

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±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，管路应避开高温区域，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

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.