

超高层建筑核心筒液压爬模施工关键技术及安全性分析

殷鉴庭

442000*****8397

摘要: 超高层建筑作为现代城市建设的标志性工程,其核心筒结构承担着主要的竖向荷载与水平荷载传递功能,是建筑整体稳定性的关键支撑。液压爬模施工技术凭借自动化程度高、垂直运输效率高及模板重复利用率高等优势,已成为超高层建筑核心筒施工的主流工艺。然而,该技术涉及液压系统、模板体系、支撑结构及操作平台等多环节协同作业,施工过程中存在高空坠落、模板坍塌、液压失效等安全风险。本文系统研究超高层建筑核心筒液压爬模施工的关键技术及安全性,首先分析核心筒结构特点,明确关键技术控制要点;其次从液压系统、模板体系、支撑结构等多个维度,详细阐述施工关键技术;再次从力学稳定性、设备可靠性等层面,深入解析安全性影响因素;最后提出针对性的安全保障措施与优化策略,为提升超高层建筑核心筒施工安全性与效率提供理论参考。

关键词: 超高层建筑;核心筒;液压爬模;施工技术;安全性分析

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 12. 008

引言

在当前的发展阶段中,液压爬模施工涉及多个复杂系统的协同作业,任何一个环节出现问题都可能影响整个施工过程的安全性和质量。因此,深入研究超高层建筑核心筒液压爬模施工的关键技术及安全性,对于保障工程顺利进行、提升施工质量具有重要意义。本文将从技术原理、关键环节及安全保障等方面进行详细探讨。

1 超高层建筑核心筒的结构特性与施工难点

超高层建筑核心筒通常采用钢筋混凝土剪力墙结构或钢 - 混凝土组合结构,其平面形状多为矩形、圆形或方形,内部包含电梯井、楼梯间及设备管井等功能空间。从受力角度来看,核心筒需要承受全部的竖向荷载,包括结构自身的重量以及楼面活荷载等,同时还要抵抗水平荷载,如风荷载引起的倾覆力矩和地震作用产生的剪切力。这些荷载的综合作用使得核心筒成为建筑物的主要承重结构,其施工质量至关重要。核心筒施工存在诸多难点。在垂直运输方面,由于核心筒内部空间有限,且需要分层浇筑混凝土,每层高度通常为 3 - 4 米,这就要求垂直运输设备具备高精度定位和高频次作业的能力,以确保混凝土和其他施工材料能够及时、准确地送达施工部位。在模板体系方面,核心筒墙体厚度会随着建筑高度的变化而改变,例如底部墙体厚度可能达到 1.2 米,而顶部则减至 0.8 米,同时墙体上还存在

阴阳角及异形截面,如圆弧转角、设备洞口等,这就要求模板体系具备灵活调节和精准贴合的能力,以适应不同的墙体形状和尺寸。在施工安全方面,核心筒施工处于高空环境,作业高度通常超过 200 米,且存在混凝土浇筑振捣、模板支拆等高危作业环节,容易发生高空坠落、物体打击等事故,安全风险较高^[1]。

2 超高层建筑核心筒液压爬模施工关键技术

2.1 液压系统的精准控制与可靠性保障

液压系统是液压爬模的核心动力源,其性能直接关系到爬升过程的稳定性和安全性。在液压油缸的选型与布置方面,需要根据核心筒墙体厚度和模板重量等因素进行精确计算。例如,对于不同厚度的墙体,所需的油缸推力有所不同,通常油缸推力为 100 - 200kN,同时油缸应沿模板四角对称分布,以确保爬升过程中受力均匀,避免因受力不均导致模板倾斜或爬升不稳定。液压泵站的控制精度对于爬升过程至关重要。采用比例阀或伺服阀调节油缸流量,控制精度可达 $\pm 1\%$,能够实现爬升速度的精准控制,误差不超过 0.05 米/分钟。这样可以避免因速度过快导致模板晃动,影响施工安全和混凝土成型质量,也能防止速度过慢影响施工效率。液压管路的密封与耐压性也是关键环节。选用高压液压油管,耐压不低于 35MPa,并设置多层密封结构,如 O 型圈 + 挡圈,防止液压油泄漏,泄漏量应控制在每小时

不超过 0.5L。同时,管路应避免高温区域,如混凝土养护蒸汽管道,以避免油温过高,油温应保持在 60℃ 以下,防止油液黏度下降影响液压系统的正常运行。液压系统的同步性控制是确保模板整体同步爬升的关键。通过传感器,如位移传感器、压力传感器,实时监测各油缸行程和压力,误差分别控制在 5mm 和 0.5MPa 以内,采用 PLC 控制器协调多油缸动作,确保模板整体同步爬升,同步偏差不超过 10mm。如果局部爬升过快,可能会导致结构偏移,影响核心筒的垂直度和稳定性^[2]。

2.2 模板体系的适应性设计与精准安装

模板体系是混凝土成型的关键载体,其性能直接影响核心筒墙体的表面质量和尺寸精度。在模板类型选型方面,针对核心筒的异形截面,如圆弧墙、阴阳角等,采用组合式钢模板,由标准模板与调节模板拼接而成,可以根据实际形状和尺寸进行灵活调整。对于大面积平整墙体,则采用整体式大模板,尺寸通常为 3 - 6 米 × 2 - 4 米,能够提高施工效率。模板面板厚度应不小于 6mm,采用 Q235B 钢材,背楞间距不超过 800mm,采用双槽钢或方钢管,以保证模板的强度和刚度。模板的调节灵活性是适应墙体厚度变化和安装误差的关键。设置竖向调节螺栓,调节范围为 ±50mm,与横向调节丝杆,调节范围为 ±30mm,可以根据墙体厚度的变化和安装过程中的误差,对模板位置进行精确调整,确保模板与墙体的贴合度。模板的密封性对于混凝土浇筑质量至关重要。在模板拼缝处设置橡胶密封条,压缩量不小于 2mm,防止混凝土浇筑时漏浆,漏浆率应控制在 0.1% 以内。同时,模板底部与已浇筑混凝土面贴合紧密,间隙不超过 5mm,避免出现烂根现象,保证混凝土成型后的外观质量。模板的安装精度直接影响混凝土成型的质量。通过全站仪测量模板轴线,偏差不超过 3mm,垂直度偏差不超过 H/1000 且不超过 5mm (H 为模板高度),采用可调支撑装置,如千斤顶,对模板位置进行微调,确保混凝土成型后墙体的平整度偏差不超过 8mm,垂直度偏差不超过 H/1000 且不超过 8mm,符合设计要求。

2.3 支撑结构的力学稳定性与荷载传递

支撑结构是承载模板与操作平台荷载的关键构件,其力学稳定性直接影响爬升过程的安全性。在支撑架的

布置形式方面,采用“导轨 + 支架”体系,导轨沿核心筒墙体垂直布置,间距不超过 1.5 米,支架包括竖向立杆、水平横杆及斜撑,与导轨通过连接件,如高强度螺栓,固定,形成空间稳定结构,能够有效分散和传递荷载。支撑架的承载力计算是确保其安全性的基础。根据模板与操作平台总荷载,包括模板自重、混凝土侧压力、施工活荷载等,总荷载约 15 - 25kN/m²,以及风荷载和爬升冲击荷载,计算支撑架立杆间距、横杆步距及斜撑角度。立杆间距不超过 1.2 米,横杆步距不超过 1.5 米,斜撑角度在 45° - 60° 之间,确保支撑架的抗压强度、抗剪强度及整体稳定性,通过控制长细比 λ 不超过 150 来实现。支撑架与核心筒墙体的连接可靠性是防止支撑架滑移或倾覆的关键。采用预埋件,如钢板 + 锚筋,或后置埋件,如化学螺栓,固定支撑架底座。预埋件锚固深度不小于 30d (d 为锚筋直径),后置埋件抗拔承载力不小于 2 倍设计荷载,确保支撑架与墙体之间有足够的连接强度。支撑架的变形控制对于保证模板与混凝土面的间距至关重要。通过设置竖向可调支撑,调节范围为 ±100mm,补偿墙体垂直度偏差,同时监测支撑架关键节点位移,如立杆顶部水平位移不超过 20mm,确保模板与混凝土面保持设计间距,通常为 300 - 500mm,为混凝土浇筑和模板支拆提供合适的作业空间^[3]。

3 超高层建筑核心筒液压爬模施工的安全性分析

3.1 力学稳定性风险与控制

液压爬模施工过程中的力学稳定性风险主要源于支撑结构失稳、模板体系变形及荷载超限。支撑结构失稳可能由于立杆间距过大,导致抗压强度不足,斜撑角度不合理,降低整体稳定性,或预埋件锚固失效,引发支撑架滑移。模板体系变形可能因为混凝土侧压力过大,如浇筑速度过快导致侧压力峰值超过模板抗弯强度,背楞间距过宽,降低模板刚度,或调节螺栓松动,导致模板移位。荷载超限可能由于操作平台堆载过多,如钢筋集中堆放,混凝土浇筑量超过设计值,如单次浇筑高度过高,或风荷载叠加,如高空强风作用。针对这些风险,可采取一系列控制措施。加强支撑结构设计验算,采用有限元软件模拟受力状态,确保支撑架的承载力和稳定性。严格监测支撑架关键节点位移,如立杆顶部水

平位移,实时掌握支撑架的工作状态。规范混凝土浇筑工艺,如分层浇筑厚度不超过500mm,浇筑速度不超过1m/h,避免因浇筑速度过快导致侧压力过大。限制操作平台堆载,设置限载标识与称重装置,防止超载现象发生。

3.2 设备可靠性风险与控制

液压系统、模板体系及操作平台等设备的可靠性直接影响施工安全。液压系统风险包括油缸泄漏,导致爬升动力不足,液压油污染,加速元件磨损,及传感器失效,引发同步控制偏差。模板体系风险包括面板开裂,因混凝土侧压力或吊装碰撞,背楞变形,因长期荷载作用,及调节螺栓滑丝,导致模板位置失控。操作平台风险包括钢平台单元焊缝开裂,因疲劳荷载,防护栏杆松动,因人员碰撞,及安全网破损,因尖锐物体刺穿。为控制这些风险,可采取以下措施。定期维护液压系统,如每爬升10层更换液压油、清洗滤芯,确保液压系统的正常运行。加强模板体系质量检测,如面板抗弯强度试验、背楞挠度测试,保证模板体系的质量和性能。对操作平台焊缝进行探伤,如超声波检测焊缝内部缺陷,及时发现和修复潜在问题。同时,建立设备巡检制度,如每日检查液压管路密封性、每周测试传感器精度,确保设备始终处于良好的工作状态^[4]。

4 超高层建筑核心筒液压爬模施工的安全保障措施与优化策略

4.1 安全保障体系的构建

建立“设计-施工-监测”全流程安全保障体系。在设计阶段,进行详细的风险评估,识别支撑结构失稳、液压系统泄漏等风险点,并制定专项施工方案,包括荷载计算书、爬升流程图及应急预案,为施工提供全面的指导和保障。在施工阶段,严格执行方案要求,如按设计参数布置支撑架、按操作规程控制爬升速度,同时加强现场管理,如设置安全警示标志、划分作业区域,确保施工过程符合安全规定。在监测阶段,实时采集关键数据,如支撑架位移、液压油压、模板倾斜度,通过数据分析预判风险,如位移突变可能预示支撑架失稳,并及时预警,以便采取相应的措施,保障施工安全。

4.2 智能化技术的应用

引入智能化技术提升安全控制精度。采用传感器网络,如位移传感器、压力传感器、倾角传感器,实时监测支撑架、液压系统及模板体系的运行状态,数据通过无线传输,如ZigBee或LoRa,上传至监控平台。利用大数据分析技术,如机器学习算法,挖掘历史数据规律,预测潜在风险,如根据混凝土浇筑速度与侧压力关系预判模板变形趋势,为施工提供决策支持。开发智能控制系统,如自动调节液压油缸流量、同步控制多油缸动作,减少人为操作误差,提高施工的自动化水平和安全性。

5 结论

超高层建筑核心筒液压爬模施工技术通过自动化与模块化设计,显著提升了施工效率与安全性,但其技术复杂性也带来了液压系统控制、模板体系稳定性及操作平台安全性等多重挑战。本文通过系统分析核心筒结构特点与液压爬模技术需求,阐述了液压系统、模板体系、支撑结构及操作平台的关键技术要点,解析了力学稳定性、设备可靠性及人为操作规范性等安全性影响因素,并提出了针对性的安全保障措施与优化策略。未来研究可进一步聚焦数字化技术,如BIM与物联网融合,在液压爬模施工中的应用,深化不同地质条件与气候环境下的适应性研究,为超高层建筑核心筒施工提供更全面的技术支撑,推动建筑行业向更高水平发展。

参考文献

- [1]李嘉祺.超高层建筑核心筒液压爬模结构设计技术[J].建筑技术开发,2024,51(2):15-17.
- [2]马天雨,段博,韩君.基于物联网的钢平台模架应用关键技术研究[J].建筑施工,2024,46(11):1764-1769.
- [3]蒋权,李资涵,戴宏发,等.液压爬模在超高层结构施工中的应用[J].城市建筑空间,2022,29(S02):535-536.
- [4]翟英帅,刘龙龙,彭伟豪,等.异型变截面结构液压爬升脚手架施工技术[J].建筑技术,2022,53(1):67-69.