

合肥市建设工程智能建造技术导则

(试行)

2024年12月

前 言

为贯彻落实合肥市智能建造试点城市实施方案，因地制宜集成应用数字勘察、数字设计、智能生产、智能施工、建筑产业互联网、智能建造装备等技术，推进建筑工业化、数字化、智能化升级，实现高效益、高质量、低消耗、低排放的工程建造，提升工程质量安全、效益和品质，推动建筑业的改造升级和高质量发展，制订面向全生命周期的智能建造技术导则。

本导则的主要内容包括：总则、数字化勘察设计、智能生产、智能施工、智能运维、建筑产业互联网平台、数字化交付和产业工人教育培训。

本导则由安徽建工集团股份有限公司、安徽省建筑科学研究设计院主编并负责具体技术条款的解释。

目 录

1 总 则	- 1 -
1.1 适用范围.....	- 1 -
1.2 术语.....	- 1 -
1.3 通用要求.....	- 3 -
1.4 职责划分.....	- 5 -
2 数字化勘察设计.....	- 7 -
2.1 一般规定.....	- 7 -
2.2 数字化勘察.....	- 8 -
2.3 数字化设计.....	- 9 -
2.4 协同设计.....	- 10 -
2.5 数字化审查.....	- 11 -
3 智能生产	- 12 -
3.1 一般规定.....	- 12 -
3.2 智能生产管理.....	- 12 -
3.3 智能生产线.....	- 14 -
3.4 智能仓储和物流.....	- 15 -
3.5 智能溯源.....	- 17 -
4 智能施工	- 18 -
4.1 一般规定.....	- 18 -
4.2 智慧管理.....	- 19 -
4.3 智能装备.....	- 20 -
5 智能运维	- 23 -
5.1 一般规定.....	- 23 -
5.2 智能运维管理.....	- 23 -
5.3 运维应用.....	- 24 -
6 建造互联网平台.....	- 26 -

6.1	一般规定	26
6.2	行业级平台	26
6.3	企业级平台	27
6.4	项目级平台	27
7	数字化交付	29
7.1	一般规定	29
7.2	交付要求	29
8	产业工人教育培训	31
8.1	一般规定	31
8.2	教育培训内容	31
8.3	培训考核	32
附录一	常用混凝土构配件智能生产设备	33
附录二	常用钢结构构配件智能生产设备	35
附录三	常用智能装备列表	37

1 总则

1.1 适用范围

1.1.1 本导则适用于合肥市行政内新建房屋建筑与市政工程的勘察、设计、生产、施工、运维等全生命周期的智能建造。改、扩建工程可参照执行。

1.2 术语

1.2.1 智能建造

以人工智能为核心的新一代信息技术与先进工业化建造技术深度融合而形成的人机协同建造方式。

1.2.2 数字化勘察

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

1.2.3 数字化设计

应用信息技术，将工程设计信息转变为结构化数据和非结构化数据，建立数据组织模型，并运用计算机进行表达、传输和处理的过程。

1.2.4 智能生产

通过智能化、自动化设备，利用物联网、云计算、大数据、机器视觉等新一代信息技术，提高生产过程可控性，减少生产线人工干预，以及合理计划排程，实现生产、管理和决策的智能优化的生产活动。

1.2.5 智能工厂

在数字化工厂的基础上，利用物联网技术和监控技术加强信息管理和服務，同时集智能手段和智能系统等新兴技术于一体，构建高效、节能、绿色、环保、舒适的人性化工厂。

1.2.6 智能生产管理

将现代信息技术与制造业深度融合的一种新型生产管理模式。

1.2.7 智能生产线

通过使用先进的技术和自动化系统实现构配件生产过程的一种生产组织形式。

1.2.8 智能仓储

利用物联网、大数据、云计算等先进技术，对仓储设备、物料和人员进行全面感知、全面连接并进行智能化管理的活动。

1.2.9 智能物流

利用先进的技术和智能系统来提升构配件运输效率、降低成本、增强可见性和提升服务质量的一种物流管理方式。

1.2.10 智能溯源

利用先进的技术和数字化系统来追踪和记录构配件生产、流通和施工的全过程，以确保构配件质量、提高透明度和可追溯性的一种管理方法。

1.2.11 构配件

建筑、市政及桥梁等工程中应用的各种组成部件和配件，包括混凝土结构和钢结构，通常是在工厂预制或定制生产，然后运输到现场进行组装安装。

1.2.12 智能施工

基于数据驱动，利用数字化技术和智能建造装备对施工现场的

人员、材料物资、机械设备、场地环境和施工过程进行智能化管理和施工的活动。

1.2.13 数字化交付

利用数字化技术，将工程建设全过程关键数据和最终产品以数字化的形式进行移交的活动。

1.2.14 元数据

元数据是关于数据的组织、数据域及其关系的信息，用于帮助识别、描述和定位网格化的电子资源。

1.2.15 标准化元数据

用于描述及其信息资源的结构化数据，从最基本的资源内容描述元数据开始逐步形成层次分明、结构开放的元数据体系。

1.2.16 建造互联网平台

面向建筑业数字化、网络化、智能化需求，构建基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系，支撑工程建造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的建造云平台。

1.2.17 产业工人教育培训

以提升建筑产业工人的质量安全意识和职业技能水平为目的的教育培训活动。

1.3 通用要求

1.3.1 智能建造在工程项目中的应用，应符合现行国家、行业、安徽省和合肥市相关政策和技术标准要求。

1.3.2 应在项目前期统筹考虑勘察、设计、生产、施工、运维各环节应用需求，制定智能建造实施方案。

1.3.3 项目实施过程中，应建立和使用通用数据环境建立单一

数据源，各参与方以此进行数据收集、组织和使用，以及业务协同和管理。应统一智能建造全过程数据标准及交换格式，保障数据无障碍读取及流转，加强对工程项目质量、安全、进度成本等全要素数字化管控，实现数据驱动下的工程建造。

1.3.4 应建立标准化元数据体系和命名方法，规范元数据范围和格式、命名表达方法，提高模型及对应数据的存储检索、交互、管理效率。

1.3.5 应基于《建筑信息模型分类和编码标准》(GB/T51269)，对工程对象及其信息进行标准化分类和编码，编码应具有规范性、简明性和可实施性。

1.3.6 应规范数据存储结构，以行业统一的标准化格式进行数据存储和交付，保障信息传递的可实现性、完整性、高效性。

1.3.7 应综合考虑不同建筑类型、不同专业在不同建筑阶段中的模型精细度需求，制定模型几何信息与非几何信息精细度标准，用于描述与规范模型在不同项目阶段需涵盖的信息，实现沟通交流和实施的一致性。

1.3.8 宜采用建筑产业互联网平台进行设计、算量计价，招标采购、生产、施工和运维等工程建设全过程数字化管理实现核心数据在建筑全生命期的高效传递、交互和使用。

1.3.9 项目实施前应开展智能建造专项策划，明确总体目标和各阶段目标，细化各参与单位任务，实现高效协同。

1.3.10 应综合设计、生产、施工、运维阶段需求，统筹建筑、结构、机电、装修装饰、景观园林等专业，利用数字设计技术开展建筑全生命期的系统集成设计，实现设计数据的全过程贯通应用。

1.3.11 应推动以标准化为基础的工业化、数字化、智能化生产方式，以数据驱动、数字管理、智能生产、智慧物流为目标，推动柔性化，网络化的人机协同生产模式。

1.3.12 应推动施工现场“人、机、料、法、环”以及质量、安全、进度全方位数据协同与共享，联动建筑机器人等智能建造装备，提高施工过程的数字化和智能化水平以及施工数据的联动协同能力。

1.3.13 应建立数字化交付标准体系，明确交付内容、流程与责任，实现勘察、设计、生产、施工等工程全生命期数据汇聚融合，与实际工程运行情况形成数字孪生，为运维阶段数据应用提供支撑。

1.3.14 数字化交付应遵守相关知识产权保护和网络数据安全的相关规定，防止数据泄密或非法篡改使用。

1.3.15 宜采用工程总承包、建筑师负责制等工程组织方式促进建筑、结构、机电、装修一体化和设计、生产、施工一体化。

1.3.16 应保证智能建造全过程数据安全，宜采用自主创新工程软件。

1.3.17 应对实施智能建造的项目或企业进行实施效益评估，评估内容包括但不限于项目或企业实施智能建造的经济、社会、环境效益等。

1.4 职责划分

1.4.1 行业主管部门及相关管理机构，应合理支持、管理、统筹各有关单位建设工程智能化建造工作。

1.4.2 建设单位，应合理确定建设工程智能化建造工作目标，落实主体责任单位和责任人，配置相关资源。

1.4.3 勘察、设计、生产、施工、运维等主体责任单位，应根据建设工程智能化建造工作目标，联合有关单位做好工作划分、信息标准统一等具体要求。

1.4.4 监理单位，应督促智能建造工作落实情况，编制智能建造监理实施细则，做好相关检查验收工作。

1.4.5 各有关单位，应配置智能化应用管理平台，配备专人管理，数据接口能与政府等管理部门的建筑产业互联网平台对接。

1.4.6 各有关单位，应对数据输入信息真实性负责。

2 数字化勘察设计

2.1 一般规定

2.1.1 勘察设计单位，应建立数据采集信息化、资料处理数字化、硬件系统网络化、图文处理自动化的管理平台，逐步形成和建立适应多专业、多工种生产的高效益、高柔性、智能化的工程勘察设计体系。

2.1.2 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，应采用数字化技术，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。

2.1.3 智能勘察成果，应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。

2.1.4 应综合建筑、结构、机电、装饰、景观园林等专业，统筹规划、勘察、设计、建造、交付、运维、拆除等阶段，提高勘察设计整体性，确保勘察设计深度符合生产和施工要求，实现建筑全生命周期集成设计。

2.1.5 应以 BIM 模型为数据载体，实现工程项目设计成果的数字化交付，项目全专业、各参与方之间数据的高效传递和共享。

2.1.6 应坚持标准化设计理念，贯彻模数协调标准，采用少规格、多组合设计方法，实现标准化和多样化的统一。

2.1.7 宜采用正向设计方法，以 BIM 模型为数据载体，实现工程项目设计成果的数字化交付，项目全专业、各参与方之间数据的高效传递和共享。

2.2 数字化勘察

2.2.1 宜通过地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS/北斗)和遥感技术(RS)等数字化工具,配合无人机激光雷达扫描、倾斜摄影等先进技术采集项目用地的地形、地貌、坐标、建筑物等数据信息,形成数字影像或实景三维模型。

2.2.2 工程地质调查和测绘、勘探和取样、工程物探、原位测试、室内试验、水文地质试验等环节宜采用数字化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,并实时传输至勘察数据管理平台,形成勘察数据库。

2.2.3 工程勘察钻探宜采用可实时探测和采集转速、钻头温度、钻头压力等数据的智能钻机进行作业。

2.2.4 工程勘察原位测试宜采用具有数据采集、物联感知、实时定位和无线传输功能的设备和系统进行作业。

2.2.5 室内土工试验试样宜采用二维码等物联网技术进行全程赋码管理,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。

2.2.6 室内土工试验宜采用自动加载、应力和应变自动采集、自动观测等方式进行数据采集和留存。

2.2.8 宜利用勘察数据建立岩土工程信息模型,用于场地环境仿真分析、地质条件分析、岩土工程设计、地基基础设计及优化等,作为项目选址以及设计和施工的参考依据。

2.2.9 岩土工程信息模型应反映工程建设场地的地层、地下水和地质构造分布情况,并包括与模型对象的属性信息。

2.2.10 岩土工程信息模型宜采用标准格式进行交付，保证模型与设计和分析软件的兼容，确保模型数据向设计和施工阶段的有效传递、存储和应用。

2.3 数字化设计

2.3.1 设计阶段建筑信息模型(BIM)技术应用应符合安徽省《建筑信息模型应用指南》DB34T 4714 等相关标准的规定。

2.3.2 规划与方案设计阶段，宜采用 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、美观等方面对设计方案论证和优化。

2.3.3 方案沟通汇报阶段，宜采用 BIM 技术对设计方案进行虚拟仿真漫游。基于各阶段 BIM 数据，利用软件平台提供的漫游、动画功能，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。

2.3.4 初步设计阶段，宜采用 BIM 技术进行结构计算分析建筑性能分析、设备机电设计分析等工作，论证技术适用性、可靠性和经济合理性。

2.3.5 施工图设计阶段，应采用 BIM 技术进行碰撞检查三维管线综合、竖向净空优化工作，解决空间关系冲突，优化净空和管线排布方案，降低识图误差。

2.3.6 深化设计阶段，宜采用 BIM 技术进行钢结构节点、预制构件、幕墙、机电管线等方面的专项深化设计，将施工操作规范与施工工艺融入施工作业模型，使施工图深化设计模型满足施工作业指导的需求。

2.3.7 宜采用 BIM 技术进行装配式建筑设计，通过专项设计软

件，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，为构件设计、生产和现场装配提供支撑。

2.3.8 宜采用 BIM 技术进行装饰装修设计，通过专项设计软件，自动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。

2.3.9 市政道桥及城市轨道交通工程设计阶段，宜根据项目特点通过建立地质 BIM 模型及应用地面仿真技术实现地上地下一体化设计，选线设计，换乘方案模拟，交通疏散方案模拟，管道改迁模拟等。

2.3.10 模型交付、分类和编码、存储等要求应参照有关国家和地方标准执行。

2.3.11 宜制定标准化的构件库，包含设计、采购、生产、安装、运维等项目全生命周期信息。

2.3.12 宜采用人工智能进行图像生成设计、模型生成设计、施工图生成设计、施工图智能审查等应用。

2.4 协同设计

2.4.1 应建立涵盖设计、生产、施工等不同阶段的协同设计机制，实现生产、施工、运维等单位的前置参与，统筹管理项目方案设计、初步设计、施工图设计和深化设计。

2.4.2 宜使用数字化协同平台，平台宜结合二、三维软件环境统筹建设，具有设计提资、图模会审、云端管理、轻量化浏览、在线批注等功能。

2.4.3 应基于协同工作平台制订格式、权限划分、渠道、时间等信息交互的标准化方案。

2.4.4 协同设计平台宜涵盖数字设计资源库，将建筑产品平面模块化、标准化部品部件等作为协同设计资源，快速调取提升设计效率。

2.5 数字化审查

2.5.1 宜利用 BIM、人工智能等先进信息技术，实现对工程设计文件的自动化检查和评估，确保设计成果满足相关阶段，相关专业的工程建设标准条文、法规政策文件等。

2.5.2 宜根据各阶段 BIM 数据的交付和管理需求，建立数字化标准，实现对 BIM 模型数据“合标性”的自动验证。

2.5.3 宜基于识图技术与算法实现全专业图模一致性的构件检查，检查内容包括构件尺寸、位置、属性，确保设计模型与图纸的信息安全一致。

2.5.4 数字化审查软件或平台应具有文件上传、在线查看、在线智能审查、在线批注、快速定位、出具审查意见等功能，并能实现二三维联审。

3 智能生产

3.1 一般规定

3.1.1 应以构配件生产关键工艺为重点，推动数字化技术和智能生产设备的应用，实现生产数据贯通化、制造柔性化和智能化管理。

3.1.2 应建立以标准构配件为基础的专业化、规模化、数字化生产体系，实现通用构配件的工厂化、数字化、智能化生产，满足标准化设计选型要求，降低标准化构配件生产成本。

3.1.3 应建立信息化管理平台，布置智能化硬件基础设施设备，采用智能生产设备以及生产工艺，实现物联数据的互联互通与数据集成。

3.1.4 应建立完善的智能生产管理体系，包括：数据驱动决策、供应链管理、质量管理、生产过程优化与改进及风险管理等体系。

3.1.5 应建立数字化管理系统，实现各类设施设备互联，数据互换。

3.1.6 数字化管理系统应覆盖智能生产的主要作业环节，并具备相应过程的数据采集、分析和处理，满足智能生产的信息化管理要求，且与智能生产各阶段相互衔接和协调一致。

3.1.7 智能生产线应具有适用性、开放性、可维护性和可扩展性。

3.2 智能生产管理

3.2.1 宜通过条形码、二维码、无线射频等标识技术对构配件

进行分类编码，确保构配件生产加工、入库、储存、调拨、出库、运输、进场验收等全过程数字化管理。

3.2.2 宜具备数据分析能力，能够对生产过程数据、安全、人员、机械设备、质量、环保相关数据进行智能化管理分析，实现智能化辅助决策。

3.2.3 宜建立数字化管理系统，包括企业资源计划系统、人员管理系统，生产执行系统、物料管理系统、质量管理系统、设备管理系统等，不同管理系统应实现相互衔接和信息互联。

3.2.4 企业资源计划系统与生产执行系统宜实现生产任务数据和生产完成情况数据全面交互，保证生产与经营的一体化管理。

3.2.5 人员管理系统宜具备人员基本信息录入、查询、储存、备份及人员工作状态跟踪等功能。

3.2.6 生产执行系统宜与工程项目生产需求计划的互联互通，构配件实际生产进度与项目现场需求实时同步。

3.2.7 物料管理系统宜应具备采购管理、出入库管理、使用管理、库存管理等功能，以及物料供给与构配件生产消耗信息联动，为构配件生产实际消耗提供数据支撑。

3.2.8 质量管理系统宜实时掌控计划、生产、调度、质量、工艺等信息状况，并通过质检设备自动采集质量数据，建立数字化质量档案，保证构配件全生命周期质量数据可追溯；

3.2.9 设备管理系统宜实现生产设备的日常运行监控、维护保养管理、故障诊断与维修、备品备件管理等，通过系统化和信息化手段提升生产设备使用效率和寿命，降低维护成本和故障率。

3.3 智能生产线

3.3.1 应满足柔性化、自动化和智能化的要求同时具备容灾与应急能力。

3.3.2 应包括用于建筑工程、市政工程及桥梁工程的混凝土、钢结构及装饰装修板材等构配件生产线。

3.3.3 应通过中央控制系统对内部各功能模块、基础设施之间及外部信息系统进行系统集成。

3.3.4 应选择适用的信息安全防护措施，且在生产生命周期各阶段的功能安全和信息安全工作应符合相关标准的要求，自动化设备应加装安全防护设施。

3.3.5 智能生产线的运行应具备自动化、数字化、网络化、系统化、集成化和可视化等技术特征。

3.3.6 智能生产线的维护应包括智能生产设备维护、信息网络设施维护等，确保生产作业安全有序进行。

3.3.7 不同类型的生产设备和配套设施宜通过工业网络实现与执行层各功能模块进行数据交互和处理。

3.3.8 智能生产设备宜具备数据传输、数据处理、数据转发、数据存储、数据安全等要求。

3.3.9 智能生产线数据管理宜支持资源调用、日志管理、数据计算等功能，数据管理宜满足智能生产线安全生产和可靠运行等需求。

3.3.10 混凝土构配件智能生产线，宜采用智能模台清理设备、智能喷涂设备、智能钢筋加工设备、智能钢筋放置设备、智能预埋件放置设备、智能布料设备、智能振捣设备、智能预养设备、智能

抹光设备等智能生产设备，常用智能装备见附录一。

3.3.11 钢结构构配件智能生产线，宜采用智能切割设备、智能机械手设备、智能钢框架输送设备、智能焊接设备、智能打磨设备、智能喷漆设备等智能生产设备，常用智能装备见附录二。

3.3.12 装配化装修板材智能生产线，宜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，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，实现自动上下料、数码喷墨印花、涂料辊涂等智能涂装工作以及部品部件按照生产节拍自动运输至下一道工序。

3.4 智能仓储和物流

3.4.1 智能仓储应包括构配件智能仓储和生产物流智能仓储。

3.4.2 应建立完善的智能仓储管理体系和仓库管理系统（WMS），实现构配件和生产物流信息化管理。

3.4.3 应与生产调度实时交互物料信息，及时响应智能生产的物料需求，反馈物料配送信息。

3.4.4 宜以物料和构配件为核心，采集物料和构配件的全生命周期信息，实现全过程信息可追溯。

3.4.5 WMS 系统应具备实时可视查看构配件和生产物料存储区域情况，包括构配件数量、位置、编号、空置区、已用区等信息，统计分析，精确查找构配件和生产物料调运时的储存位置以及自动形成构配件出厂台帐等功能。

3.4.6 WMS 系统应存储如物料的编码、名称、规格型号、储存位置、存储安全信息等物料基础信息。

3.4.7 应利用 RFID、二维码、标签等技术实现对构配件的原材

料、半成品、成品进行数字化标识。

3.4.8 宜对构配件运输车进行编号，安装定位系统，实现手机APP实时查询和监控构配件位置。

3.4.9 智能物流应结合智能生产系统、智能管理系统等优化仓储布局和策略。

3.4.10 宜采用智能物流管理系统，统筹构配件订货收货管理、物流状态跟踪、智能调度、交付确认和数据追溯等物流工作，实时获取物流运行过程信息、生产计划、调度输出信息及物料信息等数据，实现智能物流优化决策。

3.4.11 宜利用自动化技术和路径优化方法，实现构配件和生产物料智能分拣、配送路径规划、配送状态跟踪等方面提升配送效率。

3.4.12 宜与智能管理、智能生产等业务的集成优化，实现智能配送，降低工位库存。

3.4.13 宜结合生产线布局、物料需求和项目需求，精益化规划物流配送路径和运输模式，实现物流配送路径与装载优化。

3.4.14 应能实时监控物料和运输工具，利用传感器获取货物数据，实时定位和追踪原材料、半成品、成品、运输工具的位置与动向。

3.4.15 宜规划出合理的物流时间范围和与物流作业细节相关的各阶段时间，编制各次物流运转所应装载的物料及在制品清单，输出包括物流运行的物件数量、批次组合、物流路线、物料需求时间和送达时间等基本信息的文件。

3.4.16 宜建立智能工厂工作物流协同中心，实现工厂-仓库-生产线三者之间智能化的物流调配。

3.5 智能溯源

3.5.1 应包括智能检测和智能追溯。

3.5.2 智能检测应采用智能检测设备和装置，能自动检测发现不符合要求的构配件并及时给出警示，实现同时对多个不同构配件的检测。

3.5.3 智能检测应包括外观、应变、变形、裂缝、温湿度等内容。

3.5.4 智能追溯应建立完善的符合国家相关法规和标准要求的追溯体系，配备搭建相应的追溯系统（或平台）。

3.5.5 智能追溯应以生产批号或唯一编码的产品标识作为追溯条件，以条形码、二维码、电子芯片为载体，实现通过产品标识可以追溯构配件生产过程中的所有关键信息。

3.5.6 智能追溯系统（或平台）应覆盖构配件生产、仓储、运输、吊装和施工等供应链相关环节，实现追溯数据互联互通，保证跨部门跨区域业务协同、资源整合、信息共享。

3.5.7 智能追溯系统应与其他系统（或平台）互通互联，具备追溯演练、智能评价和验证智能改进措施实施后效果等功能，必要时还可对追溯体系进行更改。

4 智能施工

4.1 一般规定

4.1.1 应充分应用大数据、物联网、云计算、人工智能等新技术和智能建造装备进行智能化管理和施工。

4.1.2 应根据项目类型、项目特点、合同要求等综合确定建设内容、目标和范围，制定合理规划，并纳入项目计划进行管理。

4.1.3 应根据项目智能建造策划编制智能建造专项实施方案，明确智能建造在项目整体规划中的总体目标、实施计划、组织管理和应用场景。

4.1.4 应采用数字化管理平台自动采集项目人、机、料、法、环等关键要素数据，结合项目施工环境、节点工期、施工组织、施工工艺等因素，为项目施工场地布置、施工机械选型、施工计划和方案制定等提供辅助决策，提升对质量、安全、进度、物资、成本的管控能力。

4.1.5 应采用建筑机器人等智能建造装备辅助和替代“危、繁、脏、重”施工环节的人工作业，降低人工成本和劳动强度，提高施工效率，减少风险隐患。

4.1.6 宜采用 BIM、3D 打印、大数据、云计算、物联网及移动通信等数字技术，提高施工管理效率。

4.1.7 工程项目应做到全过程协同设计，满足数字化交付的档案要求。

4.2 智慧管理

4.2.1 应包括人员管理、物料管理、施工机械管理、环境与能耗管理、进度管理、质量管理、安全管理、BIM 技术应用、设备安装与维护。

4.2.2 应使用 BIM 技术对场区内的施工部署、工期、临设、大型设备、临水临电等进行模拟比选，做到工序穿插合理，节约工期。

4.2.3 应将 BIM 技术应用于建筑工程的混凝土结构、钢结构、机电、幕墙等专项工程的深化设计、辅助施工，在真实环境中精确定位 BIM 模型，叠加在项目现场，清晰直观地反映混凝土结构、钢结构、幕墙复杂节点、复杂空间构成，以及机电安装工程排布走向。

4.2.4 宜建立集成工程各参建单位的协同平台，实现信息共享、流程互通、工作协同。

4.2.5 宜配备专职人员，负责设备的安装、调试、测试、运行、维护、数据采集整理工作。

4.2.6 人员管理应采用人脸识别、电子围栏、北斗定位、物联网等设备，包括人员薪资管理、培训管理、诚信评价管理、定位管理等内容，实时监控人员位置、轨迹、分布、考勤等数据。

4.2.7 物料管理应采用智慧物料管理系统，包括采购管理、收发料管理、库存管理、试验检测管理等内容，具备物料信息共享、业务过程追溯、物料自动核算、物料损耗预测等功能，管理物料的进场、使用、退还、调拨等全过程。

4.2.8 施工机械管理应包括设备进退场管理、设备安拆管理、设备维保管理、设备监测管理、设备统计台账等内容，利用传感器和远程监控系统对机械的使用状态、性能和维护需求进行实时监控。

通过数据分析预测机械故障，定期维护保养。

4.2.9 环境与能耗管理应通过部署智能传感器实时监测施工现场的风速、风向、温度、湿度、施工噪声、施工扬尘、建筑垃圾、污水排放等环境参数，应用智能控制系统自动调节施工现场的环境条件，运用能耗管理系统监测和分析能源使用情况。

4.2.10 进度管理应包括计划编制、进度采集、进度分析、进度预警信息的导入与查询等内容，并可三维可视化展示。

4.2.11 质量管理应包括质量计划管理、变更管理、检验检测管理、检查管理、验收管理、质量资料管理等内容，具备现场检查的任务创建、检查记录、拍照取证、不符合情况分级、处理意见、整改要求、检查整改、整改确认等信息记录功能。

4.2.12 安全管理应包括安全方案管理、超过一定规模的危险性较大的分部分项工程安全管理、设备安全监测管理、视频监控管理、安全应急管理、安全检查管理、安全教育管理等内容。通过监测施工过程中结构、基坑、边坡、高支模等参数，评估或预判安全状态，为安全风险防控提供参考。对现场人的行为、物的状态等进行可视化连续自动监测，数据对接智慧工地管理系统，进行处理、存储、分析、预警。

4.2.13 智慧管理数据信息的采集、传输、存储、共享、分析、处理等应用，应符合国家信息安全保密的规定，对不同使用人员进行身份认证，分权分域管理。

4.2.14 深基坑工程宜建立智能化监测预警平台。

4.3 智能装备

4.3.1 宜应用智能工程机械设备、智能测量设备、建筑机器人

装备、智能检测监测设备等智能装备，代替人工执行大量重复性高、劳动强度大的任务，常用智能装备见附录三。

4.3.2 宜根据项目特点，在各分部分项工程中选择应用多种施工类、辅助类、平台类建筑机器人。

4.3.3 工作环境设置宜充分考虑防尘、防水、降噪等因素影响，采取必要的隔离措施或环境控制手段，合理规划工作区域。

4.3.4 宜配置相应的充电站、紧急停止装置、安全防护栏等智能装备的配套设施。

4.3.5 应制定定期检查和维保计划的配套设施维护，对充电桩、防护装置及其他配套设施进行定期检测，及时排除故障隐患。

4.3.6 智能工程机械设备主要包括智能塔吊、智能施工升降机、无人推土机、智能盾构机、智能运输车、智能碾压设备、空中造楼机等，适用于建设工程项目现场施工作业场景，设备应具备作业控制电子化、设备信息网络化等特点，应具有感知、分析、推理、决策和控制功能。

4.3.7 智能测量设备主要包括 BIM 放样设备、实测实量设备、无人机设备等，适用于建筑工程测量放线、实测实量、质量检测等场景，具有效率高、精度高、数据可追溯、易维护、无纸化测量等特点。

4.3.8 建筑机器人装备主要包括智能混凝土布料机、混凝土地面整平机器人、混凝土地面抹光机器人、地坪研磨机器人、地坪漆涂敷机器人、建筑抹灰机器人、智能喷涂机器人等，适用于工程施工现场作业，具备数据采集、人机协调、自然交互、自主移动、自主学习等功能。

4.3.9 智能检测监测设备主要包括裂缝监测仪、环境监测设备、振动监测设备等，适用于施工现场的安全监控、环境监测、工程质量控制以及施工机械管理，具备实时数据采集、无线传输、云平台处理、智能分析与预警等功能。

4.3.10 智能装备施工管理与质量管理宜建立智能装备施工全过程跟踪档案，定期检验、检测，合格后方可投入使用或进入下一道工序。

5 智能运维

5.1 一般规定

5.1.1 智能运维应包括智能运维监管平台和运维应用，实现对建筑能耗、环境及安全及设备设施的综合监测与管理。

5.1.2 应采用标准的信息分类编码和统一的数据服务接口，实现与城市相关专业管理平台对接，提供运维相关数据。

5.1.3 应具备集成能力，实现对物联网设备、业务系统的数据和服务进行集成。

5.1.4 应具备完备的安全管理机制，保障数据在采集、传输、存储和应用等环节的安全。

5.1.5 应具备完善的运维管理制度与流程规范，实现标准的交付动作、资料移交和人员培训。

5.2 智能运维管理

5.2.1 智能运维管理应采用智能运维监管平台进行能耗监测、环境监测、应急管理和智能巡检等运维管理。

5.2.2 能耗监测管理应符合下列规定：

1 应具备对建筑的水、电、气等数据进行监测和动态展示，对不同区域用能数据进行统计和能效分析，可生成对应用能分析报告。

2 应具备对异常用能区域进行系统预警，对异常数据进行分析 and 提醒。

3 应结合可视化能力，对能耗数据进行可视化三维专题场景分析。

5.2.3 环境监测应符合下列规定：

- 1 应具备对建筑环境的实时监测管理能力，包括温湿度、噪声、光照和空气质量等，实现环境数据的实时查询与统计分析。
- 2 应具备对环境异常信息进行定位、实时预警及主动提醒能力。
- 3 应结合可视化能力，对环境数据进行可视化三维专题场景分析。

5.2.4 应急管理宜具备实时预警、应急预案管理、模拟演练和应急处置功能。

5.2.5 智能巡检宜通过巡检机器人、无人机等智能装备，实现环境和安全的自动化无人巡检服务。

5.2.6 平台宜结合 BIM 和三维可视化技术，实现建筑空间信息的可视化监控与管理。

5.3 运维应用

5.3.1 智能运维应具备告警管理、设备监测管理、设备资产管理、巡检管理、数字化运维流程和知识库管理功能。

5.3.2 告警管理应实现告警统一接入、告警规则设置和告警自动化处理功能。

5.3.2 设备监测管理应实现物联网设备动态监测功能，宜具备预警策略设置和设备异常预测功能。

5.3.3 设备资产管理应具备资产维护管理、基本信息管理和关联信息管理功能。

5.3.4 巡检管理应具备巡检任务管理、巡检计划配置和自动巡检功能，可实现三方智能巡检设备、巡检服务和数据的接入。

5.3.5 数字化运维流程管理应实现运维流程和内容的配置与管

理。

5.3.6 知识库管理应实现运维知识的维护、共享与场景应用。

6 建造互联网平台

6.1 一般规定

6.1.1 应构建一个开放、共享、协同、安全的生态系统，具有开放性、共享性、协同性、智能化、安全性、服务性和可持续性等功能。

6.1.2 应充分利用互联网技术和信息化工具，统筹考虑建筑业全产业链的需求，制定统一的数据标准和应用标准，实现建筑全周期、全要素、全角色在线协同，推动建造信息的高效传递、交互和使用。

6.1.3 宜推出适用于不同应用场景的系统解决方案，建立有引领示范效应的行业级、企业级、项目级建筑产业互联网平台。

6.1.4 应具备严格的数据安全措施，包括数据加密、访问权限控制、防火墙、安全监控、数据备份和恢复等，以保护用户的数据安全和隐私。

6.1.5 应建立健全的管理体系和监督机制，保障平台的稳健发展、服务质量和用户权益，并始终遵循运营的合法性与规范性，实现平台的可持续健康发展。

6.2 行业级平台

6.2.1 应围绕建筑市场招投标、部品部件采购、生产配送、机械设备租赁、建筑劳务用工、金融服务等重点领域推进行业级建筑产业互联网平台搭建，推动供应链上下游产业的协同，供应链信息应推送至本地行业协会，实现资源高效配置。

6.2.2 应提供数据和信息服务，以市场需求为导向，以数据共享为支撑，智能精准推送为抓手，包括产品信息、供应链信息、市场信息、技术信息等。方便用户精准获得信息，并进行决策和合作。

6.2.3 宜规划智能建造与建筑工业化、数字化的协同发展。部品部件生产、设计咨询、智慧运维、教育培训、市场信息服务等业务的发展，实现企业深度参与智能建造。

6.3 企业级平台

6.3.2 宜结合智能建造技术，统筹管理企业运营，有效控制所属工程项目的“人、机、料、法、环、质、安、进、风险和成本”等要素间的互联互通，满足企业信息高度整合、工程要素信息集成、数字化、网络化、智能化升级需求。

6.3.3 应建立建筑全生命周期的信息标准化管理体系和技术应用体系，实现部品部件设计、生产、采购、配送、施工、质保等建设全流程的数据交互和协同管理。

6.3.4 应统筹考虑建筑业上下游产业生态，提供企业内产业的协同和合作服务，实现与供应链上下游企业间互联互通互补，提高供应链协同水平。

6.3.5 监理（全过程咨询）等第三方接受业主单位委托对建设工程进行监督管理的单位，应建立建筑全生命周期的信息标准化管理体系和技术应用体系。

6.4 项目级平台

6.4.1 宜考虑项目全生命周期的智能建造场景，搭建项目级建筑产业互联网平台，且接入项目所属企业的企业级建筑产业互联网

平台。

6.4.2 宜强化 BIM、物联网、AI、5G、红外感应、定位装置、信息传感器、建筑机器人等技术在平台的集成应用，结合可移动设备，提高对人、机、料、法、环、质、安、进等生产要素的全面管控能力。

6.4.3 具备风险预警、数据分析和报告功能。

6.4.4 宜具备项目级现场数据流接入企业级建筑产业互联网，且具备 API 接口，方便接入项目各方主体，数据互联。

6.4.5 应具备严格的数据安全措施，包括数据加密、访问权限控制、防火墙、访问权限控制、数据备份和恢复等，以保护用户的数据安全和隐私。

7 数字化交付

7.1 一般规定

7.1.1 项目建设单位应明确交付内容与形式、交付主体与责任、交付流程、交付数据标准、成果验收等内容。

7.1.2 应遵循“数出同源、协同共享、有效传递、权责一致”的原则，建立数字化交付体系。

7.1.3 宜对标准规定的数据进行结构化管理，并以 BIM 为核心，建立交付数据之间的关联关系，解决不相关离散数据，非结构化数据查询不便等问题。

7.1.4 宜依据数据标准，以数据模型的形式进行数据交付，并在存储过程中关联数据，实现有序化、完整化的高质量数据存储。

7.1.5 宜通过数据模型在采集的数据之间建立知识图谱方便数据快速查询浏览，简化资产管理工作。数据宜形成标准数据接口，为运维后续应用等提供支持。

7.2 交付要求

7.2.1 宜通过运维管理平台统一管理数字化交付成果，根据数据交付标准构建数据模型，指导运维管理工作。

7.2.2 宜根据运维需求创建数字化交付模板，对运维管理所需数据进行数字化集成、归类及管理、

7.2.3 宜基于工程建设行为实时生成交付内容数据，直接用于支撑工程档案数字化归档。

7.2.4 宜建立数据与 BIM 模型的关联关系，通过模型关联设备

相关技术指标、运行参数、现场实景以及与设备相关的履历记录、检维修工单，实现数据与模型的整体交付，满足维护、保养、更换、质量追溯等运维需求。

7.2.5 BIM 模型交付应根据应用场景需求、交付深度、交付物形式、交付协同要求安排模型架构和选取适宜的模型精细度。

7.2.6 应明确交付成果资产编码规则、命名规则，确保建设阶段和运维阶段成果命名的一致性。

7.2.7 交付成果文件夹和文件应进行版本管理，并宜在命名字段中标识。

7.2.8 宜减少纸质版文档的应用，对必须使用的纸质文档进行电子扫描存档，并进行二次结构化数据加工处理，实现文档的数字化交付。

7.2.9 建设单位应对数字化交付成果组织审查与验收，已确定运维单位的，建设单位宜组织运维单位参加。

8 产业工人教育培训

8.1 一般规定

8.1.1 智能建造产业工人的教育培训活动，包括但不限于岗前培训、技能提升培训、安全培训等。

8.1.2 智能建造产业工人的教育培训，应遵循科学、规范、实用、有效的原则，确保培训质量和效果。

8.1.3 宜掌握智能建造的基本理论、施工技术、安全生产知识，以及相关的行业标准和规范。

8.1.4 宜掌握基本的 BIM 技术、装配式、智能施工、建筑机器人等相关智能建造技术。

8.2 教育培训内容

8.2.1 应包括智能建造技术基础知识、安全操作规程、实践操作技能培训等。

8.2.2 培养熟练掌握智能建造工业化建造，实现场外构件及设备生产商与施工现场实时交互并智能协同，能够基于大数据平台进行施工现场的作业指导、工序工法标准化，建造过程安排优化等，能够基于可穿戴设备、智能标签、物联网采集模块等进行现场人材机管理。

8.2.3 培养具备智能化生产管理、质量监控和安全评估能力的管理者和监理人员，能够使用 BIM 技术编制单位工程施工组织设计，编制施工进度计划，并能按工期、资源等要求进行优化，能在工程实施过程中根据具体情况对进度计划进行控制和调整。

8.2.4 应掌握智能建造技术基础、智能监控与安全管理、建筑信息化建模、自动化生产线应用、机器人操作与维护、质量控制与标准规范相关知识。

8.2.5 宜采用理论授课、现场教学、案例分析、实践操作等多种形式的培训方法，确保产业工人能够全面、系统地掌握智能建造工程领域所需知识和技能。

8.3 培训考核

8.3.1 产业工人应具备如持有相应的职业资格证书或技能证书等基本的建筑行业从业资格和一定的文化基础及学习能力，以确保培训效果。

8.3.2 考核内容应包括理论知识掌握情况、实践操作能力以及安全生产意识的养成等。

8.3.3 应依据国家及行业标准、安全生产规定等制定考核标准，确保公平、公正、科学。

8.3.4 应采用智能建造相关理论考试、实践操作考核、综合评价等多种方式对培训效果进行评估，并通过评估结果反馈，及时调整培训内容和方式，提高培训质量。

8.3.5 考核流程应按照报名、资格审查、培训、考核、成绩评定、证书颁发等步骤进行。

8.3.6 应满足笔试、实践操作以及安全生产知识测试等考核内容成绩均达到合格线以上，方可认定为考核合格。

8.3.7 对于考核不合格的工人，宜给予一定的补考机会，补考合格者同样可获得合格证书。

附录一 常用混凝土构配件智能生产设备

编号	设备名称	说明
1	智能模台清理设备	应能够自动适应不同模具的清理功能，且运行过程中不得损伤和损坏生产相关模具，如用打磨方式应附有吸尘装置，如用清洗方式需要符合环保和废水排放相关规定。
2	智能喷涂设备	设备喷涂作业时，应保证每个模具的内模腔面喷涂均匀，不能有遗漏，且能适用大部分喷涂材料。
3	智能钢筋加工设备	应具备钢筋笼或钢筋网片自动化成形和自动化焊接，同时应实现部分预制垫块与钢筋笼的自动安装，且钢筋加工应符合相关标准的要求。
4	智能钢筋放置设备	应能够自动适应不同模具的安装放置功能，且放置位置应准确。
5	智能预埋件放置设备	应实现预埋件自动按要求准确放置到模具中，且能够自动适应不同类型的模具和预埋件的安装放置功能。
6	智能布料设备	应能够实现混凝土精准布料且适应多种模具随意切换，模具布料误差应小于 $\pm 5\%$ ；应配置智能清洗设备，方便清洗料斗。
7	智能振捣设备	应满足在智能布料设备布料的同时对模具内混凝土内进行振捣，且振捣时间不应小于 60s；应满足模台承载不同产品时引起的重量不同，振动频率可调。
8	智能预养设备	应满足可接受终端系统远程指令，实现预养构配件智能调度和温湿度可控，温度控制精度范围 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，内部设备应达到防水 IP57 级。
9	智能抹光设备	应满足对构配件进行粗、中、细三个工序的抹光处理。
10	智能养护设备	应满足可根据混凝土的配方和种类对养护条件智能调控，确保构配件达到脱模强度后才能结束恒温蒸养，且应配备自动温湿度控制系统，保证升温、恒温、降温三个温度区间，温度控制精度范围 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，内部设备应达到防水 IP57 级。
11	智能脱模设备	应保证脱模过程中不能对构配件本体造成破坏和构配件的完整且符合标准要求，脱模过程应流畅协调，不能影响模台进入模台清扫工序准备下一次生产的循环。

12	智能检测设备	应满足对多个不同产品的检测功能，能自动检测轮廓外形尺寸是否符合标准，发现不良品时能够及时给出警示。
13	智能输送设备	应满足构配件的自动运输，运行过程中不能破坏构配件的外观质量。

附录二 常用钢结构配件智能生产设备

编号	设备名称	说明
1	智能切割设备	应满足不同材料的切割下料，自主定制修改下料长度尺寸及三维空间内任意角度的切割、打孔、坡口等功能，且精度控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 。
2	智能机械手设备	应具备不同构件和材料的抓取和搬运功能、与不同设备间的信息通信和协同作业的能力。
3	智能钢框架输送设备	应具备 3D 视觉识别定位功能和自动输送功能。
4	智能焊接设备	应具备自动焊接功能和实时焊接跟踪功能，焊接精度应控制在 $0.1\text{mm}-0.3\text{mm}$ 之间。
5	智能打磨设备	应具备自动打磨功能和实时打磨跟踪功能，其中跟踪精度应控制在 $\pm 0.3\text{mm}$ 。
6	智能喷漆设备	应具备精确、稳定、高效的喷漆能力，且应满足不同喷漆材料和不同构配件的喷漆要求，应根据喷漆量、喷漆压力、喷漆速度等参数做到智能控制，实现多路喷漆、多工位喷漆、多角度喷漆等灵活的操作方式。

附录三 常用智能装备列表

设备类型	设备名称	应用场景	主要技术特点
智能 工程 机械 设备	智能塔吊设备	高层建筑或大型建筑工地	通过先进的控制算法和传感技术,实现对吊装作业的自动调节和控制。
	智能升降机	高层建筑施工	通过集成的传感器和物联网技术,实时监测载重、高度、平衡状态等关键参数,实现作业现场的操作自动化和作业安全。
	智能装载机	物流、仓储、矿山或建筑工地等场景	通过传感器集成系统和实时作业数据分析功能,监测装载量、作业姿态和周围环境,实现装载作业的自动化和智能化。
	智能挖掘机	土方工程、建筑工地或道路建设	通过嵌入式智能控制系统和实时数据分析引擎的功能,实时监测作业环境和挖掘机的工作状态,实现土方作业的自动化和精确化。
	智能推土机、平地机	土方平整作业	通过高精度定位技术、坡度传感器和车载控制器,精确定位和控制铲刀位置姿态,引导机手整平作业。
	智能化软基处理设备	地基处理工程	包括但不限于 CFG 桩、碎石桩、锤击桩、强夯施工智能化设备,宜通过嵌入式智能控制单元和高精度定位系统,实现桩位信息数字化、图像化导航,引导操作手进行桩位校准与打桩施工。
	智能压浆设备	桩基施工自动控制压浆	通过自动化控制系统和高精度传感器实时监测压浆压力、流量和密度,自动调整施工参数,优化压浆工艺,实现压浆过程的精确控制与质量保证。
	智能压路机	道路建设或维修	通过北斗定位技术和压实传感器设备实时采集振动频率、压实遍数、行进速度、压实温度等数据,完成路基、路面压实作业。
	智能摊铺机	沥青或混凝土路面施工	利用无人驾驶技术,并实时监测摊铺温度、摊铺速度、摊铺厚度等质量数据,实现无人路面摊铺作业。
	智能数控钢筋加工设备	钢筋加工中心	通过高精度的数控系统和自动化加工功能,智能识别钢筋材料类型和规格,自动调整加工参数,实现钢筋快速准确的切割、弯曲和成型。
	液压模板	混凝土浇筑	通过液压驱动系统和智能压力监测功能,实现对模板的自动化控制,保证构件的成型精度和质量。

设备类型	设备名称	应用场景	主要技术特点
	智能张拉设备	桥梁、隧道等预应力混凝土工程	通过自动化控制系统精确控制张拉应力值和持荷时间，实时采集张拉伸长值，提高张拉施工质量和施工安全。
	高墩施工智能平台	桥梁高墩施工	通过集成化传感器网络和实时数据处理系统，实现平台自动平稳爬升、精确就位、自动纠偏、故障预警等功能。
	智能混凝土布料机	高层建筑或大面积混凝土浇筑	通过智能布料系统，智能调节布料速度和方向，实现混凝土浇筑的精确定位和均匀分布。
	智能盾构机	地铁、隧道等地下工程	通过高精度地质探测雷达、实时导向控制系统和施工数据采集系统，精准捕捉掘进过程地质特性、施工参数、盾构姿态、环境变化等数据，自主掘进，实现隧道施工的安全和高效。
	智能顶管机	非开挖管道铺设工程	通过导向控制系统和实时数据反馈，实现顶进作业参数设置、实时状态监测、自动纠偏和报警等功能。
	智能混凝土蒸养设备	混凝土养护	通过温度、湿度传感器，自动监测和反馈，进行养护温度、湿度的自动控制。
	3D 打印设备	建筑制造领域，快速打印建筑构件或模型	通过高精度打印技术与先进的材料沉积系统等功能，实现复杂结构件的快速成型与定制化生产。
智能测量设备	实测实量设备	施工测量、质量验收	通过点云扫描仪快速精准扫描，自动统计形成智能报表，实现数据智能分析。
	道路测量机器人	路基、路面、交通标线等施工测量放样、质量验收	通过高精度定位技术、轮式机器人控制及机械臂等技术，进行测量数据的自动采集、上传、计算、分析、控制。
	无人机设备	现场勘查、进度监控、安全巡查和空中测量等场景	通过搭载的高分辨率摄像头和飞行控制系统，实现对施工区域广、安全风险高、区域复杂、作业面多而分散的工程进行高精度地理信息数据采集和安全巡查。
	BIM 放样设备	复杂结构的精确放样、施工模板的定位、管线和设备安装的辅助定位等场景	与 BIM 模型直接集成，利用激光投射或机器人手臂等技术，将 BIM 模型中的信息精确地转换到实际施工环境中。结合现场放样技术，在施工阶段实现精确的三维空间定位。

设备类型	设备名称	应用场景	主要技术特点
建筑机器人装备	智能数控钢筋加工设备	钢筋下料、加工	通过自动识图和高精度数控技术，进行钢筋的自动下料、弯曲和成型。
	钢筋绑扎机器人	钢筋工程	通过自动化控制系统和智能视觉识别功能，利用机械臂自动完成钢筋的抓取、搬运和绑扎工作，优化绑扎工艺，提升施工效率和成品钢筋笼的一致性与稳定性。
	焊接机器人	钢筋工程、钢结构工程施工中的焊接作业	通过视觉识别系统自动检测焊缝的位置和形状，优化焊接工艺，实现焊接过程中的精确定位和无缝对接。
	振捣机器人	混凝土施工	通过高频振动技术，实现混凝土的密实填充和气泡排除。配备智能控制系统，自动调整振捣频率和振捣时间，确保混凝土达到设计强度和耐久性。
	混凝土地面整平机器人	混凝土地面施工阶段	通过全自动导航系统、高精度激光识别测量和实时控制等技术，实现高效完成提浆、收面和标高控制。
	混凝土地面抹光机器人	混凝土地面的抹光作业	通过自动路径规划，在混凝土表面进行压实、提浆、收面、抹光自动施工，具备自动纠偏、自动抗扰功能。
	地坪研磨机器人	地坪施工后期的自动研磨和抛光	通过自动研磨控制系统和地面检测传感器，自动调整研磨压力和速度，适应不同硬度的地坪材料，实现自动导航、自动避障、高效打磨，高效集尘等功能。
	地坪漆涂敷机器人	需要耐磨、防滑、易清洁的工业和商业地坪	通过自动导航装置和大臂展机械臂，实现不同材料、不同工序的自动化施工作业，具有灵活便捷、高效涂敷特点。
	砌筑机器人	墙体施工阶段	通过轮廓视觉识别技术，并结合深度相机生成深度图，实现砌筑机器人的自动砌筑，提升砌筑效率及砌筑质量。
	建筑抹灰机器人	墙体砌筑完成后内外墙面的抹灰作业	通过高精度喷涂机械臂和视觉识别系统，自动进行砂浆喷涂，实时调整喷涂厚度，实现墙面抹灰的均匀性和自动化。
	智能喷涂机器人	建筑内墙面、天花板等表面施工阶段	通过自动化喷涂系统和环境适应传感器，智能调节喷涂速度和涂料流量，根据预设的喷涂路径，实现室内墙面、天花板和横梁等结构底漆与面漆的全自动喷涂作业。
	外墙喷涂机器人	建筑外墙施工	通过精密的喷头控制和运动规划系统，实现外墙涂料的均匀喷涂。利用先进的传感器和图像识别技术，自动调整喷涂轨迹和

设备类型	设备名称	应用场景	主要技术特点
			速度，确保喷涂质量，同时减少材料浪费。
	ALC 墙板安装机器人	建筑内部隔墙施工	通过精确的定位和调整机制，实现轻质隔墙板的快速安装。利用激光测量和伺服驱动技术，自动校正墙板的位置和垂直度，提高安装精度和施工效率。
	防水施工机器人	地下室、屋顶等需要防水处理的部位	通过机器人自动行走、单元间移动路径规划与运动控制、单元内喷涂路径规划与运动控制、喷涂方向控制、人机交互等功能，实现防水材料施工的自动喷涂作业。
	智能空中造楼机	高层建筑施工	通过智能施工控制、人机协作、数字孪生虚实映射等功能，实现超高层建筑施工作业智能化。
	管片拼装机器人	隧道施工	通过集成化的机械控制系统，实现管片生产过程的高效率和标准化。
	无人摊铺机器人	道路施工	通过自动导航和物料分配系统，实现沥青或混凝土的均匀摊铺。利用激光或 GPS 定位技术，保持摊铺层的厚度和平整度，提高道路或地面施工的效率和质量。
	破拆机器人	建筑拆除阶段	通过图像识别技术、力觉临场感技术、电液控制技术和无线远程遥控技术等智能化控制技术，实现破拆作业安全施工。
智能检测监测设备	环境监测设备	施工现场的环境质量控制	通过集成的温度、湿度、噪声和污染物传感器，实现对施工现场环境条件的全面监控。自动收集和分析环境数据，通过智能报表实时反映环境质量，确保施工现场满足安全和健康标准。
	裂缝监测仪	建筑结构健康监测，尤其桥梁、大坝、隧道、高层建筑等关键基础设施定期安全检查	通过高精度的位移传感器和图像识别技术，实现对建筑结构裂缝的连续监测。自动记录裂缝的宽度和长度变化，通过数据分析软件生成趋势报告，实现结构健康状态的智能评估。
	振动监测设备	重型机械操作、打桩施工、爆破作业等场景	通过高灵敏度的振动传感器和实时数据采集系统，实现对施工机械和建筑结构振动的精确测量。自动记录振动强度和频率，通过智能分析预测潜在的结构安全问题，实现施工安全的智能监控。
	管道检测机器人	市政、建筑给排水管道的检查	通过搭载的高清摄像头和管道状况分析软件，实现管道内部的自动检测和损伤评估。