

# CRH<sub>2A</sub> 辅助电源装置 (APU) 的故障分析及对策

张 青 上海铁路局上海动车客车站

**摘 要** 动车组辅助电源装置 (APU) 作为辅助供电系统的关键部件, 其性能质量直接影响到动车组的安全正点运行。阐述辅助电源装置 (APU) 的功能, 结合典型案例, 分析其故障发生的原因, 并提出故障排查及处理的方法, 以提高机械师的故障处理能力, 确保动车组的安全、舒适、正点运行。

**关键词** 辅助电源装置 (APU); 故障分析; 对策

随着动车开行数量的不断增加, 运行速度的不断提高, 动车运行途中辅助电源装置 (APU) 的故障也呈上升趋势, 已成为影响动车组安全正点运行的重要故障。辅助电源装置 (APU) 是动车组的关键部件之一, 其所起的作用相当于辅助供电系统, 其运行品质的好坏, 不仅会影响车内许多用电设备的正常使用, 而且也会严重影响到铁路动车组列车的运行安全。

## 1 辅助电源装置的功能

CRH<sub>2A</sub> 全车由 8 节组成 (4 动 4 拖), 共有 2 台辅助电源装置 (APU), 分别设置在 1 号车和 8 号车。辅助电源装置 APU 的作用是为除牵引电机以外的辅助系统提供电源, 从辅助电源装置输出 4 路交流和 1 路直流电源 (见图 1)。

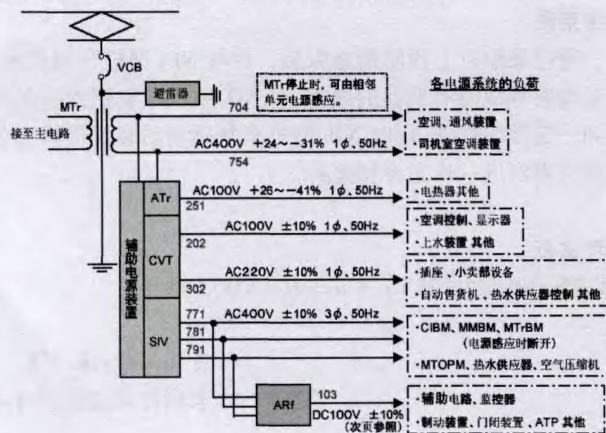


图 1 电源系统示意图

## 1.1 单相 100 V 不稳定电源系统

单相 100 V 不稳定电源系统从牵引变压器的辅助绕组取电, 通过输入变压器与辅助变压器 (ATr) 降压, 给热水器的加热器等容许电压变动的设备供电。

## 1.2 三相 400 V 稳定电源系统

辅助绕组输出的单相 400 V 交流电供给 APU 进行整流, 经过 APU 的输入滤波器、整流器、中间直流环节、三相 PWM 逆变器以及输出滤波器, 得到稳定的 400 V/50 Hz 三相交流电源系统, 给牵引变压器、牵引变流器、牵引电机的风机、电开水炉等供电。

## 1.3 单相 100 V 稳定电源系统

三相 400 V 稳定电源系统通过单相变压器 (Tr3) 输出单相 100 V 稳定电源系统, 给空调控制、显示器、上水装置等供电。

## 1.4 单相 220 V 稳定电源系统

三相 400 V 稳定电源系统通过单相变压器 (Tr4) 输出单相 220 V 稳定电源系统, 给车厢内插座、小卖部设备、自动售货机、热水供应器控制等供电。

## 1.5 直流 100 V 稳定电源系统

辅助整流器 (ARf) 也与三相 400 V 稳定电源系统相连, 经过整流得到直流 100 V 稳定电源系统, 给车辆的控制电源、车厢照明、蓄电池等设备供电。

## 2 APU 故障处理实例

例 1: 2008 年 6 月 6 日~8 日动车组 CRH<sub>2</sub>012A 1 号车的 APU 功率单元因为过热保护, 造成辅助电源复位后无法工作。为保证动车组运行正常, 对 1 号车 APU 进行切除, 使用 BKK 扩展供电来维持 1 号车 APU 供电单元设备工作。

处理措施: 动车组入库后更换 APU 继电器模块、控制基板、IGBT 模块后实验正常。

例 2: 2009 年 6 月 20 日, 上海局担当的 D5423 次 (2008A+2017A) 进上海站时, 2008 01 报辅助电源装置故障 (故障代码 135), 随车机械师将 2008 01 车 APUCN 空开断开 5 s 再投入, 司机 RS 复位, 故障未恢复。MON 又报 2008 00 车辅助电源装置故障 (故障代码 135), 随车机械师将 2008 00 车 APUCN 空开断开 5 s 再投入, 司机 RS 复位, 故障未恢复。



到站后司机进行换端作业,随车机械师到 2008 01 车,司机称 2008A 的 2 个 VCB 未闭合,随车机械师通过 MON 确认 2008A 的 2 个 VCB 已闭合,只是 2008A 的 2 个 APU 因故障未投入。随车机械师再次将 01 车、00 车 APUCN 断开再投入和断开 5 车电茶炉空开,司机 RS 复位,故障仍未恢复。随车机械师要求司机降弓断电大复位,复位后 00 车 APU 恢复,01 车未恢复,司机闭合 BKK 进行扩展供电。

处理措施:动车入库后,所组织人员对其辅助电源装置进行检查,发现辅助电源装置滤网较干净,散热器外侧无杂物,使用高压风对散热器进行吹扫发现灰尘较多。按四方股份提供的作业指导书,检修人员对功率模块散热器进行了吹扫(该作业前期未明确要求),发现积灰较多,堵塞了散热风道,导致辅助电源装置超温保护。清灰处理故障后,APU 工作正常。

例 3:2010 年 1 月 29 日,上海局担当的 D5459 次(2023A+2019A)运行至苏州站报 2023 00 车辅助电源故障(故障代码 135),RS 复位无效。随车机械师断开辅助电源控制装置及辅助电源控制器两个空开后重新投入无效,检查发现 5 车电茶炉进水管有漏水现象,断开 5 车电茶炉空开后,2023 08 车 APU 故障消除,后续交路运行正常。通知司机进行 BKK 远程扩展供电。

处理措施:动车入库后,检修人员发现 2023 05 车电茶炉水箱电磁阀前端波纹管接头垫片开裂,直接导致电茶炉漏水,渗出的水珠滴在加热器的 AC400 V 电源接头上,进而导致 APU 故障。更换密封圈,APU 工作正常。

### 3 APU 故障原因的归纳分析

辅助电源装置的故障保护功能有输入过电流、变流器过压、变流器过流、变流器过载、输出过压、输出低电压、检测接地、输出短路保护等,因此辅助电源装置的故障往往是由于 APU 的故障保护产生的。

根据案例分析,辅助电源装置的故障可分为两大类,一类故障是由于负载设备故障或负载设备短路造成的,如负载设备绝缘不良,有漏电流存在等等。另一类的故障是由于辅助电源装置 APU 自身故障造成的,如由于动车组运行线路环境比较差,造成 APU 冷却系统堵塞、冷却不良或 APU 内部模块单元存在质量问题或烧损等。

### 4 APU 故障途中应急处理

#### 4.1 APU 故障排查方法

在动车组上安装有 2 台辅助电源装置,一台辅助电源装置供给 4 节车厢所需辅助用电。当一台辅助电源装置发生故障时,另一台正常运转的辅助电源装置能够向 8 节车厢供电(设置了用于切换的扩展供电回路)。辅助电源装置的输出容量的设计能够在故障时用一台正常运转的辅助电源装置向

整列车供电。因此,当一台辅助电源装置故障时无需减少负荷。但是,BKK 扩展供电只是对用于车下通风冷却系统的三相交流 400V 电源进行扩展供电,当由于辅助电源装置某些负载设备发生故障时,为不影响其他设备的使用,我们可以使用排除法查找故障负载,将其切断以保证其他设备的正常工作。

(1)若【辅助电源装置交流电源 1NFB】ACVN1 跳闸,检查稳压 AC100 V 的负载(空调控制、上水装置、显示器、辅助制动、空气清洁器、广播装置等)。到故障车的运行配电盘,重新投入【辅助电源装置交流电源 1NFB】ACVN1,通过 MON,确认故障恢复情况。若恢复,正常运行。若无法恢复,全部断开该车故障用电设备的 NFB。再次闭合 ACVN1,然后逐一闭合后续用电设备。待 ACVN1 再次跳闸,切除相应故障用电设备,闭合 ACVN1。

(2)若【辅助电源装置交流电源 2NFB】(ACVN2)跳闸,检查 AC220 V 电源的负载(插座、餐车用电设备等)。到故障车的运行配电盘,重新投入【辅助电源装置交流电源 2NFB】ACVN2,通过 MON,确认故障恢复情况。若恢复,正常运行。若无法恢复,全部断开该车故障用电设备的 NFB。再次闭合 ACVN2,然后逐一闭合后续用电设备。待 ACVN2 再次跳闸,切除相应故障用电设备,闭合 ACVN2。

(3)若【辅助变压器 NFB】(ATN)跳闸,检查不稳压 AC100 V 用电设备(辅助加热器、保温、水泵、自动洗面台、玻璃加热器等);到故障车的运行配电盘,重新投入【辅助变压器 NFB】(ATN),通过 MON,确认故障恢复情况。若恢复,正常运行。若无法恢复,全部断开该车故障用电设备的 NFB。再次投入辅助变压器 NFB(ATN),然后逐一闭合后续用电设备。待 ATN 再次跳闸,切除相应故障用电设备,闭合 ATN。

(4)若辅助电源装置报故障,MON 电源电压页面三相 AC 400 V 有残余电压,则需检查三相 AC400 V 用电设备(电茶炉和车下设备冷却用通风机)。

(5)若是辅助电源装置自身的故障,则需断开【辅助电源装置控制 NFB】(APUCN)进行 BKK 扩展供电,此时,需确认本单元的三相 AC400V 用电设备无故障,否则即使进行 BKK 扩展供电仍然可能会使 APU 停机。

#### 4.2 途中应急处理方法

动车组机械师在途中的应急处理需根据实际情况区分是哪一类的故障保护。如果由于 APU 负载设备的故障或短路造成的,应找到故障设备进行修复,途中不能修复的应将其切断,确保其它设备的正常运行。如果是由于 APU 自身故障造成的 APU 故障保护,复位后无法恢复的,则需切除故障 APU,进行扩展供电,维持运行。

### 5 入库诊断及处理

APU 随着工作时间的延长或气温升高,(下转第 134 页)



使接头熔化连接在一起。放电时间为:多模 2~4 s,单模 1 s。

熔接过程中还应及时清洁熔接机 V 形槽、电极、物镜、熔接室等,随时观察熔接中是否有气泡、过细、过粗、虚熔、分离等不良现象,注意 OTDR 跟踪监测结果,及时分析产生上述不良现象的原因,采取相应的改进措施。如果多次出现虚熔现象,应检查熔接的 2 根光纤的材料、型号是否匹配,切刀和熔接机是否被灰尘污染,并检查电极氧化状况,若均无问题,则应适当提高熔接电流。

### 1.3 熔接补强保护

由于光纤在连接时去掉了接头部位的涂覆层,其机械强度降低,因此,要对接头部位进行补强。在施工中采用光纤热缩保护管(热缩管)来保护光纤接头部位。热缩管应在剥覆前穿入,严禁在端面制备后穿入。将预先穿置光纤某一端的热缩管移至光纤接头处,让熔接点位于热缩管中间,轻轻拉直光纤接头,放入加热器内加热。醋酸乙烯(EVA)内管熔化,聚乙烯管收缩后紧套在接续好的光纤上。由于此管内有一根不锈钢棒,不仅增加了抗拉强度(承受拉力为 1 000~2 300 g)。同时也避免了因聚乙烯管的收缩而可能引起接续部位的微弯。

### 1.4 盘纤

盘纤是一门技术,科学的盘纤方法,

可使光纤布局合理、附加损耗小、经得住时间和恶劣环境的考验,且可避免挤压造成的断纤现象。盘纤的方法:先中间后两边,即先将热缩后的套管逐个放置于固定槽中,然后再处理两侧余纤,如个别光纤过长或过短时,可将其放在最后单独盘绕。

## 2 光纤接续点损耗的测量

光损耗是度量光纤接头质量的重要指标,使用光时域反射仪(OTDR)或熔接接头的损耗评估方案等测量方法可以确定光纤接头的光损耗。

### 2.1 使用 OTDR

OTDR 原理是:往光纤中传输光脉冲时,由于在光纤中散射的微量光,返回光源侧后,可以利用时基来观察反射的返回光程度。由于光纤的模场直径影响其后向散射,因此在接头两边的光纤可能会产生不同的后向散射,从而遮蔽接头的真实损耗。如果从 2 个方向测量接头的损耗,并求出这 2 个结果的平均值,便可消除单向 OTDR 测量的人为因素误差。加强 OTDR 的监测,对确保光纤的熔接质量,减少因盘纤带来的附加损耗和封盒可能对光纤造成的损害,具有十分重要的意义。在整个接续工作中,必须严格执行 OTDR 4 道监测程序:

(1)熔接过程中对每一芯光纤进行

实时跟踪监测,检查每个熔接点的质量。

(2)每次盘纤后,对所盘光纤进行例检以确定盘纤带来的附加损耗。

(3)封接续盒前,对所有光纤进行统测,以查明有无漏测和光纤预留盘间对光纤及接头有无挤压。

(4)封盒后,对所有光纤进行最后检测,以检查封盒是否对光纤有损害。

### 2.2 熔接接头损耗评估

某些熔接机使用一种光纤成像和测量几何参数的断面排列系统,通过从 2 个垂直方向观察光纤,计算机处理并分析该图像来确定包层的偏移、纤芯的畸变、光纤外径的变化和其他关键参数,使用这些参数来评价接头的损耗。依赖于接头和它的损耗评估算法求得的接续损耗可能与真实的接续损耗有相当大的差异。

## 3 结束语

以上概述了光纤传输特点,分析了影响光纤熔接损耗的主要因素、光纤熔接技术实践经验以及熔接接头损耗的评估测试,充分证明了在光纤熔接过程中,熔接技术的实践经验非常重要。

责任编辑:万宝安

来稿日期:2011-11-22

(上接第 117 页)故障发生的几率越大,往往动车组回库后经过一段时间的冷却,故障有可能会自动消失,这样容易造成我们在发生故障后入库检修时却发现工作正常的情况,这时我们就要通过其他途径来查找和消除故障。

(1)通过故障数据下载,分析故障代码,比照故障代码表,查找 APU 故障源。

(2)当出现 APU 在无负载状态下,确认输出电压是否在允许范围内,当输出电压不稳定或偏差太大的情况时,一般都是由逆变器控制板故障所引起的,而辅助变流器不工作很有可能是通讯接口故障造成的。

(3)对 APU 外部配线以及负载进行检查时,切除该单元 APU,利用另外一台 APU 进行扩展供电,确认供电是否正常,以此来判断 APU 的外部配线和负载设备状态。

(4)对 APU 内部模块故障查找要按控制基板、继电器模

块、功率单元的顺序逐个切换,确认其现象。

(5)对于辅助电源装置(APU)故障的入库处理,可以根据《CRH<sub>2</sub> 动车组故障库内处理》办法执行。

## 6 结束语

动车开行几年,在专业技术人员与机械师的共同努力下,辅助电源装置 APU 的途中应急故障处理与入库故障诊断处理的能力有了很大的提高,我们要不断总结经验,全面掌握 CRH<sub>2A</sub> 动车组辅助电源装置 APU 的故障判断与处理技术,确保动车组的安全运行。

责任编辑:王 华

来稿日期:2011-11-10