

# 设计速度 120 km/h 的城市轨道交通车辆 轴箱轴承延长维修周期研究

赵伟龙 郑 玄

(广州地铁集团有限公司, 510145, 广州//第一作者, 工程师)

**摘 要** 介绍了 BT2-8670-01 轴承及其在广州地铁的运用及检修情况。结合设计速度 120 km/h 的城市轨道交通车辆的运行特点及维修优化需求, 分析了 BT2-8670-01 轴承的早期缺陷及其主要原因, 通过对不同运营里程范围内的 BT2-8670-01 轴承的早期缺陷发生率的油脂进行分析, 提出 BT2-8670-01 轴承维修周期可延长至 110 万 km。研究结果表明, 使用 BT2-8670-01 轴承可减少维修次数, 节约维修成本。

**关键词** 城市轨道交通车辆; 轴承; 维修周期

**中图分类号** U270.33+.2

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2022.03.021

## Study on Prolonging Maintenance Period of Axle Box Bearing on Urban Rail Transit Vehicle with Design Speed of 120 km/h

ZHAO Weilong, ZHENG Xuan

**Abstract** The BT2-8670-01 bearing and its application and maintenance in Guangzhou Metro are introduced. Considering operation characteristics and maintenance optimization needs of urban rail transit vehicle with design speed of 120 km/h, the early defects and their main causes of BT2-8670-01 bearing are analyzed. By analyzing the grease of early defect occurrence rate of BT2-8670-01 bearing within different operation mileage, it is concluded that BT2-8670-01 bearing can extend maintenance cycle. Research results show that the use of BT2-8670-01 bearing can reduce the frequency of maintenance and save maintenance costs.

**Key words** urban rail transit vehicle; bearing; maintenance cycle

**Author's address** Guangzhou Metro Group Co., Ltd., 510145, Guangzhou, China

根据城市轨道交通车辆维修手册的一般要求, 地铁车辆一般每隔 5 年或每运行 60 万 km 需要开展一次架修或大修。在 2005 年之前, 国内城市轨道交通车辆的设计速度主要以 80 km/h 为主, 车辆运营里程和时间周期通常能够形成良好的匹配。但

随着城市的扩张、人员和产业的外移, 更高速度的城市轨道交通车辆逐步投入运营。广州地铁 3 号线是国内最早采用 120 km/h 设计速度车辆的城市轨道交通线路, 该型车辆轴承采用的是 BT2-8670-01 轴承。因列车的高速特性, 导致车辆运营里程上升非常迅速, 运行 3 年甚至更短时间即达到 60 万 km, 车辆运营里程与时间无法形成良好匹配。列车维修也十分频繁, 这造成车辆的可用性低和维修的经济性差。而车辆的轴箱轴承作为列车安全可靠运行的核心部件, 是限制车辆能否延长维修里程和周期的关键。本文通过分析 BT2-8670-01 轴承早期由缺陷及油脂参数, 开展了延长轴箱轴承维修周期的研究, 为车辆维修周期优化提供依据。

## 1 BT2-8670-01 轴承介绍

BT2-8670-01 轴承是由 SKF (瑞典滚珠轴承制造公司) 的北京南口斯凯孚铁路轴承公司生产的双列圆锥滚子轴承, 主要是为国内设计速度 120 km/h 的城市轨道交通车辆研发的, 为整体自密封结构。其结构及装配方式如图 1 所示。该轴承设计时充分考虑了城市轨道交通车辆的运用特点, 保持架采用塑钢材质, 发生碎裂故障时保持架能起到短时润滑作用, 保证车辆能够运行至存车线或厂段, 以减少对正线的影响。该型号轴承目前已经在上海、深圳、武汉、长沙和南宁等城市的地铁车辆上广泛使用。

## 2 BT2-8670-01 轴承的运用状态分析

### 2.1 轴承运用及维修总体概况

轴承的运用主要参考 SKF 的使用建议, 在维修周期内免维护, 日常主要通过检查轴箱温度变化来判断内部轴承状态。在轴承运用 60 万 ~ 80 万 km 时, 需要进行退卸, 并返厂检查维修。其中对检查



表 2 轴承送检的早期缺陷发生率与运营里程的对应情况

Tab.2 Correspondence between incidence of early defects and mileage in bearing inspection

车辆运营里程范围/ 万 km	第一次送检 早期缺陷率/%	第二次送检 早期缺陷率/%
0 ~ 60	4. 93	0
> 60 ~ 70	5. 48	2. 86
> 70 ~ 80	3. 10	7. 32
> 80 ~ 90		2. 50
> 90 ~ 100		15. 56
> 100 ~ 110		3. 57
> 110 ~ 120		2. 78
> 120 ~ 130		6. 38
> 130 ~ 140		12. 22
> 140		4. 79
平均值	4. 58	6. 11

按式(1)进行综合计算,则各运营里程范围内轴承两次送检的综合早期缺陷发生率如表 3 所示。

表 3 两次送检轴承综合早期缺陷发生率

Tab.3 Comprehensive incidence of early defects in two bearing inspection

车辆运营里程范围/万 km	早期缺陷发生率/%
0 ~ 60	4. 93
> 60 ~ 70	7. 31
> 70 ~ 80	11. 56
> 80 ~ 90	6. 96
> 90 ~ 100	19. 42
> 100 ~ 110	7. 99
> 110 ~ 120	7. 23
> 120 ~ 130	10. 67
> 130 ~ 140	16. 24
> 140	9. 15

3 延长轴承维修周期研究

3.1 研究方法

因轴承的维修周期受轨道状态、车辆运用条件、载客量和外部环境等多种因素叠加影响,暂无精确的计算方法。本次研究主要通过实践的方式对轴承的维修周期进行逐级提升验证。具体方法如下:

1) 选取部分列车,在加强日常检查的基础上(检查轴箱温度),使轴承的连续运营里程突破 80 万 km,但不超过 100 万 km,将轴承退卸后返厂

检查,对比原运用周期轴承的综合早期缺陷发生率与报废原因,并抽检测油品状态;

2) 选取部分列车,对轴箱轴承进行实时在线监测,使轴承的连续运营里程分别达到 110 万 km 和 120 万 km,将轴承退卸后返厂检查,对比原运用周期轴承的综合早期缺陷发生率与报废原因,并抽检测油品状态。

3.2 研究情况

3.2.1 轴承运用及检修情况

本项目选取了 500 套轴承,其中 413 套轴承的运营里程在 80 万 ~ 100 万 km,87 套轴承的运营里程在 100 万 ~ 120 万 km。

整个研究过程中,所有轴承未出现过在线故障或异常表象,实时在线监测系统未出现报警。

各运营里程范围的轴承早期缺陷发生率如表 4 所示。

表 4 研究样本中轴承早期缺陷发生率  
Tab.4 Incidence of early defects of research samples bearings

车辆运营里程范围/万 km	缺陷发生率/%
80 ~ 90	4. 12
> 90 ~ 100	2. 74
> 100 ~ 110	2. 56
> 110 ~ 120	14. 58

所研究轴承均为从 0 km 启用。本次返厂也均为首次送检,所以早期缺陷发生率即为其综合早期缺陷发生率。从表 4 与表 3 的对比可知,轴承连续运用至 110 万 km 以下时,各运营里程范围内的轴承综合早期缺陷发生率均未超过按原维修周期送检的综合早期缺陷发生率。由此可以说明,将轴箱轴承的维修周期从 80 万 km 延长至 110 万 km,轴承并未出现状态恶化。

当轴箱轴承连续运用达到 120 万 km 时,轴承早期缺陷率明显攀升,早期缺陷发生率达 14. 58%,相较原维修周期相同运营里程范围的综合早期缺陷发生率提升了 2 倍。磕碰伤异常最为突出,或因运用过程中造成了异常冲击,也不排除送修过程中造成了磕碰。

3.2.2 轴承油脂分析

除轴承的主体结构部件,轴承油脂状态也是决定轴承能否延长运用的关键因素。该轴承所用油脂的主要成分为合成油和锂基稠化剂,新鲜油脂的含水量不超过 0. 2%,稠度范围为(265 ~ 296) ×

0.1 mm,铁的质量分数不超过 0.002%,全新轴承加油量控制在 180 ± 20 g 范围内。本次研究分别选取了运营里程 80 万 km 的轴承 5 套、110 万 km 和 120 万 km 的轴承各 12 套,对其油脂成分、含水量、稠度、铁的质量分数和油脂质量等 5 项指标进行理化分析。每个轴承均从内侧密封罩(A)、外侧密封罩(B)和内圈(C)3 个部位提取油样。油脂的各项参数分析结果如表 5 所示。根据欧洲标准(EN 12082)的要求,稠度范围为(200 ~ 380) × 0.1 mm,铁的质量分数范围分别为:C 处小于 0.5%,A、B 处小于 1.0%。

表 5 轴承油脂各项参数分析结果

Tab.5 Analysis result of each grease parameters						
车辆运营里程/ 万 km	取样位置	油脂成分	含水量 /%	稠度/ (0.1 mm)	铁的质量 分数 /%	油脂质量/ g
80	内侧密封罩 A	添加剂轻微消耗	0.05 ~ 0.31	265 ~ 305	0.11 ~ 0.24	161 ~ 195
	外侧密封罩 B	添加剂轻微消耗	0.09 ~ 0.20	285 ~ 303	0.09 ~ 0.14	161 ~ 195
	内圈 C	添加剂轻微消耗	0.08 ~ 0.18	269 ~ 300	0.10 ~ 0.18	161 ~ 195
110	内侧密封罩 A	无明显变化	0.09 ~ 0.20	233 ~ 254	0.10 ~ 0.30	162 ~ 97
	外侧密封罩 B	无明显变化	0.09 ~ 0.22	229 ~ 257	0.13 ~ 0.29	162 ~ 97
	内圈 C	无明显变化	0.11 ~ 0.19	230 ~ 257	0.11 ~ 0.30	162 ~ 97
120	内侧密封罩 A	添加剂轻微消耗	0.11 ~ 0.15	242 ~ 276	0.04 ~ 0.10	165 ~ 200
	外侧密封罩 B	添加剂轻微消耗	0.08 ~ 0.13	234 ~ 284	0.03 ~ 0.07	165 ~ 200
	内圈 C	添加剂轻微消耗	0.13 ~ 0.30	225 ~ 257	0.04 ~ 0.10	165 ~ 200

对油脂的分析结论如下:

1) 抽检的连续运用至 80 万 ~ 120 万 km 的轴承,其添加剂有轻微消耗,属于正常现象,不影响轴承正常使用;抽检的连续运用至 110 万 km 的轴承,添加剂无变化。

2) 抽检的部分轴承含水量超出新油控制标准,

但油脂无乳化、变色等异常情况,对于运用后轴承,属于正常含水量。

3) 油脂样品稠度随着运营里程的增加有变硬的情况,其程度仍在标准及可接受范围。

4) 油脂样品铁元素分析显示,铁的质量分数有所上升,但未超出标准值,表明轴承内部磨损正常。

5) 所有轴承的油脂质量均在新鲜油脂的控制范围以内,轴承的延长运用未造成油脂的过量消耗。

3.3 研究结论

对连续运用至 80 万 km、110 万 km、120 万 km 的轴承进行监测跟踪,轴承运用过程中未出现高温、报警等早期缺陷;经对轴承分解检查,当连续运用至 110 万 km 以下时,轴承早期缺陷发生率相对原维修周期综合早期缺陷发生率并无增加,运用至 120 万 km 后,因磕碰伤导致轴承早期缺陷发生率有明显攀升;轴承油脂状态均无异常。

4 结语

根据以上各项分析结果,设计速度 120 km/h 的城市轨道交通车辆上所用的 BT2-8670-01 轴承,理论上可将其维修周期延长至 110 万 km 运营里程,结合其他部件的运用状态,可适当调整车辆的运营里程周期,可使车上与车下部件的维修周期更加均衡;同时,因维修周期的延长,在车辆全寿命周期内,预期可以减少车辆维修次数约 25%,可实现维修成本的大幅降低。

参考文献

[1] 黄莉,汪曙俊. 地铁车辆轮对轴承的检修[J]. 轴承,2012(10):40.  
HUANG Li, WANG Shujun. Maintenance of wheelset bearing of metro vehicle[J]. Bearing, 2012(10):40.  
[2] 周全. 地铁车辆轴箱轴承故障分析及预防措施[J]. 技术与市场,2017(4):80.  
ZHOU Quan. Fault analysis and preventive measures of axle box bearing of metro vehicle[J]. Technology and Market, 2017(4):80.

(收稿日期:2020-04-02)