

# 直流牵引供电系统设备绝缘安装方案研究

## Research on Insulation Installation Scheme of DC Traction Power Supply System Equipment

杨镇华

Zhenhua Yang

中铁二院工程集团有限责任公司  
中国·四川 成都 610000  
China Railway Second Engineering Group Co.,Ltd.,  
Chengdu, Sichuan, 610000, China

**【摘要】**文章通过分析城市轨道交通工程直流牵引供电系统设备绝缘安装的重要性,分别阐述了传统绝缘板安装方案与整体绝缘地坪安装方案在技术、经济、运维等方面的优缺点,提出了整体绝缘地坪安装方案技术更优、更具实用性。

**【Abstract】**By analyzing the importance of insulation installation of DC traction power supply system equipment in urban rail transit engineering, the article respectively expounds the advantages and disadvantages of traditional insulation board installation scheme and integral insulation floor installation scheme in terms of technology, economy, operation and maintenance, etc., and proposes that the integral insulation floor installation scheme is better in technology and more practical.

**【关键词】**框架保护;绝缘板;绝缘地坪

**【Keywords】**framework protection; insulation board; insulated terrace

**【DOI】**10.36012/etr.v2i3.1362

## 1 引言

目前,中国绝大部分城市轨道交通工程均采用直流牵引供电制式,直流供电会产生大量的杂散电流,为减小杂散电流对周边设施的腐蚀影响,因此直流牵引供电系统为不接地系统<sup>[1]</sup>。直流牵引的正、负极设备均需绝缘安装,其中牵引变电所内设备主要包括整流器柜、直流开关柜(含负极柜)、再生逆柜、上网隔离开关柜等设备。

另外,轨道交通中直流供电系统的短路电流非常大,往往可达几十安,为了在发生短路故障时迅速切除故障,防止短路电流过大烧毁设备,因此绝缘安装的直流设备配置了框架保护。框架保护动作时除了切除本所的直流设备外,还将联跳并闭锁左右相邻牵引的相关设备,其影响范围很大。所以框架保护是否能可靠、准确地动作对设备安全和运营安全都尤为重要,而直流设备的绝缘安装是否可靠又是框架保护是否能可

靠、准确工作的关键条件之一。

## 2 传统直流设备绝缘安装方案

### 2.1 方案介绍

目前,中国已开通运营的城市轨道交通,如北京地铁、上海地铁、广州地铁、成都地铁等绝大部分城市的线路均采用在直流设备下方安装绝缘板的方案。

该方案先将设备安装用的基础槽钢固定于结构板上,然后再进行设备房间装修层施工,保证基础槽钢高出装修层约5mm。然后在设备基础槽钢上铺设绝缘板,绝缘板的安装范围一般超出设备外边沿20~30mm,最后再进行设备的安装<sup>[2]</sup>。基础槽钢及绝缘板安装示意图如图1所示。

传统安装方案中的绝缘板通常选用5mm厚的聚碳酸酯板或不饱和聚酯玻璃纤维增强模塑板,其主要的电气和物理性能指标如表1所示。

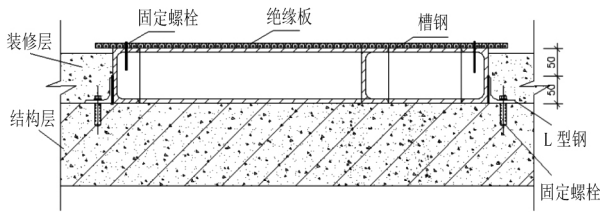


图 1 基础槽钢及绝缘板安装示意图

表 1 绝缘板主要电气和物理性能表

序号	性能	单位	要求值	试验方法
1	体积电阻率	$\Omega \cdot m$	$1 \times 10^{12}$	GB/T 1410—2006
2	表面电阻率	$\Omega$	$1 \times 10^{12}$	GB/T 1410—2006
3	电气强度	kV/mm	12	GB/T 1408.1—2006
4	压缩强度	MPa	$\geq 150$	GB/T 1448—2005
5	负荷变形温度	$^{\circ}C$	$\geq 190$	GB/T 1634.2—2004
6	线性膨胀系数	$10^{-6}/K$	$\leq 18$	ISO 11359—2—1999

## 2.2 方案优缺点

①绝缘板的安装过程与装修层的施工不存在交集，施工方法简单，施工时间简短易控。

②绝缘板采用市面上成熟熟悉的绝缘材料制作而成，加之施工工艺简单，整体投资很低。

③绝缘板的安装范围仅超出设备外边沿 20~30mm，设备安装初期阶段设备房的安装条件及环境极差，往往导致绝缘无法达标，但电通工作又走在项目的前面，所以给现场施工单位带来较多麻烦。

④突出部分的绝缘板在直流开关柜手车进出时以及设备房维护清扫时容易造成破坏，从而导致绝缘效果的下降，影响设备安全、可靠的运行。

⑤为达到较好的绝缘效果，绝缘板的安装一般较装修层高出 5mm，绝缘板与装修层之间形成一道夹缝，此处容易堆积灰层且不易清除，给运营维护人员带来较大的工作量。

⑥绝缘板的抗老化性能较差，当其老化后会出现褶皱、开裂、变形等现象，绝缘效果将显著下降，因此在电气设备 30 年的使用周期内可能会对绝缘板进行多次更换。而对其更换时需要将所有直流设备吊装起来，对既有设备及运营带来较大的安全隐患，将耗费大量的人力和财力<sup>[9]</sup>。

## 3 整体绝缘地坪安装方案

### 3.1 方案介绍

为了保证乘客的安全，目前中国城市轨道交通线路均在车站站台侧安装了屏蔽门。为防止乘客在上下列车时与屏蔽

门的金属部分发生放电事故，屏蔽门与钢轨需做等电位连接，同时自站台边缘起向内 1m 范围的站台地面装饰层下做整体绝缘处理。基于屏蔽门绝缘安装的处理方案，文章提出了牵引变电所直流设备采用绝缘地坪的实施方案。

以直流开关柜绝缘地坪安装方案为例，绝缘地坪安装时将原固定于结构层的基础槽钢换成 C 型钢槽，C 型钢槽周围由复合绝缘材料包裹，确保 C 型钢槽与结构层和装修层可靠绝缘<sup>[4]</sup>。同时，在设备操作面前方 1400mm 的范围，侧面及背面维护通道侧 200mm 的范围内浇筑复合绝缘材料。为提高设备安装的整体绝缘性能，要求 C 型钢槽与整个浇筑范围内的复合绝缘材料一次性浇筑成型，同时在结构板的设备电缆孔开区域涂抹绝缘强化涂层。绝缘地坪安装示意图如图 2 所示。

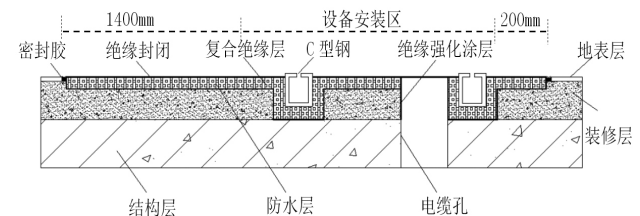


图 2 绝缘地坪安装示意图

绝缘地坪的绝缘材料主要采用低烟、无卤、难燃的有机绝缘树脂和绝缘无机原料复合而成，其主要的电气和物理性能如表 2 所示。

表 2 绝缘地坪主要电气和物理性能表

序号	性能	单位	实测值	试验方法
1	体积电阻率	$\Omega \cdot m$	$6.9 \times 10^{13}$	GB/T 1410—2006
2	表面电阻率	$\Omega$	$2.06 \times 10^{14}$	GB/T 1410—2006
3	电气强度	kV/mm	24	GB/T 1408.1—2006
4	抗压强度	MPa	65	HG/T 3829—2006 (2017)6.4.17
5	黏结强度	MPa	4.17	HG/T 3829—2006 (2017)6.4.16
6	断裂伸长率	%	4.7	GB/T 16777—2008

### 3.2 方案优缺点

①绝缘地坪的施工需与装修层的施工紧密配合，施工过程中存在工序的交集，施工周期较长。

②绝缘地坪采用复合绝缘材料现场一次性浇筑成型，施

(下转第 27 页)

### 3.4 电容量与介质损耗因数试验

在电容量与介质损耗因数试验中,介质损耗测试主要包括 M 型电桥、西林电桥以及电流比较型电桥等,主要使用的检验设备为数字化介质损耗因数测试仪,具体原理如图 1 所示。

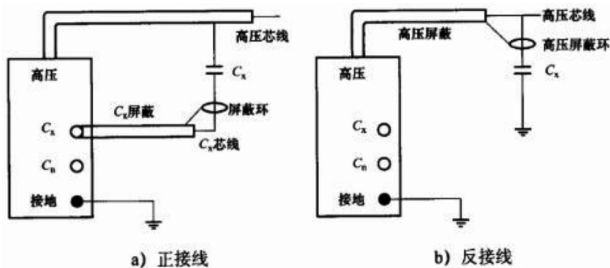


图 1 数字化介质损耗因数测试仪的接线原理

完成试验后,应将相关的数据与试验结果进行比较。具体来说,包括同类设备之间的数据、统一设备的各种数据、耐压前与耐压后的数据、出厂试验数据以及不同温度下的数据比较等。为了可以更加方便地进行比较,应将不同温度下所测量出来的数值进行换算,使其能够达到 20℃,介质损耗因数数值则在 20~80℃。

### 3.5 交流耐压试验

采用交流耐压试验方法对高压电气设备绝缘性能进行试

验时,如果一旦电气设备绝缘中存在局部弱点,就会扩大试验过程<sup>[4]</sup>。因此,必须要在进行试验前做好各个环节的准备工作,对试验品进行吸收比、绝缘电阻、介质损耗以及泄露电流等多个项目的试验,只有在所有试验结果全部合格后,才能够对其进行交流耐压试验。

## 4 结语

综上所述,对于电气系统来说,其运行的安全性与稳定性与高压电气设备的绝缘性能有直接的关系,所以,必须要采用高效的措施与手段对高压电气设备进行预防性试验,根据试验结果与电力系统的实际情况制定维修与养护策略,从而确保电力设备运行的稳定性和安全性。

### 参考文献

- [1]李定垚.高压电气设备检测异常情况的分析及解决办法[J].通信电源技术,2020,37(4):90-91.
- [2]刘志勇.电力系统电气设备安装与调试的技术分析[J].机电信息,2019(20):136-137.
- [3]李经纬.电气高压试验危险性分析及防范措施[J].科技风,2019(18):174.
- [4]张胜意.电力变压器电气高压试验的技术要点探究[J].科技资讯,2019,17(17):23-24.

(上接第 25 页)

工工艺较复杂,施工难度较大,整体投资较高。

③绝缘地坪浇筑范围为直流开关柜操作面前 1400mm,侧面及背面维护通道侧 200mm,与传统绝缘垫安装方案相比,绝缘安装的范围大大提高,其绝缘效果明显提升。

④绝缘地坪浇筑完成后与变电所房间的地表层平齐,且柜前不用再铺设绝缘垫,提升了设备房间的美观性,同时更有利于直流开关柜手车的推进、推出,对清洁工作也更易处理,大大增强了运营维护的便利性。

⑤绝缘地坪的电气性能远高于绝缘板的电气性能要求,绝缘效果更为良好,同时绝缘地坪的抗老化性能也很好,材质本身在 30 年的使用寿命中无明显老化的现象,因此在电气设备 30 年的使用周期内甚至更长的时间可以不用担心设备绝缘安装的问题。

## 4 结语

近年来,城市轨道交通作为城市公共客运系统的大型基础设施在各城市投入运营的线路越来越多,其高效、可靠、准

点、便捷的优点越来越得到社会各界认可。如何持续、可靠地为列车提供电能是其必备条件,而对直流牵引供电设备而言,可靠、良好的绝缘安装则尤为重要。

通过以上分析对比,绝缘地坪的方案在绝缘性能、使用寿命、外观效果、运营维护等方面均具有很好的优势,它克服了传统绝缘板安装方案的各种缺陷。目前该技术方案已在深圳地铁 6 号线、5 号线、9 号线等延长线路中得以应用,其应用效果良好。随着城市轨道交通建设的不断提高与发展,绝缘地坪安装方案定将在今后的建设项目中得以广泛应用。

### 参考文献

- [1]GB 50157—2013 地铁设计规范[S].
- [2]赵正波,高卫忠.地铁直流牵引系统框架保护原理及现场应急处置[J].铁道标准设计,2016(9):87-89.
- [3]张绍臣.关于城轨直流设备绝缘安装的分析[J].现代城市轨道交通,2009(4):32-33.
- [4]张华.城市轨道交通屏蔽门系统的站台绝缘安装[J].设备管理与维修,2019(18):96-97.