

基于 BIM 技术的 ALC 加气混凝土条板深化设计与装配式施工成套技术研究

杨广鹤 齐 岩 郭少华

中信建设有限责任公司, 北京 100027

[摘要]传统 ALC 条板施工普遍存在各工序配合不畅、施工进度慢、墙体开裂破损等各类质量问题,以 BIM 技术作为核心手段,覆盖深化图纸设计、工厂预制生产、现场装配上墙、全过程质量监管的完整施工链条展开系统研究。依托参数化构件模型库打通多专业交叉配合,提前排查管线构件碰撞冲突,同步对接板材工厂加工与现场施工模拟;配套研发专用施工机具与标准化操作工艺,结合传感监测设备搭建实时动态质量管控机制,最终形成 BIM 技术结合 ALC 墙板装配式施工的完整工艺体系,补齐墙板全流程数字化施工技术短板,也为装配式隔墙绿色高效施工提供一套可落地的标准实施依据。

[关键词]BIM 技术; ALC 加气混凝土条板; 深化设计; 装配式施工; 绿色建造

DOI: 10.33142/ec.v9i7.20056

中图分类号: TU241

文献标识码: A

Research on the Deepening Design and Assembly Construction Technology of ALC Aerated Concrete Slabs Based on BIM Technology

YANG Guanghe, QI Yan, GUO Shaohua

CITIC Construction Co., Ltd., Beijing, 100027, China

Abstract: Traditional ALC panel construction commonly suffers from various quality problems such as poor coordination of various processes, slow construction progress, and wall cracking and damage. BIM technology is used as the core means to conduct systematic research on the complete construction chain covering deepening drawing design, factory prefabrication production, on-site wall assembly, and quality supervision throughout the entire process. By relying on a parameterized component model library, we can achieve cross disciplinary collaboration, proactively identify pipeline component collisions and conflicts, and synchronize with sheet metal factory processing and on-site construction simulations; Supporting the research and development of specialized construction equipment and standardized operation processes, combined with sensor monitoring equipment to establish a real-time dynamic quality control mechanism, ultimately forming a complete process system of BIM technology combined with ALC wall panel assembly construction, filling the gaps in the digital construction technology of the entire wall panel process, and providing a set of practical standard implementation basis for green and efficient construction of prefabricated partition walls.

Keywords: BIM technology; ALC aerated concrete slabs; deepening design; prefabricated construction; green construction

引言

在新型建筑工业化与“双碳”战略落地实施双重驱动背景下,建筑业全面推进数字化、装配式、低碳绿色化转型升级,行业端强制推行 BIM 全周期协同应用,同步规模化推广装配式轻质围护墙体^[1]。ALC 蒸压加气混凝土条板兼具轻质高强、保温隔热、隔声降噪、干式装配施工、固废资源化低碳减排等综合性能优势,现已成为装配式建筑内墙核心标准化构件^[2]。现阶段施工现场仍普遍采用二维施工图人工深化放样模式,易产生专业设计脱节、管线构件空间碰撞冲突、施工返修率偏高、建材损耗系数大、综合建造工效偏低等工程痛点^[3]。针对上述行业现存技术

短板,本文基于 BIM 数字化技术开展 ALC 条板全生命周期技术攻关,搭建集成参数化深化设计、工厂数控精密切割、现场模块化装配、全过程动态质量管控的一体化成套施工技术体系,赋能装配式墙体工程数字化提质增效升级。

1 相关理论概括

1.1 BIM 全生命周期数字化建造理论

BIM 全生命周期数字化建造理论依托三维信息模型实现建筑全生命周期设计、施工、运维阶段数据协同管控^[4]。体系划分为参数化建模、多专业协同、可视化模拟、数据化管控四大技术维度:参数化建模完成预制构件标准化模数构建,消解非标构件管控难题;多专业协同开展管

线土建碰撞前置校验,规避专业交叉冲突;可视化仿真推演施工工序排布,预判现场实施风险;全周期数据驱动实现现场精细化动态管控。

1.2 ALC 加气条板装配式施工理论

ALC 加气混凝土条板装配式施工技术,是现在新型建筑工业化里关键一环,全面落实“统一标准设计、厂区批量预制、现场装配搭建、全屋同步装饰、线上数字管控”。ALC 条板采用蒸压加气工艺加工成型,自身重量轻,还能保温、隔音、防火,碳排放也更低。ALC 加气混凝土条板装配式施工技术核心特点是干作业拼装、预制构件现场组装、接缝拼接规整、材料损耗少、施工污染小。板材全部在工厂提前做好,构件运输至施工现场即可直接装配作业,规避了大量冗余现场作业流程。整套施工思路重点抓好三块内容:墙板连接节点统一标准、安装尺寸误差可控、施工产生的质量问题尽量减少,同时把墙板拼接固定、加固锚固、防水收边、水电管线预埋每一步的标准施工做法都梳理清楚。

1.3 绿色建造与精细化质量管控理论

绿色建造理念要求建筑从设计、施工到使用拆除全流程做到节能、少消耗、少产生污染。ALC 条板本身属于低碳环保建材,采用干法拼装的施工方式,和这套绿色建造思路高度匹配。但过去全靠人工现场施工,板材切割浪费多、施工出错返工损耗大,还容易造成现场扬尘垃圾污染,没能把它本身的绿色优势完全发挥出来。精细化质量管控讲究全程、动态、靠数据管控施工质量,遵循提前防控、施工中实时监测、完工后整改复盘的管控思路,依靠统一标准搭配数字化工具及时修正施工偏差,从根源上降低施工缺陷和返工情况,既能提升施工质量、节约成本、加快进度,还能减少污染。

2 基于 BIM 的 ALC 条板深化设计核心技术

2.1 ALC 条板参数化 BIM 族库搭建技术

针对传统建模作业效率低下、构件形制离散、节点做法不统一等行业痛点,搭建专用 ALC 条板参数化族库,覆盖标准隔墙体系、门窗异形收口节点、管线预埋开孔构造、转角补强构件、厨卫防水配套模块、楼面高低差适配墙板、一体化预制过梁等全类型构件,适配商品住宅、公共建筑、商业综合体多场景装配式内墙施工需求^[5]。全部族构件采用全参数化驱动逻辑,板幅长度、净高、板厚、洞口几何尺寸、预埋锚件定位坐标均设置可调控驱动参数,设计人员仅通过参数赋值即可快速生成高精度实体构件模型,显著压缩三维建模工时。族库内嵌 U 型固定卡扣、L 型连接角码、膨胀锚栓等标准化节点详图,统一细部构

造执行标准,规避现场节点做法杂乱、配件规格混用等问题,实现内墙深化设计全域标准化管控。配套集成自动化工程量统计接口,一键输出 ALC 条板工程量清单、预留开孔明细表、预埋构件统计表、分项材料汇总台账,替代人工手算核算模式,有效规避人工计量偏差,为预制工厂数字化加工、施工现场物料精细化管控提供精准量化数据支撑^[6]。

2.2 多专业 BIM 协同深化与碰撞优化技术

跨专业协同界面割裂为 ALC 蒸压加气混凝土条板施工关键管控痛点。搭建 BIM 一体化协同管理平台,集成建筑、结构、机电安装、门窗幕墙等多专业三维信息模型于统一协同作业空间,以 ALC 条板深化排版专项设计为核心前置统筹各专业协同交互,精准标定单块板材布设坐标、管线开孔预留及预埋构件定位参数,依托数字化前置设计手段实现现场非标裁切源头减量。模型整合完毕后启用专业碰撞校验模块,区分实体硬碰撞、安装间隙干涉两类工况实施全域仿真筛查,平台自动输出标准化数字化碰撞检测台账,设计人员依托三维可视化模型开展参数优化迭代,完成二次校核复核闭环管控,从设计源头根治施工图错、漏、碰、缺四大通病^[7]。

2.3 节点构造 BIM 精细化深化优化

借助 BIM 三维可视技术,针对 ALC 条板转角对接、门窗收边、楼板相接、厨卫拼接缝、管线开洞这些经常出质量问题的关键部位,精细化建模优化。门窗洞口两边加装内置钢板做加固,搭配一体角码锚固结构,统一标注构件尺寸和钢筋锚固深度;厨卫位置调整止水坎和墙板相接做法,提前预留防水底层和上翻防水构造,让防水施工和墙板安装能同步配套施工;墙板拼接缝隙在模型里精准模拟抹灰砂浆厚度和现场压实操作标准;管线开孔位置配套优化加固措施,防止后期受力出现裂缝。所有优化完成的节点模型统一收录到 BIM 构件库,做成成套标准节点库,后续同类型项目能直接调取使用,在前期设计阶段就提前规避各类施工质量问题。

3 基于 BIM 的 ALC 条板全周期装配式施工技术

3.1 BIM 模型与工厂数控加工数据对接技术

构建 BIM 深化模型与 ALC 轻质条板数控加工装备的无损耗数据交互通道,破除设计端与预制生产端的数据孤岛。经碰撞校核优化、细部节点深化完成的 ALC 条板 BIM 信息模型,通过 IFC 标准数据格式实现自动化生产线直连,驱动数控裁切、程控开孔、精细化打磨一体化作业。平台可自动完成墙板构件参数化拆解,输出集成唯一构件编码、几何尺寸参数、孔洞定位坐标、预埋连接件型号、楼层装

配区位、节点构造工艺的全要素数字化生产工单,规避工厂二次人工翻图工序,从数据源头削减加工精度误差。同步为单块条板赋存唯一溯源二维码,与 BIM 构件实体建立一一映射关联,内嵌构件几何参数、装配区位、质量验收指标等全生命周期信息。施工现场移动端扫码可调取构件数字化档案,实现装配区位精准匹配,规避错装、漏装、混配施工缺陷,达成预制加工、物流转运、现场装配全链路数字化溯源管控。

3.2 BIM 4D 施工模拟与施工组织优化

依托 Navisworks 软件导入 ALC 墙板 BIM 模型和施工进度表,搭建 4D 可视化施工模拟,完整还原墙板转运、吊装到位、拼接拼装、加固收尾整套施工步骤,实时排查构件空间碰撞、物料运输通道堵塞、多道工序互相干扰等现场问题。结合模拟结果重新划分施工流水段,理顺先后施工次序,合理规划材料堆放区域、吊车行走路线和工人作业通道。针对高层狭小作业面、大面积公共建筑、厨卫紧凑狭小空间等不同施工场景,分别定制专属模拟方案,贴合每种工况的施工快慢节奏。依托模拟成果形成一套标准化装配式 ALC 墙板施工方案,清晰规定班组人员安排、施工机械摆放、各段工期时长以及质量验收要求,统一现场全部施工流程,改善传统施工凭经验施工、效率偏低的痛点,给现场高效施工提供可靠的数字化参考。

3.3 新型安装工具研发与 BIM 可视化施工工法

针对 ALC 轻质条板施工,定向研发四组配套专用施工工装,轻便真空吸盘吊装机器、能升降的液压调平顶撑、墙板接缝压紧夹具、开孔定位专用标尺。靠着这套新工具配套做出了 BIM 可视化标准施工方法。开工前先打开轻量化 BIM 模型,通过施工模拟动画熟悉流程;现场施工时用真空吸盘平稳吊放墙板,液压顶撑微调高低找平,专用夹具压紧拼缝,定位标尺找准开孔位置。采用这套标准化施工工艺,无需像传统施工那样多次调校墙板,操作简单易上手,施工误差大幅降低,提升墙体整体平整度与成品观感质量。

4 基于 BIM 的动态质量控制体系与检测技术

4.1 BIM 质量管控体系整体架构

搭建“BIM 建模+现场传感器+线上云平台”一体化质量管控系统,将单块 ALC 墙板单独作为质量检查单元,同步管控板面平整、墙体垂直、拼接缝隙、砂浆填充密实度、洞口补强这五项关键验收标准,同步搭建线上数字质量档案库。实行三级质量管控流程:施工前靠 BIM 模型提前排查预判问题,施工过程中用传感器自动实时采集现

场实测数据,完工后所有检测数据统一上传云端存档,形成完整质量管控闭环。同步配套线上报验流程、电子台账、问题整改销项机制,让墙板施工从头到尾每一步都有据可查、全程可控。

4.2 传感实时监测与 BIM 数据集成检测技术

依托高精度激光传感单元、倾角垂直度传感器等多源感知设备,实现 ALC 蒸压加气混凝土条板安装关键质控参数现场动态采集;实测数据集自动同步至移动端轻量化 BIM 应用终端,通过内置规范阈值库开展智能耦合比对,即时输出施工质量符合性判定结果。当实测参数超出规范容许偏差区间时,BIM 三维信息模型将在缺陷对应构件坐标处触发红色可视化预警标识,精准锚定病害点位并标注超限质控项,同步推送匹配工况的标准化整改工艺方案。现场管理人员可依托可视化模型快速定位质量缺陷,实施过程纠偏管控,有效规避传统竣工验收模式下缺陷识别滞后、二次整改造价攀升等工程痛点。全周期监测原始数据、整改闭环处置记录持久归档存储于 BIM 云服务端,构建全流程数字化竣工质量管控数据库,为建筑运维、检修及改扩建阶段提供完整溯源数据支撑。

5 技术应用成效与指标验证

本研究所搭建的构件族库能适配所有施工场景,协同设计功能可以提前排查并解决图纸碰撞问题,质量检测的精准度完全够用,整体施工速度和质量管控水平都比原定要求更好。整体优势很突出:成本上,前期用 BIM 提前优化方案、搭配数字化构件加工,减少材料浪费和后期返工,整体施工开销降了不少;工期上,依靠 4D 施工模拟理顺各道工序的衔接,装配式施工速度明显变快,内墙施工用时大幅缩短,顺带省下设备租赁、现场管理这类额外开销。总的来说,所有技术指标全都完成甚至超过预期,能实实在在提高项目收益,完全适合大范围推广使用。

6 经济与社会效益评估

这套研究整合出来的整套技术,通过借助 BIM 软件精细建模深化图纸、工厂数字化裁切板材,能减少材料浪费;搭配新式施工工具和统一规范的施工步骤,省下不少人工开销;施工周期缩短后,各类杂项间接开支也跟着变少;全程数字化把控施工质量,后期返修维修的花费大幅降低。从社会价值来看,数字化精准施工能有效减少墙面开裂、渗水这类常见施工毛病;干式装配式施工不用现场大量湿作业,扬尘、建筑垃圾都会变少,完全符合当下绿色低碳发展的要求。本次研究搭建的一整套 BIM 数字化施工流程,让装配式墙体施工变得更数字、更工业化、更

标准，也能带动整个建筑行业完成数字化改造升级。

7 结论

借助BIM技术打通ALC条板从前期设计、工厂加工、现场安装到质量管控的整套数字化施工方案，依靠标准化参数构件模型、施工进度模拟、专用新式安装工具，搭配BIM结合传感器的质量管控方式，改善了传统施工各环节配合不畅、墙体尺寸误差大、施工速度慢等常见问题。后续还能结合人工智能和大数据技术，自动优化板材排布、提前排查管线碰撞、预判施工质量问题，同时覆盖建筑全周期运维管理，推动智能建造、绿色建造落地应用。

[参考文献]

- [1]肇鑫.蒸压加气混凝土板材(ALC)在施工过程中的应用[J].工程质量,2026,44(2):99-102.
- [2]赵海亮.ALC蒸压轻质加气混凝土板材在房建工程中的应用[J].居业,2026(1):67-69.
- [3]周斌.基于数智化技术的现场蒸压加气混凝土隔墙施工技术优化[J].广州建筑,2026,54(1):46-50.

[4]郭金涛.蒸压加气混凝土 ALC 墙板与剪力墙连接防开裂技术研究[J].中国高新科技,2025(17):80-82.

[5]孔飞.基于 BIM 技术的装配式建筑 ALC 外墙施工技术分析[J].安徽建筑,2022,29(12):57-58.

[6]林祥武.蒸压加气混凝土装配式内隔墙设计与施工技术[J].福建建设科技,2022(4):75-77.

[7]王亚林.基于BIM技术的装配式建筑墙体优化选型研究[D].广东:广东工业大学,2020.

作者简介：杨广鹤（1982—），男，河北廊坊人，工程师，中央广播电视大学土木工程专业毕业，现就职于中信建设有限责任公司，从事建筑工程安全管理工作；齐岩（1978—），男，北京西城区人，高级工程师，沈阳航空工业学院消防工程专业毕业，现就职于中信建设有限责任公司，从事建筑工程施工管理工作；郭少华（1987—），男，天津市河西区人，高级工程师，河北工业大学城市学院土木工程专业毕业，现就职于中信建设有限责任公司，从事建筑工程施工管理工作。