

附件 2

北京市智能建造创新应用场景（第一批）详情

■ 应用场景 1：混凝土模块化集成建筑智能建造技术应用

混凝土模块化集成建筑智能建造技术是装配式建筑的高级形态，其原理是将建筑按照不同使用功能划分成若干独立的模块单元，模块单元高度集成了建筑系统、结构系统、围护系统、装饰装修以及设备安装等于一体，在工厂工业化制造，然后运输至施工现场通过可靠的拼装技术快速搭建成满足抗震、防火要求的永久性建筑。该项技术将“主体-内装-设备”的“串联”作业方式转变为多端进行的一体化“并联”作业方式，极大提高了建筑的建造效率，缩短了建造工期，在节材省工、绿色环保和废弃物排放等指标上取得显著成效。

相比于传统建筑，模块化建筑技术具有以下优势：一是技术集成效益显著。从空间上让建筑由工地转到工厂，大量建设工作由工地转入工厂，摆脱了传统工艺工序的束缚，使先进的机械设备、智能手段发挥作用，“集成化、产品化、部品化”的特点展现出工业化建造的先进理念与优势。二是经济和社会效益显著。模块化建筑的建筑科技含量高，建筑产品质量好，具备快速建造等优势，有力推动现代建筑业转型升级，提高人民群众幸福感、获得感。三是绿色低碳效益显著。据我市多个模块化建筑项目样本初步分析测算，在建造过程中，建筑的单位面积建筑废弃物产生量不高于150吨/万平方米，相比传统建造模式减少约75%；材料损耗相对传统建造模式减少约25%；碳排放强度相对基准建筑减排率约25%；污水排放100%达标；能耗相对国家标准减少约30%。

■ 应用场景 2：模块化装配式机房数字建造技术应用

模块化装配式机房数字建造技术以机房全工序预制装配为理念，以标准化设计、数字化加工、物流化运输、智能化装配、智慧化运维等“五化”智能建造为主线，运用“BIM+VR”“BIM+三维扫描”“BIM+运维平台”等多种先进技术协同，实现机房快速、高效、低碳、安全的新型装配方式。该技术的主要特点为：

1. 标准化设计。以 BIM 技术为基础，以检修便捷、加工迅速、支架安全、拼装高效为核心理念，对机房内机电管线、阀门、机组、保温、综合支架进行深化设计，解决了传统机房深化设计考虑不周的问题。

2. 数字化加工。采用管道相贯线切割机、焊接机器人等自动化生产设备，实现批量化预制加工，通过自主研发管道除锈、组对、立体焊接等技术，解决了传统机房施工效率低，质量参差不齐的问题。

3. 物流化运输。引入供应链管理思维，构建基于二维码的分段预制部件出入库管理举措，做到部件跟踪溯源，提高现场与工厂协同效率，减少运输过程中的支出，相比传统运输方式更为经济。

4. 智能化装配。采用多功能操作平台、管线整体提升、设备便捷运输等快速施工方法，辅以“BIM+VR”“BIM+三维扫描”技术，短时间内完成机房高水平施工的同时，大幅降低安装过程中的能耗。

5. 智慧化运维。基于 AI 等技术，采集机房内设备管理、能耗管理、安全管理等数据，通过算法实现能耗预测，实现机房无人值守、设备自动调节等功能，解决了传统机房存在的管理效率低、运维能耗高等问题。

目前模块化装配式机房数字建造技术已成功应用于北京、石家庄、武汉、西安、郑州等地的 20 余个项目。

该技术相比传统机房施工方法提高施工效率约 75%，节约项目管理成本，减少人工、材料、能源消耗，提高了项目的综合经济效益。该技术形

成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运维等全产业链融合一体智能建造及数字化运维产业体系，对工期、质量、安全管理等工作起到极大提升作用，加快了机电安装行业数字化、智能化转型，推进了智能建造与建筑工业化协同发展。此外，该技术以“五化”智能建造为主线，可有效减少材料浪费，减少安装过程中的能源消耗，同时通过“BIM+运维平台+AI算法”大幅降低制冷机房的运维能耗，契合节能低碳的理念。

■ 应用场景 3：地下线性工程模块化装配智能建造技术

地下线性工程模块化装配智能建造技术主要特点包括：

1. 研发了模块化构件结构体系，强化模块化构件自防水能力和接口微变形能力，实现大型结构断面拆分、组合及高效智能拼装，构建了地下线性工程模块化装配智能建造技术体系。

2. 开展了大型预制构件结构试验、水密性试验和组合装配结构振动台动力响应试验，通过综合性试验方法，揭示静力荷载作用和地震动力荷载作用下的组合装配式结构受力变形特性，为工程设计提供理论支撑。

3. 研发了精巧灵活、承载力强、精准可靠的系列化智能施工装备。

4. 研发大型构件高精度预制生产技术以及高效组合拼装施工技术，形成以模块化构件“一键拼装”、多舱构件平行密贴装配为核心的高质、高效、绿色装配施工技术。

目前，该项技术成果已在北京城市副中心文化旅游区综合管廊工程、广州地铁 5 号线东延黄埔客运港站应用，成功打造了北京市首例装配式综合管廊工程。在应用过程中取得成效如下：

1. 施工效率高，实现了单元构件的高效智能拼装，经项目试点，3 名工人 8 小时内可完成 15-18 节预制构件装配，极大提高施工效率；

2. 施工精度高，实现了预制构件的六自由度位置姿态调整功能，对位精度控制在 2 毫米；

3. 施工安全性好，大幅减少了构件的起吊状态持续时间，减少了人工配合工作量，避免起重伤害、物体打击等事故；

4. 成本可控，基于组合装配式结构设计创新、现场拼装施工创新，研发相应智能拼装设备，实现了单元构件的轻薄设计、密贴装配，工程材料用量、基坑土方开挖量可控，经项目试点，现阶段本项目技术应用 5 公里后与现浇结构成本相当；

5. 节地节材，预制构件吊入基坑后即可在基坑内长距离运输，无需大范围吊装站位场地；

6. 绿色节能，拼装系统由电力驱动，经项目试点，可减少吊车工作时间 80%以上，每台班减少二氧化碳排放 160-240 千克，契合绿色建造、低碳施工理念；

7. 适用性强，能够实现在狭长施工场地进行预制构件拼装施工，同时可在起重机工作受限情况下正常施工，设备周转能力强，整机自重不大于 2.7 吨，拆解后占地面积不大于 4.2 平方米，拼装系统每次进场组装调试时间不超过 3 小时。

■ 应用场景 4：城市轨道交通工程参数化高效设计应用

针对城市轨道交通工程设计生产与管理割裂、数据复用率不高、数字化交付程度低等问题，基于云计算、智能算法、图形引擎二次开发等技术，研发了一系列参数化驱动的、基于 CAD 平台的智能设计插件和基于 B/S 架构的智能设计模块，打造以“云+端”为产品架构的参数化、智能设计环境，提高了设计人员的工作效率。

该技术从设计工具出发，研发了智能绘图、自动计算等一系列功能模块，从根本上解决绘图效率低、重复工作多、缺少关联、修改不便、易出错、数字化管理程度低等设计生产过程中所面临的实际问题。打造的设计软件平台包含车站建筑、车辆段建筑、装修、导向标识、地下结构、地上结构、桥梁结构、供电、动照、给排水、暖通、路基、线路、通信、信号、自动控制、建筑设备自动化系统、消防自动化系统、门禁、自动售票系统等共 22 个专业模块、36 项智能设计工具，覆盖轨道交通 36% 的专业和 30% 的图纸。

目前该设计软件平台已应用于 21 个城市、45 条线路，设计人员整体工作效率提升 60%~90%，年平均经济效益达 1500 万元。

■ 应用场景 5：预拌混凝土绿色智能制备技术应用

智能混凝土搅拌站作为现代建材行业的创新成果，有效解决了传统搅拌站运营过程中的管理粗放、能耗大、污染重等问题，其技术特点主要体现在以下几个方面：

智能化与自动化：通过集成物联网、大数据、云计算等先进技术，实现搅拌站生产流程的智能化监控与管理。在骨料立体堆存、智能分配和混凝土质量在线监测、远程集群控制等环节实现了自动化、智能化，极大提高了生产效率和精细化管理水平。

绿色低碳：采用绿色低碳骨料储运技术，减少物料输送距离，降低能耗约 30%；运用废弃物综合处置及循环利用技术，有效减少了生产过程中的废弃物排放，实现了资源最大化利用，符合可持续发展理念。

节能环保：结合光伏建筑一体化能源技术，利用太阳能等可再生能源为搅拌站提供绿色电力，降低了对传统能源的依赖，减少了碳排放，实现了生产过程的低能耗、高效率。

预防性维护：引入设备设施预防性维护监测技术，通过实时监测设备运行状态，提前发现并解决潜在故障，延长了设备使用寿命，减少了因停机维修造成的生产损失。

该技术已在多个搅拌站建设中得到成功应用。以荣乌高速新线项目为例，该项目采用了全套智能混凝土搅拌站技术，包括立体料库系统、废弃物处理与循环利用系统、光伏发电系统和远程集群控制系统等。通过智能化管理，实现了生产过程的实时监控与调整，确保了混凝土质量的稳定性和生产效率的高效性。

1. 智能化信息化：采用远程集控技术节省人力，通过骨料输送自动化系统及设备在线监测系统等信息化技术提高设备运行及管理水平。
2. 节地：骨料储存采用全封闭高位料仓（长×宽×高=110米×53米×13.8米），是同等面积常规料仓储存能力的 3 倍。
3. 节能：屋

面安装光伏总容量 3045 千瓦,预计年发电量约 360 万度,减少碳排放 3500 吨。4. 节材: 生产固废和生产污水通过处理后 100%再利用。5. 环保: 采用布袋式收尘器、喷雾抑尘、膜结构封装等设备设施及智能监测手段,实现粉尘、烟气有组织排放;噪声治理采用双层压型复合保温材料封装,主要噪声源采用二次封闭措施,降低噪音;粉料输送采用低压打灰系统,降低噪音 70%。该项目的成功实施,为混凝土搅拌站行业的智能化改造提供了可借鉴的范例。

■ 应用场景 6: 预制夹芯保温复合墙板立式生产关键技术与装备应用

针对现有预制夹芯保温墙板平模生产技术质量稳定性差、场地占用大、生产效率低、自动化智能化程度低、养护能耗大等问题，该场景技术方案解决了出筋夹芯保温墙板立式生产的关键技术难题，形成了预制夹芯保温墙板立式生产成套工艺和系列装备技术体系，具体特点如下：

1. 研发了适用于纵肋空心墙板芯模原位组拆的模块化大型成组立模成套设备，实现了边模出筋夹芯保温墙板、内墙板等墙板类构件的立式自动化生产及低能耗养护。

2. 提出了卧式多工位封闭箍筋焊接、复杂钢筋网片焊接、钢筋骨架立式组装技术，开发了系列自动化钢筋生产设备。

3. 研发了早强高稳定性顶升自密实混凝土、复合型聚羧酸减水剂及预制构件立式顶升免振成型技术，实现了生产效率和产品质量的双提升。

采用本技术生产的墙板已在丰台区城乡一体化西局村旧村改造项目三期 0611-638 地块 R2 二类居住用地项目、朝阳区孙河乡前苇沟组团棚户区改造土地开发项目二标段、房山区拱辰街道项目、北京城市副中心住房项目 B# 地块第二标段、通州新城三标工程 0204 街区 TZ00-0024-0006、0007 地块 R2 二类居住用地项目等北京多个大型装配式住宅项目应用，建筑面积达 116 万平方米，预制构件方量达 2.6 万立方米，实现合同收入 1.33 亿，利税 0.27 亿。

据初步测算，该项技术与装备的应用可节约用地约 50%，有效产能增加 1 倍，人均工效提高 2 倍，生产效率提高约 30%，构件表面光洁密实、平整度小于 1 毫米，实现了夹芯保温墙板的集约高效、自动化、智能化、绿色化生产，经济和社会效益较好。

■ 应用场景 7: 装配整体式钢筋笼叠合混凝土结构智能化设计与生产关键技术

装配整体式钢筋笼叠合混凝土结构智能化设计与生产成套技术, 钢筋网笼可实现一体成型, 全部或部分抗侧力构件采用叠合剪力墙、叠合柱, 其主要特点包括:

1. 研发了基于 BIM 技术的智能深化设计软件。一键导出设计数据、BOM 清单, 制定零部件模型数据标准, 建立与国产生产线系统对接的数据接口标准, 实现数据驱动生产。

2. 开发成型模具全自动拆除、管理、安装的拆/布模机器人系统。实现该工序无人化, 解决了模具规格多, 存放杂乱无序、配送调度复杂的行业难题。

3. 重构钢筋笼成型工艺路线, 开发网片柔性折弯成笼技术。网片自动焊接、开洞、折弯, 后再附拉筋自动焊接成笼, 提高了生产效率, 解决了工厂钢筋人工作业难、作业慢的难题。

4. 开发智能布料系统。数据驱动或视觉驱动布料, 实时动态调整速度、料门等参数, 实现混凝土按需调度, 定时定量定配方, 解决了布料操作员扎堆、补料、铲料、扒料、补振、混凝土量不准的难题。

5. 开发创新一种智能质检机器人系统。基于 3D 视觉技术, 通过 AI 算法与工业软件解析 BIM 数据后自动判定并实时输出检测结果, 解决目前 PC 构件质量靠人工检测、做记录、手动分析出报表, 工作量大、效率低的行业痛点。

6. 研发了复杂建筑结构三维设计模型柔性化直驱 PC 构件生产技术。实现了图纸的自动识别并驱动生产线智能作业, 解决了传统设计图纸和构件识别难、生产效率低、运营成本高的行业性痛点。

7. 开发创新生产管理驾驶舱。采用多维度模型构建、实时监控与算法

分析、数字化运营等技术辅助经营决策，拉通产线与工厂运营数据，决策效率提升 30%。

通过自动化生产线、智能化设备和数字化管理技术应用，提高了生产效率，减少了人力成本，工厂经营成本可降低约 20%，近三年已累计交付 334 条线，新增销售额 19.4 亿元。目前，装配整体式钢筋笼叠合混凝土结构智能化设计与生产关键技术已在北京地区 40 余个项目落地，累计应用超 500 万平方米。

■ 应用场景 8：木模板智能化设计与加工成套技术与装备应用

该技术以自动化机器设备代替传统模板工人手动加工模式，在施工现场建立一个可移动的柔性工厂，让建筑工人们按照“工业化流程”进行作业，实现了工人产业化、工地工厂化、工厂智能化，其主要特点如下：

1. 以自动化设备替代传统模板施工作业。木模板加工引入数控及自动化机器人替代人工，由“机器人”来实现模板上料、下料，实现模板的无人自动化切割。仅需配备一名小工，即可完成全套作业。

2. 研发自动配模软件实现一键配模。基于自研编码体系，独立自主打造模板自动配模软件，嵌入 109 种标准模板做法、78 种基本节点工况，应用 AI 算法智能排板下料，大幅提升模板利用率。

3. 全生命周期管理优化现场作业。生产端实现基于生产计划自动化下发加工任务，现场布置任务看板，实时将下发的加工任务进行显示。建立在线原料库与成品库，对全部出入库过程进行管理。

该成套技术与装备可有效提升劳动生产率，提升安拆效率 20%，模板利用率提升至 95%，并有效提升模板周转次数。通过引入自动化设备，规避了传统作业中木屑引火、工具伤害、私拉乱接、违章操作等各类安全风险。通过自动化设计和精准加工，有效解决错台、漏浆、胀模等质量通病问题，实现质量 1 次成优。

目前该成套技术与装备已在北京工人体育场、城市副中心综合交通枢纽等多个项目应用，经试点测算，整套体系可降低劳务人工费 25 元/平方米，节省材料费 10 元/平方米。其中，北京工人体育场项目全面应用本套技术与装备实施面积超过 6 万平方米，高质量打造施工现场数字工厂，项目现场设置六台数控机床、一台机械臂，节省施工成本约 1400 万元；城市副中心综合交通枢纽 04 标 05B 区项目应用本套技术与装备，大幅缩短工期，质量一次成优，累计降低模板施工成本约 200 万元。

■ 应用场景 9：基于人工智能的施工方案辅助审核机器人应用

该技术基于方案、交底、标准规范等样本数据集，结合业务专家对各方案的历史审核经验知识，通过智能化抽取审核技术，模拟专家决策过程，完成施工方案编制规范性和内容质量评估等辅助审核任务，并针对施工方案的完整性、有效性、合规性等方面给出优化、整改建议。

该成果主要技术特点为：采用自然语言处理、深度学习语言模型、图片图表内容识别等技术，打造方案理解引擎、方案智能审核引擎等核心功能模块，实现对钢筋、混凝土、高支模、脚手架、模板工程、二次结构、通风空调、屋面工程等典型细分施工方案的智能审核。方案理解引擎可通过基于规则的抽取和通过训练标注数据的深度学习知识抽取，准确提取方案文档内的关键要素；智能审核引擎可完成基于规则的审核、标题类内容语义相似度审核和长文本编写质量分析，最终实现高效审核各式人工编制文本。

该成果应用的主要优势为：针对工程分项施工方案传统人工审核模式存在的耗时费力、审核纰漏、重复审核效率偏低等痛点，通过创新应用人工智能技术，简化了方案审核流程，自动为审核人员提供机器大数据审核参考意见，降低了方案审核人员工作强度，在大幅提升审核工作效率的同时，降低了对审核人员专业经验的过度依赖。

目前该技术已在全国 400 余个项目落地示范应用，累计完成了 8000 余次智能方案审核任务，为技术人员节省 70~80% 的审核工作时间，大幅提升审核工作效率，并帮助企业积累了宝贵的专家知识经验，有效减少管理成本，助力企业降本增效。

该技术应用推动了工程建造与人工智能技术的融合创新，为建筑业数字化转型升级做出积极贡献。

■ 应用场景 10：建筑工地基坑气膜应用

基坑气膜是一种兼具防尘性、降噪性、节能性、防火性、智能性的绿色施工新工艺，借助内外气压差支撑，利用斜向网状钢索结构固定，将膜材固定于地面基础结构周边。作业时，利用供风系统让室内气压上升，使屋顶内外产生压力差以抵抗外力。无需任何梁柱，可以创造更大的完全净空的施工空间，放气后可以折叠存放，便于架设、撤收、搬运。

该工艺技术以其环保、节能、高效、远程智能化管控等优势，在减少施工噪音、扬尘污染、提高施工质量等方面发挥了重要作用，可解决工地距离居民楼较近时施工对居民影响较大、基坑挖掘影响居民观感、基坑作业产生粉尘及噪声导致居民投诉较多、不利于争取工期、现有措施对环境保护效果不理想、恶劣天气（雨、雪）对施工进度影响较大等问题。

目前，该技术在北京已应用于多个项目基坑开挖阶段，已建设面积达到 3.93 平方米。获得了良好的经济、社会和环境效益。以西城区三统碑项目为例，该项目基坑距离居民楼最近处仅为 19 米，周边人员密集。对施工单位，该项目通过应用基坑气膜，显著降低了人工覆盖的频次，提高了工作效率，减少了人力投入和时间成本，总成本节约 54 万元；降低了施工现场噪声水平，居民投诉率显著下降，提升了社区居住环境质量；膜内温度比膜外温度高 10 摄氏度左右，混凝土强度增长速度稳定，可减少冬季施工影响，替代混凝土保温措施，节省冬季施工成本 15 万元，实现了成本节约与工期优化的双重目标。对建设单位，通过精细化的管理和资源调配，减少了 53 万元的额外开支，提高了成本效益；项目整体工期缩短了 21 天，提高了项目的运营效率。

■ 应用场景 11：基于立体定位技术的智能劳动力管理系统应用

基于立体定位技术的智能劳动力管理系统通过与智能安全帽、电子围栏等技术融合，解决了建筑施工过程中人员定位存在的“通信难、定位难、部署难”的问题，实现施工现场人员精确的三维立体定位，具备危险源可语音播报预警、实时监测工人安全状态、劳务考勤数据有迹可循、精准掌握施工现场各个作业面人员分布数量、产业工人精准画像等多项数字化、智能化管理功能。

主要技术特点为：基于自研的无线传感器技术，实现动态建造环境、大范围密闭空间等恶劣条件下的可靠组网和通信信号覆盖，解决建造环境“通信难”的问题，为建造作业空间提供可靠的信息传输网络；基于实时差分信号测量原理和自研的多模融合定位技术，形成免室内设备形式的三维立体定位方案，解决建造环境“定位难、部署难”的问题，实现对建造环境中人员位置的准确测量。

据项目试点应用结果测算，该技术方案有助于节约劳动力清点、计划和调配的管理人力投入，节约管理人工工资投入约 28 万元；实现劳务考勤有迹可循和无感考勤，避免了闸机考勤的漏卡、缺卡等问题，节约项目大门考勤闸机系统投入费用约 8~15 万元；实现精细化的劳动力管理，可为项目工期管理提供实时准确的劳动力投入与变化数据分析，帮助项目及时调配劳动力，防止工期延误。在安全管理上，配套的智能安全帽的主动语音预警功能，可有效降低安全事故发生概率，2023 年投入的 6.26 万顶智能安全帽全年累计触发主动语音预警 2926 万条，正在使用智能安全帽的 187 个项目实现零安全事故。

该系统配套的安全帽目前已累计出货超 18 万顶，在全国 30 余个城市的 450 多个工程项目上得到应用。

■ 应用场景 12：基于区块链的施工主材质量溯源技术应用

基于区块链的施工主材溯源系统实现了建筑材料复试试验的采购上链、自动委托、制样监控、收样预约、物流记录及报告传递等流程，目前已累计实现链上送检预约 55000 余次，服务各类项目 2600 余个，线上发放报告近 29000 份，解决异常委托 13000 余份，实现了施工建材自购买到使用的全流程资料存证，极大提升了建设工程各参与方的沟通效率，较传统查证方法效率提升 70% 以上。经评估，累计节约传统工作流程约 2900 小时，合计约 360 个工日，折合人力资源成本约 20 万元。

目前基于区块链的施工主材质量溯源系统已经覆盖北京多家检测单位，服务市场主体千余家，在北京市昌平区北七家镇东二旗村二期土地一级开发项目、北京城市副中心 160 项目等多个工程项目均取得了较好的应用成效，有效提升了施工建材质量多方管理的工作效率和数据可信性。

通过运用“区块链”可信存证技术，有效提升了试验检测数据的安全性及可信度，极大提升了建设工程建材质量资料的数字化程度，为参与的各个节点单位建立了可靠的信任体系，形成了建设单位、施工单位、监理单位、材料供应商、第三方检测单位等多方监督、多方互信的施工建材质量保证体系。

■ 应用场景 13：高层建筑通用型施工集成平台技术应用

高层建筑通用型施工集成平台主要适用于 100~300 米现浇混凝土剪力墙结构、框架结构施工。通用型施工集成平台在功能组成、结构体系、施工工法等方面因具体应用场景不同略有差异，但基本组成一致，包括支承动力系统、顶部平台系统、挂架系统、模板系统、辅助作业设备设施、生活办公设施等六个部分。主要特征有以下四个方面：

1. 工业化施工组织。构建覆盖跨越多个作业层（通常 4~5 个结构层）的封闭式作业环境，内外部形成高效立体交通系统，作业人员可快速到达平台任意位置。利用多层作业面优势，实现立面、平面各工序间高效流水施工。

2. 多施工装备集成。根据各类工程实际需要，可将塔机、电梯、布料机等施工设备及工具房、卫生间等临时设施统一集成到平台上。根据就近取材、全面覆盖原则，布置设备、设施，快捷转运施工材料，提高机械化、自动化作业水平，降低工人劳动强度。

3. 全方位安全保障。构建大承载、多级防坠、整体抗倾的空间承载系统，形成类似包裹多个作业层的巨型封闭钢罩，较传统施工模架悬臂式结构体系，在结构整体性及系统性安全设计方面有着本质差异。

4. 类工厂作业环境。集成全天候防护罩棚、喷淋、照明等设备设施，确保阴雨、高温天气正常作业，实现温、湿度及空气质量调节，改善工人作业环境，提高工人作业效率。

高层建筑通用型施工集成平台基于高层建筑楼层标准化程度高、工艺重复性强，工序可流水化组织等特点，结合工业化生产理念，通过工厂化环境打造、设备设施集成、数字化与智能化赋能等路径，为高层建筑工业化建造、智能化管理升级提供解决方案。该成果可广泛应用于高度 100 米以上的公建及住宅项目。目前已成功应用于北京民生银行总部、深圳城

脉大厦、武汉长江中心、南京江北金融中心等公共建筑项目和重庆、广州、武汉、深圳等地的 30 余个住宅项目。

集成平台的应用，减少了露天作业的影响，增加了有效作业时间，相比传统施工方法，一个结构层的施工可缩短 15 ~ 20% 的工期，提高了项目综合经济效益。此外，平台搭载封闭式作业防护系统、喷雾防尘系统，打造工厂作业环境，降噪防尘，减少了对周边环境的污染，提升了环境友好性。作为代表中国建造较高科技水平的“大国重器”，集成平台提升了中国建筑行业技术水平和国际竞争力。

■ 应用场景 14：超高层建筑北斗高精度定位技术应用

该技术方案针对建筑施工测量关键难题，建立一套精密施工测量体系，集成北斗、高精度铅直仪、激光全站仪高程测量等多项新技术，建立工程测量总控制网和建筑物控制网，从定位关键技术、装备研制、模型算法、工法标准、工程实际应用等方面开展研究和创新，形成一整套建筑北斗高精度定位关键技术，其精度在 600 米高度时平面归心精度达到 5 毫米以下。

该技术方案已成功推广应用于北京国贸三期（330 米）、北京中信大厦（528 米）、沈阳金廊（318 米）等工程。为重大工程项目顺利施工提供了坚实的技术保障，提高了作业效率和测量精度，有效解决了施工现场难题，工程主楼楼体垂直度得到了良好控制，节约了施工成本，获得了业主、监理等各方专家认可，取得了良好的综合效益。

该技术的成功应用为世界超高层建筑施工提供了范例，极大提升了超高层建筑施工精密测量技术水平，提高了工程测量技术的综合服务能力。目前，该技术已成功应用于国内外 50 余个“一带一路”超高层建筑项目和 230 余个其它建筑工程，为超高层建筑的顺利施工和结构安全保障提供了有力技术支撑。此外，超高层北斗卫星施工定位测控装备入选工业和信息化部发布的《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2024 年版）》，表明该设备在技术研发、性能优化等方面取得了显著成果，达到了行业领先水平，为北斗系统在建筑业的推广应用提供了示范，为推动行业发展和技术进步做出积极贡献。

■ 应用场景 15：大型地下综合交通枢纽施工阶段 BIM+数字孪生技术应用

该方案运用建筑信息模型（BIM）等技术将复杂交通枢纽孪生为可视化、可模拟、可优化的三维数字体，并创新应用多层次动态智能感知、辨识融合等技术打造孪生体类“神经网络”，可感知来自不同传感器、监控系统的数据。基于 BIM+数字孪生平台归集海量数据，通过算法进行深度学习，可实现工程虚实映射融合及工程数据全生命周期流通、全过程信息化、智能化协同，提升项目管理水平。该技术方案主要特点如下：

1. 大型综合交通枢纽工程普遍存在多专业、多系统协同施工组织难度大的难题，本项目基于 BIM+数字孪生技术，采用数字化施工与数据辨识等手段，实时反映物理实体状态和行为，实现了工程虚实映射融合。

2. 在超大深基坑安全控制方面，将海量动态智能感知数据归集于数字孪生平台，有效分析建立基坑开挖扰动及其叠加作用下特征区多场耦合理论，保证了深基坑安全可控状态，大幅提升了枢纽工程应急管理响应速度，为超大深基坑时空效应影响大，安全压力大等难题提供了技术解决思路。

3. 通过监测响应图谱、力学理论、工程原位测试、数值模拟以及三维扫描、物联网追踪定位等方式实现多层次动态智能感知、辨识融合变形控制，通过数据归集分析，实现 BIM+数字孪生平台实时数据监控，有效安排施工工序、提高双曲网壳等异型钢结构施工安装精度及位形控制精度，解决了异型钢结构等复杂工程位形控制难度大的难题。

以北京城市副中心站综合交通枢纽项目为例，通过应用 BIM+数字孪生技术，在位形精度控制、优化施工方案等方面发挥了重要作用，减少了施工变更，节约了工期与成本，实现创效约 1180 万元。

■ 应用场景 16：沥青路面数字化施工全过程管控系统应用

沥青路面数字化施工全过程管控系统是一项基于北斗高精度定位技术的创新解决方案，运用摊铺厚度和压实遍数实时测量装备与算法，可全面监控和评估道路施工全过程。通过将施工过程与时空参数相融合，本系统实现了施工质量的实时动态监控，提供了精准的施工数据支持，显著提升了道路施工的质量控制水平。

该系统解决了沥青混合料生产和运输监控不足、施工阶段监测滞后等问题。通过实时数据监测，系统能够动态呈现施工全过程控制数据，确保摊铺厚度和压实遍数的精准性，减少了因施工质量不达标而导致的返工现象。在整个施工过程中，系统能对关键施工参数进行实时分析与反馈，优化资源配置，减少资源浪费，提高施工效率，并大幅降低施工过程中的人为误差。

该系统已在多个重大工程项目中得到成功应用。例如，在易县主城区基础设施补短板项目中，通过应用该系统，显著减少了施工所需的人力和物力成本，节省了 8 个机械台班，节约了 30.8 吨沥青混凝土，工期提前了 15 天。在昆明长水国际机场 T2 航站楼改扩建项目中，通过应用该系统，确保了路面施工的高精确度和一致性，有效降低了施工风险，避免了由于质量问题造成的返工，整体工期提前了 20 天，减少了不必要的材料浪费，项目成本节约 10%。在通久路道路工程总承包项目中，通过应用该系统对施工全程实施动态监控，确保了路面施工的高质量标准，并减少了材料浪费，有效控制了项目成本。

■ 应用场景 17：天基合成孔径雷达测量既有建筑区域性沉降技术应用

该技术采用先进的天基合成孔径雷达 (InSAR) 测量技术，通过自研算法，有效适配复杂环境，实现对既有建筑区域性沉降的高精度监测。通过自动化智能监测，本技术能够全面提高监测精度，实现大范围、全天候的实时监测，有效解决了既有建筑区域性沉降监测中存在的空间代表性差、作业效率低、人员成本高等问题。与传统人工测量方法相比，本技术大幅提高了监测的效率和精度，具有空间代表性强、作业效率高、人员成本低等显著优势，为既有建筑沉降安全预警和建筑稳定性评估提供了新的技术途径。

目前，该技术已在北京市多个工程项目中得到成功应用，特别是在东城区、朝阳区的老旧房屋智慧监测项目中，通过特定分析历史遥感数据，快速锁定了重点监测区域和房屋，并在监测周期中，通过多源数据融合分析，得出了更准确的形变监测结果，为有关部门提供决策参考。通过应用本技术，减少了大量前期资料筛查与分析工作，减轻了既有建筑物安全管理人员的工作负担，为建筑物监测工作提供了坚实的基础资料与便利条件，显著降低监测成本，大幅提升了监测效率。同时也有效保障了既有建筑物的结构安全，为管理和运营单位带来了显著的社会与经济效益。

■ 应用场景 18：地铁隧道结构病害智能诊治成套技术装备应用

地铁隧道诊治存在空间全覆盖难度大、观测环境恶劣、检查时间窗口受限等难题。当前，常规监测方法存在实测点少、智慧化程度低、难以感知壁后围岩状态等瓶颈，无法实现全面、快速、精准的隧道性能劣化感知、评估与预测。因此，完善隧道病害智能检测、精准诊断和高效修复的技术与装备体系对地铁安全运营具有重要意义。

本方案研发了隧道壁后围岩无损检测新装备、新方法，采用高能脉冲激光发射器、激光多普勒测振仪等装备技术，可非侵入式检测隧道衬砌壁后围岩病害（如空洞、脱空、松散等）；建立了基于空间变换和时空数据的地铁隧道病害 AI 识别方法，实现地铁隧道衬砌表面裂缝、剥落、渗水等多型损失识别；研发地铁隧道渗漏水治理成套技术及装备，形成集渗漏水点定位、注浆封堵、防水层修复等一体化解决方案，能快速响应并有效治理隧道渗漏水问题；研发地铁隧道结构的修复加固与性能提升新技术，对不同病害类型采用针对性修复加固措施，有效提升了隧道结构的承载能力和耐久性；研发隧道安全预测性维护及施工处置云平台，通过大数据分析，可提前预测隧道病害的发展趋势，为预防性维护提供有效数据支撑，实现了隧道安全的智能化管理。

目前该成果已应用于北京、武汉等 20 余个城市百余条地铁隧道。近年来，为北京地铁 2、4 号线等地铁线路的应急抢险和安全检测、武汉地铁某区间管片重大侵限险情预防处置、长江防汛期间武汉过江隧道抢险监测、“7.20 郑州特大暴雨”灾后地铁隧道检测及安全评估等工作提供有效技术支撑。成果同时推广应用于京广和京张高铁等铁路隧道、武汉军运会施工地铁隧道、贵州银百高速等公路隧道、深圳地下引水洞检测、青藏铁路电气化改造项目、“一带一路”中巴经济走廊铁路通道巴基斯坦既有 ML-1 线升级改造及新建哈维连陆港项目等重点工程，为我国及援建重大

基础设施的安全运营提供了有力技术支持，为国家经济建设、保障人民生命财产安全做出了积极贡献。

■ 应用场景 19：基于高速安全通讯总线技术的核电工程数字化消防解决方案

该方案集成应用了新一代通用线缆载波（ULC）技术和自主安全通信芯片，具备如下特点：

1. 采用智能化终端解决传统消防传感器误报率高、复核时间长等问题；数字化多功能组合探测器实现消防感烟、感温、广播、视频、AI 边缘计算、设备衰老补偿等多功能为一体，将火警系统中的多设备终端合一，具备“看”“听”“闻”“说”“分析”等多种能力，大幅提升火灾监测的准确性与及时性；

2. 兼容现有规范和设计，无需重新设计、无需重新敷设管线，解决了老旧建筑改造线路施工成本高、难度大的问题；

3. 完全自主的金融级别安全通信芯片和高等级的安全加密算法，支持国密级别安全信源加密，防攻击、防盗取，解决了消防系统信息安全问题；

4. 在无需额外部署定位基站、专用通信网络的情况下，解决了人员精准定位、应急通信、音视频传输等问题。

目前，该技术方案已在广西核电白龙项目、山东海阳核电项目厂前区智慧消防改造项目中应用。在上述项目中，通过应用该技术方案，可减少大量人工现场运维巡检工作量，增效约 30%，有效降低生产期运维管理成本；对于旧站改造工程，可充分利用原有线路，施工时间短，对核电厂整体业务影响较小，节约改造成本约 20%；可提供消防物联网基础服务，为人员定位和应急通信提供基础网络服务能力，减少重复建设和二次支出。

■ 应用场景 20：面向商品混凝土、预制构件厂及其供应链各关联方的产业互联网平台应用

平台基于“混凝土+预制构件”两大产业业务特点，依托互联网数据服务能力，可有效整合混凝土产品生产方、供应商、施工方等全产业链参与者的业务交互需求。

平台借鉴成熟的互联网平台模式，将其应用于建筑行业，构建线上交互的电商模式。这一创新让建筑工地不再为混凝土和预制构件要货而苦恼，只需像点外卖一样下单即可，运输司机扮演外卖员的角色，接受运输单的任务。通过建设一个集信息共享、资源整合、业务协同的平台，实现供货各环节的信息化、智能化管理，提高生产效率、降低成本、提升服务质量。此外，平台通过引入智能无人过磅、票据自助打印、回票自助分拣、塌落度识别、资料电子化、预制构件三维质检等多种智能技术，实现了生产流程的自动化与智能化，有效提升生产管理水平与效率，提升了产品质量的稳定性和可靠性。

其中，混凝土平台实现了从“原材方”到“施工方”的全产业链数字化管理，覆盖了混凝土生产的各个环节，通过移动 APP 应用，实现了搅拌站方、原材供应方、施工方、泵车方、罐车司机方、原材司机方等六方的线上业务交互；预制构件平台覆盖构件生产的各个环节，实现了预制构件厂内控管理与多方线上服务交互（总包方、预制构件加工厂、劳务人员、材料供应商、运输车队等）。

目前，混凝土平台应用项目约 2000 个，服务近 400 万平方米建筑面积，使用供应商 1300 余家，总 APP 订单数 22 万余单；预制构件平台应用项目 120 余个，服务近 400 万平方米建筑面积，使用供应商 350 余家，总 APP 订单数 1.1 万余单。