

沿海强台风区超高层建筑液压爬模体系 抗风加固与安全防护施工研究

陈进

(深圳市湛艺建设集团有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要 液压爬模作为高空施工的一种高效垂直施工技术, 在施工过程中抗风能力及施工安全防护问题十分重要。本文主要研究广东地区强台风环境下超高层建筑液压爬模体系抗风荷载特性、结构加固措施、安全防护技术及施工管理。通过对台风作用下的风振响应的分析, 提出主动式预警—被动式增强的抗风措施, 结合工程实际, 对连接件的强度、导向机构稳定性、爬升过程中临时固定、顶部封闭防护棚优化设计进行研究, 以为广东地区气候条件下提供一套液压爬模抗风加固与安全施工技术参考, 进而保证超高层建筑施工的质量和施工安全。

关键词 沿海强台风区; 超高层建筑; 液压爬模; 抗风加固; 安全防护

中图分类号: TU97

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.09.041

0 引言

广东省位于中国东南沿海, 属于典型的强台风多发区。历史气象数据显示每年夏季、秋季都会遭遇7级以上的台风, 而珠江三角洲城市群超高层建筑群施工安全、结构稳固性问题更为严重。由于液压爬模系统具有自动化程度高、施工速度快、作业面封闭性好等优点, 成为超高层建筑核心筒施工的主要技术。但是爬模体系本质上是一个悬挂在主体结构上的大型临时性钢结构, 在高空暴露在强风的环境下, 其侧向刚度、整体稳定性以及与主体结构的连接可靠性都会影响施工安全^[1]。因此, 根据广东沿海强台风区的特殊气候条件, 对超高层建筑液压爬模体系的抗风加固技术、系统性安全防护施工措施展开研究, 既是保障工程安全、质量的迫切需要, 又是提高我国超高层建筑施工技术水平的重要课题。

1 强台风区液压爬模体系的风荷载特性分析

液压爬模体系由爬升架、模板系统、导向机构、爬升机构、悬挂支承系统和安全防护系统组成, 它依靠液压油缸来使模板、脚手架、防护棚随着核心筒结构同步连续上升^[2]。超高层建筑施工中, 它的优点是减少垂直运输、加快施工速度、封闭作业面。

爬模体系所受的静风荷载 P 与风速 v_k 的平方成正比。广东强台风区的基本风速取值远远大于内陆地区, 结构所承受的瞬时风荷载基数很大。

$$P=0.5 \cdot \rho \cdot v_k^2 \cdot \mu_s \cdot \mu_z \cdot C \quad (1)$$

式(1)中, ρ 为空气密度, kg/m^3 ; μ_s 为结构体型参数; μ_z 为风压高度变化参数; C 为风荷载体形参数。

风压高度变化系数 μ_z 随着建筑高度的增加而急剧增大, 使得超高层顶部施工的爬模所受的静风压力呈指数增长。爬模外部的封闭式防护棚提高了作业的安全性, 但是结构体型系数 μ_s 、风荷载体形系数 C 增大, 从而放大了静风荷载。

2 液压爬模体系的抗风加固技术与结构优化

2.1 增强爬模主体结构的整体刚度

1. 水平和竖向支撑系统加强。爬升架主体钢桁架在高度方向、平面方向均要加设剪刀撑和斜撑。特别是迎风面和角部, 斜撑要构成 K 形或 X 形的空间桁架, 减小风荷载产生的横向变形。平台承重主纵梁采用更大截面模量、更高屈服强度的钢材来抵抗较大的弯矩。所有的梁柱和支撑杆件的连接, 从螺栓连接升级为高强螺栓摩擦型连接或者全熔透焊缝, 保证节点刚度^[3]。

2. 模板与爬架的刚性连接。模板应采用专用水平连接桁架或刚性连接件与爬升架主体钢结构相接, 使模板既是成型工具又是爬架整体受力结构的一部分, 共同抵抗风荷载^[4]。

2.2 核心连接件与主体结构的锚固增强

连接件是保证爬模安全的生命线, 其设计必须满足抗拔、抗剪及抗疲劳要求。

作者简介: 陈进 (1981-), 男, 本科, 一级建造师, 研究方向: 建筑施工管理。

1. 悬挂支座的冗余设计与强度。预埋件应深埋入，多级锚板设计来提高它在混凝土中的抗拔力。强风区悬挂支座要锚固于强度等级更高、龄期更久的混凝土结构上。关键受力点应采用双螺栓或者双支座的冗余设计来分散单点的剪切、拉拔应力。

2. 临时防风锚固的实施与优化。超高层顶部由于楼层结构还在养护阶段，可以采用环抱式的临时锚固装置。该装置采用高强度钢丝绳或者抱箍紧固已成型的核心筒墙体，再用张拉螺杆与爬模架体相接，提供很大的水平约束，防止爬模在强风下晃动和移位。依照当地气象台发布的台风预警，制订三级响应机制。当达到Ⅲ级预警风速或台风来临前 24 h 时，所有工人都应该立即完成临时防风锚固，并清点检查。

2.3 导向机构的防脱轨与限位设计

导轨和导靴是防止爬模侧向位移和转动失稳的关键。导靴应为全包围或三面约束，保证在剧烈风振或者横向冲击时，导靴能够牢牢抱住导轨，杜绝脱轨发生。为避免涡激振动共振，必须确保爬模体系的固有频率与台风风速下的涡激脱落频率错开^[5]。涡激脱落频率与爬模固有频率的关系如图 1 所示。

3 防风安全防护棚优化与施工管理

3.1 封闭防护棚的防风与导流优化

液压爬模体系一般配有全封闭式防护棚，为高空作业提供防坠落、防雨雪、防风的环境。但是强台风区封闭性带来了巨大的迎风面积，必须优化以达到作业保护与抗风的平衡。

1. 防护棚的柔性—刚性可调围护系统。传统防护棚多采用密闭的硬质板材，风荷载作用下极易产生高压集中。防护棚的迎风面和侧风面应设置成分段、可调式的围护结构。非台风季节可用刚性板材保持密闭，改善内部作业环境，在台风来临前必须能快速转入“半开启”或“透风”模式。在防护棚外侧，尤其是上部可采用高强度、低密度的柔性尼龙网或者金属丝网代替部分刚性板材。柔性网具有天然的透风性、风能缓冲性。它会把阵风的瞬时冲击能量给分散吸收掉，把风压的峰值变成历时稍微长一点、但是峰值低一些的压力，这样就能减小对主体结构的冲击。在硬质围挡下部设置可以开关的百叶窗或者导流孔。精确计算和风洞试验来确定开启角度，在强风下允许部分气流穿过防护棚，消除防护棚内负压区，有效降低迎风面平均风压系数。

2. 顶部结构的气动优化与物料管理。顶部平台边缘应设计成一定的向上倾角或者弧形过渡，形成气动导流面，有利于气流平稳过渡到上方，防止气流在顶部作业平台产生湍流或者负压集中。负压对顶部横梁的锚固、连接都不利。强风区高空坠物危险性很大，施工方应制定并执行台风来临前物料清理、紧固的规程，严格物料控制。台上的所有设备、模板、工具、闲置材料都必须用销轴、链条或缆绳牢固地固定在爬模主钢架上，不能被强风吹动。在台风红色预警发出之后 4 h 之内，要求把防护棚顶上、作业平台以及所有楼层的临时堆场清理干净，所有可能被风吹落的散

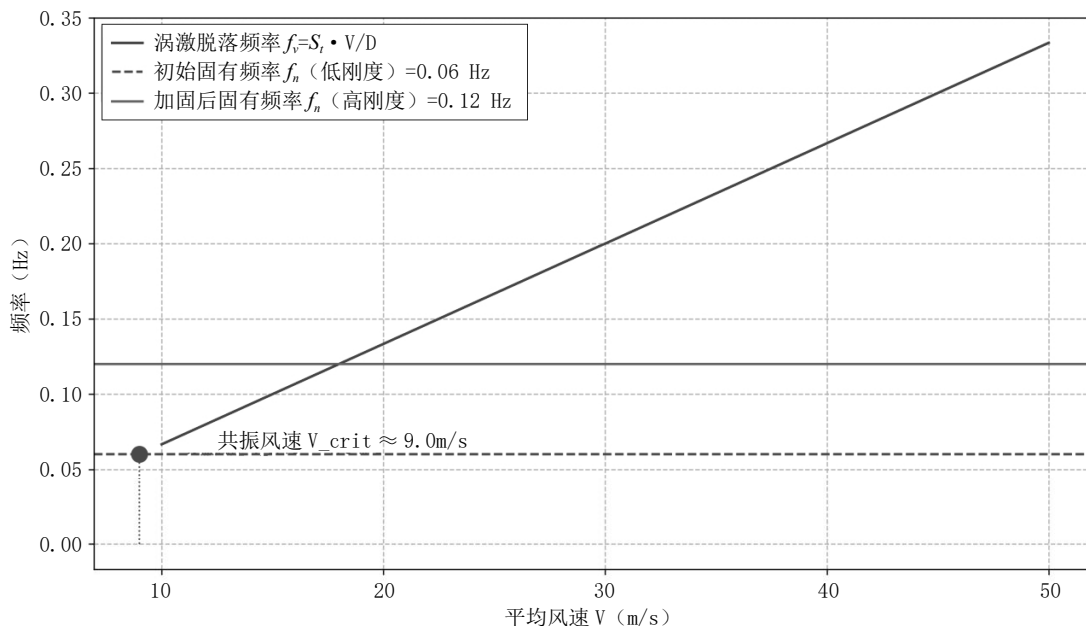


图 1 涡激脱落频率与爬模固有频率关系及共振风险

落物都必须转移到核心筒内或者地面安全处。

3.2 主动式预警与实时监测系统

主动式预警是强台风区超高层爬模施工安全管理核心，把传统的被动管理变为基于数据的实时响应，建立爬模结构健康监测系统。爬模体系上设置结构健康监测系统，采用物联网技术对重要参数实时、自动采集和分析。

在爬模顶部和迎风侧设置超声波风速风向仪，实时获取瞬时风速、阵风系数、平均风速、风向。悬挂支座、导向机构、液压缸支座等受力大的部位装设高精度应变片、力传感器，实时采集连接件所受的力、应力变化情况。在爬模平台四角设置高精度倾角仪、位移传感器，对爬模平台倾斜度、水平位移、振动加速度进

行监测。监测液压油缸的压力、行程，确保爬升过程中各点的同步性。

监测数据要实时传送到云端平台以及项目控制中心。根据结构静风荷载、疲劳寿命、风振控制目标，设置一级（关注）、二级（警示）、三级（紧急）三级安全阈值。例如：振动加速度（横风向）连续 10 min > 0.2 g，就立刻引发二级警报，此时爬模结构也许踏入了涡激振动临界状况，须立刻展开临时锚固预备。

3.3 爬模施工安全防护投入与效益分析

在强台风区，安全防护的投入是成本效益最大化的体现。加固、监测系统投入大，但和潜在台风事故损失相比效益极大。抗风加固对降低爬模系统预期损失的效益分析如图 2 所示。

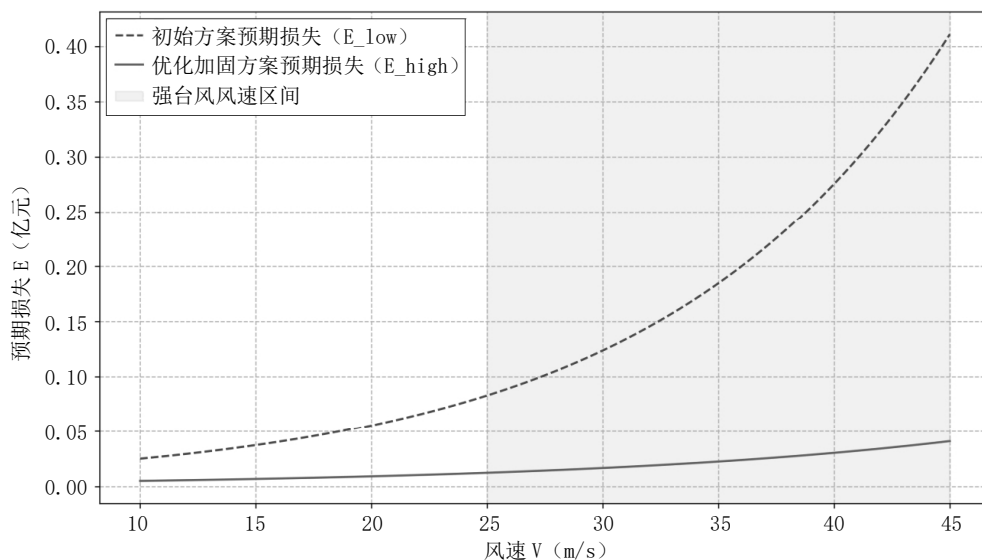


图 2 抗风加固对降低爬模系统预期损失的效益分析

通过对爬模体系进行结构加固和管理优化，不仅将结构失效的临界风速提高，更重要的是显著降低了在台风常见风速区间内（25 m/s 以上）的预期事故损失。这种投入是符合成本效益原则的，体现了安全投入是最大的效益的理念。

4 结束语

本研究聚焦广东省沿海强台风区超高层建筑液压爬模体系的施工安全问题，通过对台风荷载特性、爬模结构受力弱点的分析，提出一种主动式预警、被动式增强的抗风策略，在台风来临之前可以及时、有效地实施临时加固、人员撤离。未来研究应进一步利用 CFD 等先进仿真技术，对复杂的爬模体系进行气动弹性行为的仿真，并研究智能减振技术在超高层爬模中的应用。只有结构设计合理、监测技术先进、施工

管理严格相结合，才能保证在极端气候条件下超高层建筑施工的安全和质量。

参考文献：

- [1] 常成锋. 前海金融控股大厦项目液压爬模施工探析[J]. 住宅与房地产, 2025(02):34-36.
- [2] 刘兴国, 林飞扬. 液压爬模系统安全防护标准化的研究及应用[J]. 中国水运, 2025(02):59-61.
- [3] 李立辉. 红莲大桥主塔液压爬模施工技术要点分析[J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2024, 23(02):15-18.
- [4] 张培强. 超高层建筑施工中液压爬模与集成高层造楼机选用分析[J]. 四川水泥, 2024(05):134-136.
- [5] 李嘉祺, 李日荣, 邝喜旗. 超高层建筑核心筒内外式液压爬模结构设计技术[J]. 建筑技术开发, 2024, 51(02):15-17.