

动车组牵引电机温度熔断器 故障分析和改进措施

钟福兵¹, 罗莹²

(1. 中车株洲电机有限公司, 湖南 株洲 412001;
2. 湖南联诚轨道装备有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 简要介绍了动车组牵引电机温度熔断器的工作原理和结构, 对其产生的故障原因进行分析并提出相应的改进措施, 通过试验验证和动车组车辆实际运用验证, 确认了改进措施的有效性。

关键词: 动车组; 牵引电机; 温度熔断器; 故障诊断; 改进措施

中图分类号: U266.2; U269.6 **文献标识码:** B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2019.04.032

Failure Analysis and Improvement Measures of EMUs Traction Motor Temperature Fuse

ZHONG Fubing¹, LUO Ying²

(1. CRRC Zhuzhou Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China;
2. Hunan Liancheng Rail Equipment Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: The work principle and structure of the temperature fuse for traction motor of EMUs was introduced briefly. Fault of the fuse was analyzed and corresponding improvement measures were put forward. The effectiveness of measure was confirmed by test and actual operation of EMUs.

Keywords: EMUs; traction motor; temperature fuse; fault diagnosis; improvement measure

0 引言

动车组牵引电机是牵引系统的核心部件, 其可靠运行对动车组的运行安全性至关重要, 温升是牵引电机安全保护策略的重要指标之一^[1]。目前, 动车组牵引电机主要通过在其铁心部位加装温度熔断器来实现过热保护。当监测到发热部位温度超过报警阈值时^[2], 温度熔断器触点断开并输出信号, 通过温度监控系统将报警信号传送至司控台, 提示驾驶员需立即停车检查, 以确保牵引电机和动车组的安全运行。

CRH₂ 型动车组牵引电机过热保护早期采用弹片式

温度继电器^[3], 后续开发了牵引电机超温保护用熔断器。2014 年, 新型温度熔断器装车运行一段时间后, 因其本身质量问题, 导致新车出厂时出现了多起“牵引电机温升过高”的误报警故障, 对产品交付和动车组的正常运营造成了不良影响。

1 温度熔断器工作原理及性能参数

1) 温度熔断器结构及原理

温度熔断器主要由保护管、温度保险丝、安装座、电缆锁紧头和电缆等配件组成, 如图 1 所示^[2-4]。核心元件温度保险丝与电线连接后通过导热绝缘材料封装在保护管中, 用于温度的监控。温度熔断器采用 2 个

收稿日期: 2019-04-24; 修回日期: 2019-06-24

温度保险丝并联的冗余设计方案。

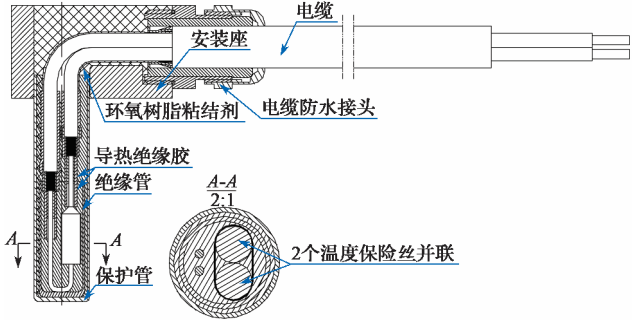


图 1 温度熔断器结构图

核心元件温度保险丝主要由星形触点、压缩弹簧、解扣弹簧、热敏药丸等构成，如图 2 所示。

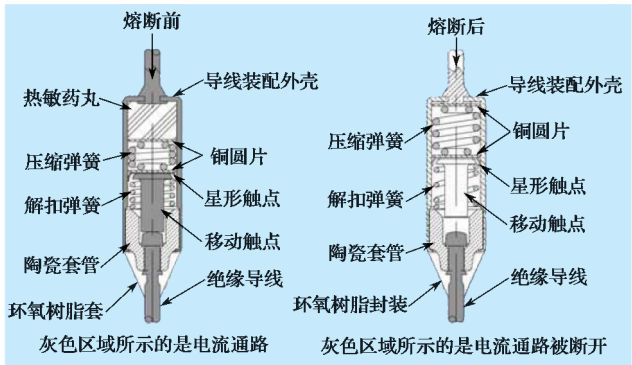


图 2 温度保险丝结构图

正常情况下，电流从绝缘导线流向星形触点，通过导线装配外壳流向另一端。动车组一节动车牵引电机超温保护电路^[5]如图 3。当电机铁心温度达到设定的阈值时，热敏药丸熔融，压缩弹簧和解扣弹簧为保持弹力平衡而移动，推动星形触点与绝缘导线分离，回路被断开，外部延时继电器因失电而使其触头断开，从而发出电机铁心超温报警信号。

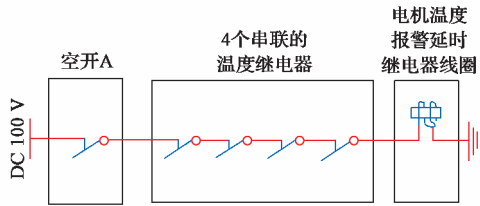


图 3 牵引电机超温保护电路连接图

2) 温度熔断器主要性能参数

主要性能参如下：

输出特性参数

额定动作温度	185 ℃
最高保持温度值	≥ 175 ℃
额定负载电流	1 A
直流电压	100 V
最大负载电流	3 A
工作电压范围	DC 70~135 V
防护等级	IP68 (1 m 水深, 24 h)
绝缘电阻	不小于 500 MΩ

耐压

AC 3 500 V, 50 Hz, 1 min, 漏电流不大于 2 mA	
振动冲击	满足 GB/T 21563—2008 对 2 类 转向架安装的试验要求

2 故障原因分析

为查找温度熔断器故障原因，随机抽取 4 件发生过报警的温度熔断器进行相关性能检测、拆解和分析。

1) 检测故障温度熔断器的性能

温度熔断器性能检测项目和检测结果分别见表 1 和表 2。

表 1 性能检测项目

试验项目	试验内容及标准值
内阻值检测	温度熔断器两引线间内阻值不大于 50 mΩ
绝缘电阻检测	常态下用 DC 2 000 V 兆欧表检查温度熔断器探头与引线间绝缘电阻值，不小于 500 MΩ
耐压检测	引线与外壳间施加 AC 3 500 V, 50 Hz, 持续时间 1 min, 漏电流不大于 2 mA, 无闪络、击穿和飞弧现象
热态试验	模拟正常运行的高温工况试验，温度 150 ℃, 10 min, 实时监测温度熔断器的通断，应不断开
振动试验	模拟正常运行的振动工况试验，按照 GB/T 21563—2008《轨道交通 机车车辆设备冲击和振动试验》中 2 类转向架垂向安装，试验持续时间 0.5 h, 实时监测温度熔断器的通断，应不断开

表 2 性能检测结果

产品编号	内阻值 检测 /mΩ	绝缘检测 / MΩ	耐压检测	热态试验	振动试验	结果
2014-10-0096	31.92	>9 999	合格，漏电流为 0.04 mA	开路	开路	不合格
2014-11-0138	∞	>9 999	合格，漏电流为 0.03 mA	开路	开路	不合格
2014-11-0125	33.09	>9 999	合格，漏电流为 0.04 mA	导通	导通	合格
2014-08-0408	32.88	>9 999	合格，漏电流为 0.02 mA	开路	开路	不合格

2) 故障诊断

为进一步确认温度熔断器的故障原因，对 4 件温度熔断器的内、外部连线逐步进行拆解检查，未发现内部有开路现象和外部连线故障，结合故障件在热态试验中的表现以及拆解过程中器件的检测结果，初步判定该 4 件温度熔断器的故障部位在温度保险丝内部。

将 4 件温度熔断器的温度保险丝进行热敏药丸高度检测、部件拆检、热敏药丸熔点检测。

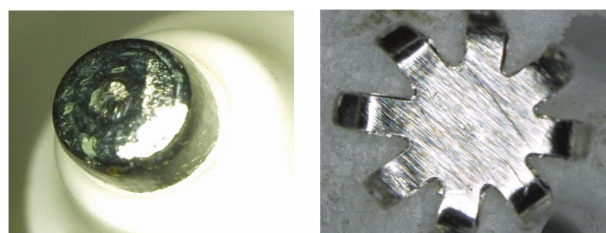
①热敏药丸高度检测结果见表 3。

表 3 药丸高度 mm

产品编号	2014-10-0096	2014-11-0138	2014-11-0125	2014-08-0408
药丸 1	2.057 40	2.021 84	1.955 80	1.803 40
药丸 2	1.981 20	1.948 18	1.955 80	1.879 60

拆解温度保险丝后观察壳体、弹簧、触点、铜圆片、星形触点等配件未发现异常，其中触点与星形触点接触面 20 倍放大图见图 4。

② 在 DSC 熔点测试仪上对拆解出的热敏药丸进行熔点测试，测试合格。



(a) 触点 (b) 星形触点

图 4 触点和星形触点 20 倍放大图

经过上述对故障件的测试与拆解, 排除了电缆断路、压接端子松动、热敏药丸熔点失效等因素, 但从故障元件的热敏药丸高度可以看出, 热敏药丸高度相对于出厂值 (不小于 2.235 mm) 已明显降低。

3) 热敏药丸最小临界高度计算

根据故障温度熔断器的检测情况, 初步分析此类故障是由于热敏药丸高度下降而导致的, 故对其最小临界高度值进行计算。

温度保险丝内部结构尺寸关系如图 5 所示 (图中尺寸单位为 mm)。由图 5 可知, 若热敏药丸高度减小, 则压缩弹簧缓释, 解扣弹簧与星形触点及铜圆片受到的压力降低, 移动触点与绝缘导线接触压力也相应地下降。当热敏药丸高度下降至最小临界高度 ($H_{\min}$) 时, 压缩弹簧与解扣弹簧弹力大小相等, 方向相反, 此时绝缘导线与移动触点的接触压力为零。若热敏药丸高度进一步降低, 解扣弹簧推动移动触点, 使其与绝缘导线分离, 温度保险丝将由导通变为断开。

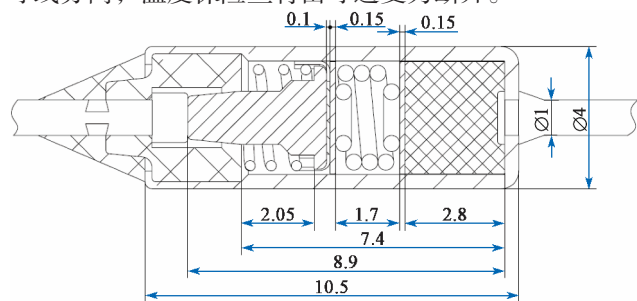


图 5 温度保险丝内部结构尺寸关系图

通过受力分析和计算, 热敏药丸最小临界高度值为 $H_{\min}=1.93 \text{ mm}^{[1]}$ 。

由表 3 可见, 4 件温度熔断器中温度保险丝的热敏药丸高度均处于临近或低于最小临界高度值的状态, 在运行环境温度交替变化和持续振动的情况下, 出现间歇性开路是必然的。

3 分析

根据温度熔断器的动作原理可知, 温度保险丝内部热敏药丸状态直接决定了元件的通断, 其高度的变化将显著影响压缩弹簧和释放弹簧的受力状态, 进而影响星形触点与绝缘导线触头的接触程度, 最终反映在温度保险丝的通断功能变化上。

综上所述, 判断此批温度熔断器故障的原因是由于温度保险丝热敏药丸高度不足, 引起温度保险丝移动触点接触压力下降, 温度熔断器处于导通、断开的

临界状态, 当所处环境温度交替变化或振动加强时, 温度熔断器出现间歇性断开, 从而引发“牵引电机温升高”的误报警故障。

4 改进措施

1) 增加温度保险丝热敏药丸高度检测项点

在器件做老化筛选试验前后, 增加 X 射线机检查温度保险丝热敏药丸的高度, 新造和检修保险丝热敏药丸的高度应不小于 2.3 mm 的标准值。

2) 出厂试验

增加振动试验项目

温度熔断器出厂检验项目中增加振动试验, 要求见表 4。

表 4 振动试验要求和参数

方向	加速度 RMS 值 (5~250 Hz)/(m·s ⁻²)	持续 时间/min
垂直	6.2	10
横向	5.4	10

3) 高温筛选试验

为了排除出厂温度熔断器存在高温下断开、常温下恢复导通的现象, 振动试验后增加环境温度 150 ℃, 试验持续时间 10 min 的高温筛选试验。

4) 加强过程管控

从原材料入库检查、制造工艺、工装设备、过程监控、检验手段等方面进行全面梳理, 并结合现场运用提出整改方案, 进一步加强对制造过程的质量管控, 提升产品可靠性。

5 结语

通过对温度熔断器引发的“牵引电机温升高”的误报警问题进行深入剖析, 确认了其根本原因, 并针对其原因在质量管控方面提出了一系列有效的优化和改进措施。截至 2018 年 12 月 31 日, 采取优化和改进措施后的新制温度熔断器已供货 4 万余件, 最长运营里程已达 120 万 km, 至今未发生牵引电机因温度熔断器本身质量原因而误报警的事件, 运行状况良好。由此可见, 此次的优化和改进措施效果明显, 能够有效避免因温度熔断器质量原因引起的“牵引电机温升高”的误报警故障风险。

参考文献:

- [1] 龙永文. YQ-365 牵引电机温度继电器参数设计和选用 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2010, 33(4): 45-46.
- [2] 刘勇, 罗小兰. 动车组牵引电机超温保护用熔断器的选型设计及性能评价 [J]. 自动化应用, 2016 (6): 137-139.
- [3] 赵志春. 高速动车组牵引电机温度继电器故障分析和改进措施 [J]. 铁道机车车辆, 2016, 36(1): 93-96.
- [4] 陈真容. 动车组牵引电机用温度继电器误报警故障分析 [J]. 机车车辆工艺, 2011(6): 35-36.
- [5] 杨征. CRH380AL 型动车组牵引电机温度高故障浅析 [J]. 魅力中国, 2014(5): 274.

作者简介: 钟福兵 (1968—), 男, 高级工程师, 研究方向为控制工程。