

电梯限速器结构设计及其失效机理分析

桑浩

(山东省特种设备检验研究院集团有限公司 山东 济南 250101)

摘要：在电梯运行超速、失控等故障发生时，限速器能够快速动作将电梯轿厢制动停止，防止损坏设备及危害人身安全。本文从电梯限速器的结构设计出发，结合电梯事故实例对故障成因进行了分析，总结了限速器常见失效原因及处理方法，进而归纳了电梯维护保养的相关有效措施，进一步保证了电梯维修与检验检测的科学性，为指导电梯检验、分析电梯事故成因提供了有效的借鉴。

关键词：电梯限速器；结构设计；失效原因；保养措施

0 引言

随着城镇化的不断发展，国内高层建筑越来越多，电梯作为高层建筑的重要运输设备，与人们的生活息息相关。电梯属于特种设备，长期不间断运行会增大电梯的故障概率，特别是在某些温差大、潮湿、雨雾环境下，电梯的金属结构、电气系统、安全部件的腐蚀速度更快，这会大大降低电梯的使用寿命，导致电梯故障，造成安全事故^[1]。电梯限速器是电梯的主要防护设备，是当电梯发生超速时对电梯和乘梯人员进行有效防护的重要防护屏障。以下通过对限速器故障成因进行分析，归纳出其主要的构造缺陷，以增强现场检查人员、使用单位、电梯维修人员对电梯的安全认知，从而提高检验检测工作和维护保养工作的质量，降低或消除安全隐患，防止类似问题的重复发生。

1 电梯限速器的分类

限速器是保证电梯安全升降的重要组成部件，它的作用是监测电梯的运行速度，当到升降速度达到设定值时，限制器的安全钳便开始工作，电梯轿厢在安全钳的制动下减速并停止运行^[2]。按运行原理划分，电梯分为摆锤式和离心式两类，如下表所示。

摆锤式限速器绳轮上固定有凸轮机构，它能驱动摆锤沿凸轮轮廓线进行摆动，由此可控制摆锤的速度、频

率和幅度。在旋转速度到达预定范围后，连接在摆锤上的制动机构会触发制动功能，使得绳轮停止运转。

离心式限速器的基本原理：连杆连接两个甩块，每个甩块各自绕枢轴旋转，从而使两个甩块同时动作，限速器绳轮在竖直面转动，甩块与螺旋弹簧连接，当轿厢升降速度超出设定的速度上限时，在离心力作用下，甩块被抛出并触发超速开关^[3]。此时，限速器上的棘爪与该棘轮相接触并开始动作，限速绳在安全钳的作用下开始减速直至停止转动。

2 电梯限速器设计

2.1 双向摆锤式限速器总体设计

目前市面上的双向限速器主要是靠离心力引发动作的，属于离心式限速器，其制造和维修费用都比较高。由表格对比发现，摆锤式限速器结构简单，制造和维护费用低廉，但常用于低速电梯中。以双向摆锤限速器为实例（图 1），当双向摆锤限速器下降时，钢丝绳带动绳轮旋转，而凸轮和棘轮则随着绳轮一起旋转。在正常的工作状态下，与摆动块连接的触发轮沿凸轮轮廓线移动，而在摆动块的另一端设有调速弹簧，该调速弹簧可调节限速器的动作速度。触发轮紧贴凸轮，摆动块上的棘爪与棘轮不接触。在电梯运行超速时，随着凸轮速度加快，摆动块的动作幅度也变大，从而使触发杆触碰到电气开关，当电气开关关闭后，就会立即切断电梯的控制线路，

使电梯制动。如果电气控制系统无法使电梯停止动作，则电梯下降速度会继续增大，摆动块的工作振幅也会增大，此时棘爪与棘轮上的轮齿发生啮合，限速器会被强行停止，限速器绳索拉着安全钳的操纵杆控制安全钳动作。当电梯上升时，绳轮反方向旋转，

表 电梯限速器的分类及适用范围

种类		适用速度	安全钳	使用特点	
摆锤式	上摆杆凸轮棘爪式	1m/s 以下	瞬时式	结构简单，制造维护方便，缺乏可靠的夹绳装置，常用于低速电梯	
	下摆杆凸轮棘爪式				
离心式	甩块式	刚性夹持式	1m/s 以下	渐进式	夹持力不可调，工作时对钢丝绳损伤较大
		弹性夹持式	1m/s 以上	渐进式	工作时对钢丝绳损伤小，多用于快速电梯
	甩球式		多种速度	渐进式	结构简单可靠，反应灵敏，用于快速和高速度电梯

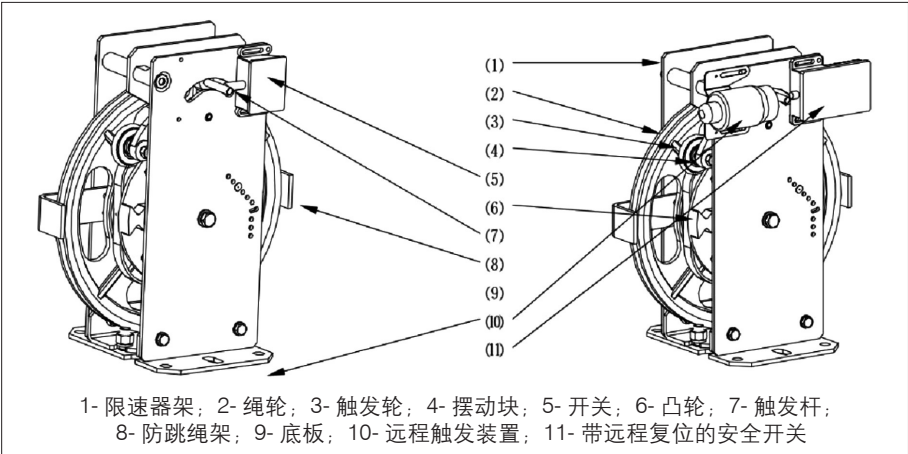


图 1 双向限速器结构图

其制动原理与电梯下降时是一样的。

2.2 限速器绳轮设计

限速器绳轮一般作为标准件进行采购使用，常用品牌为西子奥的斯 250 型号，如图 2 所示，与此型号绳轮相匹配的限速器绳直径为 8mm，并且绳轮的节圆径与钢丝绳直径之比不得少于 30^[4]，绳轮轮槽与限速器配合尺寸如图 3 所示。



图 2 西子奥的斯 250 型绳轮

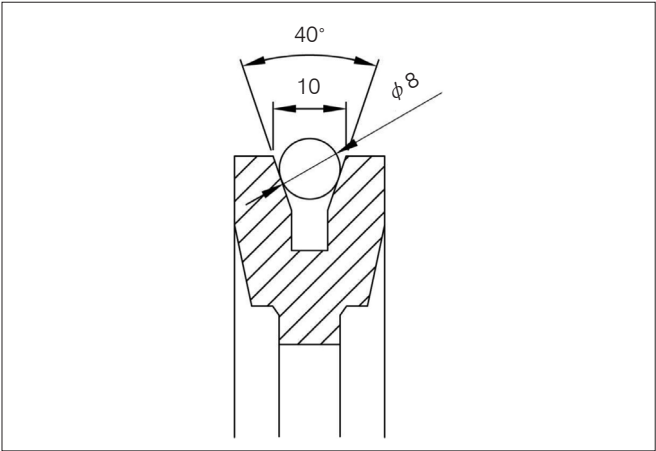


图 3 绳轮轮槽与限速器配合尺寸

2.3 钢丝绳设计

钢丝绳的作用是连接限速器与安全钳，通常随着轿厢上下移动。当电梯超速运行时，限速器绳轮被卡死，产生的摩擦力导致钢丝绳停止动作，而此时轿厢在惯性的作用下继续运行，轿厢与钢丝绳之间便发生相对运动，钢丝绳便会启动安全钳，以保证电梯轿厢被锁紧^[5]。电梯钢丝绳通常每根为 6 ~ 8 股，中间为挠性芯棒，起到支撑、固定和储存润滑剂的作用，该芯棒主要是由聚丙烯或聚乙烯组成

的人造纤维。

2.4 棘轮结构设计

棘轮的棘爪装置主要有齿式、摩擦式两种，每种又可划分成不同的类型。在摆锤式限速器中，主要由棘轮与棘爪的啮合作用起到制动效果。棘轮齿数 Z 在设计时与其最小转角有关，单动式棘轮机构棘轮每次转动的角度为：

$$\sigma=\frac{360^{\circ}k}{Z}$$

式中：Z — 棘轮的齿数；
k — 棘爪一次推动的齿数。

3 限速器常见失效原因及处理方法

3.1 机械运动部件失效

机械运动部件失效是最常见的失效情况。限速器通常被设置在电梯机房下方，电梯维保人员在保养过程中往往会忽视对限速器的清洗保养。钢丝绳保养过程中会加入润滑剂，而长时间在井房中运行，井房中的灰尘沾满钢丝会形成油渍，长时间不清洁便会变成油泥，在钢丝绳的运行过程中，这些油渍、油泥会不断在限速器机械部件中积累，从而增加了钢丝绳运行的摩擦力，使限速器无法在指定的动作范围动作。

处理方法：造成这类故障的主要原因是维保工作不完善。可以在限速器上安装防护罩，使其整体保持洁净；当发现限速器和限速器钢丝绳上有油污时，应立即清除，清理后在转动中轴加注油脂，在传动轴上加入润滑油，修复摩擦受损部位；对运转不畅的旋转轴进行除锈和清洁。根据本人多年检测经验，在例行检查时，常常会看到从中轴流出来的黄油凝结后造成传动部件滑动不畅，此时应及时清理掉油污，调整滑板压簧^[6]。当油污和泥垢妨碍了制动器工作时，要把绳轮的槽口转动部件完全清理干净，如此便能解决机械运动部件失效问题。

3.2 电气开关失效

电气开关失效故障常出现在摆锤式限速器中，当摆

杆触头与电气安全装置触杆之间设置的距离不合适时,触杆会妨碍到限速器的动作,从而导致限制器无法起到制动效果。

处理方法:在日常检测和维修时,绝对不能调整已经测试好并固定的电气安全装置的固定螺栓位置,也不能改变其前、后、左、右各方向的角度。若发现此限速器运行速度超出规定时,应首先将电气安全装置的触杆取下,测量机械的运行速度,若仍超出范围则需通过调节拉簧以调节速度。

3.3 机械运动部件强度不足

通常情况下,甩块式限速器会出现该类故障,尤其是渐进甩块式限速器,如果棘爪的机械强度不够,在多次发生制动动作后,棘爪边沿会产生损伤,使得棘爪无法再起到啮合作用,导致限速器丧失制动功能。

处理方法:因机械零件的强度不足,导致电梯的限制器不能正常工作,只需在日常维护中多检修,一旦发现问题立即进行维修,替换强度符合要求的零部件即可^[7]。

4 限速器失效案例及其失效原因分析

4.1 案例 1

2021 年 6 月,在对潍坊市某高层小区一台额定速度为 1.5m/s 的电梯进行检验检测过程中,以人工驱动限速器连杆模仿限速器动作,在执行限速器-安全钳联动测试时,限速器棘爪处于不动作状态,联动实验失败。

失效原因分析:经实地观察和分析,并与电梯使用单位、维修单位等工作人员沟通,得知在该案例中所使用的限速器为离心甩块式。检查发现,小区电梯井房内相对比较干净,但限速器显然已经长时间没有清洁。该案例中失效原因为,维保工人保养不到位,只一味频繁地在限速器机械部件上涂抹润滑剂,钢丝绳在与涂满润滑剂的限速器接触中,将附带的灰尘不断地携带进槽轮中形成油泥。卸下绳轮检测发现,钢丝绳、槽轮和压绳块间的空隙已被油污堵满,使得限速器棘爪无法动作^[8]。

4.2 案例 2

济南市某行政大楼电梯的额定速度设置为 1.75m/s,当检测电梯限速器的转速时发现,达到速度上限时限速器没有工作。对限速器零部件进行油污清理,并人工模拟操作,检查发现该限速器仍然不能正常工作。进一步检查,现场没有发现锈蚀和机械磨损现象,但限速器安装不牢靠,整体晃动。

失效原因分析:案例 2 中的限速器故障是由于限速器安装不牢靠,限速器发生倾斜,致使限速器棘爪和棘轮发生错位现象,不能进行有效啮合。限速器底座不稳定是维修和装配中最常见的问题,因此在日常的检验检测中,不能只检查限速器自身情况,还要注意环境的影响。

5 电梯维护保养举措

5.1 检测、检验双保险

电梯的维护与检验检测是相辅相成的。维护保养是检验检测的前提和基础,检验检测过程中发现的问题,也必须通过维护保养进行整改。对电梯检查进行科学的划分,明确政府检验职责与企业安全主体责任,进而加强对电梯的技术监管,强化电梯使用单位和维保单位自行检测责任,可以更好地发挥检验检测对电梯的安全状况的诊断作用^[9]。

5.2 电梯维护保养的变革

为了保证电梯使用的安全性和可靠性,应依据安全条件和工作情况,对维保的内容、周期进行科学的设计。通过建立电梯维护工作的评价指标,包括旅客最关注的故障率、停梯时间、救援时间等,引导使用单位、维护单位由注重维护流程转换为注重维保效果,最大程度地保障电梯运行的安全可靠。

6 结语

综上所述,限制器-安全钳可在电梯发生超速、失控等故障时起到安全保护的作用,但由于电梯的特种设备属性,其由多种机械零部件和电气零件构成,发生故障的原因也多种多样,安全隐患比较多。维保和检验检测人员应当按照相关技术标准和技术要求,做好维修和检测,并对发现的问题进行妥善处理、及时整改,尽量消除安全隐患,确保限速器的工作效能,保证电梯安全高效运行。

参考文献:

- [1] 翟悦皓,吴佩龙.电梯检验中安全钳和限速器相关问题探讨[J].中国设备工程,2022(16):149-151.
- [2] 王森强.限速器-安全钳联动失效的分析与思考[J].质量技术监督研究,2022(03):29-31.
- [3] 周丽娜,许芦君,汪俊伟.几则限速器-安全钳联动失效案例引发的思考[J].中国特种设备安全,2022,38(02):51-53+80.
- [4] 王振.电梯限速器检验问题及解决对策[J].设备管理与维修,2022(04):52-53.
- [5] 龚萍.电梯限速器检验存在的常见问题与解决策略探析[J].中国设备工程,2021(24):160-161.
- [6] 杨新洲.电梯限速器常见问题及校验技术创新[J].现代制造技术与装备,2021,57(12):166-168.
- [7] 余承鹏.电梯检验中安全钳和限速器相关问题探讨[J].中国设备工程,2021(23):189-190.
- [8] 张胜.解析电梯定期检验中限速器安全钳联动机构故障[J].设备管理与维修,2021(16):66-67.
- [9] 张辉.一种电梯限速器安全钳受力情况的检验方法[J].质量技术监督研究,2021(04):5-6+10.