

地铁屏蔽门绝缘安装相关问题探讨

杜宏民¹ 吕馨² 高莉萍² 黄少山³

(1. 北京市轨道交通建设管理有限公司 北京 100037; 2. 北京城建设计研究总院有限责任公司 北京 100037; 3. 松下电工(中国)有限公司 北京 100025)

摘要 论述屏蔽门在城市轨道交通系统中的重要作用,指出需要高度重视屏蔽门的接地和绝缘系统的可靠性。通过分析目前城市轨道交通站台屏蔽门系统的绝缘结构,阐述其在施工、运营中存在的问题,提出相应的处理建议和措施,包括确定合理的绝缘指标、尽量避免外界干扰、加强施工质量控制等。

关键词 地铁;屏蔽门;绝缘;钢轨;等电位联结

中图分类号 U231.8 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2012)01-0078-04

随着我国科学技术和城市化的发展,选择轨道交通来改善交通条件已成为当前城市建设的重要特征和发展趋势。从广州地铁2号线首次应用屏蔽门系统开始,屏蔽门系统在节能、改善地铁车站站台乘客区的环境条件和提高城市轨道交通系统安全性等方面取得的成效已得到广泛认可,自此屏蔽门系统技术在国内城市轨道交通系统中得到了推广和应用^[1]。

轨道交通直接服务于乘客,对安全性要求很高,如何提高线路安全性成为整个系统设计和施工的关键。屏蔽门作为轨道交通的一个重要组成部分,同时也是乘客上下车的主要通道设施,其安全性尤为重要。屏蔽门作为一个新兴的行业,相关的课题研究和论著并不多。为此,通过实践经验的总结,介绍当前地铁屏蔽门的绝缘、接地系统结构,探讨其在施工、运行中存在的问题及处理措施等,从而为相关专业人员在工程设计和实践中提供参考。

收稿日期: 2011-05-25 修回日期: 2011-07-04
作者简介: 杜宏民,女,硕士,北京地铁6号线电扶梯、屏蔽门、动力照明专业主管,duhongmin@beijing2008.cn.
重点工程: 北京市重点建设项目(20102746)

1 地铁屏蔽门的绝缘系统

1.1 屏蔽门与地绝缘的原因

地铁列车一般采用直流牵引供电系统,并把钢轨作为回流排,直接连至牵引变电所。为了避免杂散电流对地下金属管线和混凝土结构钢筋等造成电腐蚀,钢轨与大地是绝缘的^[2]。因此,钢轨与大地之间可能产生较大的电位差,使地铁列车的车体外壳存在电位。

屏蔽门安装在站台边缘,与列车车体之间的距离很近,乘客上下车时极有可能同时接触到列车车体外壳和屏蔽门门体。为保证足够的强度,屏蔽门门体立柱和门框均为金属材质(大部分地铁线路屏蔽门的外露金属材料采用不锈钢,部分线路采用铝合金),列车车体外露材质也类似。在上下车过程中,乘客可能同时接触到两种不同电位的金属材质,如图1所示。由于列车车体的外壳可能存在较大电位,使得车体与屏蔽门间可能会出现电位差,给上下车的乘客造成危害或带来不适。为此,从理论上讲,地铁屏蔽门系统需要采用满足绝缘电阻要求的绝缘安装。

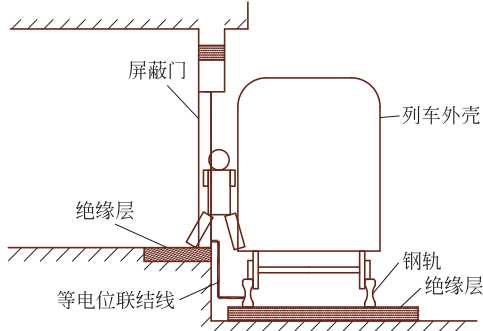


图1 屏蔽门与列车位置关系和电位关系

1.2 屏蔽门的绝缘结构

地铁屏蔽门系统由机械和电气两部分构成,其中机械部分包括门体结构和门机系统。根据 CJ/T 236—2006《城市轨道交通站台屏蔽门》第5.3.6节的要求,

门体与车站结构之间的绝缘电阻不小于 $0.5\text{ M}\Omega^{[3]}$ 。当前,一般门体结构的顶部和底部采用绝缘套、绝缘橡胶及空气间隙等方式进行绝缘安装,同时把站台边缘距离屏蔽门一定范围内设置为绝缘区域,其绝缘做法是:在站台装修层下敷设绝缘层,或者直接将站台地面装修层设置为绝缘层,即铺设绝缘地板,以实现屏蔽门门体与大地之间的绝缘,避免跨步电压对人体造成危害。电气系统一般通过隔离变压器使屏蔽门电源系统与市电的大地实现绝缘隔离,隔离电阻不小于 $5\text{ M}\Omega^{[3]}$ 。

在北京市轨道交通建设的初期,站台装修层下敷设绝缘层的线路较多,如图 2 所示。

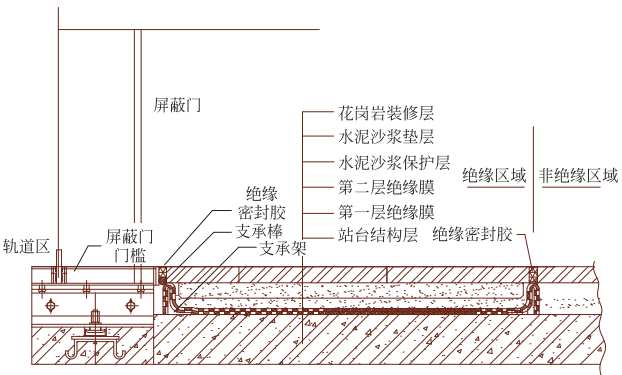


图 2 站台装修层下敷设绝缘层

目前,北京市轨道交通建设多使用铺设绝缘地板的做法,如图 3 所示。在每座车站站台边缘距离屏蔽门一定范围内设置绝缘地板,其设置宽度通常为:屏蔽门站台侧 $900\sim1\,500\text{ mm}$ (宽),屏蔽门端门两侧 $1\,500\text{ mm}$ (宽),敷设高度为站台结构板至站台装修完成面。



图 3 铺设绝缘地板的效果

2 屏蔽门与钢轨等电位联结

2.1 等电位联结的原因

从本文第 1.1 节的分析中可知,由于列车门体与屏蔽门之间可能存在影响乘客人身安全的电位差,采

取的措施之一是使屏蔽门对地绝缘安装,理论上既能避免杂散电流通过屏蔽门腐蚀车站建筑结构,又能保障乘客上下车的人身安全。然而,实践中的情况是,绝缘安装很难达到屏蔽门对地绝缘电阻不小于 $0.5\text{ M}\Omega$ 的要求,必须采取更进一步的措施。通用的做法是将屏蔽门门体与钢轨进行等电位联结,消除屏蔽门与列车门门体之间的电位差。该做法避免了乘客上下车过程中在屏蔽门门体与列车门门体之间可能形成的接触电压和跨步电压,但带来新的问题是将走行轨或列车门门体的电位直接传导到静止并与乘客直接接触的屏蔽门,如果绝缘安装没有达标,则加大了乘客可能触电的危险性,同时杂散电流也通过屏蔽门可能腐蚀车站的建筑结构。

由此可以看出,屏蔽门既要绝缘安装,也要与钢轨进行等电位联结,而以可靠的绝缘安装更为重要。

2.2 钢轨可能存在的电位值

对于走行轨回流的地铁直流牵引供电系统,在正常运行状态下,供电分区内列车运行时,走行轨中流过牵引负荷电流,走行轨产生对地电位。钢轨对地电位的大小主要受牵引供电电压等级、列车参数、运营组织、牵引负荷电流、牵引所间距、走行轨对地过渡电阻的均衡程度等因素的影响。

当发生某些故障时,可能会引起走行轨对地电位的陡升,如接触轨与走行轨发生金属接触短路、直流设备发生框架泄露故障等。当列车停靠站台、乘客进出车厢时会触摸金属车体,且当人多拥挤时乘客身体接触车体的时间还会较长。此时,如果走行轨上出现过电位,乘客有受到电击的危险。

为了降低车体与地之间的接触电压和跨步电压,一般在设有牵引变电所的车站和车场设置钢轨电位限制装置。《地铁设计规范》第 14.7.13 条中规定:“当杂散电流腐蚀防护与接地有矛盾时应以接地安全为主。”^[4]依据此原则,当钢轨电位限制装置检测到钢轨电位大于设定值时,钢轨电位限制装置将走行轨与变电所接地母排连接起来,释放高电位以保证乘客的安全(如图 4 所示),这是国际上通用的一种保护人身安全的防护措施。

《城市轨道交通技术规范》第 8.1.12 条第 4 款中规定,“在正常运营条件下,正线回流轨与地之间的电压不应超过 $\text{DC}90\text{V}$ ”^[5],钢轨电位限制装置的动作电压一般设置为 $\text{DC}90\text{V}$ 左右,因而 $\text{DC}90\text{V}$ 即为钢轨可能存在的最高电位值。

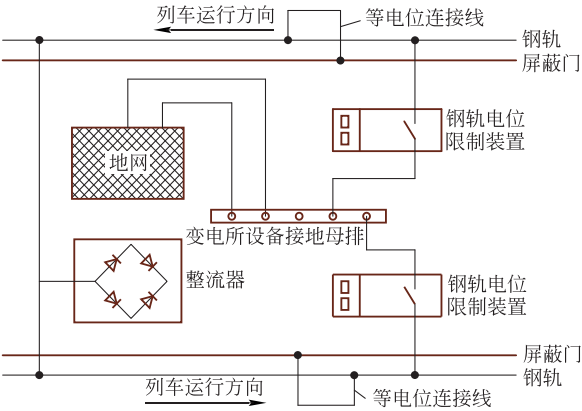


图4 钢轨电位限制装置

3 屏蔽门绝缘安装存在的问题

3.1 验收时绝缘难以达标

绝大部分屏蔽门绝缘系统在竣工验收时,达不到对地绝缘强度不小于0.5 MΩ的要求。总结相关工程经验,该问题主要由以下原因引起:

- 1) 施工所用绝缘材料达不到技术要求;
- 2) 施工环境条件恶劣导致屏蔽门的绝缘材料受到灰尘、水等异物的污染;
- 3) 其他专业低绝缘电阻设备、物体、线路接触屏蔽门,影响了屏蔽门的绝缘检测值。

3.2 运行中出现“打火”现象

地铁运行过程中,在屏蔽门对地绝缘薄弱点出现“打火”。为保证人身安全,降低车体与站台地之间的接触电压和跨步电压,在屏蔽门绝缘安装的基础上,又采用了每侧屏蔽门设置一主接地点与钢轨相连(即与钢轨等电位)的方式,见图1。这时,运行过程中,在屏蔽门对地绝缘薄弱点会出现“打火”。因屏蔽门与钢轨等电位,当屏蔽门某点的绝缘强度偏低时,屏蔽门就会向接地体放电,即出现“打火”现象,使得车站站台存在严重的火灾隐患。可能引起该问题的原因为:一是施工期间影响屏蔽门绝缘强度的遗留问题没有得到彻底整改;二是环境条件(湿度、灰尘等)、绝缘材料性能等发生变化,导致屏蔽门系统出现新的绝缘薄弱点。

3.3 后期绝缘不达标

维保人员对地铁屏蔽门绝缘强度的检测表明,即使竣工验收时屏蔽门绝缘强度是达标的,运行一段时间后,绝缘强度也很难达到最初的设计指标,这主要与绝缘材料受到湿度、灰尘等异物的侵蚀而使绝缘性能

下降有关。

北京地铁新线屏蔽门系统在施工、运行过程中,也普遍存在绝缘电阻测试不达标的情况。因目前北京地铁大部分线路的屏蔽门接轨等电位线实际并没有连接,故出现屏蔽门对地打火的情况不多,不能有效地解决屏蔽门与列车车体之间的电位差问题,存在一定的安全隐患。

4 解决思路

4.1 确定合理的绝缘指标

在屏蔽门设计时,设计人员应详细计算,论证不同绝缘结构对绝缘材料的性能要求。目前,屏蔽门的绝缘强度因不小于0.5 MΩ的要求只是一个参照相关电工标准而确定的指标,在国内专门针对屏蔽门绝缘强度及材料性能要求的设计计算尚属空白。在工程实践中,绝缘检测的结果是很难达到该绝缘指标,难免让人怀疑该指标值的确定是否合理。

4.2 尽量避免外界干扰

在屏蔽门结构设计上,端门的绝缘系统与正线屏蔽门的绝缘系统应完全独立。这是因为,端门与其他专业的接口较多,施工位置条件较差,出现绝缘强度不达标的可能性比较大,采用端门的绝缘系统与正线屏蔽门的绝缘系统完全独立的结构,可以避免发生端门绝缘强度不合格影响正线屏蔽门绝缘强度的问题。目前,已有屏蔽门厂家采用这种设计结构。

另外,必须切实做好屏蔽门的维护保养工作,减少周边设备设施的维护保养工作,尤其要注意站台地面的清洁工作对屏蔽门绝缘的影响。

4.3 加强施工质量控制

屏蔽门绝缘系统接口太多,施工完毕后绝缘薄弱点的检查和整改相当困难,因此加强设计和施工过程的质量控制非常重要。

- 1) 做好施工过程屏蔽门绝缘材料的成品保护;
- 2) 合理设置屏蔽门安装施工过程的绝缘强度监控点及监控;
- 3) 做好屏蔽门接口单位的技术交底;
- 4) 协调好屏蔽门与接口单位的施工顺序;
- 5) 存在问题的协调、落实、整改等。

4.4 论证不进行等电位联结的可行性

要避免屏蔽门绝缘薄弱点打火情况的发生,做好绝缘安装、断开屏蔽门与钢轨的连接是一个有效的措施,这又与对人身安全的防护要求相违背。广州地铁1

号线、3 号线列车运行时钢轨的对地电位检测数据说明,在列车未进站时,钢轨的对地电位只有 1~10 V 直流,列车进站时,钢轨的对地电位小于 36 V 直流^[6],小于人体能接受的安全电压。在北京地铁,目前大部分地铁线路没有屏蔽门与钢轨的等电位线,也尚未有乘客因此感觉不适的情况报告;再加上钢轨电位限制装置的保护作用,异常情况下钢轨电位可限制在合理的范围内,所以不接屏蔽门与钢轨等电位电缆从目前的运行情况来看是可行的。当然,理论上还需进一步论证。

4.5 不同情况下绝缘值不达标的解决措施

4.5.1 屏蔽门与钢轨不进行等电位联结的情况

如果屏蔽门与钢轨不进行等电位联结,不论是施工验收后还是在运行过程中,当屏蔽门与车站建筑结构间的绝缘值不达标时,由于屏蔽门与运营列车之间可能存在直流 90 V 的电位差,在乘客上下车时存在一定的安全风险,因此建议在乘客可触及的门体部位进行有效的绝缘处理,以保证乘客的人身安全。在北京地铁运营线路中,已广泛采用了此种方式。

4.5.2 屏蔽门与钢轨进行等电位联结的情况

如果屏蔽门与钢轨进行等电位联结,保持与钢轨的等电位联结,则在屏蔽门绝缘值不达标时,一方面有杂散电流通过屏蔽门腐蚀车站建筑结构,另一方面屏蔽门与地之间可能存在直流 90 V 的电位差,存在一定的安全风险。为此,建议在屏蔽门绝缘不达标情况下,在屏蔽门与钢轨之间安装电流或电压检测装置,如同本文第 2.3 节所述的钢轨电位限制装置。当检测电流或电压大于设定值时,电流检测装置将钢轨或屏蔽门与车站接地网连接,以保证乘客的安全^[7]。

5 结语

1) 分析了地铁屏蔽门系统与钢轨需要进行等电位联结的原因,阐述了地铁屏蔽门系统必须进行绝缘安装的必要性和重要性,介绍了当前地铁屏蔽门绝缘、接地系统的方式。

2) 总结了目前国内地铁线路屏蔽门绝缘、接地系统在施工、运行过程中存在和出现的各类问题,并提出了建议和解决措施。

3) 综合目前屏蔽门绝缘安装的难度、乘客上下车的安全风险、地铁运营公司运营效率等方面因素,推荐在当前采用屏蔽门与钢轨不进行等电位联结的方案。

地铁屏蔽门作为一个新兴的专业,很多技术问题尚待研究改进。屏蔽门系统的接地和绝缘的矛盾问题具有一定的普遍性,在国内外已投用屏蔽门的地铁运

营线路上均有发生,绝缘下降而引起的安全问题日益凸显出来,引起了地铁管理部门和专业技术人员的关注。如何从根本上解决这一问题,需要在理论和实际运用中不断探索和研究。相信有目前这种社会需求的推动,各方面的技术将会不断成熟,地铁屏蔽门系统绝缘、接地问题的解决方案将会更加完善,屏蔽门系统运营的可靠性和安全性将会更高。

参考文献

- [1] 陈绍章. 地下铁道站台屏蔽门系统[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [2] CJJ 49—1992 地铁杂散电流腐蚀防护技术规程[S]. 北京:中国计划出版社,1993:5-8.
- [3] CJ/T 236—2006 城市轨道交通站台屏蔽门[S]. 北京:中国标准出版社,2007:4-5.
- [4] GB 50157—2003 地铁设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003:126-128.
- [5] GB 50490—2009 城市轨道交通技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009:21-22.
- [6] 广州市地下铁道设计研究院. 广州地铁 2 号线屏蔽门系统研究报告[R]. 广州,2009.
- [7] 高飞. 屏蔽门系统绝缘问题分析及解决方案[OL/EB]. [2008-07-16]. www.stec.net.

(编辑:郭洁)

Discussion on Related Issues of Metro Platform Screen Door Insulation

Du Hongmin¹ Lv Xin²

Gao Liping² Huang Shaoshan³

- (1. Beijing MTR Construction Administration Corporation, Beijing 100037; 2. Beijing Urban Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing 100037; 3. Parasonic Electric Works (China) Co., Ltd., (China), Beijing 100025)

Abstract: Platform screen doors (PSD) are important components of metro and the equipment contact passengers directly and work constantly all the year. Great attention should be paid to the reliability of grounding and insulation system of the doors. Through analyzing the components of PSD grounding and insulation systems in urban rail transit stations, authors listed the problems existing in system implementation and operation and proposed such treatment measures as adopting reasonable insulation indices, avoiding outside interference, strengthening quality control of construction, etc.

Key words: metro; PSD; insulation; rail; equipotential bonding