

# 既有建筑加装电梯的能效提升与使用环境适配

刘双野<sup>1</sup> 刘志成<sup>2</sup>

1. 伊春市兴安电梯维修有限公司 黑龙江 伊春 000103

2. 新疆生产建设兵团特种设备检验研究中心检验三室 新疆 图木舒克 843900

**摘要:** 既有建筑加装电梯需兼顾能效提升与使用环境适配。能效提升方面,采用变频调速技术、LED照明及节能控制系统可降低能耗;应用太阳能光伏与井道温差发电技术,构建多元能源补给体系。使用环境适配上,通过无人机航拍与现场踏勘开展适宜性评价,优化井道设计减少采光遮挡;采用模块化结构与透明井道材料,提升空间利用效率;推行集中连片加装模式,降低施工扰民并提升维护效率。

**关键词:** 既有建筑; 加装电梯; 能效提升; 使用环境适配

引言: 在城镇化快速推进与老龄化社会加速到来的双重背景下,既有建筑加装电梯已成为提升居民生活品质、完善城市无障碍环境的重要民生工程。然而,加装电梯普遍面临能效水平参差不齐、与既有建筑环境适配性差等痛点,导致能耗偏高、空间冲突、风貌破坏等问题凸显。如何通过技术创新与系统优化,实现电梯能效提升与使用环境的深度融合,成为推动既有建筑绿色改造、构建宜居城市的关键课题。

## 1 既有建筑加装电梯的能效影响因素分析

### 1.1 能效核心指标体系构建

(1) 电梯系统能效。该指标聚焦电梯自身运行的能耗表现,核心涵盖驱动系统、控制系统及待机状态三大能耗环节。驱动系统能耗与动力输出效率直接相关,高效驱动技术可降低运行中的能量损耗;控制系统通过优化运行逻辑,减少无效启停和速度波动带来的能耗;待机能耗虽单时占比低,但长期累积效应显著,是衡量电梯能效的重要补充维度。(2) 建筑环境耦合能效。既有建筑加装电梯需与原有建筑环境深度适配,该指标主要考量采光、通风及建筑热工性能与电梯能效的协同关系。采光条件影响电梯井道照明能耗,合理利用自然光可降低辅助能耗;通风效果关乎电梯机房设备散热效率,不良通风易导致设备过载耗能;建筑热工性能则影响井道温差,温差过大会增加电梯运行阻力,进而提升能耗。

### 1.2 关键影响因素识别

(1) 设备层面。核心设备技术参数直接决定能效基础水平,其中变频技术可实现电梯运行速度的精准调控,避免恒速运行的能量浪费;永磁同步电机相比传统异步电机,具有更高的功率密度和运行效率,能显著降低驱动能耗;能量回馈装置可将电梯制动过程中产生的

势能转化为电能回收利用,进一步提升能源利用率。

(2) 系统层面。系统运行策略的优化程度对能效提升至关重要,群控调度策略通过智能分配电梯运行任务,减少空驶、候梯时间和重复运行,提升整体运输效率的同时降低总能耗;智能启停优化则根据客流高峰低谷动态调整电梯运行状态,非高峰时段减少运行梯量或进入节能待机模式,避免无效能耗<sup>[1]</sup>。(3) 建筑层面。既有建筑的结构特性对加装电梯能效影响显著,电梯井道设计需兼顾通风、散热和保温需求,不合理的井道布局会加剧能耗损失;电梯与建筑结构的热桥效应易导致井道内外热量传递,破坏建筑原有热平衡,不仅增加电梯运行能耗,还会影响建筑整体节能效果。

### 1.3 能效损失机理分析

(1) 运行阶段能耗分布。电梯运行能耗受负载状态和运行频率影响显著,呈现明显的不均衡分布特征。轻载运行时,电机输出功率与负载不匹配,能量转化效率低,易产生无效能耗;重载运行虽能量利用率较高,但长期重载会加剧设备磨损,间接增加能耗。高频运行常见于客流密集时段,设备持续高负荷工作导致能耗累积;低频运行则因频繁启停,启动阶段的瞬时高能耗占比上升,整体能效下降。(2) 待机与维护能耗占比。待机能耗是易被忽视的能效损失点,即使电梯停止运行,控制系统、照明、通风等辅助设备仍持续耗能,长期累积占比可达总能耗的15%-25%。维护不当也会加剧能效损失,如润滑不足导致机械摩擦阻力增大、部件老化降低运行精度等,不仅增加运行能耗,还可能引发设备故障,进一步扩大能耗损失<sup>[2]</sup>。

## 2 既有建筑加装电梯使用环境适配性评价体系与方法

### 2.1 环境适配性内涵界定

(1) 物理环境适配。核心聚焦加装电梯与既有建

筑物理空间、结构安全及消防规范的契合度。空间适配需满足电梯井道、候梯厅的布置要求,避免占用消防通道、疏散空间等关键区域;结构适配要求电梯加装方案不破坏建筑原有承重结构,通过合理的加固设计保障建筑整体稳定性;消防适配需符合防火分区、疏散距离等规范,配备必要的消防设施,确保火灾等突发情况下人员安全疏散。(2)功能环境适配。重点围绕建筑使用功能需求,实现电梯与人流、物流运输及应急保障的协同。人流适配需结合建筑使用性质(如住宅、办公、商业)分析客流特征,保障电梯运力与客流需求匹配,减少候梯时间;物流适配针对有货物运输需求的建筑,考虑电梯尺寸、载重等参数与货物运输需求的适配性;应急需求适配要求电梯具备应急停靠、备用电源等功能,满足地震、火灾等突发场景下的应急处置需求<sup>[3]</sup>。(3)文化环境适配。强调加装电梯与建筑风貌、社区文化氛围的协调统一。建筑风貌适配需尊重既有建筑的风格特征(如传统民居、历史建筑),电梯外观、材质、造型设计避免破坏建筑整体美感;社区认同适配要求充分考量居民意愿,通过合理的方案设计减少对社区生活环境的干扰,增强居民对加装电梯项目的接受度和认同感。

## 2.2 多维度评价模型构建

(1)指标体系。构建涵盖安全性、舒适性、经济性、美观性的四维度评价指标体系。安全性指标包括结构稳定性、消防合规性、设备安全性能等;舒适性指标涵盖候梯时间、运行平稳性、噪音控制、采光通风等;经济性指标涉及建设成本、运营维护费用、能耗成本及投资回收期等;美观性指标包含电梯外观与建筑风貌的协调性、井道设计的美观度等,各维度指标相互补充,全面覆盖环境适配性核心要求。(2)评价方法。采用层次分析法(AHP)与熵权法相结合的综合评价方法。通过层次分析法梳理各评价指标的层级关系,结合专家经验确定主观权重;利用熵权法基于指标实际数据特征计算客观权重,有效规避主观赋值的片面性;最后通过加权融合得到综合权重,实现对加装电梯环境适配性的科学、客观评价,为方案优化提供依据。

## 2.3 典型环境约束案例分析

(1)历史保护建筑加装电梯的形态适配。历史保护建筑对外观风貌要求严苛,案例中采用“隐形井道+复古外观”设计方案,井道采用轻量化材料搭建,外观复刻建筑原有门窗造型、材质,避免对建筑主体风貌造成破坏;同时优化电梯入口位置,利用建筑附属空间布置候梯厅,最大限度减少对建筑原有结构和空间格局的改动。(2)高密度城区加装电梯的空间优化。高密度城区

建筑间距小、公共空间紧张,案例中采用“错层布设+紧凑式井道”方案,结合建筑外立面凹凸结构规划井道位置,减少对周边建筑采光、通风的影响;采用小型化电梯设备,优化候梯厅布局,实现空间资源的高效利用;同时配套建设垂直绿化设施,缓解高密度环境下的空间压抑感。(3)极端气候区加装电梯的耐候性设计。针对严寒、高温、高湿等极端气候区,案例中强化电梯井道的保温、隔热、防潮设计,采用断桥铝型材、保温隔热板材等耐候性材料;优化电梯设备选型,配备适应极端温度的驱动系统和控制系统;在风力较大区域,增加井道抗风加固结构,保障电梯在极端气候条件下的稳定、安全运行。

## 3 既有建筑加装电梯的能效提升与环境适配的协同优化策略

### 3.1 技术优化路径

(1)设备选型。优先选用高效曳引机与低能耗控制系统,构建能效提升的核心设备基础。高效曳引机以永磁同步曳引机为优选,其相比传统异步曳引机功率因数更高、能耗降低30%以上,同时具备体积小、噪音低的优势,适配既有建筑加装空间有限的场景;低能耗控制系统采用矢量控制技术,可实现电梯运行速度的精准调节,减少启停冲击与能量损耗,同时集成能耗监测模块,实时反馈设备运行能耗数据,为后续能效优化提供支撑。(2)节能模式。推行智能休眠与群控调度优化相结合的节能运行模式,实现能耗与使用需求的动态匹配。智能休眠模式通过红外感应、客流监测等技术,在无客流时段自动关闭电梯非必要运行部件,仅保留核心控制功能,降低待机能耗;群控调度优化基于大数据分析建筑客流规律,动态调整电梯运行数量、停靠策略与响应优先级,避免单梯空驶、重复停靠等无效运行,在提升运输效率的同时,减少多梯协同运行的总能耗,尤其适配人员流动规律明显的住宅、办公类既有建筑<sup>[4]</sup>。

(3)再生能源利用。探索太阳能光伏集成与井道温差发电技术的应用,构建多元能源补给体系。太阳能光伏集成可在电梯井道顶部、侧面铺设柔性光伏组件,将太阳能转化为电能,供给电梯照明、控制系统等辅助设备使用,降低对市政电网的依赖;井道温差发电利用电梯井道内外的温度差,通过热电转换模块实现能量回收,尤其在极端气候区,温差显著提升发电效率,所发电量可补充电梯运行能耗,进一步提升能源自给率。

### 3.2 环境适配设计策略

(1)模块化井道结构。采用预制装配式模块化设计,提升加装电梯与既有建筑的空间适配性与施工安全

性。预制构件在工厂标准化生产，现场仅需进行拼装作业，大幅缩短施工周期，减少对建筑周边环境的干扰；模块化结构可根据既有建筑的空间条件灵活组合，适配不同建筑间距、外立面形态的安装需求，同时构件采用轻量化高强材料，降低对建筑原有结构的承重压力，兼顾空间利用效率与结构安全。（2）透明井道材料。选用钢化玻璃、聚碳酸酯等透明井道材料，实现采光优化与景观融合的双重目标。透明材料可最大化利用自然光，减少井道照明能耗，同时提升候梯空间的通透感，缓解封闭空间的压抑感；在外观设计上，透明井道可弱化建筑附加构件的突兀感，使电梯与建筑外立面、周边景观自然衔接，尤其适配历史风貌建筑、景观型社区等对外观协调性要求较高的场景。（3）无障碍细节设计。强化扶手、语音提示、紧急呼叫等无障碍设施配置，提升电梯使用的适配性与安全性。扶手采用防滑耐磨材质，设置高低双层扶手，适配不同身高人群及行动不便者使用；语音提示系统实时播报楼层、运行方向及安全提示，辅助视力障碍者精准判断；紧急呼叫装置与物业监控中心、急救系统联动，配备备用电源，确保突发情况下的快速响应，全面覆盖老年、残疾等特殊群体的使用需求。

### 3.3 全生命周期管理

（1）能效监测与数字孪生平台。构建全流程能效监测体系，结合数字孪生技术实现电梯运行的可视化、智能化管理。通过在电梯驱动系统、控制系统、照明系统等关键部位布设传感器，实时采集能耗、运行状态等数据；数字孪生平台基于实时数据构建虚拟仿真模型，模拟电梯运行工况，预判能效损耗点与设备故障风险，为节能优化与运维决策提供数据支撑，实现能效提升与运行安全的动态管控。（2）维护策略优化。推行预测性维护与科学备件管理相结合的全生命周期维护模式，降低运维成本与能耗损失。基于能效监测数据与设备运行参数，通过算法模型预判设备部件的老化趋势，提前

开展针对性维护，避免因部件故障导致的能耗激增与安全隐患；建立标准化备件库，结合电梯使用频率与部件损耗规律，优化备件储备数量与补给周期，减少备件积压与维护延误，保障电梯长期高效稳定运行<sup>[5]</sup>。（3）政策与经济激励。完善补贴机制并衔接碳交易市场，构建全生命周期的经济激励体系。针对既有建筑加装电梯项目，出台差异化节能设备补贴、运维费用补贴政策，降低项目建设与运营成本；推动加装电梯项目纳入碳交易体系，将电梯节能改造产生的碳减排量转化为经济收益，提升业主与建设单位的节能改造积极性；同时建立节能评价认证机制，对能效达标、环境适配性优良的项目给予荣誉激励与政策倾斜，引导行业向绿色低碳方向发展。

### 结束语

既有建筑加装电梯的能效提升与使用环境适配，是实现城市更新与民生改善协同发展的关键路径。通过高效驱动技术、智能群控调度及再生能源利用等创新手段，可显著降低电梯全生命周期能耗；而模块化井道、透明采光设计及无障碍细节优化，则有效提升了电梯与既有建筑环境的融合度。未来需进一步强化政策引导与技术迭代，推动加装电梯向绿色低碳、安全适老方向演进，为居民创造更舒适、可持续的垂直交通环境。

### 参考文献

- [1]李浩,张飞.既有住宅加装电梯现状及问题分析[J].住宅产业,2024,(05):36-39.
- [2]王向阳.既有建筑加装电梯应注意遵循的技术标准要求[J].中国电梯,2022,33(15):51-53.
- [3]时哲.既有多层建筑加装电梯相关问题探讨[J].中国电梯,2022,33(11):65-67.
- [4]戴喆俊.建筑加装电梯问题及检测方法分析[J].中国设备工程,2020,(23):153-155.
- [5]金林哲,傅林峰.建筑加装电梯问题及检测方法研究[J].建材与装饰,2020,(16):195-197.