

电梯制动器故障分析及其检验检测探讨

刘昶熠¹, 廖龙萍¹, 胡斌²

1. 湖南安卓特种设备科技有限公司常德分公司, 湖南 常德 415000

2. 湖南安广检验检测有限公司, 湖南 常德 415137

摘 要 : 随着城市化进程加速, 电梯作为高层建筑核心垂直运输设备, 其安全运行至关重要。本文对电梯制动器故障进行了分析, 从故障类型、故障原因以及故障检验检测策略等方面进行了论述, 全面研究定期拆解检查闸瓦磨损量、测量弹簧弹力与长度、用仪器检测线圈电阻等参数以及观察制动臂动作顺畅度并清洁润滑等方法。明确了各故障类型的表现及成因, 提出了针对性强的检验检测方法, 旨在解决因制动器故障引发的电梯运行安全隐患问题, 为保障电梯安全稳定运行提供了有力支撑。

关 键 词 : 电梯制动器; 故障; 检验检测

Analysis of Elevator Brake Failures and Discussion on Inspection and Detection Methods

Liu Changyi¹, Liao Longping¹, Hu Bin²

1. Hunan Android Special Equipment Technology Co., Ltd. Changde Branch, Changde, Hunan 415000

2. Hunan Anguang Inspection and Detection Co., Ltd. Changde, Hunan 415137

Abstract: With the acceleration of urbanization, elevators have become crucial vertical transportation equipment in high-rise buildings, and their safe operation is essential. This article analyzes elevator brake failures, discussing fault types, causes, and inspection and detection strategies. It comprehensively studies methods such as regular disassembly to check the wear amount of brake pads, measuring spring elasticity and length, using instruments to detect coil resistance and other parameters, observing the smoothness of brake arm movement, and cleaning and lubrication. The manifestations and causes of various fault types are clarified, and targeted inspection and detection methods are proposed. The aim is to address the potential safety hazards caused by brake failures in elevator operation and provide strong support for ensuring safe and stable elevator operation.

Keywords: elevator brake; failure; inspection and detection

在现代建筑体系中, 电梯的使用愈发广泛, 已然成为人们日常生活不可或缺的一部分。电梯的安全运行直接关系到乘客的生命财产安全, 而电梯制动器作为电梯安全系统的关键部件, 其性能的可靠性起着决定性作用。一旦制动器出现故障, 极有可能导致电梯制动失灵、轿厢意外移动等严重事故。然而, 在实际运行过程中, 受多种复杂因素影响, 电梯制动器故障时有发生。因此, 深入开展对电梯制动器故障的分析及其检验检测研究, 为提升电梯运行安全性、降低事故发生率奠定坚实基础。

一、电梯制动器故障类型

(一) 制动闸瓦磨损严重

随着闸瓦磨损程度不断加深, 其与制动轮之间的贴合度逐渐变差, 导致制动时闸瓦无法均匀施加压力于制动轮, 使制动力分布不均。在电梯制动过程中, 这种不均匀的制动力会使轿厢产生晃动, 不仅影响乘客的乘坐舒适度, 更可能导致电梯在制动时发生偏斜, 对电梯导轨和轿厢的机械结构造成额外的冲击和磨损。长期如此, 电梯导轨的磨损加剧, 出现变形, 影响电梯运行的垂直度和稳定性, 增加了电梯故障的风险。

(二) 制动弹簧失效疲劳

弹簧在电梯制动器中承担着提供稳定制动力的关键作用, 一

旦弹簧失效, 其无法产生足够的弹力推动闸瓦抱紧制动轮, 使电梯在制动时可能出现溜车现象。溜车不仅会导致电梯无法准确停靠在目标楼层, 还可能与井道内的其他部件发生碰撞, 损坏电梯设备^[1]。由于弹簧失效后制动力不足, 电梯控制系统可能会频繁尝试进行制动操作, 增加电梯能耗, 使电梯电机和其他电气部件长时间处于过载运行状态, 加速这些部件的老化和损坏, 缩短电梯的整体使用寿命。

(三) 制动器线圈短路断路

当线圈发生短路故障时, 电路中的电流会瞬间增大, 使线圈自身发热异常, 加速绝缘材料的老化和损坏, 导致电梯控制系统检测到异常电流信号, 触发保护机制, 使电梯意外停止运行。当线圈发生断路故障时, 电磁力无法产生, 制动器将无法正常工作

或闭合^[2]。在电梯运行过程中，如果线圈突然断路，制动闸瓦会立即抱死制动轮，导致电梯急停，对电梯的机械结构造成冲击，影响电梯门系统的正常工作，增加乘客被困的风险。

（四）制动臂卡滞无法动作

制动臂在电梯制动系统中起着传递制动力的关键作用，一旦卡滞，制动闸瓦将无法按照正常指令与制动轮实现有效接触或分离。在电梯需要制动时，闸瓦无法及时抱紧制动轮，导致电梯制动失效，引发电梯超速运行和严重的安全事故^[3]。在电梯正常运行时，闸瓦若不能完全脱离制动轮，会产生额外的摩擦阻力，增加电梯的能耗，加速闸瓦和制动轮的磨损，缩短它们的使用寿命。

二、电梯制动器故障原因

（一）长期频繁制动致闸瓦磨损

电梯作为高层建筑中人们日常使用的垂直交通工具，其运行特点便是频繁的启停。在每一次电梯到达目标楼层时，都需要依靠制动器进行制动操作，使轿厢平稳停下。而这一过程中，闸瓦与制动轮之间的摩擦是实现制动的必要手段。据相关研究表明，在一个普通的工作日，一栋繁忙写字楼中的电梯可能要经历数百次甚至上千次的制动操作，如此高频次的摩擦，会使闸瓦表面承受巨大的机械应力。从材料学角度来看，闸瓦通常由特定的摩擦材料制成，尽管这些材料具备一定的耐磨性，但在长期频繁的摩擦作用下，其表面的微观结构会逐渐发生变化^[4]。微小的颗粒会不断从闸瓦表面脱落，导致闸瓦厚度逐渐减小，表面平整度变差。而且，频繁制动产生的热量也是不可忽视的因素，每次制动时，大量的机械能会转化为热能，使闸瓦温度急剧升高。高温环境会加速闸瓦材料的物理和化学变化，降低其耐磨性能，加剧闸瓦的磨损程度，严重影响电梯制动系统的可靠性。

（二）弹簧受应力疲劳变形

电梯制动器中的弹簧，在电梯运行过程中起着至关重要的作用，它承担着提供稳定制动力的任务。在电梯正常工作时，弹簧需要频繁地进行压缩和伸展动作。当电梯启动时，弹簧被拉伸，使制动器打开；而在电梯制动时，弹簧收缩，推动闸瓦抱紧制动轮。这种周期性的应力变化，对于弹簧的材料性能是极大的考验。以金属材料制成的弹簧为例，在长期的交变应力作用下，其内部晶体结构会逐渐产生位错和滑移。随着时间的推移，这些微观结构的变化会不断积累，导致弹簧材料的疲劳损伤。相关实验数据显示，经过一定次数的应力循环后，弹簧的弹性模量会发生明显下降，这意味着弹簧的弹性性能减弱。电梯运行环境中的温度、湿度等因素也会对弹簧的疲劳寿命产生影响^[5]。在高温环境下，弹簧材料的原子活动加剧，更容易发生错位和滑移，加速疲劳进程；在潮湿环境中，弹簧表面可能会发生腐蚀现象，削弱其承载能力，最终导致弹簧因疲劳变形而失效，严重威胁电梯的制动安全。

（三）线圈绝缘老化或电流异常

随着电梯使用年限的增加，制动器线圈的绝缘材料会不可避免地出现老化现象。绝缘材料长期处于电磁环境和一定的温度条

件下，其分子结构会逐渐发生变化，导致绝缘性能下降。从电气原理角度分析，当绝缘老化后，线圈的绕组之间或绕组与铁芯之间的电阻值会发生改变，这可能引发局部放电现象。局部放电产生的高温和强电场会进一步破坏绝缘材料，形成恶性循环，最终导致线圈短路故障。电梯运行过程中，如果供电系统出现电压波动、谐波干扰等问题，会使通过线圈的电流发生异常变化^[6]。当电压瞬间升高时，根据欧姆定律，线圈中的电流会相应增大，这会使线圈发热加剧，加速绝缘材料的老化。过大的电流还可能导致线圈绕组过热烧毁，使制动器无法正常工作，严重影响电梯的安全运行和乘客的正常使用。

（四）异物侵入或润滑不足

电梯的运行环境较为复杂，尤其是在一些工业场所或建筑施工附近的电梯，周围环境中存在大量的灰尘、油污等杂质。这些异物很容易通过电梯的通风口、缝隙等部位进入到制动器内部，特别是制动臂的活动关节处。制动臂在电梯制动系统中起着连接制动闸瓦和驱动装置，并传递制动力的关键作用。当异物侵入到制动臂的关节部位后，会逐渐堆积形成污垢，增加关节活动的摩擦力。从机械原理角度来看，制动臂的正常转动需要关节部位具备良好的润滑条件，减小摩擦阻力。然而，若电梯维护保养不到位，制动臂关节处的润滑剂会逐渐干涸、流失，无法起到有效的润滑作用，此时，制动臂在转动过程中，金属表面之间直接接触，摩擦力急剧增大^[7]。长期处于这种高摩擦状态下，制动臂的连接销轴、轴承等部件会加速磨损，导致配合精度下降，进而引发制动臂卡滞现象。一旦制动臂卡滞，制动闸瓦将无法按照正常指令与制动轮实现有效接触或分离，严重影响电梯制动系统的性能，危及电梯运行安全。

三、电梯制动器故障检验检测策略

（一）定期拆解检查闸瓦磨损量

在拆解之前，专业技术人员需做好全面的安全防护措施，并严格按照电梯维护操作规程，确保电梯处于安全停运状态，防止在拆解过程中电梯意外启动。随后，小心拆除与闸瓦相连的相关部件，这要求技术人员具备精湛的操作技能，避免因操作不当对其他部件造成损坏。在闸瓦完全暴露后，使用千分尺或卡尺等高精度的测量工具，对闸瓦的厚度进行多点测量。之所以进行多点测量，是因为闸瓦在长期使用过程中，其磨损往往是不均匀的，单点测量无法准确反映整体磨损情况。通过在闸瓦表面选取多个具有代表性的测量点，能够获取更全面、精准的磨损数据。将测量所得的数据与闸瓦的原始规格参数进行对比分析，依据两者之间的差异，可精确判断闸瓦的磨损程度^[8]。若闸瓦的原始厚度为20mm，在多次测量后，发现多处测量点的厚度已接近或低于15mm，这便表明闸瓦磨损严重，需要及时更换。在拆解过程中，技术人员还应仔细观察闸瓦表面的磨损痕迹，判断磨损是否均匀，是否存在偏磨、划痕等异常磨损现象，这些细节信息对于深入分析闸瓦磨损原因、采取针对性改进措施具有重要意义。

（二）测量弹簧弹力与长度

在操作时，技术人员需先将电梯制动系统处于安全的可操作状态，防止弹簧突然释放造成危险。针对弹簧弹力的测量，可采用专业的弹簧测力仪。将弹簧一端固定在测力仪的挂钩上，另一端通过缓慢施加外力，模拟弹簧在电梯运行中的受力状态。在拉伸或压缩弹簧的过程中，测力仪会实时显示弹簧所承受的力值。依据电梯制动器设计标准中对弹簧弹力的规定范围，对比测力仪显示的数据，判断弹簧弹力是否在正常区间。某型号电梯制动器弹簧的标准弹力范围为500—600N，若测量结果显示弹簧弹力仅为400N，表明弹簧弹力不足，已出现疲软现象^[9]。而对于弹簧长度的测量，可使用精度较高的卷尺或直尺。在弹簧处于自然状态下，测量其两端之间的距离，并记录数据。将测量得到的弹簧长度与原始设计长度进行比对，若长度偏差超出允许范围，如设计长度为100mm，实际测量长度达到110mm，说明弹簧可能发生了永久变形。还应检查弹簧表面是否存在裂纹、锈蚀等缺陷，因为这些问题也会影响弹簧的性能，对电梯制动安全构成威胁。

（三）用仪器检测线圈电阻等参数

在开始检测前，务必切断电梯制动器的电源，避免触电事故发生。针对线圈电阻的检测，可选用专业的数字万用表。将万用表的表笔分别连接到线圈的两个接线端，此时万用表会显示出线圈的电阻值。不同型号的电梯制动器线圈，其电阻值有特定的标准范围。例如，某款电梯制动器线圈的标准电阻值为50—60 Ω ，通过万用表测量后，若电阻值远低于或高于这个范围，如仅为20 Ω 或高达80 Ω ，都表明线圈可能存在短路或断路故障。除了电阻值，还可借助专业的绝缘电阻测试仪检测线圈的绝缘电阻。将测试仪的测试端与线圈绕组以及铁芯分别连接，施加一定电压后，测试仪会给出绝缘电阻数值。良好的线圈绝缘电阻应在兆欧级别，若绝缘电阻过低，说明线圈绝缘性能下降，可能存在漏电风险。利用示波器检测线圈在通电时的电流波形，获取更多关于线圈工作状态的信息^[10]。正常情况下，电流波形应呈现稳定、规则的形状，若波形出现畸变或异常波动，意味着线圈可能受到电流异常的影响，存在潜在故障，需要进一步排查原因，确保电梯制动器电磁系统的可靠性。

（四）观察制动臂动作顺畅度并清洁润滑

在进行观察之前，技术人员要确保电梯处于手动盘车或检修运行模式，以便能直观地看到制动臂的动作情况。启动电梯运行，仔细观察制动臂在打开和闭合过程中的动作状态。正常情况下，制动臂应能迅速、平稳的动作，无卡顿、迟缓现象。若发现制动臂在动作过程中出现明显的停顿、抖动或无法完全打开、闭合，这就表明制动臂存在卡滞问题。为了确定卡滞原因，技术人员需对制动臂的活动关节部位进行检查。使用毛刷、压缩空气等工具，对关节处的灰尘、油污等异物进行彻底清洁。在清洁过程中，可明显看到堆积的污垢，这些污垢正是导致制动臂卡滞的常见原因。清洁完成后，使用专用的耐高温、高负荷的锂基润滑脂这一类润滑剂，对制动臂的销轴、轴承等关键部位进行均匀涂抹。涂抹时要确保润滑剂充分覆盖到各个摩擦表面，降低摩擦阻力^[11]。完成清洁润滑后，再次启动电梯观察制动臂动作，若动作

顺畅度明显改善，说明问题得到解决。在日常维护中，应定期进行此项操作，形成常态化的维护机制，保证制动臂始终处于良好的工作状态，确保电梯制动系统的稳定运行。

四、结束语

本研究全面剖析了电梯制动器常见的故障类型，包括制动闸瓦磨损严重、制动弹簧失效疲软、制动器线圈短路断路以及制动臂卡滞无法动作等。明确了长期频繁制动、弹簧受应力疲劳、线圈绝缘老化或电流异常以及异物侵入或润滑不足等是导致这些故障的主要原因。通过实施定期拆解检查闸瓦磨损量、精准测量弹簧弹力与长度、运用专业仪器检测线圈电阻等参数以及仔细观察制动臂动作顺畅度并做好清洁润滑等检验检测策略，能够及时、准确发现电梯制动器存在的潜在问题，并采取有效的措施加以解决。经实际应用验证，这些方法提高了电梯制动器故障的检测效率与准确性，保障了电梯的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 华逸晨. 电梯制动器故障分析及其检验检测研究 [J]. 机电工程技术, 2024, 53(6): 257-260.
- [2] 姚日勇. 电梯制动器的故障分析及其检验检测 [J]. 城市情报, 2024(21): 191-192.
- [3] 任昭霖. 关于电梯鼓式制动器失效形式的探讨和分析 [J]. 特种设备安全技术, 2023, (1).
- [4] 马其鹏. 电梯杠杆式鼓式制动器常见的机械故障及检验方法 [J]. 中国电梯, 2024, 35(1): 56-57, 60.
- [5] 郑良田, 何若泉. 电梯制动器回路防粘连和故障保护功能的检验方法 [J]. 中国电梯, 2023, 34(11): 29-30, 34.
- [6] 韩英武, 郑奎胜. 电梯制动器的结构原理及失效分析和检验检测 [J]. 中国特种设备安全, 2022(12): 67-71, 88.
- [7] 王超. 电梯制动器故障保护功能隐患分析及检验要点探讨 [J]. 中国特种设备安全, 2023, 39(9): 65-70.
- [8] 毕立龙. 基于机器视觉的电梯制动器故障检测方法研究 [J]. 中国机械, 2023(10): 116-119.
- [9] 段伟喆, 李华聪. 基于故障树的故障诊断专家系统研究 [J]. 科学技术与工程, 2009, (7).
- [10] 陈超, 王鹏程. 电梯检验过程中制动器常见问题分析及预防措施 [J]. 中国电梯, 2023, 34(9): 30-33.
- [11] 李杨. 电梯制动器常见失效形式与检验要点研究 [J]. 模具制造, 2023, 23(4): 130-132.