

城市轨道交通车辆齿轮箱油的检测与诊断

吕子雷 赵 勇

(云南京建轨道交通投资建设有限公司,650032,昆明//第一作者,工程师)

摘 要 针对城市轨道交通车辆齿轮箱油在运用过程中出现油色发黑、乳化或出现金属杂质等现象,以广州地铁某型车辆齿轮箱作为研究对象,通过对齿轮箱油的油液检测分析,研究齿轮箱油中的水分、酸值以及金属元素的质量分数随齿轮箱运用里程增大的变化情况。分析了各项检测指标与齿轮箱内部齿轮、轴承磨损的关系,从而提前判断齿轮箱内部零部件的磨损情况,从齿轮箱油运用状态的角度提出该型车辆齿轮箱的检修策略。

关键词 城市轨道交通车辆; 齿轮箱油; 油液检测

中图分类号 U270.322

DOI:10.16037/J.1007-869x.2021.01.040

Detection and Diagnosis of Gear Box Oil of Urban Rail Transit Vehicle

LYU Zilei, ZHAO Yong

Abstract In view of the phenomenon of oil blackening, emulsification or metal impurities during the usage of urban rail transit vehicle gear box oil, taking the gear box of a certain type of vehicle in Guangzhou Metro as the research object, through the detection and analysis of the gear box oil, the relationship that how water content, acid value and metal element content of the gear box oil change with the increase of the gear box operating mileage is studied. The relationship between each detection index and gear box internal gear wheel wear and bearing wear is analyzed, so as to judge the wear of the gear box internal parts in advance. The maintenance strategy of the gear box of this type of vehicle is put forward from the perspective of the usage condition of gearbox oil.

Key words urban rail transit vehicle; gear box oil; oil detection

Author's address Yunnan Jingjian Rail Transit Investment and Construction Co., Ltd., 650032, Kunming, China

齿轮箱是城市轨道交通列车走行系统的重要动力传动部件,其运行状态直接影响列车的安全运营,而齿轮箱油可以降低齿轮摩擦系数、减少摩擦生热,同时减少齿轮磨损、提升零部件使用寿命。但在实际运用过程中,因缺少对油液状态的分析与诊断,只能

以经验判断或定期更换齿轮箱油的方式进行日常检修维护。

广州某型车辆在运用过程中多次出现齿轮箱内部齿轮、轴承异常磨损的情况,一旦齿轮箱油状态变差后若不能及时发现,将导致齿轮箱疲劳磨损加快,出现齿轮、轴承失效等故障。因此,本文希望通过对齿轮箱油各项参数指标的检测来优化检修策略,在计划修的基础上找到状态修的切入点,以保障列车走行系统关键部件齿轮箱的安全运营。

1 油液检测

油液检测最初应用于油污染分析,主要是分析油品的理化指标如黏度、水分、酸值、机械杂质的含量。随着机械设备的复杂化及维修要求的提升,促使人们积极开发基于油液检测的诊断方法^[1]。包括通过光谱检测分析油液中各磨粒元素质量分数及通过铁谱检测分析油液中磨粒的浓度、尺寸形状、形貌和成分,预知传动零部件的磨损情况,及时发现早期的故障隐患。

2 齿轮箱油液分析

目前,对城市轨道交通车辆齿轮箱油的常规油液检测主要包含油品质量检测与金属含量检测两个方面。

2.1 油品质量检测

常规的油品质量检测包含了对运动黏度、酸值、水分含量的检测,主要反映齿轮箱油的油品质量变化。而油品质量变化程度与不同种类的齿轮箱油及不同的工作环境有关。因此,在日常检修过程中主要是根据油的外观来判断齿轮箱油品的状态。

例如,齿轮箱油的氧化变色导致的齿轮箱油发黑,或由于齿轮箱密封性失效,水分进入齿轮箱后在油品中活性剂的影响下会产生乳化作用,导致齿轮油出现的发白乳化现象。

因此,对油品质量的检测中需要重点关注酸值

与水分含量的变化情况,对出现异常的齿轮箱需要密切跟踪其运用情况或者预防性地更换齿轮箱油。

2.2 金属的质量分数检测

油液检测可以对齿轮箱油中的磨损金属元素质量分数进行分析。常见的磨损金属元素包括 Fe、Cr、Mn 等钢质磨粒及 Cu、Pb、Sn 等有色金属磨粒^[2]。

钢质磨粒(Fe、Cr、Mn)的异常增加代表齿轮箱内的齿轮与轴承滚子可能存在表面的异常磨损。选取广州地铁某型车辆出现的轴承滚子表面磨损的齿轮箱内的箱油进行检测,与其他运用 km 数相近的齿轮箱内的箱油进行对比,检测结果如表 1 所示。检测数据表明,故障齿轮箱内铁的质量分数明显超出其他齿轮箱;同时铁谱分析结果显示,有较多的铸铁/钢类小尺寸的金属疲劳磨粒,而其他齿轮箱的检测结果显示未发现有明显磨损颗粒。

表 1 轴滚子表面磨损的齿轮箱箱油中部分成分的质量分数检测对比

检测指标	故障齿轮箱	正常齿轮箱
$\omega_{\text{H}_2\text{O}}/(\text{mg/g})$	0.000 5	0.000 4~0.000 6
$\omega_{\text{Fe}}/(\text{mg/g})$	4.49	3.95~4.54
$\omega_{\text{Fe}}/(\text{mg/kg})$	265	65~145
$\omega_{\text{Cu}}/(\text{mg/kg})$	8.93	<10.00

有色金属磨粒(Cu、Pb、Sn)的异常增加则说明轴承铜保持架可能存在异常磨损情况,尤其在输出端与联轴节相连接的轴承保持架,因持续承受力矩与振动,容易造成保持架故障^[3]。广州地铁某型车在日常检修作业中发现某齿轮箱的齿轮箱油浑浊且呈金黄色,油中有金黄色颗粒,检查排油口的磁性油塞,发现吸附了较多的金属颗粒。抽取该齿轮箱油样进行油液检测分析,发现齿轮箱油中的 Fe、Cu 及酸的质量分数均高于正常值(如表 2 所示)。

表 2 某型车齿轮油液检测指标对比

检测指标	故障齿轮箱	正常齿轮箱
$\omega_{\text{H}_2\text{O}}/(\text{mg/g})$	0.000 5	0.000 4
$\omega_{\text{Fe}}/(\text{mg/g})$	5.49	4.25
$\omega_{\text{Fe}}/(\text{mg/kg})$	275	80
$\omega_{\text{Cu}}/(\text{mg/kg})$	28.00	<10.00

为进一步确认齿轮箱零部件的状态,将轮对进行落架,拆解齿轮箱后发现齿轮箱小齿轮轴承铜保持架断裂,大齿轮轴承滚子有剥离现象(如图 1、图 2 所示),轴承失效后若继续运行,将导致轴承烧损、轮对抱死等重大故障。

对故障齿轮箱进行送检分析,铜保持架断裂原因因为随齿轮箱运用里程增大,铜保持架在振动影响

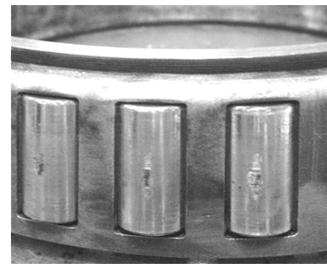


图 1 轴承滚子剥离



图 2 铜保持架断裂

下逐渐产生金属疲劳,进而出现疲劳裂纹,导致保持架断裂。而在铜保持架磨损后,齿轮箱油润滑性能受到影响,导致轴承圆柱滚子润滑不到位而出现剥离。

该故障齿轮箱运用里程为 152 万 km,齿轮箱油运用里程 10 万 km,为掌握齿轮箱齿轮、轴承部件的运用情况,选取了不同运用 km 数范围内的齿轮箱进行油液抽样,并委托第三方专业机构进行油液检测。以 120 万 km 为分界点(0~120 万 km 范围内齿轮箱未出现过故障),往上每隔 10 万 km 分段采样,同一段采取 20 个油样样本(160 mL 左右),且均选取运用里程在 10 万 km 左右的齿轮箱油样品进行油液检测,以保证参数的一致性。以齿轮箱运用 km 数为变量,分析齿轮箱油中各金属的质量分数与齿轮箱运用 km 数的关系,得到相关数据如下。

2.2.1 水分与酸值的质量分数

如图 3 所示,不同运用里程的齿轮箱,齿轮箱油中水分的质量分数基本保持不变,证明齿轮箱的密封性能较好,齿轮箱油没有受到外界水分侵蚀。

而运用里程相对较大的齿轮箱,内部杂质逐渐增多,因此酸值会相对较高,但上升幅度不大(小于 1 mg/g),说明在密封性与抗氧化方面,齿轮箱的表现较好。

2.2.2 Fe 的质量分数

如图 4 所示,随着齿轮箱运用里程的增大,齿轮箱油中的 ω_{Fe} 一般增长较慢,但出现齿轮异常磨损的故障齿轮箱中的 ω_{Fe} 增加较大(达到 265 mg/kg)。

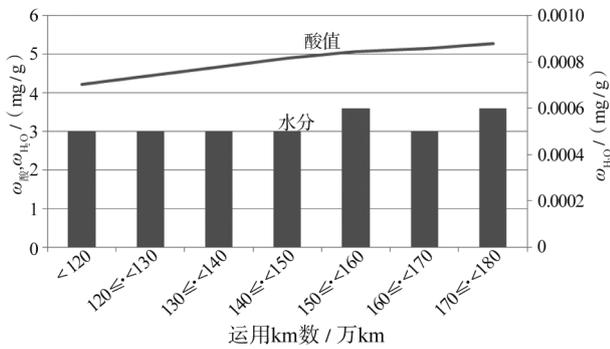


图3 齿轮箱油的酸值与水分的质量分数

经分析,该阶段为机械磨损3个阶段中的稳定磨损期,而咬合磨损期一般在2万km~5万km,因此新齿轮箱或大修(更换轴承)后的齿轮箱在运用2万km~5万km后需要更换齿轮箱油。在稳定磨损阶段,若齿轮箱油样中出现 ω_{Fe} 异常增高的情况,需要进行放油或拆箱检查。

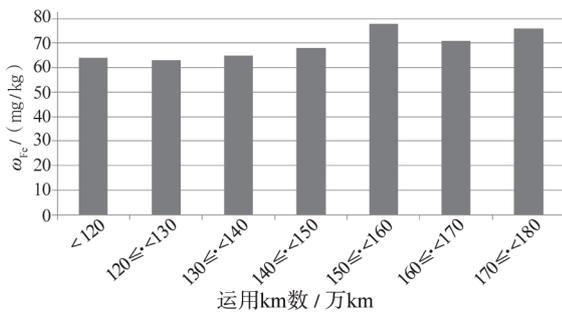


图4 齿轮箱油的Fe的质量分数

2.2.3 Cu的质量分数

如图5所示,运用公里数在150万km以下的齿轮箱,齿轮箱油中的 ω_{Cu} 变化较缓慢,说明齿轮箱中的铜质金属部件磨损较稳定;而运用在150万km~160万km的齿轮箱,齿轮箱油中的 ω_{Cu} 开始逐渐增高,说明铜保持架的磨损来到了机械磨损的后期(剧烈磨损期),此时需要重点关注齿轮箱油的状态,若出现了异常的油色现象(浑浊、呈金黄色,且悬浮金属颗粒),则应扣停列车进行落轮拆解检查。

综合以上分析,提出该型车辆齿轮箱维修策略如下:

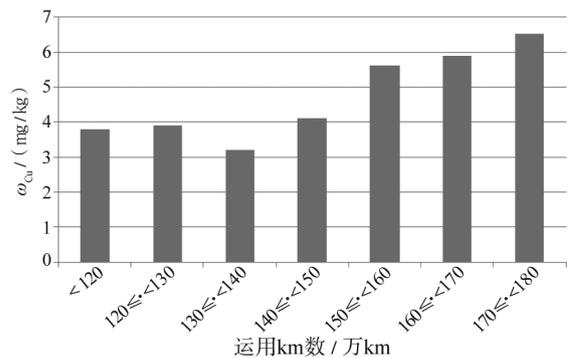


图5 齿轮箱油的Cu的质量分数

1) 日常检修中重点关注齿轮箱油的油色情况,对油色变化进行跟踪与统计,总结检修工艺。

2) 定期对运用km数大的齿轮箱开展油液检测,重点关注齿轮箱运用km数在150万km~160万km段的齿轮箱油中Cu、Fe的质量分数异常增大情况。

3) 将齿轮箱大修(更换轴承)里程由200万km调整至160万km,以避免齿轮箱轴保持架、轴承滚子因疲劳裂纹扩展引起轴承失效、轮对抱死等严重故障。

3 结语

随着城市轨道交通列车运用里程的不断加大,齿轮箱零部件的疲劳磨损影响会逐渐扩大,而齿轮箱是一个封闭的整体,日常检修的手段有限,因此通过对不同运用里程范围内的齿轮箱开展油液检测来诊断齿轮箱的运用状态,可以提前发现故障隐患,同时对油液样本数据进行分析与总结,以此制定最优的检修策略。

参考文献

- [1] 张锦锦.动车组齿轮箱油液检测与故障诊断研究[D].兰州:兰州交通大学,2017.
- [2] 党育哲.基于油液检测的污染磨损故障诊断[J].液压与气动,2005(12):70.

(收稿日期:2019-08-17)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021-51030704