

地铁复合材料站台门的整体绝缘方式研究

姜翼

(广州新科佳都科技有限公司, 广东 广州 510230)

摘要:本文针对目前地铁站台门上部、下部加入绝缘垫和绝缘衬套与土建结构绝缘的设计,在长期运行过程中可能会出现绝缘失效的情况,研究采用复合材料和金属材料相结合的整体绝缘结构设计方式,并进行复合材料站台门工程样机结构强度的有限元分析和绝缘值的测试,进一步论述复合材料站台门的整体绝缘方式用来解决站台门绝缘失效是可行的。

关键词:地铁站台门;站台门系统;绝缘方案;复合材料门体;绝缘门槛

中图分类号:U231.4

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)08-0083-03

0 前言

目前,国内地铁站台门的设计基本以不锈钢、铝合金等金属结构为主,在设计之初,考虑到在地铁运营过程中,列车与走行钢轨等电位会带有DC90V电压。乘客在上下车过程中,可能同时接触到列车车体外壳和站台门门体两种不同电位的金属材质,如图1所示。为消除车体与站台门间可能会出现电位差,避免给乘客造成电击伤害或带来不适^[1],站台门系统需采用满足绝缘电阻要求的绝缘安装。因此在门体结构上部与轨顶风道梁连接件、门体结构下部与站台板连接件中加入绝缘垫和绝缘衬套的局部绝缘方式实现对地绝缘。

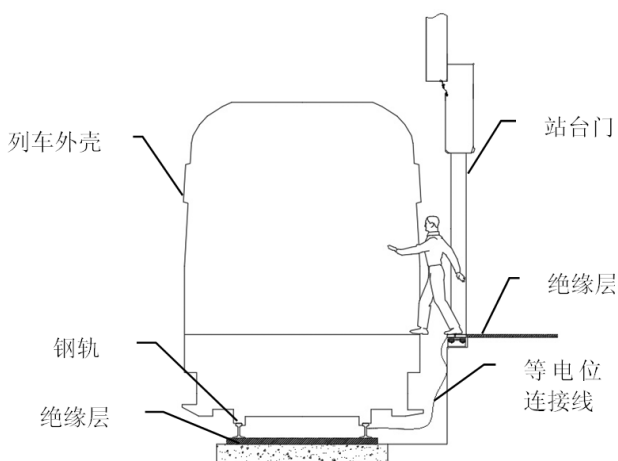


图1 站台门与列车之间的位置和关系

由于地铁隧道环境差、湿度变化大,列车在长期运行过程中产生的粉尘及轮轨摩擦产生的铁屑等污染绝缘垫和绝缘衬套,会导致绝缘性能下降。鉴于站台门绝缘件在实际应用中存在的不足,故研究采用以整体绝缘方式,将乘客所能接触的金属件替

换成复合材料和金属材料相结合的结构设计进行绝缘处理,以避免存在跨步电压,并解决站台门绝缘失效的难题。

1 目前站台门系统绝缘结构的设计

目前,站台门系统的绝缘要求在国家标准《地铁设计规范(GB 50157—2013)》已有明确说明:正常情况下人体可触及的站台门金属构件应与车站结构绝缘,门体与车站结构之间的绝缘电阻不应小于 $0.5M\Omega$ ^[2]。

经过多年的实践摸索,目前大多数的站台门设计生产厂家采用门体结构上部、下部加入绝缘垫和绝缘衬套与土建结构绝缘,门体金属结构外露部分(滑动门外框、立柱装饰板等)现场涂刷或喷涂绝缘层材料避免乘客发生接触电压^[3],如图2-3所示。绝缘垫和绝缘衬套的材料通常选用PBT(含30%玻纤)或SMC材质,绝缘涂层材料主要由纳米氧化硅与高分子有机硅构成,其涂层附着力、电阻值、耐火等级经过验证都满足使用要求。

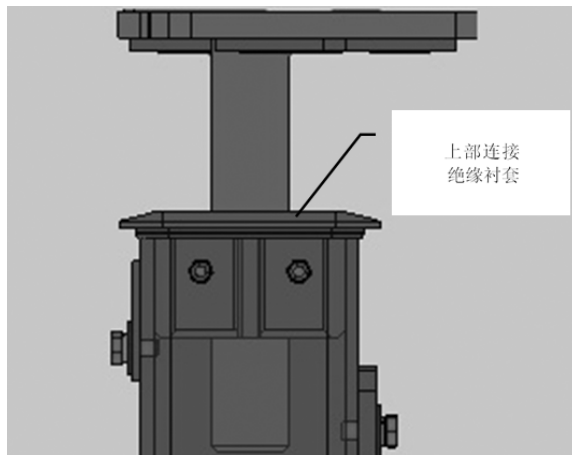


图2 上部连接绝缘衬套

表 1 复合材料的性能参数

序号	项目	参数指标	备注
1	氧指数%	>32%	
2	吸水率‰	<1‰	
3	密度	<2.5g/cm ³	
4	弯曲强度	>10MPa	
5	抗压强度	>10MPa	
6	纤维质量含量	>80%	
7	热空气老化	100℃, 24h>-50	
8	耐臭氧老化	40℃*48h 无裂纹	
9	电阻值	>1×10 ¹⁰ Ω	

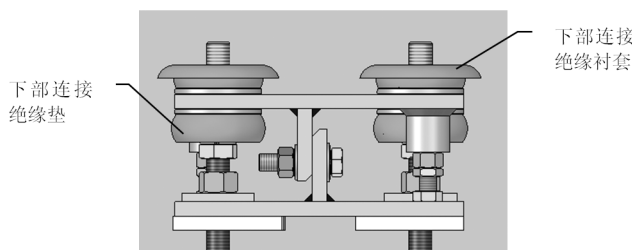


图 3 下部连接绝缘垫和绝缘衬套

站台门系统在采用上述的绝缘结构设计并安装完成后,初期测试绝缘值可以达到 0.5MΩ,但在通车运营后,由于地铁隧道环境差、湿度变化大,地铁活塞风吹起的粉尘、轮轨摩擦产生的铁粉附在绝缘件的表面会导致绝缘性能下降^[6]。随着高分子复合材料技术的发展,研究采用复合材料和金属材料相结合的整体绝缘方式,解决站台门系统绝缘失效的难题。

2 复合材料站台门整体式绝缘结构

2.1 复合材料的选用

在复合材料的选用时,不仅要考虑复合材料和金属的融合性,还要考虑材料的低烟无卤阻燃性能,同时还需满足以下性能要求,见表 1。

通过各项参数对比,最终采用的是玻纤+丙烯晴纤维+预氧纤维做为增强纤维,基材为聚氨酯型材料挤拉体系的改良纤维^[6]。

2.2 站台门整体式绝缘结构

2.2.1 上部、下部连接件的表面绝缘浸塑

为保证上部、下部连接件的绝缘要求,连接件均采用表面浸塑工艺在常规钢质件的表面复合上 1~1.5mm 厚度的绝缘包覆层来实现绝缘,具体工艺为将上部及下部连接件加热后浸入 PE 材料粉末中使金属表面产生塑料层,确保外表面任意一点对地绝缘值满足不小于 0.5MΩ 要求。

2.2.2 复合材料的立柱绝缘结构

复合材料立柱采用 Q235B 的矩形钢管和 3mm 厚度的复合材料型材无缝式整体挤拉成型,其截面尺寸如图 4 所示。复合材料立柱可以取消原不锈钢装饰板,在表面进行氟碳喷涂并加以清漆表面防护,外观色可根据色号进行选择。

立柱在站台门系统中是主要的承重结构,需计算立柱在最恶劣工况(即同时承受最大活塞风压、乘客挤压力和地震作用)下的最大应力是否满足要求,对复合材料立柱强度要求可以确定为所承受的最大应力不小于相同外径尺寸、相同壁厚的常规钢

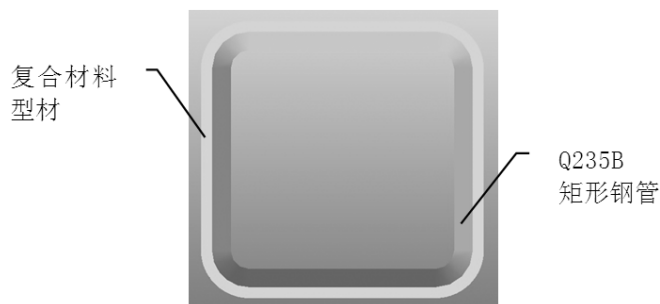


图 4 复合材料立柱截面

质立柱的强度^[6]。复合材料立柱是在采用相同规格的钢质立柱外表面附加 3mm 厚的复合材料层,理论上对比证明其强度高于常规的钢质立柱。

2.2.3 复合材料的绝缘门槛结构

复合材料的绝缘门槛采用模具型材挤拉一体成型,门槛基板采用复合材料,门槛装饰板采用不锈钢材料,门槛装饰板背面采用种焊螺钉与门槛通过螺母紧固连接,如图 5 所示。其优点是门槛整体采用复合材料,保证了门槛单独绝缘性能,且模具型材挤拉成型,在保证门槛强度前提下,也减少碳钢件门槛的加工、折弯、焊接、打磨等多道工序。

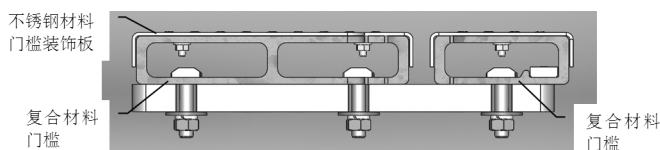


图 5 复合材料门槛

2.2.4 复合材料的门体绝缘结构

复合材料门体的横竖框采用不锈钢矩形管和 2mm 厚度的复合材料型材无缝式整体挤拉成型,其工艺与复合材料立柱一致。但需注意门体玻璃和复合材料门框粘接时如使用硅酮结构胶会出现相容性问题,因此经过试验选用 3M 胶带(B23F)进行门体玻璃与复合材料门框的粘接。

2.2.5 复合材料的门楣绝缘结构

采用复合材料立柱无缝式整体挤拉成型工艺,将门楣槽钢和 2mm 厚度的复合材料进行共挤,将整个门楣设计成单独的绝缘件,如图 6 所示。

3 复合材料站台门的性能分析

综上所述,复合材料站台门的整体绝缘方式是由上部、下部



图6 复合材料门楣截面

连接件表面浸塑及门体结构外露部分(立柱表面、门楣、门体外框及门楣表面)采用复合材料后组成。按此复合材料站台门的整体绝缘方式,完成了工程样机模型的设计和制造,并对工程样机模型进行有限元分析和绝缘测试。

本次有限元分析采用 ABAQUS 软件完成,考虑对工程样机模型施加最恶劣工况进行计算,工况条件为:最大活塞风压 1800Pa,乘客挤压力 1000N/m,地震荷载(抗震设防烈度为Ⅷ度,基本地震加速度值为 0.10g)。在最恶劣工况作用下,立柱和门楣所承受的应力如图 7-8 所示。

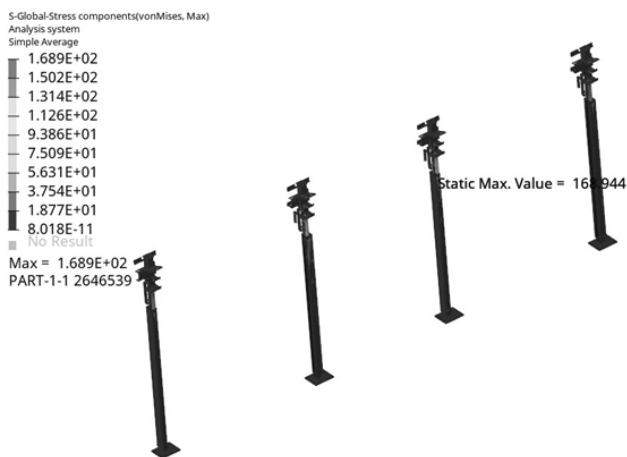


图7 复合材料立柱等效应力

在该工况下,立柱最大应力发生在上部连接部件伸缩装置处,应力值 168.94MPa,该应力小于碳钢材料屈服应力 230MPa;门楣最大应力发生在门楣主材处,应力值 163.61MPa,该应力小于复合材料屈服应力 336MPa。因此,根据有限元的计算分析,选用的复合材料立柱规格为 100mm×50mm×(6+3)mm 及复合材料门楣规格为 158mm×28mm×4mm 没有超过结构许用的屈服应力,不会发生塑性变形,满足强度和刚度设计要求。

模拟车站的恶劣环境状态:常温、常压、落有灰尘、型材表面有结露的环境,对复合材料站台门的整体绝缘进行测试。根据不同位置,多点进行绝缘值的测量,复合材料站台门的绝缘值在

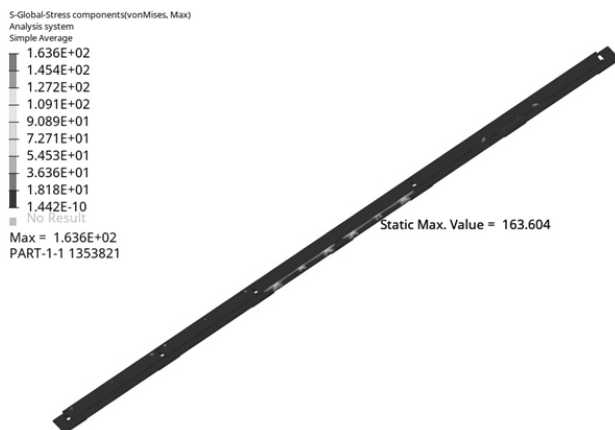


图8 复合材料门楣等效应力

10~50MΩ,完全可以满足大于 0.5MΩ 的要求。

4 结语

本文针对当前站台门系统绝缘方式出现的问题,并结合高分子复合材料技术的发展,提出一种采用复合材料和金属材料相结合的整体绝缘方式,经过理论验证和工程样机测试,证明该复合材料站台门的整体绝缘方式是可行的。在站台门绝缘方案选择过程中,可以根据各城市轨道交通的使用环境,综合考虑绝缘方案的造价、施工难易、防火性能等,参考使用或部分使用复合材料站台门的整体绝缘方式,以便更好地保证乘客的安全。

参考文献

- [1] 杜宏民,吕馨,高莉萍,等.地铁屏蔽门绝缘安装相关问题探讨[J].都市轨道交通,2012,25(1):78-81.
- [2] 地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013:237-238.
- [3] 王晓阳.城市轨道交通站台门系统绝缘方案研究与探讨[J].现代城市轨道交通,2019(2):14-18.
- [4] 陈明,齐凤芸,罗隆.地铁站台门绝缘问题解决对策[J].都市轨道交通,2019,32(6):21-25.
- [5] 张俊岭.城市轨道交通站台门门楣绝缘方案研究[J].城市轨道交通研究,2019,22(9):71-73,78.
- [6] 饶美婉.城市轨道交通站台门新型整体式绝缘设计方案[J].都市轨道交通,2016,29(3):119-121.

收稿日期:2021-01-09

作者简介:姜翼(1978—),男,汉族,山东龙口人,工程师,本科,主要从事轨道交通设备开发工作。