

《智能建造机器人集群协同作业施工及验收规范》

团体标准编制说明

一、任务来源

本项目根据中国西部开发促进会 2026 年团体标准制订计划，项目名称为《智能建造机器人集群协同作业施工及验收规范》的任务而进行制订。

二、项目背景

1. 目的

本文件的制定旨在为建筑工程领域中智能建造机器人集群协同作业的施工管理与质量验收提供统一的技术依据和操作规程。通过明确集群协同作业的分类编码、基本要求、技术条件、施工准备、流程管控、安全环保、质量验收及维护管理等全环节要求，规范多台智能建造机器人在同一施工任务中的协同作业行为，保障集群作业的安全可靠与质量可控，填补国内在智能建造机器人集群协同作业领域的标准空白。

2. 意义

一是推动建筑业转型升级。当前，建筑业正加速从“劳动密集型”向“技术密集型”跨越，《智能建造技术导则（试行）》明确将建筑机器人规模化应用作为推动行业智能化转型的核心抓手。二是解决行业痛点。当前大多数建筑机器人产品存在环境适应性差、数据接口不通用、协同效率低下等问题，本标准通过规范通信接口、调度系统、协同模式等技术要求，可以解决多机作业中的设备干涉、安全风险及效率瓶颈。三是促进产业协同创新。通过建立统一的分类编码、数据接口和验收标准，为不同厂商、不同型号的机器人接入同一调度系统提供技术规范，打破“信息孤岛”，促进产业链上下游协同发展。

3. 必要性

本文件的制定具有紧迫的现实必要性。从政策层面看，住建部《“十四五”建筑业发展规划》要求加强多机协同、人机协作等建筑机器人核心技术研究，研究编制关键技术标准；2025 年住房和城乡建设部、国家发展改革委等九部门联合制定的《贯彻落实〈中共中央办公厅、国务院办公厅关于推进新型城市基础设施建设打造韧性城市的意见〉行动方案（2025—2027 年）》提出推动建筑机器人及相关设备集成与创新应用。从行业需求看，2026 年政府工作报告提出“发展智能建造，培育现代化建筑产业链”，建筑机器人正式进入规模化商用阶段。然而，目前国内尚无专门针对智能建造机器人集群协同作业施工及验收的统一标准，导致施工现场多机协同作业缺乏统一的技术依据和质量验收准则，制约了建筑机器人集群化应用的推广与落地。从技术发展看，随着多机协同、人机协作等核心技术的突破，智能建造机器人集群协同作业已成为行业发展的必然趋势，亟需通过标准规范引导其健康有序发展。

三、起草单位和主要工作成员及其所作工作

1. 起草单位

本文件由中国建筑第四工程局有限公司提出，由中国西部开发促进会归口。

本文件由中国建筑第四工程局有限公司、中交第三公路工程局有限公司、中国建筑第八工程局有限公司等共同起草。

2. 主要工作成员及其所做工作

本文件主要工作及工作职责见表1。

表1 主要起草人及工作职责

起草单位	工作职责
中国建筑第四工程局有限公司	负责标准制定的统筹规划与安排，标准内容和试验方案编制与确定，标准水平的把握及标准编制运行的组织协调。
中交第三公路工程局有限公司	参与标准技术内容的研讨与起草，负责施工流程管控、安全与环境保护等相关章节的编制与论证，提供公路及市政工程领域的施工管理经验与技术支持。
中国建筑第八工程局有限公司	参与标准技术内容的研讨与起草，负责机器人性能要求、集群协同作业技术要求、质量验收等相关章节的编制与论证，提供房建工程领域的智能建造实践经验与技术支持。

四、标准的编制原则

标准编制小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制定基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

五、标准编制过程

1. 标准调研

由中国建筑第四工程局有限公司牵头，联合中交第三公路工程局有限公司、中国建筑第八工程局有限公司等单位正式成立标准编制组，明确了标准编制组职责分工、编制工作计划与各阶段时间节点，全面启动标准调研工作。

标准编制组收集和研究了智能建造、建筑机器人、多机协同相关的政策文件、技术标准和科研成果，调研了建筑机器人典型应用场景的施工工艺与作业流程，分析了当前多机协同作业中存在的设备兼容性、通信同步、安全防护等关键技术问题，为标准编制奠定了扎实的基础。

2. 标准立项

标准编制组基于前期调研成果，完成了立项申请书材料的编制工作，正式向中国西部开发促进会提交《智能建造机器人集群协同作业施工及验收规范》团体标准立项申请。经协会立项公示后，正式将本标准纳入2026年团体标准制订计划，明确了标准编制任务与相关要求，标准编制工作全面启动。

3. 形成标准草案

2026年6月，标准编制组严格按照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》的要求，结合前期调研成果与工程实践经验，开展标准正文的起草工作。

编制期间，标准编制组开展内部专题研讨会，针对标准的整体框架、核心章节设置等核心内容，进行多轮论证、修改与完善，最终完成《智能建造机器人集群协同作业施工及验收规范》工作组讨论稿。

4. 形成征求意见稿

2026年7月，工作组对工作组讨论稿进行了全面的校核、修改与完善，重点核对了标准内容与现行国家、行业标准的协调性，优化了各章节的技术条款与操作要求，形成了标准征求意见稿及配套编制说明。

六、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

1. 试验验证分析

标准编制过程中，各起草单位结合自身承担的智能建造试点项目与建筑机器人应用工程，对本标准所规定的关键技术指标进行了试验验证。

在机器人性能方面，对砌筑、喷涂、搬运、检测、浇筑、加工、打磨等典型作业场景下的机器人定位精度、重复定位精度、作业执行精度进行了现场测试与数据采集，验证了本标准所规定的性能指标与对应施工工序质量要求的匹配性。

在集群协同作业方面，通过在实际工程中部署多台不同类型、不同功能的机器人开展协同作业试验，对主从协同、并行协同、接力协同、互补协同四种协同模式的作业效果进行了对比验证，检验了调度系统在任务分配、路径规划、状态监控、冲突消解等方面的功能有效性与响应效率。

在通信与数据接口方面，对机器人与调度系统之间的通信时延、通信覆盖率、数据接口兼容性等进行了多轮测试，验证了本标准所规定的通信性能指标与数据接口规范的可行性与合理性。

在安全防护方面，对机器人的急停功能、电子围栏、避障响应时间、安全距离等安全性能指标进行了现场测试与模拟验证，确认了各项安全指标的可达性与有效性。

上述试验验证结果表明，本标准所规定的各项技术指标与操作要求具有较好的合理性与可操作性，能够有效指导智能建造机器人集群协同作业的施工管理与质量验收工作。

2. 综述报告

近年来，随着新一代信息技术与建造技术的深度融合，智能建造已成为建筑业转型升级的重要方向。国家层面，《“十四五”建筑业发展规划》明确要求加强多机协同、人机协作等核心技术研究；2025年，住建部发布《智能建造技术导则（试行）》，系统规划了建筑机器人的落地路径。地方层面，重庆、苏州、厦门、淮安等多个城市已出台智能建造相关实施方案，推动建筑机器人在施工现场的规模化应用。然而，专门针对智能建造机器人集群协同作业施工及验收的综合性标准尚属空白。本标准的制定将填补这一空白，为行业提供一定的技术规范。

3. 技术经济论证

（1）技术可行性

本标准所规定的各项技术要求均建立在现有成熟技术基础之上。机器人性能要求参考了GB/T 11291.1、GB/T 12642等现行国家标准；调度系统功能要求基于当前主流的工业互联网与机器人调度技术；通信与数据接口要求依据GB/T 43738等现行标准；各项施工质量验收要求参照了GB 50300及各专业工程施工质量验收标准。标准编制单位在智能建造领域具有丰富的工程实践经验，已在实际工程中完成了多类型建筑机器人的部署与协同作业验证，本标准的技术要求具有充分的可行性。

（2）经济合理性

本标准的实施将有效降低集群协同作业中的设备干涉与安全事故风险，减少因缺乏统一标准导致的设备兼容性改造成本与重复投入。通过规范调度系统、通信接口与协同作业流程，可提高多机协同作业效率，降低施工过程中的资源浪费与工期延误风险，具有良好的经济合理性。

4. 预期的经济效益

一是通过规范集群协同作业流程，提高多机器人协同作业效率，缩短施工工期，降低人工成本。二是通过统一数据接口与通信协议，降低不同厂商设备之间的系统集成成本与维护成本。三是通过明确质量验收标准，减少因施工质量问题导致的返工与整改费用。四是通过规范安全防护要求，降低施工现场安全事故发生率，减少事故造成的直接与间接经济损失。

5. 社会效益和生态效益

（1）社会效益

本标准的实施将推动建筑机器人集群协同作业从试点示范走向规模化应用，有效替代人工从事“危、繁、脏、重”施工作业，降低施工现场安全生产风险，改善建筑工人作业环境，推动建筑业从“劳动密集型”向“技术密集型”跨越。同时，标准的制定将促进智能建造产业链的协同创新与健康发展，助力培育现代化建筑产业链。

（2）生态效益

本标准倡导绿色施工理念，要求集群作业采用绿色施工工艺，减少材料浪费与能源消耗，优先选用节能型机器人产品。通过合理规划机器人行进路径，减少场地占用与对周边环境的干扰；通过规范施工噪声、

扬尘、光污染等控制要求，以及施工废水处理与危险废物处置要求，有效降低建造活动对生态环境的影响，助力实现建筑业绿色低碳发展目标。

七、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况。

无。

八、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

无。本文件自主制定。

九、标准主要内容

本文件正文共分为11章，主要技术内容如下：

第1章 范围：规定了本文件的适用范围，明确了本文件适用于建筑工程领域中多台智能建造机器人组成集群开展协同施工作业的施工管理、质量控制与验收工作。

第2章 规范性引用文件：列出了本文件所引用的国家标准、行业标准等规范性文件，包括GB 2894《安全色和安全标志》、GB/T 11291.1《工业环境用机器人安全要求 第1部分：机器人》、GB/T 12642《工业机器人性能规范及其试验方法》、GB/T 38326《工业、科学和医疗机器人电磁兼容抗扰度试验》、GB/T 43738《工业互联网平台 异构协议兼容适配要求》、GB 50300《建筑工程施工质量验收统一标准》等。

第3章 术语和定义：界定了智能建造机器人、集群协同作业、调度系统的术语和定义。

第4章 分类与编码：规定了智能建造机器人按作业功能、按移动方式、按协同模式三种分类方法，以及“功能类别码-移动方式码-协同模式码-顺序号”的四段式编码规则。

第5章 基本要求：包括一般规定、机器人性能要求、调度系统要求、通信与数据接口要求、人员配置与资质要求五个部分，规定了集群协同作业系统组成、机器人安全与性能指标、调度系统核心功能、通信时延与数据接口规范、现场人员岗位配置与资质等基本要求。

第6章 集群协同作业技术要求：包括协同作业模式、任务分配与调度、路径规划与避障、多机通信与同步、典型场景作业要求五个部分，分别规定了主从协同、并行协同、接力协同、互补协同四种模式的技术要求，任务调度与优先级机制，路径规划与避障安全距离，多机时间同步与通信频率，以及砌筑、喷涂、搬运、检测、浇筑、加工、打磨等七个典型场景的作业要求。

第7章 施工准备：包括技术准备、现场环境准备、机器人及设备准备、安全防护准备四个部分，规定了专项施工方案编制、BIM模型建立、技术交底、作业面条件、机器人进场验收与调试、安全防护设施设置等施工前准备工作要求。

第8章 施工流程管控：包括作业前检查、施工作业、过程监控与数据采集、作业结束与交接四个部分，规定了班前检查、空载试运转、集群作业执行、过程监控、质量抽检、作业日志、工序交接等施工全过程管控要求。

第9章 安全与环境保护：包括施工安全、环境安全、应急管理、环境保护四个部分，规定了现场安全管理、临时用电、高处作业防护、粉尘噪声控制、污染物排放、应急预案与演练、绿色施工等安全环保要求。

第10章 质量验收：包括验收条件、验收内容与标准、验收程序、验收文件四个部分，规定了验收前置条件、系统功能验收与施工质量验收的内容与标准、分项分部单位工程三级验收程序、验收文件清单与归档要求。

第11章 维护与管理：包括日常维护、定期检修、数据与资料管理、报废管理四个部分，规定了机器人每日清洁与检查、月度季度年度检修计划、作业数据分类存储与备份、设备报废条件与处置等要求。

附录A（规范性）：给出了智能建造机器人集群协同作业验收记录表的格式。

十、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本文件在编制过程中，充分考虑了与现行法律、法规和强制性国家标准的协调配套关系。

在法律、法规层面，本文件贯彻落实了《“十四五”建筑业发展规划》关于“加强多机协同、人机协作等建筑机器人核心技术研究，研究编制关键技术标准”的要求，以及《智能建造技术导则（试行）》关于将建筑机器人规模化应用作为推动行业智能化转型核心抓手的要求。同上，本文件与住建部等9部门联合印发的《贯彻落实〈中共中央办公厅、国务院办公厅关于推进新型城市基础设施建设打造韧性城市的意见〉行动方案（2025—2027年）》中关于“推动建筑机器人及相关设备集成与创新应用”的政策精神和要求保持一致。

在强制性国家标准层面，本文件在施工安全方面引用了GB 50194《建设工程施工现场供用电安全规范》、GB 50720《建设工程施工现场消防安全技术标准》等强制性国家标准，在施工质量验收方面引用了GB 50300《建筑工程施工质量验收统一标准》，在机器人安全方面引用了GB/T 11291.1《工业环境用机器人安全要求 第1部分：机器人》，确保本文件的技术要求与现行强制性国家标准协调一致。

在推荐性国家标准和行业标准层面，本文件引用了GB/T 12642《工业机器人性能规范及其试验方法》、GB/T 38326《工业、科学和医疗机器人电磁兼容抗扰度试验》等推荐性国家标准和行业标准，各项技术要求与现行标准体系相互衔接、协调配套。

十一、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十二、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

十三、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

由于本文件首次制定，没有特殊要求。

十四、废止现有有关标准的建议

无。

团体标准工作组
2026年7月