

《智能建造技术创新应用指南》 (征求意见稿) 编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

本标准由中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司提出，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，列入 2024 年团体标准制修订计划，标准名称为《智能建造技术创新应用指南》。

(二) 项目背景

随着建筑行业数字化转型加速，智能建造技术（如 BIM、机器人施工、数字孪生等）已成为提升工程质量、效率和可持续性的核心手段。2020 年住建部《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》明确提出需建立智能建造标准体系。当前国内缺乏针对智能建造技术全流程应用的统一规范，亟需制定标准稳步推进智能建造发展。

(三) 目的意义

制定本标准的目的是为了规范智能建造技术在建筑行业的创新应用体系，通过建立统一的技术标准推动建筑工业化与数字化深度融合，有效缩短设计施工周期、提高施工作业安全性、降低现场人力需求、保障工程质量稳定性、减少施工过程废弃物排放、优化建筑全生命周期能源消耗效率、提升绿色建造生态效益。

制定本标准的意义在于响应国家“十四五”建筑业智能化转型战略部署，顺应建筑行业技术升级与市场需求，促进 BIM 技术、机器人施工、物联网感知及人工智能等智能建造核心技术与工程实践的深度协同。相较于传统建造模式，智能建造技术具有数据驱动精准决策、自动化作业流程闭环、全链条质量可追溯的显著科学性与技术先进性，编制《智能建造技术创新应用指南》对构

建我国自主可控的智能建造技术标准体系、引领建筑业高质量发展具有关键支撑作用。

（四）起草单位及起草人名单

本标准起草单位：XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX。

本标准主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX。

（五）主要起草过程(请根据实际情况填写)

1. 文本调研

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司于 2023 年 1 月启动了文本的调研工作，并与 2023 年 2 月完成了相关资料的收集和分析工作。

2. 标准立项

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司向中国技术市场协会标准化委员会提出申请，于 2023 年 4 月获得中国技术市场协会标准化工作委员会批准立项。

3. 组建起草工作组

2024 年 4 月 25 日，召开项目启动会，讨论标准大纲。

2025 年 1 月 7 日，召开标准研讨会，讨论标准草案。

4. 形成草案

2025 年 6 月 5 日，收集资料并进行汇报，开展线上讨论，确定规程框架和主要内容，形成草案。

5. 形成征求意见稿

2025 年 8 月 7 日，对草案进行讨论，起草组对草案内容进行了修改，形成征求意见稿。

二、确定规程主要内容的论据

（一）编制原则

本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》以及《中国技术市场协会团体标准工作程序》的规定起草。

(二) 规程主要内容及适用范围

本标准规定了机器人建造的数据模型建立、机器人施工协同方法、智能建造场地布置、智能验收。

新建/改扩建建筑工程中智能建造技术的设计、施工及验收。

(三) 确定规程主要内容的论据

序号	实施日期	标准层次	标准名称
1	2017. 7. 1	国家标准	《建筑信息模型应用统一标准》(GB/T 51212)
2	2018. 5. 1	国家标准	《建筑信息模型分类和编码标准》(GB/T 51269)
3	2022. 2. 1	国家标准	《建筑信息模型存储标准》(GB/T 55032)
4	2024. 12. 26	团体标准	《智能建造机器人施工通用技术规程》(T/CCIAT 0021)

4.3.1 装配间隙标准化约束

建议构件模型及其组合在设置装配间隙时，应根据构件类别、施工工艺要求设置合理间隙参数。一般应明确在 BIM 属性中注明间隙尺寸，建议结构构件间隙 $\leq 5\text{mm}$ ，装修构件 $\leq 3\text{mm}$ ，机电管线接口 $\leq 2\text{mm}$ ，特殊部位需注明工艺要求。

5.4.2 工序冲突检测

冲突检测应验证工序逻辑顺序、空间路径冲突、资源冲突，自动隔离非法数据并生成异常报告。

5.4.3 AI 优化工艺参数模型

建议采用历史机器人施工数据训练 AI 模型（如 LSTM、Transformer），模型优化目标包括路径效率、施工质量提升、能

耗降低，优化结果应经 BIM 仿真验证。

6.1.3 定位技术适配性决策矩阵

建议编制定位技术适配性决策矩阵，包括定位技术（GNSS、RTK、激光雷达、IMU、视觉 SLAM）的精度、延迟、适用场景、遮挡适应性、设备成本等关键指标，供设计人员依据施工场景进行技术选型参考。

6.1.4 定位设备统一通信协议接口

推荐采用 OPC UA 或 MQTT 作为统一通信协议，定位信息字段包括时间戳、空间坐标（XYZ）、姿态信息（RPY）、设备 ID、数据质量指标。

6.1.4 定位信息内容

定位信息应包括：时间戳、空间坐标（XYZ）、姿态角（Roll、Pitch、Yaw）、设备唯一编号、当前状态标识（正常/异常）等字段，支持与 BIM 模型坐标系实时映射。

6.2.1 采集节点布局与感知网格

建议关键施工区域（如机器人作业区、吊装区、精密安装区）优先布设高精度定位节点，网格间距根据定位精度要求设置，场地级一般 $\leq 1\text{m}$ ，构件级 $\leq 0.5\text{m}$ ，保证定位精度满足施工要求。

6.3.1 多尺度空间场景定位精度管理

构件级定位应能精确标定构件安装位置；构件系统级定位应支持空间构件之间的相对定位；场地级定位应提供整个施工现场的全局定位参考。

6.5.2 机器人系统、数据安全系统、装备调度系统接口内容

机器人系统包括：作业路径、状态监控、异常报警；数据安全系统包括：定位数据加密存储、访问权限控制、日志记录；装备调度系统包括：动态调度机器人任务、实时反馈执行状态、异常任务重分配。

7.3.3 MQTT 协议说明 MQTT 是一种基于发布/订阅模式的轻量级消息协议，适用于低带宽、高延迟或不可靠网络环境下的设备通信，支持机器人、边缘设备与 BIM 平台高频、低延迟的数据交互。

7.4.4 动态甘特图

数字孪生平台应支持动态甘特图视图，关联 BIM 模型中构件状态，实时展示任务执行状态、计划与实际偏差、工序间逻辑关系，支持按时间轴回溯查看历史状态演进。

7.5.4 系统配置化能力

系统配置化应支持界面配置（自定义看板、图层控制）、流程配置（定义任务流程节点）、数据模型配置（扩展属性字段、修改数据结构）和权限配置（字段级访问控制、操作权限管理）。

8.1.2 多模态数据融合定位误差控制

通过时间戳同步与坐标对齐，激光雷达、高清相机、红外热像仪等多模态数据融合的定位精度误差宜 $\leq \pm 2\text{mm}$ ，数据应实时上传至 BIM 平台，并与设计模型自动比对分析。

8.3.1 OPC UA 协议说明

OPC UA 是工业领域广泛应用的数据交换协议，支持安全认证、数据建模、跨平台兼容性，通过 OPC UA 接口，BIM 模型、机器人、IoT 设备可实现实时数据互联与信息共享。

8.3.2 赢得值法（EVM）解释

赢得值法（EVM）通过对比计划值（PV）、实际成本（AC）、赢得值（EV）计算进度偏差（ $SV=EV-PV$ ）与成本偏差（ $CV=EV-AC$ ），为项目管理提供量化绩效分析，指导施工进度调整与资源优化。

8.3.3 MES 系统解释

MES 系统实时对接生产调度与车间执行层，采集生产设备状态、作业进度、质量检测数据，支持施工现场机器人与人工作业

过程的实时协同、任务重派、异常处理。

8.4.1 区块链存证要求

质量检测数据、机器人操作日志宜采用区块链数据库实时上链存证，建议哈希算法采用 SHA-256，存证时间戳精度 ≤ 1 秒，支持多节点审计追溯，数据篡改识别率 100%。

8.4.3 移动端看板功能要求

移动端看板应集成三维可视化、趋势分析及预警推送功能，数据延迟 ≤ 3 分钟，支持按工种/工序多维度钻取查询，权限分级管控至字段级，离线模式下数据缓存 ≥ 24 小时。

9.2.2 第三方知识库扩展要求

系统应支持扩展接入第三方知识库（如构件标准库、能耗数据库等），增强语义数据库联动性与扩展性，支持动态规则更新与多源数据融合。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

1. 主要试验的情况分析

本文件规定的技术体系及实施方法已在以下国家级重点项目中得到应用与验证：

参编单位实施的"建造机器人协同作业平台开发"项目中，验证了第 5 章"BIM 与机器人标准化数据创建"（基于 OPC UA 的群机器人通信架构）及第 8 章"无人化质量管理"（机器人巡检+图像识别缺陷检测）的可靠性（见 8.2.1 条）。

参编单位实施的"语义驱动智能建造决策系统" 项目，验证了第 9 章"智能建造语义数据库"的图谱分析能力，实现施工冲突自动诊断（见 9.4.2 条）。

2. 技术经济论证

本规程通过三大创新机制为建造行业提供技术保障：

1) 闭环数据链体系：建立"设计-施工-运维"一体化数据流，减少 30%跨专业协同成本。

2) 无人化质控系统：基于 FMEA 模型的机器人自适应调控，降低质量缺陷返工率 25%。

3) 多源定位技术融合：通过 GNSS+UWB+视觉 SLAM 分层定位，缩短施工现场测量工时 40%。

4) 本文件为提升建造过程数字化水平、预防施工安全风险提供了科学规范，对保障重大工程进度、降低全生命周期维护成本具有显著价值。

3. 预期经济效果

通过本规程的实施预期可实现

1) 直接经济效益

机器人标准化施工（第 5.2 条）使工序效率提升 35%，人工成本降低 28%。

无人化质量管理（第 8.3 条）减少质量检测人力投入 50%，维修成本下降 35%。

2) 社会效益

数字孪生进度监测（第 8.3.2 条）实现工期偏差预警响应速度提升 60%，保障重大工程按期交付。

语义数据库决策支持（第 9.4 条）优化资源配置，降低施工能耗 22%。

经测算，全面应用本规程技术体系可使工程项目综合成本降低 18%-25%，对推动建筑业智能化转型、构建智慧城市基础设施具有战略意义。

四、采用国际标准和国内外先进标准的程度

本标准是国内外首次制定的专门针对智能机器人建造的标准，没有国际标准和国外先进标准参考。

五、重大分歧意见处理经过及依据

本标准在制定过程中未出现重大分歧意见。

六、与现行相关法律、法规及相关标准的协调性

本标准是智能机器人建造的标准，符合国家现行法律、法规和强制性国家标准的要求，与相关法律、法规及测试标准在技术内容上相协调。本规程参照国家标准《建筑信息模型应用统一标准》（GB/T 51212）框架，同时增加机器人建造特有部分，《建筑信息模型分类和编码标准》（GB/T 51269）中关于建筑信息模型数据编码的部分内容，另参考了国家标准《建筑信息模型存储标准》（GB/T 55032）和《智能建造机器人施工通用技术规程》（T/CCIAT 0021）的编制框架。

七、知识产权情况说明

本标准的主要技术内容均不涉及专利。

八、其他应予说明的事项

无。

《智能建造技术创新应用指南》

团体标准工作组

2025 年 8 月 7 日