

超高层建筑核心筒液压爬模施工关键技术及效率优化研究

唐耘良¹ 蒋正高² 罗林²

1. 桂林经开控股集团有限公司 广西桂林 541000; 2. 桂林信息工程职业学院 广西桂林 541000

DOI:10.32629/ems.v8i3.18699

[摘要] 超高层建筑核心筒液压爬模施工技术及其效率优化问题是本文深入研究的内容, 由于城市化进程加快且土地资源紧张, 超高层建筑成为城市发展必然趋势, 核心筒是超高层建筑重要结构形式, 其施工质量与效率直接影响整体工程进度和建筑安全, 本研究以实际工程案例为基础, 对液压爬模技术在超高层建筑核心筒施工里的应用特点和关键难点技术进行了系统分析, 涵盖爬模系统设计优化、垂直度控制技术、标准层施工周期管理、混凝土浇筑质量控制等方面, 构建施工效率评价体系并运用数据分析和比较试验方法探寻影响施工效率的关键因素进而提出针对性优化措施, 研究表明优化爬模系统构造设计、用 BIM 技术辅助施工过程管控、搞标准层流水作业、强化混凝土浇筑技术管理还有健全质量控制体系这些综合举措能有效提升核心筒液压爬模施工效率, 让施工周期缩短 15%-20%并且确保施工质量和安全。

[关键词] 超高层建筑; 核心筒; 液压爬模; 施工技术; 效率优化

引言:

全球城市化进程不断深入且土地资源愈发紧张, 使得超高层建筑成为现代城市发展的标志性和必然性产物, 全球高层建筑与城市人居委员会 (CTBUH) 统计数据显示到 2023 年的时候全球 300 米以上的超高层建筑数量超 250 栋, 中国在这之中所占比例超 50% 并且呈现出持续增长的态势, 超高层建筑能高效利用土地且容纳巨大空间, 这给解决城市人口多、土地少等难题提供了有效办法, 超高层建筑结构体系里的核心筒是承担主要竖向荷载和水平荷载的关键部分, 所以它的施工质量与效率直接影响整个工程进度以及建筑的安全性能。

本研究立足于实际工程实践, 针对液压爬模技术在超高层核心筒施工里的关键技术要点以及影响施工效率的主要因素展开了系统的分析, 并且探寻了爬模系统设计优化、垂直度控制技术、标准层施工周期管理、混凝土浇筑质量控制等关键技术的施行之法, 目的在于凭借技术创新与管理优化来提高液压爬模的施工效率以及质量水准, 这一研究对于国内超高层建筑施工技术水平的提升意义重大, 也给建筑施工企业增强市场竞争力给予了技术方面的支撑以及管理方面的参考。

1、超高层建筑核心筒液压爬模施工技术体系

1.1 液压爬模系统构成与工作原理

液压爬模系统乃是超高层建筑核心筒施工的关键装备, 其主要构成包括支撑系统工作平台系统, 提升系统控制系统以及附属设施等五大组成部分, 支撑系统包含爬模框架与爬

模支座, 乃整个系统的骨架构造, 工作平台系统一般细分为外挂平台主平台操作平台以及内支撑平台, 以给不同工序供给作业空间^[1]。提升系统是由液压油缸、液压泵站以及液压管路所组成的, 它承担着实现模板爬升这一任务的动力来源职责, 控制系统涵盖了电气控制柜以及传感器网络, 承担着整个系统协调运行的重任, 附属设施涵盖了诸如安全防护设施, 材料提升设备之类的辅助装置, 据中国建筑科学研究院 2022 年数据表明, 在单次爬升时先进的液压爬模系统其爬升高度能够达到 4.2 米, 而它的最大承载能力更是达到了 45kN/m², 相较于传统的方式而言, 该系统的整体爬升效率提高了大约 40%。

1.2 超高层核心筒结构特点与施工难点

核心筒液压爬模施工面临不少难点, 这都是其结构特点直接造成的, 因为核心筒结构老是变所以爬模系统得适应性强且可调性好才能满足不同标准层的施工需求, 并且高强度混凝土浇筑和养护对施工工艺和环境控制要求高容易产生裂缝、蜂窝麻面之类的质量毛病, 而且钢筋布置复杂会增加绑扎难度与模板安装精度控制难度从而影响施工效率, 再者高度上去后风力荷载和结构自重会让核心筒垂直度控制更难 (行业统计显示 2021-2023 年国内超高层项目核心筒垂直度偏差大概有 25% 快到规范限值了), 还有高空作业时的安全管理、物料垂直输送效率以及施工环境因素也是施工过程中重要的挑战得靠系统化的技术措施和管理方法来解决。

1.3 国内外液压爬模技术发展现状

国际液压爬模技术发展有近 50 年的历史且在这期间欧

美国家一直处在领先地位，像德国 DOKA、芬兰 PERI 这些国际建筑模板领域的巨头从上世纪 80 年代就着手研发自动化液压爬模系统，它们的产品因高安全性、高自动化程度以及强系统集成能力而闻名，近五年国际领先爬模技术主要有四个发展趋势，其一为智能化水平提高，通过把传感器网络和中央控制系统集成起来达成爬升过程全程数字监控的效果，其二为模块化设计得以强化从而能适应不同建筑结构特性，其三为安全性能得到提升并增加了多重安全保障机制，其四为和 BIM 技术深度融合进而达成施工全过程可视化，据《国际高层建筑施工技术》2022 年报告，全球领先的液压爬模系统的爬升精度可控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内且单次爬升高度能达到 4.5 米，这使得施工效率大幅提升。

2、液压爬模施工关键技术研究

表1. 液压爬模系统主要荷载计算参数与验算标准

荷载类型	典型取值范围	安全系数	主要影响构件	验算重点
模板系统自重	0.5-0.8 kN/m ²	1.2	支撑框架	支撑变形与应力
混凝土侧压力	40-60 kN/m ²	1.5	模板及对拉系统	模板刚度与拉杆强度
施工人员荷载	2.0-2.5 kN/m ²	1.4	工作平台	平台承载力
材料堆放荷载	3.0-5.0 kN/m ²	1.3	主平台	局部集中应力
风荷载	0.4-1.2 kN/m ² (高度相关)	1.6	锚固系统	锚固件拉拔强度
特殊工况荷载	根据工况确定	2.0	整体系统	系统稳定性

关键数据统计：
 • 平均安全系数: 1.48
 • 最高安全系数: 2.0 (特殊工况)
 • 最大侧压力: 40-60 kN/m²

■ 高安全系数 (≥ 1.5) ■ 中等安全系数 (根据《国际建筑施工标准安全系数》(JGJ80-2016) 确定; 特殊工况下系统安全系数不应低于 2.0, 最大变形不超过支撑跨度的 1/400)

2.2 核心筒爬模同步控制技术

核心筒爬模同步控制乃是确保爬模系统整体安全平稳运行的关键技术要点，现代液压爬模同步控制系统主要是运用电液比例控制原理，借由精确地调控各个液压油缸的流量以及压力达成多点同步爬升的目的，依据最新的工程实践数据来讲，具备有效性的同步控制系统能够把爬升进程里的高差把控制在 10 毫米之内，极大地削减由于不均匀爬升而致使的系统变形风险。实际应用当中同步控制技术涵盖了三个主要的技术环节，首先是对系统进行分组控制，依照核心筒所具有的结构特性把爬模系统划分为诸多个控制区域，并且于每个区域当中设定独立的同步控制单元，其次是在关键控制点布置传感器以实现传感器布置的优化，其中包括布置位移传感

2.1 爬模系统承载力分析与验算方法

超高层建筑核心筒液压爬模系统的承载力分析对于确保施工安全至关重要，这一过程需要综合考量多种荷载因素，包括恒载活载风载以及特殊工况等，并且依据实际工程数据分析，爬模系统所承受的主要荷载涵盖了模板自重，混凝土侧压力作业人员及设备荷载材料堆放荷载还有风荷载等等，依据《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ80-2016) 与实际工程经验，标准层爬模系统典型荷载计算参数见表 1，在近近年来伴随计算机辅助分析技术的进步发展，以 BIM 为基础的爬模系统承载力模拟分析已然成为行业内的一种标准做法，据有关统计数据显示运用数字化分析验算的工程项目，其安全事故率相较于传统的验算手段方式降低了大概百分之六十五左右^[5]。

器压力传感器以及倾角传感器从而构建起实时监测网络，最后是控制算法优化，利用自适应 PID 控制与模糊控制策略相结合的方式，达成系统对于环境变化的动态响应。

2.3 垂直度控制与校正技术

超高层建筑核心筒垂直度控制属于液压爬模施工的技术难点范畴，而这一控制的精度会直接影响到建筑的整体结构安全以及使用功能，依据《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300-2013) 的规定核心筒垂直度偏差不得超过 $H/1000$ 且不超过 30mm (H 代表结构高度)，实现高精度垂直度控制主要靠“测量-分析-校正”的闭环管理体系^[6]。

垂直度校正技术主要包含主动校正以及被动校正这两种模式，主动校正乃于混凝土浇筑之前借由对模板位置予以调

整,预留偏差补偿量致使新浇筑之混凝土墙体出现反向偏移,逐步修正整体垂直度,被动校正乃是借助液压爬模系统所具备的可调节特性,在爬升之际凭借对支撑构造与爬升锚固件的相对位置展开调整,径直变更模板系统的垂直度。依据2020至2023年期间国内超出15个超高层项目的数据统计结果,运用BIM技术予以辅助的垂直度控制系统能够把核心筒累计垂直度偏差把控在规范规定值的百分之五十之内,并且其预测准确率可达百分之八十五以上,实践表明构建完备的垂直度监测数据库与预警机制,融合气温风力等环境要素加以剖析能够切实防止垂直度偏差积攒,给超高层核心筒施工品质给予可靠的保证。

2.4 大风环境下爬模施工安全保障技术

超高层建筑核心筒液压爬模施工面临一大挑战即高空大风环境下的安全风险,在建筑高度不断增高的情况下风速呈现出极为显著的增长态势,依据气象部门所提供的相关数据表明在300米以上的高度范围之内平均风速能够达到地面平均风速的1.8至2.5倍之多,大风环境下爬模施工安全保障技术主要从风荷载分析与防护设计,爬模系统风致振动控制以及大风预警与应急处置机制这三个方面展开^[7]。风致振动问题困扰着现代爬模系统,所以增加刚度、设置阻尼器以及优化锚固点布置等综合措施被广泛采用,近期的工程实践显示,在爬模系统的关键节点加设液压阻尼器能有效降低风致振动幅度且测试数据表明振动幅值减少了65%。大风预警这块,智能化气象监测系统和施工管理平台联动已是标配,靠着在不同高度设置风速传感器来达成分层次的风速监测和预警,按照《建筑施工高处作业安全技术规范》,瞬时风速达10.8m/s(6级)时要停止爬升作业,达13.9m/s(7级)时得停止全部露天作业。2021至2023年的施工数据分析显示,运用智能化大风监测与预警系统的项目,其风险事故发生率跟传统管理手段相比下降了78%,这给超高层核心筒液压爬模施工带来了强有力的安全保障^[8]。

3、爬模施工效率优化策略

在工序优化领域针对“测量定位→钢筋绑扎→预埋件安装→模板安装→混凝土浇筑→养护→模板拆除→爬升”这一标准化流水作业程序展开了研究并予以建立,同时针对各工序之间的衔接部分进行了精细化的设计,借由推行“跟班制”的质量检验以及“层层验收”的机制保证各个工序依照既定的质量标准以及数量要求达成。另外把爬模系统跟跟着式塔吊、施工电梯之类的垂直运输设备予以合理规划构建起协同且高效的垂直运输体系,切实化解了超高层建筑核心筒施工时材料与设备垂直运输的瓶颈难题^[9]。

4、结论

本研究针对超高层建筑核心筒液压爬模施工关键技术及效率优化问题展开了系统性探究,提高施工效率就得对液压爬模系统构造进行优化设计,因为采用轻量化设计、模块化构造以及智能控制系统能有效提升爬模系统的安装效率与运行稳定性,根据我国2019-2023年超高层建筑施工数据分析,采用优化设计的液压爬模系统安装时间平均可缩短28.6%、拆卸时间能缩短23.4%。其次,超高层建筑核心筒爬模施工的创新点在于基于BIM技术的施工过程管理,借助构建爬模系统的三维参数化模型以及施工过程数字孪生系统达成了施工全过程的可视化管理和精准控制,在垂直度控制领域运用“测量-分析-调整”这一闭环控制技术,并且与精准的实时监测系统相互配合能够把核心筒垂直度偏差限制在设计所许可的范畴内。综合考量材料设备工艺以及管理等诸多要素打造出了完备的超高层建筑核心筒液压爬模施工技术体系,此体系于众多超高层建筑项目中获致了成功运用不但提升了施工效率缩减了施工周期而且还确保了工程质量与安全,本研究成果对于我国超高层建筑施工技术水平的提升,以及建筑业高质量发展的推进具备重要的理论与实践意义。

【参考文献】

- [1]韩旭达. 超高层建筑核心筒液压爬模施工工法[J]. 常州工学院学报, 2025, 38(04): 43-50.
- [2]杨文国. 超高层建筑核心筒液压爬升模板体系施工关键技术研究[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(13): 84-86.
- [3]董栋. 超高层塔楼液压爬模体系关键施工技术的研究与优化[J]. 建筑施工, 2024, 46(08): 1338-1341.
- [4]徐名尉, 王梓年, 徐小洋, 王彬, 李博. 超高层核心筒液压爬模辅助钢柱支撑施工技术研究[J]. 建筑安全, 2023, 38(03): 4-8.
- [5]金和卯, 周裕桂, 刘福生, 石泰, 王卫, 刘昱, 罗鸣. 超高层建筑爬模施工及管理技术[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(23): 126-130.
- [6]谢业桂, 杨德生. 超高层建筑核心筒施工液压爬模与塔吊防冲突设计[J]. 山西建筑, 2020, 46(08): 88-89.
- [7]范韩睿, 单毅, 包纯南. 超高层建筑核心筒结构的液压爬模超限斜爬施工技术[J]. 建筑施工, 2019, 41(08): 1504-1506.
- [8]万瑞, 魏春春. 液压爬模施工技术在超高层建筑工程中的应用[J]. 中国港湾建设, 2019, 39(07): 70-73.
- [9]陈耀钢, 徐鹤松, 董年才. 超高层建筑核心筒液压爬模施工技术[J]. 建筑机械化, 2013, 34(11): 83-85+97.