

智能建造技术导则（试行）

一、总则

（一）适用范围

本导则适用于新建房屋建筑工程在勘察、设计、生产、施工、运维等阶段采用智能建造方式开展的建设活动，既有房屋建筑的改建、扩建和市政基础设施建设可参照执行。

（二）术语

1. 智能建造（intelligent construction）

新一代信息技术与工业化建造技术深度融合形成的人机协同建造方式。

2. 数字勘察（digital survey）

利用数字技术进行测绘、勘探、测试、试验，形成完备的数字化勘察成果并进行深度应用的工程勘察活动。

3. 数字设计（digital design）

利用数字技术进行参数化设计、协同设计、智能辅助设计，形成工程项目信息的数字化表达并进行深度应用的设计活动。

4. 智能生产（intelligent manufacturing）

利用数字技术和智能控制系统，将生产设备单元按照生

产工艺需求集成为智能化生产系统，进行建筑部品部件智能化生产的活动。

5. 智能施工 (intelligent construction operation)

利用数字技术对工程施工技术和装备进行升级改造，辅助开展各工序环节施工作业，并对施工现场作业人员、机械设备、材料物资、施工工艺和场地环境进行智能化组织管理的施工活动。

6. 智慧运维 (smart operation and maintenance)

利用数字技术和智能感知装备对建筑运营阶段的结构安全、使用功能和安全风险进行智能化监测和管控的运维活动。

(三) 通用要求

1. 以“提品质、降成本”为目标，因地制宜集成应用数字勘察、数字设计、智能生产、智能施工、智慧运维等各阶段的关键技术产品，实现高效益、高质量、低消耗、低排放的建造过程，提升建筑业工业化、数字化、绿色化水平。

2. 将建筑信息模型 (BIM)、数字孪生、物联网、大数据、人工智能 (AI) 等数字技术融入建筑业，促进工程建设主要流程、工艺的数字化改造和关键要素资源的数字化表达，形成协调统一的数据体系，全面提升工程建设数字化水平。

3. 采用建筑机器人、智能顶升集成建造平台、智能施工

电梯、三维激光扫描等智能建造装备，促进“危、繁、脏、重”等场景下的人机协同作业，提高工程建设工业化、智能化水平。

4. 采用物联网、大数据、云计算等技术，建设项目级、企业级、行业级建筑产业互联网平台，联系工程项目各参与方，逐步构建行业基础数据库、业务资源数据库，打通上下游产业链，实现建筑业产业链各方主体间的资源共享、供需对接、业务协同和管理联动。

5. 采用数字设计技术开展建筑、结构、机电等专业正向协同设计，探索 AI 辅助设计，实现数据驱动的系统化集成设计。

6. 在建筑部品部件生产中采用数字化管理技术、智能生产线及智能化物流管理系统，推动以主要构件尺寸标准化为基础的工业化、数字化、智能化生产方式，实现高效生产。

7. 推动施工现场“人、机、料、法、环”等生产要素以及质量、安全、进度等管理要素的全方位数据共享与协同，联动建筑机器人等智能建造装备，实现数据驱动、人机协同的智能施工作业。

8. 建立智慧运维平台，针对建筑结构健康监测、建筑功能运行维护、安全风险应急管理场景，开展结构安全、人员行为、设备运行状态、建筑能耗等关键要素的自动感知、智能分析、辅助决策与智能控制，助力实现更加安全、舒适、

绿色、智慧的建筑使用体验。

9. 采用全过程数字化交付，明确各阶段、各环节的交付内容、流程与责任，统一数据存储、交换和交付标准，遵守知识产权保护和网络数据安全相关规定，实现建筑工程全生命期的数据贯通，打破信息孤岛。

10. 建立建设工程数字档案管理体系，按要求将竣工档案移交城建档案馆，并探索实行数据资产入表，形成可控制、可度量的企业数据资产。

11. 在大型公共建筑和关键基础设施项目中，采用自主可控的智能建造技术，强化网络和信息安全管理，防范化解网络安全风险。

12. 推广应用工程总承包、全过程工程咨询、建筑师负责制等新型项目组织模式，融合应用数字技术，进一步提升建设管理水平，保障投资效益、工程质量和运营效率。

13. 加大智能建造人才培育力度，强化高校智能建造专业建设，完善建筑工人职业技能培训体系，加快形成新时期建筑产业工人队伍。

14. 加快研发适用于政府服务和决策的数字化监管系统，探索建立大数据、AI 大模型辅助监管机制，建立健全与智能建造相适应的建筑市场和工程质量安全监管模式。

二、数字勘察

（一）总体要求

1. 采用数字技术进行工程勘察的数据采集、成果形成、质量控制、成果应用和服务扩展，实现工程勘察全过程数据的快速准确采集、高效共享和贯通应用。

2. 遵循统一的勘察数据格式，满足设计和施工阶段对勘察数字化成果应用和交付的要求，辅助方案分析、优化与决策。

（二）勘察数据采集和处理

1. 在工程地质调查、勘探取样、工程物探、原位测试、室内试验、水文地质试验等环节中采用数字技术，高效准确采集勘察作业时间、人员、位置、影像和成果等数据。

2. 采用正射影像技术、测绘航空摄影及摄影测量与遥感等技术，生成数字正射影像（DOM）、数字高程模型（DEM）、数字线划地图（DLG）、数字栅格地图（DRG）。

3. 采用倾斜摄影技术，对采集点进行多角度图像数据采集，通过后期数据处理手段进行多角度成像处理，生成支持三维空间量测的高重叠度影像或实景三维模型。

4. 采用卫星导航系统、倾斜摄影、三维激光扫描等数字技术采集地形地貌、三维空间要素、高程和外观影像等数据。

5. 采用三维激光扫描技术，采集生成可描述被测物体表面空间信息、纹理及反射率的点云数据，建立被测目标的三维模型及线、面、体等图元数据。

6. 采用智能钻机进行工程勘察钻探作业，实时探测和采

集转速、钻头温度、钻头压力等数据。

7. 采用具有数据采集、物联感知、实时定位和无线传输功能的设备和系统，进行工程勘察原位测试作业。

8. 采用二维码等物联网技术对室内土工试验试样进行全程赋码管理，并关联试样采集过程中的地质特征、取样位置和深度、取样人、样品类型以及试验过程中的收样、试验方法、试验环境和试验结果等数据。

9. 采用自动加载、应力和应变自动采集、自动观测等方式进行室内土工试验的数据采集和留存。

10. 采用地图导航互动技术，明确勘察数据采集的“开始位置”并精准记录位置轨迹信息。

（三）勘察数据应用

1. 利用勘察数据创建岩土工程信息模型，用于场地环境仿真分析、地质条件分析、岩土工程设计及优化等，为项目选址以及设计和施工提供参考依据。

2. 利用岩土工程信息模型进行可视化表达应用，包括模型浏览、属性查询、虚拟钻孔、虚拟剖面、栅栏图分析、模型剖切、基坑开挖、隧道开挖和漫游等功能。

3. 利用岩土工程信息模型进行分析评价应用，包括地质灾害稳定性分析、地下空间适应性评价、场地岩土工程条件评价、施工方案可行性评价、地基基础方案分析、岩土工程设计施工方案优化分析等。

（四）勘察数据交付

1. 基于统一的信息共享和交换方式进行数字化交付，采用开源的通用数据格式，对数据进行结构化分解，或根据岩土工程信息模型应用需求另行约定，满足交付平台的数据识别、转换与翻译需求。

2. 交付内容包括地理信息数据、工程钻探数据、工程物探数据、原位测试数据、水文地质数据、室内试验数据等与工程勘察相关的原始数据、岩土工程勘察报告以及钻探、取样、原位测试、室内试验等主要过程的影像资料等。

3. 地理信息数据包括空间位置、属性特征以及时态特征等。

4. 工程钻探数据包括进尺数据、底层描述数据、钻探属性数据等。

5. 工程物探数据包括物探方法、特征指标、反演结论等。

6. 原位测试数据包括静力触探试验数据、孔内原位试验数据、现场原体试验数据等。

7. 水文地质数据包括水文地质方法、试验条件、参数等。

8. 室内试验数据包括实验数据、实验条件、属性特征、特征指标等。

三、数字设计

（一）总体要求

1. 综合建筑、结构、机电、装修装饰、景观园林等专业

需求，统筹勘察、设计、生产、施工、运维等阶段，提高设计整体性与协调性，确保设计深度符合生产、施工和运维要求。

2. 采用正向设计方法，以 BIM、AI 等数据模型为载体，实现工程项目设计成果的数字化交付，促进项目全专业、各参与方之间数据的高效传递和共享。

（二）BIM 应用

1. 推进 BIM 贯穿建筑工程全生命期应用，实现建设工程项目各参与方的协同工作和信息共享。

2. 在规划与方案设计阶段，采用 BIM 技术对场地环境、物理环境、出入口、人车流动、建筑性能等方面进行模拟分析，从适用、经济、绿色、美观四个方面对设计方案进行论证和优化。

3. 在方案沟通汇报阶段，采用 BIM 技术对设计方案进行虚拟仿真漫游，通过漫游路线制作建筑物内外部虚拟动画，便于设计方案决策人员直观感受建筑物三维空间，辅助设计评审、优化设计方案。

4. 在初步设计阶段，采用 BIM 技术开展技术方案可行性研究，通过结构安全分析、建筑性能分析、机电管线分析等工作，论证技术方案的适用性、可靠性和经济合理性。

5. 在施工图设计阶段，将各专业设计规范和技术要求嵌入 BIM 模型，开展碰撞检查、图纸校核等工作，及时发现设

计错误，解决空间关系冲突，提高施工图设计质量。

6. 在深化设计阶段，采用 BIM 技术对钢结构节点、混凝土构件节点、预制构件连接及安装、机电管线、装饰装修等方面进行专项深化设计，将施工操作规范与施工工艺融入深化设计模型，满足施工作业需求。

7. 采用 BIM 技术对预制构件进行自动优化、配模、编号、出图，并生成生产加工清单，为构件生产和现场装配提供支撑。

8. 采用 BIM 技术进行机电工程深化设计，通过专项设计软件，绘制配合机电工程预埋预留图、管线综合排布图、管线断面图、机房设备管线布置图等三维施工图和装配式单元预制加工图，解决设备管线排布、管线综合交叉碰撞、系统适配等问题。

9. 采用 BIM 技术进行装饰装修设计，通过专项设计软件，绘制室内平面布局方案、效果图、施工图、物料清单，并进行实时三维渲染，优化设计方案。

（三）协同设计

1. 建立涵盖设计、生产、施工等不同阶段的协同设计机制，实现工程建设项目各参与方的前置参与，统筹管理项目方案设计、初步设计、施工图设计和深化设计。

2. 对建筑、结构、给排水、暖通空调、电气设备、消防、幕墙、装饰装修等多专业进行协同设计，避免专业内部及专

业之间由于沟通不畅导致的“错、漏、碰、缺”等问题。

3. 各参与方之间采用标准化的文件储存交换格式进行数据交互，保障交互过程中的可用性、完整性和互操作性，实现数据模型在建筑工程全生命期的高效应用。

4. 采用智能协同设计平台，明确参与数字设计的人员分工、操作权限和管理制度，保障工程建设项目各参与方的数据共享、互联互通，并对协同设计资源进行全过程管理，实现全过程、全专业协同设计。

（四）智能辅助设计

1. 采用 AI 大模型辅助生成用于规划设计和开发建设决策的概念规划方案，实现多方案直观对比、实时校核修改、联动指标数据核算、项目协同交互等功能，提高设计质量。

2. 采用参数化设计、生成式设计等智能设计方法，辅助创作、优化设计方案和绘制施工图设计文件，生成生产制造信息。

3. 利用智能审查软件辅助审查设计质量，对设计文件进行在线智能审查、在线批注和快速定位，出具审查报告。

（五）设计数据交付

1. 采用数据模型进行数字化交付，交付内容包含建筑专业、结构专业、给排水专业、电气专业、暖通专业、室外给排水等的设计数据文件，并包含数据模型的创建信息。

2. 建筑专业设计数据由建筑专业、必要的结构专业施工

图信息模型共同导出，包含各楼层平面图、建筑立面图、设计变更信息等。

3. 结构专业设计数据由结构分析计算模型和平法配筋图导出，包含结构设计变更信息、结构总体信息、结构构件信息、截面信息、荷载信息等。

4. 给排水专业设计数据由给水排水专业施工图信息模型导出，包含各楼层平面图、设计变更信息等。

5. 电气专业设计数据由电气专业、智能化专业施工图信息模型共同导出，包含各楼层平面图、设计变更信息等。

6. 暖通专业设计数据由暖通专业施工图信息模型导出，包含各楼层平面图、设计变更信息等。

7. 室外给排水设计数据由室外给排水施工图信息模型导出，包含设计变更信息等。

四、智能生产

（一）总体要求

1. 在钢筋制作安装、模具安拆、混凝土浇筑、钢构件制作、装配式围护体系和一体化装修、机电装配式单元加工等工厂生产关键环节中，推进建筑部品部件生产流程数字化和建筑机器人的应用，建设建筑部品部件智能生产线，实现生产数据贯通化、制造柔性化和管理智能化。

2. 建立以标准部品部件为基础的专业化、模数化、数字化生产体系，实现型钢构件、预制混凝土墙板、叠合楼板、

预制楼梯、装修墙板、机电支吊架、机电装配式单元等通用建筑部品部件的工厂化、数字化、智能化生产，满足标准化设计选型要求。

3. 通过工业网络、智能控制系统和生产管理系统建立智能生产线，统筹有限能力排产、制造执行、物料自动配送、产品标识、状态跟踪、优化控制、智能调度、设备运行状态监控和质量追溯等生产管理，促进设计、采购、排产、物流等生产关键环节的精益化管理，实现数据驱动生产、可视化管控、精准配送和最优库存管理。

（二）数字化生产管理

1. 通过条形码、二维码、无线射频等标识技术对部品部件进行分类编码，使部品部件具有可流通、可共享、可附加的数字身份，实现部品部件生产加工、入库、储存、调拨、出库、运输、进场验收等全过程的数字化管理。

2. 采用数据转换插件或功能模块，将数据模型的设计数据转化为智能生产装备所需的数据，并通过生产执行系统，自动解析物料表，生成管理数据并传输到各功能模块，进行计划排程、物料管理、堆场管理等生产管理。

3. 实现企业资源计划系统与生产执行系统的数据交互，企业资源计划系统向生产执行系统传递生产任务、采购信息、库存信息、物料配送计划等数据，生产执行系统向企业资源计划系统传递生产完成情况、物料再制、物料配送情况、

异常信息、生产过程质量等信息，实现生产与经营的一体化管理。

4. 促进生产执行系统与工程建设项目生产需求计划的互联互通，实现建筑部品部件的实际生产进度与项目现场实时同步，生产管理系统根据订单和项目要求进行自动化排产，支持快速重排、快速补单、快速应变。

5. 采用工厂物料管理系统，实现物料按批次出入库的全周期管理，将物料供给与部品部件生产消耗信息联动，为部品部件生产实际消耗成本的核算提供数据支撑。

6. 采用智能生产工厂驾驶舱，实现工厂要素和业务运营情况在线、可视、透明的数字化展示，包含产能统计、节拍统计、部品部件统计、设备状态统计等模块。

7. 采用建筑部品部件质量管理体系，通过质检设备自动采集质量数据，建立数字化质量档案，并开展产品质量影响因素识别、缺陷分析预测和质量优化提升。

（三）智能生产线

1. 预制混凝土构件智能生产线，采用划线涂油机器人，基于设计数据，以模台为单位驱动划线涂油数控装备，实现构件轮廓自动划线、模台自动涂油。

2. 预制混凝土构件智能生产线，采用拆、布模机器人，基于设计数据，驱动拆、布模机器人完成边模的抓取、投放和入库。

3. 预制混凝土构件智能生产线，采用钢筋网片自动生产设备，基于钢筋物料清单数据，驱动钢筋网片和桁架按计划自动生产、存储、抓取和投放。

4. 预制混凝土构件智能生产线，采用混凝土智能调度系统，根据中央控制系统下发的混凝土配合比、构件生产方量以及按生产节拍计算混凝土所需的到位时间，自动规划混凝土生产时间轴，驱动搅拌站控制系统按配比备料，驱动输送装备按时接料并准时到位卸料。

5. 预制混凝土构件智能生产线，采用智能布料机，根据中央控制系统下发的构件轮廓、厚度、方量信息，规划最优路径，采用构件位置、布料重量、速度、加速度的多重闭环自适应控制技术，实现不同坍落度混凝土的自动均匀布料，并自动规避钢筋、洞口、辅件，精准补齐角隙。

6. 预制混凝土构件智能生产线，采用智能质检设备，通过高精度三维激光扫描、特征识别及点云快速计算技术，实现隐蔽验收工序的自动化质量检测，并与数据模型比对，自动生成质检结果。

7. 钢构件智能生产线，采用板材加工中心和激光下料中心、全自动直条切割机等设备，实现自动定位校准，自动排距，自动切断，高效完成零件和主材下料。

8. 钢构件智能生产线，采用智能坡口机器人，条板坡口成型机和平面钻等设备，通过离线编程和三维激光扫描技

术，自动完成各类坡口开设。

9. 钢构件智能生产线，采用三维激光扫描技术，实现对零件的识别、检测、分类，并通过“5G+超宽带”定位技术，完成零件指定工位智能配送。

10. 钢构件智能生产线，建立总装焊接一体化工作站，配备自动上下料的顶升装置、翻转变位机等设备，实现钢结构装配焊接工序生产的无人化，自动识别零件、自动校准装配位置、自动完成装配和焊接工作。

11. 钢筋制品智能加工线，采用钢筋自动加工设备和数字化系统，智能优化钢筋下料与优化套裁、钢筋成型与成品加工、质量检验与打包配送等工艺流程，实现对钢筋制品下单、加工、配送等环节的数字化管控，降低材料损耗。

12. 装饰装修板材智能生产线，采用数字化生产管理系统驱动龙门机械手、动力滚筒、翻板机、智能平移机、有轨制导车辆等装备，实现部品部件按照生产节拍自动运输至下一道工序。

13. 装饰装修板材智能生产线，采用板材包覆系统，实现板材的精确定位和自动化涂胶、覆膜及切割，提高包覆效率。

14. 装饰装修板材智能生产线，集成上下料机械手、红外流平机、高精度打印机、干燥机等技术，实现板材自动上下料、数码喷墨印花、涂料辊涂等智能涂装工作。

15. 机电支吊架、机电装配式单元，采用数字化集中上料、切割、对口、连接焊接和存储智能化系统，实现机电装配式单元从原材料到半成品、成品的智能化生产。

（四）智能化物流管理

1. 采用智能物流管理系统，统筹部品部件订货收货管理、物流状态跟踪、智能调度、交付确认和数据追溯等物流工作。

2. 采用自动码垛机、自动吊板码垛设备、构件专用自装卸运输车等智能堆场装备，完成工厂内产品的自动抓取、转运、摆放等动作，实现仓储物流的自动化作业。

3. 采用智能运输调度技术，实现物流配送管理和车货集中动态控制，联通道路交通信息、线路诱导和天气状况等信息，为优化运输方案制定提供决策依据。

4. 采用部品部件标识技术，通过扫描二维码，在堆场识别部品部件并装车形成发运单，在施工现场识别部品部件信息，通过轻量化模型获取安装位置信息并支持扫码报工。

5. 采用自动导引车（AGV）、有轨制导车辆（RGV）、智能制导车辆（IGV）、程控行车等运输设备进行原材料、零件、构件的物流运输。

（五）生产数据交付

1. 建立完整的生产信息数字化交付标准，建立数据与模型的关联关系，通过模型关联产品生产过程数据，明确交付

内容及深度、数据接口、数据安全、工作流程及成果形式要求，并根据标准构建数据模型，实现数据与模型的整体交付、验收与存档。

2. 交付内容包括产品生产合同、生产过程资料、合格证、产品信息等。

五、智能施工

（一）总体要求

1. 编制智能施工专项实施方案，明确主要工序环节中对智能建造技术和装备的应用计划，依据方案对施工过程进行跟踪指导，并在施工完成后对方案实施效果进行评估。

2. 运用 BIM、大数据、云计算、物联网、移动通讯、AI、区块链等新技术，开展施工模拟分析、施工组织设计等工作，加强施工过程管理，提高施工数字化和智能化水平。

3. 在“危、繁、脏、重”施工环节推行人机协同施工作业，大力推广应用技术成熟度高、实施效益明显的智能建造装备及建筑机器人，提高施工质量和效率，保障建筑工人人身安全和职业健康。

（二）数据驱动施工管理

1. 在设计阶段数据模型和生产阶段数据模型的基础上深化生成施工数据模型，驱动施工相关作业和管理。

2. 采用 BIM 技术进行施工组织方案模拟分析和优化，包括施工总平面布置规划、施工工序模拟和优化、施工进度模

拟和资源配置优化、专项施工方案比选等，实现施工现场的合理布局以及施工工序的顺畅衔接。

3. 综合运用数据模型、三维扫描、图像识别、雷达成像等技术对复杂结构进行施工精度模拟和虚拟预拼装，与数据模型进行拟合匹配，获得目标控制值，指导施工。

4. 通过数字化管理平台进行建筑劳务人员电子派工，自动校验记工单数据和实名制考勤数据，自动生成工资单，经工人、项目、企业三方线上确认后，进行线上发薪，确保按月足额发薪到卡到人。

5. 集成应用考勤闸机、电子围栏、高清人脸识别摄像头等技术，通过智能门禁自动校验工地进场人员的入场权限，并关联施工过程人员作业记录，多维度验证进场人员的在场信息，确保建筑劳务人员实名制管理数据真实可靠。

6. 采用定位技术，将芯片植入现场人员工作牌、施工安全背心、安全帽等可穿戴设备中，实现现场人员的位置共享、轨迹记录等功能，提高现场人员的可控性。

7. 采用视频监控、计算机视觉、图像处理等技术，对现场人员的安全行为进行检测巡查，对未佩戴安全帽、违章危险作业等行为进行提醒与警报，加强施工现场安全管理。

8. 采用物联网、大数据、AI 等技术，实时监测施工机械设备的位置信息和运行状态（油耗、塔吊倾角、风速、载重等），加强数据云端存储、分析和风险预警，实现施工机械

设备的智能化管理。

9. 采用 BIM 等数字技术开展造价管理，辅助模拟分析施工现场材料使用量，并结合施工过程中实际工程量，实现工程量、材料量、用工量等成本数据的精准管理。

10. 在数据模型中添加物资材料报表、进度表、变更内容等数据，自动输出已完工程消耗的物资材料数据清单以及未来所需的物资材料数据清单，实现物资材料与施工进度的协同管理。

11. 采用二维码等物联网技术，通过扫描识别进场材料，进行进场材料的自动清点，实现物资材料扫码入库、出库和盘点全过程管理。

12. 采用智能地磅系统，自动记录混凝土等大宗物料进出场的数量和时间并打印计量凭证，以此为依据对大宗物料按实际用量结算，减少因损耗和管理不善等原因造成的物料损失和浪费。

13. 安装环境智能监测装置，对施工现场的烟雾、噪声、扬尘等参数进行监测，自动报警，启动相关联动措施。

14. 安装喷淋自控装置，对采集的环境数据进行实时监测分析，智能控制喷淋装置启停，降低施工现场扬尘污染。

15. 安装水位智能监测装置，对深基坑水位、上下游水位进行监测分析，实现自动报警。

16. 安装智能照明系统，实现现场作业区域定时、定点、

定量照明，降低能源损耗，控制项目成本。

17. 安装智能电表，对剩余电流、过电流、电压、温度等数据进行监测分析。

18. 在人群密集区安装有害气体监测仪表，对有毒有害气体进行监测，实现自动报警。

（三）地基基础智能施工

1. 采用倾斜摄影、激光测量、三维激光扫描等测绘技术，结合无人机等设备辅助进行地基与基础工程测量、施工放样、高程点自动提取、开挖回填量自动计算。

2. 采用智能建造装备及建筑机器人进行辅助施工作业，包括测量放线、桩基施工、土方开挖、钢筋加工等，提升施工质量、效率、安全性。

3. 采用智能监测设备对基坑和边坡的自适应力、变形控制力、混凝土温度、地下水位等进行监测，并进行监测数据的实时分析、异常诊断和风险预警。

（四）主体结构智能施工

1. 采用智能建造装备及建筑机器人辅助施工作业，包括测量放样、构件吊装、钢筋绑扎、混凝土布料、混凝土收面、自动灌浆、钢结构施工、砌体结构施工、木结构施工、木模板加工及安装等环节，提升施工质量、效率、安全性。

2. 采用智能顶升集成建造平台，集成智能塔吊、智能施工电梯、智能运输车、悬挂式布料机、水平运输设备、隔音

降噪装置、物联感知与通信设备、建筑机器人、设备控制与监测平台等施工装备，进行主体结构施工，实现钢筋绑扎、模架顶升、模板安装、混凝土浇筑和养护以及其他辅助工序协同作业。

3. 采用实测实量机器人、智能回弹仪等智能检测工具对主体结构工程进行质量检测，实现自动化数据收集、分析、预警、流转、归档。

4. 采用智能安全监测设备对高支模、脚手架、卸料平台、大体积混凝土、塔式起重机、施工升降机、混凝土泵送设备、混凝土布料机、振捣设备等进行监测，实时采集其运行数据，实现与其他系统的信息互通共享、工作协同、智能决策分析、风险预控。

5. 采用智能安全绳等自动感应装备及系统，保障高空作业人员安全。

6. 采用便捷化、自动化、智能化的混凝土浇筑装备系统，有效提升混凝土浇筑工效与质量。

7. 采用机械化、自动化、智能化的安装装备及管理系统，实现预制构件的快速就位和精准安装。

8. 采用智能化灌浆装备及管理平台，对预制构件的灌浆套筒进行连接，实现灌浆质量的自动检测。

9. 对钢结构施工，综合利用三维激光扫描、图像处理等技术和数据模型，对钢结构构件进行预安装分析，提升钢结

构现场安装精度。

10. 对钢结构施工，采用三维激光扫描、图像处理等技术，对钢结构施工过程的形变进行监测和控制，保障施工质量。

11. 对砌体结构施工，采用 BIM 技术获取砌块、圈梁、构造柱、导墙、顶砖、门窗洞口及过梁等二次结构的空间位置信息，并进行排布检查和优化，减少返工，缩短工期。

12. 对砌体结构施工，采用移动式智能化砌筑装备辅助施工作业，提升砌体结构施工工效。

13. 对木结构施工，采用智能扭矩扳手等智能化工具，精确控制木结构施工的扭矩、角度、转速等，保证工程质量。

14. 对木模板加工和安装，采用 BIM 技术对木模板进行深化设计、排版，基于深化成果使用智能设备自动加工，提升木模板加工和安装效率，保障混凝土施工质量。

（五）围护结构智能施工

1. 采用 BIM 等数字技术进行深化设计、碰撞检查、排版、材料下料、施工模拟等工作，提高施工质量和效率。

2. 采用智能建造装备及建筑机器人辅助施工作业，包括测量放线、材料搬运、砌筑、抹灰、铺砖、喷涂、构件运输及安装、高空作业、外墙施工等工序环节。

3. 采用实测实量机器人等智能检测工具对围护结构工程实体质量进行检测，实现自动化数据收集、分析及安全风险

险预警。

（六）机电工程智能施工

1. 采用 BIM 等数字技术进行机电工程施工图深化，包括综合管线深化、碰撞检查、预留预埋、装配式支吊架选型、力学计算验算、施工模拟等工作，保障设备管线系统安全可靠、经久耐用。

2. 采用机电装配式技术，在设备机房建造、标准层机电安装和竖井管组安装等因地制宜应用装配式、模块化建造技术，提高施工效率，提升工程质量。

3. 采用智能建造装备及建筑机器人辅助施工作业，包括管线焊接、设备就位安装、管组吊装、模块化单元安装、管线涂装标识、定位打孔、支架安装等，提升安装效率。

4. 采用光谱彩色照度检测、风量风压风速检测等智能检测设备对机电工程实体质量进行检测，实现自动化数据收集、分析及预警。

5. 采用风管巡检清扫机器人、管道在线监测等技术，实现机电工程施工的智能巡检和监测管理。

（七）装饰装修工程智能施工

1. 采用 BIM、AI 等技术进行方案深化、碰撞检查、装修排版、施工模拟、材料下料等工作。

2. 基于 BIM 深化设计模型数据，驱动装饰装修工程相关材料的工业化、模块化生产和加工。

3. 采用装配式装修部品集成技术，主要包括集成卫浴系统、集成厨房系统、架空楼面系统、隔墙和墙面系统、集成吊顶系统、设备和管线系统等。

4. 采用建筑机器人辅助施工作业，包括测量放样、抹灰、铺贴、地坪打磨、地坪喷漆、腻子涂敷、乳胶漆喷涂等。

5. 采用智能检测工具，对装饰装修工程实体质量进行检测，实现自动化数据收集、分析及预警。

6. 采用 BIM、VR、AR 等技术，实现项目验收装修效果的三维可视化展示。

（八）智能建造装备及建筑机器人应用

1. 统筹智能建造装备及建筑机器人在施工全过程中的应用，综合考虑各类智能建造装备及建筑机器人的技术适用性、成本投入、效益产出等因素，明确应用需求及进场计划。

2. 采用 BIM 模型作为智能建造装备及建筑机器人协同作业、路径规划、导航及调度的基础，提升自动化水平。

3. 采用无人机进行航拍，对场地平整、基坑开挖及填筑土方量进行自动化测量计算，定期生成不同时间段施工现场三维实景模型，直观展示施工现场进度。

4. 采用智能桩工设备进行软土地基的桩基施工，实现自动定位及施工路径规划，优化施工工序及桩位定位排布。

5. 采用随动式混凝土布料机，通过算法自动控制布料机大小臂运动，辅助施工人员操作布料机作业。

6. 采用条板安装机器人进行大尺寸条板安装，实现条板抓取、举升、转动、行走、对位、挤浆等全过程自动化安装作业。

7. 采用手持式智能钢筋捆扎机，辅助人工进行钢筋捆扎作业。

8. 采用管线焊接机器人对规格较大管线进行焊接施工，实现管道对口焊接的自动化、智能化。

9. 采用 5G、激光雷达、视觉相机、北斗定位、接触式传感器等感知技术，进行塔式起重机智能管控，实现场景感知、自动建模、路径规划、远程驾驶、智能避险和紧急制动。

10. 采用智能施工升降机，进行施工人员和物料垂直运输，并加强运行安全监测，实现超载超重识别、笼顶防撞、层门防夹、双笼联动和故障诊断提醒。

11. 采用搬运机器人进行物料自动化运输作业，通过与智能升降机的数据联网，进行自动导航、栈板叉取、障碍物识别，实现垂直运输和水平运输的高效联动。

12. 组合使用整平机器人、抹平机器人及抹光机器人，进行大面积地面混凝土浇筑施工，通过智能激光找平算法、智能摆臂算法等技术，实现全自动作业和高精度施工。

13. 利用地坪研磨、地坪漆涂敷和地库车位划线机器人，进行大面积环氧地坪漆施工，实现路径自动规划和导航、混合出料、精准布料、自主避障、自动收放线和自动吸尘。

14. 采用墙面处理机器人进行大面积的室内墙面施工，实现墙面基层打磨、抹刮腻子 and 漆面喷涂的自动化作业。

15. 采用喷涂机器人进行建筑外立面墙漆喷涂施工，实现作业路径自动规划以及底漆、中涂、面漆、罩光漆自动喷涂。

16. 采用防水卷材施工机器人进行相对规整的大面积屋面和地下工程防水卷材施工，实现集控制、行走、轨迹校正、卷材及地面加热、压实摊铺于一体的自动化摊铺。

17. 根据智能建造装备使用需要，设置库房、充电站、清洗站、运输中转站、行走通道、指定堆放区等配套设施。

（九）施工数据交付

1. 制定数字化交付方案，交付内容包括模型（建筑、结构、机电、装饰、幕墙等）、图纸、工程量清单、工程所处环境信息，明确数字化交付的数据要求、职责权限、交付计划。

2. 采用 BIM 软件进行数字化交付，包括模型单元分类、几何信息、属性信息、属性值及信息来源等，模型的数据格式、模型架构及精细度应满足建设单位的归档及运维要求，确保模型数据安全可控。

3. 采用信息化平台对施工过程资料集中存储管理，保证工程资料与建设进度同步形成，实现自动分类、归档、查询使用等功能，并按规定采用电子签章作为凭证使用，实现工

程档案全流程管理数据交付。

六、智慧运维

（一）总体要求

建立智慧运维平台，自动采集项目人员、设备、能耗等关键要素数据，提供人员管理、设备监控、能耗监测等管理能力，用于建筑结构健康监测、建筑功能运行维护、安全风险应急管理，实现数据承载、风险感知、辅助决策和末端设备的自动控制。

（二）智慧运维平台

1. 基于竣工验收数据模型，结合运维相关信息，更新得到运维数据模型，用于建设智慧运维平台。

2. 基于数字孪生技术，结合城市信息模型（CIM）基础平台，综合利用物联网、智能感知、大数据、AI 等技术，通过链接建筑内广泛分布的智能物联网设备，实现现场人员、设备、环境等数据的实时采集、汇聚、分析，提供室内人流分布监测、设备故障预警与诊断、能耗异常报警等功能。

3. 基于 BIM 模型，将建筑消防系统、安防系统、建筑设备管理系统、楼宇自控系统、视频监控系统、智慧停车系统等智能化系统进行集成，加强对建筑运维阶段的全过程管控。

4. 综合利用三维图形引擎等技术，实现系统和设备的可视化效果展示等基本功能，支持用户、工程师、运维管理人

员等通过终端进行远程访问和查看。

（三）建筑结构健康监测

1. 根据建筑物功能定位、结构特征、抗震防灾要求、周边环境特点、监测要求等，明确监测目的和内容，编制建筑结构健康监测方案。

2. 监测内容包括应变、变形与裂缝、振动、地震响应、索力和腐蚀等，监测参数应分为静态参数与动态参数，并满足对结构状态进行监控、预警及评价的要求。

3. 采用现场的、无损的、实时的方式采集建筑结构信息，分析结构反应的各种特征，获取结构因环境因素、损伤或退化而造成的状态改变。

4. 对建筑结构应变，采用电阻应变计、振弦式应变计、光纤类应变计等监测元件进行监测。

5. 对建筑结构变形，根据建筑结构构件的变形特征确定监测项目和监测方法，建立基准网，采用北斗卫星导航、大数据、计算机视觉、三维激光扫描等技术对建筑结构变形进行监测。

6. 对建筑结构表观裂缝，采用无人机、计算机视觉、三维激光扫描等技术进行监测，记录并持续监测裂缝的宽度变化。

7. 对建筑结构振动响应，采用振动传感器，获取建筑结构振动信号，并通过专业软件进行分析和处理，用于评估建

筑物的结构安全性。

8. 采用大数据、AI 等技术开展建筑物结构安全灾害预警和灾后健康度的快速评估。

9. 搭建建筑结构健康监测系统，对建筑结构健康监测仪器设备进行运行维护与管理，确保监测记录真实、完整，出现异常数据时，进行现场核对或复测。

（四）建筑功能运行维护

1. 通过视频监控系统，进行访客出入管理、人员考勤、实时监控、移动轨迹追踪等。

2. 集成建筑内设备（照明、供配电、空调、地源热泵机组、水表等）几何信息、固有信息和运行信息，实现设备的信息查看、维修保养、故障告警及处理等。

3. 采用智慧电力监控系统、智慧水表等监测系统与设备，对建筑物能耗进行实时监测，实现特定区域、周期、楼层和房间的能耗数据分析，并对能耗异常情况进行实时告警，及时进行远程调控和管理。

（五）安全风险应急管理

1. 建立建筑公共安全系统，包括火灾自动报警系统、安全技术防范系统（入侵报警系统、视频安防监控系统、出入口控制系统、电子巡查系统、访客对讲系统、停车库(场)管理系统）和应急响应系统。

2. 综合利用楼宇自控、消防、安防、能源、梯控、停车、

照明、门禁等众多系统及设备，实时监测系统及设备状态并实现异常状态的自动报警。

3. 采用物联网、大数据、云计算等数字技术，结合火灾自动报警设备、电气火灾监控设备、烟感探测器等设备，实时动态采集消防信息，实现火灾的智能告警与管理。

4. 采用智慧配电监控系统，通过网络连接智能配电箱和电气设备，实现建筑室内用电的智能监测、分析、用电风险识别与控制。