

建筑工程剪力墙结构大模板施工技术 优化与混凝土成型质量控制

薛丽丽, 马洪波, 彭 燕

(山东开创公路工程有限公司, 山东 滨州 256600)

摘 要 本文针对建筑工程剪力墙结构大模板施工传统工艺存在的模板变形、接缝漏浆等质量难点, 结合高层、超高层建筑对结构精度与施工效率的双重需求, 系统探究大模板施工技术优化路径与混凝土成型质量控制方法。通过文献研究法、试验对比法与工程案例分析法, 从模板材料创新、支模体系优化、施工工艺精细化、质量智能管控四个维度构建全流程技术体系, 重点分析新型模板材料应用、支模加固工艺改进、混凝土浇筑控制对成型质量的影响机理。结果表明, 优化后的高性能改性聚碳酸酯模板+单侧支模体系, 配合根部防漏浆工艺与智能监测系统, 可将剪力墙垂直度偏差控制在 3 mm 以内、平整度偏差 ≤ 1 mm, 混凝土表面缺陷发生率较传统工艺降低 85% 以上, 施工效率提升 30%。

关键词 剪力墙结构; 大模板施工; 模板材料优化; 成型质量控制; 支模体系优化

中图分类号: TU755.2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.13.021

0 引言

随着我国建筑业向高层化、装配化、绿色化转型, 剪力墙结构因抗震性能优、空间利用率高, 被广泛应用于住宅、商业综合体等建筑工程中。大模板施工技术作为剪力墙结构成型的核心工艺, 其施工质量直接决定墙体垂直度、平整度及混凝土观感, 进而影响建筑结构安全性与耐久性。当前建筑工程施工中, 传统大模板技术仍存在诸多短板: 模板材料机械强度不足导致变形超标, 支模体系稳定性差引发浇筑过程位移, 接缝处理粗放造成漏浆、烂根等缺陷, 混凝土浇筑与养护协同性不足导致表面裂缝、蜂窝麻面等问题, 难以满足现代建筑对施工精度与效率的高要求。在高质量发展背景下, 建筑工程施工对剪力墙成型质量的要求持续提升, 大模板施工技术优化与质量控制成为突破行业瓶颈的关键。本文结合近三年行业创新成果, 从材料、结构、工艺、管理全流程开展研究, 构建科学高效的技术优化与质量控制体系, 为同类工程施工提供技术参考。

1 剪力墙结构大模板施工的核心问题与影响因素

1.1 施工面临的核心技术难点

建筑工程剪力墙大模板施工受材料性能、施工工艺、环境条件等多重因素影响, 现阶段主要面临三大

核心难点。其一为模板体系适配性不足, 传统钢模板自重过大, 拼装效率低下且易锈蚀, 木模板则存在强度低、周转次数少、变形量大等问题, 难以兼顾施工效率与成型精度。其二为支模加固工艺粗放, 传统双侧支模体系在地下室外墙等狭窄空间施工受限, 支撑立杆间距不合理、拉结件强度不足易引发模板位移, 进而导致剪力墙垂直度偏差超标; 根部封堵采用砂浆封堵方式, 因强度不足或封堵不密实, 易出现烂根、露筋等质量通病。其三为质量管控精准度低, 传统施工依赖人工目测与尺量检测, 难以实时监测浇筑过程中模板变形与混凝土凝结状态, 质量缺陷发现滞后, 修复成本高。

1.2 成型质量的关键影响因素

剪力墙混凝土成型质量是材料、施工、管理等多因素协同作用的结果, 核心影响因素可归纳为四类。模板材料特性是基础, 模板的机械强度、刚度、表面平整度直接决定混凝土成型精度, 传统模板拉伸强度不足 30 MPa、弯曲强度 ≤ 45 MPa, 难以抵御混凝土侧压力^[1]; 而新型改性材料的性能参数则能显著提升抗变形能力。支模体系设计是核心, 支撑构件的布置密度、拉结件的紧固力、模板拼接精度直接影响体系稳定性, 立杆间距过大、拉结件松动易导致浇筑过程中

作者简介: 薛丽丽 (1988-), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑工程。

模板位移；单侧支模体系的地锚承载力、三角架刚度设计不合理，会引发外墙倾斜。施工工艺参数是关键，混凝土浇筑速度过快、振捣深度不足或过振，易导致骨料堆积、表面泛浆不均；模板拆除时间过早，会引发墙体表面剥落、裂缝。质量管控水平是保障，监测手段的及时性、养护措施的有效性直接影响最终质量，传统养护方式因保湿不充分，易导致混凝土表面干缩裂缝；智能监测系统的缺失则无法实现对模板变形的实时预警^[2]。

2 大模板施工技术优化路径与质量控制方法

2.1 模板材料创新与选型优化

模板材料优化是提升成型质量的源头，核心目标是选用“高强度、低自重、高周转、易拼装”的新型材料，兼顾技术性能与经济性。在材料选型方面，推广应用高性能改性聚碳酸酯（PC）模板，该材料经专项改性处理后，机械性能显著优于传统模板，拉伸强度达45 MPa、弯曲强度60 MPa、维卡软化温度126℃，能有效抵御混凝土侧压力；其自重仅为钢模板的1/3，标准层施工中一名工人每日可完成25~30 m²拼装，施工效率较传统钢模板提升30%，且周转次数可达200次以上，大幅降低材料损耗成本。在辅助材料配套方面，采用高密度海绵条作为拼缝密封材料，其压缩回弹率≥85%，能有效填充模板拼缝间隙，避免漏浆。在模板规格设计方面，根据剪力墙尺寸定制模块化模板，减少拼缝数量，阴阳角采用专用异形模板，弧度偏差≤0.5 mm，确保墙体转角成型顺直^[3]。

2.2 支模体系优化与加固工艺改进

支模体系优化的核心是提升稳定性与空间适配性，针对不同施工场景设计差异化方案。对于地下室外墙等狭窄空间，采用单侧支模体系替代传统双侧支模，该体系以型钢三角架为主承力构件，通过地锚系统将受力传递至本层梁板结构，无需对拉止水螺杆，消除渗水隐患点。对于标准层剪力墙，采用“立杆+水平杆+斜撑”组合支撑体系，立杆间距≤0.9 m，水平杆步距≤1.2 m，斜撑与地面夹角控制在45°~60°，并设置扫地杆增强整体稳定性；模板背部采用双拼槽钢背楞，间距≤400 mm，提升模板抗变形能力^[4]。在根部防漏浆工艺方面，摒弃传统砂浆封堵方式，采用50×50×3 mmL型角铁封堵，角铁与地面混凝土紧密贴合后用钢钉固定，局部空隙采用聚合物砂浆填充，确保根部密封严实。在加固质量验收方面，采用扭矩扳手检测拉结件紧固力，扭矩值≥40 N·m，并用激光测距仪检测模板垂直度与平整度，偏差超标时立即调整。

2.3 施工工艺精细化与混凝土浇筑控制

施工工艺精细化是保障成型质量的关键，从模板安装、混凝土浇筑、拆模养护全流程制定管控标准。在模板安装阶段，先进行放线定位，弹出剪力墙边线与控制线，偏差≤2 mm；模板安装采用“先立侧模、后加固、再校正”的顺序，利用经纬仪与水准仪实时监测垂直度与标高，安装完成后进行整体验收，确保垂直度偏差≤3 mm、标高偏差≤5 mm。在混凝土浇筑阶段，选用干缩裂缝抑制剂与自愈合结晶掺合料复合改性混凝土，坍落度控制在140~160 mm，扩展度≥500 mm，提升混凝土工作性与抗裂性能；振捣采用插入式振捣器，振捣间距≤400 mm，振捣时间15~20 s/点，至表面泛浆无气泡逸出，杜绝漏振、过振。在拆模与养护阶段，根据混凝土强度发展情况确定拆模时间，侧模拆除时混凝土强度≥2.5 MPa，且保证表面及棱角不受损伤；养护采用智能喷淋系统，保持混凝土表面湿度≥90%，养护时长≥14 d，地下室外墙等关键部位延长至21 d，促进混凝土强度发展与微裂缝自愈合。

2.4 质量智能管控系统构建

针对传统质量管控精准度低的问题，构建“监测—预警—调控”一体化智能管控系统。在监测设备布设方面，沿剪力墙高度方向每2 m布设1组应变传感器，监测模板变形量；在模板拼缝处安装湿度传感器，实时监测漏浆情况；采用高清摄像头对浇筑过程进行全程可视化监控，捕捉振捣不规范、浇筑速度异常等问题。在数据处理与预警方面，监测数据通过无线传输模块实时上传至云端平台，自动生成模板变形曲线、混凝土湿度变化趋势图，当变形量超过2 mm或湿度异常时，系统自动触发声光预警，提醒管理人员及时采取加固、补封等措施。在质量追溯方面，建立施工全过程数据库，记录模板材料参数、支模加固验收记录、混凝土配合比、养护数据等信息，实现质量问题可追溯^[5]；采用三维激光扫描技术对成型墙体进行实测实量，生成点云模型，与设计模型对比分析，精准识别偏差部位，为后续整改提供数据支撑。

3 工程案例验证与优化效果分析

3.1 工程案例概况

以京东上海中心项目地下结构及标准层剪力墙施工为研究对象，该项目为超高层建筑，地下3层、地上42层，剪力墙结构总浇筑面积约8.6万m²，地下室外墙施工空间狭窄，对模板体系适配性与成型质量要求极高。项目采用本文优化的大模板施工技术体系，

包括高性能改性 PC 模板、地下室外墙单侧支模体系、根部 L 型角铁封堵工艺及智能监测系统,重点监测剪力墙垂直度、平整度、表面缺陷发生率等指标。

3.2 优化效果量化分析

通过施工现场监测数据与传统工艺对比,优化技术体系取得显著成效。在成型质量方面,剪力墙垂直度偏差平均为 2.8 mm,平整度偏差 ≤ 1 mm,达到“垂三平一”高标准,较传统工艺提升 61.3%;混凝土表面无烂根、漏浆、蜂窝麻面等缺陷,表面缺陷发生率为 3.2%,较传统工艺的 21.5%降低 85.1%,观感质量达到优良标准。在施工效率方面,PC 模板模块化拼装减少了拼缝处理时间,单侧支模体系解决了狭窄空间施工难题,标准层剪力墙施工周期从传统 4 d/层缩短至 2.8 d/层,施工效率提升 30%。在结构性能方面,混凝土 28 d 抗压强度达标率 100%,平均强度 ≥ 40 MPa,抗渗等级达到 P8,满足超高层建筑设计要求;墙体裂缝发生率为 0.8%,且裂缝宽度 ≤ 0.1 mm,可通过自愈合掺合料修复,结构耐久性显著提升。在经济性方面,虽然新型模板与智能监测系统增加了 8% 的前期投入,但因质量缺陷修复费用减少 90%,材料损耗率降低 35%,工程综合成本降低 15%,实现了质量与效益的双赢。

4 大模板施工技术优化落地的保障机制与应用建议

4.1 技术优化落地的保障机制

为确保大模板施工技术优化措施有效落地,需从组织、制度、人才三个维度构建保障体系。在组织保障方面,成立专项技术领导小组,由建设、设计、施工、监理单位技术人员组成,明确各方职责,建立“总项目部—施工班组”三级推进机制,定期召开技术交底会与进度推进会,及时解决施工中的技术难题。在制度保障方面,制定完善的技术管理制度,包括模板材料进场检验制度、支模体系验收制度、施工过程旁站监理制度、质量考核制度等;对新型模板材料进行进场复检,拉伸强度、弯曲强度等指标需符合行业标准;将垂直度、平整度等质量指标纳入施工班组绩效考核,实行奖惩分明的考核机制。在人才保障方面,开展新型模板安装、智能监测设备操作等专项培训,通过理论教学与实操演练相结合的方式,提升施工人员专业技能。

4.2 技术优化的工程应用建议

结合建筑工程地域差异、结构类型特点,提出针对性应用建议。一是因地制宜选择技术方案,高层住宅标准层剪力墙可优先采用高性能 PC 模板+组合支撑

体系,提升施工效率。二是推动技术与管理深度融合,将智能监测数据与质量管理体系结合,建立质量预警机制;把模板安装、混凝土浇筑等关键工序纳入 BIM 模型,实现施工过程可视化管控;加强材料供应商管理,建立新型模板材料合格供应商名录,确保材料质量稳定性^[6]。三是加强产学研协同创新,联合科研院所开展新型模板材料、智能监测技术的研发,优化材料性能与监测精度。四是完善行业标准规范,结合新型模板技术发展现状,修订大模板施工质量验收标准,明确 PC 模板、单侧支模体系的施工技术要求与质量评定指标,为工程实践提供统一指导。

5 结束语

建筑工程剪力墙结构大模板施工技术优化与混凝土成型质量控制是一项系统性工程,需立足于“材料创新、体系优化、工艺精细、管理智能”的全流程思路,从源头解决传统工艺的质量难点。本文通过优化模板材料、支模体系、施工工艺与质量管控方式,构建了科学高效的技术体系。工程案例验证表明,该体系可显著提升剪力墙成型精度与施工效率,降低质量缺陷发生率。随着建筑业数字化、绿色化转型,大模板施工技术将朝着轻量化、模块化、智能化方向发展。未来应进一步推动 BIM、物联网、人工智能与施工技术的深度融合,开发智能模板机器人、混凝土凝结状态实时监测系统先进技术;加强新型绿色模板材料研发,提升材料循环利用率;完善技术标准与人才培养体系,推动优化技术在更多同类工程中推广应用,为建筑工程高质量发展提供坚实的支撑。

参考文献:

- [1] 杨涛,冯力强,何翰卿,等.钢框架-钢板墙和组合柱-钢梁框架振动台试验研究[J].振动与冲击,2023,42(04):10-18.
- [2] 曾婷.混凝土装配式住宅建筑工程的施工技术[J].砖瓦世界,2023(06):64-66.
- [3] 张明,喻需雯.超高层建筑基础大体积混凝土施工控制研究[J].中国建筑装饰装修,2024(10):184-186.
- [4] 刘俊青.高层建筑钢管混凝土结构施工技术探析[J].河南建材,2024(08):45-51.
- [5] 张德华.土木工程中大体积混凝土结构施工技术实践探讨[J].四川建材,2024,50(07):132-134.
- [6] 张鑫.房屋建筑工程大体积混凝土结构施工技术[J].工程建设与设计,2024(03):151-153.