

# 电梯安全检测技术

张伟程 蒋俊豪 崔一奥

江省特种设备科学研究院 浙江 杭州 311100

**摘要:** 随着城市化进程加快, 电梯成为公共建筑与住宅小区的核心垂直交通工具, 其安全运行直接关系公众生命财产安全。本文围绕电梯安全检测技术展开研究, 概述了检测主要内容与重要性, 明确其在保障公共安全、推动行业升级中的核心作用; 系统分析人工感官、机械系统、电气系统、安全保护装置等传统检测技术的原理与应用; 探讨了智能传感器、人工智能图像识别、物联网与大数据分析等新型技术的优势及实践价值。研究表明, 传统技术是安全检测基础, 新型技术可实现实时监测与故障预测, 二者结合能显著提升电梯安全运行水平, 为城市垂直交通安全提供有力技术支撑。

**关键词:** 电梯安全; 传统检测技术; 新型检测技术

引言: 近年来, 电梯故障引发的安全事故时有发生, 暴露出检测技术在应对设备老化、复杂运行环境等方面的不足。《特种设备安全法》的实施, 对电梯安全检测提出更高要求。在此背景下, 深入研究传统检测技术的应用边界, 探索新型检测技术的实践路径, 不仅能完善电梯安全检测体系, 降低事故发生率, 还能推动电梯行业向智能化、安全化转型, 具有重要的现实意义与研究价值。

## 1 电梯安全检测技术概述

### 1.1 电梯安全检测的主要内容

电梯安全检测围绕核心系统展开系统性评估, 主要内容包含: (1) 在机械结构层面, 重点核查曳引机、钢丝绳、制动装置及导轨等关键部件的磨损程度与运行状态, 确保机械传动的稳定性; (2) 电气系统检测聚焦控制柜、变频器、电线电缆绝缘性能及接地保护措施, 防范短路与漏电风险; (3) 安全装置检验则针对限速器、安全钳、缓冲器、层门门锁等防护设备的响应灵敏度与动作可靠性进行验证。(4) 还需对轿厢环境(如通风、照明)、井道防护设施及应急救援功能进行全面排查, 形成多维度的技术指标体系。

### 1.2 电梯安全检测的重要性

电梯安全检测是保障公共安全的核心防线。通过标准化检测流程, 可提前识别设备老化、安装缺陷及维护疏漏等潜在风险, 有效降低突发故障概率。作为强制性技术监督手段, 检测工作直接关系到乘梯人员的生命财产安全, 是落实《特种设备安全法》的关键实践。从行业视角看, 规范化的检测机制推动制造企业优化产品设计, 倒逼维保单位提升服务质量, 促进整个产业链的质量升级。更重要的是, 完善的检测体系能够增强公众对

电梯使用的信任度, 为城市垂直交通的安全运行提供技术支撑, 具有显著的社会价值与经济效益<sup>[1]</sup>。

## 2 传统电梯安全检测技术

### 2.1 人工感官检测技术

人工感官检测技术是传统电梯安全检测中最基础、应用最广泛的技术手段, 主要依赖以下检测人员的视觉、听觉、触觉和嗅觉实现初步隐患排查, 是后续仪器检测的重要前置环节。(1) 视觉检测聚焦电梯各部件的外观状态与安装精度, 涵盖机房内曳引机、控制柜的零部件完整性, 是否存在烧焦、锈蚀、变形等痕迹; 井道内导轨的垂直度、接头平整性, 钢丝绳的磨损程度与断丝数量; 轿厢与层门的关闭密封性、门锁啮合状态, 以及警示标识的完整性。(2) 听觉检测则通过监听电梯运行全程的声音信号, 判断曳引系统是否存在异常摩擦声、振动声, 门系统开关门时有无卡滞异响, 电气触点动作时的声音是否清晰规律, 以此识别部件配合不良或磨损问题。(3) 触觉检测多用于验证机械部件的运行稳定性, 如用手触摸运行中的曳引机外壳、电机轴承, 感知温度是否超标; 检查导轨接头、钢丝绳张力的均匀性, 以及安全钳、缓冲器等装置的安装牢固度。(4) 嗅觉检测则辅助发现隐性电气故障, 通过识别控制柜内是否存在绝缘材料燃烧的焦糊味, 判断电路是否存在过载、短路等风险。该技术虽受人员经验影响较大, 但具有操作灵活、响应迅速的优势, 是电梯安全检测的第一道防线。

### 2.2 机械系统检测技术

机械系统是电梯运行的动力与承载核心, 其性能直接决定电梯安全, 传统机械系统检测技术围绕以下曳引、门系统、导向与缓冲三大核心模块, 通过针对性检

测方法验证其可靠性。(1)曳引系统检测聚焦动力传递的稳定性与安全性,核心是曳引机性能检测,包括通过转速表测量曳引轮运行速度,确保与额定速度偏差符合标准;检查曳引绳的张力均匀性,通过张力仪逐根测量并调整,避免因受力不均导致局部过度磨损;验证曳引机制动器的制动性能,通过空载与满载工况下的制动距离测试,确认制动响应的及时性与制动力的充足性。

(2)门系统检测重点关注开关门功能的安全性及平稳性,主要检测门机驱动装置的运行精度,确保开关门速度符合规范且无明显顿挫;通过塞尺等工具检查层门与轿厢门的间隙尺寸,防止夹伤风险;核验门锁装置的可靠性,包括门锁触点的电气导通性与机械啮合深度,确保门未完全关闭时电梯无法启动运行。(3)导向与缓冲系统检测则保障电梯运行轨迹与紧急防护性能,导向系统检测通过激光准直仪测量导轨的直线度与平行度,检查导轨支架的间距与固定强度;缓冲系统检测针对轿厢底部的缓冲器,液压缓冲器需检测油位与密封性,弹簧缓冲器则通过压缩试验验证回弹性能,确保其能在电梯蹲底或冲顶时有效吸收冲击力。

### 2.3 电气系统检测技术

电气系统是电梯运行的控制中枢,传统电气系统检测技术通过专业仪器对以下供电、控制电路及安全回路进行系统性检测,防范电气故障引发的停运或安全事故。(1)供电系统检测是电气安全的基础,核心是电源参数与接地系统检测。使用万用表测量主电源输入电压,确保380V或220V额定电压偏差在允许范围内,避免电压不稳影响设备运行;通过钳形电流表检测运行时的电流值,判断电机等负载是否存在过载情况。接地系统检测则采用接地电阻测试仪,测量保护接地与功能接地的电阻值,确保不超过4Ω的标准要求,防止漏电时出现触电风险。(2)控制电路检测聚焦信号传递的准确性,主要检查控制柜内电路板、继电器、接触器等元件的接线牢固性,有无松动、虚接现象;使用绝缘电阻测试仪测量各电气线路的绝缘性能,确保动力电路与控制电路的绝缘电阻分别不低于0.5MΩ与1MΩ,防范短路故障。(3)安全回路检测是重中之重,通过逐点通断测试验证紧急停止开关、限速器开关、门锁触点等安全元件的联动性能,确保任一元件动作时,电梯能立即停止运行并切断动力电源。(4)还包括照明与应急电路检测,通过电压测试确认轿厢与井道照明的亮度达标,应急电源在断电时能快速切换并维持必要供电,保障乘客应急避险需求<sup>[2]</sup>。

### 2.4 安全保护装置检测技术

安全保护装置是电梯的“最后一道安全屏障”,传统安全保护装置检测技术通过模拟故障工况,以下全面验证限速器-安全钳、超载保护、缓冲器等核心保护装置的触发可靠性与动作有效性。(1)限速器与安全钳系统的联动检测是核心内容,采用专用测试工具模拟电梯超速运行状态,检查限速器是否能在预设速度下准确动作,触发机械开关切断电源;通过空载或轻载工况下的限速器触发试验,验证安全钳能否可靠夹持导轨,使轿厢平稳制动且无明显冲击,同时检查联动电气保护的响应及时性。(2)超载保护装置检测通过逐步增加轿厢负载,验证装置的预警与保护功能,当负载超过额定载荷的10%时,超载报警器应及时发出声光警示,且电梯无法正常启动运行;同时检查称重装置的精度,确保载荷检测误差符合标准要求。(3)缓冲器检测根据类型采用不同方法,对于弹簧缓冲器,通过测量压缩行程与回弹时间,判断其缓冲性能是否达标;对于液压缓冲器,除检测缓冲行程外,还需检查液压油的油质与油位,测试缓冲器的复位速度,确保其能在受到冲击后有效吸收能量并恢复初始状态。紧急停止开关、轿厢应急照明与报警装置的功能检测也不可或缺,通过手动触发与断电测试,确认应急状态下的安全保障能力<sup>[3]</sup>。

## 3 新型电梯安全检测技术及应用

### 3.1 智能传感器

在现代电梯安全检测中,智能传感器通实时感知运行细微变化,为安全提供坚实保障。其工作原理依托微电子、信息处理与网络通信技术,可实时监测电梯运行中的速度、位置、载重、振动、温度及乘客行为等物理量与状态信息。比如,速度传感器通过电磁感应或光电转换,将运行速度转化为电信号或数字信号,精准测量不同阶段速度;振动传感器借助压电效应,在轿厢或驱动系统振动时,通过传感器内压电材料的电荷变化,检测振动幅度与频率。

智能传感器在电梯系统中分布于关键位置:速度传感器多装在曳引机或轿厢轮轴附近,直接获取速度信息;振动传感器安装在轿厢底部、顶部及驱动系统关键部件,全方位捕捉振动情况;温度传感器则置于电机、变频器等易发热部件,实时监测设备温度。这些传感器协同形成全方位监测网络,确保电梯各运行环节均处于有效监控中。在安全运行中,智能传感器作用不可替代。通过实时监测加速度、减速度及异常振动,一旦发现异常便触发报警,预防坠落、卡顿等事故。当电梯速度超安全阈值,速度传感器迅速传信号至控制系统,系统立即制动使电梯安全停止;温度传感器能监测设备状

态,发现过热及时报警,避免故障或火灾。日常运行中,它还精准定位与高效调度提供支持:利用激光测距、RFID等定位技术,精确计算电梯楼层与运动方向,快速响应乘客呼叫以减少等待时间;通过测量实际载重,优化调度策略,根据乘客分布调整停靠顺序,提升运输效率。

### 3.2 人工智能图像识别

电梯门系统作为与外界交互的直接界面,安全性至关重要。人工智能图像识别技术的出现,为其安全检测带来革命性变革,成为坚固的安全防线。该技术的应用,主要通过安装在轿厢内、外及门机附近的摄像头实现:电梯门开启或关闭时,摄像头快速捕捉状态图像,实时传输至后端智能分析系统。系统运用深度学习算法,如基于卷积神经网络(CNN)的图像识别模型,对图像中的门体轮廓、边缘特征及门缝等关键信息精准分析——模型先学习正常门关闭状态的图像特征并建立模型,新图像输入时与特征比对,若发现门体卡滞导致异常停顿、变形致使边缘不规则、门缝超正常范围等问题,立即识别并触发警报。

传统方法依赖机械触点开关、光幕传感器等硬件:机械触点开关长期使用易因磨损、氧化接触不良,出现误报或漏报;光幕传感器虽能检测门中间障碍物,却难以察觉门体结构异常与细微变形。而图像识别技术不受机械部件磨损影响,可从宏观、全面角度检测,不仅能判断门关闭状态,还能识别潜在结构问题。效率上,它可实时检测,每秒处理多张图像,远超人工巡检频率;且能自动分析图像,减少人为检测误差,大幅提升准确性与可靠性。

### 3.3 物联网与大数据分析

物联网与大数据分析技术的融合,为电梯安全检测带来变革。依托物联网技术,电梯不再孤立运行:通过传感器、RFID标签、摄像头等信息传感设备与互联网连接,形成庞大的电梯物联网网络。这些设备分布在电梯关键部位,实时采集海量运行数据,包括速度、加速度、位置、载重、温度、湿度、电流、电压等物理量数据,以及门开关状态、故障报警信息、维保记录等状态信息。借助4G、5G、Wi-Fi等无线通信技术,数据以高速稳定的方式传输至远程服务器或云端,实现集中存储与

管理。

大数据分析技术对采集的海量数据深度挖掘分析。运用数据挖掘算法、机器学习模型及统计分析方法,从杂乱数据中提取有价值信息与潜在规律:分析运行速度、加速度数据,判断电梯运行是否平稳,有无异常加速或减速;分析门开关时间、次数及关门力度,检测门机系统是否正常,是否存在门机故障或闭合不严等隐患;关联分析历史故障数据与当前运行数据,建立故障预测模型,提前预测故障类型与时间<sup>[4]</sup>。

实际应用中,二者结合优势显著。不少城市的商业综合体、住宅小区、写字楼等,已广泛应用基于物联网与大数据分析的电梯安全管理系统。例如某大型商业综合体,部署电梯物联网设备后,实现对数百部电梯的实时远程监控——管理人员通过手机APP或电脑终端,可随时查看每部电梯的运行状态、位置及参数。系统用大数据分析技术实时处理数据,若检测到某部电梯振动幅度超正常范围,立即发出预警,并通过数据分析初步判断可能是导轨磨损或轿厢连接部件松动所致。维修人员依据预警信息与故障分析报告,快速到现场针对性维修,避免故障扩大,保障商场运营与顾客安全。

结束语:本文全面梳理了电梯安全检测的传统与新型技术,明确传统技术凭借成熟性仍是检测工作基础,新型技术通过实时监测、智能分析突破传统技术局限,实现从“事后维修”向“事前预警”的转变。未来,应进一步推动传统与新型技术融合,优化检测标准体系,加强技术研发与人才培养,持续提升电梯安全检测的精准性与高效性。

### 参考文献

- [1]张传龙,董思源,王国华,等.基于深度学习的电梯层门安全检测关键技术研究[J].中国特种设备安全,2024,40(z1):27-30,35.
- [2]李园园,刘宁宁.电梯中的电气安全回路检测技术分析[J].电子技术,2025,54(1):198-199.
- [3]何楷,陈尊园.电梯安全性能的影响因素与检测技术分析[J].汽车博览,2024(19):34-36.
- [4]黄付军.电梯检验检测技术及过程安全管理[J].中国航班,2023(9):123-126.