

某城市地铁塞拉门关键故障与检修分析

陆春锦¹ 周爱萍¹ 李海静²

(1. 南京交通职业技术学院, 江苏 南京 211188;

2. 中车南京浦镇车辆有限公司, 江苏 南京 210031)

摘要: 城轨车辆车门系统作为城市轨道交通车辆设备的重要组成部分, 其工作状态的稳定性与城轨车辆的安全运行密切相关。本文通过对目前地铁车辆中广泛使用的电动塞拉门的结构与工作原理进行分析, 结合某城市地铁车辆运行过程中的塞拉门故障进行统计与梳理, 分析出关键的故障模式以及检修方法, 并结合工程实际提出相关改进意见。

关键词: 车门系统; 故障; 检修

城市轨道交通车门系统作为车辆结构的重要组成部分, 关系到乘客上下车的速度与列车的运行安全。由于车辆中车门数量多、使用率高、结构复杂, 其故障率远高于列车其他设备[1, 2]。因此, 本文针对某城市地铁车辆的车门系统故障进行统计与分析, 总结归纳常见故障, 并提出具有可行性的改进措施, 对提高列车车门的可靠性与安全性具有重要意义。

一、电动塞拉门结构与工作原理

(一) 电动塞拉门的结构

电动塞拉门的组成包括车门悬挂及导向机构、驱动装置、左右门页、安全装置、车门密封装置等机械部件, 以及由电子门控单元(EDCU)、电气连接、负责监测的各类行程开关、指示灯等电气部件。具体见图1和表1所示。

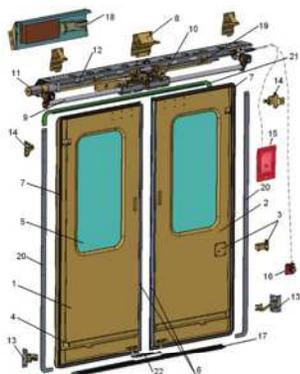


表1 塞拉门结构部件名称

序号	部件	序号	部件
1	左门页	12	驱动丝杆
2	右门页	13	摆臂组件
3	切除装置	14	平衡轮
4	下导轨	15	紧急出口装置
5	门窗	16	紧急入口装置
6	护指胶条	17	门槛
7	周边胶条	18	EDCU
8	安装支架	19	上导轨
9	导柱	20	侧密封压条
10	携门架	21	上密封压条
11	直流电机	22	嵌块/下档销

(二) 电动塞拉门的工作原理

塞拉门的工作路径是开门时, 门页开始进行横向+纵向的复

合运动, 然后沿着车体外侧滑行道完全打开位置; 当门完全关闭时, 门页与车辆外表面平齐。其具体的工作原理如图2所示。

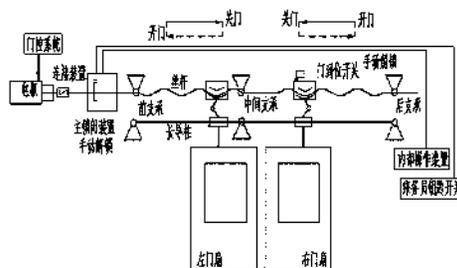


图2 塞拉门工作原理示意图

车门具有开关门、紧急解锁、故障门隔离、障碍物探测、安全联锁回路等安全保护功能。

开关门功能: 当列车在站台规定位置停稳时, EDCU将收到零速信号与开门使能信号, 若此时由司机按压开门按钮或全自动驾驶模式下发出开门指令, 车门系统的运动由EDCU控制, 由电机驱动锁闭装置与丝杆螺母连接, 丝杆上的螺母通过传动杆与携门架相连, 携门架在长导柱上滑动, 带动门页移动, 实现门页的开门与关门动作, 在车门开启与关闭的过程中, EDCU还将起到监测和安全保护的功能。具体动作过程如图3和图4所示。



图3 车门开门动作过程



图4 车门关门动作过程

紧急解锁: 在客室车门内部和外部设置了紧急解锁装置, 用于紧急情况下对客室车门进行解锁开门动作, 非紧急情况下禁止操作。在列车速度大于零时, 操作解锁后车门不允许打开, 一旦操作解锁装置, 车门保持一个关紧力, 并执行紧急制动, 当车速为零后, 被操作紧急解锁的车门可以手动打开, 此功能的核心部件是车门制动器。

故障门隔离: 门页具有车门故障隔离功能, 每套门具有门隔离锁, 以实现车门故障后能退出安全回路, 不受列车控制系统控制, 车门被切除后指示灯持续明亮, 并被机械锁闭, 其中的核心部件为隔离开关。

二、电动塞拉门常见故障统计与分析

城市轨道交通车门系统包括有司机室内的隔间门、司机室侧门、紧急逃生门和客室内的客室门。通过对某城市轨道交通车辆近三年的711条故障分析得出, 司机室侧门故障数量为11起, 隔间门数量为16起, 紧急逃生门未使用, 无故障记录, 客室门故障数量为684起。因此本文重点针对客室电动塞拉门做进一步分析。

根据电动塞拉门的结构与工作原理, 将电动塞拉门分为5个系统, 分别是悬挂导向系统、驱动锁闭系统、电气控制系统、内外操作系统、门扇基础系统。结合故障原因分析与处置措施, 对以上5个子系统的故障进行统计, 具体故障比例与故障数量分布如图5所示。

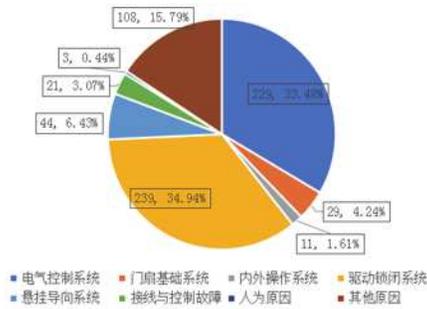


图5 电动塞拉门故障数量分布图

除了上述五个系统的故障以外，另整理出以下三种故障分布情况，皆不计入以上车门五大子系统以内，分别为：

1. 接线与控制故障：由于线束的松动磨损、个别接触器故障或开关按钮故障从而导致车门控制故障。只需更换故障元器件即可。
2. 人为原因：在出行高峰期由于乘客拥挤导致触发列车防夹功能。
3. 其他原因，主要为偶发故障，即在站台重新开关门后故障现象自动消除或列车回库后，无故障记录，检查后无故障现象，工作人员持续跟踪观察。

通过对比，在5个子系统中，电气控制系统与驱动锁闭系统故障次数最多。因此，本文将对该两个系统做进一步的故障分析。

（一）电气控制系统故障分析

将电动塞拉门的电气部分主要组成：电子门控单元（EDCU）、S1锁到位开关、S2隔离开关、S3紧急解锁开关、S4关到位开关，做进一步整理分析。其中，EDCU故障数量最多，共发生161起，S1和S4开关故障数量分别是34和33起。具体故障分析如下：

1. EDCU故障分析与处理

EDCU故障主要是工作异常导致功能失效，主要原因为EDCU本身设备故障或者内部软件不匹配导致。其故障现象主要表现为DDU显示单个车门故障、车门意外触发防夹功能、运行过程中报告非法开启产生紧急制动等，在运行过程中，司机通常按压重新开关门按钮、重启门控器等方法尝试恢复故障，若处理无效，则通过四方钥匙操作门隔离旋钮，切除该故障门，并挂上故障帘，待完成本次运营之后回库检修该故障。

针对由于EDCU车门软件不匹配而导致的功能失效问题提出建议为：（1）在车门的安装与调试阶段，选用与车门软件相匹配的EDCU。在后续运营中，持续关注车门软件的更新情况，并及时做出相应调整。（2）由于涉及到车门软件问题，并不能排除为软件运行故障导致，生产厂商应完善软件的兼容性以及自身的容错性。

针对EDCU自身故障，通过分析发现多数故障现象在回库后未重现，且无故障记录，初步判断此类故障原因来源于EDCU受到电磁干扰、列车震动导致偶发性线路接触不良或EDCU稳定性存在问题，需长期观察，并和生产制造厂保持联系，进一步提升EDCU运行的稳定性和可靠性。

2. 行程开关的故障处理

行程开关中故障率较高的是S1锁到位开关和S4门关到位开关，其中隔离开关S2和锁闭开关S3故障次数较少。接下来对S1和S4进行系统分析。

在正常情况下，当车门关闭并锁闭到位后，S1、S4开关应可靠松开，常闭触点闭合给司机提供安全互锁信号。但由于S1、S4开关的弹簧变形、不回弹、断裂导致EDCU无法接收到信号，从而导致车门显红，司机可通过重新开关门尝试缓解，若处置无效，则需通过操作隔离开关隔离该车门，回库后由相关维护人员做换件处理。

部分车型中将S4开关的功能合并至S1中，通过双控开关实现车门关闭和锁闭的功能，行程开关安装在门机构上，其安装尺寸将直接影响车门障碍探测功能。因此在车门日常维护作业中，需要定期对行程开关尺寸进行测量与调整，具体步骤如下：

①通过车门控单元EDCU上的维护按钮开关车门一次，使车门处于完全关闭状态，利用游标卡尺测量左右携门架组建中直线轴承套筒间的距离，假设测量值为X。

②通过操作紧急解锁旋钮将车门打开，然后单手将携门架向关门方向慢慢推动，当听到行程开关刚好吸合的声音后停止，用游标卡尺测量左右携门架中直线轴承套筒的间距，假设此时测量值为X1。

③X1-X的值应满足4mm-7mm的尺寸要求，如不符合，可通过松开行程开关的固定螺栓进行调整，如果尺寸大了向左调整，尺寸小了向右调整，直至满足尺寸要求。

（二）驱动锁闭系统故障分析

驱动锁闭系统主要是由驱动电机、传动丝杆、传动螺母、锁闭装置、坦克链、铰链组成。通过统计得出车门制动器故障尤为突出。因此本文将对车门制动器做进一步探讨。

门系统的锁闭原理是制动器允许电动机双向自由旋转，从而限制丝杆往开门方向运行，电机安装在制动器的主动轴端，丝杆安装在制动器的从动轴端。车门正常工作时，电机带动丝杆旋转，实现门的开合。

某城市地铁线路中多采用35C型车门制动器，35C型制动器的单向制动功能是靠圆柱滚子、丝杆连接轴凸轮面和套来实现的。丝杆连接轴凸轮面的均分精度、套的尺寸精度和圆度要求会影响制动器单向制动效果。在实际运营中，某城市地铁线路多发生由于车门制动器故障而导致车门意外触发防夹、车门非法开启、车门回弹、车门显红、开关门时制动器异响等问题。针对此类故障，地铁运营公司一般采用直接更换车门制动器，并将其送回厂家检修。

三、结语

通过对某城市部分地铁线路运营过程中车门故障的统计分析，得出该线路电气控制系统以及驱动锁闭系统故障率较高，建议研究人员针对以上两个系统展开科研工作以提高其可靠性；其次，分析得出“车门显红”“车门异响”等为车门常见故障现象。其中，“车门显红”的故障现象主要是EDCU内部通信故障、EDCU与门控软件不匹配等导致的，对此技术人员应进一步提高EDCU软件的可靠性，并定期进行软件的版本的更新，以降低此类事故的发生次数，减少地铁车辆运营故障的产生；另外“车门异响”故障现象主要是由于车门制动器在运动过程中的异响，以及车门尺寸参数不适合造成的，针对车门制动器，通过上述分析，应该在1-3月期间加强对车门制动器维护作业，及时更换有隐患的制动器，在有条件的基础上可以考虑对制动器进行设备改进升级；针对车门尺寸参数不合适，需要定期进行车门尺寸参数的测量与调整。

参考文献：

- [1] 周爱萍, 薛淑胜, 卫妍, 陆春锦. 基于故障树的城轨车辆塞拉门系统故障与检修[J]. 中国新技术新产品, 2021(15): 56-59.
- [2] 邱志华, 彭建武. 城市轨道交通车辆构造[M]. 北京: 人民交通出版社, 2021: 71-79.

基金项目：

- 南京交通职业技术学院科研基金项目（项目编号：JZ2106）
江苏省高职院校青年教师企业实践培训项目（项目编号：2021QJSJ050）
江苏省大学生创新创业训练计划项目（项目编号：202112804025Y）