装配式混凝土结构施工难点与质量控制研究

范维伦[1]　陈　伟[2]　付秀君[2]
1. 阿拉善盟蒙宁建设工程有限公司　内蒙古　阿拉善　750306
2. 阿拉善盟建江建筑工程有限责任公司　内蒙古　阿拉善　750306

摘　要：装配式混凝土结构是建筑工业化发展的核心形式，相较于传统现浇施工，具备节能环保、工期短、工业化程度高等显著优势，是现代建筑行业转型升级的关键方向。但该施工模式流程复杂，涵盖构件生产、运输吊装、节点连接及现场管理等多个环节，存在诸多技术与管理难点。本文系统梳理装配式混凝土结构施工核心难点，从人员、材料、机械、工艺四大维度提出针对性质量控制措施，旨在提升装配式建筑施工标准化水平，保障结构施工质量与建筑安全。

关键词：装配式；混凝土结构；施工难点；质量控制

引言

在绿色建筑与建筑工业化政策推动下，装配式混凝土结构凭借低碳环保、高效集约的特点，广泛应用于住宅、公共建筑等各类工程场景，彻底改变了传统现浇施工的粗放模式。装配式施工以预制构件工厂化生产、现场装配化施工为核心，大幅降低现场作业强度与污染排放。但目前行业施工标准化体系尚未完全成熟，各施工环节易出现质量偏差、工艺不规范等问题。基于此，深入剖析施工难点，构建全方位质量控制体系，对推动装配式建筑行业高质量发展具有重要现实意义。

1 装配式混凝土结构施工的重要性

装配式混凝土结构施工是建筑工业化落地的核心载体，契合我国绿色建筑发展和建筑产业现代化的战略需求，相较于传统现浇混凝土施工模式，具备多维度核心价值，在现代建筑工程建设中占据不可替代的地位。首先，该施工模式实现建筑生产模式的转型升级，将大量现场浇筑作业转移至工厂标准化生产，有效规避传统施工受天气、场地、人工水平影响较大的弊端，大幅提升建筑施工的工业化、标准化程度，从源头稳定建筑施工质量。其次，装配式施工节能环保优势突出，大幅减少施工现场混凝土、砂浆等建材浪费，降低建筑垃圾、施工扬尘和噪声污染，缩减水资源、电力等能源消耗，符合绿色低碳的建筑发展理念。同时，装配式混凝土结构施工可有效压缩工程工期，预制构件提前在工厂批量生产，现场仅需完成吊装、连接、拼接等工序，各施工环节可交叉作业，大幅缩短现场施工周期，提升工程建设效率，助力建设单位快速实现项目落地投产。此外，该施工模式能够优化建筑施工人力配置，减少现场高空作业、湿作业工程量，降低施工安全隐患，改善施工现场作业环境，有效规避传统现浇施工中常见的坍塌、渗漏、开裂等安全质量问题[1]。最后，装配式混凝土结构构件精度高、整体性强，建成的建筑结构稳定性、耐久性更优，可有效提升建筑使用寿命，降低后期运维成本，为建筑工程提质增效、节能减排、安全创优提供坚实支撑。

2 装配式混凝土结构施工难点分析

2.1 构件生产难点

一是构件尺寸精度控制难度大，预制墙板、楼板、梁柱等构件造型多样，部分构件存在异形结构、预留孔洞、预埋管线等复杂设计，工厂模具加工、混凝土浇筑振捣、养护成型过程中，极易出现尺寸偏差、构件变形、孔洞偏移等问题。模具长期使用会出现磨损、变形、拼接缝隙，若检修更换不及时，会直接导致构件外形尺寸不达标，影响后续现场装配贴合度。二是构件成型质量管控难度高，预制构件混凝土浇筑密实度、平整度难以精准把控，人工浇筑振捣易出现局部漏振、过振情况，造成构件蜂窝、麻面、空洞等质量缺陷。同时，混凝土养护环节对温湿度、养护时长要求严苛，工厂批量生产模式下，难以实现每一批次构件精细化养护，温差变化易引发构件收缩开裂，降低构件结构强度。三是构件标准化程度不足，目前建筑项目设计个性化较强，不同项目构件规格、尺寸差异较大，通用标准化构件占比偏低，工厂无法实现规模化标准化生产，不仅降低生产效率，还易因非标构件生产工艺不成熟出现质量问题，增加施工适配难度。

2.2 运输与吊装难点

在运输环节，大型预制墙板、叠合楼板、预制楼梯等构件极易受损，构件运输过程中，车辆颠簸、制动启停会产生震动与冲击力，若固定支撑方式不合理、缓冲防护措施不到位，会导致构件边角磕碰破损、表面开裂，部分内部细微裂缝难以肉眼识别，会遗留长期结构安全隐患。同时，超长超宽构件运输受道路条件、交通管制限制较大，运输路线规划、车辆选型难度高，且不同类型构件堆叠运输时，受力分布不均易造成构件变形损坏。在吊装环节，难点主要集中在精度控制与安全稳定两方面。一方面，装配式构件吊装对定位精度要求极高，梁柱、墙板等构件吊装对位偏差需控制在毫米级，但现场吊装受风力、设备精度、操作人员技术水平影响，极易出现构件偏移、倾斜、对位不准等问题，直接影响后续拼接施工质量[2]。另一方面，大型构件吊装自重荷载大，吊装点位选择、吊具搭配、受力平衡控制难度高，若吊装方案不合理、受力计算精准度不足，易出现构件倾斜、坠落等安全事故，同时吊装过程中构件易与已完工结构、施工设施发生碰撞，造成构件损坏、结构错位等问题，严重影响施工进度与工程质量。

2.3 连接施工难点

首先，钢筋套筒灌浆连接施工难度大，套筒灌浆是竖向构件连接的核心工艺，对灌浆料配比、灌浆压力、灌浆饱满度、封堵密封效果要求严苛。施工中易出现灌浆料配比失衡、灌浆不饱满、套筒内部存在空隙、封堵不严漏浆等问题，导致钢筋连接锚固强度不足，降低结构整体受力性能。其次，节点现浇施工质量管控难度高，构件拼接节点、梁柱节点等部位钢筋密集、空间狭小，混凝土浇筑、振捣作业操作空间受限，极易出现浇筑不密实、振捣不到位、新旧混凝土结合不紧密等问题，产生缝隙、空洞等质量缺陷，造成节点抗剪、抗震能力下降。此外，水平构件与竖向构件拼接缝隙处理难度大，构件装配对位偏差、缝隙封堵工艺不规范，易导致缝隙渗漏、开裂，影响建筑防水性能与结构耐久性。同时，节点连接施工隐蔽性强，大部分工序完成后无法直观检查，质量验收难度大，隐蔽质量隐患难以及时发现，对结构整体安全造成长期影响。

2.4 现场管理难点

一是施工工序协调难度大，装配式施工涵盖构件进场、验收、堆放、吊装、连接、现浇节点、成品保护等多个工序，各工序环环相扣、衔接紧密，一旦某一环节进度滞后、质量不达标，会直接影响后续施工。现场多工种、多设备交叉作业，人员、机械、工序调度难度大，易出现工序混乱、施工脱节、工期延误等问题。二是构件现场堆放与成品保护管理薄弱，预制构件规格品类繁多，不同构件堆放要求不同，墙板、楼板、楼梯等构件堆放支撑方式、堆放高度、防护标准存在差异，现场场地规划不合理、堆放不规范，易造成构件变形、破损、受潮。同时，施工过程中成品保护意识不足，后续施工易对已装配完成的构件、节点造成碰撞、污染、损坏，且损坏后修复难度大、成本高[3]。三是现场质量监管体系不完善，装配式施工新型工艺多、技术标准更新快，部分现场监管人员专业能力不足，对构件装配精度、节点连接质量、灌浆施工等关键环节监管不到位，质量隐患排查不及时，导致施工质量问题频发，整体施工管控效率偏低。

3 装配式混凝土结构施工质量控制措施

3.1 人员管理

一是落实岗前专项培训与持证上岗制度，结合装配式施工工艺特殊、技术标准高的特点，针对吊装、灌浆、技术管理、质量监督等关键岗位人员开展专属培训，重点讲解构件施工标准、吊装流程、套筒灌浆、节点连接等核心工艺，以及相关质量规范与安全施工要求，培训后组织专项考核，考核合格取得岗位证书后方可上岗，从源头杜绝无证作业、违规施工等问题，夯实从业人员专业基础。二是细化岗位责任与过程管控体系，建立健全全员岗位责任制，清晰划分施工、技术、质检各岗位的工作职责与质量管控目标，实现质量责任到人、权责清晰。针对吊装、灌浆等关键特殊工序，安排专人全程旁站监督，实时把控施工全过程，及时整改不规范操作。同时落实常态化技术交底工作，施工前由技术人员向作业班组及操作人员详细交底，明确工艺标准、精度要求、质量控制点及常见质量问题防控办法。三是建立绩效考核奖惩机制，将施工质量达标情况、操作规范化程度与员工薪酬、考核挂钩，通过正向激励与反向约束，调动施工人员重视质量、规范作业的主动性，倒逼全员严格落实各项质量管控要求。

3.2 材料管理

装配式施工核心材料包含预制构件、灌浆料、钢筋、混凝土、密封材料等，材料质量是工程质量的基础，需实施全流程材料质量管控。首先，严格把控材料进场验收环节，建立标准化进场验收制度，所有预制构件、施工材料进场时，需核查产品合格证、检测报告、出厂参数等资料，同时开展现场抽样复检。重点检查预制构件尺寸精度、外观质量、强度等级，核查灌浆料、混凝土原材料的配比、性能指标，杜绝不合格材料、破损构件进场使用，从源头杜绝质量隐患。其次，规范

材料与构件现场存放管理，根据不同材料、构件的性能特点分类分区存放，科学规划施工现场堆放场地，保证场地平整、干燥、排水通畅。预制墙板、楼板需采用专用支撑架固定堆放，严格控制堆放高度，做好防晒、防雨、防潮、防碰撞防护措施，避免构件变形、开裂、受潮损坏[4]。灌浆料、密封胶等特种材料需密封存放，控制存放环境温湿度，严格遵守保质期使用规定，防止材料变质失效。同时，建立材料台账管理制度，详细记录材料进场时间、规格、数量、检测结果、使用部位，实现材料全程可追溯，保障材料使用的规范性与安全性。

3.3 机械管理

第一，优化设备选型与现场配置管理。依托施工现场作业条件、预制构件尺寸参数及专项施工技术规范，针对性挑选吊装、灌浆、测绘等各类施工机械，严格核查设备荷载能力、运行精度及作业性能，确保所有设备参数与现场施工工况高度契合，坚决杜绝设备超荷载、超范围违规作业。针对高精度装配式构件安装施工环节，优先引进性能稳定、精度更高的新型施工设备，通过优化设备配置，从源头把控构件定位、安装施工的精准度，筑牢工程施工质量基础。第二，推进设备常态化检修与精度校准工作。建立健全机械设备日常养护、周期性检修管理制度，落实每日开工前设备试运行检查机制，重点对塔吊、汽车吊、灌浆机等核心施工设备开展全面排查，及时处理设备磨损、性能下降、运行异响等各类安全质量隐患。同时建立测量仪器专项校准台账，定期将全站仪、水准仪等精密设备送检校准，有效规避因仪器精度偏差，造成的构件对位偏移、安装尺寸超标等质量问题。第三，执行专人专项设备管控模式。配置专业专职设备管理人员，全权负责设备技术交底、日常运维保养、故障排查整改等全流程工作，严格执行机械设备安全操作规范，及时制止现场违规操作、野蛮施工等行为，最大限度延长机械设备使用寿命，保障各类施工设备始终保持良好作业状态，为工程连续、稳定、安全施工提供坚实设备保障。

3.4 工艺管理

（1）加强构件生产工艺管控。持续优化模具加工与构件养护工艺，定期检修并更换变形老化模具，提高模具拼接精度。严格落实混凝土分层浇筑、均匀振捣作业要求，防止出现漏振、过振现象。构件养护实行标准化管控，精准调控养护环境的温湿度与养护周期，减少构件开裂、变形等病害，保障预制构件出厂质量达标。（2）严格把控构件运输与吊装工艺。编制专项运输及吊装方案，依据构件类别匹配专用固定工装与吊具，优化运输路径并增设缓冲防护措施。吊装作业前完成吊点位置、受力荷载验算，复核定位基准；吊装作业保持匀速缓慢，实时调整构件姿态，确保构件对位准确、受力均匀，防止构件发生碰撞、破损与位置偏移[5]。（3）强化节点连接及现场装配工艺管控。按照配比要求配制灌浆材料，规范套筒灌浆施工工序，保证灌浆密实、密封可靠。对于空间狭小的节点部位，选用小型振捣设备实施精细化浇筑，确保混凝土密实，新旧构件结合牢固。同步落实构件缝隙封堵、防水施工等工序管控，对现场各道施工工艺实施全过程质量管控，有效减少各类工艺缺陷。

结语

综上所述，装配式混凝土结构施工是建筑工业化发展的主流方向，具备经济性好、绿色环保、施工效率高等优势。该工艺在构件预制、转运吊装、节点连接及现场管控等环节存在较多技术难点，容易产生质量缺陷。依托人员、材料、机械、工艺四个层面搭建完整质量管控体系，落实人员精细化管理、材料标准化管控、设备规范化维保以及施工工艺专业化管控，能够有效化解装配式施工质量难题，减少工程病害，提高结构成型精度与安全稳定性，助力装配式建筑行业实现规范化、高质量发展。

参考文献

[1] 韩飞, 姜安民, 欧阳学明, 等. 装配式混凝土结构楼板施工关键技术与质量控制研究 [J]. 建设科技,2025,(15):87-90.

[2] 吴星蓉, 魏宏亮, 刘吉林, 等. 装配式混凝土结构浆锚搭接施工质量检测研究与试验 [J]. 建筑技术开发,2025,52(8):106-109.

[3] 陈恒福. 装配式混凝土结构施工质量缺陷控制方法研究 [J]. 中国建筑金属结构,2025,24(19):48-50.

[4] 邓培培, 张秀梅. 装配式混凝土结构施工技术要点与质量控制策略 [J]. 建筑技术开发,2025,52(2):14-16.

[5] 李昊, 张鹏. 装配式混凝土框架结构施工控制研究 [J]. 广东建材,2025,41(1):149-152.