

地铁车辆高压电缆防护部件的 隐患分析与改进

陈致远, 韦道锋

(广州地铁集团有限公司 运营事业总部, 广东 广州 510380)

摘 要: 为消除地铁车辆高压电缆防护部件的隐患, 对广州地铁1号线车辆连接受电弓与车间电源箱的高压电缆防护部件结构进行了研究, 对地铁车辆高压电缆现行防护部件存在的问题隐患进行了分析, 并就此提出检修维护建议与部件优化方案, 为消除防护部件造成高压电缆故障提供参考。

关键词: 地铁车辆; 高压电缆; 防护部件; 波纹管

中图分类号: U231; U269.6 文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2016.01.021

地铁车辆的高压受流装置与牵引逆变系统、辅助系统之间普遍使用不带保护铠的多芯柔性电缆进行连接, 一旦电缆的绝缘层受损, 将造成列车高压电路对地短路打火的重大故障隐患, 造成列车及线网供电设备故障、损伤, 严重影响系统功能及运营安全。受限于安装位置与方式, 难以对此类电缆及其外部防护部件进行全面、彻底的拆解检查与状态维护。目前, 对于此类部件的检查、探究甚少, 也缺少有效、可行的检查及改进方法, 很难发现并消除部件存在的设计、制造或安装方面的故障隐患。

近期, 广州地铁1号线一列地铁车辆在正线运营时连接受电弓与车间电源箱的高压电缆发生了对地短路故障(故障点位于金属保护管与金属波纹管的连接部位), 造成该高压电缆及其防护部件完全烧毁。本文将对这一问题进行分析与改进。

1 高压电缆的布置与防护方式

广州地铁1号线车辆的受流装置为受电弓, 位于A车车顶中部, 通过4条截面积为 150 mm^2 的不带保护铠的柔性多芯电缆与车底的车间电源箱相连, 其他高压设

备(如高速断路器HSCB、蓄电池充电机DC/DC、辅助逆变器DC/AC、电气车钩UFSD等)再通过不同截面积的不带保护铠的柔性多芯电缆与车间电源箱内对应的高压母排、熔断器或直流接触器连接, 如图1所示。

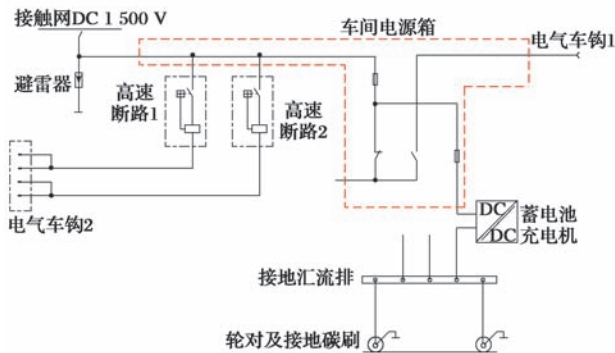


图1 广州地铁1号线车辆A车高压电路图

如图2所示, 连接受电弓与车间电源箱间的高压电缆贯穿车体顶板、客室内部、车体地板面及车底, 且在上述位置均使用金属套管及金属波纹管进行防护, 以达到保护电缆绝缘层和客室内乘客安全的作用。由于该电缆外部的防护部件繁多、结构复杂, 且难以分解、检查内部电缆的状态, 在防护部件的加工、组装过程中容易产生故障隐患, 可靠性相对较低。

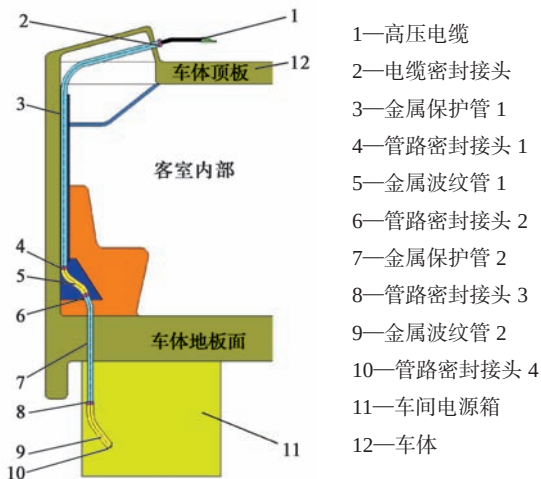


图2 连接受电弓至车间电源箱间高压电缆的布置图

除上述位置的高压电缆外, 连接其他设备的高压电缆均不添加保护外壳, 直接裸露在外, 并通过电缆夹固定在车底控制电缆线槽的外表面, 该种布线方式结构简单、电缆外表面直观可视, 更便于检查维护, 可靠性相对较高。

2 故障原因分析

电缆对地短路故障发生在车底金属保护管与金属波纹管的连接处, 该位置部件数量较多、结构复杂(如图 3 所示), 以下进行具体分析。

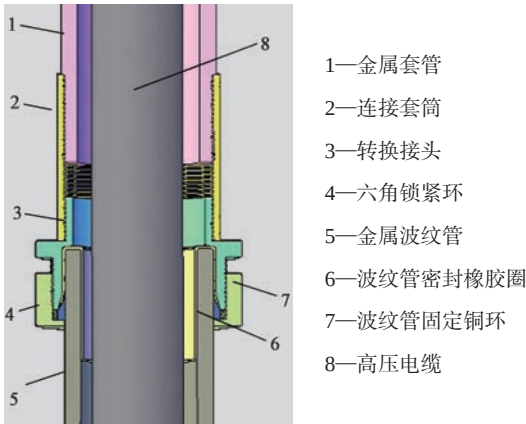


图 3 金属保护管与金属波纹管连接位置结构图

2.1 部件结构分析

波纹管固定铜环通过凸状螺纹与金属波纹管连接、定位, 确保金属波纹管在安装后不会掉落、脱出。

金属波纹管及波纹管固定铜环通过六角锁紧环固定在转换接头上, 并通过波纹管密封橡胶圈实现波纹管与转换接头间的防水密封。

金属波纹管及转换接头均带有外螺纹, 并通过连接套筒实现两部件的连接及防水密封。

2.2 故障原因分析

根据该位置各部件的结构特点及相互关系, 可分析得出该处高压电缆绝缘层受损的原因, 具体如下:

①分解其他列车相同位置的部件发现, 故障位置的高压电缆与各部件间均存在一定的间隙且电缆未得到有效限位, 导致其在列车运行过程中因冲击振动而产生方向、幅度、频率不可控的振动, 使其与上述部件发生频繁的接触与冲击。由于高压电缆安装后呈弯曲状态, 与金属波纹管下端面、转换接头上端面及波纹管固定铜环下端面极易发生刮碰, 且上述部件的台阶面较为尖锐, 在与高压电缆绝缘层的触碰过程中存在损伤高压电缆绝缘层的危险。

②车上使用的金属波纹管的结构存在较大的故障隐患。该种金属波纹管由不锈钢带弯曲以螺旋方式缠绕而成, 不锈钢带的一边向内弯曲呈环形扣状, 另一边向外弯曲呈环型凹槽状, 缠绕后下一圈的环形扣扣在前一圈的环型凹槽处进行限位(如图 4 所示), 最后在波纹管外表面附着塑料薄膜层进行防水密封。由于波纹管内部中空, 在拆装或日常运行的冲击振动过程中, 受力处前

后两圈的不锈钢片将产生方向相反的径向形变, 导致环形扣与环形凹槽间的限位失效, 从而造成不锈钢带脱开。由于不锈钢带的边缘(尤其是环形扣状边缘)较为锋利, 在长时间的冲击振动后将对高压电缆绝缘层造成极大的损伤。



图 4 金属波纹管结构

3 现有电缆防护方案的优化改进

3.1 增加限位装置

为消除高压电缆与其外部保护部件间的相对运动, 在金属波纹管、转换接头处增加限位尼龙线卡, 如图 5 所示, 同时, 为避免电缆与限位尼龙线卡的刚性接触, 安装尼龙线卡前在电缆的对应位置粘贴黑色绝缘胶布作为缓冲。改造后, 高压电缆与其外部保护部件在该故障位置的间隙完全消除, 高压电缆得到有效限位, 且尼龙线卡完全隔绝高压电缆与该处外部金属保护部件的接触。

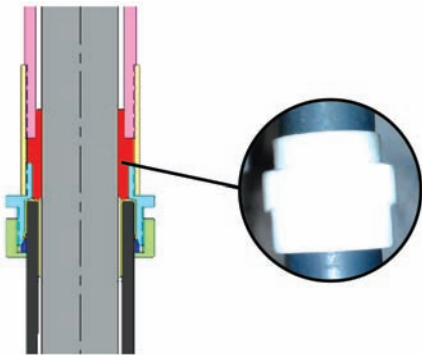


图 5 在故障位置添加限位尼龙线卡后的结构图

3.2 钝化外部保护部件的尖锐台阶面

使用锉刀、砂纸等工具将金属波纹管下端面、转换接头上端面的开孔处进行倒角处理, 并将波纹管固定铜环下端面的末端开口向外弯曲至呈喇叭状, 如图 6 所示, 避免其边缘内翻损伤电缆。

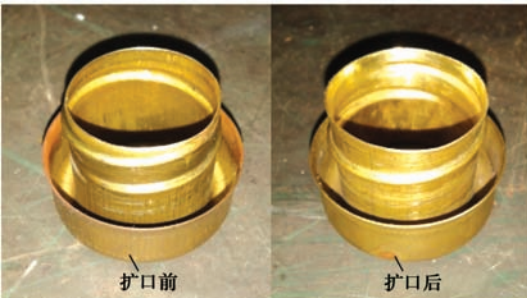


图 6 波纹管固定铜环扩口效果图

4 尼龙材质与金属材质波纹管防护方案对比

4.1 高压电缆防护标准及行业现状

现有地铁车辆高压电缆的敷设均按照标准