

【项目名称】超高层建筑集约化高效建造技术创新与应用

【提名奖种】2018 年度国家科技进步奖二等奖

【提名单位意见】

项目完成单位承建了数百栋超高层建筑，具有丰富的实践经验，长期致力于超高层建筑建造技术的创新与推广。项目以效率及效益为目标，以建造装备、方法、工艺为突破口，探索绿色、经济、工业化的高效建造技术。

项目发明超高层建筑集成平台施工装备，其建筑面积近万平米，含 10 个作业层，配置上百套设备、设施，多工序多作业面空间流水施工，大幅提升工效，有效缩短工期。平台全方位安全保障体系可实现千米级摩天大楼高空“工厂化”施工。

项目提出无加强层的密柱框架-密排芯柱核心筒结构体系及设计方法，实现了超高层结构地上、地下同步施工，显著节约工期，降低造价。提出重载环境下地下结构不间断、动态监控施工方法，确保了同步动态施工中地下结构性能可靠、传力连续。

项目研发超高层建筑系列高效安装工艺实现整体预制装配式机房快速安装，超高层现场钢结构复杂安装环境下全自动高效焊接，正式电梯施工期同步应用，超高层建筑正式消防系统永、临无缝结合。上述工艺大幅提升安装工效，减少现场劳动力投入，确保超高层建筑全生命期不间断消防安全。

上述成果应用于国内二十余个重大地标性超高层建筑，经济和社会效益显著。项目实现了中国建筑业在超高层建筑特别是摩天大楼建造领域高端技术装备及工艺的重大创新，实现了生产资源高效配置和作业空间的高效利用，大幅提升了施工工效并降低了劳动强度，显著提升了超高层建筑施工安全、绿色与工业化水平，对中国建筑乃至中国建筑业技术进步具有重要的里程碑意义。

【项目简介】

该项目属于土木建筑工程施工领域，主要用于超高层建筑施工。

超高层建筑作为现代建筑技术发展的结晶，其在节约城市用地，促进集约发展，带动区域经济等方面具有重大意义。从上世纪末开始，伴随着经济及城镇化的快速发展，中国开始大规模兴建超高层建筑。目前，全球 300 米以上超高层建筑中国占一半以上，年度 200 米以上超高层建筑竣工数量中国连续 9 年全球排名第一。虽然在超高层建筑规模方面中国已经走在世界前列，然而就其建造过程而言，工期长、投入大、管理分散、工效低、环境污染、资源浪费等问题仍然制约着超高层建筑的发展，制约中国由规模领先向品质领先转变。

本项目以效率及效益为目标，以建造装备、方法、工艺创新为突破口，探索超高层快速、经济、绿色的集约化高效建造方式。

1) 发明超高层建筑“工厂化集成平台”高效施工装备。集成平台建筑面积近万平米，含 10 个作业层，配置上百套设备、设施，多工序多作业面空间流水施工，工效提升 20%以上，节约工期 2~3 天/层。独创系列塔机与平台集成技术，最大塔机弯矩超 2500 吨米。研

发集成平台全工况可变体系，实现塔楼结构变化情况下平台快速重构、连续爬升。研发集成平台全方位安全保障体系，平台可承载 2000 吨，抵御 14 级大风作用，可实现千米级摩天大楼高空“工厂化”施工。

2) 提出超高层建筑结构“地上、地下同步施工”高效建造方法。创新提出无加强层的密柱框架-密排芯柱核心筒结构体系，实现超高层结构地上、地下同步施工时竖向荷载均匀分布，地下结构可靠嵌固。提出同步施工最优高度设计方法，解决结构性能、工程成本、施工进度最优匹配情况下结构施工高度的推算难题。提出数万吨级重载环境下地下结构高精度、不间断、动态监控施工方法，确保同步动态施工中地下结构性能可靠、传力连续。该方法创造 19 个月完成 249.5m、314.5m 两座超高层结构施工的世界纪录，节省工期约 15 个月。

3) 研发超高层建筑“工业化”高效安装工艺。首创整体预制装配式机房高精度、快速建造技术，22 小时完成 4000 冷吨级整体机房现场安装，节约工期达 90%以上，工效提升 10 倍以上。搭建全工况自动焊接智能数据平台，实现超高层现场钢结构复杂安装环境下自动焊接，减少劳动力投入 50%以上。研发超高层建筑正式电梯施工期同步应用技术，提升超高层施工期电梯垂直运力 10 倍以上。研发超高层正式消防系统分区整体转换技术，实现超高层建筑消防系统永、临无缝结合，确保超高层建筑全生命周期不间断消防安全。

获发明专利 20 项、湖北省及中国建筑发明专利金奖 2 项。主编国家标准 1 部、行业及地方标准 2 部、协会标准 1 部，参编行业标准 1 部。获中建总公司科学技术一等奖 2 项、中国建筑业协会建设工程施工技术创新成果一等奖 1 项，中国建筑学会科技进步一等奖 1 项。3 项成果经鉴定整体达到国际领先水平，2 项成果经鉴定部分内容达到国际领先水平。获国家级工法 6 项、软件著作权 4 项、实用新型专利 50 余项，出版专著 2 部，发表论文 30 余篇。

成果应用于武汉绿地中心(高 636 米)、沈阳宝能中心(高 565 米)、北京中国尊(高 528 米)等二十余个重大超高层建筑，总体经济效益达数亿元。

【客观评价】

1、成果鉴定

1) 2015 年 9 月中国建筑工程总公司组织了以该项目为关键技术的《中国建筑千米级摩天大楼建造技术研究》成果鉴定，结论为：“该课题研究成果对于推动超高层建造技术的发展具有重大意义，成果总体达到国际领先水平，一致同意通过鉴定”。

2) 2015 年 6 月中国建筑工程总公司组织《超高层建筑智能化施工装备集成平台系统研究与应用》成果鉴定，结论为：“成果整体达到国际领先水平”。

3) 2015 年 5 月中国建筑工程总公司组织《深厚软土地区超高层建筑逆作法高效建造关键技术》成果鉴定，结论为：“超高层建筑密柱框架-核心筒无加强层结构体系在逆作法中的应用技术和大直径超深水下 C60 混凝土钻孔灌注桩成桩技术达到国际领先水平”。

4) 2016 年 11 月中国钢结构协会组织《超高层核心筒内钢结构安全高效提升施工技术的研究与应用》成果鉴定，结论为：“研究成果达到国际领先水平”。

2、出版著作《千米级摩天大楼结构施工关键技术研究》、《中国 500 米以上超高层建筑

施工组织设计案例集》。

3、标准及规范

1) 主编国家标准《建筑信息模型施工应用标准》GB/T 51235-2017;

2) 主编重庆市工程建设标准《模块化低位顶升钢平台模架体系施工技术标准》DBJ50/T-268-2017;

3) 主编中国工程建设标准化协会标准《超高层建筑施工装备集成平台技术规程》;

4) 参编上海市工程建设规范《逆作法施工技术规程》(DGTJ08-2113-2012)(J12191-2012)。

4、国内外重要科技奖励

1) 发明专利《具有模板功能的凸起式可周转混凝土承力件》获 2013 年度中国建筑优秀专利金奖。

2) 发明专利《一种集垂直运输设备及模架为一体的自顶升施工平台》获 2017 年第十届湖北省专利金奖。

3) 项目成果《超高层建筑智能化施工装备集成平台系统研究与应用》获 2015 年中国建筑工程总公司科学技术一等奖。

4) 项目成果《深厚软土地区超高层建筑逆作法高效建造关键技术》获 2016 年中国建筑学会科技进步一等奖。

5) 项目成果《超高层建筑施工智能集成平台研发与应用技术》获 2017 年中国建筑业协会建设工程施工技术创新成果一等奖。

【推广应用情况】

项目成果已成功应用于北京中国尊、武汉绿地中心、沈阳宝能中心、武汉中心、华润深圳湾等二十余个重大超高层建筑,项目成果的推广应用有效提高了超高层建筑建造效率,经济及社会效益显著。

【主要知识产权证明目录】

| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 授权号 | 授权日期 | 权利人 | 发明人 |
|--------|------------------------|----------------|------------|----------------|--|
| 发明专利 | 一种用于超高层建筑施工的智能型施工平台 | 201210338024.9 | 2014.09.10 | 中建三局建设工程股份有限公司 | 张琨、黄刚、王开强、吴延宏、王辉、邓伟华、周鹏华、陈波、李迪、崔健、周杰刚、李鹏、王健、张杰、武超、刘威 |
| 发明专利 | 用于集成塔机与集成平台的支撑装置及其使用方法 | 201610194408.6 | 2017.10.31 | 中建三局集团有限公司 | 张琨;王辉;王开强;彭明祥;崔健;李霞;许立山;蒋凯;陈锋;陈腾力;陈波;刘晓升;刘威;王建春 |
| 发明专利 | 一种可周转的逆作法钢管柱调垂导向装置及其施 | 201510273545.4 | 2017.07.21 | 中建三局集团有限公司 | 王辉;赵军;吴延宏;孙庆;周环宇;王蕾;钟用 |

| | | | | | |
|-------|---------------------------|----------------|------------|-----------------------|---|
| | 工方法 | | | | |
| 发明专利 | 一种集垂直运输设备及模架为一体的自顶升施工平台 | 201110032815.4 | 2012.06.20 | 中建三局建设工程有限公司 | 张琨、黄刚、吴延宏、傅开荣、王开强、黄爽、刘志茂、李迪、张明黄、周勇、张玉柱、赵研华 |
| 发明专利 | 具有模板功能的凸起式可周转混凝土承力件及其施工方法 | 201210047627.3 | 2014.11.12 | 中建三局建设工程有限公司 | 张琨、黄刚、王开强、吴延宏、王辉、邓伟华、周鹏华、陈波、李迪、王健、张杰、蓝晓木、刘威 |
| 发明专利 | 一种可变角度竖向混凝土结构爬升装置及其使用方法 | 201510824834.9 | 2017.07.21 | 中建三局集团有限公司、中国建筑股份有限公司 | 李霞、王辉、何瑞、郭应林、刘晓升、陈凯、白宝军、王开强、陈波、许超、桂芳、伍勇军、程鹏、崔健、刘威、王建春、杨辉、巴鑫 |
| 发明专利 | 一种用于逆作法的变截面墙式竖向支承结构及其施工方法 | 201610110749.0 | 2017.08.25 | 中建三局集团有限公司 | 王辉;汪浩;孙庆;周环宇;魏倩;慕冬冬 |
| 发明专利 | 钢结构高空安装操作平台 | 201210290248.7 | 2015.05.13 | 中建钢构有限公司 | 李毅;杨正军;吕黄兵;杜得强 |
| 软件著作权 | 超高层建筑施工装备集成平台智能监控系统软件 | 2015SR267376 | 2015.12.18 | 中建三局集团有限公司 | / |
| 软件著作权 | 中建钢构焊接智能管理系统 | 2014SR074403 | 2014.01.02 | 中建钢构江苏有限公司 | / |

【主要完成人情况】

| 序号 | 姓名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 项目贡献 |
|----|-----|---------|-------|-------------|--|
| 1 | 张琨 | 总工程师 | 教授级高工 | 中建三局集团有限公司 | 项目总负责人，全面主持项目关键技术研究工作，对主要创新点1、2、3做出重大贡献。 |
| 2 | 王辉 | 副总工程师 | 教授级高工 | 中建三局集团有限公司 | 负责项目关键技术研发工作。对主要创新点1、2、3做出重大贡献。 |
| 3 | 王开强 | 技术中心副主任 | 高级工程师 | 中建三局集团有限公司 | 负责项目关键技术研发工作。对主要创新点1、2、3做出重大贡献。 |
| 4 | 任庆英 | 总工程师 | 教授级高工 | 中国建筑设计院有限公司 | 负责项目关键技术研发工作。对主要创新点2做出重大贡献。 |

| | | | | | |
|----|-----|------------|-------|--------------|---------------------------------|
| 5 | 彭明祥 | 二级单位常务副总经理 | 教授级高工 | 中建三局集团有限公司 | 负责项目关键技术研发工作。对创新点 1、3 做成重大贡献。 |
| 6 | 吕黄兵 | 二级单位总工程师 | 高级工程师 | 中建钢构有限公司 | 负责项目关键技术研发工作。对创新点 3 做出重大贡献。 |
| 7 | 朱惠清 | 二级单位副总经理 | 高级工程师 | 中建三局集团有限公司 | 负责项目关键技术研发工作。对主要创新点 2 做出重大贡献。 |
| 8 | 刘业炳 | 总工程师 | 高级工程师 | 中建三局安装工程有限公司 | 负责项目关键技术研发工作。对主要创新点 3 做出重大贡献。 |
| 9 | 许立山 | 二级单位副总经理 | 高级工程师 | 中建三局集团有限公司 | 负责项目关键技术研发工作。对主要创新点 1、3 做出重大贡献。 |
| 10 | 刘国彬 | / | 教授 | 同济大学 | 负责项目关键技术研发工作。对主要创新点 2 做出重大贡献。 |

【主要完成单位及创新推广贡献】

1、中建三局集团有限公司 作为第一完成单位，负责总体项目技术方案制定、技术内容分析、可行性研究、技术路线确定，技术优化和成果总结等。在项目实施过程中单位投入大量人力、物力、财力，进行科技攻关，为科研项目的顺利实施提供了有力的组织保障。通过一系列的探索与研究，形成了超高层建筑“工厂化集成平台”高效施工装备、超高层建筑结构“地上、地下同步施工”高效建造方法、超高层建筑“工业化”高效安装工艺，并申报了多项国家专利。在企业内部及行业积极宣贯技术成果，相关成果得到了成功应用，经济效益和社会效益显著。对主要科技创新 1、2、3 做出重大贡献。

2、中国建筑股份有限公司 作为项目的第二完成单位以及中建三局集团有限公司的上级主管单位，参与了成果的策划，并在成果施工过程中，针对集成平台设备集成、“地上、地下同步施工”技术、焊接机器人数控模块设计、正式电梯在结构施工期的同步应用、正式消防取代临时消防等巨大施工难题的研究与实施给予了指导性的帮助，并指导完成相关技术成果的总结工作。对主要科技创新 1、2、3 做出重要贡献。

3、中国建筑设计院有限公司 作为工程设计单位，针对超高层建筑“地上、地下同步施工”技术需求，创新提出超高层建筑核心筒地下密排桩柱结构体系设计技术，研发“密柱框架-核心筒”无加强层结构体系，解决了“地上、地下同步施工”最优高度选择问题，保证了超高层建筑“地上、地下同步施工”高效建造技术的有效实施，成功应用于南京青奥中心超高层塔楼（249.5m、314.5m 双塔）工程，极大地节省了工期，实现了工程优质、高效、安全的建造目标。对项目主要科技创新 2 做出重要贡献。

4、同济大学 针对超高层建筑“塔楼结构地上、地下同步施工”建造方法，创新提出基于物联网、大数据技术的施工安全智能化动态评估管控方式，全过程对结构的安全状态进行智能化评估及安全变化趋势预测，构建动态力学模型和预报警指标体系，保证超高层建筑地上、地下同步逆作动态施工过程结构体系安全可靠。对主要科技创新 2 做出重要贡

献。

5、中建钢构有限公司 负责超高层施工现场钢结构高效智能化施工技术研究，具体包括：超高层封闭核心筒内钢结构综合施工技术及智能吊装设备研发、全工况自动焊接数据平台及焊接智能管理系统开发、模块化可拆分自动焊接系统研制。负责超高层施工现场高效智能化施工技术的实施及推广，将研制的技术成果在国内多个超高层项目，比如武汉绿地、苏州国金、北京中国尊、天津现代城等项目成功应用。该技术成果在减少现场劳动力投入，提高施工效率、缩短工期等方面发挥了巨大作用，从整体上提升了我国超高层建筑钢结构的施工水平。对主要科技创新 3 做出重要贡献。

6、中建三局安装工程有限公司 参与研发基于 BIM 技术的机电全专业集成化数据平台，完成高精度 BIM 模型技术在机房建造技术中的应用，深入研究系统能耗、工艺特征、施工效率等关键因素综合优化技术，满足设计最优化、综合效益最大化；参与研发整体预制装配式机房高精度、快速建造技术（DPTA），首创循环水泵单元模块集成技术，形成标准化整体式机房企业标准，形成集“工业化设计、数字化加工、信息化配送、装配化施工”的新型快速机房建造技术。并完成相关成果应用项目的机电安装全部建造任务。对主要科技创新 3 做出重要贡献。

7、中建三局第二建设工程有限责任公司 参与超高层建筑“工业化”高效安装工艺的研究，主要针对超高层建筑机电机房焊接量大、装配化施工精度控制难、垂直运输效率低、工期长等技术难题，独创机房逆向施工技术与成排管道整体提升技术，研发基于 BIM 平台及测量机器人的机电安装工程施工技术与全息扫描拼装技术，提前插入机电施工，颠覆性的改变机电施工关键路线，分散垂直运输压力，实现机房零焊接、一次性预制装配施工，整体误差控制精度高，并得到了工程验证。对主要科技创新 3 做出重要贡献。

【完成人合作关系说明】

《超高层建筑集约化高效建造技术创新与应用》项目由中建三局集团有限公司、中国建筑股份有限公司、中国建筑设计院有限公司、同济大学、中建钢构有限公司、中建三局安装工程有限公司、中建三局第二建设工程有限责任公司共计七家单位共同完成。项目研究内容包含超高层建筑“工厂化集成平台”高效施工装备、超高层建筑结构“地上、地下同步施工”高效建造方法、超高层建筑“工业化”高效安装工艺三个方面，在中建三局集团有限公司张琨、王辉的组织下，主要完成人王开强、任庆英、彭明祥、吕黄兵、朱惠清、刘业炳、许立山、刘国彬围绕项目内容开展了大量工作，均对项目研究进展及项目成果有贡献。

具体分工上，中建三局集团有限公司联合中国建筑股份有限公司等单位合作开展了主要科技创新 1——超高层建筑“工厂化集成平台”高效施工装备的研发与应用；联合中国建筑设计院有限公司、同济大学等单位合作开展了主要科技创新 2——超高层建筑结构“地上、地下同步施工”高效建造方法创新与应用；联合中建钢构有限公司、中建三局安装工程有限公司、中建三局第二建设工程有限责任公司等单位开展了主要科技创新 3——超高层建筑“工业化”高效安装工艺的研究与应用。主要完成人在项目研发过程中紧密合作，共同取得了多项专利、著作、施工工法等成果（见附件）。