浅析电梯制动器常见失效形式与检验要点

吴雷
（宁波市特种设备检验研究院　浙江　宁波　315048）

摘要：文章针对电梯制动器管理问题，从制动器的主要类型和工作原理、常见失效形式和原因、电梯制动器的检验要点、失效防范措施和典型案例分析等方面进行探究。结果证实：落实日常维护保养，做好检验检测工作，必要时加装安全保护装置，能够有效地防止电梯制动器失效，从而保证电梯的安全运行。

关键词：电梯制动器；工作原理；失效形式；检验要点；防范措施

1　电梯制动器主要类型和工作原理

1.1　主要类型

目前常见的电梯制动器主要分为 3 类：

（1）闸瓦式制动器。该制动器由制动电磁铁、制动臂、制动瓦块、制动衬垫等组成。电磁铁通电后，克服制动弹簧，促使制动臂展开，制动闸瓦脱离制动轮，曳引系统就能运行。电磁铁失电后，在制动弹簧的作用下，制动闸瓦处于闭合状态，制动闸瓦和制动轮摩擦产生制动力矩。

（2）块式制动器。块式制动器和闸瓦式制动器的结构、原理相近，不同点在于块式制动器的制动瓦直接固定在制动块上，并没有制动臂构件。

（3）盘式制动器。该制动器由电磁线圈、弹簧和摩擦盘等组成。盘式制动器的重量轻、体积小且灵敏度高，多用在承载量较大的高速电梯中。

1.2　工作原理

电梯静止时，曳引电动机、电磁制动器均没有电流通过，此时电磁铁芯间没有吸引力，制动弹簧压制制动瓦块，促使制动闸瓦抱紧制动轮，电机无法旋转。曳引电动机通电后，制动电磁铁线圈也通电，此时电磁铁芯磁化吸合，在制动臂作用下推出制动弹簧，制动闸瓦张开并脱离制动轮，电梯就会运行。电梯到达目标楼层，曳引电动机、电磁制动器又会失电，制动闸瓦再次抱紧制动轮。

2　常见失效形式和原因

2.1　失效形式

电梯制动器结构复杂，使用过程中存在失效风险，且后果比较严重。一项调查统计了 112 起电梯事故，其中：剪切 / 挤压事故 38 起，占比 33.9%；冲顶 / 坠落事故 51 起，占比 45.5%；撞击、触电、困人、着火等其他事故 23 起，占比 20.5%。

2.1.1　剪切 / 挤压事故

某次挤压事故中，调查发现电梯驱动主机的电磁铁芯、线圈铜套内存在黑色粉状物，制动器闸瓦严重磨损，制动臂不能完全展开。根据调查分析，得出事故原因：黑色粉状物的存在，导致制动器铁芯运动不畅；制动臂不能完全展开，闸瓦抱闸运行时严重磨损。电梯平层时，因制动闸瓦严重磨损，和制动轮没有抱紧，制动动力不足，在牵引力下溜车，从而造成挤压事故。

2.1.2　冲顶 / 坠落事故

冲顶或坠落事故虽然伤害小一些，但极端情况下也会造成人员伤亡，而且电梯设备的损坏更严重。某次冲顶事故中，调查发现制动器的电磁铁释放轴定位螺钉没有拧紧，释放杆没有取下，制动器开闭过程中释放轴随之转动，电磁铁衔铁、制动器释放轴反复碰撞，造成衔铁运行受阻。事故前电梯处于维修状态，运行至 1 楼，失电状态下制动臂无法向内运动，闸瓦无法抱紧制动轮，制动器失效并加速向上运行，从而造成冲顶事故。

2.2　失效原因

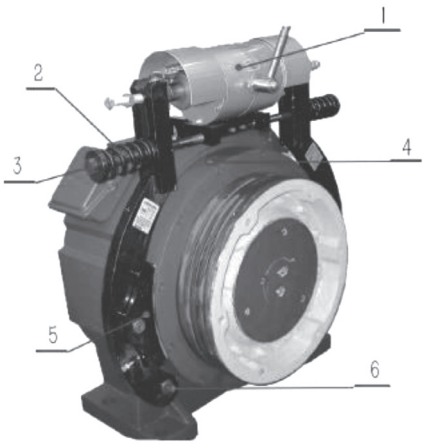
2.2.1　机械问题

电梯制动器机械问题主要体现在以下几个方面：

（1）零部件磨损老化。我国使用的电梯，在启动或停止时几乎都是零速度抱闸。电梯运行时，曳引机提供足够的力矩后，制动器才会松闸；制动衬垫离开制动器后，才能上升或下降。正常状态下，闸瓦等零部件的磨损较小；但在紧急状态下，制动器失电闭合，闸瓦和制动轮之间的摩擦力较大，制动衬垫就会发生磨损，久而久之制动力降低。另外，制动轮表面生锈、有污渍，制动铁芯变形，也可能造成制动器失效。

（2）构件运行卡阻。在闸瓦制动器中，制动臂连接部位的销轴卡阻，会影响制动臂完全展开，此时电梯处于带闸工作状态；再加上制动衬垫磨损，因制动力不足就容易溜车。再来看制动弹簧，它的作用是增强制动力，如果弹簧本身的弹性出现问题，造成制动力过大或过小，甚至发生变形，闸瓦无法提供正常的制动力，也会引起制动器失效。

以图 1 所示的抱闸结构为例。铁芯磨损、制动闸瓦磨损、调节螺母松动、制动弹簧的弹力下降、制动轮存在油污和制动销卡阻等，均会降低制动能力，甚至造成制动器失效。



1- 铁芯；2- 制动弹簧；3- 调节螺母；4- 制动轮；5- 制动闸瓦；6- 制动销

图 1　电梯制动器抱闸结构示意图

2.2.2　电气问题

电气问题主要体现在以下几方面：

（1）触点意外连接：①在控制回路中，2 个触点意外连接，在电梯停止运行时，制动器得电，结果轿厢上下运行；②在控制回路中，2 个接触器的 1 个触点出现问题，始终处于吸合状态，不仅提高了电梯事故风险，还会威胁维修人员的安全。

（2）电磁铁电力偏低。在电网欠压、电池线圈温度升高的影响下，会造成电磁铁的磁力降低，制动器无法正常工作，甚至失效。

（3）系统设计问题。根据设计要求，电梯停止运行时，制动器应能保证在 125% 的额定载荷情况下，使轿厢保持静止、位置不变。对于一些老式电梯，因设计标准低，电梯本身可能存在质量缺陷，也是制动器失效的原因之一。

2.2.3　管理问题

从管理角度看，导致电梯制动器失效的原因主要有：①日常运营管理中，忽视了制动器的内部维护管理，采取的措施不符合维护标准；②对制动器管理时，忽视了细节问题，没有详细记录制动器的运行参数数据，无法为检修提供支持；③技术人员的工作责任心不强，或个人知识能力有限，对电梯进行检修维护流于形式，没有及时发现故障隐患，小问题最终引起大事故。

3　检验要点

基于电梯制动器的常见故障问题，从机械系统、电气系统和动力系统三个方面总结检验要点如下。

3.1　机械系统检验

检查制动器的灵活度，看润滑是否正常，如果润滑不良，适当补充润滑剂；发现制动器表面有油污，及时擦拭干净，避免运行受阻；如果发现结构卡阻，对卡阻结构进行逐一排查，直至消除卡阻现象。然后处理部件故障，主要有：

（1）制动器故障。检验部件磨损程度，如发现间隙过大、露出铆钉，应该及时更换；处于轻中度磨损的部件，标记部位并定期检验，根据磨损发展情况适时更换。

（2）制动弹簧故障。弹簧故障主要是压力变大或变小，会影响制动闸瓦的运行，可通过分析制动闸瓦的受力特征来判断弹簧是否出现故障，确定故障后及时更换。

（3）电磁线圈故障。在开闸瞬间评估线圈磁力，如果磁力小于弹簧力，说明线圈发生故障，及时排查解决。

3.2　电气系统检验

对电梯制动器的电气系统进行检验，关键点如下。

（1）检验制动器是否正常动作，在特定条件下，看制动器能否完成预定动作。

（2）制动器动作时，检验制动臂的展开大小，看微动开关的动作是否在设计范围内。

（3）制动器释放状态下，检验弹簧压紧长度是否在设计范围内，制动力矩是否在设计范围内。制动力矩的检验通常采用以下几种方法：一是使用力矩扳手，二是利用系统预设的力矩确认程序，三是空载运行时，检查紧急停止时轿厢的制动距离；

（4）制动器动作时，检验控制接触器是否正常，看继电器有无断路等。

（5）对比电气结构和原理图，看实际运行时有无不合理之处，或者接触不良、线路粘结等问题。

（6）检修时，电梯正常运行状态下，按下制动器电磁圈的接触点，然后制停电梯；反向启动如果电梯不运行，说明制动器的控制接触点互相独立，满足制动标准要求。

3.3　动力系统检验

动力系统检验，能发现制动器动力不足问题，确保制动力满足规范标准。检验要点包括：

（1）电梯在空载状态下，从 1 楼向顶楼运行，运行期间切断电源，看制动器能否促使轿厢制停；

（2）电梯在 125% 的核定载荷下，从顶楼向 1 楼运行，运行期间切断电源，看制动器能否促使轿厢制停；

（3）检验制动力时，还要考虑到曳引轮、钢丝绳、制动弹簧的运行情况。

4　失效的防范措施

4.1　落实日常维护保养

依据《电梯维护保养规则》（TSG T 5002-2017），对制动器的保养要求主要是：销轴部位可灵活动作，间隙符合设计要求，铁芯磨损量不能超过规范要求，制动能力达标等。日常维护保养时，外观尺寸等指标容易检测，但内部铁芯具有隐蔽性，应该从铁芯数量、使用年限、更换标准等方面入手，及时消除风险点。

此外，日常维护保养还要做到：①制定完善的维护计划，明确责任人的职责；②对维护工作进行监督，发现维

护存在的问题，提出有效的纠正措施；③有问题的零件及时更换，避免严重磨损、老化、腐蚀引起制动失效。

4.2　做好检验检测工作

依据《电梯监督检验和定期检验规程》（TSG T 7001-2009），对电梯制动器的检验工作提出明确要求，例如制动器要灵活动作，制动轮表面不能有油污，电梯运行时制动闸瓦和制动轮之间不能有摩擦，以及空载制动检查、125% 额定载荷制动检查等。

现场检验检测时，技术要点包括：①电梯制动后，检查制动闸瓦的表面温度，检查制动闸瓦周围是否有异味、碎屑，检查制动器销轴转动是否灵活，检查动作间隙大小是否达标，等；②分析制动器动作时的灵活程度，还能反映出内部铁芯的好坏，如果制动器提起 / 释放时不同步，就要怀疑铁芯出现问题；③蜗轮蜗杆式电梯，还要检查有无漏油问题，如果蜗杆上的润滑油甩到制动轮上，会降低制动力引起失效风险。

4.3　加装安全保护装置

在部分老旧住宅区、商业建筑中，电梯使用寿命超过 15 年，制动器各部件的运行性能明显降低，并不满足“向制动轮施加制动力的制动器，机械部件应该分为两组装设”这一要求，成为制动器失效的原因之一。对于这种情况，可以加装安全保护装置，例如加装上行超速保护装置、轿厢意外移动保护装置。以后者为例，电梯到达平层，此时层门和轿门打开、乘客进出，在故障因素影响下，如果轿厢不受控制移动，该装置能及时停止轿厢移动，避免发生剪切 / 挤压事故、冲顶 / 坠落事故。

5　典型案例分析

5.1　事故概况

2020 年 7 月，某住宅小区发生一起电梯坠落事故，导致一名乘客重伤。该电梯的驱动主机是由电动机、曳引轮、减速箱、联轴器和制动器组成，使用年限为 17 年，之前未进行过大修改造。事故发生前 1 周，进行日常维护保养，但近 3 天的电梯机房巡检记录缺失。

5.2　事故原因分析

事故发生后，调查分析人员通过现场勘查，发现机房控制柜的各个回路正常；安全接触器和厅轿门接触器良好吸合，触点通断正常；制动轮上没有明显油污；曳引轮表面没有严重磨损；减速箱蜗轮蜗杆未见明显异常。随后拆解制动器，分别进行控制回路测试、带闸盘车试验。

（1）控制回路测试时，发现控制回路中的 BRK1 接触器的 2 个触点 1L1 和 2T1 接触不良，如图 2 所示。

（2）该制动器的组成结构中，没有故障保护功能，见图 3。技术鉴定时，技术人员发现制动器闸瓦下方堆积有制动衬碎屑、铆钉碎屑。带闸盘车试验时，对制动器闸瓦进行拆解，发现制动衬垫、铆钉均严重磨损。手动盘车试验，证明曳引机制动力矩严重不足，导致电梯向上溜车。

综上，得出事故的原因是：制动器控制回路中，一个接触器的 2 个触点接触不良，而且没有故障保护功能，制动器失效时无法及时监测到。电梯运行时，曳引机带闸运行，造成制动衬垫严重磨损。

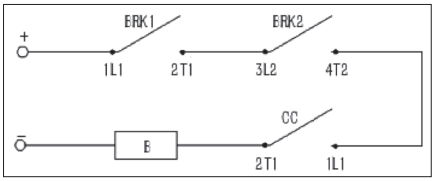


图 2　制动器控制回路示意图

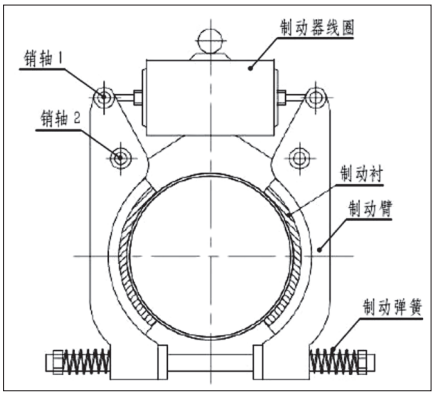


图 3　制动器的组成结构示意图

5.3　防控措施建议

针对本次电梯制动器失效事故，总结防控措施建议如下：

（1）按照《电梯维护保养规则》，规范开展日常维护保养工作，重点是检查制动器闸瓦有无堆积异物，检查控制电路的接触器动作情况，看各个触电的导通性是否良好。

（2）不论是住宅小区，还是商业建筑，作为电梯使用单位，应对电梯运行进行安全管理，包括：明确管理责任人，做好巡检工作；加强安全宣传教育，增强使用者的安全意识，掌握必要的防护知识；一旦发现异常，例如闻到异味、听到异常声响，及时通知维保单位处理。

（3）针对公共场所，例如医院、商场、学校、车站、体育馆等，对于运行时间超过 10 年的电梯进行安全评估，根据评估结果确定是否继续使用，或者采取技术改造、大修、报废等措施。

6　结语

综上所述，制动器是电梯的重要组成部分，制动器失效主要是机械、电气和管理等问题引起的。文章结合电梯事故案例，开展调查分析和测试工作，结果证实是控制回路触点接触不良、制动衬垫严重磨损所致。基于此，提示相关单位落实日常维护保养，做好检验检测工作，加装安全保护装置，防止制动器失效引起的事故，保证电梯安全运行。

参考文献：

[1] 谈丽娟．电梯制动器故障保护功能的实现和检验 [J]．特种设备安全技术，2022(01)：37-39.

[2] 陈龙．电梯制动器检验、日常维护保养及失效案例分析 [J]．中国设备工程，2020(24)：61-62.