

# 浅析地铁电客车轮对轴承故障的预防及处置措施

胡瀚文

(贵阳市城市轨道交通运营有限公司 贵州 贵阳 550005)

**摘要:**近年来,国内多条地铁发生电客车轮对轴承故障,对正线运营安全造成一定程度的影响,在维保单位技术人员的科学处置下,有效消除了轮对轴承所带来的隐患。本文介绍了地铁电客车轮对轴承出现故障的原因及日常预防措施,根据现场维保经验阐述了电客车在正线运行时轮对轴承故障的判断方法及处置手段,最大程度降低轮对轴承故障对正线运营的影响;同时,提出有效的轮对轴承维保工艺和应用成熟的智能运维技术手段,可有效降低电客车轮对轴承故障率,保障电客车安全运营。

**关键词:**地铁电客车;轮对轴承;故障;处置

## 0 引言

随着城市轨道交通的快速发展,地铁电客车已成为各个城市重要的公共交通工具,为人们的交通出行带来巨大的便利。由于地铁电客车在正线运行区间的站间距较短,地铁电客车在运行中会频繁启动、加速、减速以及制动,运行过程中随着乘客上下车导致电客车承受负载不断变化,电客车轮对轴承受到的动态载荷也随之频繁变化,轮对轴承的可靠性随运行时间延长而不断下降,轮对轴承滚动体、滚道、保持架之间的工作接触面容易发生疲劳磨损,而轴承内部结构件出现疲劳磨损后产生的高温将引发轴承卡滞故障,一旦轮对轴承发生卡滞故障便导致轮对卡死不能正常运转,处置不当可能引起更大的燃轴事故,直接对地铁正线运营安全造成威胁,影响乘客的生命安全。为此,维保单位既要加强轮对轴承的检修维护和监测,防止发生轮对轴承卡滞故障,又要制定安全高效的故障处置措施,最大程度减少电客车轮对轴承故障对正线客运的影响。

## 1 引起轮对轴承故障的主要因素

电客车轮对轴承是实现车辆安全运行的核心部件,其主要由内圈、外圈、滚动体、保持架、密封挡圈等部件组成,如图1所示。在电客车各种运营工况下,轮对轴承的损伤或失效往往是几种因素同时作用的结果。轮对轴承故障可能是由于安装或维护不当所引起的,也可能是由于轴承内部部件的加

工质量及相关尺寸未达到设计要求所造成的。在某些情况下,轴承故障也可能是由于考虑经济效益、无法预见的运转条件而采取的折中设计造成的。所以,轴承故障是由设计、制造、安装、操作、维护等多方面因素造成的,确定轴承故障的主要原因往往十分困难。

不论是何种细微的轴承故障,经过一定时间的发展蔓延,故障将从轻微渐进到严重,逐步发展成轴承内部工作表面恶化剥离、轴承滚动体因高温而熔化,最后引起轴承卡滞故障。导致电客车轮对轴承故障主要有以下原因:



图1 电客车轮对轴承剖视图

(1) 工厂在组装轴承时填充使用了质量不合格或受污染的轴承润滑脂, 轴承在重载荷、高转速工况下运转工作一段时间后, 轴承润滑油脂开始逐渐失去润滑保护功能, 轴承内部滚动体与滑道之间的接触面的保护油膜失效, 轴承内部工作接触面出现干磨合发热现象, 干磨产生大量的金属杂质将进一步扩大破坏工作接触面间的油膜并损坏轴承内部各零部件<sup>[1]</sup>; 由于故障轴承长时间处于高速、重载运转状态, 轴承内部干磨损生产的高热量可将保持架和滚动体融化, 最终恶化导致轴承发生卡滞故障。

(2) 工厂装配轴承时未将轴承的轴向间隙调整至标准范围内, 轴向间隙过大或过小都将引起轴承滚动体与轴承滑道产生不良冲击和异常磨损, 长时间的冲击和磨损将引起轴承内部工作面产生疲劳应力和剥离, 最终恶化导致轴承发生卡滞故障。

(3) 近年来, 各地铁公司采购新电客车时大多数都选择汽车运输方式(少数选择铁路运输方式)将新造电客车从主机厂运输至指定车辆段, 新电客车从主机厂长途运输至车辆段的过程中, 若转向架与轮对未绑扎固定好, 导致构架与轮对随汽车上下颠簸, 轮对轴承是作为承受车辆载荷的关键部件, 轮对轴承也将反复受到各种垂向、横向载荷的冲击, 轴承滚动体与轴承滑道接触面受冲击力后将产生破坏性的压痕(图2), 在电客车投入运营后, 随着轴承运转里程的增加, 轴承内的压痕会逐级演变为疲劳剥离, 最终恶化导致轴承发生卡滞故障。

(4) 电客车投入运营后, 随着地铁电客车运营里程及时间的不断增加, 轮对轴箱密封垫开始老化失去密封作用, 雨水、电客车空调冷凝水以及洗车过

程中的高压水雾便容易渗入轴箱及其轴承内, 轴箱轴承一旦进水, 其内部润滑脂受水污染后失效, 滑油脂失去润滑保护功能, 引发轴承故障。

(5) 电客车投入运营后, 若轮对轴端接地装置维护不当, 导致其接触受流功能不良, 未将车辆极大电流完全通过接地碳刷传导至车轴, 部分电流沿着轴承外圈、滚动体、内圈传导至车轴。当有电流通过轴承滚动体和润滑油膜从轴承的一个外圈传递到内圈时, 由于绝缘不适当或绝缘不良, 在接触区内会发生放电, 造成短时间间隔内局部受热, 接触区发生熔化并焊接在一起, 使接触区表面受损(图3), 最终恶化导致轴承发生卡滞故障。

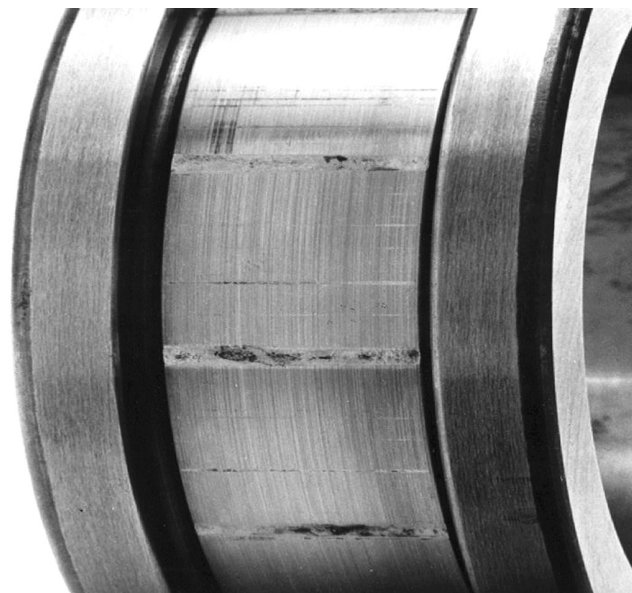


图3 轴承内圈接触面电蚀痕迹

## 2 轮对轴承故障预防措施

按以上轮对轴承故障因素的阐述, 预防轮对轴承发生故障需重点关注轴承油脂、轴承装配、车辆运输、轴箱密封、轴端接地受流等环节, 并运用智能运维技术实时监控转向架关键轴承状态, 则可有效避免轮对轴承故障的发生。

(1) 轴承组装车间保持恒温 22℃、相对湿度不大于 60%, 车间内保持无尘环境, 确保轴承零部件组装过程中不受环境温度影响、不受环境空气污染; 同时按设计标准调整好轴承游隙; 轴承组装完成后, 根据轴承内腔空间尺寸, 按工艺要求注入标准质量的合格润滑油脂, 并做好轴承密封和包装作业, 防止装配后的轴承受潮、受冲击, 保证产品质量。

(2) 严格控制轴承压装质量, 压装轴承过程中,



图2 轴承外圈内滑道压痕



应先打磨、清洁、测量轴颈尺寸，然后按轴承安装压力标准缓慢压装轮对轴承，压装完成后测量轴承游隙是否满足标准（图4），确保轴承压装后各部件配合状态良好，轴承在自由状态转动顺畅、无异响。



图4 测量轴承轴向游隙

(3) 新造电客车的运输方式优先选择铁路，该运输方式可以最大程度保护电客车轴承及各个机械部件不受冲击损伤，若地铁车辆段距离铁路运输站点较远，考虑运输经济成本，才选择公路运输。若选择公路运输，务必用具备收紧功能的铰链将车体、转向架、轮对与汽车货箱绑扎固定好，运输汽车限速60km/h运行，防止构架与轮对在运输过程中产生上下颠簸冲击，避免轴承滚动体与滑道接触面受冲击而产生压痕。

(4) 例行的车辆段试车线动态调试作业中，利用轴承振动测试仪监测轮对轴承振动及温升情况，同时安排检修人员在试车线两侧旁站监听轮对轴承是否存在异响，发现存在异响的轴承及时进行更换处理。

(5) 每月定期对车轮内侧距、轮径、轮缘进行外观检查和精准测量。若在检查过程中发现车轮踏面存在径向圆跳动和局部擦伤，应及时安排不落轮镟床对不符合标准的车轮进行修复性镟修，恢复车轮踏面标准廓形，避免车轮在转动过程中出现强烈振动损伤轴承。

(6) 在电客车轮对轴箱表面（距轴承最近位置）粘贴温度监测标签，每日运营结束回库后，检修人员重点检查轮对轴箱温度监测标签，若发现轴箱温度监测标签存在升温导致的异常变色（轴箱外表温度限值70℃），应立即更换该轮对轴箱轴承。

(7) 制定合理的检修规程，每运行半年拆卸开轮

对轴箱端盖，检查轮对轴承密封挡圈位置是否存在浸水和油脂泄漏的现象，若存在浸水和油脂泄漏情况，立即更换该位置轮对轴承和轴箱密封垫；同时每半年检查一次轴端接地碳刷是否磨损到限，轴端接地碳刷与接地盘接触是否良好，若存在异常，立即更换接地装置，确保车辆负极大电流正常通过接地装置回流。

(8) 在轮对轴承使用寿命周期内，运营单位结合架、大修修程将轮对轴承返厂维修，对轮对轴承进行拆解、清洗、探伤、退磁、测量、维修、原套组装等作业，重新调整轴承游隙并注入新的润滑油脂，并更换相关的密封件及紧固件，恢复轴承质量状态。对于拆检发现滚动面或保持架存在损伤的轴承，直接报废，不可继续使用。

(9) 随着智能运维技术的不断进步，可以运用智能运维技术实时监测电客车关键系统部件的状态。如安装转向架车载故障在线监测系统（图5），该系统通过在转向架关键部件（如齿轮箱、牵引电动机、轴箱）等位置安装复合探测传感器，由复合探测传感器对转向架多个动态物理量（如温度、冲击、振动）进行实时感知探测，实现对车轮踏面、齿轮箱轴承、电机轴承、轴箱轴承等部件在线监测与持续跟踪，便于技术人员实时掌握转向架关键设备的温升、冲击及振动状态，提前将设备故障处理于萌芽阶段，防止故障事态影响扩大。

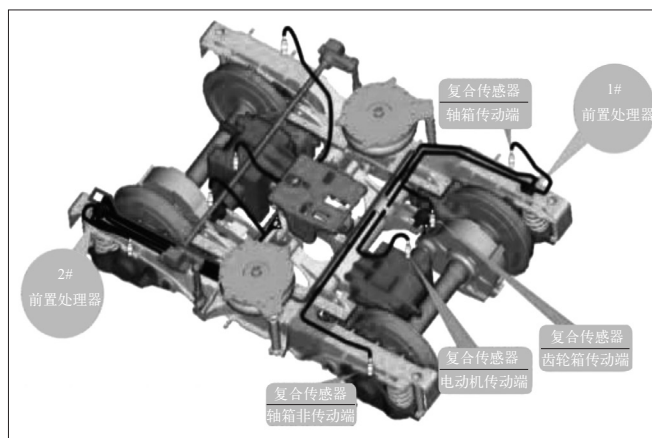


图5 转向架车载故障在线监测系统

除配置车载在线监测设备外，还可在车辆维修基地咽喉轨道位置安装轨旁转向架监测系统（图6），该系统具有数据监测、存贮、输入输出接口、大数据分析等管理功能，该系统采用非接触式激光测量技术自动对过往电客车的轮对尺寸（轮缘厚度、轮

缘高度、车轮直径、轮对内侧距)进行检测,自动检测轴箱和电动机多次振动特征值并进行比对分析,采用非接触红外测量技术对车轴温监、电动机温度进行监测,自动监测分析轴温变化趋势,并自动超限报警。



图6 轨旁转向架监测系统

### 3 正线处置轮对轴承故障的措施

电客车轮对轴承是实现车轮安全转动的核心部件,一旦发生轴承故障将对正线运营造成巨大影响,若发生轮对轴承卡滞故障时处置不当,既存在安全运营风险,造成所在区间长时间停运,又给地铁运营造成经济损失,因此需制定安全且高效的现场处置措施。

#### 3.1 轮对轴承正线故障的判断方法

(1) 电客车运行过程中,当某条轮对的轴箱轴承发生卡滞故障时,该轮对的转速会低于其他轮对转速,此时,电客车轴端速度传感器将检测到该轮轴的速度异常,BCE制动控制系统通过MVB总线将该故障信息传输至VCU车辆控制单元,最终由VCU测算分析后将故障发到司机室DDU显示单元,DDU上便报出制动阀轻微/中等故障及速度传感器故障,以提醒司机注意某条轮对存在速度异常。

(2) 当某条轮对的轴箱轴承发生卡滞故障时,卡滞轮对的车轮将在钢轨面上产生轻微滑行,会产生尖锐的摩擦声响,车轮会与钢轨面摩擦冒烟并有明显的烧焦味,甚至在轮轨间伴有火花出现,并伴随较大的车轮振动。

(3) 当某条轮对的轴箱轴承发生卡滞故障时,电客车起动阶段提升速度会比较慢,有类似于制动闸片抱紧制动盘的感觉。

#### 3.2 故障处置流程

电客车运行过程中,当某条轮对的轴箱轴承发生

卡滞故障时,故障轮对会降低转速或直接滑行运动,在车轮轮缘尺寸正常的工况下,车轮轮缘会不断修正踏面与钢轨在相互摩擦过程中的配合状态,电客车在低速、短距离的运行情况不会发生燃轴或脱轨事故,电客车可安全行驶到临近站点实施处置。具体处置流程可参考如下:

(1) 司机判断发生轮对轴承卡滞故障时,应立即通过车载台向行车调度员汇报电客车故障信息,并减速确认故障。若隧道空间及相关安全条件允许,司机可下车至故障轮对处核实故障点,再向行车调度员汇报详细故障情况。

(2) 司机确认好故障后,若电客车在区间内则限速维持进入就近车站,若电客车在车站则在车站停稳暂不动车。

(3) 电客车在车站停稳后,司机根据行车调度员指示播放清客广播,并在车站站务员的配合下组织清客,确保无乘客滞留故障列车。

(4) 清客完成后,司机切除故障车牵引逆变器VVVF和气制动截断塞门B05,按25km/h限速将电客车运行至最近停车线停稳<sup>[2]</sup>。

(5) 电客车运行至停车线停稳后,待运营结束,组织车辆救援队利用救援启覆设备将故障电客车顶升至适当高度(注意:为保障救援安全有序开展,救援顶升电客车前应将区间接触网断电并挂接地线,顶升过程中防止车体顶部与接触网接触),再将救援小车安装于故障轮对下方,即将故障轮对承载于救援小车上,测量确认转向架各项数据及车辆状态均正常后,最后再通过救援小车的辅助将故障车救援回段/场。

(6) 救援电客车回段/场后,车辆检修人员对轮对全尺寸进行复测,并对故障轴承进行更换处理,若车轮踏面已经出现擦伤,需扣车对擦伤车轮进行修复性镟修。

(7) 救援电客车回段/场后,轨道检修人员立即对电客车发生轴承故障后运行区间轨道进行检查确认,若轨面出现擦伤情况,应利用运营空窗期打磨处理,修复轨道廓形,确保次日运营安全。

综上所述,电客车在正线发生轮对轴承卡滞故障时,可在保障安全运行的前提下采取“先通后复”的动车处置方式,即将电客车运行至就近站后组织清客,及时对故障电客车进行安全处置,最大程度降低轮对轴承卡滞故障对正线安全运营的影响。需



重点强调的是在处置过程中不能拖着轴承卡滞的轮对长距离运行,以避免擦伤轮轨和引起燃轴事故;此外,在救援顶升电客车过程中,严格按列车救援程序开展作业,防止出现次生事故。

#### 4 结语

保障地铁安全、高效运营,既需要科学严谨的设备维保工艺体系,也需要根据电客车设备结构及工作特点投入运用相应的智能运维技术,为电客车运营维保提供及时准确的技术数据和预警,尽可能使设备维保工作可以达到状态修水平,以不断提升地铁电客车的运用质量,并有效降低电客车在全寿命周期内的维护成本。同时,建立安全高效的正

线故障应急处置机制,可以最大程度降低电客车故障对正线运营的影响,进一步提升电客车运营安全质量。

#### 参考文献:

- [1] 赵传国. 滚动轴承失效分析概论 [J]. 轴承, 1996(1): 39-46.
- [2] 邱伟明, 周若湘. 地铁列车轮轴卡死处理方案及分析 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2005(04): 59-60+63.

作者简介: 胡瀚文(1985.08-), 男, 汉族, 贵州遵义人, 本科, 工程师, 研究方向: 城轨交通运营维保。

