

运用检修

动车组主变流器冷却系统
故障分析与处理

田庆涛, 田占伟, 吴 悠, 苏文煜, 石馨月
(唐山轨道客车有限责任公司 产品研发中心,
河北 唐山 063035)

摘 要: 为了降低动车组主变流器冷却系统故障, 对动车组运营过程中的各种主变流器冷却系统故障现象及原因进行了深入分析, 针对冷却器漏液、FSA 过滤器阻塞、风机箱体局部裂纹、冷却液配比失衡、传感器进水等几类故障制定了对应的优化改进方案, 并通过了实际装车验证, 使动车组主变流器冷却系统故障大为降低, 改进效果良好。

关键词: 动车组; 主变流器; 冷却系统; 散热

中图分类号: U266.2; U264.3⁺7 **文献标识码:** B

文章编号: 1000-128X(2015)04-0095-03

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.04.026

1 概况

目前动车组大多采用 8 辆编组 4 动 4 拖式设计, 每个动车均设置主变流器, 每台主变流器配备单独的水冷却系统, 用于散发 IGBT 工作产生的热量^[1-3]。主变流器冷却系统主要部件在运行过程中发生了一些典型故障, 影响了动车组的正常运营。

2 故障分析与处理

主变流器冷却系统主要由过滤器、冷却器、冷却风机、冷却泵、传感器、冷却液等构成, 结构布置如图 1 所示。冷却液依靠冷却泵在冷却器和变流器之间形成循环水冷, 冷却风机强迫一定量的空气以一定的流速通过冷却器从而带走冷却液的热量, FSA 空气过滤器将空气中的杂质过滤, 使干净的空气通过冷却器,

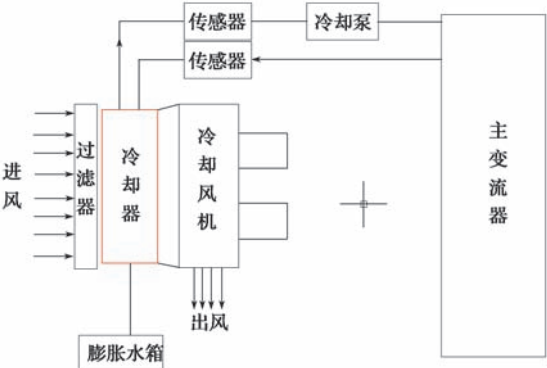


图 1 主变流器冷却结构布置图

在进口和出口管路安装压力传感器用来监测冷却系统进出口的压力; 目前国内动车组主变流器冷却系统发生了各种故障, 依据日常维护和大修的情况, 除整体构架故障较少外, 其余构成部件分别出现过冷却器漏液、FSA 过滤器阻塞、风机箱体局部裂纹、冷却液配比失衡、传感器进水等几类故障, 以下将进行具体分析。

2.1 冷却器漏液

冷却器是主变流器冷却系统实现散热的关键部件, 冷却器通过内部冷却液的循环和表面的风冷散热带走主变流器产生的热量; 在动车组运行过程中, 冷却器发生的主要故障为冷却液泄漏。冷却液泄漏会导致冷却系统内部的冷却液位下降, 冷却性能下降, 严重泄漏时还会导致主变流器冷却管路内部进入空气, 引发主变流器功能失效, 造成列车部分动力丢失, 进而引发动车组降速或停车故障。

原因分析: 对存在漏液的冷却器管路进行切片晶相分析, 如图 2 所示, 从晶相分析上发现造成冷却器管路漏液的主要原因为冷却器管路表面镀层遭到破坏而断裂; 冷却器管路表面的处理方式主要有铬化、化学氧化、电泳和阳极氧化等几种, 目前国内和国际上冷却器管路大多采用单层电泳涂层, 电泳涂层在遭受长时间灰沙磨碰后容易受到破坏, 冷却器管路表面镀层破坏后, 内层铝材很容易遭到腐蚀, 腐蚀达到一定深度后导致漏液。

故障处理: 因受到散热性能的限制, 目前还无法彻底解决表面涂层破坏而被腐蚀的问题, 经过长期研究论证和试验, 采用了在原铬化涂层表面增加一层电泳涂层的处理方案来解决此故障, 也就是将单涂层改为双涂层, 增加了涂层的厚度。通过采用双涂层将原来的涂层厚度增加了一倍, 成倍提高了冷却器表面的抗腐蚀能力和抗破坏能力, 冷却性能虽略有下降但仍可以满足要求, 目前此方案已经经过装车验证, 效果良好, 经过 2 年的验证, 还未发现双涂层再次被腐蚀破坏的现象。

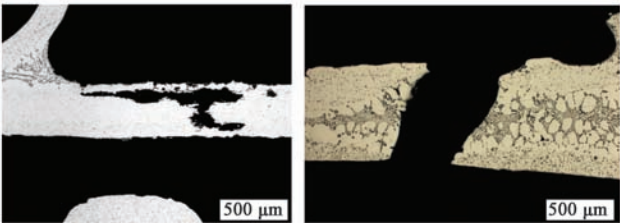


图 2 冷却器管路晶相分析

2.2 冷却器阻塞故障

冷却器通过冷却风机吸入外部空气进行循环风冷, 冷却器进风口处设有空气过滤器, 外界空气被吸入过程中会带入环境中的杂质, 遇有雨水环境杂质会附着在过滤器表面。按照动车组过滤器的维护手册要求, 列车维护需要定期对过滤器进行清理, 清理维护检修

周期一般为 M3（120 万 km）。这些检修维护周期都是技术引进时按照欧美或日本的运行环境设计的，由于动车组在国内运行过程中，运行环境更为复杂恶劣，列车未到规定的检修周期就发生冷却系统滤网被尘土覆盖（图 3），内部的过滤器严重堵塞（图 4）的情况，冷却器通风散热受到影响，造成冷却系统的冷却液温度过高，影响列车的正常运行。



图 3 散热片外部被尘土覆盖



图 4 局部散热片完全堵塞

原因分析：目前国内动车组大多为引进国外的技术，动车组也大多是按照国外标准制造，国外的大气环境等级大多高于中国目前的水平，因此原维护手册规定的清理周期已经不能满足在中国运营维护的需求，导致冷却系统冷却器散热片严重堵塞，简单地靠日常的空气枪清洗已经无法清理干净，原维护周期和方案已经无法保证冷却系统的正常工作。

故障处理：一方面更改维护周期，将原维护周期 120 万 km 提前至 30 万 km；另一方面更改清理方式，在使用吸尘器和毛刷清洁散热片表面污物后，再使用高压水枪对冷却器散热片进行清洁，清洁后的效果如图 5 所示；更改维护周期和清理方式后，冷却器的堵塞现象再未发生，冷却系统运行状况良好，杜绝了冷却器因堵塞导致散热不良引起的故障。

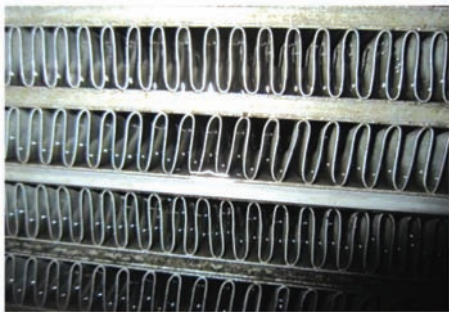


图 5 清洁后的效果

采用新的故障处理方式后，冷却系统的故障率明显降低。更改后的维护周期和清理方式符合国内目前相对复杂的环境，在过滤器堵塞前对其进行有效的清理，为冷却系统创造了良好的日常运用条件。

2.3 冷却风机风箱裂纹故障

冷却风机设置在冷却风箱内部，风机采用金属支座固定在冷却系统内部，长期运行过程中会发生支座裂纹故障，故障部位如图 6 所示。

原因分析：①动车组运行速度大多超过 200 km/h，国内客运专线大多存在穿山隧道，动车组在高速运行穿过隧道时，车体设备承受过大的气动载荷；②风机旋转会产生往复的振动，对箱体产生不利的影响；③为了减少设备重量，大多风机壳体采用铝合金材质，但铝材质的局部承载强度较低，容易产生裂纹；④通过对风机和框架进行频率测试，发现风机旋转时的频率和框架的固有振动频率比较相近，风扇旋转会造成较大的风机振动。以上 4 方面都是导致风扇支座裂纹的重要原因。

故障处理：一方面，对已运行的动车组冷却系统在板材的交接处对风扇进行补强，形成三角框架结构，补强方案在车上完成试装后，进行了运营考核，考核效果良好，补强方案的效果图见图 7；另一方面，对冷却风扇的运行频率按照测试结果进行了调整，使风扇运行频率远离框架的固有振动频率，经过采取这 2 种措施整改后，裂纹故障大幅度降低。



图 6 裂纹故障图

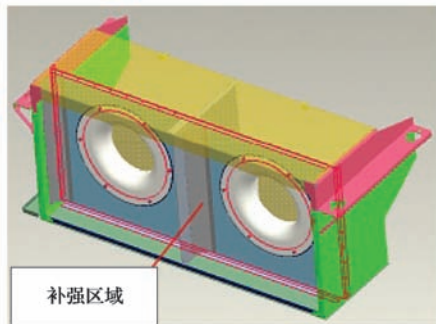


图 7 补强方案

2.4 冷却液比热容不够

目前变流器冷却系统的冷却液大多采用防冻剂（乙二醇）和水的混合剂，根据国内运行气温环境 $-25\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的要求，防冻剂 / 水的比例配比约为 4:6，这种配比的冷却液的冰点为 -29°C 左右，可以满足非高寒车 $-25\sim 40^{\circ}\text{C}$ 工作环境要求。通过调整防冻剂和水不同配比，可以获得冷却液不同的物理性能，包括沸点、冰点、粘稠度、比热、导热系数等，尤其是粘稠度和导热系数会直接影响其冷却功能。

原因分析：动车组运营过程中经过对冷却液的配比进行调查检测，发现水和冷却液的比例出现了很大的偏差，大约只有 5:5，冷却水的比例下降造成了变流