

长沙磁浮快线列车 LCD 地线 电磁干扰故障分析

李晓春¹, 朱 峰², 翁文雯², 谢雨轩²

(1. 中车株洲电力机车有限公司, 湖南 株洲 412001;

2. 西南交通大学 电气工程学院, 四川 成都 610031)

摘 要: 相比轮轨接触式列车, 磁浮列车采用专设回流轨的形式进行回流, 但携带大噪声的接地电流可能会干扰车体地电位, 间接干扰车上的弱电设备, 危害行车安全。分析长沙磁浮快线列车在运行过程中出现的一起全车 PIS 系统 LCD 屏雪花故障问题, 基于接地理论及故障排查整改过程分析了故障原理, 指出地回路干扰是造成故障的根本原因。

关键词: 长沙磁浮快线列车; LCD; 地回路干扰; 电磁兼容性; 故障诊断

中图分类号: U237

文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2019.06.037

0 引言

中低速磁浮交通是一种利用电磁力使车体悬浮于轨道之上, 并推动列车运行的新型交通方式^[1], 其与传统的轮轨交通相比, 主要有噪声低、环保性好、线路适应性强、乘坐平稳舒适、运行安全可靠、建设维护成本低、运营效益好等特点^[2]。长沙磁浮快线是国内第一条自主设计、自主制造、自主施工、自主管理的中低速磁浮线, 于 2016 年 5 月 6 日开通运营, 标志着中国磁浮技术实现了从研发到应用的全覆盖, 也推动了对于磁浮技术的研究。

相比传统轮轨接触式列车, 磁浮列车采用专设回流轨的形式进行回流^[2]。但携带大噪声的接地电流可能会干扰车体地电位, 从而间接干扰车上的弱电设备, 引起弱电设备通信偶发性工作异常, 危害行车安全^[3]。基于此, 分析了长沙磁浮快线列车运行时出现的一起全车 PIS 系统 (Passenger Information System, 乘客信息系统) 的 LCD 屏出现雪花屏故障问题, 并结合故障分析及排查整改过程研究了故障产生原理。

1 列车简介及故障分析

1.1 长沙磁浮快线列车简介

长沙磁浮快线列车已经投入运营, 设计最高速度为 100 km/h。每列车长约 48 m、宽 2.8 m、高 3.7 m,

由 3 节编组而成, 分别为 Mc1 车、M 车和 Mc2 车。每节车均有 2 个 LCD, 其简化模型如图 1 所示。

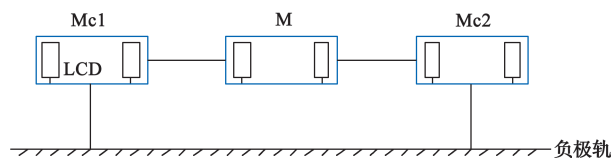


图 1 列车简化模型

由图 1 可知, 列车受流靴安装在 Mc1 车与 Mc2 车上, 并通过负极轨接地, 车厢之间经连接线连接, LCD 壳体通过一接地线与车体接地点相连。

1.2 故障现象分析

2016 年 3 月底, 长沙磁浮快线列车运行时, 全车 PIS 系统的 LCD 屏时常出现雪花屏故障问题, 尤其是每列车的 M 车厢靠近 I 端的 LCD 屏在车辆行驶时, 画面出现细条纹, 严重时会发生闪屏现象。当车辆到站停稳后, 干扰现象消失。

根据故障现象, 采取了更换接地线、在接地线上加磁环、更改接地线在车体上的接地点等措施, 均没有效果。但是将 LCD 接地线与 LCD 壳体悬空后, 干扰现象消失, 因此初步判断大地上存在噪声。将 LCD 接地线和壳体悬空后, 用示波器对接地线和 LCD 壳体进行测量发现干扰信号为交流信号, 且峰值电压在 1.5 V 以下。

根据接地理论, 任何电路的电流都要经过地线形成回路, 因而地线就是各电路的公共导线, 而由地线阻抗引起的接地电路干扰有时会影响电路的正常

工作^[4]。由此推测, 此故障可能是由于接地电路干扰引起的, 现场技术人员据此对 LCD 接地线展开了进一步的排查与整改。

2 故障诊断与整改

2.1 第一次整改措施

如图 2 所示, 在 LCD 屏外壳和接地线之间, 串联 2 个二极管 (型号为 1N5401) 接地, 利用二极管的单向导电性和二极管压降来阻隔和衰减干扰信号。其简化模型如图 3 所示。

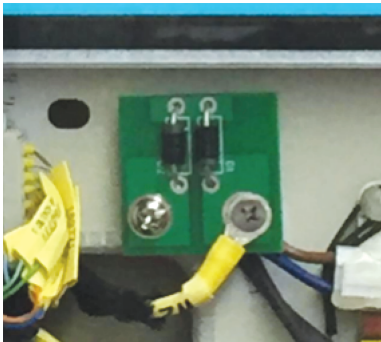


图 2 第一次整改措施

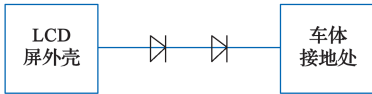


图 3 第一次整改现场图

1N5401 型二极管的 RMS 反向电压为 70 V, 正向电压为 1.0 V。理论上, 当干扰信号为正信号时, 二极管的单向导通特性使其无法进入 LCD 机壳; 当干扰为负信号时, 因为二极管的正向压降为 1.0 V, 至少需要 2 V 的信号才能流过 2 个串联的二极管, 而干扰信号的峰值电压在 1.5 V 以下, 无法流过 2 个串联的二极管。

但整改后的屏仍出现了干扰, 使用示波器测量大地发现干扰的幅度峰峰值达到 6 V, 说明干扰经过二极管的衰减后依然干扰到了设备本身。而地线干扰信号幅度增大是因为空调系统进行了整改, 这也说明了大地噪声不是由于金属车体切割磁场产生, 而是由于大功率与小功率设备、交流与直流设备共地问题而引发的地回路干扰。

2.2 第二次整改措施

用示波器测量电压输出和视频 VGA 信号的输出波形, 发现 LCD 接口电源的 DC 12 V 输出以及通过电源变压器输出的 DC5 V 均无毛刺和波动, 并且输入的差分 VGA 信号和接口板输出的标准 R,G,B,V,H 信号均为正常的方波。因此排除通过传导骚扰导致的 LCD 花屏, 确定故障现象由地回路干扰引起。

通常解决地线回路干扰最有效的办法是将设备浮地, 但由于防止设备内部绝缘击穿或者漏电引发安全问题, 直接浮地的方案不可行。基于此现场技术人员采用 2 个正反向的 TVS 瞬态抑制二极管 (型号为 P6KE24A) 串联来进行设备浮地。TVS 瞬态抑制二极

管的伏安特性曲线如图 4 所示。利用 TVS 的快速击穿特性, 在设备发生漏电或者绝缘击穿后迅速将外壳跟大地短路。第二次整改后, 全车 LCD 屏无花屏、闪屏等干扰现象, 运行良好。

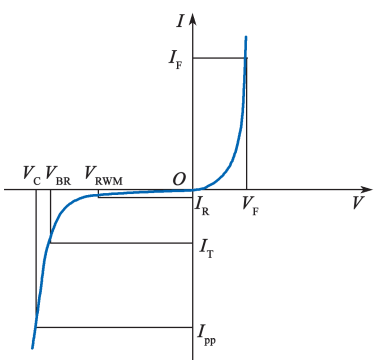


图 4 单向 TVS 伏安特性曲线

3 故障原理分析

在理想状态下, 地线是一个阻抗值为零、电位值为零的物理实体。但在实际情况中, 理想地线是不存在的, 它既有电阻又有电抗^[5]。因此在 2 个不同的接地点之间, 当有地电流流过时, 在其上就产生了地电压, 此地电压直接加到电路上形成共模干扰电压^[4]。

如图 5 所示的 2 个接地回路, 来自直流电源或者高频信号源的电流经接地面返回。接地面的阻抗非常小, 在设计电路的性能时往往不予考虑, 但对电磁骚扰而言, 在电路中必须考虑接地面阻抗的存在。

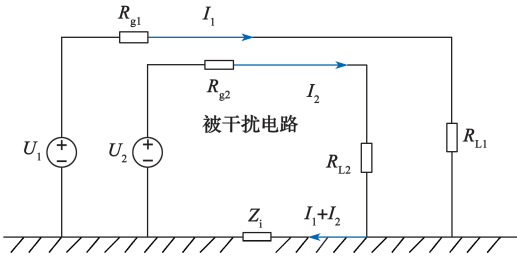


图 5 公共阻抗引起的骚扰原理图

干扰电路和被干扰电路之间存在一个公共阻抗 Z_1 , 该公共阻抗上存在的电压 U_1 为

$$U_1 = Z_1 I_1 + Z_1 I_2 \tag{1}$$

式中: I_1 为干扰电路电流; I_2 为被干扰电路电流。

对被干扰电路而言, $Z_1 I_1$ 是电磁骚扰电压, 而 $Z_1 I_2$ 是对负载电压降的分压。由于 $R_{L2} \geq |Z_1|$, 因此 $Z_1 I_2$ 对负载电压降的影响可以忽略不计, 仅考虑 I_1 所引起的电磁骚扰电压对负载的影响。

由以上分析可知, 在多个接地点之间, 容易由于接地电流流过公共阻抗而产生电压降, 从而对电路产生干扰。故障车采用了分散的保护接地形式, 车体有多个保护接地点, 流过车体的保护接地电流变大, 且容易造成车体—车体之间的环流^[6]。携带大噪声的接地电流使得车体电位抬升, 而 LCD 壳体通过接地线与车体相连, 流过接地线的大电流会对周围产生电磁场, 通过线缆耦合干扰了 LCD 机壳内的信号传输线缆^[7], 从而出现雪花屏现象。故障车的受流靴安装在 Mc1 车与 Mc2 车上, 而车厢连接线间也存在一定的阻抗, 因此流过车体的接地电流使得 M 车的电位高于 Mc1 车与 Mc2 车, 使 M 车的干扰现象更为严重。

4 结语

分析了长沙磁浮快线列车运行时出现的一起全车 PIS 系统 LCD 屏雪花故障问题,介绍了故障诊断与排查整改过程,并指出接地电路干扰是造成故障的根本原因。基于接地公共阻抗产生的接地电路干扰,分析了故障产生原理,可为提高磁浮列车电磁兼容性和设备可靠性提供参考,对磁浮列车弱电设备故障整修具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 盛蓉蓉. 中低速磁浮交通牵引供电系统接地保护研究 [J]. 铁道工程学报, 2016, 33(10): 97-101.
- [2] 庞富恒, 魏厥灵, 闫晓言. 我国中低速磁浮交通发展综述 [J]. 人民公交, 2019(5): 65-68.
- [3] 胡基士. 中低速磁浮列车牵引供电系统特点分析 [J]. 电力机车与

城轨车辆, 2003, 26(4): 33-34.

- [4] 邓江明, 陈特放, 彭奇彪. 中低速磁浮列车车体接地回流特性研究 [J]. 机车电传动, 2017(5): 88-92.
- [5] 路宏敏, 余志勇, 李万玉. 工程电磁兼容 [M]. 2 版. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2010.
- [6] 刘瑞. 地线回路干扰的产生和减小地线干扰的技术措施 [J]. 现代制造技术与装备, 2016(5): 151-153.
- [7] 刘耀银. 高速动车组接地方式对接地回流分布的影响研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2017.
- [8] 杜辉, 朱峰, 李鑫. 单端接地屏蔽电缆低频耦合干扰分析与仿真 [J]. 安全与电磁兼容, 2017(5): 54-57.

作者简介: 李晓春 (1980—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 现从事磁悬浮系统研发工作。

(上接第 II 页)

- 轨道车辆液压球铰刚度特性试验研究
.....丁行武, 魏 苇, 卜继玲, 王士强, 邹 波, 王 涛 (5-133)
最优解调频带识别及其在滚动轴承故障诊断中的应用
.....陈丙炎, 张卫华, 宋冬利, 程 尧 (5-137)
相控阵超声探伤技术在机车整体车轮检测中的应用研究.....张金林 (5-144)
高速磁浮动态轨道检测系统数据处理流程研究
.....汤钧元, 吴 峻, 李洪鲁 (5-147)
轴箱吊耳振动测试及共振疲劳评估
.....宋庆伟, 张大福, 王建斌, 郭平波 (6-134)
城轨能量回馈半实物仿真测试系统.....杨 利, 陈柳松, 徐立恩 (6-140)

运用维保

- 铁路机车车辆滚动轴承剩余寿命的研究
.....张宗峰, 章建良, 周 晴, 高卫卫, 张委袖, 陈喜红 (1-134)
广州地铁 7 号线 MVB 总线轻微故障原因分析
.....林沛扬, 陈卓群 (1-137)
受电弓弓头转角优化与可靠性分析.....袁文辉 (2-148)
CRH2 型动车组辅助电源装置 135 故障分析及处理
.....刘金榕, 王佳佳, 饶沛南, 刘海涛 (2-152)

东莞地铁 2 号线列车车门自动防夹故障分析及改进

- 孙法雄, 刘 涛 (3-151)
动车组接触器故障分析及改进
.....刘金榕, 杨文昭, 刘海涛, 王佳佳, 饶沛南 (3-154)
长沙地铁 1 号线列车辅助变流器过载故障分析及对策
.....杨 超, 尹 毅 (4-141)
地铁列车网络控制系统典型 MVB 通信故障分析及处理
.....胡正伟, 冀 云, 焦芳芳, 张红星, 李如石 (4-144)
动车组牵引电机温度熔断器故障分析和改进措施
.....钟福兵, 罗 莹 (4-150)
CRH380BL 型动车组塞拉门故障原因分析.....陈小真 (4-153)
DK-2 型机车制动机缸压力控制改进设计
.....方长征, 李开晔, 刘 杰 (5-152)
南京地铁 S8 线辅助逆变器故障原因分析及改进
.....蒋玉虎, 石彩霞 (6-144)
城市轨道交通受流器结构优化.....张海丰, 郭彦每 (6-147)
HXD2C 型机车牵引电机定子绕组接地故障原因分析
.....曲素荣, 李 霞 (6-149)
长沙磁浮快线列车 LCD 地线电磁干扰故障分析
.....李晓春, 朱 峰, 翁文雯, 谢雨轩 (6-152)

广告索引

深圳市宝创科技有限公司 (封 2- 前插 1)
衡阳合力工业车辆有限公司 (前插 2)
广州金升阳科技有限公司 (前插 3)
咸阳亚华电子电器有限公司 (前插 4)
北京赛为达科技有限公司 (前插 5)
湖南中车时代电动汽车股份有限公司 (前插 6-7)
《机车电传动》宣传页 (前插 8)
三菱电机机电 (上海) 有限公司 (前插 9)
株洲庆云电力机车配件工厂有限公司 (前插 10-11)
株洲中车特种装备科技有限公司 (前插 12-13)
南通江海电容器股份有限公司 (前插 14)
汕头华兴冶金设备股份有限公司 (前插 15)
宁夏银利电气股份有限公司 (前插 16)
株洲中车时代电气股份有限公司 (中插 1)

湖南中车时代通信信号有限公司 (中插 2)
株洲中车时代半导体有限公司 (中插 3)
襄阳中车电机技术有限公司 (中插 4-5)
舟山市庆丰铁路仪表有限公司 (中插 6)
资阳中车电气科技有限公司 (中插 7)
宝鸡中车时代工程机械有限公司 (中插 8)
中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司 (后插 1)
思库机电工程技术 (上海) 有限公司 (后插 2)
株洲变流技术国家工程研究中心有限公司 (后插 3)
深圳通业科技股份有限公司 (后插 4)
湖南省宁乡县中南散热器有限公司 (后插 5)
江苏必得科技股份有限公司 (后插 6)
株洲时代新材料科技股份有限公司 (后插 7)
安徽省康利亚股份有限公司 (后插 8)
登钛电子技术 (上海) 有限公司 (封 3)
深圳市中电华星电子技术有限公司 (封 4)