

T/EJCCCSE

团 体 标 准

T/EJCCCSE XXXX—2025

建设工程测量与智能化施工协同控制规范

Specification for Construction Engineering Measurement
and Intelligent Construction Coordination Control

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

中国商业股份制企业经济联合会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 原则 1

 5.1 数据驱动原则 1

 5.2 实时性与动态性相结合原则 1

 5.3 精度优先原则 2

 5.4 系统集成与开放性原则 2

 5.5 安全与可靠性原则 2

 5.6 人机协同优化原则 2

6 组织架构 2

 6.1 核心管理团队 2

 6.2 跨职能工作组 2

 6.3 协作机制 2

 6.4 技术支持体系 2

7 方法 3

 7.1 数据集成与实时通信 3

 7.2 智能化测量技术应用 3

 7.3 自动化施工控制 3

 7.4 动态监测与预警 4

9 技术支持 7

 9.1 基础技术平台 7

 9.2 人员 8

前 言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国商业股份制企业经济联合会提出并归口。

本文件起草单位：XXXX,XXXX,XXXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX。

建设工程测量与智能化施工协同控制规范

1 范围

本文件规定了建设工程测量与智能化施工协同控制的原则、组织架构、方法、要求和技术支持。本文件适用于建设工程测量与智能化施工协同控制管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准

GB 55018 工程测量通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工程测量 *engineering survey*

基于测绘技术获取建设工程空间位置、几何形态及变形数据的过程，包括控制测量、地形测绘、施工放样、变形监测等。

3.2

智能化施工 *intelligent construction*

通过BIM、物联网、自动化设备等技术实现施工过程的数字化、自动化与智能化控制。

3.3

协同控制 *synchronous control*

以测量数据为输入，通过数据接口、算法模型、执行反馈实现测量与施工流程的动态闭环管理。

4 缩略语

下列缩略语适合于本文件。

Autodesk Construction Cloud 欧特克建筑云

物联网 IoT 网络 基于物联网（Internet of Things）技术的传感器与设备通信网络

BIM 基于建筑信息模型（BIM）的协作管理平台

GNSS 全球导航卫星系统实时动态定位（中国“北斗”）

SLAM（Simultaneous Localization and Mapping 同步定位与地图构建

IFC 格式 Industry Foundation Classes 工业基础类

NVIDIA Jetson AGX Xavier 英伟达推出的嵌入式 AI 计算平台

UWB Ultra-Wideband 超宽带

5 原则

5.1 数据驱动原则

以多源数据（如BIM模型、传感器数据、施工机械参数）为基础，实现测量与施工的闭环反馈。数据应满足高精度、实时性和一致性要求。

5.2 实时性与动态性相结合原则

测量与施工应实现毫秒级响应，动态调整施工参数，并通过物联网和边缘计算技术，确保数据流的低延迟处理。

5.3 精度优先原则

测量精度应高于施工允许误差的50%。智能化施工设备应具备误差自动补偿功能（如激光导向挖掘机）。

5.4 系统集成与开放性原则

测量设备、施工机械、管理平台应兼容开放协议，避免数据孤岛，并应采用模块化设计，支持后续技术升级（如AI算法迭代）。

5.5 安全与可靠性原则

数据采集、传输及控制指令应冗余验证，防止单点失效。施工区域应设置多重安全屏障（如电子围栏、急停装置等）。

5.6 人机协同优化原则

人工决策与AI算法结合，复杂场景由人工复核，操作界面应直观可视（AR/VR辅助），降低人机交互门槛。

6 组织架构

6.1 核心管理团队

6.1.1 总控中心

主要负责全局协调，由项目经理、BIM工程师、数据分析师组成，主要负责制定协同控制策略与应急预案。

6.1.2 技术委员会

由测量专家、自动化工程师、软件开发和施工工程师等人员组成，主要负责技术方案评审与标准制定。

6.2 跨职能工作组

6.2.1 数据管理组

负责管理BIM模型、测量数据与施工参数，并确保数据的一致性。

6.2.2 现场执行组

由测量分队的全站仪操作员、无人机飞手与施工分队的智能机械操作员、安全员组成。

6.2.3 技术开发组

主要负责算法优化，如路径规划AI模型、系统维护。如：边缘服务器部署。

6.3 协作机制

6.3.1 日例会制度

通过视频会议同步测量数据与施工进度。

6.3.2 敏捷响应机制

设立24小时值班岗处理突发问题，如GNSS信号丢失、机械故障等。

6.4 技术支持体系

6.4.1 基础技术平台

6.4.1.1 BIM 协同平台

建立基于Autodesk Construction Cloud，实现设计-测量-施工数据互通。

6.4.1.2 物联网（IoT）网络

采用LoRaWAN/NB-IoT协议部署传感器，数据回传频率应 $\geq 1\text{Hz}$ 。

6.4.2 智能化工具链

6.4.2.1 测量设备

测量设备至少应包括：

- a) 高精度全站仪，如：Leica TS16；
- b) 三维激光扫描仪：精度 $\pm 1\text{mm}$ ；
- c) 无人机，如：大疆 M300 RTK。

6.4.2.2 施工机械

施工机械至少应包括：

- a) 无人压路机；
- b) 智能塔吊；
- c) 自动焊接机器人。

6.4.3 算法与软件支持

6.4.3.1 定位算法

多传感器融合SLAM（如LeGO-LOAM），适应复杂工地环境。

6.4.3.2 控制算法

PID自适应调节（混凝土泵送流量）、深度学习预测（工期延误风险）。

6.4.3.3 可视化工具

AR叠加（微软HoloLens 2）、数字孪生仿真（ANSYS Twin Builder）。

7 方法

7.1 数据集成与实时通信

7.1.1 统一平台搭建

构建基于BIM的中央管理平台，整合测量数据（如激光扫描、无人机测绘）、施工机械控制指令及物联网传感器数据。

7.1.2 实时数据流

通过5G或物联网技术实现毫秒级数据传输，确保测量结果即时反馈至施工设备（如自动导引运输车、智能浇筑机器人）。

7.2 智能化测量技术应用

7.2.1 三维激光扫描与无人机：用于快速获取高精度地形数据，生成点云模型并与BIM自动比对，识别施工偏差。

7.2.2 GNSS/RTK 定位，为无人施工机械提供厘米级定位，支持自动路径规划（如挖掘机自动开挖设计高程）。

7.3 自动化施工控制

7.3.1 闭环控制系统

基于实时测量数据，利用AI算法（如PID控制、深度学习）动态调整施工参数。如将混凝土泵送速度根据结构变形监测数据自动优化。

7.3.2 机械协同作业

通过V2X（车联网）技术实现多设备联动，如无人机引导摊铺机进行沥青路面施工。

7.4 动态监测与预警

7.4.1 结构健康监测（SHM）

安装光纤光栅传感器监测应力、温度变化，结合有限元分析预测风险，触发停工或加固指令。

7.4.2 进度可视化

利用AR/MR技术叠加BIM模型与现场实景，实时显示施工进度与质量偏差。

7.4.3 智能决策支持

7.4.3.1 数字孪生

建立与物理工地同步的虚拟模型，通过仿真预演施工方案，优化资源调配。

7.4.3.2 AI 辅助决策

利用历史数据训练模型，预测工期延误概率并推荐调整方案（如优先施工关键路径）。

8 协同控制要求

8.1 技术要求

8.1.1 多技术融合应用

8.1.1.1 采用物联网（IoT）、云计算、大数据、人工智能（AI）等技术，实现施工现场数据的实时采集、传输与分析。例如，通过传感器监测塔吊载荷、深基坑位移等参数，并自动触发预警。

8.1.1.2 应用 BIM（建筑信息模型）技术，结合三维激光扫描和无人机航拍，实现施工进度与设计模型的动态比对，优化施工方案。

8.1.2 数据采集与传输

8.1.2.1 传感器需满足精度要求（如塔吊力矩传感器误差 $\leq \pm 3\%$ ），数据存储需本地保留至少 45 天，并实时上传至政府监管平台。

8.1.2.2 采用 5G 或高速无线网络，确保数据传输的实时性和稳定性，避免因网络延迟导致监控失效。

8.1.3 智能监测设备

8.1.3.1 塔吊需安装防碰撞系统、吊钩可视化设备及人脸识别门禁，操作人员身份验证通过后方可启动设备。

8.1.3.2 深基坑监测应采用激光位移计和倾角传感器，实时上传沉降、位移数据至平台，超限时自动报警。

8.1.4 精度保障

测量误差应控制在毫米级（如全站仪精度 $\leq \pm 1\text{mm}$ ），智能化设备定位精度应满足相应产品标准要求。

8.1.5 系统兼容性

采用 IFC、COBie 等开放数据标准，确保 BIM 软件（如 Revit）、测量设备（Leica）与控制系统（ROS）无缝对接。

8.1.6 边缘计算能力

部署本地服务器处理实时数据流，减少云端延迟（如 NVIDIA Jetson 用于图像识别）。

8.2 管理要求

8.2.1 责任分工明确

8.2.1.1 建设单位：负责智慧工地费用纳入工程造价，并监督实施。

8.2.1.2 施工单位：编制智慧工地建设方案，纳入施工组织设计，指定专职管理员，确保设备安装与数据对接。

8.2.1.3 监理单位：监督方案落实，对未达标项下发整改通知单。

8.2.2 全流程标准化

8.2.2.1 应制定从测量数据采集（如 ASTM E57 点云格式）到施工验收的标准化作业流程（SOP）。

8.2.2.2 开工前需完成智慧工地平台搭建，施工许可证获取后 1 个月内完成设备部署及数据对接。

8.2.2.3 建立设备台账动态管理，实时更新设备状态（在用、维修、报废），每月盘点误差率 $\leq 1\%$ 。

8.2.3 数据与验收管理

8.2.3.1 实施 PDCA 循环，利用区块链技术记录各环节数据，确保数据可追溯性。

8.2.3.2 项目各分部验收应合格、数据对接政府平台、质量证明文件及验收记录资料应完整。

8.2.3.3 应动态验证智慧工地运行效果，结果分为“不合格、合格、良好、优良”，优良项目优先推荐评优。

8.3 安全要求

8.3.1 网络安全防护

应符合网络安全防护相关国家标准，采用零信任架构保护数据流，防止中间人攻击。

8.3.2 智能安全监测

应部署 AI 视频监控系统，识别未佩戴安全帽、闯入危险区域、人员聚集等行为，15 分钟内现场处置。

8.3.3 物理安全机制

施工区域设置 UWB 定位电子围栏，人员闯入时自动停机；设备配备急停按钮与冗余控制系统。烟火识别系统应在 3 分钟内响应，联动喷淋设备并启动消防预案。

8.3.4 人员安全管理

应实行实名制管理，通过芯片安全帽或人脸识别系统追踪人员轨迹，限制非授权人员进入高危区域。并应定期开展 VR 安全培训，模拟事故场景，增强工人安全意识。

8.3.5 应急处理机制

建立应急预案库，设备故障或事故需在 48 小时内提交分析报告，并更新台账风险等级。

配备应急电源和备用通信设备，确保断电或断网时关键系统（如塔吊监控）持续运行。

8.4 工程测量要求

8.4 工程测量要求

8.4.1 高精度与标准化

应严格执行 GB 55018 的规定，确保测量精度。深基坑位移监测误差应 $\leq \pm 2\text{mm}$ 。平面控制网精度应满足一级标准： $\leq 1/40000$ 。测量数据格式应符合相应标准要求。使用的全站仪、GNSS 等高精度仪器应定期校准并保留检定记录。

8.4.2 实时动态测量

采用 GNSS-RTK（实时动态定位）技术，平面定位精度应 $\leq \pm 1\text{cm}+1\text{ppm}$ 。变形监测频率应 $\geq 1\text{Hz}$ （如基坑支护结构监测）。

8.4.3 实时监测与预警

对危大工程（如深基坑、高支模）实施自动化监测，数据超限时自动推送预警至管理端。测量数据需与 BIM 模型集成，生成变形趋势分析图，指导施工调整。

8.4.4 多技术融合

应综合运用三维激光扫描（精度 $\pm 2\text{mm}$ ）、无人机倾斜摄影（分辨率 $\leq 2\text{cm}$ ）等技术，生成高精度数字孪生模型。地面测量与空中测量数据应自动融合，误差应 $\leq 3\text{mm}$ 。

8.4.5 误差控制与溯源

应建立测量误差传播模型，量化各环节误差贡献。测量数据应标注时间戳、坐标系及置信度。

8.4.6 自动化处理

点云数据应自动配准与去噪，算法处理时间应 ≤ 10 秒/平方公里。测量成果与 BIM 模型自动对比，偏差报警阈值可自定义（如超限 $\pm 5\text{mm}$ 触发预警）。

8.4.7 数据管理与共享

测量数据需本地存储并同步至云端，支持多终端调阅，历史数据应保留至项目竣工后 2 年。

8.5 智能化施工要求

8.5.1 设备智能化与协同

施工机械（如无人压路机、智能塔吊）应支持远程控制与自主决策，定位精度应 $\leq \pm 1\text{cm}$ 。多设备协同作业时，任务分配算法应优化资源利用率（如遗传算法优化机械路径）。

8.5.2 闭环控制与动态调整

基于实时测量数据，施工参数（如混凝土振捣频率、钢结构焊接温度）应可自动调整，控制系统响应延迟 $\leq 100\text{ms}$ ，确保施工连续性。

8.5.3 施工进度与质量同步

每道工序完成后应能自动生成质量验收报告（如压实度、平整度数据）。进度偏差超过 5%时，AI 系统应推荐纠偏方案（如增加夜间施工班次）。

8.5.4 安全监控与预警

施工区域应部署 UWB 定位系统，人员与机械安全距离 $\leq 2\text{m}$ 时应能触发急停。结构应力监测数据超限时，应自动启动应急预案。

8.5.5 系统兼容性与扩展性

施工控制系统应支持 API 接口，兼容主流 BIM 软件（Revit、Tekla），预留 5%-10%算力冗余应对突发数据处理需求（如暴雨后滑坡监测）。

8.5.6 成本与效率平衡

智能化施工效率比传统方式提升应 $\geq 20\%$ ；初期投入成本增加应通过减少返工和缩短工期回收。

8.5.7 智能装备应用

推广无人化施工设备（如智能抹灰机器人、焊接机器人），减少高危作业人工参与。使用无人机巡检，自动生成施工进度报告与质量缺陷热力图。

8.5.8 施工过程协同控制

通过智慧工地平台实现进度、资源、环境的协同管理。例如，扬尘超标时自动启动喷淋，并与工程进度联动调整作业时间。塔吊群作业时，系统自动规划吊装路径，避免碰撞并优化吊装效率。

8.5.9 绿色施工智能化

应安装扬尘噪音监测设备，数据实时上传并与喷淋、围挡喷雾联动，确保施工场界环境噪声排放标准符合 GB 12523 的规定。

9 技术支持

9.1 基础技术平台

9.1.1 BIM 协同平台

基于Autodesk Construction Cloud或广联达BIM5D，实现设计-测量-施工数据互通。

9.1.2 物联网（IoT）网络

采用LoRaWAN/NB-IoT协议部署传感器，数据回传频率应 $\geq 1\text{Hz}$ 。

9.1.3 智能化工具链

9.1.3.1 测量设备

测量设备至少应包括：

- a) 高精度全站仪，如：Leica TS16；
- b) 三维激光扫描仪，精度 $\pm 1\text{mm}$ ；
- c) 无人机，如：大疆 M300 RTK。

9.1.3.2 施工机械

施工机械至少应包括：

- a) 无人压路机；
- b) 智能塔吊；
- c) 自动焊接机器人。

9.1.4 算法与软件支持

9.1.4.1 定位算法

多传感器融合SLAM（如LeGO-LOAM），适应复杂工地环境。

9.1.4.2 控制算法

PID自适应调节（混凝土泵送流量）、深度学习预测（工期延误风险）。

9.1.4.3 可视化工具

AR叠加（微软HoloLens 2）、数字孪生仿真（ANSYS Twin Builder）。

9.2 人员

9.2.1 测量人员

测量员应持有注册测绘师资格，掌握GNSS-RTK操作、点云处理（CloudCompare软件）、Python脚本编写能力。

9.2.2 施工人员

能机械操作员应通过国家安全操作考核，持有智能机械远程操控证书（如CAT无人设备认证）、熟悉人机交互界面（ROS系统）。

9.2.3 管理人员

应精通BIM协同流程、熟悉相关国家标准和行业标准，能解读AI生成的风险预警报告。

9.2.4 新技术培训

每季度应对人员进行定期新技术培训，使其掌握如量子导航原理和群体机器人协作方面的专业知识。

9.2.5 共用数据语言

测量与施工团队应共用同一数据语言（如COBie标准），减少信息误解。

9.2.6 多岗技能

人员应具备多岗位基础技能，掌握AI训练与现场实操双技能，实现人机共融。
