

电梯安装质量控制与验收标准研究

杨骥杰 马浩栋 全一帆

宁波市特种设备检验研究院 浙江 宁波 315000

摘要: 本文聚焦电梯安装质量控制与验收标准, 阐述电梯分类、工作原理及安装流程要求, 从基础施工、机械部件、电气系统、调试阶段四个方面剖析安装关键工序的质量控制要点。研究国内电梯安装验收标准体系, 分类梳理安全性能、运行性能、电气性能、外观质量的具体验收内容, 分析执行关键要点与常见问题, 探讨标准更新中安全、智能、绿色方向的发展趋势。研究旨在为电梯安装工程提供质量管控依据, 保障电梯安全稳定运行。

关键词: 电梯安装; 质量控制; 验收标准; 安全运行

引言: 电梯作为现代建筑垂直交通的核心设备, 其安装质量直接关乎乘客安全与使用体验。随着建筑高度增加、电梯技术迭代, 安装质量控制难度提升, 验收标准也需与时俱进。当前, 国内电梯安装市场存在标准执行不严、工序把控不足等问题, 导致电梯运行故障频发。因此, 深入研究电梯安装关键工序的质量控制方法, 明确验收标准的具体要求与发展趋势, 对提升电梯安装工程整体质量、保障公众安全出行具有重要的现实意义。

1 电梯安装基础理论

1.1 电梯的分类与工作原理

电梯按用途可分为乘客电梯、载货电梯、防爆电梯、杂物电梯等类型, 其核心工作原理均基于曳引驱动系统。以乘客电梯为例, 曳引机通过钢丝绳与轿厢、对重装置连接, 利用曳引力实现轿厢的升降运动。当电动机驱动曳引轮转动时, 钢丝绳在曳引轮槽内产生摩擦力, 带动轿厢沿导轨运行。安全装置如限速器、安全钳、缓冲器等构成多重保护体系, 确保在超速、断绳等异常工况下轿厢能紧急制动。例如, 当电梯超速至额定速度的115%时, 限速器触发安全钳夹紧导轨, 强制轿厢停运。

1.2 电梯安装的流程与要求

电梯安装流程涵盖现场勘查、设备运输、基础施工、部件组装、电气连接、调试及验收等环节。安装前需对建筑结构进行评估, 确保井道垂直度偏差 $\leq 50\text{mm}$, 机房承载能力达标。设备运输过程中需采用专用包装, 防止部件变形。基础施工阶段需完成井道清理、导轨支架定位及承重梁安装, 且每根导轨至少设置两个支架。部件组装时, 轿厢与对重装置的安装需严格遵循设计规范, 确保水平度误差 $\leq 1/1000$ 。电气系统安装需采用三相五线制供电, 保护线电阻 $\leq 4\Omega$, 控制柜内接线

需标注线号, 避免误接导致短路^[1]。

2 电梯安装关键工序质量控制

2.1 基础施工阶段

电梯基础施工是安装工程的核心环节, 直接影响设备运行的稳定性与安全性。该阶段需完成井道清理、导轨支架定位、承重梁安装及机房结构加固等关键任务。井道施工前需彻底清除杂物, 确保内壁无突出物干扰导轨安装, 同时采用激光水平仪校准垂直度, 偏差需控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。导轨支架安装需遵循设计间距要求 (通常 $\leq 2.5\text{m}$), 并通过膨胀螺栓或预埋件固定, 确保支架与井道壁连接牢固。承重梁安装需进行有限元应力分析, 其跨度与截面尺寸需满足额定载荷下的变形要求 (变形量 $\leq L/500$, L 为梁跨度)。例如, 某30层住宅电梯安装工程中, 通过优化承重梁截面从 $200\text{mm} \times 300\text{mm}$ 增至 $250\text{mm} \times 350\text{mm}$, 将变形量从 3.2mm 降至 1.8mm , 显著提升了结构安全性。此外, 机房地面需做防尘处理, 并预留设备运输通道, 确保曳引机、控制柜等重型部件能顺利就位。基础施工完成后, 需进行混凝土强度检测 ($\geq \text{C30}$) 及预埋件拉拔试验 ($\geq 50\text{kN}$), 合格后方可进入下一工序。

2.2 机械部件安装

机械部件安装质量直接决定电梯的运行舒适度与寿命, 涵盖曳引机、导轨、轿厢、对重装置及安全装置等核心组件。曳引机安装需控制同轴度误差 $\leq 0.1\text{mm}$, 制动器松闸间隙平均值 $\leq 0.7\text{mm}$, 并通过空载试验验证制动响应时间 ($\leq 0.5\text{秒}$)。导轨安装采用激光校准技术, 垂直度误差 $\leq 0.7\text{mm}/5\text{m}$, 顺直度偏差 $\leq 1\text{mm}$, 接头处采用鱼尾板连接工艺, 台阶高度差 $\leq 0.05\text{mm}$ 。轿厢组装时, 门系统安装需确保关闭后缝隙 $\leq 6\text{mm}$, 防止异物卡入; 反绳轮防护罩需覆盖全部旋转部件, 避免钢丝绳脱槽。对重装置安装需校准平衡系数 ($0.4-0.5$), 并通过砝

码加载法验证。对于瞬时式安全钳,轿厢应载有均匀分布的额定载重量;对于渐进式安全钳,轿厢应载有均匀分布的125%额定载重量。当短接限速器及安全钳电气开关,轿厢以检修速度下行时,人为使限速器机械开关动作,记录安全钳卡位导轨的时间与位移,确保制动距离符合设计要求。例如,某医院电梯安装中,通过调整安全钳楔块角度,将制动距离从120mm缩短至95mm,显著提升了紧急制动性能。机械部件安装完成后,需进行全面润滑与防锈处理,延长设备使用寿命。

2.3 电气系统安装

电气系统安装需严格遵循GB50182-2018规范,重点控制接地连续性、信号传输稳定性及设备防护等级。所有电气设备外露可导电部分需可靠接地,保护线连接应符合TN-S系统要求,接地电阻 $\leq 4\Omega$ 。随行电缆固定间距需根据弯曲半径调整(通常为电缆直径的15-20倍),避免过度弯曲导致绝缘层破损。层门电气连锁装置安装需确保门未关闭时电梯无法运行,测试时用硬物卡住层门缝隙,电梯应立即停机。控制柜内接线需标注线号,采用冷压端子连接,避免虚接引发短路。照明与插座回路需独立设置,并配备漏电保护装置(动作电流 $\leq 30\text{mA}$)。例如,某商场电梯曾因层门门锁开关接触不良,导致电梯在门未闭合状态下运行,引发乘客跌落事故,凸显电气连锁装置的重要性^[2]。另外,井道内照明需采用36V安全电压,灯具间距 $\leq 7\text{m}$,确保维修人员操作安全。电气系统安装完成后,需进行绝缘电阻测试(动力电路 $\geq 0.5\text{M}\Omega$,控制电路 $\geq 0.25\text{M}\Omega$)及耐压试验(1000V/1分钟),合格后方可通电调试。

2.4 调试阶段质量控制

调试阶段是电梯安装的最后道关卡,需完成载重测试、速度校准及安全装置联动试验。平衡系数测试采用砝码加载法,通过增减对重块调整轿厢与对重装置的重量比,确保其在0.4-0.5之间。制动器制动力测试需记录松闸与抱闸时间,要求在0.5秒内响应,且制动力矩满足额定载荷的150%。舒适感调试通过加速度传感器采集数据,优化启动与制动曲线,使垂直振动加速度 $\leq 0.25\text{m/s}^2$,水平振动加速度 $\leq 0.15\text{m/s}^2$ 。例如,某地铁项目电梯调试中,通过调整变频器参数,将启动冲击从0.3g降至0.15g,显著提升了乘客体验。安全装置联动试验需验证限速器-安全钳、缓冲器、门锁装置的协同响应能力,模拟超速、断绳等工况,确保设备在0.5秒内触发保护机制。此外,需进行125%额定载荷静载试验,持续10分钟后检查结构变形量($\leq 5\text{mm}$)。调试完成后,需连续运行72小时无故障,并记录运行参数(如温度、噪声、电

流)作为验收依据。最终通过远程监控系统上传数据至监管平台,实现全生命周期质量追溯。

3 电梯安装验收标准研究

3.1 国内电梯安装验收相关标准概述

我国电梯安装验收标准体系以国家标准为核心,行业规范与地方细则为补充,形成了覆盖安全、性能、质量的全方位管控框架。其中,《电梯制造与安装安全规范》(GB7588-2020)是基础性强制标准,明确了电梯安装的安全底线,涵盖井道、机房、轿厢、安全保护装置等关键部位的技术要求,是所有电梯安装验收的核心依据。另一项核心标准《电梯安装验收规范》(GB50310-2022)则聚焦安装过程与验收流程,对电梯安装后的检测项目、方法、合格指标做出详细规定,直接指导验收实操。另外,行业层面有中国电梯协会发布的《电梯安装维修作业安全规范》等技术导则,针对安装人员操作规范、现场安全管理等细节进行补充;地方层面,如上海、广东等地区结合本地高层建筑特点,出台了电梯安装验收的地方细则,对沿海地区潮湿环境下的电气防护、超高层电梯的平层精度等提出更高要求^[3]。这些标准相互衔接,既确保了全国范围内的验收统一性,又能适配不同地区、不同类型电梯的安装需求,为电梯安装质量把关提供了系统的标准支撑。

3.2 验收标准的分类与具体内容

电梯安装验收标准根据检测维度不同,可分为安全性能、运行性能、电气性能、外观质量四大类,每类标准均有明确的检测项目与合格阈值,确保验收结果可量化、可追溯。(1)安全性能验收标准是核心,重点检测电梯的紧急保护能力,包括限速器-安全钳联动试验(模拟超速时需在规定距离内可靠制停,轿厢平均减速度为0.2g-1.0g)、缓冲器性能试验(轿厢或对重撞击缓冲器后,最大减速度不超过1.5g)、门锁装置可靠性(门锁触点接触电阻 $\leq 0.5\Omega$,门未锁闭时电梯无法启动)。(2)运行性能验收标准聚焦使用体验,主要检测平层精度(乘客电梯 $\leq \pm 5\text{mm}$,医用电梯 $\leq \pm 3\text{mm}$)、运行速度偏差(不超过额定速度的 $\pm 5\%$)、振动与噪音(轿厢内运行噪音 $\leq 55\text{dB}$,机房噪音 $\leq 80\text{dB}$)。(3)电气性能验收标准针对电气系统稳定性,包括绝缘电阻检测(动力回路 $\geq 0.5\text{M}\Omega$,控制回路 $\geq 1\text{M}\Omega$)、接地电阻检测(保护接地 $\leq 4\Omega$,工作接地 $\leq 1\Omega$)、电气设备温升(电机绕组温升不超过80K)。(4)外观质量验收标准则关注安装工艺细节,如导轨接头处打磨平整(缝隙 $\leq 0.5\text{mm}$,平整度偏差 $\leq 0.05\text{mm}$)、轿厢壁拼接缝隙 $\leq 1\text{mm}$ 、层门地坎与轿厢地坎高度差 $\leq 3\text{mm}$,确保外观无

明显缺陷, 安装工艺规范。

3.3 验收标准执行中的关键点与常见问题

验收标准的有效执行需依托规范的检测流程与专业的检测设备, 同时需注意规避执行中的常见误区, 确保验收结果真实反映电梯安装质量。执行关键点包括“分步验收”与“全项覆盖”: 分步验收需在基础施工、机械部件安装、电气系统调试等阶段分别开展中间验收, 如导轨安装后需即时检测垂直度, 避免后续工序掩盖问题; 全项覆盖则要求不遗漏任何标准项目, 尤其是易被忽视的细节, 如随行电缆的固定间距 ($\leq 1.5\text{m}$)、补偿链的导向装置安装位置偏差 ($\leq 5\text{mm}$)。检测设备的精度也至关重要, 需使用经校准的电梯综合测试仪 (误差 $\leq \pm 1\%$)、接地电阻测试仪 (精度 $\geq 0.1\Omega$)、噪音计 (量程 $30\text{dB}-130\text{dB}$, 精度 $\pm 1\text{dB}$), 确保数据准确。

常见问题主要有三类: 一是标准解读偏差, 如误将“层门自闭时间”理解为“关门时间”, 导致验收指标混淆; 二是检测流程简化, 如省略超载运行试验 (需加载 110% 额定载重量测试制动性能), 埋下安全隐患; 三是数据记录不完整, 未留存关键检测数据 (如绝缘电阻测试值、平层精度实测值), 导致后期故障溯源困难。这些问题需通过加强验收人员培训、建立验收档案制度来解决, 确保标准执行不打折扣。

3.4 验收标准的更新与发展趋势

随着电梯技术迭代与使用需求升级, 国内电梯安装验收标准正朝着“更安全、更智能、更绿色”的方向更新, 同时逐步与国际标准接轨, 提升标准的先进性与适用性。(1) 安全标准方面, 更新趋势聚焦“主动安全”与“特殊场景适配”: 如新增电梯物联网 (IoT) 安全监测要求, 规定电梯需加装振动、温度、门锁状态等实时监测传感器, 验收时需检测数据传输的准确性与预警响应速度; 针对老旧电梯改造安装, 补充了旧部件与新系统的兼容性验收标准 (如旧导轨与新轿厢的适配间隙

检测), 避免改造后出现安全隐患^[4]。(2) 智能标准方面, 随着智能电梯 (如人脸识别呼梯、自动派梯系统) 的普及, 验收标准新增了智能功能检测项目, 包括智能控制系统的响应时间 ($\leq 0.5\text{s}$)、人脸识别准确率 ($\geq 98\%$)、数据加密安全性 (符合《信息安全技术数据安全分级指南》), 确保智能功能与安全性能兼容。(3) 绿色标准方面, 响应“双碳”目标, 验收标准新增节能指标, 如电梯运行能耗检测 (空载运行能耗 $\leq 0.5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{次}$, 额定负载运行能耗 $\leq 1.5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{次}$)、再生能源回馈效率检测 (回馈效率 $\geq 70\%$), 推动低能耗电梯的安装应用。同时, 国际接轨趋势明显, 如参考ISO8100系列标准, 优化电梯振动检测方法, 将垂直振动加速度阈值从 $0.15\text{m}/\text{s}^2$ 调整为 $0.12\text{m}/\text{s}^2$, 进一步提升乘坐舒适性, 使国内标准与国际先进水平保持一致。

结束语

电梯安装质量控制与验收标准研究是保障电梯安全运行的关键环节。通过明确安装流程要求、强化关键工序质量把控、细化验收标准内容, 可有效提升电梯安装质量。随着技术发展, 验收标准不断更新, 向安全、智能、绿色方向演进。未来, 需持续完善标准体系, 加强安装过程监管, 推动新技术、新设备在电梯安装中的应用, 为公众提供更安全、舒适、高效的垂直交通服务, 助力电梯行业高质量发展。

参考文献

- [1]白龙,杜爽,李红艳.基于物联网技术的电梯智能管理系统设计[J].中国特种设备安全,2024,40(S1):9-12+21.
- [2]孙海峰.建筑工程机电安装出现的问题及分析[J].中国设备工程, 2021, (24):220-221.
- [3]刘洋.建筑机电工程安装施工管理策略探究[J].城市住宅, 2021, 28(S1): 283-284.
- [4]刘志峰,潘慧玉.智能自动化在电梯安装质量控制中的应用[J].数字化用户,2024(49):225-226.