

高层建筑施工中爬架安全控制技术研究

王 瑞

合肥市包河建设发展投资有限公司, 安徽 合肥 230000

[摘要]本研究聚焦于高层建筑施工里广泛运用的附着式升降脚手架(爬架)系统,重点剖析其在高空作业状况下的安全控制技术,系统梳理当前爬架施工的关键环节,探讨结构设计、传感控制、运行维护、应急响应等方面的技术路径和优化举措,研究结果显示,动态监测与风险预警体系的强化、操作人员技术素养的提升,是高效安全进行爬架施工管理的关键保障,能为高层建筑施工提供技术支持与管理依据。

[关键词]爬架技术; 高层建筑; 安全控制; 监测系统; 风险管理

DOI: 10.33142/ect.v3i7.17199

中图分类号: TU731

文献标识码: A

Research on Safety Control Technology of Climbing Frame in High-rise Building Construction

WANG Rui

Hefei Baohe Construction and Development Investment Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: This study focuses on the widely used attached lifting scaffolding (climbing frame) system in high-rise building construction, with a focus on analyzing its safety control technology under high-altitude operation conditions. The key links of current climbing frame construction are systematically sorted out, and the technical paths and optimization measures in structural design, sensing control, operation and maintenance, emergency response, etc. The research results show that the strengthening of dynamic monitoring and risk warning system, and the improvement of operator technical literacy are the key guarantees for efficient and safe climbing frame construction management, which can provide technical support and management basis for high-rise building construction.

Keywords: climbing technology; high-rise building; safety control; monitoring system; risk management

引言

城市建设密度不断提升且超高层建筑数量迅猛增长,附着式升降脚手架(爬架)因高效又经济而在高层施工项目里被广泛应用,爬架系统在高处运行且依赖复杂机械与电控系统时易受环境干扰和人为操作失误影响而有较大安全风险,研究推广爬架施工安全控制技术很重要,本文从结构控制、监测系统、管理机制、应急响应等方面构建系统化爬架安全技术控制体系来保障施工顺利推进。

1 爬架系统安全控制的构成要素

1.1 架体结构与防护设计技术

爬架系统安全运行的基础在于其架体结构,施工过程中平台的安全性能直接由架体结构的承载力、刚度以及整体稳定性决定,必须将其当作设计与施工控制的重点对象,设计架体结构时得按照具体建筑物的高度、区域风压等级、使用荷载标准等因素精确计算,让整体框架抗风、抗倾覆和抗震能力好,以满足高层施工复杂多变的使用条件,节点连接部位最好优先用高强度螺栓连接,必要的地方可以使用焊接工艺,从而增强节点刚性与受力传递的连续性,防止因连接松动使结构不稳定,防护设计上,架体外围要设置全封闭防护系统,用钢丝网、密目网和固定护栏组合布置,杜绝高空坠物、材料飞散这些安全隐患,爬架系统还得配置防倾装置、防坠落装

置、限位装置等安全保护部件,形成多重安全屏障,避免施工误操作、电气或机械故障引起的架体滑移、倾斜等严重事故,架体要适应不同建筑形体和施工工序的变化,要有可调节的水平支撑装置,调节支撑杆长度与角度能提高结构贴合度和平台稳定性,保证施工各阶段爬架系统都安全可靠运行。

1.2 动力系统安全技术控制

动力系统是实现爬架升降动作的核心机制,整个施工平台的平衡与同步靠其安全运行来维系,这是高层建筑施工安全控制的重要环节,配置动力系统时应优先选择技术成熟、性能稳定的液压升降系统或者电动葫芦驱动装置以保证在频繁启停和高负载情况下稳定运行,动力源需有过载保护、过流保护和自动断电等功能模块避免电气故障或者负荷过重使系统失控,相关数据表明有智能保护功能的动力系统故障率能降低 30%,每组动力单元要有独立驱动和锁紧装置以便一个单元出故障时整体平台不下坠从而将事故范围控制到最小,所有动力装置要接入同步控制系统实现多点同步驱动升降时运行速度不一致架体就会倾斜、变形或者卡滞特别是 30m 的高层平台升降误差不能超过 $\pm 5\text{mm}$ 这必须避免,动力线路布设要严格按规范关键部位要用软管包覆、电缆加护套来防护防止老化、磨损和短路。

1.3 电控系统及自动控制装置

在现代爬架施工里,传统人工操作渐渐被电控系统和自动化控制装置替代成为提高施工安全性与智能化水平的重要技术手段,电控系统的核心需配置可编程逻辑控制器(PLC)以协调各驱动单元,负责逻辑控制、升降同步、执行运行指令、处理故障报警等事务,系统集成位移、载荷、振动、电压、电流等多种传感器模块可实时采集和动态监测架体关键参数以保证所有运行状态在设定的安全范围之内,有数据表明电控系统安装完整后爬架运行事故发生率能降低四成,操作终端需配备触摸屏人机界面(HMI)以便操作人员直观查看架体升降状态、实时数据和报警信息且支持参数调整以及操作权限分级管理,控制程序里要嵌入多重安全逻辑如升降限位保护、平台偏移自动校正、防滑移控制算法、过载自动切断等以全面保证爬架运行的智能化和自适应性能,系统也需支持远程监控、数据上传和云端同步功能从而让项目管理人员通过移动设备远程操控爬架运行、调取运行日志、分析异常数据以提高现场调度效率和风险预判能力推动施工现场朝着数字化、智能化转型。

2 施工过程中的安全管理措施

2.1 操作人员培训与资质管理

爬架施工中,控制风险首要靠操作人员的专业技能和安全意识,保障施工质量和人员安全就得严格执行持证上岗制度,爬架组装、升降、维护相关人员都得经专项培训、考核,拿到《建筑施工特种作业操作资格证》,并且培训得涵盖设备结构原理、安全操作规程、应急处置技能等,还得结合现场实操课提高实战能力,统计显示,系统培训过的爬架操作人员违规操作率不到5%,没经培训的人员事故发生率却高三倍多,要建立人员档案管理制度,定期复训和技术更新,让操作人员知识体系与设备技术一起更新,而且管理人员也得定期组织班前安全教育,强化团队协作和应变意识,从源头上提高安全素养。

2.2 升降作业流程控制

爬架升降作业这一关键阶段最易发生事故,要建立严格的作业流程控制机制,爬架升降前需组织现场人员全面检查动力系统、电控系统、架体连接节点与荷载均衡情况,填好《升降作业安全确认单》且施工负责人签字确认后才能操作,爬架升降时要配备至少3名专职操作人员分工协作,其中一人总控,一人观测架体运行状态,一人巡查周边作业层安全,并且为保证同步需用同步控制系统,让所有驱动点启动、匀速运行以防止平台倾斜和卡滞,升降速度最好控制在6m/h以内并设置升降限位和紧急停止装置避免操作失误使架体超行程运行,爬架升降完成后要马上进行结构检查和复位确认,只有爬架稳定牢固了才能接着施工,如图1所示:

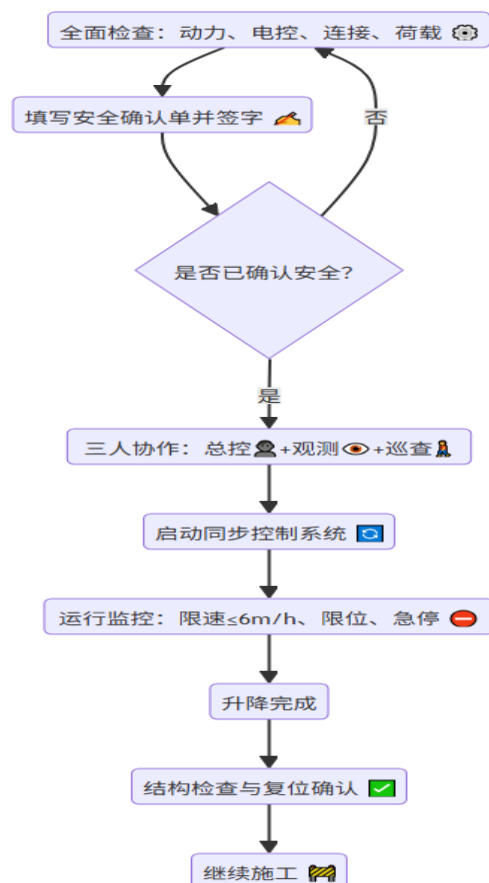


图1 爬架升降作业流程控制

2.3 作业环境风险控制

爬架施工时安全管理需适应作业环境变化且要求更高,恶劣天气、高温或夜间施工条件下要提前制定并实施环境风险应对措施,现场风速超6级(大概10.8到13.8米每秒)时应立即停止爬架升降作业并加固架体结构,降雨或结冰时要清理架体表面的水迹和冰霜以防止操作平台滑而出现坠落事故,架体上配置照明设备才能使夜间作业视线清楚从而避免误操作,为应对突发环境因素应配置风速传感器、温湿度监控仪等实时监测设备并将监测数据接入监控平台设置警戒阈值来推送预警,严格控制施工现场作业层材料堆放重量使平台总荷载不超设计承载力的85%以降低结构失稳风险,环境因素和设备运行动态协调就能实现爬架作业全过程风险闭环控制。

3 监测系统与信息化管理手段

3.1 实时传感监测系统部署

爬架施工安全管理把实时传感监测系统当作重要技术支撑,施工中这一系统能精准、高频地采集架体状态数据并实时反馈,应重点在系统中部署应力、位移、荷载、倾角、振动等多种类型传感器,且将这些传感器均匀布设在架体关键节点、导轨接口、动力模块等重要部位已形成多维度监测网络,采集荷载传感器数据能实时知晓作业层

材料堆载是否超标,利用位移与倾角传感器可识别架体有无不均匀沉降、倾斜移位等风险信号,电流与电压传感器能监测动力系统运行负荷避免过载或失控,所有传感数据由无线网络上传到中央处理平台并由 PLC 或者边缘计算模块配合进行初步分析处理以保证数据传输高效又稳定,系统要有数据冗余和断电缓存机制才能保障意外状况下数据的完整性和追溯能力。

3.2 视频监控与远程管理系统

信息化施工管理中,要实现动态监管、远程指挥和事故追溯,视频监控系统很重要,施工现场要安装分辨率高、夜视能力强的高清摄像头,重点位置如爬架内外空间、升降装置、操作控制区、人员进出口等都需覆盖以达成 360 度无死角监控,且摄像设备要具备防尘、防水、防震能力以适应复杂施工环境,还要支持远程变焦、云台控制、语音对讲功能,监控画面连接到云端平台或者本地服务器便能实现远程实时查看、视频回放、自动录制,并且能与项目管理系统、预警系统联动形成智能监管的闭环,这样管理人员通过电脑终端或者手机 APP 就能随时查看作业状态、及时掌握关键节点情况从而提升现场响应速度和指挥效率,要建立多级权限控制体系以保障监控数据隐私安全,还可将 AI 图像识别技术集成到监控系统里,从而自动识别操作人员没戴安全带、作业层堆载异常等违规行为以实现主动干预和风险防范。

3.3 信息集成与智能预警平台

要实现爬架系统智能化运行,构建集成化信息管理平台是核心环节,传感器数据、视频信息、人员定位、作业记录、设备状态等多维度信息平台都应加以整合以形成全场景、全流程的数字化管理系统,用统一数据库和大数据引擎能把施工状态全面可视化展示出来包括升降历史曲线、荷载变化趋势、异常报警记录等数据面板,智能预警算法平台需配套部署,将经验值和动态模型分析相结合对架体位移超限、电流异常、风速骤升等快要发生的异常状态提前预警,通过声音、短信、APP 推送等方式提示管理人员及时介入,预警等级可分黄色(建议干预)、橙色(需立即检查)、红色(强制停止)从而实现分级响应和闭环管理,平台还应有数据分析与统计功能用于事故原因溯源、运行效率评估和运维优化建议,为科学管理与持续改进提供决策依据,全面建设信息集成与预警机制能让安全管理从“被动反应”转变为“主动防控”,使爬架施工智能化水平得以全面提升。

4 突发事件应对与应急机制建设

4.1 常见突发情况应对预案

高层建筑爬架施工时,断电、动力系统故障、架体卡滞、倾斜偏移、受恶劣天气影响等突发事件常见,处置不当很容易引发重大安全事故,施工单位得制定全作业周期都覆盖的详细突发事件应对预案,突然断电时要配置备用

电源或者手动控制装置使爬架能安全停止或者回到安全位置,动力系统异常时马上启动联锁装置停止升降并安排专业人员排查设备以避免故障扩大,架体卡滞时得组织技术组分析原因(像同步系统失效、导轨卡阻之类的)并让有高级工操作资质的人员在架体稳定时排除故障,架体倾斜或者局部结构变形时必须马上警报让施工人员都撤到安全区域、封锁危险范围并启动应急结构加固程序,天气变化、风速突然增大、雷雨突然来袭的时候要提前通过预警系统发布风险提示、迅速停止作业并把架体降到最低安全位置锁定加固,应对措施都得有程序化流程图和操作手册且在现场张贴清楚、操作人员得熟练掌握并定期演练。

4.2 应急撤离与安全通道设置

要确保突发事件发生时施工人员能迅速有序撤离,就得结合建筑楼层结构和爬架运行区域,提前在现场规划、设置好多条独立应急通道并保证通道通畅无障碍,通道设置要遵循“最短路径”“最少交叉”“全封闭防护”原则以防止人员慌乱中穿越高危区域,内部楼层至少要有两处出口与每个作业层相通且配备应急梯、防滑踏板和夜间照明设备,安全通道要贴显眼的疏散图、方向标识、逃生灯带且逃生门或应急锁装置要便捷开关,作业区域也要设置避险区,架体靠近结构梁那儿预留安全平台以便突发情况时人员就地避险,每名操作人员的反光背心、头灯和缓降器、应急绳索等个人逃生设备应由施工单位配备,还得建立应急撤离广播系统,一接到报警信号就通过语音广播发布撤离指令引导人员沿既定路线快速安全脱离危险区域,关键节点要设紧急集合点,集合点要远离施工边界且有通风和遮蔽条件以方便后续清点人数和救援。

4.3 应急演练与响应机制

检验应急预案有效性、提升现场人员应对能力要靠建立系统化的应急响应机制和定期组织演练。施工单位每个季度至少组织一次包含停电撤离、卡滞救援、架体倾斜处置、设备失控处理等场景的综合性应急演练,演练分方案制定、流程演示、实战操作、总结评估四个阶段,项目部、安全员、操作班组、救援组等都要参与且要邀请第三方安全专家到现场指导,通过模拟真实环境和突发状态检验人员熟悉情况以及响应协同的效率并记录各岗位应急反应时间、到位情况和问题反馈。演练后要有完整的演练记录和问题清单,针对演练中的组织混乱、操作失误、路线不清等问题要赶紧修订完善应急预案和操作规程。应急响应机制要建立 24h 值班制度和事件上报机制并配置好多线通讯设备、应急物资包、救援工具箱等,以便突发事件发生时能马上启动响应流程。项目部要设专职应急指挥官来统一调度资源、发布命令、组织撤离和救援,使整个现场指令明确、响应及时、配合有序,有效降低突发事件的影响。

5 结语

高层建筑施工时,施工效率与人员生命安全和爬架技

术的安全管理息息相关,架体结构、防护设计、动力与电控系统要严格把控且施工流程规范、人员培训、环境风险控制在施工过程中也要做到位,这样事故发生概率就能有效降低,利用传感监测、视频监管、智能预警这些信息化手段可实现爬架状态的动态监管和精准预控,突发事件的应对上,完整的安全防线靠健全的应急预案、科学的通道布设、高效的响应机制构建起来,往后得一直推动技术集成和管理升级以构建智能、安全、高效的爬架施工体系。

[参考文献]

- [1]刘彬.高层建筑施工进度优化方案设计研究[J].砖瓦,2025,11(6):128-130.
- [2]李龙超,付旭,李龙,等.超高层异形外立面建筑附着式升降脚手架施工技术[J].建筑工人,2025,46(4):53-56.
- [3]夏宗军,李彼,陈志飞,等.超高爬架落地拼装逐层内收自动整体爬升施工技术[J].重庆建筑,2025,24(3):66-69.
- [4]马传普.超高层建筑中爬架与爬模混合支模施工技术的探讨[J].四川水泥,2025,12(2):117-119.
- [5]尹相刚.装配整体式剪力墙高层建筑施工关键技术应用分析[J].中国建筑装饰装修,2024,21(24):175-177.

作者简介:王瑞(1996.2—),毕业院校:安徽建筑大学,所学专业:建筑与土木工程,当前就职单位:合肥市包河建设发展投资有限公司,职务:工程部职员。