结论如下：已见苏州传统建筑不同层面的地域特征，建筑单体的构建揭示了与建筑结构、构造对应的形式特征，天井式住宅部分居住空间揭示了与密集的天井式空间相对应的的性格特征，民居内特有的园林空间揭示了与士大夫人生追求相对应的人格特征的报告，本委托项目所述以图文结合的形式引导农民在住房建设过程中注重传统地域住房的风貌统一，同时以三维信息化技术的展示方案，结合智能手机以三维漫游的方式直观展示了传统苏州民居的特点及布局在所检文献中未见述及；已见美丽乡村建设的民居设计平台，平台以手机或者其他移动智能设备为载体，完成村居建筑设计效果图、模型等信息设计与发布，可为乡村居民带来更加人性化、智能化的居民设计服务的报道，本委托项目所述采用三维模型、插图、漫画、小知识等图文并茂的展示形式，将传统的专业技术标准、施工流程、质量通病、安全问题、文明施工等农房施工工艺过程以信息化平台方式演示在所检文献中未见述及；已见民居设计网络平台，在建筑设计中，可采用3D模型动画图片和BIM技术，实现虚拟现实，通过3D模型动画展示和建筑设计师的手绘图，实现网上定制设计方案的报道，本委托项目所述建立了针对农民群众这一群体的农村住房建设知识问答库宣传平台，采用二维码、BIM等现代信息技术与传统农村住房的建造过程紧密结合在所检文献中未见述及。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

推广应用证明

《苏州市农村住房施工质量安全指导图册》针对苏州地区农村住房建设风貌特点，采用插图、漫画、文本、知识平台、二维码扫描相结合的方式，形象的表达农村住房建筑施工全过程，把枯燥的质量安全问题以通俗易懂的方式呈现出来，以此向农民群众普及建房基础知识、宣传乡村风貌保护意识，同时提高农村建筑工匠的专业技术水平及安全意识，提升基层建设管理人员的质量安全管控能力。

以上技术成果在于 2018.5-2019.3 在苏州地区农房建设中进行了推广宣传及应用，对农房建设具有积极的指导作用。

推广应用单位（盖章）：中亿丰建设集团股份有限公司

年 月 日

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
累 计	/	/	/	/

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

本项目为农村住房建设过程的公益宣传、政策指引、风貌引导等方面的技术指导，社会效益和环境效益显著，经济效益分布于各个农村的农民业主当中，难以定量统计。

3、社会效益（限 200 字）

将传统的专业技术标准、施工流程、质量通病、安全问题、文明施工等枯燥乏味的专业技术知识，“翻译”成为农民看得懂的漫画书形式，即容易理解又容易实施，农民有看书的欲望。同时采用现代三维 BIM 信息化技术手段，将传统的江南粉墙黛瓦苏式风韵的农村住房风貌进行传承，通过智能手机及平板等智能设备植入，以全景技术三维漫游方式直观呈现。采用二维码、BIM 等现代信息技术与传统农村住房的建造过程紧密结合，实现了农房施工工艺过程、施工质量安全、文明施工等方面的数字化演示，解决了农民对专业知识的匮乏问题，提升了农房施工过程的质量安全水平。《苏州住房施工质量安全指导图册》为农村房屋建设向着功能现代化、风貌乡土化、成本经济化、结构安全化、绿色环保化的“五化”发展打下了坚实的基础。

4、环境效益（限 200 字）

传统农村住房建设过程中施工现场不注重文明施工、环境保护。本技术手册在材料中倡议农村自建房小业主在建设过程中应采用绿色环保材料，如墙体材料、混凝土结构等，同时设计时对屋面、墙体、门窗等关键部位应该考虑节能保温设计以降低能耗，建设过程中应对周边环境保护进行保护，同时对建筑垃圾回收、夜间施工等建筑活动中有利于环境保护的措施进行了宣传指导，促进了苏州地区农村建设过程的环境保护，有利于美丽乡村的建设与保护，具有良好的环境效益。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	农村住房施工质量安全指导图册	公益性读物 未发表	宫长义、邹建刚、 王国佐、满建政、 赵锋、徐珣、李建 华、沙萍、靳绪耀	公益性读物
2				
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	著作权	苏州市农村住房施工质量安全指导图册	苏州地区					
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	苏州中心“未来之翼”超长异形网格结构关键技术创新与应用		
完成人	张谨、宫长义、李国建、傅新芝、牟永来、李建华、路江龙、闫俊忠、杨国松、满建政、杨律磊、宋敏、沈晓明、展祎南、吴文平		
完成单位	中亿丰建设集团股份有限公司、中衡设计集团股份有限公司、江苏沪宁钢机股份有限公司、苏州金螳螂幕墙有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	苏州市住房和城乡建设局		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
2014年度江苏省建设系统科技项目	大跨度自由曲面空间网格结构设计关键技术研究与应用	2014ZD24 苏建计[2014]644号	2016年07月
授权发明专利（项）	7	授权其他知识产权（项）	28
起止时间	起始：2014年01月	完成：2019年03月	

二、项目简介

随着经济与科技的快速发展，让城市建设快速运转起来。进入20世纪以来，人们日常生活越来越丰富，对建筑的功能及建筑的美感需求也越来越高，越来越多体量巨大、形态奇特建筑物在各国范围内如雨后春笋般不断涌现，成为新的城市标志性建筑。如迪拜帆船酒店、吉隆坡双子塔、悉尼歌剧院、上海中心、苏州中心、天津 117 大厦、平安国际金融中心…，这些城市标志性建筑，往往具有功能建筑组合复杂、建筑设计美观、代表城市形象等特点，通常表现为极具个性的建筑形态与复杂结构形式的工程特征。

由于城市标志性建筑单体功能的多样性、地标造型的独特性，通常给设计和建造带来了巨大挑战：大跨重载、超长异形、自由曲面、跨地铁施工…，借助于科学的理论基础、数值模拟软件、BIM 技术、现代机械设备等，工程师们可以在一部分工程领域中寻求答案，但如何解决钢结构应用中超大跨度、重荷载、异形曲面造型、连接复杂多样、施工工序交叉等难题，仍值得我们进一步研究。

本项目围绕苏州中心城市综合体复杂钢结构、幕墙设计施工展开。苏州中心项目位于苏州工业园区湖西 CBD，是苏州地区在建最大商业综合体项目，占地约21.1公顷。苏州中心是目前苏州地区在建的最大商业综合体项目，其标志性采光顶—“未来之翼”，是世界上最大的整体式自由曲面采光顶，也是世界上最大的无缝连接多栋建筑的采光顶。苏州中心“未来之翼”位于运营地铁线上方，其超长异形网格屋面投影面积约为35000 m²，展开长度约为630m，由10590个异形网格、6947块尺寸不一的玻璃板块组成。面层采用异形曲面彩色玻璃和铝合金格栅组成，玻璃几何形状近似平行四边形，表面为双曲面造型，每块玻璃呈现不同程度翘曲，面层覆盖在下部4个独立的建筑单体之上，整个屋面结构不设置伸缩缝或抗震缝，属于超长大跨单层网格结构。该项目钢结构方面，主要由中庭桁架结构、中庭装饰树、溜冰场屋面、超大单层曲面网壳钢结构等部分组成。中庭钢桁架（多层大跨主次平面桁架结构）最大跨度53.1米，最大安装标高38.5米，通过12组桁架柱与基础承台进行连接；中庭装饰树为空间壳体弯扭钢管结构，装饰树下部与中庭桁架层结构连接，侧面通过销接铰支座连接于结构楼层上，上端顶面悬挑，与屋盖等结构均不连接；溜冰场屋面结构为大跨度主次平面桁架结构，结构跨度最大达45米，纵向主桁架两端连接于混凝土钢骨柱上；大鸟形屋面结构横贯结构全部区域，覆盖整个中庭、南北区主楼，分布在结构楼层上方，结构主要由屋面网格、树形支撑柱、V型支撑柱及侧面水平支撑杆等结构组成。针对项目大跨度、重荷载、异形曲面造型、跨地铁施工、多单元多专业结构密集交叉重叠施工等重难点，本课题通过在设计阶段对大型自由曲面建筑的结构形态设计及数值模拟与仿真分析，在施工阶段针对大跨度钢桁架与曲面网壳施工、曲面玻璃幕墙加工及施工等重难点进行分析，从设计、施工角度，采用多种科技创新手段解决上述重难点。

三、主要科技创新

1. 超长异形网格结构的形态设计技术

通过多项关键技术的高效整合，自主研创了基于建筑信息模型平台的异形网格钢结构设计技术。技术成果主要包含以下四项科技创新点：

1) 异形网格结构以其卓越的建筑表现力在越来越多的复杂建筑工程中得到应用。仅仅依托传统的建筑建模方式是无法设计出既满足结构受力合理的基本要求，又具有丰富表现力的异形网格建筑形态。异形网格找形设计可以实现建筑形态与受力状态实时联动，通过基于应变能优化等参数化技术方法获得最优建筑曲面，最终达到力与美的平衡。

2) 超长异形网格建筑空间关系复杂，结构表现为极其复杂的空间网格分布特征，传统的网格划分方式效率低下，无法设计出分布协调、力学合理的结构网格。参数化网格划分技术可以结合曲面建筑形态特点，编译空间网格的拓扑关系，实现网格划分参数化与自动化，并实时分析网格质量分布情况以用于反复修改，极大的提高了设计效率。

3) 异形网格建筑造型复杂，在设计中需要进行多次优化调整，传统的设计中建筑方案到结构设计的信息传递是单向的，每一次的调整都需要重新进行一次设计流程。基于研创的建筑模型与结构分析数据双向链接技术，即可以实现建筑模型数据自动化导入结构分析模型，而结构的分析结果数据也可反馈至建筑模型，极大的降低了设计、沟通成本。

4) 异形网格建筑的钢结构节点具有形式多样、空间关系复杂、数量极多的特点。针对传统的设计技术的局限性，研创的复杂节点参数化设计技术是通过自主编程，实现由结构分析模型的输入到 3D 细节化物理模型的输出实现了物理模型与分析模型的无缝结合，准确地表现了完整结构和各类复杂节点信息，自动生成节点设计图纸，极大的提高了设计效率。

2. 超长异形网格结构的数字化分析技术

技术成果主要包含以下三项科技创新点：

1) 超长异形网格联系各建筑单体，这极大地增加了建筑抗震的设计难度。针对传统分析技术的局限性，研创了适用于复杂形体钢结构建筑跨越多个单体建筑时的抗震设计技术，即可用于结构精细化的抗震性能评估分析，又提出了用于结构构件抗震设计的简化、等效分析方法，基于技术成果编著的《动力弹塑性分析在结构设计中的理解与应用》在业界得到了一致好评，有效地促进了土木工程抗震设计技术的发展。

2) 超长异形网格建筑体量大，各功能单体建筑之间的空间关系复杂，极大地增加了结构抗风设计和风环境设计的难度。针对传统采用物理风洞试验的局限性，研创了建筑群数值风洞模拟技术，实现了百万平米规模、建筑形态极其复杂的虚拟风洞试验。技术成果极大扩展了数值风洞技术的适用范围，缩短了大体量建筑群风荷载设计周期，提高了建筑群风环境优化设计的直观性和

有效性，是实现适用、安全建筑方针的重要保证。

3) 超长异形网格建筑的屋面往往具有造型复杂、体量大、雨水汇集形式难以简化预估的特点。针对传统的等高线原理进行排水方案设计方法的局限性，研创了大型复杂屋面水流形态的仿真分析技术，可以定量分析整个屋面雨水汇集的趋势和程度，并以动画形式实现对排水轨迹、水量堆积区域等屋面流水形态的直观表现，极大的提高了屋面有组织排水方案设计的效率，保证了建筑功能与效果的实现。

3. 移动式支撑平台在大跨度桁架跨运营地铁区的研究与应用

(1) 跨运营地铁区移动式支撑平台安装技术

该技术成果主要包含以下二项科技创新点：

1) 在国内外率先研创了多曲面网壳精确加工、建造技术

解析了曲面空间网壳的变化模式，构建了空间网壳的钢结构拼装单元模型，通过研究网壳结构的几何特性，确定网壳曲面的相关参数，优化设计节点连接构造，精确放样切割相贯线切口，强化安装支撑系统的刚度，应用钢管空间弯曲技术、相贯焊缝全位置焊接技术、IDPMS 数字摄影测量技术等手段，提出了基于计算机虚拟安装的分析方法和现场单元安装与杆件补缺相结合以避免安装误差累积的综合解决方案，实现了复杂曲面空间网壳的加工建造。

2) 首创了世界上最大的鸟翼型整体式自由曲面建造技术

世界最大整体式单层自由曲面网壳钢结构，整体空间造型复杂，杆件截面相对较小，结构刚度也较弱的一种单层曲面网壳结构，安装过程结构的变形控制难度很大。结合本工程的结构特点和现场的施工条件，选择合理的施工方案，制定合理的施工顺序，对施工过程进行对比和有限元分析，对卸载过程进行了监测。现场施工采取分区分块的办法，将整个结构根据受力特点、施工条件划分小块进行对称安装；设置合理的合拢区域，预留合拢嵌补杆件；分区同步卸载。施工全过程采用 MIDAS 软件进行了有限元分析，通过分析确定合理的安装顺序和设置合理的临时支撑体系，对卸载过程进行监测，确保超大单层曲面网壳钢结构的安装精度，便于质量的控制，节约了安装成本，使得整个建筑体系造型美观，结构安全。

(2) 移动式支撑平台上部跨运营地铁桁架安装技术

中庭大跨度钢桁架共 5 层，最大跨度 53.1 米，通过两侧 12 组格构柱与基础承台进行连接；构件体量大，单榀桁架最重达 110 吨，凌空安装高度 38.5 米。整个桁架结构横跨交通运输枢纽轨道交通 1 号线。为保证施工时地铁正常运营，减小地铁顶板上部的施工荷载，在跨运营地铁上方首次使用大跨度移动式支撑平台，作为中庭钢桁架结构分段安装时的荷载支撑装置。通过该平台将钢桁架结构自重及施工荷载传递至地下室两侧混凝土结构，并实现分区移动作业，大量减少固定式胎架投入量；通过跨度调节还能实现结构自转换。该施工技术的研究与应用，确保了跨地

铁区域大型钢结构桁架凌空作业对运营地铁无影响，保证了地铁的安全运行，在国内外达到了先进水平。

移动式支撑平台根据桁架结构分区进行设计，跨度 45.1 米，宽度 26.1 米，高度 8.39 米。全部采用装配式标准格构式支撑组合而成。主桁架由 4 榀门式桁架组合而成，平台顶部设置 7 道连系桁架，平台自重约 130 吨。

中庭钢桁架南北两侧各设置一道长 78 米间距 1.5 米双轨道，轨道下部设置水平 H 型钢梁，使滑移支架能在轨道上水平滑移；针对结构高低错层，通过格构支撑和平台支撑找平。轨道支架与上部滑移支架采用滚轮连接，两轨间设置动力牵引装置实现支撑架体同步滑移。

根据中庭钢桁架结构特点及现场施工条件，将首层桁架安装分为三个施工作业段，即施工一区、二区、三区。滑移支撑架需转移安装定位位置时，在支撑架立柱底部工字钢平台上焊接牵引耳板，通过卷扬机牵引，将滑移支撑架滑移至定位位置，滑移时确保其同步性。

施工桁架二区时，北侧支架立柱轨道中心距运营地铁机房侧墙外 2.4 米，该处设置可调节转换支架，使原支撑柱与轨道之间脱空，安装结构荷载传递至结构承台，减小施工荷载对地铁结构的影响。

施工过程采用 MIDAS 软件进行有限元分析，通过分析比较确定合理的分段点及移动式支撑平台临时胎架的安装过程，确保施工过程中结构的安全。

(3) 跨运营地铁多单元多专业结构密集交叉重叠施工工况下一种高效、合理的施工组织技术路线的研究与应用

大鸟屋面网格结构平面投影覆盖整个结构施工区，横跨四个单体；钢结构子项目多，包括中庭钢桁架、冰场屋面桁架、中庭装饰柱、大鸟屋面网格，独立又彼此联系成一整体；并且多专业同时施工，为此一种高效、合理的施工组织技术路线的组织尤为重要。

中庭钢桁架结构与两侧结构相互独立，钢结构与土建同时采用塔吊施工，考虑场地条件及工期影响，确定先施工中庭钢桁架，两侧单体建筑由两端向中间逐区域推进施工。

冰场屋面桁架结构为独立平面桁架体系，待四周混凝土结构施工完成后插入施工。

中庭装饰柱结构位于中庭钢桁架上，侧面与混凝土结构楼层梁通过销轴连接，钢桁架及混凝土结构施工完毕后组织施工，且在大鸟屋面网格施工完成安装。

大鸟形屋面网格结构横贯结构全部区域，覆盖四个单体建筑，先施工屋顶网格，后安装侧面网格。

确定总的施工线路为：钢结构与混凝土结构时间上平行展开施工，空间上相互错开；钢结构安装顺序为中庭钢桁架→冰场屋面桁架→中庭装饰柱→大鸟形屋面网格。

4. 超大单层曲面网壳钢结构施工技术的研究应用

(1) 超大单层曲面网壳钢结构安装技术

1) 数字化模拟仿真技术

运用数字化模拟仿真技术，对超大整体网壳结构进行结构变形及受力分析，将不参与整体结构分析的构件逐次激活，同时模拟屋面网壳在施工过程中刚度、强度的变化，确定屋面网格合理分区施工，确定结构吊装顺序、合拢区域设置、嵌补杆件安排、分区同步卸载等，对结构变形进行预控，确保钢结构杆件的制作及安装精确性。

2) 屋面网壳施工

屋顶部位：根据运输限制条件和屋面网格结构特点进行网格分块，工厂分块加工发运现场；待屋顶层结构施工、养护完毕后，搭设门式框架支撑，利用塔吊，分块进行柱间列屋面网格单元的安装和柱上列屋面网格的安装。

侧立面部位：工厂加工的分块发运现场后，在安装位置附近，将两个小分块组拼成一个大吊装单元，利用塔吊或汽车吊安装就位；吊装单元下部设置格构式临时支撑，吊装单元侧面利用结构自有水平支撑或设置临时撑杆进行固定。

根据土建的施工进度插入安装树状柱树干分段，门式支撑体系安装完成后，安装柱间屋面网格分块，随后进行树枝定位安装。安装机械采用塔吊进行。

对于采光天窗上部的网格单元，则纵向进行分块划分，当天窗两侧屋顶网格安装完成后，再分块搭接吊装单元。

施工全过程采用 MIDAS 软件进行了有限元分析，通过分析确定合理的安装顺序和设置合理的临时支撑体系，对卸载过程进行监测，确保超大单层曲面网壳钢结构的安装精度，便于质量的控制，节约了安装成本，使得整个建筑体系造型美观，结构安全。

(2) 屋面网壳钢结构监测技术

屋面网格安装完成进行分区卸载，在卸载过程中主要对以下两方面进行监测。

1) 临时支撑系统监测

卸载过程中应有安全员和安全监控员全过程监测支撑系统，尤其应监测门式支撑胎架和支撑立杆的垂直度，发现异常情况及时报告。

2) 屋面网格监测

卸载时，应随时监测网格各主要控制点（控制点的布置待与设计院商定后最终确定）的变形情况，并与施工模拟计算值进行对照，监测的结果应记录备案并及时向有关部门报告。

5. 超长异型网格结构自由曲面玻璃幕墙数字化适应性分析技术

(1) 自由曲面与四边形板块的形体分析技术

基于双曲异形自由曲面钢结构线框模型，将钢结构模型网格曲线拟合曲面生成幕墙模型表皮，利用拟合的钢结构网格曲线投影到幕墙表皮上，得到幕墙网格，将幕墙板块分格成四边形。相比较传统的三角形板块拼接，四边形会存在不共面的情况，通过对幕墙模型的分析，每个幕墙板块均不相同，利用BIM技术对板块进行参数化设置并进行属性分析，通过对板块接阶差、板块纵向半径分布、超规格板块等进行统计，分别找出不同阶差范围的板块、弯弧框半径分布、面积超过 2.5m^2 的板块等进行归纳汇总、分析，作为板块实现方式的基础依据，可以根据不同参数的大小

设计不同的外形实现方式，在外观效果与经济性之间找到平衡点。

(2) 自由曲面玻璃板块的冷弯成型技术

幕墙骨架为空间四边形，玻璃为平板玻璃，通过特殊的设备对玻璃进行压弯到位实现冷弯效果。该方法实现了曲面玻璃幕墙表面平整美观的要求，制造过程简单，制造成本低。

运用BIM模型分析最终确定本工程平面翘曲值大于60mm的玻璃板块和翘曲值小于60mm但计算无法满足要求的玻璃板块采用热弯成型技术，其余玻璃全部采用冷弯技术（占比80%）。并进行多项实验论证，在工厂实验室分别进行多组、多种规格玻璃冷弯模拟实验，实验结果证明样品实验满足理论结果要求。

(3) 幕墙系统对主体结构适应性技术

传统的屋面形体简单，排水方向明确，容易组织排水，而双曲异形自由曲面形式的屋面体系，屋面标高呈山丘状布置，标高往往形成不规则性变化。针对异形曲面屋顶构造特点，同时结合屋面防水设计需要依据规范设计，对自由曲面玻璃采光顶排水方式进行研究，使屋面排水采用有组织内排水系统，通过分析屋面最大排水坡度，最小排水坡度以及排水走向，在屋面采取一定的挡排水构造措施，雨水经过在屋面按排水路径设置不锈钢高挡水堰实现有组织排水，雨水经挡水堰挡水后排入截水沟，并汇集至集水坑，集水坑的雨水管沿着钢结构设置，最后通过虹吸雨水系统排出，实现排水效果。

6. 超长异型网格结构自由曲面玻璃幕墙数字化施工技术

该技术成果主要包含以下二项科技创新点：

(1) 超长异形网格结构自由曲面玻璃幕墙数字化施工技术

通过运用 BIM 技术对屋面体系进行建模，测量放线利用 3D 扫描仪结合 BIM 模型来复核双曲异形自由曲面屋面钢结构，通过幕墙理论模型与实测钢结构进行碰撞检测，根据钢结构实测偏差数据进行修正幕墙模型。依据最终 BIM 模型进行现场屋面测量放线工作，测量时，所有控制点均由 BIM 模型取出。同时测量数据直接输入 BIM 模型进行核对及分析。整个过程通过 BIM 模型实现数据化控制及管理，以保证工程的测量定位质量。基于 BIM 模型中材料的各种参数信息，配合套裁软件，对幕墙快速下料、材料快速统计、跟踪，减少浪费。同时进行施工过程的模拟，预演施工安装过程，尤其是幕墙收边收口、幕墙吊装设备的合理化布置等，提早发现问题，保证施工过程的顺利进行。

(2) 轨道式屋面材料运输技术

针对双曲异形自由曲面屋面幕墙施工的高空、弧面和斜面的复杂工况，以及体量庞大、场地局限和工期紧张的交叉施工要求，现场材料水平运输、垂直运输以及材料周转是需要解决的关键难点。通过结合现场实际，研发一种屋面双曲轨道吊车以及EVA的滚筒吊篮进行进行屋面板块的运输和辅助安装，实现了大批量屋面材料的快捷运输，实现在保证安装质量的情况下，提高了安装效率。

四、第三方评价

鉴定意见

2019年5月21日，江苏省土木建筑学会在苏州组织召开了“苏州中心“未来之翼”超长异形网格结构关键技术创新与应用”科技成果鉴定会，鉴定委员会听取了课题组的技术研究报告，审查了相关资料，经质询、讨论，形成如下鉴定意见：

1、提供的技术资料齐全，符合鉴定要求。

2、苏州中心是苏州的地标型建筑，项目总建筑面积约113万平方米，其标志性结构——“未来之翼”，屋面投影面积约3.6万平方米，是全球最大的无缝连接多栋建筑的整体式自由曲面玻璃采光顶。课题组针对工程难点，对超长异形网格结构设计建造关键技术进行了系统研究和创新，形成以下研究成果：

(1) 针对超长异形网格结构的特点，提出了超长异形网格结构的形态设计及数字化分析技术，采取了新型节点和抗放结合的支承边界构造措施，解决了跨越多个建筑单体的异形网格结构找形分析及与主体结构变形协调的难题，保证了超长网格结构的形态及受力合理；

(2) 对施工全过程运用数字化模拟仿真技术，分析周边环境，采用立体化施工技术，对屋顶网格结构进行变形及受力分析、合理分区分块施工；同时，在跨运营地铁上方研发了大跨移动式钢桁架安装平台，将钢结构自重及施工荷载传递至两侧混凝土结构，解决了跨地铁区域钢结构凌空安装对运营地铁影响的施工难题；


(3) 通过BIM技术，创建了基于钢结构幕墙表皮的模型，并进行幕墙分格科学划分；同时，结合四边形玻璃板块四点不共面的几何特性，对超长玻璃幕墙温度变形精细化分析以及板块阶差、纵向半径分布、超规格板块分析，创新设计了缝宽达50mm的胶缝构造，解决了长度达470m的金属格栅与玻璃组合的幕墙变形和抗渗漏的难题。

3、以上研究成果获发明专利7项，实用新型专利21项，软件著作权7项，获批省级工法2项，发表论文6篇，出版专著1部。

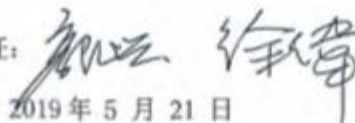
研究成果成功应用于苏州中心项目，取得了显著的经济效益和社会效益。鉴定委员会认为，该成果达到国际先进水平，其中单元玻璃采光顶超宽胶缝构造设计与施工技术和跨越运营地铁区域的大跨移动式钢桁架安装平台技术达到国际领先水平，一致同意通过鉴定。

建议：进一步进行技术总结，形成更多技术成果，促进推广应用。

鉴定委员会主任



副主任



2019年5月21日

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况

本课题的研究成果对后续类似钢结构工程的设计、施工和安装提供了良好的借鉴作用，在大型城市综合体、大型场馆类等多个项目中得到了应用，如冷弯成型工艺应用在了吴江绿地中心、重庆来福士广场；自由曲面的 BIM 研究工艺应用在了启东文体中心、淄博文化中心、吴江绿地（358 米）和重庆来福士广场等项目；超长异形网格结构的形态设计技术和超长异形网格结构的数字化分析技术在苏州市广播电视总台现代传媒广场、苏州湾水街、苏州湾文化中心、苏州太平金融中心和亨通室内温泉水世界等项目上得以应用，保证了结构的安全性和经济性，提高了设计效率，产生了巨大的社会经济效益。

2、近年直接经济效益 2056 单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2014~2018		2056		
累 计		2056		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

本工程采用形态设计及数字化分析技术，优化超长异形网格结构设计。为业主节约建造成本 1200 万。钢结构及幕墙施工采用数字化模拟仿真技术及 BIM 技术，采用了大跨移动式钢桁架安装平台合理进行分区分块施工，优化曲面玻璃安装。共节约施工成本 856 万。经公司财务核算，工程总计节约成本 2056 万元，节约工期 120 天。

3、社会效益

苏州中心“未来之翼”超长异形网格结构采光顶是世界上最大的开放式双曲面采光顶体系，本课题在研究过程中取得了多项的科技成果，项目获得中国建设工程“鲁班奖”；根据江苏省土木建筑学会组织叶可明院士等专家组出具的“科学技术成果鉴定证书”，成果总体达到国际先进水平，项目自启用以来，各项功能运行情况良好，得到了各部门和单位的一致好评，也对后续类似钢结构工程的设计、建造和安装提供了借鉴作用，社会意义显著。

4、环境效益

苏州中心广场项目通过 LEED 设计金奖、中国绿色建筑二星级认证，并被评为 2014 年度第一批江苏省建筑施工标准化文明示范工地；中亿丰建设集团股份有限公司苏州中心广场土建总承包项目部被江苏省总工会命名为“江苏省工人先锋号”；苏州中心广场项目以“优良”成绩通过中国建筑业协会绿色建造与施工分会的验收，被评为第四批全国建筑业绿色施工示范工程。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	苏州中心广场项目跨地铁多层钢连廊安装技术/施工技术	2015/11	李建华；范平；张大慰	
2	数值风洞在苏州中心未来之翼屋面设计中的应用/建筑结构	2015/07	杨律磊；龚敏峰；路江龙；张谨	
3	苏州中心超长异形网格屋面设计/建筑钢结构进展	2015/06	张谨；陈伟；杨律磊；龚敏峰；路江龙	
4	苏州中心未来之翼屋面钢结构设计/建筑结构	2015/07	路江龙；陈伟；沈晓明；朱寻焱；谈丽华	
5	苏州中心大鸟型采光顶幕墙设计概述/门窗幕墙信息	2017/12	牟永来	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	苏州中心广场项目跨地铁多层钢连廊安装技术	超高层巨型框架-核心筒行车起重机施工技术/ 瞿海雁,李建,冯峰	施工技术/1.181	2019/08
2	苏州中心广场项目跨地铁多层钢连廊安装技术	π 形截面轴心受压构件局部稳定试验研究/陈尧,舒赣平,袁雪芬,张敏	建筑结构学报/1.779	2018/06
3	数值风洞在苏州中心未来之翼屋面设计中的应用	苏州丝绸博物馆“四方雨”钢结构分析与设计/路江龙,杨铖,杨律磊,沈晓明.	建筑结构./0.575	2019/01
4	苏州中心未来之翼屋面钢结构设计	我国工程结构防连续倒塌研究:回顾与展望/陆新征,廖文杰,林楷奇,李易. 建筑结构	建筑结构./0.575	2019/10
5	苏州中心超长异形网格屋面设计	基于 Grasshopper 的空间网格结构快速建模程序编制与应用/何铭基,吴轶,黄泰赞,胡伟泉	建筑结构/0.575	2018/11

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种单层钢结构装饰树及其安装方法	中国	ZL20161004236.1	2018/03/02	2832592	江苏沪宁钢机股份有限公司	徐纲;李水明;杜立平;张琳;李敬等
2	发明	单层网壳空间四边形网格结构	中国	ZL201410792452.8	2017/02/22	2389744	中衡设计集团股份有限公司	路江龙;沈晓明;张谨;龚敏峰;杨律磊
3	发明	一种模拟大型复杂屋面水流形态的方法	中国	ZL201410018860.8	2016/11/16	2293866	中衡设计集团股份有限公司	张谨;谈丽华;路江龙;杨律磊;龚敏峰
4	发明	一种大高差弧形屋面支架的安装方法及安装结构	中国	ZL201410507266.5	2016/06/22	2118540	中亿丰建设集团股份有限公司	李国建;邹建刚;陈静波;吴志杰;邱全洪
5	发明	一种大跨度曲面透风雨幕的安装方法	中国	ZL201610209415.9	2018/07/06	2989401	中亿丰建设集团股份有限公司	马占勇;张新宇;王志祥;陈跃;杨勤伟
6	发明	一种隔震支座及其安装方法	中国	ZL201510168093.3	2017/03/29	2431457	中亿丰建设集团股份有限公司	王国佐;沙萍;徐林;陈静波
7	发明	一种双曲面幕墙铰连接件	中国	ZL201410475778.8	2016/08/24	2203950	苏州金螳螂幕墙有限公司	王林涛;高大永;朱敏雯;王梦中;孙亚伟等
8	实用新型	一种大跨度钢桁架结构	中国	ZL201620008365.3	2016/06/01	5253524	江苏沪宁钢机股份有限公司	顾涛;傅新芝;张大慰;蒋飞;黄勇等

9	实用新型	一种倒锥形组合柱脚	中国	ZL201620006716.7	2016/06/01	5250800	江苏沪宁钢机股份有限公司	王小宁;李水明;朱树成;杜振东;柳贤琪等
10	实用新型	一种海鸥型双曲支撑构件	中国	ZL201620006622.X	2016/06/01	5253650	江苏沪宁钢机股份有限公司	傅新芝;马建为;顾涛;凌志强;张永菲等
11	实用新型	一种大跨度单层网壳钢结构屋面	中国	ZL201620008874.6	2016/06/08	5261771	江苏沪宁钢机股份有限公司	任鹏;张菊花;王欢;张大慰;司冲等
12	实用新型	一种用于格栅的连接件	中国	ZL201420589544.1	2015/02/04	4113014	中亿丰建设集团股份有限公司	薛苏庭;李建华;程志;季向明;郑李君
13	实用新型	金属屋面双钢缆永久生命线系统	中国	ZL201721179295.9	2018/04/27	7265177	中亿丰建设集团股份有限公司	浦建刚;应菜田;徐刚;于文涛;林家齐
14	实用新型	一种钢拉杆的张拉系统	中国	ZL201520214187.5	2015/10/07	4670075	中亿丰建设集团股份有限公司	朱江;沙萍;徐林
15	实用新型	一种承插式玻璃幕墙框架及玻璃幕墙	中国	ZL201520229462.0	2015/08/05	4513571	中亿丰建设集团股份有限公司	罗鹤飞;杨勤伟;陈跃;殷亚成;郭凯
16	实用新型	大悬挑非对称空间立体桁架辅助滑移装置	中国	ZL201420593322.7	2015/02/04	4113527	中亿丰建设集团股份有限公司	宋敏;王世纪;杨东
17	实用新型	一种可转动组合副框结构	中国	ZL201720583800.X	2018/02/16	6996985	苏州金螳螂幕墙有限公司	杜普;胡伟;徐磊梅;周进进;刘林等
18	实用新型	一种冷弯玻璃幕墙铝合金压板	中国	ZL201621166402.X	2017/06/27	6259135	苏州金螳螂幕墙有限公司	刘振华;严红祥;施志豪;桑姚;周海涛等

19	实用新型	一种冷弯玻璃幕墙铝合金托板	中国	ZL201621175971.0	2017/06/27	6258319	苏州金螳螂幕墙有限公司	刘振华; 严红祥; 施志豪; 桑姚; 周海涛等
20	实用新型	一种新型弧形玻璃连接结构	中国	ZL201520964639.1	2016/06/01	5244038	苏州金螳螂幕墙有限公司	展祎南; 施志豪
21	软著	中衡设计建筑结构风振响应分析软件 V1.0	中国	2017SR036151	2017/02/08	1621435	中衡设计集团股份有限公司	/
22	软著	中衡设计Revit族库管理软件 V1.0	中国	2016SR117302	2016/05/25	1295919	中衡设计集团股份有限公司	/
23	软著	中衡设计MIDAS-TO-REVIT模型转换软件V1.0	中国	2018SR588944	2018/07/26	2918039	中衡设计集团股份有限公司	/
24	软著	中衡设计ARTS-Cloud云计算系统软件 V1.0	中国	2016SR190304	2016/07/22	1368921	中衡设计集团股份有限公司	/
26	软著	园区设计研究院MIDAS-TO-CATIA模型转换软件V1.0	中国	2015SR065926	2015/04/21	0953012	苏州工业园区设计研究院股份有限公司	/
27	软著	园区设计院风荷载分析前处理软件V1.0	中国	2014SR002169	2014/01/07	0671413	苏州工业园区设计研究院股份有限公司	/
28	软著	园区设计院有限元分析数据转换STA前处理软件 V1.0	中国	2012SR112093	2012/11/21	0480129	苏州工业园区设计研究院股份有限公司	/

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	泰州市智慧园林管理平台		
完成人	罗玉燕、丁昌云、夏劲伟、王继国、袁春东、奚春华、朱以洲、 齐志飞、陈伟、曹登基、吴昊		
完成单位	泰州市园林绿化管理局 南通市测绘院有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
泰州市公共资源交易中心招标项目	泰州市智慧园林管理平台	TZZC2016193	2017年8月31日
授权发明专利（项）		授权其他知识产权（项）	5项
起止时间	起始：2016年10月8日	完成：2017年8月31日	

二、项目简介

智慧城市是信息时代的新型城市化发展模式。绿色生态建设已成为一个城市是否宜居的基本条件。因此，利用数字技术升级改造城市绿化管理水平已成为当务之急，这也是“新基建”时代的核心建设内容。

泰州市园林绿化管理局以“建设幸福之城”为目标，以“互联网+智慧园林”体系建设为指引，以数字化为核心，对城市园林信息基础设施进行数字化、智能化改造，实现了城市绿化科学性、精准化管理，有效提升了城市绿化治理能力和治理水平，大大增加了广大市民的幸福感和获得感。

本项目以园林绿化数据采集“精准、便捷、实用”为原则，通过“北斗定位新技术”、“点云自动提取新技术”、“城市生态环境监测新技术”三大新技术的研发和创新，解决了城市园林绿化的定位不准、属性识别困难等热点、难点和关键问题，总结出完整的解决方案，可在智慧园林管理行业中推广，总体技术水平和技术经济指标达到行业领先水平。以“三大技术”为核心，实现了以下效果：

(1) 通过北斗卫星定位系统为载体，开发定位数据处理模块，实现原模糊数据精准定位，改变传统定位的模式，精准定位提高 60%；基于移动端、互联网、物联网，通过北斗定位新技术，对占绿损绿范围进行精确定位，实现“绿地审批、经费赔偿”自动化，摆脱人工干预，形成客观、准确的踏勘报告；

(2) 利用点云自动提取新技术，快速、准确提取乔木的位置、树径、冠径和高度数据属性，结合三维视图判别点云中树木品种。

(3) 利用城市生态环境监测技术，建立园林绿化全要素的光谱数据库，搭载无人机系统，实现园林绿化属性的全自动识别，与定位数据自动匹配，提高生产效率 120%。

该项目于 2016 年 10 月开始建设，2017 年 8 月关键技术的应用及成果通过验收，

至今已有一年的推广应用，在园林管理行业形成“泰州模式”，在南通、淮安园林绿化数据采集与建库得到应用。2019年11月中国风景园林学会园林工程分会特邀参会，以“智慧园林解决方案与案例应用”做大会报告，引起行业关注；2020年7月应邀参加江苏省城市智慧园林建设科技项目座谈会，会上做了“泰州经验”介绍，引起共鸣，南京、无锡、徐州、连云港等地园林绿化管理部门进行学习交流。泰州智慧园林管理模式近两年来较原传统模式管理，节省了20%的财政资金，取得了良好的社会效益。

创新技术形成了一系列成果，形成了“城市绿廊一张图”、“生态监测一张图”、“知识教育一张图”、“城市健身一张图”，让老百姓通过移动端，真真切切感受到“绿”在哪里、“乐”在哪里。市民通过扫码，还可以反映绿化和市政道路故障问题，进一步增强了人民群众的获得感、幸福感、安全感和参与感。

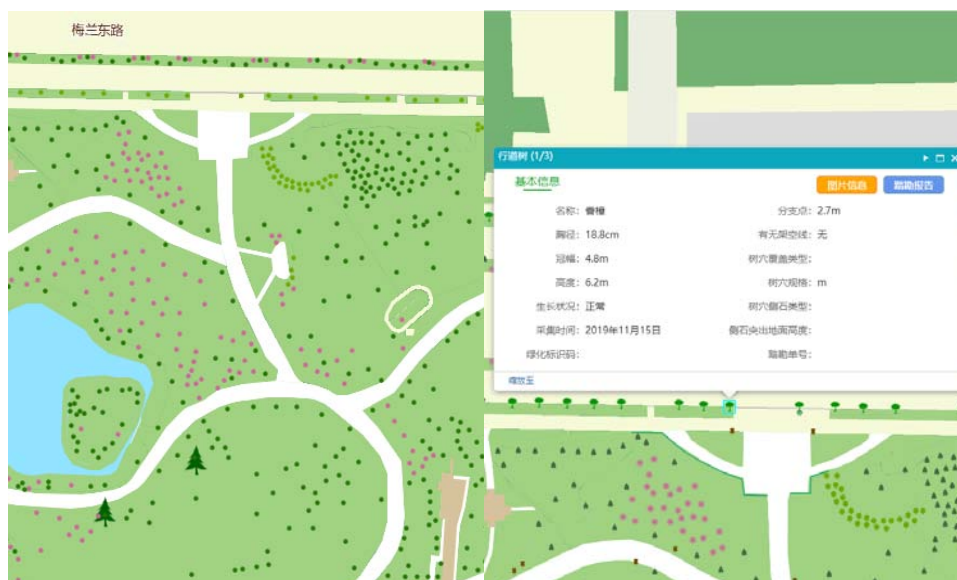
该项目的关键技术已形成系列产品，获得了相关知识产权，在园林绿化管理行业具有较强的示范引领和辐射带动能力，促进了园林管理产业的转型升级。

三、主要科技创新

1、北斗定位新技术

园林绿化定位精准是行业管理的最大难题。城市园林具有“覆盖性”、“分层性”，乔木下有灌木、灌木下有地被和草坪，传统的 GPS 定位在乔木下定位误差较大，甚至无法定位。通过研究北斗三频信号，研发了“面向园林的定位数据处理器”，通过泰州园林数据采集不断试验，消除了高阶电离层延迟影响，增强了数据处理能力，大大提高模糊度的固定效率，改变传统定位方式，提高了定位的可靠性和抗干扰能力，在乔木遮挡下精准定位成功率提高 60%，这在行业内属首创。案例如下：

(1) 乔木、绿地精准定位。



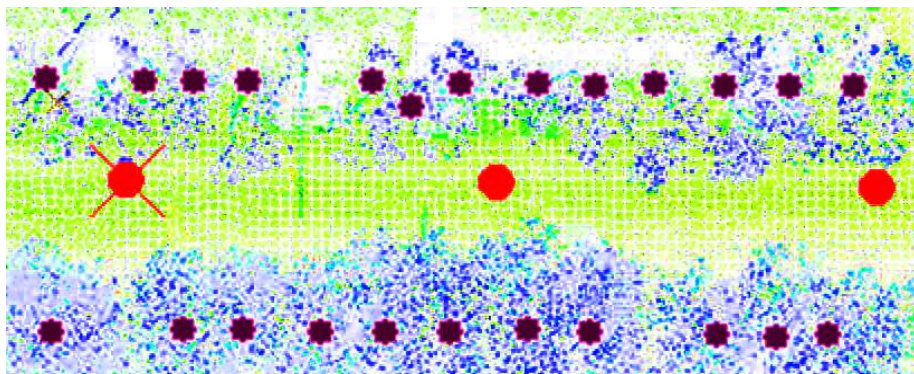
(2) 城市园林绿化行政许可占绿赔偿自动化。

城市园林绿化管理中，对于行政许可申请对象占绿赔偿方案的定制，传统通常采用手动丈量、纸质记录、人工计算实现。本项目依据北斗定位新技术，基于移动端、互联网、物联网提出一种基于 GIS 的占绿赔偿费计算自动化方案，建立园林绿化空间数据库，实现园林绿化损率赔偿方案的快速、精准、自动化定制。实践证明，该方法具有较好的可行性与实用性，可为园林绿化行政审批管理提供科学的技术支撑。行政许可现场踏勘计算过程见下图：

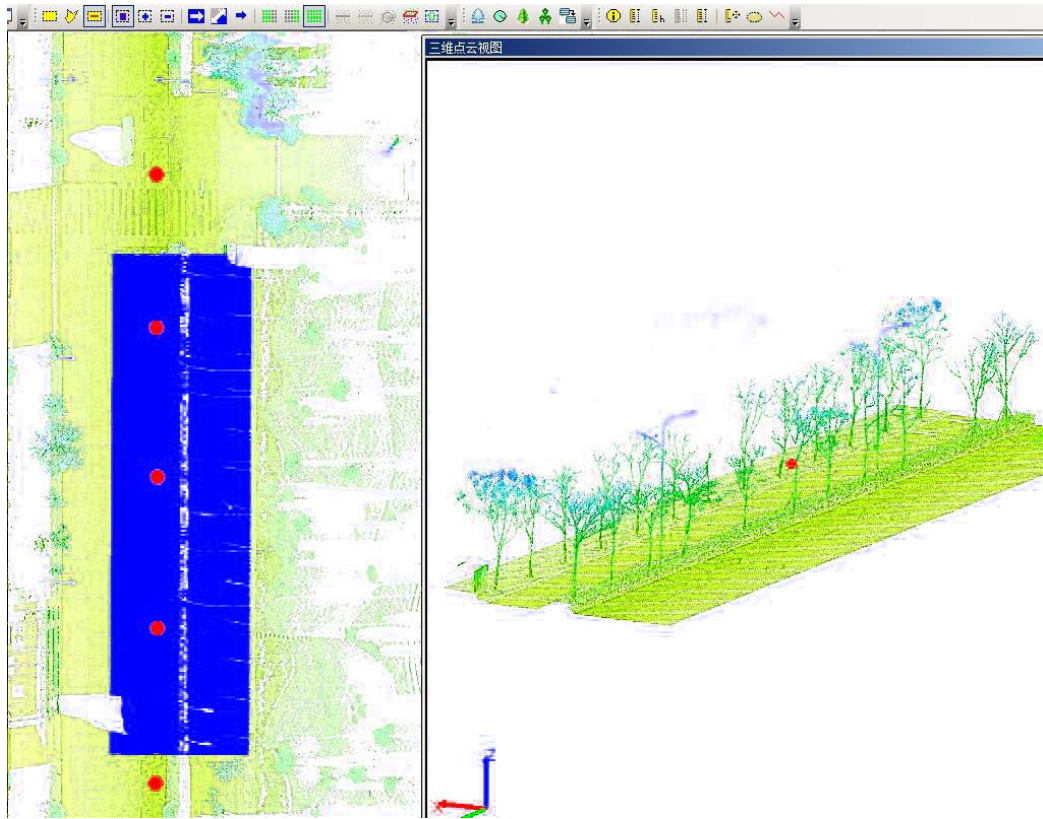


2、点云自动提取新技术

树木的规格属性决定了树木价值，如乔木的树径、高度；灌木的蓬径。如何快速精准丈量规格数据，是园林绿化管理部门面临的困难。泰州市园林绿化数据采集，使用高精度全景移动测量系统采集园林绿化的三维点云和全景影像，研发点云处理软件，可自动获取树木的点位、树径、树高、线状和面状要素边线，同时自动获取行道树的分枝点和树穴规格。数据处理见下图：



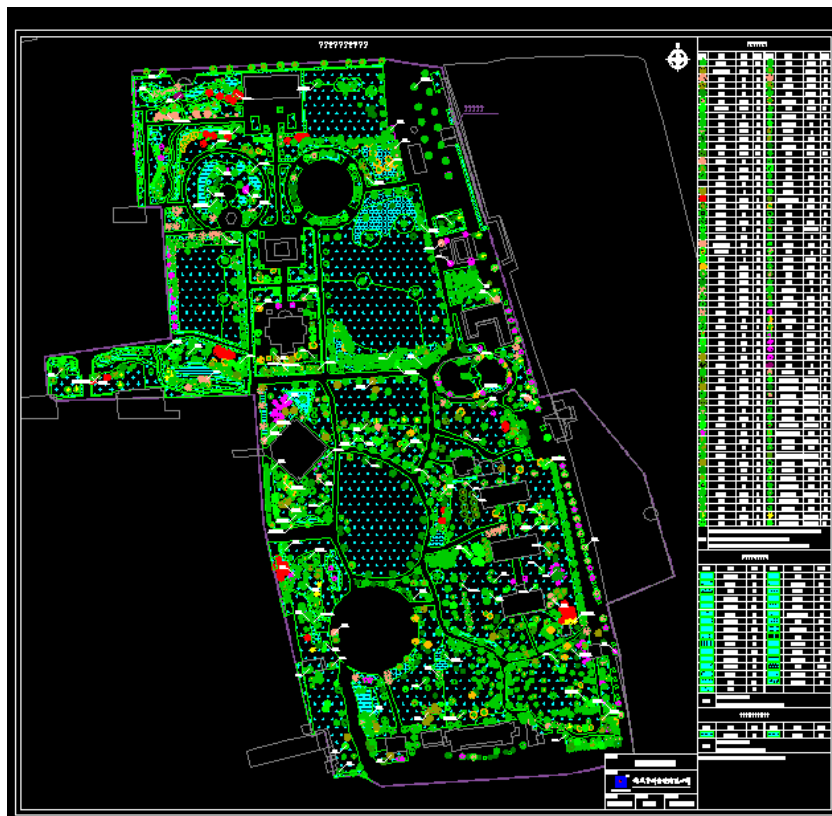
现场绿地植物错综复杂，采集的点云数据量大、类型多、干扰强，如何在多要素的点云中自动判断乔木、灌木、植被，需大量的数据模演和知识学习，该软件经广泛测试，自动获取的成功率达 90%以上。目前，在点云处理上没有类似软件。



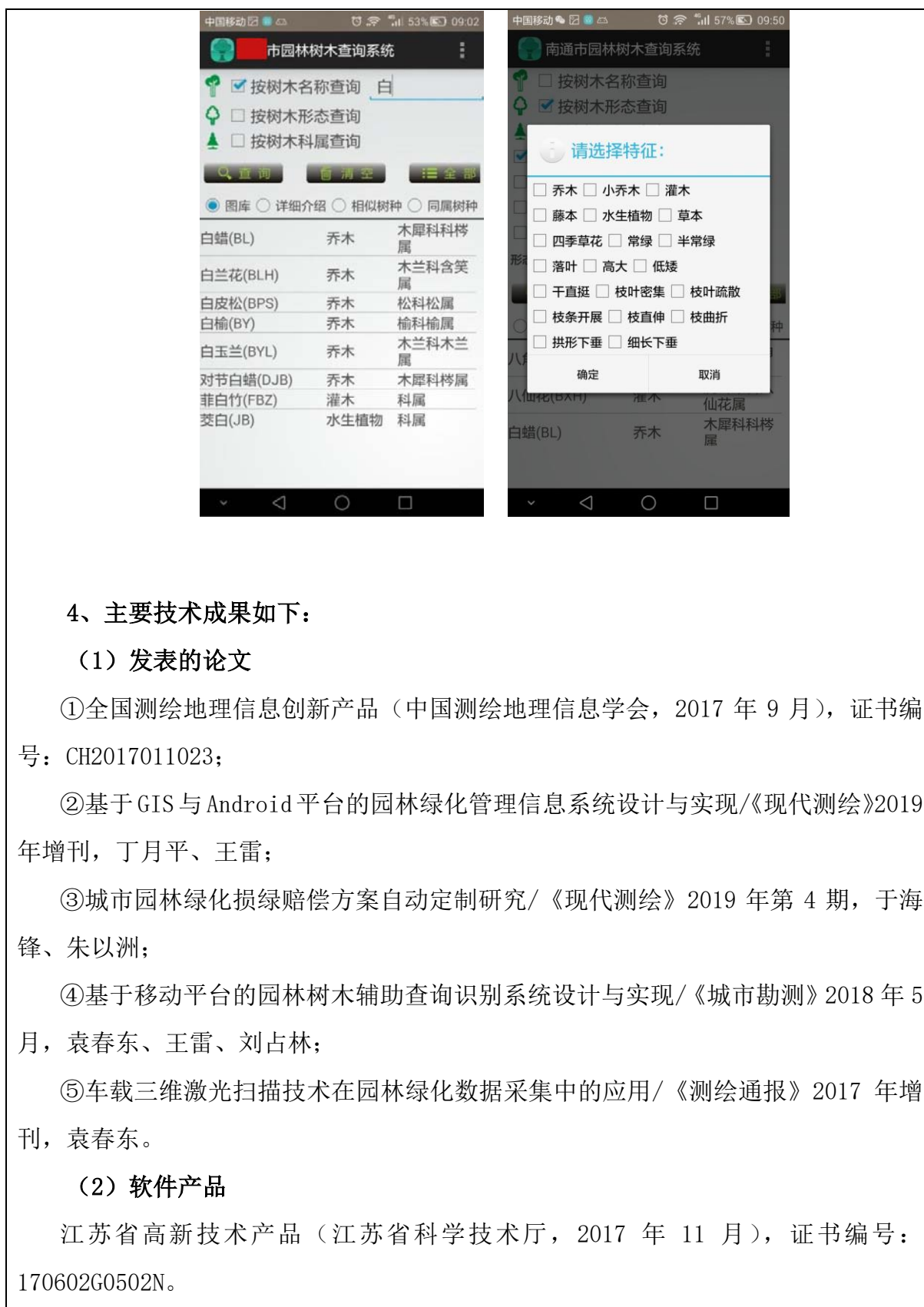
3、城市生态环境监测新技术

本项目结合光学遥感影像、土地利用分类数据、地面传感网数据、实测数据，通过计算植被指数等特征，提取城市绿地的范围和植被的生长状态，从而计算城市地区植被覆盖度等专题信息，通过光谱采集与分析，建立园林光谱数据，基于知识管理智能别。通过植被覆盖度和地上生物量的智能化监测，利用时间序列的卫星影像数据以获取不同年际的专题结果，进一步推算城市历年的碳储量，并进行变化分析。利用各种智能分析模型及数据挖掘等技术，对变化监测结果进行定性和定量分析，为城市生态规划和效益的决策提供辅助。基于该技术，形成了系列成果。

(1) 各类专题图自动生成，支持多种软件格式，具有通用性。



(2) 开发了园林自动识别软件，通过各类属性，自动匹配度 98%以上。



(3) 软件著作权

①测绘院园林绿化 CAD 成图软件 V1.0 (2017 年 3 月), 编号: 2017SR076813 (第 1662097 号);

②测绘院园林绿化自助识别软件 V1.0 (2016 年 3 月), 编号: 2016SR042262 (第 1220879 号);

③测绘院园林绿化采集统计 GIS 系统 V1.0 (2015 年 6 月), 编号: 2015SR116397 (第 1003483 号)。

四、第三方评价

1、管理平台通过了工信部授权的软件产品检测机构“中国赛宝实验室”的检测，对系统的功能性、信息安全性、可靠性、维护性、易用性、可移植性进行了测试，并对系统进行了病毒检查及本地化、用户文档审查。

2、数据采集经江苏省质量监督检验站抽样检验，所检成果符合 GB/T 24356-2009《测绘成果质量检查与验收》，检验合格。

3、江苏省科技查新咨询中心对项目出具了《科技查新报告》，对以下创新点进行查新：（1）在 Android 平台上利用旋转网格法实现坐标测量定位，在园林绿化管理中完成绿地的占用损毁面积测量；（2）基于蓝牙通讯技术将测绘仪器与手机连接，实现树木的精准定位结果与园林绿化管理移动 APP 数据集成；（3）基于无人机的古树名木时空数据采集，及虚拟现实技术下的古树名木场景浏览，经检索所检文献中未见述及。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况

该项目在园林管理行业形成“泰州模式”，在南通、淮安园林绿化数据采集与建库得到应用。2019年11月中国风景园林学会园林工程分会特邀参会，以“智慧园林解决方案与案例应用”做大会报告，引起行业关注；2020年7月应邀参加江苏省城市智慧园林建设科技项目座谈会，会上做了“泰州经验”介绍，引起共鸣，南京、无锡、徐州、连云港等地园林绿化管理部门进行学习交流。

项目已成功推广应用到泰州市海陵区、姜堰区、高港区的园林绿化管理，取得了良好的社会效益和示范效应。

基于该项目研究的技术发表论文4篇，在全国相关学术交流会专题报告2次，起到了良好的新技术推广效应。

- (1) 车载三维激光扫描技术在园林绿化数据采集中的应用/《测绘通报》2017年增刊
- (2) 基于移动平台的园林树木辅助查询识别系统设计与实现/《城市勘测》2018年5月
- (3) 城市园林绿化损绿赔偿方案自动定制研究/《现代测绘》2019年第4期
- (4) 基于GIS与Android平台的园林绿化管理信息系统设计与实现/《现代测绘》2019年增刊
- (5) 激光扫描技术在数字古建、数字园林及智慧照明管理中的应用/2019中国地理信息产业大会专题报告
- (6) 智慧园林解决方案与案例应用/2019年中国风景园林学会园林工程分会年会专题报告

2、近年直接经济效益单位：万元人民币

年份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2017年	260	50		
2018年	215	50		
2019年	91.5	18		
累计	566.5	118		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

项目自 2017 年 9 月运行至今，成功在泰州市园林绿化管理中得到应用，取得了良好的应用效果。基于 GIS 技术采集覆盖 600 万平方米绿地、4 万余株行道树及 57 株古树名木绿地位置及属性信息，建立园林绿化管理“一张图”，实现绿地系统规划、现状绿地分布、在建项目工程、绿化养护、城市绿道、园林绿化植物等多源异构数据的可视化管理，提供生态功能完善、公园绿地布局、生物多样性等数据分析和辅助决策。项目依托物联网、大数据、地理信息等技术，建立智慧园林综合管理平台，使应用单位实现了从传统管理到智慧化管理的转变，两年多来为应用单位节约人力成本约 120 万元。

3、社会效益（限 200 字）

该项目的应用，全面提升了智慧化生态园林城市建设管理水平。基于数据加密安全认证和 HTML 技术，应用移动互联网二维码扫描，进行园林绿化的智慧导览、智慧查询和智慧报修，实现社会公众智慧化享用园林绿化资源和参与生态园林城市建设，提升了生态园林城市的民生服务能力；项目成功应用到今年的新冠肺炎疫情防控工作，疫情期间公众通过手机实现分时段预约入园，管理部门通过公园入口安装的人脸识别系统进行实时客流量统计，为保障疫情防控效果发挥了重要作用。

项目已成功推广应用到泰州市海陵区、姜堰区、高港区和医药高新区的园林绿化管理，并在南通市、淮安市、宿迁市、连云港市、徐州市等地园林绿化部门进行了经验推广，创造经济效益近千万，并取得了良好的社会和生态效益。

4、环境效益（限 200 字）

该项目的应用，有效动态监测了园林绿化植物的生长状况和迁移情况，合理利用和保护了园林绿化资源；通过管理信息系统的辅助决策分析，为科学规划和建设城市园林绿化提供了有效保障，提升了城市园林绿化建设水平，为人民构建了风景优美、宜居的生活环境。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	车载三维激光扫描技术在园林绿化数据采集中的应用/《测绘通报》2017年增刊	2017年12月20日	袁春东	
2	基于移动平台的园林树木辅助查询识别系统设计与实现/《城市勘测》2018年5月	2018年5月	袁春东、王雷、刘占林	
3	城市园林绿化损绿赔偿方案自动定制研究/《现代测绘》2019年第4期	2019年7月25日	于海锋、朱以洲	
4	基于GIS与Android平台的园林绿化管理信息系统设计与实现/《现代测绘》2019年增刊	2019年8月	丁月平、王雷	
5	智慧园林解决方案与案例应用/2019年中国风景园林学会园林工程分会年会专题报告	2019年11月	李砾砾	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	车载三维激光扫描技术在园林绿化数据采集中的应用	移动三维激光扫描与全景影像技术在公路修缮设计中应用探索/卢启生	工程勘察	2018 年 10 月
2	车载三维激光扫描技术在园林绿化数据采集中的应用	城市园林绿化损绿赔偿方案自动定制研究/于海锋	现代测绘	2019 年 4 月
3	车载三维激光扫描技术在园林绿化数据采集中的应用	大型溶洞旅游开发中三维建模测绘技术及应用/柏宏强	软件导刊	2019 年 6 月
4	基于 GIS 与 Android 平台的园林绿化管理信息系统设计与实现	社区防灾手机 App 研究与开发/孔维东	城乡规划	2020 年 4 月
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家 (地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	计算机软件著作权	测绘院园林绿化采集统计GIS系统V1.0	中国	2015SR116397	2015.6.26	第1003483号	国家版权局	南通市 测绘院 有限公司
2	计算机软件著作权	测绘院园林绿化自助识别软件V1.0	中国	2016SR042262	2016.3.2	第1220879号	国家版权局	
3	计算机软件著作权	测绘院园林绿化CAD成图软件V1.0	中国	2017SR076813	2017.3.13	第1662097号	国家版权局	
4	全国测绘地理信息创新产品	精一时空·园林绿化时空平台	中国	CH2017011023	2017.9.7		中国测绘地理信息学会	
5	江苏省高新技术产品	精一时空·园林绿化时空平台	江苏省	170602G0502N	2017.11		江苏省科学技术厅	

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	无伸缩缝桥梁关键技术研究及推广应用		
完成人	贲庆国、陈宝春、曹学勇、黄福云、计月华、葛云、薛俊青、 黄勤、周博、刘朵、邓文琴、王卫强		
完成单位	苏交科集团股份有限公司、 福州大学、 南京工业大学		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	江苏省综合交通运输学会		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
江苏省交通科学研究计划项目	无伸缩缝桥梁关键技术应用研究	06Y22	2010.09
授权发明专利（项）	4	授权其他知识产权（项）	4
起止时间	起始： 2006 年 7 月 15 日	完成： 2019 年 7 月 15 日	

二、项目简介

(限1200字)

一、科学技术领域

本项目属于土木工程中新型结构技术领域。

二、主要科技内容

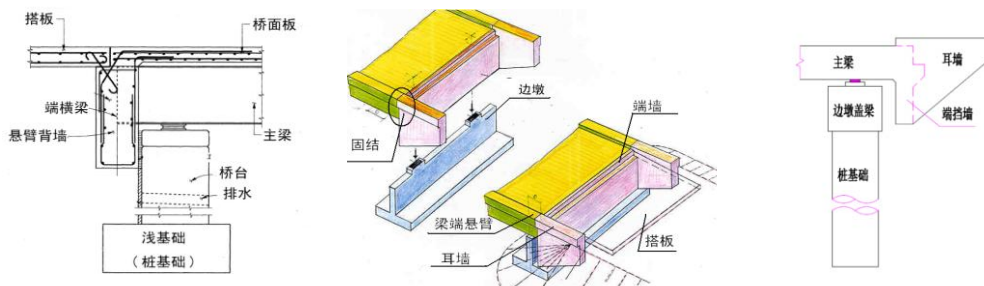
2.1 问题由来

桥梁伸缩缝是桥梁中最易破损且难以维修的部位。据统计数据，全国 570000 座桥梁中，有病害的桥梁中问题的一半是出现在桥面伸缩装置上。日本东名高速公路通车后 8 年间，伸缩缝的平均修补次数为 1.6 次/缝。

伸缩缝破坏加剧了桥头跳车，桥头跳车对桥梁本身的耐久性、安全性及司乘人员、车辆及货物都有不同程度的影响，**通过研究发现：“最好的伸缩缝就是没有伸缩缝”。**

2.2 主要研究内容

我们在研究取消桥梁伸缩缝的过程中，通过结构创新把伸缩缝原先所承担的功能继续可靠的承接过来。



自 2006 年开始研究，调研了国内外的相关研究情况，结合我省的桥梁设计、施工、养护的特点，从结构构造与受力特点、设计计算方法、施工流程等方面进行了专题研究，并通过依托工程，对桥梁在运营阶段进行观测分析，进一步验证完善其设计施工方法，最终形成无缝桥梁的成套技术。通过无伸缩缝桥梁技术，从本质上解决了伸缩缝长期困扰道路交通的难题。

2.3 无伸缩缝桥梁的主要优点

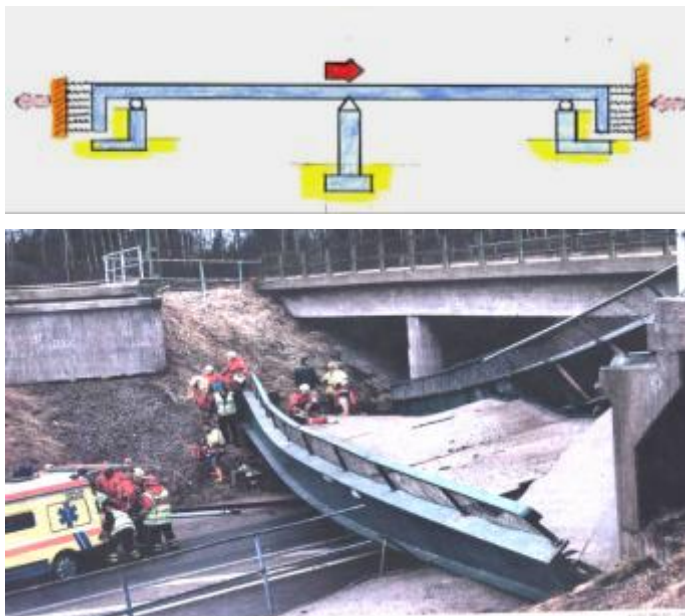
(1) 行车舒适，提高了桥梁使用耐久性

与常规有伸缩缝桥梁相比，取消了伸缩缝，从根本上消除了桥头跳车，提高了行车舒适性，也提高了桥梁使用耐久性和使用寿命。



(2) 提高了桥梁的抗灾害能力

在地震作用下，桥梁伸缩装置的存在构成了一个潜在的落梁破坏机制，而对无伸缩缝桥梁而言，由于取消了伸缩缝，桥台和上部结构连成一体，为自锁定结构，在地震作用下桥梁不会发生落梁等垮塌事故。



上图为一座桥梁震后抢修照片，左侧为常规桥梁，地震后落梁垮塌，右侧为无伸缩缝桥梁，震后无损伤正常运营。

(3) 造价及维护费低，经济效益明显。

- a、建设阶段，取消昂贵伸缩缝，节省造价。
- b、使用阶段，取消伸缩缝维护及更换费用。超载和施工质量不高，导致伸缩缝 3-5 年就更换一次。

通过测算，全寿命期节省造价约 15%。

(4) 可以提高桥梁受力性能，使纵、横向的活荷载分布更加均匀。

采用无伸缩缝桥梁，桥台处为整体式结构，将桥台的支承方式由铰接变为固结，增加了结构的整体刚度，使得纵桥向及横桥向的活荷载分布更为均匀，提高了桥梁的整体受力性能。

三、技术经济指标、促进行业科技进步作用及应用推广情况

我院自 2006 年在承担了相关课题，于 2010 年结题鉴定为国际先进，自 2008 年开始在我省率先推广应用无伸缩缝桥梁，通过 10 多年的应用，并取得了显著的经济效益、社会效益及环境效益，2014 年我院联合福州大学，开展了无伸缩缝桥梁的标准编制工作及面向全国的推广应用，并取得了显著的成果。

取得主要技术成果如下：

- (1) 编制行业标准 1 部（《公路无伸缩缝桥梁技术规程》）。
- (2) 授权专利 8 项（发明专利 4 项、实用新型专利 4 项）。
- (3) 发表相关论文 8 篇（2 篇 SCI 收录，2 篇 EI 收录）。
- (4) 出版专著 1 本（无伸缩缝桥梁/人民交通出版社）。
- (5) 推广应用桥梁 14 座。

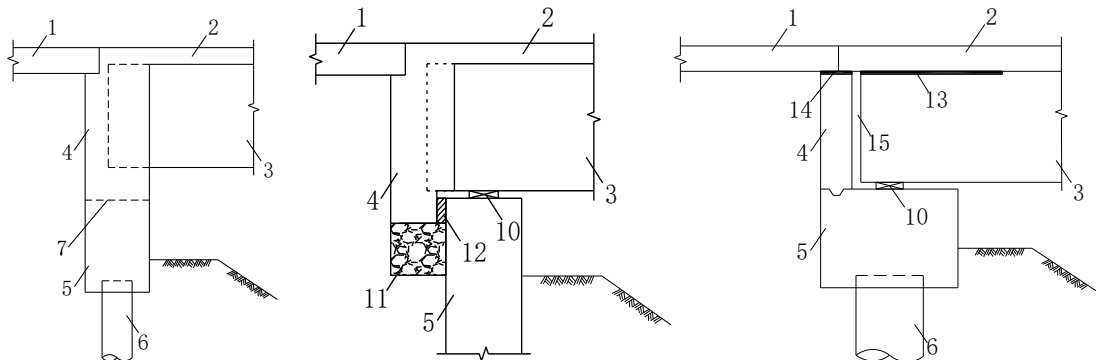
三、主要科技创新

针对无伸缩缝桥梁技术，我们有如下 5 项科技创新：

1、提出了 3 种无伸缩缝桥台结构

无伸缩缝桥梁的关键在桥台，影响无伸缩缝桥梁整体受力和使用性能的主要因素是温度，针对我国的桥梁使用特点和不同区域的温度变化规律，我们开展了不同温度变化幅度下的桥台型式的研究，提出了 3 种无伸缩缝桥台型式，并对各自的适用范围、使用条件进行了明确。通过上述研究，我们获得了 5 项国家专利（发明专利 3 项，实用新型专利 2 项），发表论文 5 篇。

主要内容：



(a) 整体式桥台

(b) 半整体式桥台

(c) 延伸桥面板式桥台

1-搭板；2-桥面板；3-主梁；4-桥台上半部分（端墙或背墙）；5-桥台下半部分（桩帽）；6-桥台基础；7-施工缝；8-变形缝；9-钢棒；10-支座；11-盲沟；12-密封防水材料；13-无粘结层（油毛毡等）；14-滑移层；15-伸缩间隙

(1) 整体式桥台：将上部主梁与下部桥台及桩基连成一体，采用柔性桩基，利用基础柔性适应桥梁温度变形，结合我国的桥梁特点，对于采用整体式桥台的无缝桥主要适用于桥梁跨径总长不大于 120m 的桥梁。

(2) 半整体式桥台：也称组合式桥台，将上部主梁与桥台端墙整体浇筑刚接，主梁与桥台盖梁间通过支座连接，结构变形通过桥台传递到台后填土，该类型桥台主要适用于桥梁跨径总长不大于 150m 的桥梁。

(3) 延伸桥面板式桥台：为改良型的无伸缩缝桥台，在常规桥台基础上降低背墙，搭板伸过背墙与主梁连接，桥梁纵向变形通过主梁传递至台后搭板，主要适用于桥长不大于150m的桥梁。

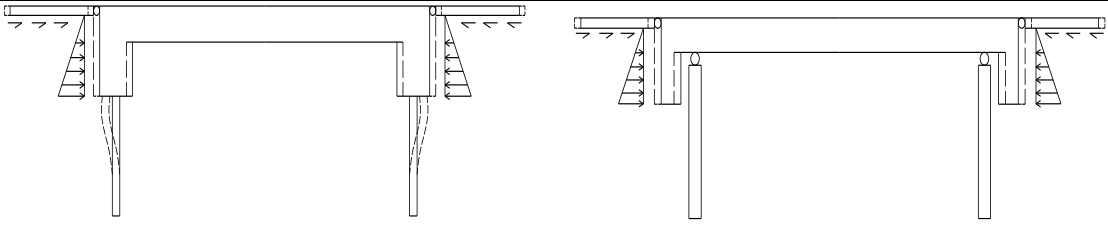
2、开发了无伸缩缝桥梁应用的成套技术，编制了无伸缩缝桥梁技术规程行业标准

为了方便无伸缩缝桥梁的推广应用，我们在前期多座依托工程桥梁应用的基础上，针对我国的不同区域的气候特点、地质特点、桥梁使用特点等，定义了我国的无伸缩缝桥梁类型，并通过对各种不同类型无伸缩缝桥梁进行分析计算，提出了各种类型无伸缩缝桥梁的适用条件及温度荷载计算公式，同时提出了不同类型无缝桥的设计计算方法和施工方法，总结了无伸缩缝桥梁的设计施工成套技术，最终编制了行业标准《无伸缩缝桥梁技术规程》，报批稿已经完成，即将正式颁布，在前期研究阶段，共发表论文3篇。

主要内容：

(1) **无伸缩缝桥梁总则**：明确了无伸缩缝桥梁的研究背景、国内外使用情况、结构的特点，并针对国内的桥梁特点，确定了无伸缩缝桥梁的适用范围、分类，并定义了相关的专业术语。

(2) **无伸缩缝桥梁的设计**：在设计计算时，在常规桥梁的设计基础上，需要重点考虑温度变化引起的结构受力和变形，以及由此引起的相关的次内力。桥梁的上部结构、下部结构及基础结构采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，按分项系数的设计表达式进行设计。无伸缩缝桥梁结构计算图式、几何特性、边界条件等应反映实际结构状况和受力特征。采用有限元计算时，对于单跨桥，整体桥将上部结构、桥台及基础、台后填料、引板等作为整体计算；半整体桥将上部结构、桥台上部分（端墙）及台后填料、引板等作为整体计算，桥台下部分及基础可单独计算；延伸桥面板桥宜将上部结构与引板作为整体计算，桥台及基础可单独计算。



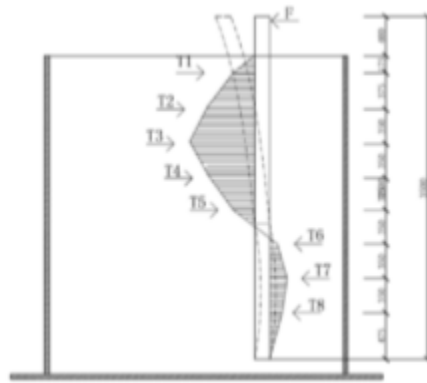
结构纵桥向受力示意图

(3) 无伸缩缝桥梁的施工：无缝桥的施工总体与常规桥梁基本一致，与常规桥梁施工最大的不同就是桥台的施工，总体施工流程如下：基础和桥墩→台的施工→架设主梁→浇筑桥面板→现浇主梁端挡墙→完成台后填土及搭板浇筑，其中对于桥台端挡墙的施工，我们通过研究得出如下的结论：无伸缩缝桥梁的端挡墙施工，应减小混凝土收缩带来的不利影响。端墙将主梁，甚至上、下部联成整体，它宜在主梁纵、横向接缝施工完成后进行，否则若接缝出现错位，将难以调整，强行联接将产生较大的应力。规定端墙宜在主梁桥面板施工完成后进行，是为了减小桥面板端墙的负弯矩。另外对于台后填土的施工，与常规桥不同，由于结构受力要尽量保证两侧的土压力平衡，因此对于两侧台后填土，为避免填土过程中因桥梁两端的桥台台后不平衡土压力，使主梁产生刚体位移，两端桥台台后填土应同步进行，同步相对高差不宜超过50cm。

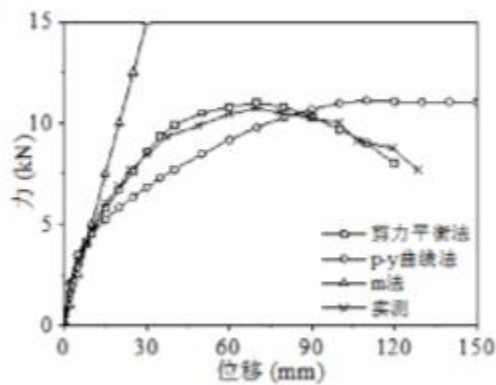
3、提出了一种基于位移的桩-土相互作用剪力平衡方法

结合无伸缩缝桥梁的受力特点，给出了一种基于位移的桩—土相互作用剪力平衡计算方法，可以较准确地计算桩基的内力和变形，可供有关规范的制定提供参考与借鉴。通过该研究，**获授权国家专利 2 项，其中发明专利 1 项，实用新型专利 1 项，发表论文 3 篇，其中 SCI 收录 1 篇、EI 收录 1 篇、核心刊物 1 篇。**

首先假定桩周土压力为连续分布，并假定土表面的桩周土压力为 0、桩底的土压力也为 0，划为 N 层。本研究在测量土压力时采用了 8 个测点 (N=8)。假定各压力计测点 i (i=1-8) 测得的值表示桩身在该范围内土层的平均桩周土压力，则这一土层对桩的土抗力就为 T_i ，分布规律如下图所示。



采用 m 法、p-y 曲线法以及本研究简便计算方法得到的某混凝土桩基荷载-位移曲线下图所示，并与试验实测结果进行了比较。



由上图可知，采用 m 法得到的曲线表现为线性，这是因为 m 法基于线弹性小变形理论。当位移较小时，计算值与实测值较为吻合。但在较大位移情况下，计算值与实测值偏差较大，曲线变化规律也与实际不符。采用 p-y 曲线法计算得到的曲线要明显好于 m 法。但是随着位移荷载的增加，p-y 曲线法的到曲线与实测值偏差较大，且也只有上升段，没有明显的下降段和破坏段。本研究提出的剪力平衡计算方法能较好地计算桩基的内力和变形。

4、在无伸缩缝桥梁的抗震研究方面，给出了在不同地震作用下的桩基变形计算的简便方法。

采用m法或p-y曲线法来计算强震地区桥梁桩基性能存在着一定的局限性。其中，中震（即水平变形大于10mm时）和大震（即水平变形大于40mm时）作用下，m法或p-y曲线法在计算桩基的变形时，误差均较大；小震（即水平变形小于10mm时）作用下m法和p-y曲线法可以较准确计算桩基的变形。另外，中震和大震作用下，p-y曲线法优于m法；小震作用下m法要优于p-y曲线法。本研究提出的简便计算方法能较好地计算不同烈度地震作用下桩基的变形。通过该研究，获授权国家发明专利1项，发表论文3篇，其中EI收录 1篇、核心刊物2篇。

主要内容：

当位移荷载在5mm（小震）内时，由m法计算得的桩身位移与实测位移较为吻合；当位移荷载增大到10mm时，由m法计算得到的桩顶位移与实测值误差超过了10%，且位移荷载越大，误差也越大。当位移荷载增大至20mm（中震）时，误差超过了50%。m法在计算大变形时存在较大的误差。当位移荷载在10mm内时，由p-y曲线法计算得的桩身位移与实测位移较为吻合；当位移荷载增大至20mm（中震）时，采用p-y曲线法计算得到的桩顶位移与实测值误差超过了10%，且位移荷载越大，误差也越大。当位移荷载增大至40mm（大震）时，误差超过了40%。因此，p-y曲线法在计算大变形时仍还存在较大的误差。为更为准确地计算不同烈度地震作用下桩基变形，根据试验结果，采用基底函数和二次函数进行拟合，得到如下经验公式：

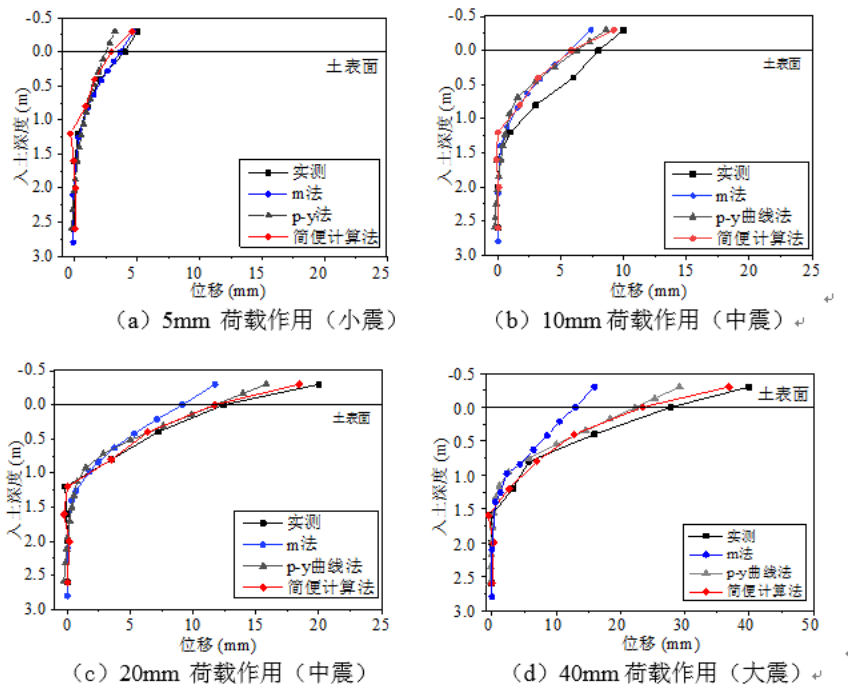
$$f(x) = \begin{cases} 1.0 \times e^{-5.39x} & (0 \leq z < 2.5Q) \\ 0.66x^2 - 1.173x + 0.5 & (2.5Q \leq z \leq 4.0Q) \\ 0 & (z > 4.0Q) \end{cases}$$

式中， $f(x)$ 为桩身位移归一化后的系数； x 为桩身埋深归一化后的系数， $x=z/4Q$ （其中 z 为埋深、 Q 为变形系数）。

桩身位移计算公式为：

$$Y = Y_0 \times R_{y(u)} \times f(x) = Y_0 \times (0.76 \times e^{-15.74u + 0.24}) \times f(x)$$

式中 Y 为桩身水平位移； Y_0 为桩顶位移； $R_y(u)$ 为轴压比影响系数； $f(x)$ 为桩身位移归一化系数。m法、p-y曲线法以及本研究给出的公式计算结果和实测值的比较如图3所示。由图3可知，中震和大震作用下，m法或p-y曲线法在计算桩基的变形时，误差均较大，本研究给出的简便计算方法能较好地计算不同烈度地震作用下桩基的变形。



5、编制了我省无伸缩缝桥梁标准图

我们通过多座桥梁的应用，并进行了多年的观测，通过不断的优化设计方案，针对我省的气候和地质特点，我们总结了无伸缩缝桥梁的结构特点、受力特点，并结合我省的桥梁和路基的使用习惯及施工特点，制定了 10m、13m、16m、20m 四种最常用跨径的无伸缩缝桥梁标准图，方便无伸缩缝桥梁的推广应用，该套标准图为国内第一套针对无伸缩缝桥梁的标准图，包括以下内容：

(1) 设计说明

对无伸缩缝桥梁的使用范围、技术指标、主要材料、设计参数及要点、施工流程及施工要点等方面进行了说明，重点针对桥台和台后填土的设计及施工进行了论述，其中对于桥台，明确了不同跨径桥梁的桥台各构造尺寸，桥台各构件的施工流程和施工工艺，同时对台后填料的材料组成、填筑要求进行了详细的说明。

(2) 结构设计图

结构设计图分为上部结构、下部结构、附属构造、接线设计四个部分，其中上部结构针对不同跨径的桥梁，给出了不同跨径的桥梁的无伸缩缝桥台结构（包括端挡墙、耳墙、搭板等）一般构造图、预应力钢筋图、普通钢筋图及相应的工程数量表。下部结构给出了桩基和桥台盖梁的一般构造图和钢筋构造图。台后填土设计图包括路基设计图、路面设计图等。

四、第三方评价

项目组承担了江苏省交通科学研究计划项目(06Y22)“半整体式无伸缩缝简支梁桥应用研究”，课题研究了无伸缩缝桥梁的结构构造、受力特点、设计计算及施工养护等，并通过依托工程的应用，取得了良好的应用效果。该课题成果于2010年鉴定达到国际先进，2011年该科研成果获得了中国公路学会三等奖。

本项目的鉴定意见如下：

一、课题组完成了执行合同约定的各项研究任务，提交鉴定的资料齐全规范，符合科技成果鉴定要求。

二、课题以苏州 S227 一号桥为依托工程，对半整体式桥台在简支梁桥中的应用从设计方法、施工、运营观测等方面进行了系统深入的研究，通过取消中小桥伸缩缝、实现全桥无缝，提高了中小桥梁使用耐久性、行车舒适性，降低了全寿命周期成本，具有重要的工程意义。

三、该课题主要创新点：

- (1) 首次将端挡墙式半整体桥台应用于公路无伸缩缝简支梁桥；
- (2) 提出了适用于公路无伸缩缝简支梁桥半整体式桥台的设计方法和施工要点；
- (3) 研究并提出了端挡墙与空心板梁的连结构造及适用于无伸缩缝简支梁桥的桥面连续构造措施。

该课题研究成果丰富，经济和社会效益显著，可节省养护资金，提高桥梁结构耐久性。鉴定委员会一致同意通过鉴定，并认为该成果达到国际先进水平。

建议继续跟踪观测实体工程运行情况，并进一步推广应用。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

我院于 2005 年在国内率先进行无伸缩缝桥梁的研究工作并一直致力于无伸缩缝桥梁的推广应用，在我省先后设计建成了苏州 S227 一号桥、钱泾河中桥、辅道一号桥、辅道二号桥，泰州市长安北路严家桥、高兴东路桥、英武南路桥、水乡路一号桥、水乡路二号桥等 10 座无伸缩缝桥梁详见下表，已建桥梁的运营状况均良好，目前有 5 座桥梁正在设计，即将进入施工阶段。

我院于 2013 年在省外联合福州大学等科研机构共同开展了无伸缩缝桥梁的研究与应用推广，福州大学主要完成了 4 座桥梁的应用工程。

工程编号	项目名称	地点	建成年代	桥跨布置	整体状况
1	227 省道城市化改造 1 号桥	江苏苏州	2007 年	3x16m	运营良好
2	相城区钱泾河中桥	江苏苏州	2010 年	3x20m	运营良好
3	苏虞张快速化工程辅道 1 号桥	江苏苏州	2011 年	3x13m	运营良好
4	苏虞张快速化工程辅道 2 号桥	江苏苏州	2012 年	3x13m	运营良好
5	英武北路严家桥	江苏泰州	2013 年	3x20m	运营良好
6	英武南路桥	江苏泰州	2015 年	13+20+13	运营良好
7	高兴东路桥	江苏泰州	2016 年	3x20m	运营良好
8	兴姜河中桥	江苏泰州	2017 年	3x13m	运营良好
9	水乡路 1 号桥	江苏泰州	2018 年	1x20m	运营良好
10	水乡路 2 号桥	江苏泰州	2018 年	1x20m	运营良好
11	南三路分离式立交桥	河北石家庄	2014 年	3x30.1m	运营良好
12	柳儿营（马义线）分离式立交桥	河北石家庄	2014 年	3x20m	运营良好
13	泉州枷楠一号桥	福建泉州	2016 年	4x20m	运营良好
14	马峦立交主线桥	深圳	2018 年	3x30m	运营良好

项目团队通过多年的应用，积累了丰富的研究经验，并形成了的无伸缩缝桥梁的设计施工成套技术，成为我国无缝桥推广应用的主要力量。





2、近年直接经济效益			单位：万元人民币	
	完成单位		其他应用单位	
年 份	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2008~2014	2400万元	480万元	2100万元	310万元
2015~2019	3100万元	730万元	2600万元	530万元
累 计	5500万元	1210万元	4700万元	840万元
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>根据研究成果的推广应用的共 13 座桥梁，分两个阶段统计。从完成单位即业主单位方面，根据工程决算报告，13 座桥梁工程造价（新增销售额）5500 万元，其中因为采用了无伸缩缝桥梁技术，节省了伸缩缝的使用、更换、维护费用，在全生命周期可以节约工程造价（新增利润）1210 万元。在其他应用单位即施工单位和监理单位方面，根据施工单位和监理单位的统计数据，13 座桥梁新增销售额 4700 万元，新增利润 840 万元。</p> <p>无伸缩缝桥梁技术主要适用于中小桥梁，我省每年新建桥梁约 2000 座，其中中小桥梁占全部桥梁的比例超过 85%，如采用无伸缩缝桥梁技术，建设阶段可节省造价 1.5 亿元，运营阶段可以节省费用 10.5 亿元，经济效益显著。</p>				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>依托工程运营中，由于采用无伸缩缝桥梁技术，取消了传统的桥梁伸缩缝，行车舒适度有较大提升，桥头也避免了桥头跳车，从而避免了跳车对司乘人员、车辆本身以及货物的影响，通过现场司乘人员反馈，从舒适度方面，依托工程桥梁相比前后常规桥梁具有明显的优越性，同时取消伸缩缝，也避免了因后续维修更换所造成的交通影响，从整体上节省了社会资源，社会效益显著。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>通过无伸缩缝桥梁技术的推广应用，在建设阶段减少了伸缩缝的应用，节省了钢材、橡胶等材料，减少了相应的材料生产、运输、施工带来的环境污染。在运营阶段，减少了更换、维修伸缩缝带来的环境污染，也减少了伸缩缝的材料在生产和运输阶段带来的环境污染。</p>				

六、代表性论文论著情况

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	整体式桥台桥梁的发展及应用/现代交通技术	2006/12/10	朱晓宁、贲庆国	
2	组合式桥台无伸缩缝桥梁技术及应用/现代交通技术	2017/06/10	贲庆国	
3	Experimental Study on the Dynamic Response of PHC Pipe-Piles in Liquefiable Soil /Journal of Testing and Evaluation	2017/1/30	Huang Fuyun, Qian Haimin, Zhuang Yizhou, Cui Fu	SCI收录
4	基于位移的 PHC 管桩-土相互作用计算方法 /中国公路学报	2018/3/30	黄福云, 钱海敏, 付 毳, 庄一舟	EI收录
5	无伸缩缝桥梁/人民交通出版社	2019/5/12	陈宝春, 庄一舟, 黄 福 云 , Bruno Briseghella	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	基于位移的 PHC 管桩-土相互作用计算方法	预应力管桩与水泥土搅拌桩在软土地基处理中的应用/王哲	铁道建筑/0.77	2020.07
2	基于位移的 PHC 管桩-土相互作用计算方法	地基处理技术进展/刘松玉	土木工程学报/2.481	2020.04
3	整体式桥台桥梁的发展及应用	斜腿刚构桥模型试验研究/陆潇雄	常州工学院学报/0.231	2012.06
4	整体式桥台桥梁的发展及应用	无伸缩缝桥梁在北方严寒地区的应用研究/张书建	吉林大学	2007.05
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型	端挡墙式半整体桥台	中国	ZL201020610630.8	2011.6		江苏省交通科学研究院	贲庆国、葛云、钱滨、陈建新、潘健
2	发明专利	一种提高横向抗震性能的无缝桥桥台构造	中国	ZL201410813405.7			福州大学	黄福云、陈宝、春庄一舟、付鑫
3	发明专利	一种提高梁桥横向抗震性能的桥墩-盖梁构造及施工方法	中国	ZL201410813367.5			福州大学	黄福云、付鑫、陈宝春、王胜智
4	实用新型	用于空心板梁桥的空心板结构	中国	ZL201521031070.X	2016.9		苏交科集团股份有限公司	贲庆国、沈平桂
5	发明专利	用以吸纳无缝桥搭板端部位移的U型封套结构及施工方法	中国	ZL201611051369.0	2018.2		福州大学	薛俊青、唐玉凤、布鲁诺·布里斯杰拉、陈宝春
6	实用新型	一种适用于空心板桥的调平装置	中国	201120265851.0	2012.3		苏交科集团股份有限公司	贲庆国、钱滨、葛云
7	实用新型	一种高精度测量土体中结构物变形的构造	中国	201820051722.3	2018.8		福州大学	黄富云、林友伟、宋大东
8	发明专利	带螺纹的预制UHPC管桩及其制作施工方法	中国	201610894784 .6	2018.7		福州大学	庄一舟 王静杰 黄福云 李增锋 程俊峰

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	新型改性纳米环氧水性建筑涂料的研发与应用		
完成人	王升文、钱琛、金党琴、王元有、戴海雄		
完成单位	扬州工业职业技术学院；江苏金陵特种涂料有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	扬州工业职业技术学院		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
1	中科院国家重点实验室开放 基金项目	20200027	在研
2	江苏省住建厅科技计划项目	2019ZD097	在研
3	扬州市产学研协同创新项目	YZ2014124	2017.6
4	扬州市市校合作专项	YZ2018146	2020.4
授权发明专利（项）	6	授权其他知识产权 （项）	4
起止时间	起始： 2014 年 7 月 1 日	完成： 2020 年 6月30日	

二、项目简介

(限1200字)

2014年、2018年、2019年扬州工业职业技术学院与江苏金陵特种涂料有限公司签署校企合作开发协议，共同开发一种新型环氧树脂水性建筑涂料，以解决长期困扰我国水性涂料的“易脱落”和“短寿命”问题。2018年起新产品陆续研制成功并投放市场以来，取得了良好的经济效益和社会效益。

(一) 主要研究内容、创新点与关键技术

(A) 溶胶-凝胶技术原位法制备纳米环氧树脂复合材料

研究内容:

- 1) 制备聚合物/无机含量可调的纳米环氧树脂复合材料;
- 2) 纳米复合材料的结构表征，纳米粒子在复合材料中的分散性表征，有机/无机界面粘接性能的表征;
- 3) 纳米复合材料的物理化学性质、机械力学性能以及热机械力学等性能测定。

创新点: 将纳米粒子与环氧树脂形成化学键键合的杂化纳米材料，避免了制备水性纳米涂料直接将纳米粒子分散于水介质中的困难工艺。

关键技术: (I) 原位法制备聚合物-无机纳米复合材料的新配方及新工艺; (II) 为达到有机-无机相分子水平的复合，偶联剂的选择与用量的最佳优化; (III) 反应结束后反应介质的脱除技术与工艺

(B) 制备新型自乳化改性环氧树脂

研究内容:

- 1) 利用自由基接枝聚合法制备丙烯酸酯或聚氨酯接枝改性环氧树脂;
- 2) 改性环氧树脂的结构表征及性能测试;
- 3) 改性环氧树脂的理化性质如表面活性、自乳化性能、乳化粒子的粒径及其分布。

创新点:

- 1) 不需外加乳化分散剂，利用聚合物的表面活性实现改性环氧树脂的自乳化，有利于提高水性纳米涂料的耐水性能;

2) 用丙烯酸酯或聚氨酯改性环氧树脂, 可以改善环氧树脂的脆性, 赋予水性环氧树脂类材料的优异性能。

关键技术: (I) 利用分子设计原理, 优化促进环氧树脂自乳化的共聚改性单体的组成、最佳配方、确定合理聚合方法; (II) 利用自由基接枝聚合法制备丙烯酸酯或聚氨酯接枝改性环氧树脂, 制备得到自乳化改性纳米环氧树脂复合材料。

(二) 授权发明专利情况

2019 年 12 月获得授权发明专利“一种多孔纳米氧化亚锡的制备方法”(专利号: ZL201810692820.6); 2017 年 3 月获得授权发明专利“一种改性纳米 SiO₂/环氧-丙烯酸酯复合材料的制备方法”(专利号: ZL201510400773.3)(为我校唯一受到江苏省知识产权局单独表彰和奖励); 2017 年获得授权发明专利“石墨烯改性钛纳米高分子合金换热器面漆的制备方法”(专利号: ZL201510081235.2); 2017 年获得授权发明专利“石墨烯改性钛纳米高分子合金换热器底漆的制备方法”(专利号: ZL201510084384.4); 2017 年获得授权发明专利“石墨烯的一种制备方法”(专利号: ZL201510079879.8); 2014 年获得授权发明专利“有机硅丙烯酸改性水性环氧乳酸及其制备方法”(专利号: ZL201310002798.9)。

(三) 主要经济指标

截止 2019 年 12 月, 累计销售水性建筑涂料 420 吨, 平均售价 3.2 万元/吨, 累计销售收入 1344 万元, 累计销售成本 864 万元, 累计新增产值 1100 万元, 新增利税 190 万元。

指标名称	单位	合同中预计	实际完成情况
1. 新增产值	万元	1000	1100
2. 新增销售额	万元	1200	1344
3. 新增利税	万元	150	190
4. 新增出口创汇	万美元	10	15

(四) 应用及效益情况

2017 年底新研制的环氧树脂水性防腐涂料在江苏金陵特种涂料有限公司中试成功后投入了一条生产线进行生产, 产品自 2018 年开始在江苏儒博科技有限公司、扬

州长三角涂料涂装有限公司两企业推广应用，使用两年来，产品安全环保、质量稳定可靠，价格有优势，得到了用户的一致好评。

两企业已累计新增产值 1100 万元，新增利润 480 万元，新增利税 190 万元（产品性能评价和经济效益证明详见附件），取得了可喜的经济效益；同时通过校企联盟的实施，对企业人员进行了现场技术培训，解决了社会上 6-8 人的就业问题，提高了高校年轻教师的工程化实操技能，取得了良好的社会效益。

三、主要科技创新

(限5页)

(一) 改性纳米环氧树脂复合材料的制备与性能研究

主要科技创新点：国内的水性涂料普遍存在“易脱落”、“短寿命”的质量问题，特别是复合材料的力学性能比如冲击强度和附着力都不够理想，与国外产品相比没有多少市场竞争力。我们研制的新型水性涂料总体技术水平和主要技术经济指标达到国内同类技术领先水平，冲击强度、耐水性能、耐磨损性能等亦有较大的提高。特别是水性纳米环氧树脂涂料在选材、纳米复合技术、水性环氧树脂的制备技术、水性固化剂的设计以及施工工艺都代表着国际最新技术。具有绿色环保、长寿命和一定的减重效果。在工程化应用方面可以显著提升我国水性涂料和涂层技术水平，促进涂层材料向高性能、绿色化、科学化和规范化的方向发展，加快我国功能材料与国际先进水平接轨的进程。通过研制改性纳米环氧树脂复合新型材料，减少了与国外水性涂料用复合材料的质量差距。具体而言包含以下要点：

(1) 纳米材料表面处理技术

将纳米粒子与一定质量的油酸充分混合，加入 40mL 的丙酮，调节 pH 值为 8，在超声波清洗器超声波处理 30min 后，在高速均质分散机上分散 25min，温度升至 120℃，烘干，制得改性纳米材料。

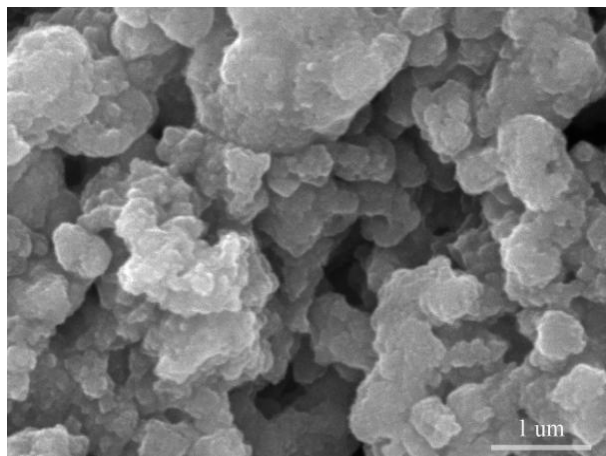


图 1 改性纳米材料扫描电子显微镜图

(2) 改性纳米环氧树脂复合材料制备新工艺

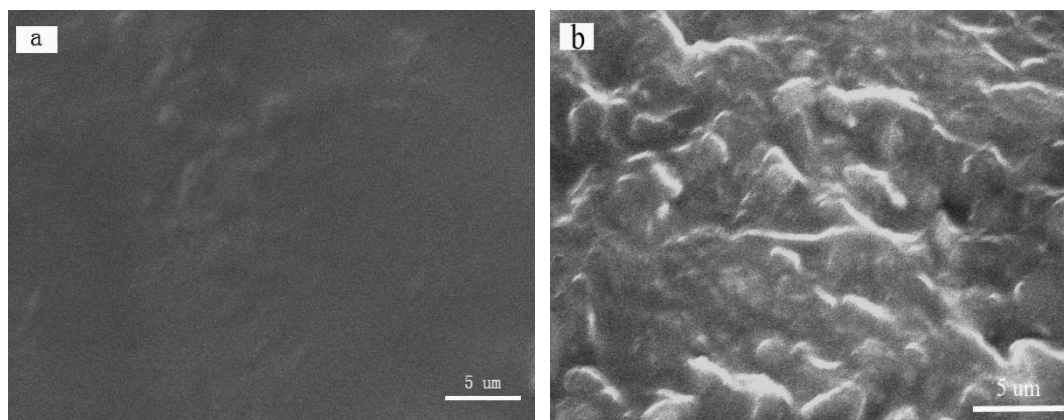


图 2 环氧树脂复合涂膜(a)和改性纳米环氧树脂复合涂膜(b)的 SEM 图

环氧树脂复合涂膜(a)和改性纳米环氧树脂复合涂膜(b)的 SEM 图见图 2。从图 2 (b) 可以看出, 改性纳米粒子较均匀地分散于环氧树脂复合涂膜中, 这表明纳米粒子成功接枝到环氧树脂分子链上, 制得了稳定的改性纳米环氧树脂复合材料。

(3) 改性纳米粒子配比对环氧树脂复合材料力学性能的影响

不同摩尔配比改性纳米环氧树脂复合材料力学性能

改性纳米环氧树脂复合 材料(摩尔配比)	冲击强度/(kJ·m ⁻²)	拉伸强度/MPa	拉伸模量/GPa
0 : 100	10.2	36.28	3.26
1 : 100	12.04(10.89)	37.68(36.93)	3.53(3.43)
2 : 100	13.31(11.28)	40.59(39.85)	3.59(3.46)
3 : 100	15.63(13.21)	55.68(54.67)	3.67(3.56)
4 : 100	12.68(11.63)	39.23(38.35)	3.46(3.38)
5 : 100	11.80(10.60)	38.63(37.74)	3.32(3.15)

(二) 改性纳米环氧树脂水性建筑涂料的制备

主要科技创新点: 与国内同类技术相比, 新研制水性涂料安全环保, 冲击强度、耐水性能、耐磨损性能都有较大提高, 喷涂时流平性良好、不起皱、不流挂、不起泡, 减少了与国外水性涂料的质量差距。通过在全国两家涂料用企使用两年来反馈的情况看, 与国内其他水性涂料性能相比, 新研制水性涂料的附着力、耐水性、稳定性以及抗冲击性能明显高出许多, 取得了良好的经济效益和社会效益。具体而言包含以下技术要点:

1. 水性涂料新配方

改变和优化了配方的组成和配比，取得了较好的效果。

水性防腐蚀涂料配方

	原料	质量份/份
制浆	水	220
	润湿剂 (PE-100)	1
	消泡剂 (CF-555)	2
	分散剂 (SN-5040)	7
	杀菌剂 (981)	1
	多功能助剂 (AMP-95)	1
	成膜助剂 (CS-12)	8
	云母粉 (800 目)	35
	滑石粉 (1250 目)	35
	氧化铁红 (190)	22
	磷酸锌	80
	三聚磷酸铝	25
	二氧化钛	130
	乙二醇	25
	硅灰石	50
调漆	硫酸钡	150
	NaOH	1
	自制乳胶	360
	增稠剂 (3116)	2
	流平剂 (3322)	2
	乙二醇丁醚	5
	消泡剂 (CF-555)	1

2. 水性涂料研制新工艺

(1) 取配方量的水、杀菌剂加入到搅拌釜中，500r/min 搅拌均匀，然后加入配方量的成膜助剂、乙二醇、分散剂、润湿剂、羟乙基纤维素、消泡剂和多功能助剂等加入到上述分散液中，500r/min 搅拌均匀。

(2) 在上述分散液搅拌过程中，缓慢加入磷酸锌、三聚磷酸铝、云母粉和氧化

铁红等防腐蚀颜填料，将搅拌速率调至 1800~2000r/min，分散 16~18min，加入 NaOH 调 pH 值为 7，研磨至粒度小于 40um。

(3) 往搅拌釜中缓慢加入研磨好的防腐浆料，400r/min 低速搅拌下，逐渐加入配方量的自制复合乳胶、增稠剂、流平剂及其他助剂，搅拌均匀，即制得改性纳米环氧树脂水性建筑涂料。

3. pH 值对涂料稳定性的影响

NaOH 用量/%	涂料的稳定性
0	5min 后破乳、发粘、硬化
0.05	30min 后破乳、发粘、硬化
0.10	50℃贮存 5d，涂料发粘变硬
0.15	50℃贮存 10d，无发粘无硬化现象，已稳定
0.20	50℃贮存 10d，无发粘无硬化现象，已稳定

4. 新产品主要技术指标

序号	项目	检测结果	测试方法
1	气味和毒性	在混合、使用和固化过程中健康、安全和环保	实测
2	容器中状态	无结块、无结皮、无外来杂质	FTMS—141—3011
3	干燥时间	表干：30min；实干：4h	FTMS—141 方法 4061.
4	附着力/级	1 级	GB/T9286—1998
5	耐冲击性/cm	50	GB/T1732—1993
6	铅笔硬度	2H	≥H
7	耐盐雾性	涂层系统 600h，无起泡、不生锈	BMS10—83
8	耐水性	(23±2)℃，24h，无起泡、剥起，胶带附着力合格	BMS10—83
9	喷涂性能	流平性良好、不起皱、不流挂、不起泡、无斑纹和无杂质	BMS10—83
10	耐磨损性	100 圈，重量损耗≤5mg	FTMS—141 方法
11	耐划伤性	5kg 载荷不划伤涂层	ASTM D 2197

四、第三方评价

一、国家涂料质量监督检验中心检测报告

委托江苏金陵特种涂料有限公司通过国家权威检测机构对我们所研制的新型环氧水性涂料各项性能进行了检测，其附着力、硬度、耐冲击性能和耐磨性能等明显优于国内市场上销售的水性涂料，达到国内同行业技术先进水平。



检验报告
TEST REPORT

报告编号: TW180126-2W1
Report Number

产品名称: 新型环氧树脂水性防腐涂料
Name of Product

委托单位: 江苏金陵特种涂料有限公司
Entrusting Corporation

检验类别: 委托检验
Test Category

国家涂料质量监督检验中心
National Quality Supervision Testing Center for Paint

国家涂料质量监督检验中心
National Quality Supervision Testing Center for Paint
检验报告
Test Report

报告编号: TW180126-2W1
Report Number

第 1 页共 2 页
Page 1 of 2

产品名称 Name of Product	样品编号 Number of Sample	生产单位 Manufacturer	委托日期 Entrusting Date	受理日期 Sample Arriving Date
新型环氧树脂水性防腐涂料	TW180126-1	江苏金陵特种涂料有限公司	2018年01月29日	2018年01月26日

样品描述: 委托单位送样, 甲组份为灰色均匀液体, 丙酮、乙组份为白色均匀液体, 丙酮 20g。

检验日期: 2018年01月29日--2018年04月02日

检验结论: 送检样品检验结果见第 2 页。

签发: 马世芳 审核: 陈平 主检: 盖州

检验结果汇总:
Test Results

报告编号: TW180126-2W1
Report Number

共 2 页第 2 页
Page 2 of 2

序号 No.	检验项目 Test Item	技术要求 Technical Requirements	检验结果 Test Results	判定结论 User's Conclusion	备注 Remarks
1	外观与包装标志	无杂质, 无结皮, 无块状物	符合	合格	
2	胶体稳定性	正常	中灰, 正常	合格	
3	干燥时间	表干: min 实干: h	≤30 ≤4	30(合格) 4(合格)	合格
4	附着力	级	≤1	1	合格
5	耐冲击性	cm	≥40	60	合格
6	挥发性和固化物 VOC _{g/l}	≤200	80		合格
7	铅笔硬度	≥H	2H		合格
8	耐盐雾性(复合盐雾) 600h	不起泡, 不剥落, 不生绣, 不开裂	未起泡, 未剥落, 未生锈, 未开裂		合格
9	耐水性(23±2)°C, 24h	无起泡, 剥落, 开裂等	符合	合格	
10	耐磨性能	高耐磨性好, 喷珠无起层、剥落、起泡、脱层和划痕	符合	合格	
11	耐酸碱性, mg	≤5	3		合格
12	耐油性, 0kg	不划伤漆膜	符合	合格	

二、中国涂料工业协会的高度评价

我们新成立的清扬新材料股份有限公司生产的“清扬”牌水性涂料得到中国涂料工业协会的高度评价。

中国工业防腐技术协会

清扬新材料股份有限公司生产的“清扬”牌水性涂料已检测, 其性能指标如下。优于市场上销售的普通水性涂料, 具有安全环保、粘接力强、不易脱落和使用寿命长等特点。自投放市场以来, 受到了涂料用户的一致好评。

序号	名称	技术指标	试验方法
1	VOC, g/L	≤200	GB 18610-2006
2	气味和毒性	无刺激性、催泪和刺激性等有害健康	实测
3	外观与包装标志	无杂质, 无结皮, 无块状物	GB 141-2013
4	颜色	符合设计颜色	GB/T 9706
5	贮存期	25°C±2°C, 密封贮存 1 年且满足要求	实测
6	粘度	测定值 120~210 g/s	GB120-03
7	硬度	符合铅笔硬度 2H 级	GB109-03
8	非挥发物	基料和固化剂总含量, 可测定值 70%、80% 挥发物含量: ≤10mg/100mg	GB 1732
9	干燥时间	表干: 30min; 实干: 4h	GB 141 方法
10	光泽 (60°)	半光: 25-35; 高光: 10-20	GB120-03
11	耐盐雾性	盐雾浓度 600 h, 无起泡, 不生锈	GB109-03
12	耐水性	23°C±2°C, 24 h, 无起泡, 剥落, 脱落	GB109-03



五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

2017 年底新研制的环氧树脂水性涂料在江苏金陵特种涂料有限公司中试成功后投入了一条生产线进行生产，产品自 2018 年开始在江苏儒博科技有限公司、扬州长三角涂料涂装有限公司两企业推广应用，使用两年来，产品安全环保、质量稳定可靠，价格有优势，得到了用户的一致好评。

两企业已累计新增产值 1100 万元，新增利润 480 万元，新增利税 190 万元（产品性能评价和经济效益证明详见附件），取得了可喜的经济效益；同时通过校企联盟的实施，对企业人员进行了现场技术培训，解决了 6-8 人的就业问题，提高了高校年轻教师的工程化实操技能，取得了良好的社会效益。

应用单位情况 1

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	经济效益（万元）
江苏儒博科技有限公司	改性纳米环氧复合水性涂料	2018.1-2019.12	陈旭 18936272787	220

应用单位情况 2

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	经济效益（元）
扬州长三角涂料涂装有限公司	改性纳米环氧复合水性涂料	2018.1-2019.12	孔阳静 13625213010	260

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2017.1-2017.12	670	280	520	220
2018.1-2019.1	720	340	580	260
累 计	1390	620	1100	480

经济效益的有关说明及各栏目计算依据：

根据江苏儒博科技有限公司、扬州长三角涂料涂装有限公司的财物账目计算。

1、累计新增产值 1100 万元，采用收入法计算新增产值，具体公式如下：

新增产值：固定资产折旧+劳动报酬+增值税+营业盈余

项目至 2019 年 1 月，累计生产 420 吨，累计固定资产折旧 300 万元，累计劳动报酬 200 万元，累计增值税 110 万元，累计营业盈余 490 万元，新增产值 1100 万元。

2、累计新增利润 480 万元，采用项目净利润计算新增利润，具体公式如下：

新增利润：项目产品销售收入-项目产品成本

项目至 2019 年 1 月，累计生产 420 吨，平均售价 3.2 万元/吨，累计实际销售收入 1344 万元，累计销售成本 864 万元，新增利润 480 万元。

3、累计新增税收 190 万元，计算公式：

新增税收（本项目部分）：所得税+增值税+附加

项目至 2019 年 1 月，累计上缴所得税 50 万元，上缴增值税 110 万元，上缴附加税费 30 万元。

3、社会效益（限 200 字）

在工程化应用方面显著提升了我国的防腐涂料和涂层技术水平，促进了防腐涂层材料的腐蚀防护系统向高性能、绿色化、科学化和规范化的方向发展，加快了我国防腐功能材料与国际先进水平接轨的进程，同时为减少环境污染、保护环境做出了贡献。

通过本项目的实施，解决社会就业人员6-8名；通过校企联盟的实施，对企业人员进行了现场技术培训，同时提高了高校年轻教师的工程化实操技能，取得了良好的社会效益。

4、环境效益（限 200 字）

建筑涂料的水性化与纳米改性，制备具有长寿命、高涂层质量、高度环保的水性涂料，可以大大降低溶剂型涂料有机挥发物的排放量，成为未来涂料的发展方向。

水性纳米环氧树脂涂料在选材、纳米复合技术、水性环氧树脂的制备技术、水性固化剂的设计以及施工工艺都代表着国际最新技术，具有绿色环保、长寿命和一定的减重效果。可以促进涂层材料向高性能、绿色化、科学化和规范化的方向发展，加快我国水性涂料与国际先进水平接轨的进程。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	改性纳米TiO ₂ -环氧-聚氨酯三元复合材料的制备及性能研究/《化工新型材料》	2019.12	王升文	
2	改性纳米SiO ₂ /环氧-丙烯酸酯复合材料的制备与性能研究/《化工新型材料》	2016.9	王升文	
3	Facile one-step solvothermal synthesis of active carbon/BiOI microspheres with enhanced visible light-driven photocatalytic activity in reduction of Cr(VI)/ RSC Advances/Y. Y. Wang, S. J. Chen, D. Q. Jin, A. Q. Gong, X. J. Xu, C. L. Wu	2018.6	王元有	
4	Facile one-step synthesis of Ag@CeO ₂ core-shell nanospheres with efficient catalytic activity for the reduction of 4-nitrophenol/CrystEngComm Y. Shu, J. Xu, H. Pang	2017.3	王元有	
5	Nitrogen-doped Mesoporous Hollow Carbon Nanoflowers as High performance Anode Materials of Lithium Ion Batteries/RSC ADVANCES/Qianchen	<u>2016.6</u>	钱琛	

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	Facile one-step synthesis of Ag@CeO ₂ core-shell nanospheres with efficient catalytic activity for the Reduction of 4-nitrophenol	Assembly of Zr-MOF crystals onto magnetic beads as a highly adsorbent for recycling nitrophenol/Y. Y. Wang	CrystEngComm/6.216	2017. 09
2	Controllable preparation of porous ZnO microspheres with a niosome soft template and their photocatalytic properties	Omniphobic membranes for direct contact membrane distillation: Effective deposition of zinc oxide nanoparticles/Y. Y. Wang, G. Q. Zhou, J. Guo , T. Q. Liu	Ceramics International /5.5	2018. 02
3	Synthesis and Photocatalytic Characterization of Porous Cu-Doped ZnO Nanorods	Facile one-step solvothermal synthesis of active carbon/BiOI microspheres with enhanced visible light-driven photocatalytic activity in the reduction of Cr(VI)/Y. Y. Wang, G. Q. Zhou, L. Zhang ,T. Q. Liu	Acta Phys. -Chim. Sin/3.108	2018. 08
4	Synthesis and their photocatalytic properties of Ni-doped ZnO hollow microspheres	Hierarchical Heterostructure of ZnO@TiO ₂ Hollow Spheres for Highly Efficient Photocatalytic Hydrogen Evolution /Y. Y. Wang, T. Q. Liu, Q. L. Huang, C. L. Wu , Dan Shan	Materials Research Society/2.833	2017. 09
5	改性纳米 SiO ₂ /环氧-丙烯酸酯水性涂料的研制	水性丙烯酸树脂的改性及应用/王慧茹, 王鑫, 赵雄燕	《应用化工》 /0. 591	2018. 02

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	授权发明专利	一种多孔纳米氧化亚锡的制备方法	中国	ZL201810692820.6	2019.12	3623588	扬州工业职业技术学院	王升文、刘菊花、刘俊、宋宇星
2	授权发明专利	一种改性纳米 SiO ₂ /环氧-丙烯酸酯复合材料的制备方法	中国	201510400773.3	2017.3	2405522	扬州工业职业技术学院	王升文
3	授权发明专利	石墨烯改性钛纳米高分子合金换热器面漆的制备方法	中国	201510081235.2	2017.1	2332821	江苏金陵特种涂料有限公司	张弛、戴海雄、王升文等
4	授权发明专利	石墨烯的一种制备方法	中国	201510079879.8	2017.5	2484209	江苏金陵特种涂料有限公司	卞直兵、张弛、戴海雄、王升文等
5	授权发明专利	有机硅丙烯酸改性水性环氧乳酸及其制备方法	中国	201310002798.9	2014.8	1467727	江苏金陵特种涂料有限公司	卞大荣、卞直兵、戴海雄
6	授权发明专利	石墨烯改性钛纳米高分子合金换热器底漆的制备方法	中国	201510084384.4	2017.2	2366862	江苏金陵特种涂料有限公司	张弛、戴海雄、卞直兵

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	一般建筑固体废弃物协同互补制备绿色建筑材料关键技术及应用研究		
完成人	陆小军、蒙海宁、周飞飞、敖林、陈福松、许彦明、 朱祥、张帅、展咪咪、潘钢华、伊立		
完成单位	江苏镇江建筑科学研究院集团股份有限公司 东南大学 镇江建科建设科技有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
2016年镇江市住建系统科技项目	拆除混凝土再生细骨料的改性与应用研究	BK2016006	已于2017年12月21日通过鉴定
2016年镇江市住建系统科技项目	再生混凝土微粉制备再生胶凝材料的研究	BK2016007	已于2017年12月21日通过鉴定
东南大学企业研究生工作站研究课题	固体废弃物开发研究		2015年12月30日
授权发明专利(项)	4	授权其他知识产权(项)	15
起止时间	起始：2014年5月6日	完成：2017年12月21日	

二、项目简介

1、所属技术领域

本项目属于无机非金属复合材料领域，本项目的目标是利用一般建筑固体废弃物制备绿色建筑材料及其应用研究，分为“再生混凝土微粉制备再生胶凝材料的研究”和“拆除混凝土再生细骨料的改性与应用研究”两个子项目，同时，在我院东南大学企业研究生工作站的支持下，与东南大学材料科学与工程学院签订总额为20万元的产学研技术开发合同“固体废弃物开发研究”，旨在对建筑固体废弃物进行再生胶凝材料和再生细骨料的研究及产业化应用，规模化生产，替代传统胶凝材料和细骨料。

2、主要研究内容

本项目主要分为两个研究方向，再生混凝土微粉制备再生胶凝材料的研究和拆除混凝土再生细骨料的改性与应用研究。

(1) 再生混凝土微粉制备再生胶凝材料的研究

再生混凝土粉末的重新利用是建筑废弃物再生利用的研究重点，同样作为建筑垃圾的粘土砖粉末和玻璃粉末也具有一定的活性，将三者复合研究，有较大的经济、社会和环境效益。

主要分为再生混凝土微粉活化方式研究；再生混凝土微粉复合活性掺合料的研究；再生混凝土微粉复合低温水泥的研究和复合矿物掺合料和复合低温水泥在预拌砂浆中的应用研究。

(2) 拆除混凝土再生细骨料的改性与应用研究

针对再生细骨料在实际应用中存在的外加剂适应性差、工作性不佳、强度偏低或不稳定的现象，首先，通过再生细骨料的特性研究，分析再生细骨料微粉含量、颗粒形貌与级配、吸水率对再生砂浆性能的影响机理；其次通过对再生细骨料的改性研究，分别确定碳化强化、微生物矿化强化方法的最佳条件；最后，借鉴陶瓷生产工艺中的稀释剂原理，研制出适用于再生砂浆的专用

复合外加剂，降低微粉含量的不良影响，有效控制再生水泥制品的水灰比，提高再生砂浆的工作性和力学性能。从再生建材基本性能和经济成本角度，综合评价碳化强化、微生物矿化强化、化学强化以及专用复合外加剂的改性效果。

3、授权专利情况

针对项目的关键技术，公司申请专利16项，其中发明专利4项，实用新型12项；授权专利16项，其中发明专利4项，实用新型12项。

序号	专利名	专利类型	授权号
1	一种再生自硬性胶凝材料及其制备方法	发明专利	ZL 201510910156.8
2	一种利用二氧化碳强化再生混凝土细骨料的方法	发明专利	ZL 201510587289.6
3	一种再生活性掺合料及其制备方法	发明专利	ZL 201510549555.6
4	一种利用微生物沉积碳酸钙强化再生混凝土细骨料的方法	发明专利	ZL 201610180571.7
5	一种增加砂浆散装车装料量的装置	实用新型	ZL 201520438043.8
6	干粉砂浆防灰护罩	实用新型	ZL 201520438042.3
7	一种改进用吨袋打包的装置	实用新型	ZL 2015205790016
8	一种固体物料筒仓料位测量装置	实用新型	ZL 201520566466.8
9	一种湿黄砂输送过程中去除大体积物料的装置	实用新型	ZL 201520579003.5
10	一种料斗下料自动振动装置	实用新型	ZL 201520819498.4
11	一种用于检修干粉砂浆搅拌机的溜管装置	实用新型	ZL 201720526381.6
12	一种蝶阀防磨损装置	实用新型	ZL 201720526912.1
13	一种用于 PC 构件的流水线模台复位机构	实用新型	ZL 201821997848.6
14	一种用于修补 PC 构件的可移动安全车	实用新型	ZL 201821997651.2
15	一种盘旋分料管防离析储料筒仓	实用新型	ZL 201920315911.X
16	一种设有翻板的防离析储料筒仓	实用新型	ZL 201920315911.1

4、推广应用及效益情况

该项目自2014年立项研发开始后，经小试、中试：

1. 所制备的再生细骨料其性能指标满足GBT14684-2019《建设用砂》标准要求；
2. 所制备的复合矿物掺合料其性能指标满足GBT 18736-2017《高强高性能混凝土用矿物外

加剂》中矿物掺合料（Ⅱ级粉煤灰）标准要求；

3. 所制备的低碳胶凝材料其性能指标满足：

(1) 选择SK4配比组，当再生混凝土微粉掺量在0-20%时，强度相当于52.5R级水泥；当再生混凝土微粉掺量在20%~40%时，强度相当于42.5R级水泥；当再生混凝土微粉超过40%时，强度相当于32.5R级水泥；

(2) 选择S50配比组，当再生混凝土微粉掺量为0-20%时，地聚合物性能可与52.5级普通硅酸盐水泥相当；当再生混凝土微粉掺量为20-30%时，地聚合物性能可与42.5级普通硅酸盐水泥相当；当再生混凝土微粉掺量为30-50%时，地聚合物性能可与32.5级普通硅酸盐水泥相当。

2017年，该项目在我院下属全资子公司镇江建科建设科技有限公司年产30万吨干粉砂浆生产线上进行中试生产，截止到2020年9月，已经累积生产50万吨干粉砂浆；2019年，该项目在我院下属全资子公司镇江建科建设科技有限公司年产5万方PC生产线上进行中试生产，截止到2020年9月，已经累积生产7万方PC。

三、主要科技创新

1、项目背景

近年来，随着中国经济的迅猛发展，中国的城镇化进程快速进行，建筑业逐渐发展为我国最重要的支柱产业。2019年，我国建筑业总产值达248446亿元，同比增长5.7%，占我国经济总量的25.07%，仅2019年上半年，全国建筑业房屋建筑施工面积就达109亿平方米。与此同时，伴随新建建筑高速增长，由于旧城拆迁改造与新城配套的土地一级开发等原因，我国建筑拆迁面积每年也保持着较快的增长速度，仅2019年拆除的建筑面积就已超过10亿平方米，拆除的过程也产生了大量的建筑垃圾。根据中华研普行业调研报告对国内城市建筑垃圾产生量的调查和预测，2015年至2020年建筑垃圾产生量逐年增长，到2020年时将达到39.66亿吨，而且每年以8%左右的速度增加。

与此同时，作为混凝土主要原材的砂石骨料，由于长期的过度开发，已呈现逐渐枯竭的状态，价格节节攀升，供给关系日渐紧张，部分省市甚至发展到了“无米下锅”的地步；作为另一种主要原材的水泥，由于其高能耗的生产特点，在我国对环境保护越来越重视的今天，也对其提出了低碳、可持续的更高发展要求。

因此，如何利用对城市垃圾进行减量化处理并资源化利用在混凝土及其制品的生产制造中，在减少城市拆迁垃圾的同时高效可持续的促进建筑业的发展，是一个迫在眉睫的问题。本项目针对以废弃混凝土为代表的建筑垃圾资源开展资源化应用和产业化研究，制备了高品质细骨料和低碳胶凝材料，同时，本项目研究缓解了现阶段骨料资源的紧张局面，同时起到变废为宝、节能减排的巨大综合社会效益。

2、项目创新点

①再生混凝土微粉制备再生胶凝材料的技术创新

本创新点属于无机非金属材料学科。创新的研究再生混凝土微粉、粘土砖粉末和玻璃微粉热处理和粉磨之后的基本性能。包括再生混凝土微粉颗粒本身的性质，主要有密度、粒径分布、45 μm 筛余、比表面积，通过XRD和XRF测试微粉的物相组成和化学组成，以及与粉煤灰作对比测定其需水量。

本创新点支持下授权的发明专利“一种再生自硬性胶凝材料及其制备方法”，专利号，ZL201510910156.8。按照质量百分比，该胶凝材料的组成为：石膏矿渣水泥90-60%、再生混凝土微粉10-40%。其制备方法是：将建筑垃圾中的废旧混凝土破碎，得到再生混凝土细骨料，经2-4次粉磨、过筛，且该2-4次过筛的孔径依次减小，粉磨时间依次增大；过筛物再经过750 $^{\circ}\text{C}$ 煅烧2-4h，得到再生混凝土粉末；将石膏，熟料，矿渣粉按照比例混合粉磨1h制得石膏矿渣水泥；将再生混

凝土粉末和石膏矿渣水泥混合制备再生自硬性胶凝材料。本发明大量利用工业废渣和建筑垃圾，生产能耗大大低于通用硅酸盐水泥，且生产过程节能环保，具有良好的经济和环境效益。并且，通过配比，**本发明所制备的再生自硬性胶凝材料的强度等级能够满足不同的强度等级标准，这也拓宽了本发明的应用范围，便于推广应用。**

本创新点支持下申请了发明专利“一种再生活性掺合料及其制备方法”，专利号，ZL 201510549555.6。通过将破碎所得的再生混凝土细骨料经粉磨、1-4次过筛，且该1-4次过筛的孔径依次减小，粉磨时间依次增大；筛余物再经过煅烧，得到活性优的再生混凝土粉末；将再生玻璃洗净，再破碎为5mm的颗粒，得到所需再生玻璃细骨料；按重量百分比50-70wt%再生骨料微粉和30-50wt%再生玻璃细骨料混合，粉磨至比表面积300-400m²/kg。本发明通过再生混凝土微粉与再生玻璃微粉的协同互补，从而使得所制备的再生活性掺合料具有高活性的特点，能够提高其在砂浆、混凝土等水泥基材料的掺入量。**这不仅能够解决建筑垃圾等的处理问题，还解决了一般矿物掺合料活性低、价格偏高的问题。**

②混凝土再生细骨料的改性与应用的技术创新

本创新点属于无机非金属材料学科。创新的利用CO₂养护方法强化再生细骨料。探究外加钙源种类及浓度、骨料含水率、碳化条件（温度、压力）对再生细骨料强化效果的影响，确定最佳强化条件。研究强化后的再生细骨料对预拌砂浆性能的影响。利用微生物矿化方法强化再生细骨料。探究外加钙源种类对强化效果的影响。研究强化后的再生细骨料对预拌砂浆性能的影响。

本创新点支持下申请了发明专利“一种利用二氧化碳强化再生混凝土细骨料的方法”，专利号，ZL 201510587289.6。该方法具体包括：（1）氢氧化钙溶液或钙盐加钙处理：取由建筑垃圾制备的再生细骨料平铺于托盘中，后喷洒氢氧化钙或钙盐溶液并搅拌均匀；（2）CO₂养护：将经氢氧化钙溶液或钙盐加钙处理后的再生细骨料置于密闭碳化箱中，碳化养护表面碳化完全；（3）再生砂浆的制备：利用处理过的再生细骨料制备取代率为100%的再生砂浆。与未强化的再生骨料相比，本发明得到的再生细骨料，压碎值降低近45%，吸水率降低近53%；与由未经强化再生骨料制备的再生砂浆相比，本发明得到的再生砂浆，砂浆稠度提高42%左右，砂浆7d强度提高15~26%，28d强度可提高17%~24%。**本发明利用二氧化碳与再生骨料中的钙源以及外加钙源反应，生成碳酸钙，修补再生骨料中的裂缝，填充再生骨料中的孔隙，从而强化再生骨料，减少其吸水率。**

本创新点支持下申请了发明专利“一种利用微生物沉积碳酸钙强化再生混凝土细骨”，专利号，ZL 201610180571.7。该强化方法具体包括以下步骤：配制微生物培养基，通过滴加NaOH溶液调节pH值至7~9，灭菌并冷却到室温后接种巴氏生孢八叠球菌，同时加入尿素溶液，在25~37℃温度下振荡培养；向细菌培养液中加入再生混凝土细骨料，继续振荡培养；加入尿素、钙源混合溶液，混合均匀，振荡，结束后取出再生骨料；在边加热边搅拌状态下干燥再生骨料。**本发明利用**

微生物矿化,生成具有胶结性的碳酸钙,生成的碳酸钙能够填充并胶结再生骨料中微裂缝和孔隙,从而强化再生骨料,降低其吸水率。与未强化的再生骨料相比,本发明得到的再生细骨料,压碎值可降低近60%,吸水率降低近50%。

③建筑固体废弃物干粉砂浆产业化生产技术的研究

本创新点属于机械制造工艺与设备学科。通过对原有商品砂浆装置设备的自主改造升级,获得了建筑固体废弃物制备绿色建筑材料快速产业化的技术方法及路线。

5本创新点支持下授权了实用新型专利“增加砂浆散装车装料量的装置”,授权号ZL 201520438043.8。通过在进料口上连接设有自动升降装置,有效的增加了建筑固体废弃物砂浆散装车装货量,改善了运输过程中砂浆的分层离析现象。

6本创新点支持下授权了实用新型专利“干粉砂浆防灰护罩”,授权号ZL 201520438042.3。通过增加包括有轨道、连接装置、护罩等装置,降低了装料过程的灰尘,改善了生产环境;增强了建筑固体废弃物砂浆生产装置的操作便携性。

7本创新点支持下授权了实用新型专利“一种改进用吨袋打包的装置”,授权号ZL 201520579001.6。通过增加下料管等装置,实现一台机器多用,提高了建筑固体废弃物砂浆生产打包效率,进一步降低了生产成本。

8本创新点支持下授权了实用新型专利“一种固体物料筒仓料位测量装置”,授权号CN 204854891U。通过手动操作绕线盘将配重铁块上升、下降,随时可测量筒仓料位,可避免暴仓,减少生产成本和降低生产事故风险。

9本创新点支持下授权了实用新型专利“一种湿黄砂输送过程中去除大体积物料的装置”,授权号ZL 201520579003.5。通过在湿黄砂输送过程中增加输送带、支杆、耙齿和安装架,提高了黄砂及煤矸石集料筛分的质量和速度,减轻了操作人员的劳动强度,保证了原材料的质量要求,实现了建筑固体废弃物砂浆搅拌的规模化集约化生产。

10本创新点支持下授权了实用新型专利“一种料斗下料自动振动装置”,授权号ZL 201520819498.4。通过增加翻板门、行程开关和振动电机,当建筑固体废弃物砂浆生产线料斗下料口堵塞、走料不畅时,由行程开关控制振动电机工作,同时时间继电器可以控制振动电机工作时间,结构简单,操作简便,可以循环使用,维修方便,使用效果良好,大大提高了设备维修效率,延长了设备使用寿命,降低了生产成本。

本创新点支持下授权了实用新型专利“一种用于检修干粉砂浆搅拌机的溜管装置”。授权号ZL 201720526381.6。通过通过辅助溜管排放中间仓内干粉砂浆原料,以便排除旋转给料机内卡阻的砂石,检修方便,结构简单,对环境影响小,成本低廉,使用寿命长,节约了劳动力,降低了生产成本。

本创新点支持下授权了实用新型专利“一种蝶阀防磨损装置”。授权号ZL 201720526912.1。通过设置新型的防磨损结构，减少了设备故障率，提高了蝶阀的使用寿命，降低了生产成本。

本创新点支持下授权了实用新型专利“一种用于PC构件的流水线模台复位机构”。授权号ZL 201821997848.6。通过在流水线模台本体在位于吊置PC构件的牵引侧设置有让其复位的气缸，确保了模台定位准确可靠，在出现不能复位的情况下发出报警，便于改装和制作，操作简便，维修方便，具有良好的应用前景。。

本创新点支持下授权了实用新型专利“一种用于修补PC构件的可移动安全车”。授权号ZL 201821997651.2。通过设置新型可移动车，规避吊起修补掉落的风险，同时还能调节高度随意移动克服了简易支撑修补的不便。

本创新点支持下授权了实用新型专利“一种盘旋分料管防离析储料筒仓”。授权号ZL 201920315911.X。通过设置4个分料仓，利用砂浆自身重力和颗粒流在流动过程中所具有的惯性特性，控制砂浆的流量和流速，降低物料在储料筒仓内的自由降落高度，防止物料在筒仓高度方向上因沉降高度过高引起的离析和防止砂浆砂浆抛洒引起的离析；本实用新型设计简单，防离析效果明显，具有良好的应用价值。。

本创新点支持下授权了实用新型专利“一种设有翻板的防离析储料筒仓”。授权号ZL 201920315911.1。通过设置4个料管，控制砂浆的流量和流速，降低物料在储料筒仓内的自由降落高度，防止物料在筒仓高度方向上因沉降高度过高引起的离析和防止砂浆抛洒引起的离析；本实用新型设计简单，防离析效果明显，具有良好的应用价值。

四、第三方评价

4.1 拆除混凝土再生细骨料的改性与应用研究

2017年12月21日，镇江市科技局组织专家对江苏镇江建筑科学研究院集团股份有限公司承担的“拆除混凝土再生细骨料的改性与应用研究”项目进行科技成果鉴定。鉴定委员会听取了项目研究报告，审查了相关资料经质询和讨论，形成如下意见：

一、提供的资料齐全，符合鉴定要求。

二、项目组通过碳化强化、微生物矿化强化、化学强化以及外掺外加剂之间的性能和成本比较，获得了提高混凝土再生细骨料性能的最优方法，该项目成果提高了混凝土再生细骨料的综合利用率，减少建筑垃圾对环境的污染。

三、该混凝土再生细骨料制备的砂浆产品经镇江市建科工程检测中心有限公司检测，所有性能均满足GB/T 2518-2010《预拌砂浆》相关标准规定的要求。研究成果具有创新性，申请国家发明专利两项，其中一项已授权。

鉴定委员会一致同意通过鉴定，并认为项目研究成果达到国内领先水平。

建议：进一步加应用技术研究，加快科技成果转化。

4.2 再生混凝土微粉制备再生凝材料的研究

2017年12月21日，镇江市科技局组织专家对江苏镇江建筑科学研究院集团股份有限公司承担的“再生混凝土微粉制备再生凝材料的研究”项目进行科技成果鉴定。鉴定委员会听取了项目研究报告，审查了相关资料，经质询和讨论，形成如下意见：

一、提供的资料齐全，符合鉴定要求。

二、项目组研究提高再生混凝土微粉掺量和活性的方法，通过添加粘土砖微粉、玻璃微粉、纳米SiO₂和凹凸棒石粘土制备复合矿物掺合料，添加到石膏矿渣水泥或粉煤灰-矿粉地聚合物制备

低温煅烧水泥。该项目果提高了再生混凝土微粉的综合利用率，减少了建筑垃圾对环境的污染。

三、该项目研制的再生混凝微粉复合矿物掺合料活性指数符合级粉煤灰标准规定的要求，所制备的砂浆产品经镇江市建科工程检测中心有限公司检测，所有性能均满足GB/T25181-2010《预拌砂浆》相关标准定的要求，项目研究成果具有创新性，申请国家发明专利两项。

鉴定委员会一致同通过鉴定，并认为项目研究成果达到国内领先平。

建议：进一步加强应用技术研究，加快科技成果转化。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况

目前，建筑固体废弃物干粉砂浆系列产品已在近50家客户得以应用并且得到了客户的高度认可。主要应用情况如下：

(1) 常州第一建筑集团有限公司

2014年目前该产品已在常州第一建筑集团有限公司镇江“新城花园”项目上使用了约3万吨，由于产品性能稳定，该公司后期在“景阳山庄”项目上又签订了3万吨的采购合同。

(2) 江苏中南建设集团股份有限公司

2015年，目前该产品已在江苏中南建设集团股份有限公司镇江“中南世纪城”项目上使用，由于产品性能良好，得到顾客的认可，三年累积签订了约8万吨的采购合同。

(3) 海天建设集团有限公司

2016年目前该产品已在海天建设集团有限公司镇江高端楼盘“万科红郡”项目上使用了约2万吨，使用效果反馈良好。

(4) 镇江建科工程管理有限公司

2017年目前该产品已在江建科工程管理有限公司镇江“大学城”项目上使用了约2万吨，项目涵盖江苏大学、江苏科技大学、镇江技术学院多个高校新校区的建设，使用效果反馈良好。

(5) 南通光华建筑工程有限公司

2018年目前该产品已在南通光华建筑工程有限公司镇江“碧桂园凤凰城”项目上使用了约1万吨，使用效果反馈良好。

(6) 中兴建设有限公司

2019年目前该产品已在中兴建设有限公司镇江“滴翠园(北)”项目上使用了约9000吨，使用效果反馈良好。

(6) 南通四建集团有限公司

2020年目前该产品已在南通四建集团有限公司镇江“优山美地6期”项目上使用了约5000吨，使用效果反馈良好。

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2015	5400	350		
2016	3900	320		

2017	2400	180		
2018	1950	230		
2019	11700	650		
累 计	25350	1730		

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

- 1、2015-2019 年度，各年度砂浆产量分别是 18、13、8、6.5、9 万吨，以 300 万/吨计；
- 2、2019 年度，PC 产量是 3 万方，以 3000 元/方计；

3、社会效益（限 200 字）

随着中国城镇化进程，大量的废旧道路、房屋以及水利设施破坏严重从而被拆除，随之产生的建筑固体废弃物数量越来越多，同时现场湿拌砂浆导致的环境污染已越来越严重，干粉砂浆大规模推广已成必然之势。本项目的成功，可为干粉砂浆生产企业有效降低生产成本起到示范效应，同时也为建筑固体废弃物综合利用提供了可行的方法和手段，促进了建筑建材行业的转型升级。

4、环境效益（限 200 字）

本项目以废弃混凝土为原料，制备高品质细骨料和低碳胶凝材料。该技术方案不仅解决了废弃混凝土的处理问题，实现了建筑垃圾的资源化利用，还获得了高品质的细骨料及低碳胶凝材料，这有利于缓解细骨料等建筑资源紧张的问题。并且，低碳胶凝材料的开发与应用，还有利于实现水泥行业的节能减排，具有十分重要的环保意义，同时还具有极大的竞技效益。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	Recycled aggregate mortar enhanced by microbial calcite precipitation. <<Magazine and of concrete research>>	2019/01/24	Mimi Zhan, Ganghua Pan, Wang Y, et al	1 (被引次数)
2	Effect of CO ₂ curing effect on the demolition recycled fine aggregates enhanced by calcium hydroxide pre-soaking <<Construction and building materials>>	2017/11/15	Ganghua Pan, Mimi Zhan, Minghua Fu, Yaping, Xiaojun Lu	25 (被引次数)
3	Effect of presoak-accelerated carbonation factors on enhancing recycled aggregate mortars <<Magazine and of concrete research>>	2017/07/17	Mimi Zhan, Ganghua Pan, Yaping Wang, Minghua Fu, Xiaojun Lu.	6 (被引次数)
4	Distinguishing between new and old mortars in recycled aggregate concrete under carbonation using iron oxide red << Construction and building materials>>	2019.10.20	Renjie Mi, Ganghua Pan, Yang Li, Tong Kuang, Xiaojun Lu	3 (被引次数)
5	Mathematical models for properties of mortars with admixtures and recycled fine aggregates from demolished concretes <<Journal of Southeast University (English Edition)>>	2018.09.15	Renjie Mi, Ganghua Pan, Yang Li, Xiaojun Lu	3 (被引次数)

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	Effect of CO ₂ curing effect on the demolition recycled fine aggregates enhanced by calcium hydroxide pre-soaking	Alternative fine aggregates in production of sustainable concrete-A review / Kirthika, S. K.	Journal of cleaner production /7.246	2020 年 9 月 20 日
2	Effect of CO ₂ curing effect on the demolition recycled fine aggregates enhanced by calcium hydroxide pre-soaking	Methods for improving the microstructure of recycled concrete aggregate: A review / Li, Yang	Construction and building materials /4.419	2020 年 5 月 10 日
3	Effect of CO ₂ curing effect on the demolition recycled fine aggregates enhanced by calcium hydroxide pre-soaking	Carbonation behavior of recycled concrete with CO ₂ -curing recycled aggregate under various environments / Ma, Zhiming	Journal of CO ₂ Utilization /5.5993	2020 年 7 月 7 日
4	Effect of presoak-accelerated carbonation factors on enhancing recycled aggregate mortars	An overview on the efficiency of different pretreatment techniques for recycled concrete aggregate / Shi, Caijun	Journal of cleaner production /7.246	2020 年 8 月 1 日
5	Distinguishing between new and old mortars in recycled aggregate concrete under carbonation using iron oxide red	Effect of the accelerated carbonation treatment on the recycled sand physicochemical characteristics through the rolling carbonation process /Glaydson Simoes	Journal of CO ₂ Utilization /5.5993	2020 年 7 月 3 日

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种再生自硬性胶凝材料及其制备方法	中国	ZL 2015109 10156.8	2018. 4.17	28878 81	江苏镇江建筑科学研究院集团股份有限公司, 东南大学	潘钢华, 伊立, 周冬林, 杨琳
2	发明专利	一种利用二氧化碳强化再生混凝土细骨料的方法	中国	ZL 2015105 87289.6	2017. 5.10	24804 42	东南大学, 镇江建筑科学研究院集团股份有限公司	潘钢华, 陆小军, 付明华
3	发明专利	一种再生活性掺合料及其制备方法	中国	ZL 2015105 49555.6	2018. 7.27	30146 77	东南大学, 镇江建科建设科技有限公司	陆小军, 潘钢华, 杨琳
4	发明专利	一种利用微生物沉积碳酸钙强化再生混凝土细骨料的方法	中国	ZL 2016101 80571.7	2018. 4.20	28900 62	东南大学, 镇江建科建设科技有限公司	潘钢华, 陆小军, 付明华, 朱翔, 蒙海宁
5	实用新型	一种增加砂浆散装车装料量的装置	中国	ZL 2015204 38043.8	2015. 6.23	47843 62	镇江建科建设科技有限公司	李春, 朱翔, 陆小军, 福松, 王斌云
6	实用新型	干粉砂浆防灰护罩	中国	ZL 2015204 38042.3	2015. 11.25	47847 54	镇江建科建设科技有限公司	朱翔, 陆小军, 陈福松, 李春, 王斌云
7	实用新型	一种改进用吨袋打包的装置	中国	ZL 2015205 790016	2015. 12.2	47999 34	镇江建科建设科技有限公司	陈福松, 李春, 焦海胜, 洪常青, 冷国生, 陆小军, 朱翔
8	实用新型	一种固体物料筒仓料位测量装置	中国	ZL 2015205 66466.8	2015. 12.9	48366 68	镇江建科建设科技有限公司	陈福松, 李春, 焦海胜
9	实用新型	一种湿黄砂输送过程中去除大体积物料的装置	中国	ZL 2015205 79003.5	2016. 1.20	49678 89	镇江建科建设科技有限公司	陆小军, 陈福松, 石力, 朱翔

10	实用新型	一种料斗下料自动振动装置	中国	ZL 2015208 19498.4	2016. 3.30	50938 30	镇江建科建设科技有限公司	冷国生, 陈福松, 陆小军, 朱翔
11	实用新型	一种用于检修干粉砂浆搅拌机的溜管装置	中国	ZL 2017205 26381.6	2017. 5.12	69208 04	镇江建科建设科技有限公司	陈福松, 冷国生, 焦海胜, 李春, 洪常青
12	实用新型	一种蝶阀防磨损装置	中国	ZL 2017205 26912.1	2018. 1.30	69208 32	镇江建科建设科技有限公司	冷国生, 陈福松, 周文勇, 林聪, 戴咏平, 汤夕强
13	实用新型	一种用于PC构件的流水线模台复位机构	中国	ZL 2018219 97848.6	2019. 12.13	97609 67	镇江建科建设科技有限公司	冷国生, 陈福松
14	实用新型	一种用于修补PC构件的可移动安全车	中国	ZL 2018219 97651.2	2019. 8.16	92420 72	镇江建科建设科技有限公司	陈福松, 冷国生
15	实用新型	一种盘旋分料管防离析储料筒仓	中国	ZL 2019203 15911.X	2019. 12.13	97558 51	镇江建科建设科技有限公司	陈福松, 冷国生
16	实用新型	一种设有翻板的防离析储料筒仓	中国	ZL 2019203 15911.1	2019. 12.13	97576 24	镇江建科建设科技有限公司	冷国生, 陈福松
17								
18								
19								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	应急性医疗救治建筑设计系统方法、关键技术与工程应用		
完成人	韩冬青、刘大威、曹伟、于春、廖杰、刘志军、刘书冬、孙承磊、吉英雷、侯彦普、顾奇峰		
完成单位	东南大学建筑设计研究院有限公司、南京大学建筑规划设计研究院有限公司、江苏省建筑设计研究院有限公司、中建八局第三建设有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）			
任务来源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
	《公共卫生事件下体育馆应急改造为临时医疗中心设计指南》	苏建设计[2020]23号	2020年2月26日
	南京市公共卫生医疗中心项目		2016年5月18日
	应急病房楼（南京市公共卫生医疗中心）		2020年2月14日
	扬州江都区第三人民医院新冠肺炎疑似隔离病区工程		2020年2月25日
授权发明专利（项）		授权其他知识产权（项）	7
起止时间	起始：2014年10月20日	完成：2020年08月30日	

二、项目简介

项目团队在医疗建筑领域具有多年理论研究及工程经验，参与了多项综合医院及传染病医院的工作，积累了丰富的设计经验和工程经验。在今年疫情期间，项目团队参与了多项应急工程的设计和建设。项目团队针对后疫情时期的大背景，针对应急性医疗建筑的设计方案和技术措施，创新性的提出了应急性医疗建筑的设计方法、技术体系与工程应对措施，形成了以三项创新点为代表的科研成果：

1. 在建筑设计领域，创新提出应急性医疗救治建筑设计系统方法

主要体现在“平战结合”的设计理论体系、应急医疗工程空间组织方法、坡地应急医疗工程空间叠加设计方法、应急性工程逆向设计方法、传染病医院设计策略等，为应急医疗建筑的设计提供理论依据。

2. 创新形成了应急性医疗救治建筑设计与施工的关键技术体系：（1）创新提出了应急工程快速设计的原则与方法：应急工程应坚持全局把控、处理重点、注重功能需求与限制因素相平衡原则，选用切实可行的技术手段。（2）创新形成了装配式箱式板房系统大规模运用于传染病房的技术体系：建筑采用装配式模数化构件系统及彩钢夹芯板装饰体系，加快建设速度，满足应急要求。（3）创新运用建筑快速搭建理念与快速施工技术标准体系：创新确立了永久性场地及管线系统建设、上部预留快速搭建应急建筑的设计措施。（4）创立了以 BIM 技术为引导，全工种专业密切配合的设计管理体系：对模块化设计、工业化生产集成、装配式建造等方面，采用 BIM 技术正向设计，贯穿整个设计、施工和运维过程，为应急工程的建设提供了科学的技术支撑。

3. 创新形成了应急性医疗救治建筑工程应用中系统性处置措施：（1）综合运用快速搭建理念，建立基础施工技术标准体系：在基础、抗渗、安装等方面提出解决方案，确保快速安装的科学性和安全性。（2）形成系统解决大规模箱式板房防水及风机问题一体化解决方案：箱体板房设计自带天沟及落水管，屋顶可考虑加盖钢结构屋盖的形式，解决快速建造漏水的问题。（3）形成适用

于应急工程的雨污水消杀处理解决方案：对雨污水的排放和处理形成科学的设计措施，提高安全性。(4) 形成适用于应急工程的通风、空调及消杀过滤解决方案：对应急工程的空调、通风、压力梯度、负压等提出科学解决措施。

该项目在国内率先编制了《公共卫生事件下体育馆应急改造为临时医疗中心设计指南》(附件1-1)；项目组通过南京市公共卫生医疗中心项目和应急性医疗救治工程的实践与研究，项目组总结发表论文论著5篇(附件5-1至5-5)；该项目获授权实用新型专利7项(附件2-1至2-7)。

三、主要科技创新

(一)项目立项背景

2019年末2020年初，暴发了新冠肺炎疫情，江苏地区也启动了紧急预防工作，为了出色的完成疫情控制任务，江苏省多地区启动了应急医疗工程建设，项目团队参与了南京市公共卫生医疗中心应急病房楼等多项应急工程的设计建设；同时在江苏省住房和城乡建设厅的要求下，由东南大学建筑设计研究院有限公司牵头与南京大学建筑规划设计研究院有限公司、江苏省建筑设计研究院有限公司组成研究团队，在最短时间内完成《公共卫生事件下体育馆应急改造为临时医疗中心设计指南》。项目团队能够迅速形成有效应对疫情的医疗建设成果，来自于东南大学建筑设计研究院有限公司及合作研究团队连续多年的研究和工程创作经验的积累。同时为深入贯彻习近平总书记“要平战结合、补齐短板、健全优化重大疫情救治体系”重要指示精神，项目团队进一步对应急性医疗救治设计的系统方法、关键技术和工程应用展开深入研究，形成了系统性的理论和应用成果。

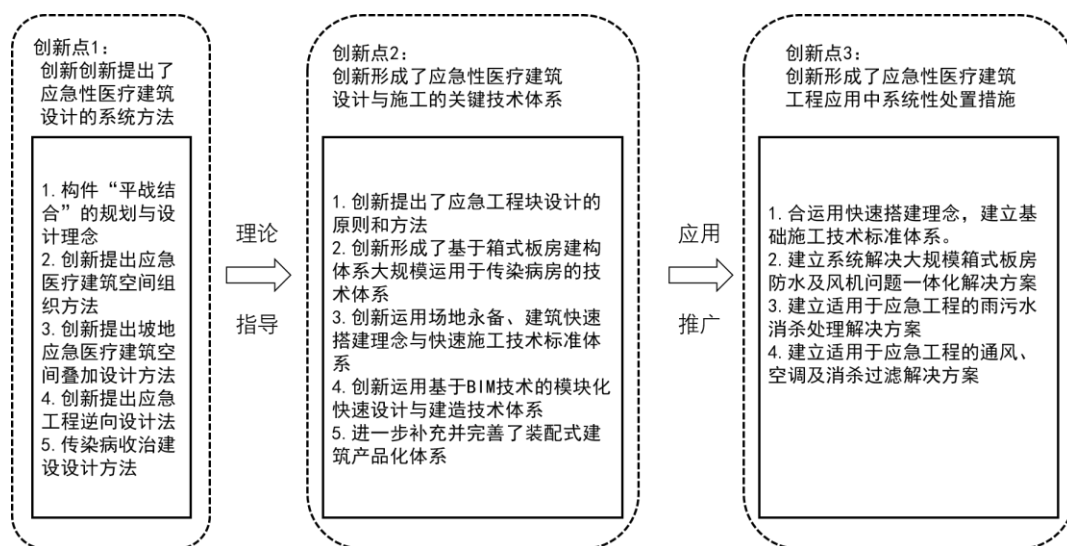


图2 创新点逻辑关系

(二)主要创新点

项目团队在国内率先编制了《公共卫生事件下体育馆应急改造为临时医疗中心设计指南》，在突发公共卫生防疫事件下，为体育馆改建为临时医疗中心提供了科学的设计方法和关键技术支撑。研究团队结合多项应急病房楼建设工程，形成了综合性的应急性医疗救治建筑快速设计、快速建造等方法技术。项目团队的研究涉及下述三项创新点，其中创新点一是创新提出应急性医疗救治建筑的设计系统方法，对应急医疗建筑定位、空间布局、感控流程等方面，提炼并总结出基础性设计方法；创新点二是基于快速建造的背景，基于系统理论的指导下，针对应急工程提出科学、适用性强的关键技术体系；创新点三是创新形成了应急性医疗救治建筑工程应用系统性处置措施，

为在快速施工、装配式施工中应对关键技术难题及如何科学处理不可预见问题，提供解决技术措施和灵活解决方案。

创新点 1：创新提出了应急性医疗救治建筑设计的系统方法

项目团队在长期实践中总结并归纳了各类医疗建筑设计的系统方法，结合疫情期间传染病医疗建筑使用评价与应急快速设计与建造实践经验，创新提出了应急性医疗救治建筑的设计系统方法。

1.1 构建“平战结合”的规划与设计理论体系。

针对医疗建筑的救治性质与公益性质，前瞻性的提出了医疗建筑在维持平时日常基本诊治的同时，应当具备在突发公共卫生事件时，能快速具备收治患者、实现救治、控制疫情的能力。项目团队对医疗建筑在应对本次疫情时所面临的困难与隐患进行了深入的研究，对医疗建筑尤其是传染病医院的选址、交通、风向、市政基础设施等方面都提出了基本要求；在医疗建筑总体规划层面提出了分级响应模式，采用分组团分幢隔离、预留应急场地的策略；对医患分区、洁污分流等具体方面提出规划设计理论方法；对院内综合管网设计提出预留容量、分步扩展的设计原则。针对医疗建筑的“平战结合”的模式，研究团队优化了传统医疗建筑的设计方法，原创性的提出了过程性的医疗建筑设计理论，有效的推动了新建医疗建筑的防灾防疫性能与可实施性，同时兼顾了经济效益与社会效益。

1.2 创新提出应急性医疗救治工程空间组织方法。

成功的将综合医疗建筑设计、传染病医疗建筑设计、应急工程设计理论相结合，原创性的提出了针对传染病患者的应急医疗工程空间组织方法。通过对感染患者传播途径的不同，结合传染病医院的相应规范要求与应急建筑工程的特点，针对新建建筑，原创性的利用工业化装配式构件，大规模快速搭建分区明确、流线分开、满足收治传染病患者要求的临时医疗建筑；针对改造建筑，原创性的提出了控制半污染区规模、模块化增加用水空间组件的应急快速改造建筑方法，能够较低成本、较快速度的增加各县（区、市）的救治与隔离床位，防止医疗系统崩溃危机的发生。

1.3 创新提出坡地应急性医疗救治工程空间叠加设计方法。

针对南京市公共卫生中心临时建筑选址点的实际设计与建造问题，通过对结构承重、不同标高管线衔接与避让、垂直交通组织等问题的攻坚与研究，首次提出在坡地上快速建造应急医疗工程、并利用地形叠加救治空间的设计方法。获得了更多符合救治需求的建筑空间，实现了适应多种环境下的土地集约化应急工程建造。

1.4 创新提出应急性工程逆向设计方法。

针对应急性工程产品备件不足、缺少成熟构件与建构方法的问题，创新性的提出了应急性工

程逆向设计方法。打破传统方法中先设计、再选择适合产品、后建造的设计施工流程，利用现有的产品与配件类型，进行适应已有产品的设计与组合方法，实现了在灾备物资有限的情况下的快速建造与施工，为疫情的防控赢得了宝贵时间。

1.5 传染病收治建筑设计方法。

针对传染病的传播、诊治特点，通过对建筑空间的洁污分区、患者与医护人员流线的设计、建筑空间内气流压差控制、排水收集与处理等问题的梳理与解决，总结与归纳出传染病收治建筑中门诊、医技、住院空间的设计方法，为应对各类传染病的防治提供了物质空间，增强了城市应急与防灾能力。

项目组在该方面研究成果包括编制指南1项《公共卫生事件下体育馆应急改造为临时医疗中心设计指南》（附件1-1），发表论文3篇（附件5-2、5-3、5-5）。

创新点 2：创新形成了应急性医疗救治建筑设计与施工的关键技术体系。

项目团队多年来立足于工程实践经验及技术积累，创新形成了针对快速建造工程相对完善的建筑设计方法与施工关键技术体系。针对特殊时期的应急工程，设计及施工团队在 20 天的建设周期内，基于规范储备的快速化设计体系，在满足现有施工条件的基础上，及时优化建设过程中的新情况新问题，以合理可行的方式保障工程建设的顺利完成。

2.1 创新提出了应急性工程快速设计的原则与方法。

特殊时期应急性工程快速设计首先应解决如下问题：首先要有全区把控的设计观念。抓住设计的主要矛盾，针对性进行突破，技术性处理设计难点，第一时间确保总体技术路线的实施。其次要注重功能需求与限制因素相平衡原则。要善于分析核心诉求，针对应急建筑特点适度取舍，以切实可行的技术手段在最短时间内解决主要问题。为保证项目推进，同时应兼顾可替代性原则。所有的技术方案，在满足医疗工艺的基础上，应考虑有备选方案作为技术支撑。在一种方案遇到技术困难时启用替补方案及时补充。

2.2 创新形成了装配式箱式板房系统大规模运用于传染病房的技术体系。

建筑采用预制装配式的彩钢夹芯板房体系，其具有标准化、模数化、采购便捷、安装方便、结构自重轻、价格便宜等优势。常规箱房体系均为 3 m×6 m×3 m 模数，四周钢骨架承重，内衬 95 mm 厚双层彩钢夹芯岩棉板，主要电路管线均在工厂预埋加工。针对箱房门洞开口的局限性，深化设计阶段优化门扇构造。同时优化箱房间缝隙构造处理，确保主要通道通行顺畅。

2.3 创新运用场地永备、建筑快速搭建理念与快速施工技术标准体系。

创新确立了永久性场地及管线系统建设，上部箱式板房根据疫情需求灵活搭建的设计理念。建筑场地为永久性灾备场地，平时可作为停车及活动场地，上部板房设计完成，并具备快速建设的全套物资技术储备，避免大规模建设造成的闲置与浪费。坚持以产品化的思维应对建筑施工中

的问题，注重模数化施工下的可变性，提升施工组织效率。

2.4 创立了以 BIM 技术为引导，全工种专业密切配合的设计管理体系

针对重大公共卫生事件，为应对疫情对收治医疗建筑快速建造的要求，项目团队提出了模块化设计、工业化生产集成、装配式建造的策略，采用 BIM 技术正向设计，贯穿整个设计、施工和运维过程，为应急工程的建设提供了科学的技术支撑，并大大提高了效率。

2.5 进一步补充并完善了装配式建筑产品化体系

在进一步完善既有箱式板房成熟产品的基础上，结合对卫生间模块，安全通过模块、成品设备带模块、气密门窗模块、传送窗模块、集中消洗模块等的细化设计，进一步完善了可供快速搭建使用的箱式板房产品线，使整个体系更为完善，设施稳定性更高，施工更为便捷。相关产品结合后疫情时期需求，正在进一步完善工艺细节，未来具有广阔的市场推广空间。

通过本项目的实践与探索，项目组总结并发表论文2篇（附件5-3、5-4），获授权实用新型专利7项（附件2-1至2-7）。

创新点 3：创新形成了应急性医疗救治建筑工程应用系统性处置措施

3.1 综合运用快速搭建理念，建立基础施工技术标准体系。

快速施工的应急工程不可避免带来各种不确定性。其中材料规格的差异、现场条件的限制、施工过程的变更与调整等，均需要设计人员抓住主要矛盾，迅速协调处理各种突发问题。

为调整建筑的不均匀沉降，结合场地硬化、抗渗的要求，基础采用了配筋整板基础形式，整板下设砂石褥垫层，满足快速施工要求。为满足污染防治要求，整板下方设置了防渗层（土工布+HDPE 防渗膜+土工布），隔离可能的地下水污染。

为便于设备管线的安装和检修，整板基础和装配式板房间之间设置了 800~900 mm 高的架空层。砖砌柱墩架空，柱墩上方设 8 mm 厚钢板垫层，调整高差并确保箱房安装的稳定性。

3.2 建立系统解决大规模装配式箱式板房防水及风机问题一体化解决方案

装配式箱体板房设计自带天沟及落水管，排水做法较为成熟，但大量的拼接缝隙必然对排水系统提出了更高的要求。本项目通过在屋顶上方设置一层金属屋盖，彻底解决屋面防水问题。屋盖采用钢结构，同时考虑整体抗风、清扫积雪、下部风机进排风等技术问题。屋顶内部依据进排风区域的不同，隔成 6 个相对独立的区段，避免气流短路。檐口下方设置百叶，降低风噪并避免夏季雨水飘落到屋面。

3.3 建立适用于应急工程的雨污水消杀处理解决方案

新建应急病区污水处理采用成品污水处理罐，经臭氧消毒处理后，加压提升至公共卫生医疗中心现污水处理站处理。雨水收集病房及周边道路界线内的初期雨水，经消毒处理后，加压排至

公共卫生医疗中心雨水管网。室外污废水采用了无检查井的室外管道系统，提高了设计标准，减少了污染水泄漏、废气外溢引起病原菌扩散传染的途径，提高了安全性。

3.4 建立适用于应急工程的通风、空调及消杀过滤解决方案

因工期短，应急病房楼采用分体空调，带辅助电加热，安装简单，且不会造成交叉感染。传染病防治要求形成合理的压力梯度，气流须有序流动。机械通风系统按照清洁区送风量大于排风量，污染区排风量大于送风量的原则，医院内的空气从清洁区流向半清洁区再流向污染区，正确的空气流向能够起到对病毒、细菌等感染的屏障作用。同时清洁区、半污染区和污染区的通风系统按区域独立设置，所有送排风系统均设置初效、中效、高效过滤器，以保证送风洁净和排风系统不污染环境。主要分体空调室外机结合底部架空层及屋顶进行放置。所有空调冷凝水均接入污水处理系统进行消杀处理。

通过本工程的建设经验总结，发表论文1篇（附件5-5）

总结：综上所述，项目团队结合多年科研成果、工程经验积累，提出了应急性医疗救治建筑设计系统方法、关键技术与工程应用，完成了多项实际工程，形成了具有多项创新点的科研成果。系统性的设计方法为应急性医疗救治建筑的设计和建设提供了科学的理论基础，创新提出的关键技术体系，为应急性医疗救治建筑的设计和建设提供强有力的技术支持，创新形成了应急性建筑工程应用系统性处置措施，为快速施工、装配式建筑提供了解决技术措施和灵活解决方案。

四、第三方评价

2020年3月20日，南京市建委，市规划局、市消防局、市卫健委及南京市二院主要领导于南京市公共卫生医疗中心应急病房楼建设指挥部对南京市公共卫生医疗中心应急病房楼进行了工程预验收，同日应急病房楼一期整体投入使用。整个应急工程从项目启动到建成交付，一共用时20天，在南京市抗击新冠疫情的战斗中发挥了不可替代的关键作用。应急工程在江苏省及南京市主流媒体中进行了广泛的报道，获得了较高的社会评价。

项目自建成至今（2020年8月末）共收治确诊及疑似病例400余人次，在整个诊疗救护期间，未发生一例院内感染病例，未发生一例危重病例，整个病房楼诊疗体系经受住了考验，受到使用医护人员的良好评价。

2020年4月至8月，南京市建委组织了4家南京市知名设计院，启动对南京市域范围内5个体育馆改建临时医疗中心应急工程方案设计工作。8月份组织卫健委专家进行方案评审，设计成果达到了相关技术标准要求，并呈报市政府（宁建科复字（2020）115号）。（附件3-1）

2016年5月，《南京市公共卫生医疗中心》建设完成并投入使用，运行至今，总体布局合理，功能布局完善、科学，感控流线合理，项目受到南京市第二医院的认可：“**该项目的设计符合传染病医院的感控流程，新的护理单元布局模式具有较强的推广意义。**”（附件3-2）

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

该项目历经多年的研究与实践积累，在2020年新冠疫情期间集中科技攻关、推广建设，已形成较为成熟的理论与实践体系。设计方法与技术通过《建筑学报》等最高级别学科刊物发表研究性论文，在国内外起到良好的推广作用；设计指南的编写为全省各地利用现有资源进行改造提供了指导与范例，东南大学建筑设计研究院有限公司、南京大学建筑规划设计研究院有限公司、江苏省建筑设计研究院有限公司以指南作指导，开展了9项应急工程设计与战略储备预案；应急性医疗救治建筑设计建造过程中的关键技术与处置手段在多项建设工程中已得到广泛而有效的运用，建成并投入使用了一批应急性医疗救治建筑项目，使江苏省的抗疫工作取得了圆满的成功，实现了医护人员的零感染与患者的零死亡，实现了巨大的社会效益。

主要应用项目情况表

应用单位名称	应用技术	应用项目名称	应用单位联系人/电话
东南大学建筑设计研究院有限公司	创新点1、2、3	1. 江宁区体育中心体育馆改建临时医疗中心应急工程设计方案 2. 兴化市新区体育馆改建临时医疗中心应急工程设计方案 3. 靖江市体育中心体育馆改建临时医疗中心应急工程设计方案 4. 启东市文化体育中心改建临时医疗中心应急工程设计方案 5. 江阴市体育馆改建临时医疗中心应急工程设计方案	韩冬青 13805172321
南京大学建筑规划设计研究院有限公司	创新点2、3	1. 涟水县人民医院发热门诊及负压病房改扩建项目 2. 高淳体育中心体育馆改建临时医疗中心应急工程设计方案 3. 昆山市临时医疗中心应急改造 4. 利用扬子体育馆改造的临时医疗中心设计预案	廖杰 18001580148
江苏省建筑设计研究院有限公司	创新点2、3	1. 南京青奥体育馆改建临时医疗中心应急工程设计方案	刘志军 13851695343

		2. 溧水体育公园体育馆改建临时医疗中心 应急工程设计方案		
中建八局第三建 设有限公司	创新点3	南京市公共卫生医疗中心应急病房楼工程	刘书冬 13851713069	
2、近年直接经济效益		单位：万元人民币		
	完成单位		其他应用单位	
年 份	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
累 计				
经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>本项目成果针对应急性医疗救治建筑设计系统方法、关键技术和工程应用，结合实际项目建设，拓展了应急性医疗救治建筑设计的系统化理论边界；《体育馆改造成为临时医疗中心设计指南》为体育馆改造临时医疗建筑提供了系统化设计方法和技术指导；本项目成果为应急性医疗救治工程建设提供了快速设计、现场配合、快速建造等系统的理论方法及工程示范；基于 BIM 技术的模块化设计，推动了装配式建造提质增效，带动装配式企业形成协同产业链，推动了行业健康发展。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>本项目研究成果为应急性医疗救治建筑的设计和建设提供了科学的设计和工程应用指导，确保了应急性医疗救治建筑的快速建设和安全保证，为快速实现医疗功能、有效控制疫情提供了保证，有效避免了建设工程对环境的影响及二次污染；在装配式建筑领域，确保了建设的可逆性、可重复利用性，避免了大量的现场湿作业，提高了建设效率，体现了装配式建筑的绿色工业化特征。</p>				

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	韧性人居—新冠防疫时期东南建筑学者的思考	2020年9月	韩冬青、刘大威、曹伟、廖杰、刘志军等	著作
2	呼吸道传染病医院护理单元设计探讨 《建筑学报》	2014年12月	曹伟、傅宏杰	期刊论文
3	南京市公共卫生医疗中心应急病房楼工程 《建筑学报》	2020年3月	曹伟、沙晓冬、孙承磊	期刊论文
4	扬州江都区第三人民医院新冠肺炎疑似隔离病区工程 《建筑学报》	2020年3月	廖杰、冯金龙、刘晓捷、钟华颖	期刊论文
5	城市公共体育馆的应急性防疫救治临时改造设计的相关思考 《建筑文化》	2020年3月	曹伟、吉英雷、侯彦普	期刊论文

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间 (年月日)
1	呼吸道传染病医院护理单元设计探讨	抗疫时期武汉雷神山医院“安全通过”的有效配置/仇争艳,谢琰,张君炜	华中建筑/0.483	2020 年 4 月
2	呼吸道传染病医院护理单元设计探讨	高校宿舍改造为新型冠状病毒肺炎隔离医疗点设计研究——以武汉商学院为例/权洛宁,陈涛,梅林	华中建筑/0.483	2020 年 4 月
3	呼吸道传染病医院护理单元设计探讨	应急情况下新型冠状病毒肺炎患者隔离与收治病房的改造/周芳,孙懿,潘慧琼	中国感染控制杂志 /1.651	2020 年 4 月
4	呼吸道传染病医院护理单元设计探讨	区域联动 战略储备 平战双轨——基于历史和现实超大规模疫情的当代传染病医院设计/龙灏,张程远	建筑学报/1.461	2020 年 4 月
5	呼吸道传染病医院护理单元设计探讨	无序到综合——医疗建筑综合效率研究进展/龙灏,张玛瑙	新建筑/0.988	2019 年 4 月

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型专利	内置走廊的箱式活动板房	中国	ZL201520664098.0	2016年02月10日	4992595	中建八局建设有限公司	武乃才; 熊新光; 房飞; 卫千峰; 全有维
2	实用新型专利	一种集装箱厨房	中国	ZL201520565840.2	2015年12月02日	4808464	中建八局建设有限公司	武乃才; 熊新光; 贺恒刚; 全有维
3	实用新型专利	一种用于箱式房间的连接装置	中国	ZL201621060689.8	2017年03月29日	6030654	中建八局建设有限公司	熊新光; 卫千峰; 程建军; 孔维; 全有维
4	实用新型专利	一种用于箱式房的连接装置	中国	ZL201821080384.2	2019年01月25日	8414518	中建八局建设有限公司	熊新光; 于安福; 房飞; 程建军
5	实用新型专利	一种移动标养室底座及移动标养室	中国	ZL201621034740.8	2017年03月29日	6030568	中建八局建设有限公司	熊新光; 卫千峰; 于安福; 全有维
6	实用新型专利	一种整体式不锈钢蹲便	中国	ZL201520425972.5	2015年11月04日	4717956	中建八局建设有限公司	熊新光; 卫千峰; 熊敏; 全有维
7	实用新型专利	一种卫生间下水道防臭装置	中国	ZL201620978322.8	2017年03月29日	6030400	中建八局建设有限公司	熊新光; 吕增进; 卫千峰; 赵英楠; 全有维

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

专业：城市建设

编号：

项目名称	长江水源臭氧-生物活性炭工艺运行优化与炭池反冲洗水安全回用研究及应用			
完成人	周克梅、张冬、周卫东、刘海燕、汪华耀、林涛、董岳、刘煜、李鹏			
完成单位	南京水务集团有限公司 河海大学			
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	南京市城乡建设委员会			
学科分类 名称	1	应用类科研开发项目	代码	K7
	2		代码	
	3		代码	
任务来源	企业			
<p>具体计划名称和编号（验收、评估、结题时间）：</p> <p>1 计划名称：北河口水厂活性炭滤池反冲洗水的水质特性与安全回用技术研究 计划编号：南京水务集团自主立项 结题时间：2015年11月11日</p> <p>2 计划名称：南京市饮用水深度处理工艺暨南京市臭氧生物活性炭工艺实用参数研究 计划编号：南京水务集团自主立项 结题时间：2016年3月30日</p> <p>3 计划名称：2016年度南京市建设系统科研项目计划——上向流活性炭滤池运行参数及反冲洗水安全回用研究 计划编号：ks1621 结题时间：2017年12月13日</p>				
授权发明专利（项）	/		授权的其他知识产权（项）	/
起止时间	起始：2013年6月1日		完成：2017年12月31日	

二、项目简介

切实保障城市供水安全和全面推进节水型社会建设是江苏省“十三五”期间政府工作的重要内容之一。江苏以长江为水源的城镇水厂供水能力达 1500 万 m^3/d （占全省 50%以上），2020 年全省要求实现水厂的深度处理全覆盖，环境保护与节水型社会建设要求水厂排泥水、反冲洗水实现“零排放”。因此，江苏沿江水厂的臭氧-生物活性炭工艺运行优化与炭池反冲洗水安全回用对供水水质提升和水厂节水降耗具有重要的现实意义。南京作为省会城市，持续改善水厂工艺的净化效能以提升供水安全保障水平，同时前瞻性地开展水厂炭池反冲洗水的安全回用技术研究并逐步推进其工程化应用，为省域内的供水行业发展起到引领与示范作用，这即是行业自身发展的迫切需求也是响应政府工作的必然要求。

(1) 针对南京长江段水源水宏观有机物水平较低但存在微量有机物的水质问题，全面系统地研究了原水中溶解性有机物、微量有机物特性及其含量水平，明确水源水中溶解性有机物主要以小分子存在占比 60%以上；检出微量有机物以烷类、脂类、苯环类、酮类及酚类有机物为主，五类有机物质约占总微量有机物 90%以上。

(2) 全面系统地评价了臭氧-生物活性炭去除效能，明确了混凝沉淀砂滤主要去除分子量大于 3kD 的有机物，臭氧-生物活性炭工艺对小分子有机物去除效果达到 70%以上；生物活性炭工艺对微量有机污染物的去除为 70%以上；发现可溶性生物产物（SMPs）和芳香族蛋白质这两类有机物虽经生物活性炭工艺后荧光强度有所减少，但在总的出水有机物含量占比较高，建议在今后水厂进一步提升水质的目标达成中重点关注。

(3) 基于长江南京段水源水质特点，面向臭氧-生物活性炭工艺的推广与应用，针对下向流和上向流两种活性炭工艺类型，全面系统地研究了臭氧氧化协同生物活性炭工艺的水质净化处理效能，基于污染物去除效率提升与系统运行的经济合理，确定适用的活性炭类型，优化臭氧氧化投加量、炭池停留时间、反冲洗等工艺参数，在水厂实施应用推广，进一步提升出厂水水质，全面达到《江苏省城市自来水厂关键水质指标控制标准》（DB32/T 3701-2019）。

(4) 基于炭池的反冲洗水安全回用，针对下向流和上向流两种活性炭工艺类型，研究了炭池反冲洗水量、水质特性及变化规律，优化了反冲洗时间与运行周期，确定影响炭池反冲洗回用水质安全的主要控制指标为三氯甲烷、卤乙酸类消毒副产物前体物和水中颗粒物；以保证水质安全性，炭池反冲洗水回用比（回用水量:原水）控制在 15%以内，有利于沉后水的水质稳定控制和安

全回用。

研究成果在南京水厂中应用推广，为水厂水质安全和饮用水提升提供了强有力的技术支撑和科学依据；炭池反冲洗优化和安全回用有利推动了水厂节水降耗，水厂每年合计可以节水约 110 万 m³，具有明显的社会和和环境效益；同时，该技术成果为全省深度处理工艺推广应用和推动行业技术进步起到了巨大的示范作用。

三、主要科技创新

(限5页)

[1] 针对南京长江段水源水宏观有机物水平较低但存在微量有机物的水质问题，全面系统地研究了原水中溶解性有机物、微量有机物特性及其含量水平，科学全面地评价了臭氧-生物活性炭深度处理对微量有机物的去除效能；发现了可溶性生物产物（SMPs）和芳香族蛋白类有机物在活性炭工艺出水中占比较高，基于这两类有机物是常规消毒副产物主要前体物，明确了今后水厂水质提升中深度处理工艺运行应重点关注此类有机物。

(1) 解析溶解性有机物特性：明确长江南京段水源水中溶解性有机物主要以小分子、疏水性有机物为主，3kDa 有机组分存在占比 60% 以上，混凝沉淀砂滤主要去除分子量大于 3kD 的有机物，臭氧-生物活性炭工艺对小分子有机物去除效果达到 70% 以上。

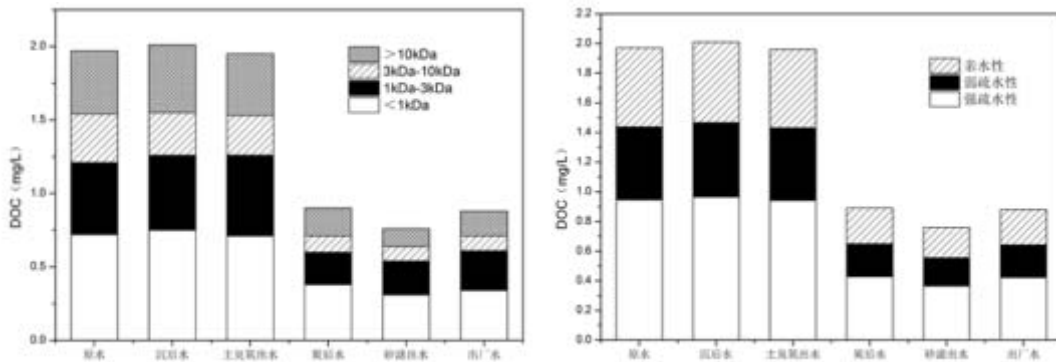


图 1 长江原水中有机物分子量分布图 2 长江原水中有机物亲疏水特性

(2) 明确微量有机物种类：明确长江南京段水源水中检出微量有机物 65 种，检出物质中以烷类有机物、脂类有机物、苯环类有机物、酮类有机物及酚类有机物为主，这五类有机物质总量约占总微量有机物的 90% 以上，生物活性炭工艺对微量有机污染物的去除为 73.8%。

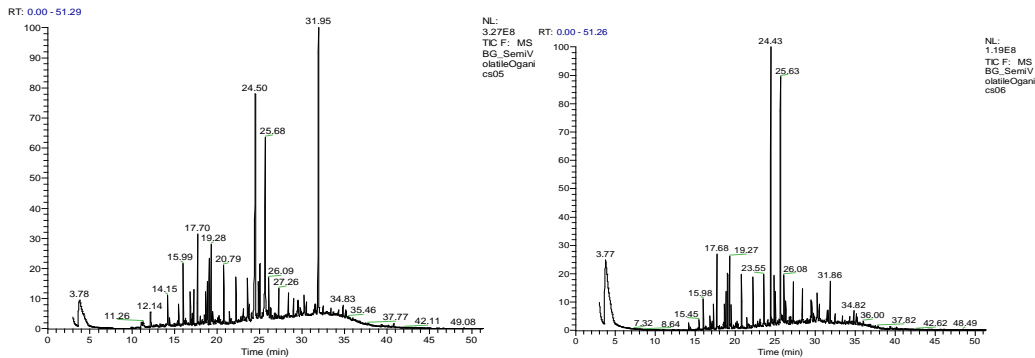


图 3 原水微量有机物 GC-MS 图谱图 4 生物活性炭工艺出水 GC-MS 图谱

(3) 发现炭后水的水质特点与重点关注指标：发现生物活性炭工艺能够有效去除腐殖酸和富里酸类有机物，而对于可溶性生物产物（SMPs）和芳香族蛋白质这两类有机物虽经生物活性炭工艺后荧光强度有所减少，但在总的出水有机物含量占比较高，确定这些有机物变化与生物活性炭上微生物的产物有关。鉴于两类有机物是重要消毒副产物（如三卤甲烷、卤乙腈等）的主要前体物，建议在今后水厂进一步提升水质的目标达成中重点关注。

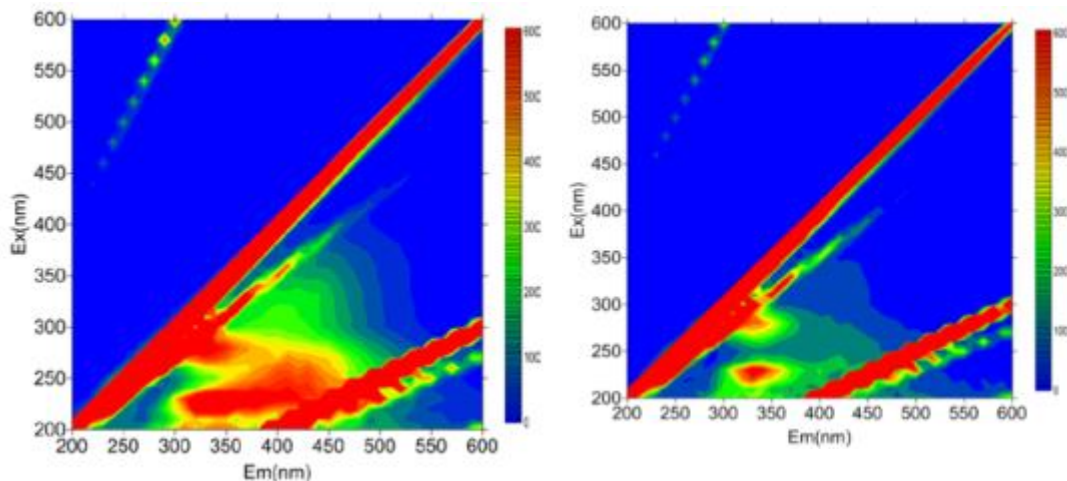


图 5 原水三维荧光图谱图 6 炭后水三维荧光图谱

[2] 基于长江南京段水源水质特点，以进一步提升出厂水水质为目标，面向臭氧-生物活性炭工艺的推广与应用，针对下向流和上向流两种活性炭工艺类型，全面系统地研究了臭氧氧化协同生物活性炭工艺的水质净化处理效能，基于污染物去除效率提升与系统运行的经济合理，优化工艺参数，在水厂实施应用推广，进一步提升出厂水水质，全面达到《江苏省城市自来水厂关键水质指标控制标准》（DB32/T 3701-2019）水质目标。

(1) 臭氧-下向流活性炭工艺运行优化：基于长江水源水质特点，以活性炭工艺净化效能与防控微生物泄露为目标，明确压块破碎炭优于柱状炭、柱状炭优于原煤破碎炭；鉴于原水有机物水平较低的特点，主要实施主臭氧工艺优化，确定浓度 1.3mg/L 左右，臭氧最佳接触时间均为 10min；基于工艺出水的水质变化，确定生物活性炭滤池最优 EBCT 为 10min，确定适宜反冲洗条件为气水联合反冲洗；优化工况下对 UV_{254} 、 COD_{Mn} 、TOC 的去除率分别高达 97.43%、82.76%、68.67%；臭氧-生物活性炭工艺对微量有机物（烷类有机物、脂类有机物、苯环类有机物、酮类有机物及酚类）总体去除为 73.8%，消毒副产物生成势降低超过 30% 以上。

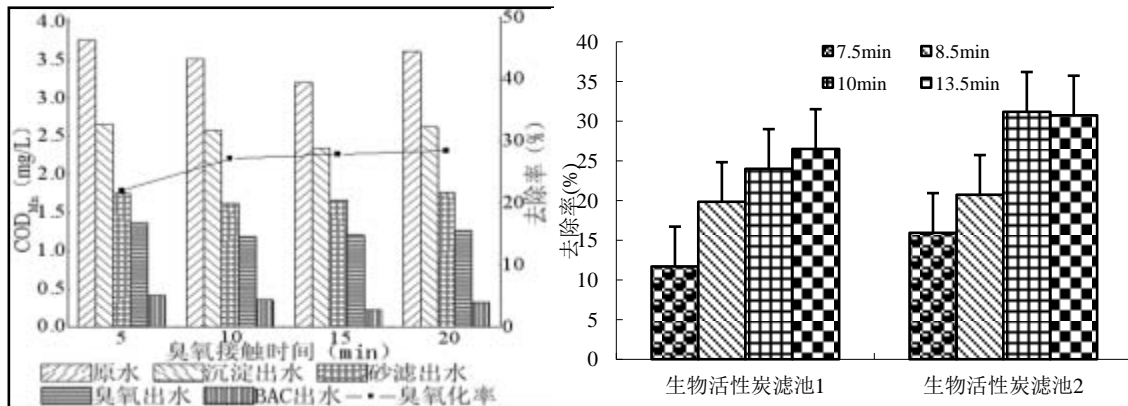


图 7 臭氧投加量对有机物去除影响图 8 炭 EBCT 对有机物去除影响

(2) 臭氧-上向流活性炭工艺运行优化：针对上向流工艺中砂滤池后置的特点，基于水质季节变化，提出优化混凝剂投量强化混凝确保沉后水浊度稳定低于 1NTU；针对活性炭类型而言，优选压块破碎炭；主臭氧投加量为 1.0mg/L；炭池上升流速为 11~12m/h、反冲洗周期为 12~13 天、反冲洗时间为 35min；通过优化，对高锰酸盐指数、DOC、UV254 以及三卤甲烷生成势的去除率由优化前 60.4%提高到 71.9%，35.7%提高到 58.5%，87.5%提高到 88.3%，35.0%提高到 61.2%左右。

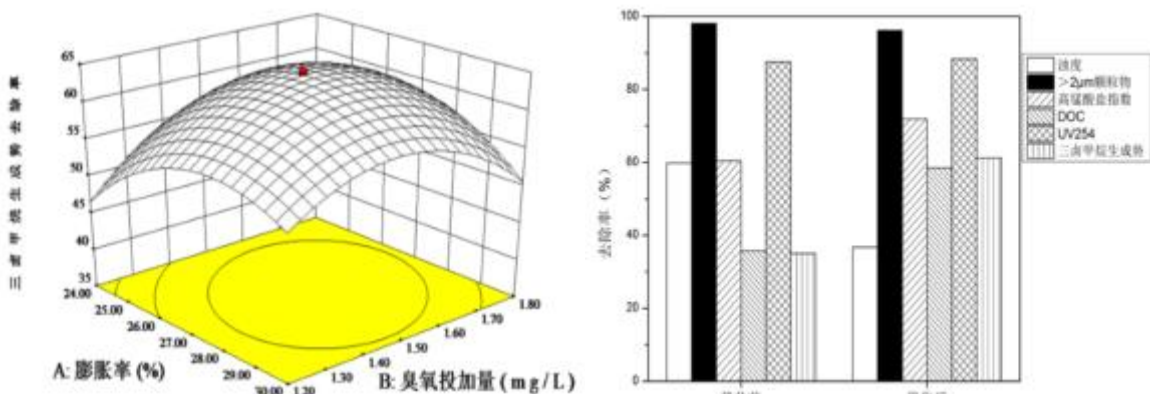


图 9 深度处理优化对消毒副产物前体物去除图 10 优化前后去除效能对比

[3] 面向节水型社会建设和长江大保护的国家战略，基于江苏省深度处理工艺全覆盖的要求，前瞻性开展长江水源条件下的炭池反冲洗水（占水厂自用水 30~40%左右）安全回用研究。针对下向流和上向流两种活性炭工艺类型，系统地研究了炭池反冲洗过程中反冲洗排水的水量、水质特性及其变化，确定影响炭池反冲洗水回用安全的主要控制指标；创新性地提出以反冲洗排水的浊度变化优化反冲洗时间，基于出水水质优化反冲洗运行周期；以保障回用后沉后水的水质稳定性

为目标，提出炭池反冲洗水安全回用的回用比（回用水量:原水）。

(1) 炭池反冲洗排水的水质特性：长江水源的两种炭池反冲洗排水中主要是亲水性、小分子（< 1kDa）有机物为主，有机物三维荧光呈现明显的类生物代谢产物的特点；提出不同阶段反冲洗排水一起回用有助于均衡有机物特性的差异；反冲洗排水中主要的消毒副产物前体物为三氯甲烷和卤乙酸类，在回用过程中需要重点关注其生产潜能的变化，以保证水质化学安全性，重点关注颗粒物，以进一步提升水质生物安全性。

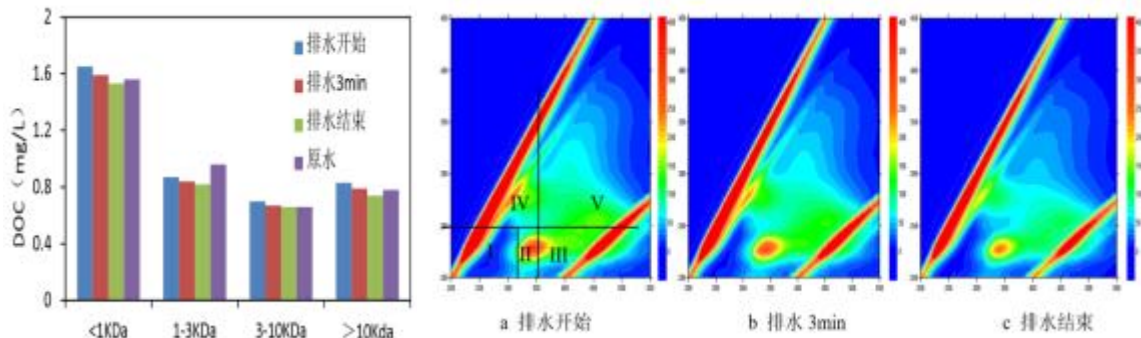


图 11 炭池反冲洗排水有机物分子量图 12 炭池反冲洗排水有机物三维荧光特性

(2) 炭池反冲洗优化控制：创新性地提出以反冲洗排水的浊度变化优化反冲洗时间，基于出水水质优化反冲洗运行周期（下图 14、15 以上向流活性炭研究结果为例）。针对下向流活性炭工艺：采用水冲时间 6 分钟的反冲洗历时，压块炭池运行周期由 11 天可延长至 13 天；针对上向流活性炭工艺，反冲洗周期由 10 天可延长 12~13 天、反冲洗时间为由 40min 降至 35min。通过优化控制年节水达到 15 万 m³（以龙潭水厂为例）。

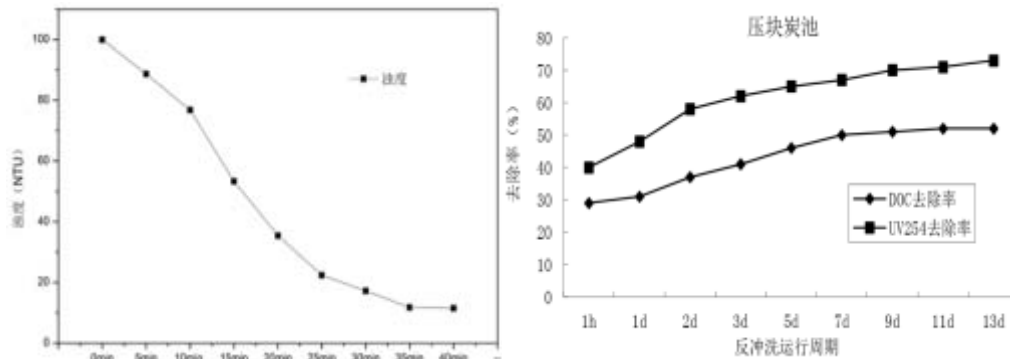


图 14 炭池反冲洗排水浊度变化图 15 炭池运行周期出水有机物变化

(3) 炭池反冲洗水安全回用：明确炭池反冲洗水回用比在 15% 时，沉淀后出水浊度值达到最低，硝酸盐的变化较为稳定；DOC 和 UV₂₅₄ 随着回用比的增加先减小再趋向于稳定；三卤甲烷生成势在回用比 15% 以内时，其水平低于实际工艺沉淀池的出水，卤乙酸生成势在回用后其含量均低于实际工艺沉淀池的出水，且在回用比 15% 以内卤乙酸生成势较稳定，回用比大于 15% 后，

卤乙酸生成势有所升高。同时，回用时强化混凝对沉淀池出水颗粒物数量控制有利。从节水角度分析，回用比为 15% 时，水厂每年可节省约水 28 万 m^3 （以龙潭水厂为例）。

四、第三方评价

[1] **课题验收**：2017年12月13日，市城建集团组织召开了南京水务集团承担的“上向流活性炭滤池运行参数及反冲洗水安全回用研究”课题结题验收会，形成验收意见：通过研究提出了增加臭氧投加剂量、提高炭池上升流速、延迟反冲洗周期、缩短反冲洗时间等优化生产控制指标；得出了炭池反冲洗水可直接回用的初步结论与安全回用比；**研究成果具有较强创新性，对水厂工艺设计与生产运行均有较好的指导意义。**

[2] **科技查新报告**：2020年委托江苏省科技查新咨询中心对“上向流活性炭滤池运行参数及反冲洗水安全回用研究”进行国内科技查新。形成结论意见如下：相关报道中未见关于基于长江水源水质及上向流工艺反冲洗水的水质特点，构建炭池反冲洗安全回用技术；未见强化混凝对沉淀池出水颗粒物控制研究。

[3] **文章下载和他引**：文章《臭氧/上向流BAC工艺去除二氯乙腈前驱物的优化》在中国知网被下载92次，他引2次，在许子丽等人发表在中国给水排水上文章《O₃/BAC工艺中臭氧作用条件优化研究》中作为臭氧氧化过程中有机物性质变化分析的主要依据；文章《臭氧-生物活性炭工艺间歇性运行的生物量保持方法》在中国知网被下载68次，他引2次，在储雪松等人发表在水处理技术上综文章《生物活性炭技术在水处理中的研究与应用进展》作为成果重点介绍；文章《沉淀池排泥水中二氯乙酰胺前体物研究》在中国知网被下载62次。

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

通过研究构建出的水厂上向流活性炭工艺运行优化关键技术及水厂上向流反冲洗水安全回用关键技术，为南京市城南、上元门、城北、浦口等水厂深度处理工艺的工程设计、运行管理和应用提供科学指导。上元门水厂深度处理工艺中，基于本项目的试验验证，上向流生物活性炭滤池设计参数为：上升流速11.9 m/h（11-12m/h）、反冲洗时间为35min、臭氧投加量为1.0mg/L（1.0-2.0mg/L）；部分反冲洗水回用。浦口水厂深度处理工艺中，基于本项目的试验验证，上向流生物活性炭滤池设计参数为：上升流速11-12 m/h（11-12m/h）、反冲洗强度为13-20L/m²·s、臭氧投加量为1.0-4.0mg/L（1.0-2.0mg/L）；部分反冲洗水回用。城南水厂深度处理工艺中，基于本项目的试验验证，上向流生物活性炭滤池设计参数为：上升流速8-12 m/h（11-12m/h）、反冲洗强度为15-20L/m²·s、臭氧投加量为1.0-4.0mg/L（1.0-2.0mg/L）；部分反冲洗水回用。城北水厂深度处理工艺中，基于本项目的试验验证，上向流生物活性炭滤池设计参数为：上升流速约12 m/h（11-12m/h）、反冲洗强度为15L/m²·s、臭氧投加量为1.5mg/L（1.0-2.0mg/L）；部分反冲洗水回用。

2、近年直接经济效益单位：万元人民币

年份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
累计				

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：

水厂节水同时可以提高水源水的利用率，减少取水泵的取水量，从而节约运行成本，采用优化的活性炭池工艺参数运行和反冲洗水回用措施，水厂每年合计可以节水约 110 万 m³；节水减少水厂生产废水排量甚至实现水厂零排放运行，直接降低对接纳水体污染和水环境质量改善而带来巨大的间接经济效益。

3、社会效益（限 200 字）

项目研究形成关键技术的应用和储备，对提高水厂供水安全保障能力，推进生态文明建设中饮用水安全具有重要的现实意义。

项目促进了省内供水事业技术进步，积极推动了饮用水安全保障与节水型社会建设，增强了

人民群众的幸福感和获得感，对实现“六个高质量”、建设强富美高新江苏方面具有重要贡献。

项目成果已为江苏省深度处理全覆盖中上向流活性炭池水厂的工程设计、运行管理和推广应用等提供科学指导和借鉴作用。

4、环境效益（限 200 字）

炭滤池反冲洗水量占水厂水量 3%左右，江苏 2020 实现深度处理全覆盖，江苏供水总量 70 亿吨/年，反冲洗水回用对水厂节水、减少废水排放量、降低对受纳水体的污染等方面具有重要的环境效益，也是对节水型社会建设和长江大保护战略的积极响应。

六、代表性论文论著情况

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	臭氧/上向流BAC工艺去除二氯乙腈前驱物的优化/中国给水排水	2018.2.1	刘海燕、张绪婷、李士其、汪华耀、鲍娟、王帅、林涛	
2	沉淀池排泥水中二氯乙酰胺前体物研究/水资源保护	2018.3.11	刘海燕、张绪婷、李士其、鲍娟、林涛	
3	臭氧-生物活性炭工艺间歇性运行的生物量保持方法/水资源保护	2017.11.13	缪刚、鲍娟、陈云霄、林涛、陈卫	

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家 (地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	蒸压轻质加气混凝土板（NALC）成品房工业化生产施工关键技术研究与应用		
完成人	孙小曦、崇睿、周霆、和冬月、葛雪苹、孙维理、李学庆、罗怡、周涛、宋德贵		
完成单位	南京旭建新型建材股份有限公司 南京旭建建筑规划设计有限公司		
推荐单位（盖章） 或推荐专家（签字）	江苏省土木建筑学会		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
	蒸压轻质加气混凝土板（NALC）成品房工业化生产施工关键技术研究与应用	苏建科鉴字（2012）第9号	2012.04.29
授权发明专利（项）	5	授权其他知识产权（项）	5
起止时间	起始：2009年11月1日	完成：2012年4月30日	

二、项目简介

1、立项依据

南京旭建新型建材股份有限公司在现有生产基地的基础上，引进了日本积水化学工业株式会社世界上最先进的单元房生产制造技术，进行消化吸收后形成适合我国建筑规范的 NALC 成品房制造应用技术，使用国产设备建设首条年产 3000 套 NALC 成品房生产线，研发出 NALC 成品房配套应用技术，为缩小我国建筑产业化与国际同行业水平。

蒸压轻质加气混凝土板（NALC）成品房工业化生产施工关键技术研究与应用项目是目前国内建筑产业化程度较高的一项技术，由于该项技术完全改变了目前传统建筑工程的施工、验收程序，我公司在项目质量控制上吸取了日本在单元房质量控制体系的成功经验和关键应用技术，单元房生产、安装过程将严格执行日本相关的质量标准，建立单元房屋生产制造质量控制、现场基础质量控制、现场安装质量控制工艺流程，各项性能指标符合我国绿色建筑要求，若能在国内大力推广该项技术，将大大加快我国建筑产业化的步伐，填补国内建筑在设计、产业化施工和材料应用等方面的多项空白，具有很强的竞争优势。

2、项目研究内容

NALC 成品房通过将具有抗震防火、保温隔音等优越性能的 NALC 板与钢结构相结合，实现了在现有生产基地内，同时整合了装饰装修材料、家具、电器等设施，将 80% 的建安工作和装修工作在车间内完成，最终在工厂车间内完成 NALC 成品房。整个过程由于是工厂化制造生产，因此所有的原材料都是根据 NALC 成品房的设计而采取工厂化定制，大大减少了原材料的浪费，生产 NALC 成品房的主要材料边角料可回收循环利用，大大减少了浪费，节约了资源，实现了资源循环利用的特点。

NALC 成品房下线后运输至施工现场进行产业化拼装，完成整个建筑物全部建设工作。NALC 成品房在使用若干年后若需要重新装修或维修，可再拆除运回工厂进行再加工后原地复原，或异地重建利用，因此所有的材料都可通过生产线进行统一回收

利用，为建材建筑生态工业的发展开辟了新的思路。

用生态工业概念和国产设备进行 NALC 成品房生产线建设，实现 NALC 成品房符合绿色流程生产制造新工艺。

(1) 本项目采用生态工业概念、绿色流程生产制造新工艺和国产设备完成了 NALC 成品房生产线建设工作。用实现 NALC 成品房符合绿色流程生产制造新工艺。减少现有建筑施工、建材制造对自然资源的消耗和浪费。

(2) 通过对 NALC 板节能保温性能的提升实现无机材料满足节能标准，开发出具有自保温性能的装饰一体化 NALC 板材。其性能指标为导热系数： $0.07\sim 0.12\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ，轻质性： $350\sim 425\text{kg}/\text{m}^3$ ，防火性能 ≥ 4 小时，隔音性能： $48\sim 50\text{dB}$ ，抗风压值不小于 6.0KPa 即风速 $60.7\text{m}/\text{秒}$ ，使用寿命 >60 年。

(3) 完成 15m^2 和 30m^2 面积 NALC 成品房的研发及生产，满足各类建筑设计需求。实现 60% 以上节能目标，建筑节能率为 76.5%。

(4) 研发 NALC 应用于钢结构安装节点，研发预埋式 NALC 安装节点，实现柔性连接，从而提高 NALC 成品房的抗震性能。

(5) 编制符合我国建筑规范同时满足 NALC 成品房建筑设计、生产制造、建筑施工、装饰装修的技术标准，解决 NALC 成品房生产施工关键技术开发。

(6) 建立适合我国建筑规范的 NALC 成品房应用技术体系，提升 NALC 成品房的应用范围。

三、主要科技创新

1、用生态工业概念实现 NALC 成品房制造流程符合绿色流程生产制造新工艺。本项目 NALC 成品房采用钢结构技术，其围护结构采用使用 30%的工业废渣生产制造具有高节能保温抗震和产业化安装性能的 NALC 板材，实现 NALC 成品房使用全无机围护结构材料满足节能环保和绿色生态建筑的各项要求。

2、本项目研制的 NALC 板与传统 ALC 板相比，具有装饰保温隔音一体化的优点，其性能指标为导热系数： $0.07\sim 0.12\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ，轻质性： $350\sim 425\text{kg}/\text{m}^3$ ，防火性能 ≥ 4 小时，隔音性能： $48\sim 50\text{dB}$ ，抗风压值不小于 6.0KPa 即风速 $60.7\text{m}/\text{秒}$ ，使用寿命 >60 年。NALC 板可以做为自保温材料替代易燃的有机保温材料。同时由于 NALC 板应用于建筑围护结构中无需增加保温层，并可根据建筑设计要求在工厂完成装饰层，减少了的施工工序，大大提高施工效率。

3、本项目实现了在生产流水线上制造生产 NALC 成品房的研究目标，将建筑物分割为集装箱大小的单元，每个建筑单元 80%的生产建设工作在工厂流水线上完成。此产业化建筑关键技术，填补了国内空白。

4、充分利用集装箱单元化物流运输理念，和工厂化流水线制造的工艺技术进行 NALC 成品房制造工艺设计和生产设备装备的研发，使得建筑结构制造、围护结构安装、建筑门窗以及内部装饰装修均实现标准化工艺在流水线上完成，极大的保证了 NALC 成品房施工、焊接、防锈、节能、防水、抗震等关键质量要求，有效的避免了困扰建筑质量通病的发生，大大降低了建筑工地对周边环境的粉尘噪音污染，缩短了建筑施工周期，减少了建筑材料的物流运输对社会道路的占用，减少了建筑垃圾的产生和对环境的污染。

5、编制完成江苏省《装配式结构工程施工质量验收规程》（DGJ32/J184-2016）、江苏省省级工法《产业化钢结构单元房生产施工工法》、企业标准 Q/320114 XJX 02-2020《NALC 系列保温板》、《蒸压轻质加气混凝土（NALC）保温系统应用技术规程》（Q/320114 XJX03-2015）均已颁布实施，填补省内空白。

6、NALC 成品房与传统的建筑施工相比，其产业化程度较高，在工厂里单元房屋已基本生产成型，包括门窗的安装以及室内的装修也已完成大半，因此在施工现场不产生建筑垃圾，减少现场施工对周围环境的影响。

7、NALC 成品房在安装时主要通过吊机等机械设备进行现场组装，可以有效的缓解目前建筑市场中，传统工艺所带来的诸多弊端。相比传统施工工艺，NALC 成品房与钢筋混凝土结构与砖混结构施工工期相比仅为传统工艺的 30%~40%，而随着工期的缩短，直接使得施工现场周边的生态环境所受到的影响大大降低（60%~70%），且对周边道路等社会资源的占用也下降到了最低程度。很好的保护了周边生态环境。同时 NALC 成品房安装速度快，根据本项目 9 项示范工程的实际应用，包括结构、墙体、装修在内全部工作，以 10 人 1 台汽车吊为安装班组，可完成每天 300 m²建筑安装工程量，即每人每天 30 m²建筑安装面积。可节约大量的人工费用，并节省工期。

8、完成 NALC 成品房示范工程项目 18 项，实现 60%以上节能目标，其中 ALC 技术研发中心大厦项目取得了绿色建筑运营二星标识认证、全国绿色建筑创新二等奖和江苏省绿色建筑创新一等奖。常州绿色建筑示范项目（常州绿建园）获得 2017 年度华夏建设科技进步二等奖。

NALC 成品房的产业化程度、技术装配水平、工业附加价值以及节能抗震性能均处于国际先进国内领先水平，对推进我国建筑产业化、建材产品技术创新起着重要的关键作用。

四、第三方评价

鉴定意见

2012年4月29日，江苏省住房和城乡建设厅在南京组织召开了“蒸压轻质加气混凝土板（NALC）--成品房工业化生产施工关键技术研究与应用”鉴定会。鉴定委员会听取了课题组技术研究报告，查阅了有关技术材料，考察了实验测试用成品房，经质询、讨论，形成如下鉴定意见：

1、提供鉴定的资料基本齐全，符合鉴定要求。

2、NALC板钢结构工厂化单元成品房整合了新型节能材料、装饰装修材料和钢结构体系，实现了工厂化生产，完成了国内首栋ALC板钢结构单元房建筑，具有缩短建筑周期、降低材料消耗、减少工地粉尘和噪音污染、提高工效等特点，对推进我国建筑工业化起到积极作用。

3、成品房生产设备先进，制造、安装工艺合理，可进行批量生产，具有较广阔的应用前景。

鉴定委员会认为，该项目研究成果达到国内领先水平，一致同意通过鉴定。

建议：尽快形成施工工法和技术规程，以利于推广应用。

鉴定委员会主任：

副主任：

2012年4月29日

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、项目推广应用情况

建筑工业化是我国建筑企业转型升级的核心课题。当前所有建筑企业都把转型升级作为改革发展的主线。本项目紧紧抓住建筑工业化中施工方式和建筑部件的技术创新、技术集成等关键环节。努力实现建筑体系由数量型向质量型、速度型向效益型、劳动密集型向科技密集型、粗放型向集约型转变的本质要求。在国内率先系统解决了主体结构部件和围护结构部件工厂化制造并通过工厂化组装线的集成组合，完成近 80%的建安工程量，通过国内外多项科研工程的实践，基本实现了减少建筑用工、缩短建设工期、降低劳动强度、确保建筑质量、节能降耗、提高综合效益等各项预期目标。

建筑工业化是中国建筑业发展的必由之路。参照日本建筑产业化发展过程，开发新型的 NALC 板钢结构单元房体系、通过部品、部件工厂化生产，已成为弥补传统建筑业生产方式缺陷、促进建筑、建材业又好又快发展的主要途径。作为项目单位我们已将 NALC 板钢结构单元房建筑在日本进行了多次的应用，并被日本业界认可为成熟技术。目前又通过国内 NALC 板钢结构单元房示范项目的成功树造，获得我国建筑业一致好评，为我国建筑业尽快告别高能耗、高污染、低效率、低效益的传统作业方式进行了卓有成效的探索。

NALC 成品房制造应用技术，是目前国内建筑产业化程度较高的一项技术，由于该项技术完全改变了目前传统建筑工程的施工、验收程序，我公司在项目质量控制上吸取了日本在单元房质量控制体系的成功经验和关键应用技术，单元房生产、安装过程严格执行日本积水化工株式会社的质量标准，将示范项目的质量控制分单元房屋生产制造质量控制、现场基础质量控制、现场安装质量控制三个方面，制定了单元房制造、安装企业标准和管理模式，生产制造质量控制从原材料采购到 NALC 板材的生产，从部品部件的进厂到流水线上的安装，均受控于品质管理部的掌握之中，所有部件安装尺寸误差控制在 2mm 以内。现场基础质量控制严格按照国内房屋建筑相关施工验收标准进行质量控制和管理。现场安装质量控制执行国外先进的质量管理方法进行单元房的吊装、支座固定、屋架屋面板安装、施工缝处理，安装质量均得到有效、严格控制。通过近几年来

在国内外多个项目的实际应用运行，各项检查指标均达到日本和我国房屋验收标准的要求，各项性能指标符合我国绿色建筑要求，若能在国内大力推广该项技术，将大大加快我国建筑产业化的步伐，填补国内建筑在设计、施工和材料应用等方面的多项空白。

本项目在执行期间共计完成多项 NALC 成品房示范工程项目，具体如下：

序号	竣工日期	项目名称	单元房个数		建筑 面积 m ²	项目所在地	应用证明及获奖 情况
			15 m ²	30 m ²			
1	2010-04	测试单元房	0	10	300	南京建邺区	取得绿色建筑运营二星认证、全国绿色建筑创新二等奖、江苏省绿色建筑创新一等奖
2	2009-11	日本八广学生公寓项目	0	10	300	日本八广	
3	2009-11	日本八王子汽车旅馆项目	0	27	810	日本八王子	
4	2013-04	福建漳州市恒仓变电站生活舱	0	1	30	福建漳州	
5	2013-06	亚青组委会办公楼	0	10	320	南京建邺区	应用证明
6	2013-07	山西大同太阳能十项全能竞赛	0	3	90	山西大同	应用证明
7	2013-09	安徽宁国市施工现场办事处	0	1	30	安徽宁国	
8	2013-10	日本大分工厂配套办公点	0	3	90	日本	
9	2014-05	亚青会绿博园卫生间项目	3	0	54	南京建邺区	
10	2014-08	常州绿色建筑示范栋项目	0	4	356	江苏常州	获华夏建设科技进步二等奖
11	2015-01	青奥公园配套卫生间	4	0	72	南京建邺区	
12	2015-04	临海高速公路盐城大丰休息站	0	11	1092	江苏大丰	应用证明
13	2015-11	南瑞二次设备模块仓	0	1	30	江苏南京	
14	2015-11	滨江公园鱼背卫生间	2	0	36	江苏南京	
15	2016-01	马鞍山滨江新区卫生间	1	0	18	安徽马鞍山	
16	2016-03	山东济宁移动生活舱	0	1	30	山东济宁	
17	2016-10	滨河公园岗亭	2	0	36	江苏南京	
18	2017-01	绿博园游客服务中心	4	2	210	江苏南京	应用证明
	合计		16	84	3904		

(1) 经济效益:

本项目研发的 NALC 成品房适用于各类住宅、宾馆和标准化程度高的公共设施等建筑, 经过示范建筑的实际应用后, 基本已实现了建筑产业化安装施工, 其安装速度快, 包括结构、墙体、装修在内全部工作, 以 10 人 1 台汽车吊为安装班组, 可完成每天 300 m²建筑安装工程量, 即每人每天 30 m²建筑安装面积。可节约大量的人工费用。

NALC 成品房将 80% 的建安工作量和装修工程在工厂车间内完成, 是目前国内产业化集中度最高的永久性建筑安装方式。本项目不产生任何建筑垃圾, 有效降低建筑成本、物流运输成本, 而且工厂化生产确保了建筑物各个建安环节的质量, 节约建筑工程现场作业时间 70%, 消灭施工现场建筑垃圾施工粉尘的排放, 减少建筑施工交通道路的占用时间 70%, 消除施工噪音对城市环境的污染, 有效的提高建筑工人的施工效率, 确保施工质量。工厂化单元住宅的产业化程度、技术装配水平工业附加价值以及节能抗震性能均处于国际先进国内领先水平。由于 NALC 成品房将新型节能建材、装饰装修材料、高抗震钢结构体系、以及设计土建装修施工和技术服务的全部工作进行了产业化整合, 将传统建材制造提升为房屋商品制造, 完全改变了传统的建筑理念, 对推进我国建筑产业化、建材产品技术创新起着重要的关键作用。

(2) 社会效益

按照国际上正在形成的对建筑和建筑产品由性能和品质为中心的评定转化为产品寿命的资源材料阶段、设计建设阶段、使用维护阶段、更新拆除及处置阶段的 LCA 五阶段评定方式对 NALC 成品房进行评价。

资源材料阶段: NALC 板是一种轻质高强、隔热保暖、防水防火、隔声环保、抗震耐久的优良围护结构材料, 其成品具有可回收利用的特点;

设计建设阶段: NALC 成品房是将 NALC 板用于钢结构建筑形成钢结构+NALC 板围护结构体系, 在现有标准图集、实用技术手册、配套辅材、成熟的施工安装工法和配套的施工安装队伍的基础上, 可以实现工厂化预制房屋, 施工现场精确拼装, 并可精确的计算原材料的使用量, 减少了原材料的浪费, 提高了原材料的利用率;

使用维护阶段: 保证 NALC 成品房整个体系的安全性、耐火性、抗震性, 能保证使用过程中的节能、隔音、舒适, 每一单元体可独立拆卸返回制造工厂进行二次装修, 体

现可维护性和耐久性；

更新、拆除及处理处置阶段：NALC 成品房更新阶段可方便的拆除，运回工厂进行重新更新，包括维修、装修、它拆除方便，全部材料可回收重新使用（废钢铁重新回炉，NALC 废渣可用于再生产制品）完全是低污染，低公害的环境生态型绿色材料。

由此可以证明在 NALC 成品房整个生产过程将我们将所有资源进行了有机的整合，从设计到 NALC 成品房出厂以及成品房屋更新回收，在每一个环节中都体现了绿色流程制造的特点，所有的资源都得到了充分利用，实现资源循环和能量多级利用，达到物质和能量的最大利用以及对外废物的零排放。因此 NALC 成品房，即钢结构+NALC 板围护结构体系是一个理想的，符合生态工业绿色制造流程以及国际建筑产业化发展方向的，具有可持续发展的优良的建筑体系，完全符合绿色建筑生态工业的发展趋势。

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	蒸压轻质加气混凝土制品创新研究及在绿色建筑中的应用《中国加气混凝土》	2013年第3期	孙小曦、罗怡、崇睿、孙维理	
2				
3				
4				
5				

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1				
2				
3				
4				
5				

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种石材与加气混凝土板复合装饰板	中国	201210072752.X	2016.5.11	第 2068162 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙维理、冯亚东、孙维新、周晓华
2	发明	轻质混凝土隔音板	中国	201210072773.1	2015.09.09	第 1781313 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙维理、邓苏萍、周涛、顾云华
3	发明	快速安装的 ALC 墙体连接节点	中国	201210395081.0	2015.11.18	第 1838683 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙维理、蒋加深
4	发明	ALC 板材的三维加工工艺	中国	201210396149.7	2016.2.3	第 1943295 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙维理、孙小曦
5	发明	一种可拆卸迷你吊具及使用方法	中国	201310721121.0	2015.12.30	第 1881682 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙小曦、蔡俊
6	实用新型	含自钻连接内置埋件的干挂墙体节点	中国	201220103781.3	2013.3.27	第 2801710 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙维理、仇海泓、戴兴全、曹林
7	实用新型	一种适应不同节能要求的保温装饰复合墙体	中国	201220103890.5	2012.10.31	第 2485918 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙维理、孙小曦、孙锰修、林云涛
8	实用新型	带自动升降翻转功能的工业化房屋组装装置	中国	201520442877.6	2016.01.20	第 4964264 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙小曦、孙维理、祝培成、李文淦
9	实用新型	一种新型工程模板	中国	201520701281.3	2016.01.20	第 4956398 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙小曦、刘秋丽、龚正净、陈文新
10	实用新型	蒸压轻质加气混凝土板叠合楼板	中国	201621007759.3	2017.3.22	第 6007022 号	南京旭建新型建材股份有限公司	孙维理、孙小曦

江苏省建设科技创新成果推荐书

一、基本情况

项目名称	智慧城市治理关键技术研究及应用		
完成人	胡伏原 沈鸣飞 李林燕 夏振平 尚欣茹 顾敏明 王军 李兴良 奚雪峰 韩菲 颜梦芳		
完成单位	苏州科技大学 苏州希格玛科技有限公司 苏州佳图智绘信息技术有限公司		
推荐单位(盖章) 或推荐专家(签字)	苏州科技大学		
任 务 来 源			
计划、基金名称	项目名称	编号	验收结题时间
国家自然科学基金	车载全景序列图像的特征匹配方法研究	61472267	2018.12.1
江苏省自然科学基金	车载像机实时定位于鲁棒测量关键技术研究	BK2012166	2015.12.1
江苏省建设厅	城市园林绿化管理信息系统研究	JH21	2014.7
苏州市姑苏区	姑苏区智慧城管项目(一期)	SZLH2016-Q-G-004	2017.1.16
授权发明专利(项)	7	授权其他知识产权(项)	26
起止时间	起始: 2012年1月1日		完成: 2019年6月31日

二、项目简介

一、项目所属科学技术领域

项目组在国家自然科学基金委、省科技厅、省建设厅和地方政府委托的一批项目支持下，借助人工智能、物联网、图像处理、云计算等技术，紧密围绕城市治理中的数据采集、多源异构数据融合与处理、以及协同治理应用系统等涉及的关键技术开展深入研究。该项目属于新一代信息技术范畴。

二、项目主要研究内容

城市治理涉及城市规划、市容市政管理、园林绿化等众多领域，其产业需求巨大。目前，城市治理手段逐步从粗放到精细、从静态到动态、从开环到闭环、从分散到集中的方式转变。同时，全面提高城市治理信息化水平是建设智慧城市的核心内容，也是未来 5-10 年发展的必然趋势。目前，城市协同治理面临的主要问题有：①传统的数据采集方式单一，手段落后；②现有的城市治理系统智能化水平低；③信息孤岛导致维护成本高，系统协同性差。

针对以上问题，项目组基于单元网格，整合 RFID、视频模式识别、传感器、GPS 等技术，重点研究城市部件采集、智能化装置、事件发现与城市管理等城市治理的关键技术及应用，具体研究内容有：

- ① **研制了城市治理物联网平台：**探索了基于物联网技术并“覆盖到面、监测到线、控制到点”的集信息采集、指挥调度及决策于一体的智慧城管体系，并研制了全景采集车、液体泄漏装置、智能井盖监测装置、智慧停车系列装置和路灯照明控制装置等一系列的城市管理物联网设备，构建“城管物联网”。研制的低成本的全景采集平台可支持 40km/h 速度的全景数据采集、全景数据自动预处理、支持 Windows/Android/iOS 操作系统数据分发以及在全景中可量测、路灯杆等城市部件自动检测与定位等功能，量测精度在 50cm 以内。这突破了单幅全景图像实现量测中点配准难、量测准确度低等关键应用瓶颈，率先实现了基于全景图像进行量测的行业应用。
- ② **研究了智能化的多源异构大数据融合与处理平台：**借助感知设备（比如视频监控设备、车辆定位设备、网格员定位设备、移动设备端等）获取的片区城管事件数据以及平台内业务信息构建了鲜活的城市治理相关的多源异构大数据，借助生成对抗网络（Generative Adversarial Network, GAN）、YOLO（You only look once）等机器学习算法、统计方法和图像处理方法，研究异构多源大数据分析的模型选取和实现实时分析的云端计算策略，实现违停自动抓拍与定位、城市部件自动检测与定位以及城管事件的可靠实时统计分析，突破了数据源复杂、种类多、数据量大等关键技术难题，为智慧城管提供技术支撑和决策服务。
- ③ **研制了系列化协同治理系统：**基于发物联网设备，采用互联网相关技术，构建了城市治理系列化系统，打破了信息孤岛，解决了数据孤岛、流程不规范、监督不到位、协同性差等我国城市协同治理中存在的共性问题，打造城市智慧化管理的闭环流程，提升了城

市治理系统的行政综合协同治理水平。

项目已授权专利 11 件，其中授权发明专利 7 件，实用新型专利 4 件；登记软件著作权 22 项；累计在《IEEE Transactions on Multimedia》、《Neurocomputing》等期刊发表论文 11 篇，其中 SCI 论文 5 篇。

三、项目主要特点

本项目应用物联网、大数据、智能分析、地理信息系统、数据共享等新技术，主要有以下特点：

- (1) **建立“城市治理物联网”，具备自主感知能力：**以数据采集车、视频监控设备、车辆定位设备、网格员定位设备、移动设备端、COD 传感器、温湿度传感器和位移传感器等主要监测设备形成了“城市治理物联网”；以人工智能、机器学习、图像处理、移动互联网和地理信息系统等先进技术，实现了对城市管道泄露、水质超标、河道漂浮物、车辆违停、网格员离岗以及车辆不在位等事件的自主感知，形成了全时段、全覆盖的城市治理新模式。
- (2) **创建了双轴心的管理体制，打造智慧治理云的闭环流程：**项目组构建了以城市治理监督中心和指挥中心为双轴心的管理体制，打造了智慧城管云，实现了城市治理中“信息采集到受理、立案、派遣、处置、核查、结案”的闭环流程和科学评价体系，打破了传统的城市治理模式，实现了对城市治理工作的实时监管，这使得城市治理更加信息化、科学化、精细化，大大提高了各部门在城市治理方面的办事效率，为建设人民满意的服务型政府提供了有效支持。
- (3) **建立城市协同治理模型，实现了各个部门联动互通：**采用大平台概念，开放架构和模块化设计，构建了城市治理协同信息化共享系统，为各个部门建立了闭环的沟通通道，消除了信息孤岛，较好地解决了管理效率不高、管理手段滞后和评价不科学的问题；同时，充分发挥互联网的优势，借助城管 App 或者微信，面向百姓征集城市治理中涉及的问题线索或意见建议，将互联网与城市治理深度融合，让居民成为市容市貌的监督员、考评员，为社会公众创造了和谐、整洁、安全、优美的城市环境，实现“科学、精细、长效”的城市协同治理。

三、主要科技创新

利用新一代信息技术，以城市治理平台为基础，重点解决信息采集渠道少、系统协同性差、智能化程度低和数据利用率低等问题，构建城市治理监督指挥中心和指挥中心两个轴心的管理体制，建设一批智能化装置和核心智慧平台，完善“精简、统一、高效”的城市治理体制、运作机制和监管机制，形成集数据采集、处理、分析、反馈的整个城市治理大闭环，提高基层办事效率和市民对城市的认同感，全面提升城市日常管理和应急处置水平，在全国城市治理信息化建设起到了重要示范作用。主要创新点：

【创新点 1】研制了高精度低成本的城市全景数据处理平台，提升了数据采集能力。本项目瞄准利用全景相机进行采集和部件普查的国内空白，解决全景相机畸变求相机姿态难题，率先突破了仅仅利用全景相机进行采集，突破了仅仅利用全景图像进行测量的精度瓶颈，实现了全景数据采集、处理、测量与定位、建库和分发功能，测量精度在 50cm 以内，已经达到了部件普查的要求，解决了数据采集周期长、成本高的问题。

【创新点 2】设计了人工智能核心算法，提高了“城市治理物联网”自主感知能力：针对构建的“城市治理物联网”的动态数据，提出基于 GAN 架构的多模态协同处理算法，实现了对城市管道泄露、照明状态控制、水质超标、河道漂浮物、车辆违停、网格员离岗以及车辆不在位等异常事件的自主感知，形成了全时段、全覆盖的城市治理新模式。

【创新点 3】构建了“治理云”，创新“互联网+城市治理”模式：充分发挥互联网的优势，构建城市治理云平台，汇聚百姓和城管人员通过城管 APP、微信等各种途径征集的城市治理中问题线索或意见建议；监督中心将通过大数据平台汇总分析，形成问题责任清单。将互联网与城市治理深度融合，营造了“城市大家管”的环境，让居民成为市容市貌的监督员、考评员。

【创新点 4】创立了城市协同治理模型，构建了城市治理共享平台及其协同治理系统。该项目通过构建城市治理协同信息化云平台，实现了数据共享共用，较好地解决了管理效率不高、管理手段滞后和评价不科学的问题，为社会公众创造和谐、整洁、安全、优美的城市环境，实现“科学、精细、长效”的城市协同治理。

四、第三方评价

该成果通过综合运用多种信息化手段，构建城市数据移动采集平台，实现多元化的数据采集、处理、分发和应用，丰富数据采集手段；研发基础地理数据、管线数据及停车数据共享平台，打破信息孤岛现象，助力多系统协同运行；研制系列化智能设备，构建“城市治理互联网”平台和“互联网+城市治理”平台，构建了苏州市智能化停车管理平台、姑苏区智慧城管系统及综合管线协同平台等多个城市协同治理平台，提升城市治理智能化水平，提高了城市治理效率，取得了丰富的研究成果和良好的应用效果，得到了相关专家和业界的高度认可。

序号	证明名称	类型	验收日期
1	城市园林绿化管理信息系统研究验收证明	省住房和城乡建设厅项目验收证明	2014. 11. 08
2	车载像机实时定位与鲁棒测量关键技术研究验收证明	省基金验收证明	2015. 12. 19
3	姑苏区智慧城管项目（一）验收报告	验收报告	2017. 1. 16
4	车载全景序列图像的特征匹配方法研究验收证明	国家基金验收证明	2019. 4. 25
5	城市园林绿化管理信息系统研究查新报告	查新报告	2014. 5. 27
6	面向智慧城市电子政务系统查新报告	查新报告	2019. 5. 13
7	苏州国家高新区狮山街道科技社区的建设实证研究	验收报告	2015. 3. 10
8	希格玛智慧城管管理平台测试报告	测试报告	2018. 5. 8

五、推广应用情况、经济效益、社会效益和环境效益

1、推广应用情况（应用证明请标明应用时间）

智慧城市治理平台实施于城市管理单位，实现了 APP 端、PC 端和 PAD 端的多种处理终端，基于 GIS 的网格化综合管理地图展示，完善的城管业务处理和流转系统，整合的视频交换和共享平台以及全覆盖的 PDT 数字电台集群，同时为其他政府单位的相关业务预留了接口。

在城市环境管理各方面都得到了实际应用，如占道经营、违章停车、无证摊贩的治理等。

序号	应用项目	应用单位	时间
1	智慧城市管理系统	姑苏区城管监督指挥中心	2019.4.25
2	苏州市地下管线综合协同监管系统	苏州市地下管线管理所	2017.4.20
3	苏州市地下管线综合协同监管系统	苏州市规划局	2017.4.17
4	苏州市地下管线综合协同监管系统	苏州市自来水有限公司	2017.4.20
5	苏州市智能化停车管理信息系统	苏州市市容市政管理局市政管理处	2017.4.17
6	苏州市智能化停车管理信息系统	苏州市市区道路停车管理所	2017.4.12
7	苏州市智慧园林信息管理设计研究以及示范应用	苏州市拙政园管理处	2015.3.14
8	苏州市智慧园林信息管理设计研究以及示范应用	苏州市绿化管理站	2014.12.28
9	苏州市智慧园林信息管理设计研究以及示范应用	苏州留园管理处	2015.3.28
10	苏州市智慧园林信息管理设计研究以及示范应用	苏州市园林和绿化监察所	2015.3.18
11	苏州市智慧园林信息管理设计研究以及示范应用	苏州市虎丘山风景名胜区管理处	2015.4.15
12	苏州市智慧园林信息管理设计研究以及示范应用	苏州市世界文化遗产古典园林保护监管中心	2015.4.17

2、近年直接经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2017	181	77		
2018	819	327		

2019	2165	818		
累 计	3426	1222		
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>(1) 新增销售额：由项目当年实际收入的款项得到；</p> <p>(2) 新增利润：由项目当年实际收入的款项为依据，按照我司信息化项目约 20%、工程类项目约 10%的利润率进行计算。</p>				
<p>3、社会效益（限 200 字）</p> <p>项目实施为提升城市治理能力，确保应用单位可持续发展提供了重要保障。建设系统有效消除了信息孤岛，提高资源利用率 35%，提高城市治理应对突发事件的能力；建立管理长效机制，处置城市治理问题效率提高 25%，解决了管理效率低的难题；实现了管理制度化、规范化和精细化，为城市健康快速发展和百姓安居乐业做出了重要贡献。</p> <p>同时，项目开始实施于苏州市吴中区，逐步扩展到句容市、海门市相关村镇，现在已经是“智慧姑苏”项目重要组成部分。该项目的实施对推动“智慧苏州”建设在全国的示范作用提供了重要支撑，项目已经在长三角地区开始推广应用。</p> <p>最后，项目实施有力促进了人才队伍与学科建设。项目培养大批年轻教师骨干和优秀学生，推动了 2014 年江苏省建筑智慧节能重点实验室、2016 年苏州市虚拟现实智能交互及应用重点实验室以及 2016 年省市共建的智慧城市研究院落地建成。</p>				
<p>4、环境效益（限 200 字）</p> <p>通过项目实施，实现了管理制度化、规范化和精细化，提升了城市治理水平，强化了人人参与的理念，有效的提升了城市文明建设水平，对提升人文环境有重要的意义。</p>				

六、代表性论文论著情况

1、代表性论文论著目录（不超过 5 篇）

序号	论文论著名称/刊名/	发表时间 (年/月/日)	作者	备注
1	Attend and Imagine: Multi-label Image Classification with Visual Attention and Recurrent Neural Networks/IEEE Transactions on Multimedia	2019.1.23	Fan LV#, Qi WU#, Fuyuan Hu*, Qingyao Wu, Mingkui Tan	SCI-1区
2	An adaptive approach for texture enhancement based on fractional differential operator with non-integer step and order/ Neurocomputing	2014.12.4	Fuyuan Hu, Shaohui Si, HauSan Wong, Baochuan Fu, MaoXin Si, Heng Luo	SCI-2区
3	SR-GAN: Semantic Rectifying Generative Adversarial Network for Zero-Shot Learning/IEEE International Conference on Multimedia and Expo	2019.8.12	Zihan Ye#, Fan Lyu, Linyan Li, Qiming Fu, Jinchang Ren, Fuyuan Hu	CCF-B会议
4	Unsupervised Object Transfiguration with Attention/ Cognitive Computation	2019.4.8	Zihan Ye, Fan LV, Linyan Li, Yu Sun, Qiming Fu, Fuyuan HU	SCI-2区
5	自适应分数阶微分的复合双边滤波算法/中国图像图形学报	2013.10.3	胡伏原, 姒绍辉, 张艳宁, 孙瑾秋	CSCD核心

2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过 5 篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	Attend and Imagine: Multi-label Image Classification with Visual Attention and Recurrent Neural Networks	Fast User-Guided Single Image Reflection Removal via Edge-aware Cascaded Networks / Zhang, Huaidong; Xu, Xuemiao; He, Hai; He, Shengfeng; Han, Guoqiang; Qin, Jing; Wu, Dapeng;	IEEE Transactions on Multimedia / 6.051	2019.11
2	Attend and Imagine: Multi-label Image Classification with Visual Attention and Recurrent Neural Networks	Sequence-based statistical downscaling and its application to hydrologic simulations based on machine learning and big data / Wang, Qingrui; Huang, Jing; Liu, Ruimin; Men, Cong; Guo, Lijia; Miao, Yuexi; Jiao, Lijun; Wang, Yifan; Shoaib, Muhammad; Xia, Xinghui;	Journal of Hydrology / 4.5	2020.1.24
3	An adaptive approach for texture enhancement based on fractional differential operator with non-integer step and order	Image denoising and enhancement based on adaptive fractional calculus of small probability strategy / Li, Bo; Xie, Wei;	Neurocomputing/ 4.438	2015.10.11
4	Unsupervised Object Transfiguration with Attention	VTAAN: Visual Tracking with Attentive Adversarial Network/ Wang, Futian; Wang, Xiaoping; Tang, Jin; Luo, Bin; Li, Chenglong;	Cognitive Computation / 4.287	2020.9.7
5	Attend and Imagine: Multi-label Image Classification with Visual Attention and Recurrent Neural Networks	Radar Signal Intra-Pulse Modulation Recognition Based on Convolutional Neural Network and Deep Q-Learning Network / ZHIYU QU , CHENFAN HOU , CHANGBO HOU , AND WENYANG WANG	IEEE Access / 3.745	2020.3.19

七、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	基于图像分割的深度不连续区域立体匹配算法	中国 江苏 苏州	ZL20141011 3776.4	2017.1.18	2352475	苏州科技学院	胡伏原 吴宏杰 姒绍辉
2	发明专利	一种提高集成电路内置热敏元件测量精度和灵敏度的方法	中国 江苏 苏州	ZL20111019 6093.6	2015.10.28	1831936	苏州科技学院	胡伏原 王俭 刘传洋
3	发明专利	一种基于Ladybug 全景相机图像的360 度全方位测距方法	中国 江苏 苏州	ZL20141011 4919.3	2017.3.8	2405671	苏州科技学院	胡伏原 吴宏杰 严蔚岚 翟金鑫
4	发明专利	一种三维图像灰度查找表测量装置及其方法	中国 江苏 苏州	ZL20131071 4038.0	2016.8.10	2166367	苏州科技学院	夏振平 肖金球 雷岩
5	发明专利	一种用于快门式立体显示的照明系统及其控制方法	中国 江苏 苏州	ZL20131071 4071.3	2016.6.15	2114467	苏州科技学院	夏振平 肖金球 顾敏明
6	发明专利	一种基于分数阶微分估计梯度域的图像滤波方法	中国 江苏 苏州	ZL20151039 4348.8	2018.12.18	3184706	苏州科技学院	胡伏原 王振华 顾亚军 姒绍辉 吕凡 李林燕 李泽
7	发明专利	一种基于自适应权重多尺度窗口的任意点匹配算法	中国 江苏 苏州	ZL20141020 1873.9	2017.6.20	2524284	苏州科技学院	胡伏原 季剑岚 程成 姒绍辉 顾亚军 翟金鑫
8	实用新型	一种基于双频 GSM/GPRS 模块的智能车场信息采集装置	中国 江苏 苏州	ZL20152026 9743.9	2015.8.26	4571920	苏州科技学院	王军 杨会玲 王磊 孙慧婷
9	实用新型	一种基于车载双目视觉的路面坑槽检测装置	中国 江苏 苏州	ZL20152029 2588.2	2015.8.26	4564334	苏州科技学院	杨会玲 王军 孙慧婷 张丰梁 王磊
10	实用新型	一种基于多传感器融合的触发相机装置	中国 江苏 苏州	ZL20152027 3472.4	2015.8.26	4558569	苏州科技学院	王军 杨会玲 杜博军 王磊

11	实用新型	一种基于远程无线GPRS 遥控的相机触发装置	中国江苏苏州	ZL201520271522.5	2015.8.26	4554340	苏州科技学院	王军 杨会玲 杜博军 王磊
12	软件著作权	佳图村镇信息管理发布平台软件	中国江苏苏州	2016SR046490	2016.03.07	00981349	苏州佳图智绘信息技术有限公司	韩菲
13	软件著作权	GPS位置采集信息系统软件(安卓版)	中国江苏苏州	2017SR530945	2017.9.20	2116229	苏州科技大学	尚欣茹
14	软件著作权	车辆违停报警系统软件(网页版)	中国江苏苏州	2018SR877605	2018.11.2	03158154	苏州科技大学	尚欣茹
15	软件著作权	基于 iOS 操作系统楼盘全景展示软件	中国江苏苏州	2015SR146964	2015.7.30	1034050	苏州科技大学	尚欣茹
16	软件著作权	茅山综治信息系统软件(android 版)	中国江苏苏州	2018SR159386	2018.03.12	02376719	苏州佳图智绘信息技术有限公司	颜梦芳
17	软件著作权	智慧社区管理信息系统软件(安卓版)	中国江苏苏州	2016SR38256	2016.12.22	01372392	苏州佳图智绘信息技术有限公司	韩菲
18	软件著作权	河长联动管理系统软件(微信版)	中国江苏苏州	2018SR877614	2018.11.02	03158156	苏州科技大学	胡伏原
19	软件著作权	智慧社区管理信息系统软件(微信版)	中国江苏苏州	2016SR387550	2016.12.22	01372582	苏州佳图智绘信息技术有限公司	颜梦芳
20	软件著作权	河长联动管理系统软件(安卓版)	中国江苏苏州	2018SR877687	2018.11.02	03158163	苏州科技大学	尚欣茹
21	软件著作权	河长联动管理系统软件(iOS 版)	中国江苏苏州	2018SR877787	2018.11.02	03158174	苏州科技大学	尚欣茹
22	软件著作权	阳澄湖安全信息系统软件(安卓版)	中国江苏苏州	2017SR538727	2017.9.29	2124011	苏州科技大学	尚欣茹
23	软件著作权	生活购系统软件(ios 版)	中国江苏苏州	2017SR406360	2017.7.27	1991644	苏州科技大学	胡伏原
24	软件著作权	茅山城管信息系统软件(android 版)	中国江苏苏州	2018SR159404	2018.3.12	02376720	苏州佳图智绘信息技术有限公司	韩菲

25	软件著作权	步道健身信息系统软件（安卓版）	中国 江苏 苏州	2016SR3784 08	2016.12.16	1557024	苏州科技大学	胡伏原
26	软件著作权	希格玛数据交换系统软件	中国 江苏 苏州	2017SR6541 87	2017.11.29	02113698	苏州希格玛 科技有限公 司	沈鸣飞
27	软件著作权	希格玛大数据分析决策系统软件	中国 江苏 苏州	2017SR6541 27	2017.11.29	02118473	苏州希格玛 科技有限公 司	沈鸣飞
28	软件著作权	希格玛智慧城管管理平台软件	中国 江苏 苏州	2017SR6581 17	2017.11.30	02120165	苏州希格玛 科技有限公 司	沈鸣飞
29	软件著作权	希格玛智慧城管协同工作系统软件	中国 江苏 苏州	2017SR4441 71	2017.08.14	01889406	苏州希格玛 科技有限公 司	沈鸣飞
30	软件著作权	基于 iOS 操作系统停车场搜索软件	中国 江苏 苏州	2015SR1695 25	2015.8.31	1056611	苏州科技大 学	胡伏原
31	软件著作权	三维全景园林快速浏览系统软件	中国 江苏 苏州	2013SR1428 56	2013.12.10	00373786	苏州科技大 学	胡伏原
32	软件著作权	三维全景图像预处理系统软件	中国 江苏 苏州	2013SR1415 43	2013.12.0 9	00372017	苏州科技大 学	胡伏原
33	软件著作权	基于 MVC 模式社区车位管理 App 系统	中国 江苏 苏州	2018SR7582 83	2018.9.18	03042073	苏州科技大 学	李兴良