

Analysis of Key Issues in Safety Contact Inspection of Elevator Door Systems

Zonglin Liao

Luzhou Market Inspection and Testing Center, Luzhou, Sichuan, 646000, China

Abstract

With the acceleration of urbanization, elevators have become indispensable vertical transportation tools in modern buildings. As a key link in the safe operation of elevators, the reliability of the safety contacts of the elevator door system directly affects the life safety of passengers. Based on the requirements of standards such as GB7588-2003 "Safety Code for the Manufacture and Installation of Elevators", this paper systematically analyzes the key technical issues in the safety contact inspection of elevator door systems, including contact structure design, material selection, installation process, aging failure mechanism, and optimization of inspection methods. By combining typical fault cases, the generation mechanisms of common defects such as poor contact, mechanical wear and insulation failure of contacts were discussed, and targeted inspection points and improvement measures were proposed, providing theoretical and practical references for improving the inspection efficiency and reliability of safety contacts in elevator door systems.

Keywords

Elevator door system Safety contact inspection Analysis of Key Issues

电梯门系统安全触点检验的关键问题分析

廖宗霖

泸州市市场检验检测中心，中国·四川泸州 646000

摘要

随着城市化进程的加速，电梯已成为现代建筑中不可或缺的垂直运输工具。电梯门系统作为电梯安全运行的关键环节，其安全触点的可靠性直接影响乘梯人员的生命安全。本文基于GB7588-2003《电梯制造与安装安全规范》等标准要求，系统分析了电梯门系统安全触点检验中的关键技术问题，包括触点结构设计、材料选型、安装工艺、老化失效机制及检验方法优化等方面。通过结合典型故障案例，探讨了触点接触不良、机械磨损、绝缘失效等常见缺陷的产生机理，并提出针对性的检验要点与改进措施，为提升电梯门系统安全触点的检验效率与可靠性提供理论与实践参考。

关键词

电梯门系统；安全触点检验；关键问题分析

1 引言

电梯门系统作为乘客与电梯的直接交互界面，其故障占电梯总故障的 40% 以上，而安全触点失效是导致门系统故障的主要原因之一。安全触点作为门系统电气安全回路的核心部件，其功能是在门未完全关闭或意外打开时切断电梯运行控制电路，防止剪切、挤压等安全事故。然而，在实际运行中，因触点氧化、机械疲劳、安装偏差等问题导致的触点失效事件频发，当前，电梯安全触点的检验仍以人工目视检查与万用表测量为主，存在检验效率低、隐性缺陷漏检等问题。随着 GB/T38595-2021《电梯电气安全触点可靠性技术规范》等新标准的实施，对安全触点的检验提出了更高要求。因此，深入分析安全触点检验中的关键问题，建立科学

的检验体系，对保障电梯安全运行具有重要意义。

2 电梯门系统安全触点的功能与标准要求

2.1 安全触点的结构与工作原理

电梯门系统安全触点主要包括层门触点（门锁触点）与轿门触点，通常采用常闭型电气触点结构，串联于电梯安全回路中。以层门门锁触点为例，其典型结构由静触点、动触点、弹簧压紧机构及绝缘外壳组成，如图 1 所示。当层门完全关闭时，动触点在门锁装置的驱动下与静触点紧密接触，形成电气通路；当层门开启或未锁紧时，触点分离，切断安全回路，使电梯无法运行。

安全触点的可靠性依赖于触点接触压力、接触面积及表面状态。根据 GB7588-2003 要求，安全触点应满足“强制导向”设计，即触点断开后必须通过机械方式保证可靠分离，且其断开距离不小于 1.5mm，触点材料需具备抗电弧腐蚀和耐磨性能，通常采用银合金或镀金触点。

【作者简介】廖宗霖（1987-），男，中国四川泸州人，本科，工程师，从事机电类特种设备检验检测研究。

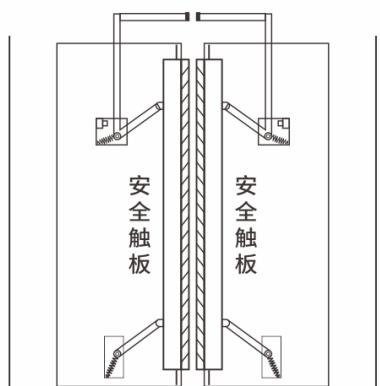


图 1：电梯门系统安全触点

2.2 相关国家标准与技术规范

电气安全要求：GB/T588-2003 第 14.1.2 条规定，安全触点的动作应满足“安全电路”要求，其触点断开后必须通过机械方式保持，且在正常工作条件下，触点的接触电阻应 $\leq 50m\Omega$ ，绝缘电阻 $\geq 1000\Omega/V$ （测试电压 500VDC）。

机械性能要求：GB/T38595-2021 规定，安全触点需通过 10 万次机械寿命试验，试验后触点磨损量应 $\leq 0.1mm$ ，接触压力衰减率 $\leq 20\%$ 。

环境适应性要求：触点需在 -10°C ~ 50°C 温度范围、湿度 $\leq 90\%RH$ 的条件下正常工作，且具备抗振动（频率 10~100Hz，振幅 0.15mm）和抗电磁干扰能力^[1]。

3 安全触点检验中的关键技术问题分析

3.1 触点结构设计缺陷与检验要点

3.1.1 触点接触压力不足

接触压力不足会导致触点接触电阻增大，引发发热与电弧腐蚀。某品牌电梯层门触点因弹簧疲劳导致压力从初始 2.5N 衰减至 1.2N，接触电阻从 30mΩ 升至 150mΩ，最终在运行中因过热烧毁。检验时需使用压力传感器测量触点初始压力，要求静触点对动触点的压力 $\geq 2N$ ，且弹簧压缩量需符合设计图纸（误差 $\leq \pm 5\%$ ）。

3.1.2 强制导向结构失效

强制导向结构是安全触点区别于普通触点的核心设计，若导向槽磨损或变形，会导致触点断开后无法保持可靠分离。2022 年某医院电梯因层门触点导向槽螺栓松动，触点断开距离从 1.8mm 缩减至 0.5mm，造成安全回路误导通。检验时需用塞尺测量触点断开距离，确保 $\geq 1.5mm$ ，并目视检查导向槽有无裂纹、变形，螺栓扭矩需达到 4~6N·m（依据 GB7588 附录 D）。

3.2 材料选型与老化失效机制

3.2.1 触点材料氧化与腐蚀

银合金触点在潮湿环境中易生成氧化银 (Ag₂O)，导致接触电阻升高。实验表明，在湿度 70%RH 环境下运行 1 年后，未镀金的银触点接触电阻可从 20mΩ 增至 80mΩ。检验时需使用 10 倍放大镜观察触点表面，若出现灰黑色氧化层，需用无水乙醇擦拭后复测电阻，若电阻仍 $> 50m\Omega$

则需更换触点。

3.2.2 机械磨损与疲劳

触点在频繁通断中会因摩擦产生金属碎屑，导致接触表面粗糙。某电梯运行 8 万次后，触点表面粗糙度从 Ra $0.8\mu m$ 增至 Ra $3.2\mu m$ ，接触面积减少 30%。检验时可采用表面粗糙度仪测量，或通过触点磨损量检测（允许磨损量 $\leq 0.1mm$ ），对于磨损超标的触点需及时更换^[2]。

3.3 安装工艺与调试偏差

3.3.1 触点对齐度偏差

安装时若动、静触点错位超过 0.5mm，会导致接触面积减小，局部电流密度增大。某项目因安装人员未使用定位工装，触点对齐偏差达 1.2mm，运行 3 个月后触点局部烧蚀。检验时需用直尺测量触点对齐度，要求横向偏差 $\leq 0.3mm$ ，纵向偏差 $\leq 0.2mm$ ，必要时使用专用工装校准。

3.3.2 接线端子松动

触点引线端子若未拧紧，会导致接触电阻增大（标准要求端子接触电阻 $\leq 20m\Omega$ ）。2024 年某写字楼电梯因触点端子螺丝松动（扭矩仅 1.5N·m），引发安全回路间歇性断开，电梯频繁急停。检验时需使用扭矩扳手检查端子扭矩，铜端子需达到 2.5~3N·m，铝端子需达到 3~4N·m，并采用色标标记防止松动。

3.4 绝缘失效与环境影响

3.4.1 绝缘外壳老化

触点绝缘外壳多采用聚碳酸酯 (PC) 材料，在紫外线或高温环境下易发生脆化。某露天电梯井道内的触点外壳因长期暴晒，绝缘电阻从 100MΩ 降至 2MΩ，导致漏电故障。检验时需用 500V 绝缘电阻表测量外壳绝缘电阻（ $\geq 1M\Omega$ ），并目视检查外壳有无裂纹、变色，必要时进行耐温测试（125°C × 1h 后无变形）。

3.4.2 环境粉尘与湿气影响

粉尘堆积会导致触点接触不良，而湿气会加剧氧化。某工厂电梯因车间粉尘进入触点间隙，接触电阻波动范围达 20~100mΩ。检验时需用压缩空气（压力 $\leq 0.2MPa$ ）清洁触点间隙，并用湿度计测量环境湿度（ $\leq 90\%RH$ ），对于高湿度环境需加装防潮加热器^[3]。

4 安全触点检验方法优化与新技术应用

4.1 动态接触电阻测试

传统静态测量仅能获取触点稳定闭合后的电阻值，无法捕捉通断瞬间的动态接触缺陷（如弹跳、电弧击穿）。动态接触电阻测试采用采样频率 $\geq 10kHz$ 的专用测试仪（如 HIOKI3561），在 100mA 恒定测试电流下，实时记录触点从分离到闭合全过程的电阻曲线，如图 2 所示。正常触点闭合时，电阻应在 5ms 内从无穷大骤降至 $\leq 50m\Omega$ 并保持稳定；若出现 $\geq 100m\Omega$ 的尖峰或持续波动（如 10ms 内电阻波动超 20mΩ），则表明存在接触压力不足或表面氧化。该技术通过捕捉毫秒级接触异常，将隐性故障检出率提升 30%，尤其适用于高速电梯（速度 $\geq 2.5m/s$ ）的触点检测，因其通断

频率更高，动态缺陷风险更大。

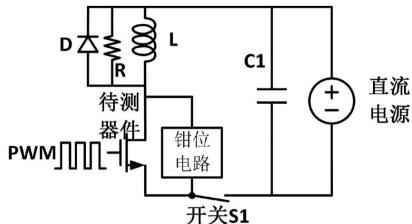


图 2：动态接触电阻测试示意图

4.2 红外热成像检测

红外热像仪（如 FLIR T1040，精度 $\pm 2^\circ\text{C}$ ）通过捕捉触点表面的红外辐射能量，生成温度分布云图，可直观定位接触电阻异常导致的局部过热。正常运行时，触点因接触电阻产生的温升 $\leq 30\text{K}$ （环境温度 25°C 时，表面温度 $\leq 55^\circ\text{C}$ ）；若局部温度超过 50°C （温升 $\geq 25\text{K}$ ），则提示接触电阻超过 $80\text{m}\Omega$ 。热成像检测可在电梯运行中非接触式实施，相比传统停机测量效率提升 5 倍，且能发现肉眼难以察觉的细微温差（如 1°C 偏差），尤其适用于隐蔽安装的轿门触点检测，解决了传统目视检查的盲区问题。

4.3 智能传感器监测

在触点内部集成压阻式压力传感器（精度 $\pm 0.1\text{N}$ ）与铂电阻温度传感器（精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ），通过 NB-IoT 或 LoRa 无线模块将数据传输至物联网平台。当接触压力从初始 2.5N 下降至 2.1N （衰减 16%）或温度超过 60°C 时，系统自动触发三级报警（预警、警告、故障）。此外，平台通过 AI 算法分析历史数据，建立触点寿命预测模型，将定期检修改为预测性维护，使触点更换周期误差控制在 ± 15 天内，同时减少人工巡检工作量，实现从“事后维修”到“事前预防”的转变。

5 安全触点检验的质量控制与改进措施

5.1 检验流程标准化

5.1.1 制定分级检验制度

日常巡检：以月度为周期，检验人员需使用 10 倍放大镜观察触点表面是否存在氧化层、电弧烧蚀痕迹或金属碎屑堆积，同时采用精度达 $0.1\text{m}\Omega$ 的毫欧表，在 100mA 测试电流下测量接触电阻（标准值 $\leq 50\text{m}\Omega$ ）。对于接线端子，需通过扭矩扳手复紧并确认铜端子扭矩保持在 $2.5\sim 3\text{N}\cdot\text{m}$ ，铝端子保持在 $3\sim 4\text{N}\cdot\text{m}$ ，防止因振动导致的松动。例如某小区电梯因月度巡检未发现端子轻微松动，3 个月后引发接触电阻骤升，这一案例凸显日常力矩复核的必要性。

大修检验：针对运行超过 5 年或故障频发的电梯，需进行 1000 次通断寿命模拟试验，通过表面粗糙度仪（精度 $\text{Ra}0.1\text{ }\mu\text{m}$ ）测量触点磨损量（允许 $\leq 0.1\text{mm}$ ），并对比试验前后接触电阻波动范围，确保性能衰减率 $\leq 15\%$ ^[4]。

5.1.2 建立检验追溯体系

采用二维码标签集成触点型号（如 ABBX2-N10）、生产日期、安装位置编码等基础信息，每次检验后通过手持终

端录入接触电阻、压力值等数据，形成时间序列电子档案。引入区块链分布式记账技术，将检验数据加密上链，利用哈希算法确保数据不可篡改，为责任界定提供精确依据。该体系使故障溯源时间从传统的 2~3 天缩短至 4 小时内，同时为触点寿命预测提供数据支撑。

5.2 人员培训与资质管理

检验人员需通过特种设备检验机构组织的触点专项培训，掌握触点结构原理、检验仪器操作（如压力传感器、红外热像仪）及标准规范。同时，建立检验人员技能考核机制，每两年进行一次实操考试，重点考核触点故障模拟与分析能力。

5.3 改进措施与技术创新

5.3.1 触点表面处理优化

采用纳米镀金技术对触点表面进行处理时，通过磁控溅射工艺在银合金基体表面形成 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 的纳米金镀层，该镀层晶粒尺寸控制在 $50\sim 100\text{nm}$ ，致密度较传统电镀金提升 3 倍，可有效隔绝氧气与触点基体的接触。金的标准电极电位 ($+1.52\text{V}$) 远高于银 ($+0.799\text{V}$)，在潮湿环境中难以形成电化学腐蚀，实验数据显示，纳米镀金触点在 $70\%\text{RH}$ 环境下运行 3 年，接触电阻波动幅度 $\leq 10\text{m}\Omega$ ，而传统镀银触点 1 年后电阻增幅超 50%。

5.3.2 灭弧装置升级

在触点间隙加装永磁灭弧栅时，利用钕铁硼永磁体（剩磁 $\geq 1.2\text{T}$ ）产生的轴向磁场，将触点断开时产生的电弧迅速拉长成螺旋状路径，电弧在磁场力作用下切割灭弧栅片，通过涡流效应加速能量耗散。实测数据显示，传统触点灭弧时间约 5ms ，电弧温度可达 3000°C ，易造成触点表面熔融烧蚀；而加装灭弧栅后，电弧在 1ms 内完全熄灭，触点表面温度降幅超 60%。某商场观光电梯因每日启停超 2000 次，原触点运行 6 个月即出现凹坑缺陷，升级灭弧装置后，连续运行 2 年未出现明显烧蚀痕迹，尤其适用于客流量大、启停频繁的场景，可使触点机械寿命提升 3~5 倍。

6 结论

电梯门系统安全触点的可靠性直接关系到电梯运行安全，其检验工作需从结构设计、材料性能、安装工艺及环境影响等多维度开展。通过分析触点接触压力不足、氧化磨损、安装偏差等关键问题，结合动态电阻测试、红外热成像等新技术应用，可有效提升检验的准确性与效率。未来，随着智能传感技术与物联网的发展，安全触点的在线监测与预测性维护将成为趋势，为电梯安全运行提供更坚实的保障。

参考文献

- [1] 黄煥,梁智,顾小玲.电梯紧急电动运行控制装置常见的3种电气设计方案对比[J].中国电梯,2025,36(04):23-26.
- [2] 裴古钱.模块化电梯控制系统的设计[J].上海电气技术,2024,17(01):83-87.
- [3] 陈洁.一种电梯层门和轿门锁触点的旁路装置[J].电世界,2023,64(05):51-55.
- [4] 吕增及,闻艳,何滨.对电梯标准规范中涉及门系统的一些条款的解读[J].中国电梯,2020,31(19):34-36.