

SFM04 型车制动速度传感器故障分析和处理

韩利军

(天津中车四方轨道车辆有限公司, 天津 300400)

摘 要: 介绍了 SFM04 型地铁车辆制动速度传感器的故障情况及速度传感器结构和工作原理, 分析了速度传感器频繁发生电气烧蚀故障的机理和原因, 提出了改进措施, 解决了速度传感器烧蚀的问题。

关键词: 故障诊断; 速度传感器; 烧蚀; 制动; SFM04 型地铁车辆

中图分类号: U231; U269.6 文献标识码: B
doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2016.02.025

0 引言

近年来, 地铁车辆以其运量大、方便快捷、准时等特点极大地缓解了城市的交通压力。因此越来越多的城市开始建设地铁。地铁车辆发车间隔短, 运输旅客较多, 所以车辆的运营安全尤为重要。SFM04 型车在以往运营中频繁发生制动速度传感器电气烧蚀故障, 影响了运行安全, 故有必要对此故障进行分析。

1 故障现象

SFM04 型地铁车辆是 3 动 3 拖 6 编组电动列车, 编组形式为: +Tc-M-T+M1-M-Tc+。在运营中频繁发生制动速度传感器故障, 故障大都发生在 Tc 车, 故障现象主要为制动速度传感器外部的绝缘防护层被破坏、端部的金属部位有灼伤点或烧熔 (如图 1 所示), 部分速度传感器内部信号传输线缆有短路现象, 个别烧损现象严重时则造成制动控制装置内控制板卡损坏。

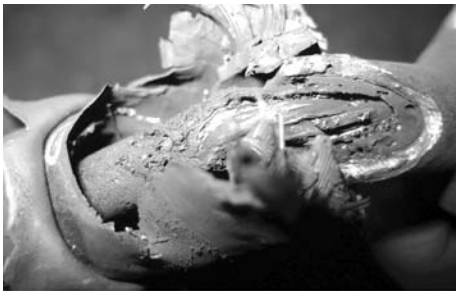


图 1 制动速度传感器端部烧蚀情况

该速度传感器烧蚀故障累计发生 30 余起, 导致列车在载客运营中无法正常制动, 发生多次列车提前退出服务和一次列车救援事故, 对地铁的正常运营造成了严重影响。

2 制动传感器的结构和工作原理

制动速度传感器是一根两端带连接器的线缆, 线缆一端连接器安装在车体支架上, 和制动控制装置输出线缆连接 (安装结构如图 2 所示), 线缆另外一端安装在每个车轴轴箱端盖上 (安装结构和原理图如图 3 所示), 每根车轴上均装有速度传感器, 用来监测该车轴的速度, 以防止车轴发生速度异常。制动速度传感器由制动控制装置 BECU 直接控制, 由制动控制装置为其提供 $\pm 12\text{ V}$ 工作电源, 并对其采集的速度信号进行分析和处理。制动速度传感器信号电缆的屏蔽层在制动控制装置侧通过箱体外壳与车体连接处接地。制动速度传感器通过对安装在车轴上测速齿轮的转动进行测量来实时测量车轴的转速, 测速信号传输到制动板卡, 进而计算出列车的运行速度。

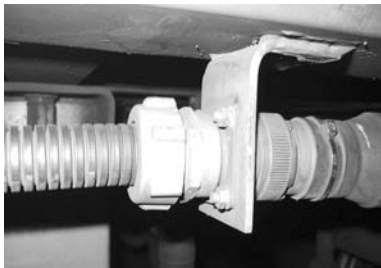


图 2 速度传感器车体侧连接安装

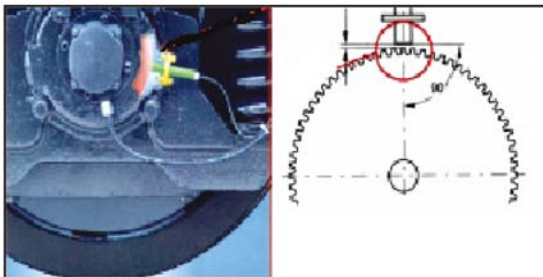


图 3 制动速度传感器轴端侧安装位置图

3 制动传感器烧蚀故障机理分析

①制动速度传感器击穿烧蚀故障有一个共性, 即

均发生在 Tc 车 2 个转向架 4 根车轴中的一根车轴上。按照 Tc 车的布置方案，该车布置的高压设备有 SIV 及其整流装置、二位端转向架的受流器装置和高压电缆，从现车的布置及走线情况耗，高压设备及线缆均远离制动速度传感器。Tc 车 - 位端转向架附近没有任何高压设备，车体间 100 号跨接线导通良好；M 车的接地装置不存在异常；用万用表测量速度传感器车体侧信号电缆屏蔽层与车体也是绝缘的，不存在 Tc 车通过车体到 M 车的低压回流电流传导至速度传感器端再通过轮对接地，产生大电流放电的可能性，故可排除车辆高压设备造成制动速度传感器烧蚀的可能。

②对车辆所装的制动速度传感器进行了拆解，发现其信号线缆外面防护管内有一层金属屏蔽网，屏蔽网与传感器车轴侧的金属连接器端头部位异常接近（如图 4 所示），而屏蔽网另一端通过车体连接器单端与车体导通。



图 4 制动速度传感器端头

经过分析后怀疑制动速度传感器的烧损是由于某段轨道间带有不稳定的电位差，当列车运行到此处时，整列车相当于一导体与存在电势差的两端钢轨连接，高电位轨、车辆系统、低电位轨三者组成了闭合回路。车辆系统中，由于 Tc 车车体和转向架没有接地装置，不能通过接地装置形成闭合回路，但制动速度传感器金属屏蔽网在车体侧连接器和车体连接，车轴侧金属屏蔽网和制动速度传感器金属端头连接器的间隙极小，绝缘强度不够，造成电压差击穿屏蔽网与传感器间的电气间隙，产生大的导通脉冲电流，形成闭合回路，电流走向如图 5 所示。

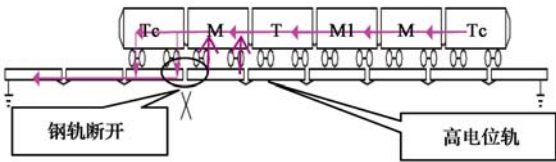


图 5 电流闭合环路形成示意图

从图 5 可知，电流走向为高电位的运行轨→M 车轮对→M 车接地装置→M 车车体→车体间短连线→Tc 车车体→车体连接器→金属屏蔽网→速度传感器→轴箱端盖→Tc 车轮对→低电位的运行轨。故当列车出库时，头车处于运行轨而其余车辆处于库线轨，或

是当列车回库时头车处于库线轨而其余车辆处于运行轨时就可形成闭合环路，造成制动速度传感器击穿。

③通过对轨道线路的普查，发现列车库线轨与正线轨的交接处未设置短连线，经测量库线轨和运行轨之间存在 100 V 左右波动的电压，钢轨之间有明显的烧蚀痕迹，如图 6 所示。



图 6 钢轨接缝处烧蚀

经过在线路上对车辆进行测试，发现当列车出库线即将进入正线时，此时头车 Tc 车处于运行轨，而其余 5 辆车处于库线轨，头车 Tc 车 2 轴和 3 轴的 2 个制动速度传感器金属端头烧损严重，且其连接器与车体之间的安装螺栓烧熔，验证了前面所分析的导电通路存在性。

④对制动速度传感器进行测试，速度传感器信号线绝缘电阻值在 100 MΩ 以上，耐压标准 AC 1 500 Vrms 1 min 无异常，但是速度传感器连接器外壳和探头间的绝缘阻值很小。通过对制动速度传感器线缆屏蔽网和探头间的耐压测试，当耐受电压超过 100 V 时瞬间击穿，说明制动速度传感器线缆屏蔽网和探头电压耐受能力差，当电压超过 100 V 左右时就可以击穿，造成制动速度传感器故障。

4 原因分析

SFM04 型车制动速度传感器的烧损原因分析如下：列车运行到特定区间（库线与正线分断区），当头车和其他的 5 辆车分别处于不连通的两段轨时，运行轨和库线轨之间存在电位差；轨道和车辆之间形成环路，形成较大的脉冲电流；速度传感器连接器外壳和探头间电气间隙很小，绝缘能力不够，为最薄弱部分，导致在脉冲电流在此通过，产生大电流放电，造成制动速度传感器击穿、烧损。

5 解决措施

措施一：对速度传感器进行改造，目的是提高速度传感器连接器线缆屏蔽网和连接器探头间的绝缘耐压能力。

措施二：对故障产生地点的运行线路进行改进，在库线轨和运行轨之间增加一根短接线，随时释放运行轨和库线轨之间的电压差，使库线轨和正线运行轨间处于等电位；