

地铁站台屏蔽门等电位 与绝缘系统研究

马洪亮

(宁波南车时代传感技术有限公司, 浙江 宁波 315021)



作者简介: 马洪亮 (1975-), 男, 工程师, 从事动车组项目及地铁屏蔽门项目管理工作。

摘 要: 主要分析了等电位与绝缘处理在地铁站台屏蔽门系统中的必要性与功能性, 并针对地铁行业的技术要求提出一套系统的解决方案。对等电位与绝缘系统的构成、布置及单元设计进行了详细的描述, 充分展示屏蔽门系统的安全性及可靠性。

关键词: 地铁; 站台屏蔽门; 等电位; 绝缘系统; 单元设计

中图分类号: U231.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2011)03-0049-03

The Research of Metro Platform Screen Door Equipotential Bonding and Isolation System

MA Hong-liang

(Ningbo CSR Times Transducer Technique Co., Ltd, Ningbo, Zhejiang 315021, China)

Abstract: Necessity and functionality of equipotential bonding and isolation treatment were analyzed, and a system solution scheme based on industry technical requirement was provided. The structure, setting and unit design of equipotential bonding and isolation system were detailedly described, and safety and reliability of platform screen door(PSD) were fully shown.

Key words: metro; platform screen door (PSD); equipotential bonding; isolation system; unit design

0 引言

现今, 大多数地铁系统都会采用轨道作为传递电流的导体实现牵引列车产生的电流的回流, 但是, 电流总会寻找电阻更低的路径, 例如水管和其他金属导体, 造成电腐蚀。

为了避免上述影响, 轨道与地铁站台地面之间采取了绝缘措施, 也因此造成了轨道与车站地之间的不同电势。

通常轨道与车站地之间的电势差在60 V左右, 但是也可能瞬时达到200 V, 此电势差可以被看作是一个内阻未知的电压源。为防止乘客触电, 站台地面和其他车站建筑结构与站台边缘之间设置宽2 m的绝缘带。

此外, 一个车站内的两侧轨道通过大尺寸的铜电缆连接在一起以实现不同轨道之间的等电位, 但此措施并不能确保轨道间的绝对等电位。

现在, 大多数城市的地铁公司都会在轨道与地铁站台之间安装一道保护乘客安全的屏障——站台屏蔽

门(PSD)。屏蔽门系统是一个典型的机电一体化产品, 集建筑、机械、材料、电子和信息等学科于一体, 安装于地铁交通车站站台边缘, 将车站站台与行车隧道区域隔离开, 设有与列车门相对应、可多级控制开启与关闭滑动门的连续屏障, 简称屏蔽门^[1]。

由于屏蔽门系统安装于站台的边缘, 与土建等其他专业均有接口, 因此, 需要有相应设计措施避免因上述的不同电势造成屏蔽门系统设备损坏。

1 地铁站台接轨方式

地铁建设方需要事先向屏蔽门专业厂提供每个车站内两侧站台回流轨之间的等电位连接位置及方式, 因为其等电位连接位置及方式直接影响到屏蔽门结构接轨的位置及方式。特别是当同一电源柜同时为两侧或更多侧站台上的活动门供电时, 两侧站台的系统应具备同样的电势。因此, 屏蔽门接轨的位置必须靠近轨道与轨道之间的等电位连接位置, 或者位于2个轨道与轨道之间等电位连接位置的中点。3种可能的情况如图1~图3所示。

收稿日期: 2011-03-28



图 1 轨-轨连接位于尾端



图 2 轨-轨连接位于头端



图 3 轨-轨连接位于两端

2 等电位与绝缘系统方案

地铁站台屏蔽门等电位与绝缘系统的组成架构如图 4。

图 4。

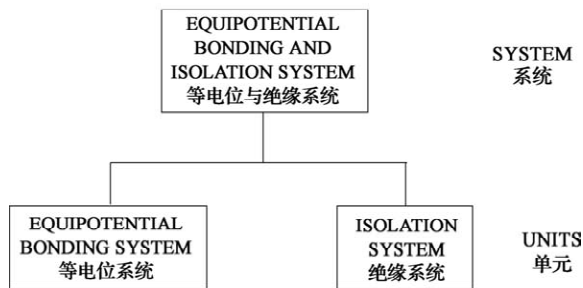


图 4 系统分解图

2.1 等电位系统

1) 等电位系统的目标

等电位系统主要实现以下 3 个目标：

① 确保屏蔽门结构内所有金属部件呈现相等电势，避免无论任何原因，乘客同时触碰金属结构上不同两点位置所引起的触电事故。

② 因为屏蔽门结构与轨道连接，因此与轨道和车体具有相同电势，避免乘客因同时触碰车体表面和屏蔽门结构所引起的触电事故。

③ 万一出现接触网事故（接触网触碰到屏蔽门结

构），触碰点与接轨点之间的低等电位电阻引起高短路电流，迅速触发牵引电源断路器跳闸。

2) 等电位系统的技术要求

等电位系统的技术要求^[2]：

① 整个屏蔽门结构包括等电位连接点须承受持续 20 ms 的 90 kA 电流。

② 整个屏蔽门结构包括任何等电位点与接轨点之间的阻值不能超过 50 mΩ。

3) 等电位系统的布置

在明确了等电位系统的技术要求后，通过相关的计算，可以确认等电位系统的布置及设计方案。等电位布置包含顶部与底部水平等电位总线，它们之间在一点通过垂直连接实现等电位。在同一点，底部水平等电位总线通过 2 根 95 mm² 截面积的铜电缆与轨道连接。这些电缆的长度不应超过 3 m。

其中，顶部水平等电位总线包含由铜编织带连接在一起的顶箱铝型材，底部等电位总线包含嵌入在不锈钢门槛型材上的铜排，而铜排之间通过铜编织带相连接。水平等电位总线可以被分割开（每 4 个顶箱单元小于 25 m），这样当绝缘阻值降低时，可以有效地定位接地点。图 5 为等电位系统的剖面。

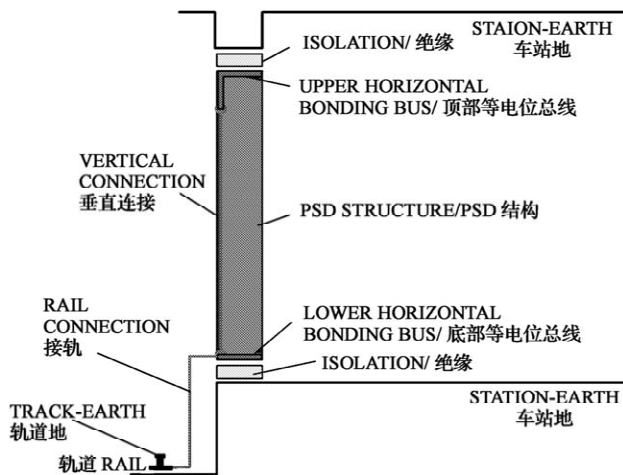


图 5 屏蔽门等电位原理剖面图

2.2 绝缘系统

1) 绝缘系统的目标

将屏蔽门结构绝缘于站台边缘，是确保屏蔽门结构与轨道间等电位的必要条件。如果没有绝缘，不同电势间的持续电流会流过屏蔽门结构，造成材料的电气腐蚀损坏。

2) 绝缘系统的技术要求

屏蔽门结构与车站地之间的绝缘阻值至少应为 500 kΩ^[2]。

3) 绝缘系统的布置

屏蔽门结构与车站建筑之间的接口建立在门槛、顶箱及与房间外墙的连接处。屏蔽门结构与车站之间的电气绝缘通过图 6 中所示绝缘件实现。

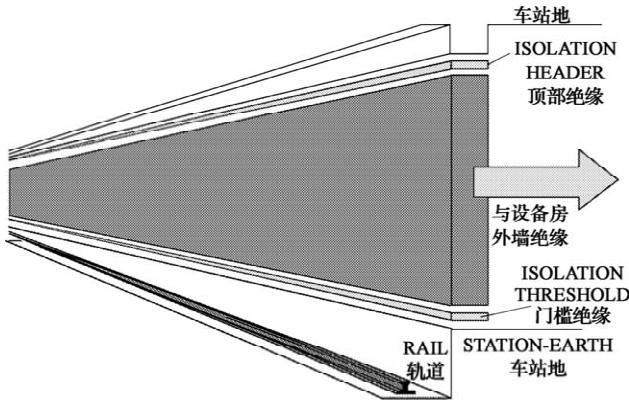


图6 屏蔽门绝缘系统

3 单元设计

3.1 等电位系统元件

1) 等电位系统的元件设计

屏蔽门结构上任意点与接轨点之间的总电阻不应超过50 mΩ，以确保接触网事故时，及时触发牵引过流保护装置。而等电位材料及截面积应确保屏蔽门系统可以短时间承受短路电流（90 kA/20 ms）。

图7为屏蔽门系统的站台等电位布置。等电位电阻分为5类，图7中显示的数字代表各个类别的电阻。

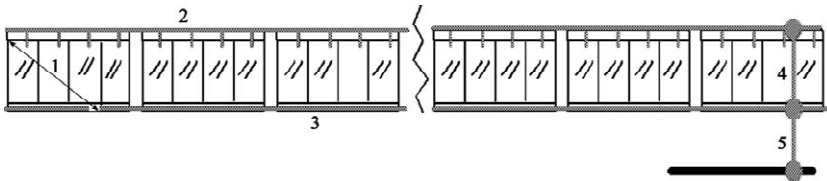


图7 等电位系统电阻分类

第1类，整个单元（包含内部元件）的对角线电阻：通过设计实现小于35 mΩ。这意味着每一个单独的门扇或面板连接到顶箱型材上时，自身的电阻 R_1 须小于35 mΩ。

第2类，顶部水平等电位总线电阻（4000 mm²顶箱铝型材，包含50 mm²铜编织带）：

$$R_2 = \rho_{al} \times \frac{L_{al}}{S_{al}} + \rho_{Cu} \times \frac{L_{Cutop}}{S_{Cutop}} \approx 2.4 \times 10^{-3} \Omega$$

第3类，底部水平等电位总线电阻（嵌入在不锈钢门槛型材上的100 mm²的铜排，包含50 mm²铜编织带）：

$$R_3 = \rho_{Cu} \times \frac{L_{Cu}}{S_{Cu}} + \rho_{Cu} \times \frac{L_{Cubot}}{S_{Cubot}} \approx 25 \times 10^{-3} \Omega$$

第4类，顶部与底部中线之间的垂直连接电阻（截面积须等同于2 × 95 mm²的铜电缆）：

$$R_4 = \rho_{Cu} \times \frac{L_{top-bot}}{S_{top-bot}} \approx 0.3 \times 10^{-3} \Omega$$

第5类，接轨电阻（等电位总线与轨道连接，采用2 × 95 mm²的铜电缆）：

$$R_5 = \rho_{Cu} \times \frac{L_{bot-rail}}{S_{bot-rail}} \approx 0.3 \times 10^{-3} \Omega$$

假设采用屏蔽门系统在两侧站台端部接轨道的方式，则最大的总接地电阻：

$$R_z = R_1 + R_2 + R_4 + R_5 = 38 \times 10^{-3} \Omega$$

因此，此设计保证了整个站台屏蔽门结构任何等电位点与接轨点之间的总电阻不超过50 mΩ。

2) 等电位系统的元件布置

等电位系统可以承受接触网触碰到屏蔽门结构任何点的事故，其相应的最大短路电流为90 kA/20 ms。整个结构包括任何等电位点与接轨点之间的阻值不能超过50 mΩ。

下列元件设计实现了上述要求：

由于顶箱铝型材的导电性能，因此截面积4 000 mm²的顶箱铝型材可作为顶部水平等电位总线，顶箱之间通过50 mm²的铜编织带相连接即可，避免了采用铜排等导电体作为水平等电位总线，大大降低了成本。

在系统底部，则需用截面积100 mm²的嵌入在不锈钢门槛型材上的铜排作为底部水平等电位总线，各段铜排通过铜编织带相连接即可。然后，可以用2根

95 mm²的铜电缆将顶部和底部水平等电位总线与轨道相连接，安装在每扇滑动门滑轮挂件上的导电铜刷，则实现门扇与顶部水平等电位总线之间的连接。总电阻小于35 mΩ的门框结构可以通过铜编织带与导电铜刷连接。应急门门扇、立柱及固定门扇可通过

35 mm²的铜编织带与顶箱型材连接（应急门和固定门扇的总电阻应小于35 mΩ）。至此，等电位系统布置完成（如图8）。

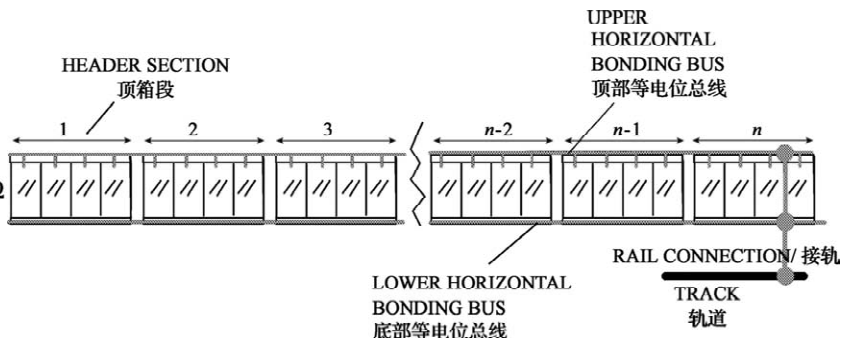


图8 屏蔽门等电位原理前视图

3.2 绝缘系统元件

屏蔽门结构与站台边缘绝缘，防止了由车站与轨道间电势差（200 V）引起的电腐蚀损坏。

除防止电腐蚀外，绝缘处理同样对保护乘客人身安全起重要作用。特别是当乘客靠近，甚至当接触网事故时（1 500 V接触到屏蔽门结构），人体触碰到屏蔽门结构，即使相应断路器没有及时跳闸，对人身伤害也应通过绝缘处理降到最低。（下转第55页）

动机内部，相对传统城市轨道交通车辆的回送只增加了一根贯穿列车的回送模式列车线和列车管路而节省了一个回送装置，节省了回送费用。

根据对国产化 A 型地铁列车 EP2002 直通制动机与铁路干线列车自动制动机的制动指令、制动响应时间、制动缓解时间以及制动减速度的研究，只需通过修改国产化 A 型地铁列车 EP2002 制动软件参数就可实现其在制动性能上与铁路干线列车制动的匹配，从而实现

国产化 A 型地铁列车通过铁路干线来回送的功能。

参考文献：

[1] 伞宇春. 地铁车辆的编组回送 [J]. 铁道车辆, 2002, 10(10): 19-21.

[2] 胡跃文, 段继超, 彭海清. 城市轨道交通车辆与铁路干线车辆制动适应性研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2009, 12(11): 30-33.

(上接第 51 页) 此外，当乘客触碰到屏蔽门结构时，轨道与车站地 (U_{TS}) 之间的电势差也可能伤害乘客。

图 9 表示了为避免乘客触电，所必需的元件及其参数。

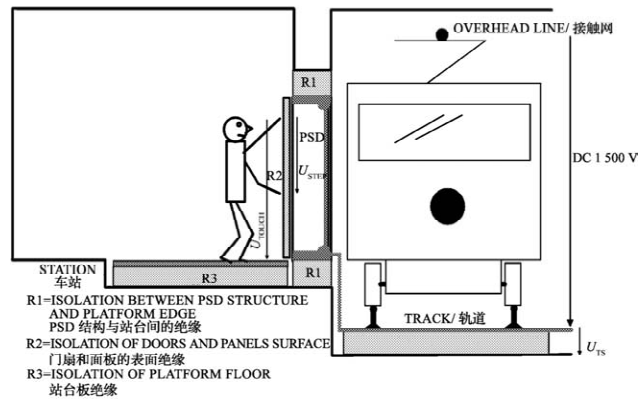


图 9 考虑接触网事故而备的元件

- 1) 绝缘分类
- 绝缘系统的绝缘类型主要可以分以下 3 类：
- ①屏蔽门结构与站台边缘（车站地）之间的绝缘；
 - ②门扇及面板表面的绝缘；
 - ③站台板绝缘。
- 2) 绝缘系统的元件设计
- 为了达到设计的要求，在设计的过程中，必须对以下设计关键点进行控制：
- ①假设每侧站台上的顶箱数量不超过 40 个，在 DC 500 V 测试下单个顶箱单元(大约 4.5 m)与站台结构

- 之间的额定绝缘阻值不应小于 20 MΩ。精确计算待先确定绝缘点数量后进行。
 - ②滑动门与相邻的端门单元之间的绝缘阻值至少应为 2 MΩ。
 - ③在 DC 500 V 测试下单侧站台屏蔽门系统与站台结构之间的额定绝缘阻值不应小于 500 kΩ。
 - ④此外，顶箱和门扇的可接触表面需设绝缘涂层。在 DC 500 V 电压下，1 m 距离内两点间阻值至少应为 100 kΩ。
 - ⑤站台板绝缘带阻值大约为 10 kΩ(非屏蔽门专业工作范围)。
- 由于屏蔽门项目间的差异性，具体绝缘系统所采用的绝缘件需要按照各项目的设计要求完成，这里不做具体介绍。

4 结语

本文围绕了地铁屏蔽门等电位及绝缘系统的技术要求、功能性及设计 3 个方面进行了详细描述与研究，并展示了一套切实可行的技术解决方案，充分说明了地铁屏蔽系统的安全性、可靠性。

参考文献：

[1] 陈韶章. 地下铁道站台屏蔽门系统 [M]. 北京：科学出版社, 2005.

[2] GB 50490—2009, 城市轨道交通技术规范 [S].