

# 轨道交通高架站屏蔽门防雷浅议

张宇飞, 伍瑞林

(广州市气象局, 广东 广州 511430)

**摘要:**对建设中的广州某高架段屏蔽门系统的防雷设计进行分析,并结合施工实践,建议高架段的屏蔽门系统应与走行轨等电位连接,而走行轨通过轨电位限制器接地,以确保人身安全。

**关键词:**屏蔽门;雷击;接地

## 1 屏蔽门系统(PSD)作用

2003年6月,中国第一条安装有站台屏蔽门的广州地铁2号线开通,其良好的效益受到全国各大中城市认可,后续开通的线路均安装或计划安装屏蔽门系统<sup>[1-3]</sup>。屏蔽门系统(PSD)的主要作用是将列车轨行区和站台隔离,防止乘客坠轨发生意外或跳轨自杀。

除了保障乘客进出列车时的绝对安全之外,安装屏蔽门还可以避免司机进站看到站台复杂情况时的紧张情绪,有利于进站操作。而且屏蔽门可以减少空气对流,有助于站台环境控制系统对温度的调控,节省能源。经测算,屏蔽门系统(PSD)可以使站台空调设备的耗能降低30%,节能效果显著。对乘客来说,屏蔽门可以降低列车运行噪音,使站台更显简洁美观,营造舒适的候车环境。

## 2 防雷接地设计分析

屏蔽门系统(PSD)是乘客上下车必经的通道设施,是典型的机电一体化设备。由于它的安装位置靠近走行轨,当雷击车站附近的接触网时,很可能成为雷电的侵入途径,造成人员伤亡。故屏蔽门系统(PSD)的防雷接地研究是高架段防雷安全的重要一环。

以广州21号线朱村站、象岭站的屏蔽门结构为例,其纵向组合总长度为116 m,主要由门体、门机、电源与控制等4个部分组成。初步设计中其防雷接地的要求是:屏蔽门门体与大地绝缘安装,屏蔽门门体整体等电位连接并与钢轨等电位电气连接。在站台侧,以及端门两侧及端门两侧设备房外墙敷设绝缘层。绝缘层对大地的绝缘值不得小于0.5 M $\Omega$ 。

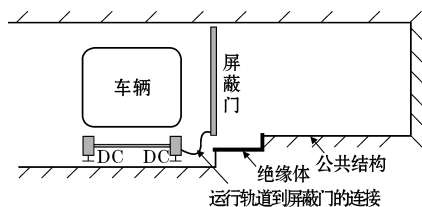


图1 屏蔽门设置示意图

广州地铁线路采用的列车均为钢轨车辆,列车使用DC1500V的柔性接触网供电,走行轨作为回流轨直接接到牵引变电所,为防止杂散电流对地下管线以及混凝土结构钢筋形成电腐蚀,钢轨与大地之间是绝缘的,在初步设计中钢轨、扣件和轨枕间设有绝缘缓冲垫板,扣件和轨枕之间设有绝缘套管,其绝缘电阻值大于 $10^8 \Omega$ 。这就导致列车外壳与大地之间存在电位差,车辆车体存在0~120 V(超过了36 V的安全电压)的电压。屏蔽门安装在站台边缘,紧挨着列车,乘客上下车时很容易同时接触车体金属物与屏蔽门金属部件,特别是大客流站的高峰期,由于拥挤可能会有较长时间的接触。这种直流电压有引起乘客伤害或者不适的可能,所以《城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范》<sup>[4]</sup>要求,屏蔽门应与回流轨等电位连接,门体与钢轨连接导线电阻值不大于0.1  $\Omega$ 。

同时,为防止地铁的杂散电流对车站建筑和高架桥梁混凝土钢筋的腐蚀作用,降低和消除其危害因子,必须采取防护措施<sup>[5-6]</sup>。在《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》<sup>[7]</sup>中规定:对站台屏蔽门采取与车站建筑结构间绝缘安装,以防止牵引供电系统的杂散电流通过屏蔽门系统腐蚀车站结构。建议参考广州地铁4号线的做法,其屏蔽门系统使用0.9 m宽绝缘地板直接作为站台装修完成面,施工方案简单,绝缘效果好,方便巡查和维护。绝缘敷设目的一是为保证乘客的安全,二是抑制杂散电流。

## 3 轨电位限制器

是否绝缘安装屏蔽门就排除了电击危险,答案是

否定的,原因有两个方面:其一,绝缘层对大地的绝缘值不得小于 $0.5\text{ M}\Omega$ 不容易实现。其二,当遭受雷击或与接触网短接的时,轨电压会急剧提升。

在广州的二三月份,冬春转换季节,冷空气走后,暖湿海洋气流迅速北上,致使气温回升,空气湿度加大。暖湿空气遇到温度较低的物体表面,如地面墙面,空气中的水汽遇冷凝结成水滴,附着在物体表面,就像出水一样。这就是南方著名的“回南天”现象。“回南天”在广州相当严重,这与广州靠海,空气湿润有关。

此时,各种电器容易潮湿短路故障,地铁车站特别是高架车站容易吹入南风的地方,屏蔽门的对大地的绝缘值急剧降低。此外,灰尘污渍的积聚,绝缘介质(地板石材)的裂隙,清洁工清洁打扫拖地遗留水滩,乘客无意泼洒的液体,都可能降低屏蔽门的绝缘等级。

另外,屏蔽门安装时,由于各种专业各项工序交错进行,或进度要求,施工管理有困难,其施工质量难以保证长时间的绝缘安全值。



图2 屏蔽门施工现场环境 1



图3 屏蔽门施工现场环境 2

笔者现场拍摄的照片见图2~图3,前期施工环境恶劣,砂石铁件废料多,绝缘部位易受污染;屏蔽门的施工在整个站的工序中排得较前,施工完后还有其他

专业的进场施工,容易破坏其绝缘性能。

当列车停站时,雷击车站附近的接触网,雷电流通过接触网-列车车体-走行轨-屏蔽门系统(PSD)的途径,此时如屏蔽门绝缘性衰退,极可能发生雷击安全事故。另外,当列车牵引系统故障导致走行轨与接触网短接时,屏蔽门系统(PSD)绝缘性达不到要求,也即产生触电安全事故。

根据成都地铁1,2号线的运营经验,在屏蔽门绝缘下降或者完全破坏时,会有大量的牵引电流通过等电位连接线从钢轨进入屏蔽门,出现屏蔽门之间或内部出现打火和拉弧的现象,损坏屏蔽门中的相关设施,并存在火灾事故隐患<sup>[8]</sup>。他们的解决方案是取消屏蔽门与钢轨的等电位连接线和在屏蔽门门体不锈钢外露部分粘贴绝缘膜。但这个方案不能解决雷击和走行轨与接触网短接时,车体高电压对屏蔽门金属的击穿放电,不适用于易受雷击的高架车站。

笔者认为,除加强保障屏蔽门系统(PSD)的绝缘性能外,在走行轨上设置轨电位限制器能较好解决这个问题。将走行轨通过轨电位限制器连接至车站接地母排接入车站强弱电综合接地网。接地示意图如图4所示。在走行轨电位正常的情况下,轨电位限制器和走行轨始终保持开路状态,一旦走行轨电位超过阈值(如设置为 $90\text{ V}$ )时,轨电位限制器立即动作将走行轨短接入车站综合接地网。虽然将牵引供电系统的回流轨接入车站地网时不可避免的产生大量杂散电流,但考虑到设计原则:当接地设计与杂散电流防护设计发生矛盾时,优先考虑接地安全,是合理的,体现安全运营,以人为本的宗旨。通过安装轨电位限制器,不仅切断了雷击侵入车站内部直击伤人的一个途径,还提高了面对牵引供电系统故障过电压的防护阈值。

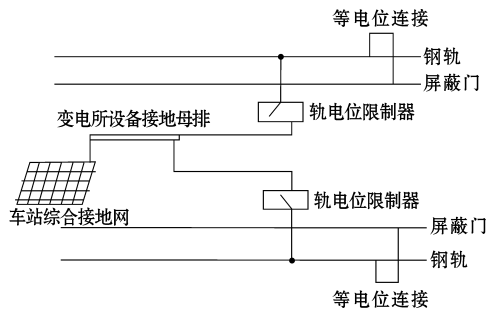


图4 轨电位限制器设置示意图

为解决正常工作电压情况下,屏蔽门绝缘失效时的泄漏电流问题。目前常见有两种做法。一是屏蔽门与走行轨连接采用自动控制连接方式,实时检测屏蔽门在打开时间与钢轨之间电压值,当电压值超过一定的设定值(常规设定 $25\text{ V}$ )后自动将连接线缆接通,当低于设定值后断开,这样即保证了乘客的安全又在一

定程度上降低了杂散电流对车站结构钢筋的电腐蚀。二是在等电位连接电缆上串联泄漏电流监控电路,实时监测屏蔽门泄漏电流,准确掌握屏蔽门绝缘状况,及时处理屏蔽门绝缘故障缺陷。而当屏蔽门发生严重接地故障时,迅速合上轨电位限制装置,将钢轨电位降为地电位。同时操纵等电位电缆分合器断开连接,切断故障电流,防止屏蔽门发生打火,保证乘客安全。

## 4 结论

(1)杂散电流会通过屏蔽门对车站主体结构造成电化腐蚀影响,屏蔽门系统(PSD)的金属部分应采取绝缘安装,对大地的绝缘值不得小于 $0.5\text{ m}\Omega$ 。日常需注意及时清污和按时检测,保障屏蔽门的绝缘水平处于安全范围。

(2)雷电或牵引供电系统的操作过电压会通过走行轨入侵屏蔽门系统(PSD),对接触人员造成不利影响,走行轨应与屏蔽门系统(PSD)进行等电位连接并通过轨电位限制器接地。

## 参考文献:

- [1] 胡志辉,叶霞飞,蔡蔚.城市轨道交通屏蔽门系统的适用性[J].城市轨道交通研究,2002,3(1):17-19.
- [2] 陈绍章.地下铁道站台屏蔽门系统[M].北京:科学出版社,2005:17-23.
- [3] 孙增田.屏蔽门系统在地铁中的应用前景[J].都市快轨交通,2005,2(1):33-36.
- [4] CJJ 183-2012《城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范》[S].
- [5] 巫俊威,卜俊伟,潘波,等.地铁屏蔽门系统的防雷与绝缘关联性研究[J].高原山地气象研究,2013,33(2):74-77.
- [6] 王珩.地铁屏蔽门系统的供电电源方案与绝缘接地措施[J].铁道机车车辆,2001,(4):27-29.
- [7] CJJ49-1992《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》[S].
- [8] 刘永红.成都地铁屏蔽门绝缘问题及处理[J].铁路工程学报,2014,(4):117-120.