机车电传动 2018 年第 1 期 (2018-01-10)
ELECTRIC DRIVE FOR LOCOMOTIVES №1, 2018(Jan. 10, 2018)

文章编号：1000–128X(2018)01–0054–03

高速动车组圆柱滚子轴承的应用研究

李国栋[1,2]，赵文学[1]，韩庆利[1]

（1. 中车长春轨道客车股份有限公司，吉林 长春 130062；
2. 西南交通大学 牵引动力国家重点实验室，四川 成都 610031）

摘 要：为提高高速动车组轴箱轴承的可靠性，采用正向设计理念，结合圆锥滚子轴承在我国高速动车组运用中出现的轴承漏油、温升异常及剥离等问题，以及圆柱滚子轴承径向承载能力大、极限转速高、保持润滑能力强等技术特点，研制了满足高速动车组运用需求的圆柱滚子轴承。通过台架试验、线路试验验证及批量装车应用证明，所研制的圆柱滚子轴承能够满足我国高速动车组的运用要求。

关键词：圆柱滚子轴承；轴箱轴承；高速动车组

中图分类号：U266；U260.331^{+}.2 **文献标识码**：A

doi：10.13890/j.issn.1000-128x.2018.01.012

Application Development of Cylindrical Roller Bearing for High-speed EMUs

LI Guodong[1,2], ZHAO Wenxue[1], HAN Qingli[1]

(1. CRRC Changchun Railway Vehicles Co.,Ltd., Changchun,Jilin 130062,China;
2.State Key Laboratory of Traction Power, Southwest Jiaotong University, Chengdu,Sichuan 610031,China)

Abstract: Aiming at the problems of tapered roller bearings applied in high-speed EMUs in our country, such as bearing grease leakage, abnormal temperature rise, and stripping, using forward design concept, combined the technical characteristics of cylindrical roller bearings of radial load capacity, high speed limit, strong maintaining lubrication capacity, the cylindrical roller bearings were developed for high-speed EMUs operation. Through the bench test, line test and batch applications, the proposed cylindrical roller bearings were validated to meet the application requirements of high-speed EMUs.

Keywords: cylindrical roller bearing; axle box; high-speed EMUs

0 引言

轴箱轴承是高速动车组的重要组成部件之一，其承载着列车的重量，并实现轮对的高速旋转运行[1]。目前世界上应用于高速动车组领域的轴箱轴承主要有圆锥滚子轴承（TBU）和圆柱滚子轴承（CRU）。圆柱滚子轴承曾在德国 ICE、日本新干线等速度 300 km/h 以下的动车组上应用，而我国 CRH 系列高速动车组轴箱轴承前期均采用圆锥滚子轴承，从 2009 年起通过 4 年的圆柱滚子轴承研制开发、试验验证，于 2013 年开始实现在我国 CRH 系列高速动车组上批量应用。

收稿日期：2017–06–04；修回日期：2017–12–12
基金项目：国家自然科学基金项目（E050303）；国家科技部重点项目（2016YFB1200501-002）；中国中车重点项目（2017CDB040）

1 圆柱滚子轴承基本结构

圆柱滚子轴承的基本结构如图 1 所示，包括内圈、外圈、滚子、保持架、密封罩等部件。滚动体为圆柱形式，

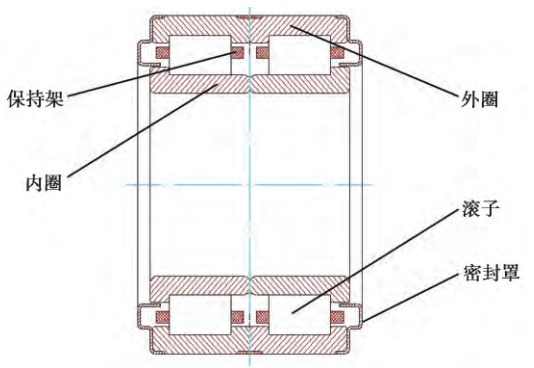


图 1 圆柱滚子轴承基本结构图

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

内圈、外圈、滚子材质为轴承钢，保持架材质采用玻璃纤维加强的聚酰胺（PA），轴承内部注入适于高速运行的润滑脂。

2　圆柱滚子轴承特点

1）径向承载能力大

圆柱滚子轴承相对于圆锥滚子轴承，具有垂向承载能力大的特点，在同样的安装接口、同等材料类型及制造精度的前提下，根据 GB/T 6391/ISO 281《滚动轴承 额定动载荷和额定寿命》标准，由于公称接触角为 0，而且径向占用空间小，滚子长度、滚子直径可增加，圆柱滚子轴承的径向承载能力更高。现有圆锥滚子轴承额定静载荷 C 为 915 kN，而圆柱滚子轴承额定静载荷 C 为 1 010 kN，比圆锥滚子轴承高 10% 以上。

2）极限转速高

轴承的转速能力是由其运行时内部的摩擦而决定的。圆锥滚子轴承的滚动体在其自转和公转的复合运动中，由于其滚道和滚子是锥形结构，要保持每个质点的运行轨迹在垂直于轴心线的固定圆周上，则存在滚子和滚道之间的相对滑动，产生摩擦热；而圆柱滚子轴承的内部结构决定了其自转与公转的一致性，其内部摩擦小于圆锥滚子轴承。这就意味着圆柱滚子轴承因其内部结构摩擦较小而能够达到更高的转速[2]。对于 130 × 240 规格的轴承，圆锥滚子轴承参考转速为 1 990 r/min，圆柱滚子轴承参考转速为 2 600 r/min，对于高速动车组轴承，显然圆柱滚子轴承具备更高极限转速。

3）保持润滑能力

高速动车组轴箱轴承转速的提高，其转动部件内部的离心力随之加大。圆锥滚子母线产生的斜向分力形成“泵吸效应”—将油脂从轴承中部推向轴承两侧密封处，在轴承中部逐渐产生“贫油区”，同时在轴承两侧密封处形成压力区，这增加了圆锥滚子轴承润滑脂发生溢出的可能性。

另一方面，高速旋转的轴承为了减小摩擦，密封部位存在缝隙，这又给轴承油脂的存储带来困难。而圆柱滚子轴承由于其对称结构关系而不会产生“泵吸效应”，具有较好的润滑脂保持能力。圆锥滚子轴承和圆柱滚子轴承运转中润滑脂运动状态分别如图 2 和图 3 所示。

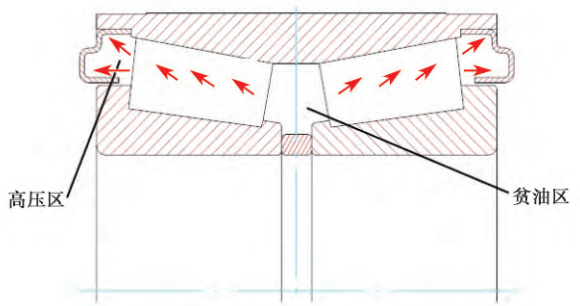


图 2　圆锥滚子轴承润滑脂运动示意图

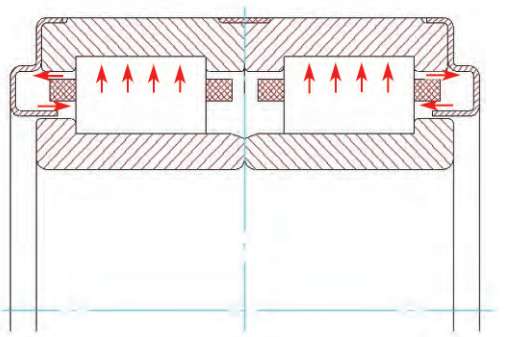


图 3　圆柱滚子轴承润滑脂运动示意图

3　轴承耐久试验

对圆柱滚子轴承按照 EN 12082 标准进行试验台高速耐久性能试验，试验最高速度等效列车速度 418 km/h，试验模拟运行里程为 80 万 km。试验中径向载荷按 17 t 轴重对应施加，每套轴承径向施加载荷为 92.2 kN。对于轴向载荷，根据 EN 12082 标准，如供需双方未作规定，则需按 $F_{an}=0.6\times0.5\times0.85\times(10^4+F_0/3)$ 施加，对于 17 t 轴重载荷应施加轴向力 16.7 kN。圆柱滚子轴承实际试验中，为了避免发生温升过大问题，各方根据线路条件及实际运营工况设置了轴向载荷为 10.2 kN，载荷值约为 EN 12082 中描述的 60%，这也是圆柱滚子轴承高速耐久性能试验所能够承受的轴向载荷值。试验中轴承平均温度低于 80℃，满足 EN 10082 中规定的轴承温度要求，分解检查及油脂检测结果亦满足标准的规定，通过了耐久性能试验。轴承温度曲线如图 4 所示[3]。

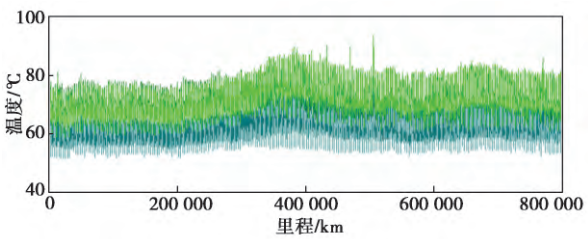


图 4　轴承台架试验温度曲线

4　圆柱滚子轴承需要关注的问题

圆锥滚子轴承具有如下特点：列车运行时，尤其是在通过曲线时，轴承同时承受轴向力和径向力的复合载荷。由于圆锥滚子轴承是靠其具有一定压力角的滚子承受轴向力，仅仅约 20% 的轴向力由挡边承受，而圆柱滚子轴承的挡边则承受全部轴向力。因此在轴向承载能力这一点上圆锥滚子轴承更有优势。

由于圆柱滚子轴承的圆柱面滚道不承受轴向载荷，轴向载荷全部由圆柱滚子轴承滚子的端面与套圈的挡边承担，滚子端面和挡边之间的滑动摩擦将使得轴承温度升高，并产生磨耗，因此圆柱滚子轴承的轴向承载能力相较圆锥滚子轴承低。

圆柱滚子轴承通过改变结构改善轴承挡边的磨耗，将滚子端头制成球面，并使套圈挡边具有斜度。这样

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

做改变了滚子端面与套圈挡边之间的接触关系，使得摩擦面由平面变为不等弧形球，如图 5 所示。

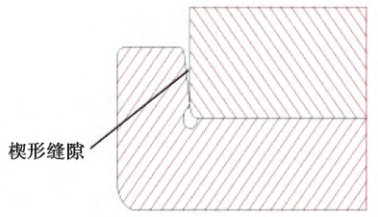
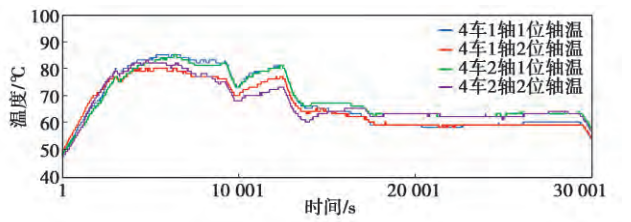


图 5　滚动体端面与套圈挡边接触结构

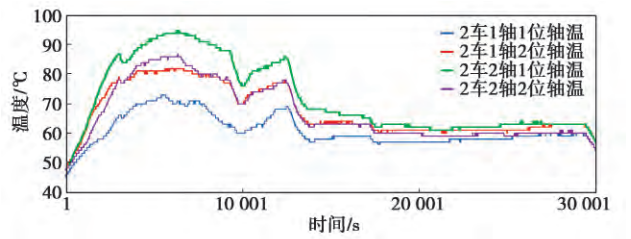
由于我国铁路线路条件复杂，线路特点各异，轴承的运用状态还需要具体观察，不仅应关注圆柱滚子轴承的线路运用状态，还应关注轴承检修状态，尤其是轴承滚子端面及挡边的外观状态，做好轴承的全寿命周期的跟踪工作，积累运用检修经验，为轴承的安全运用提供安全保障。

5　轴承运用状态

对通过台架性能试验的圆柱滚子轴承进行了 130 万 km 线路运用考核，线路考核通过后开始批量装车运用。目前，圆柱滚子轴承已装车约 25 000 套，单套轴承最长运用里程已接近 240 万 km，即将进行四级修，



（a）圆柱滚子轴承



（b）圆锥滚子轴承

图 6　同列车同一时段轴承温度曲线

轴承运用至今未发生材料剥离等故障，轴承运用状态较好。图 6 所示为同一列车不同车辆在同一时段的温度曲线。从图 6 可看出，相同的运用条件下，圆柱滚子轴承的温度 [图 6（a）] 普遍略低于圆锥滚子轴承的温度 [图 6（b）]，但 2 种轴承的温度均低于温度限值。

6　轴承检修状态

圆柱滚子轴承在动车组运用 120 万 km 三级修时，对其进行分解检修，检修中检查轴承外观状态并进行尺寸测量，各组件合格后重新组装并注入润滑脂。在检修中也重点关注轴承滚子端面及套圈挡边的外观状态。目前，除个别轴承有磨痕外，绝大多数轴承状态正常，为此还需要继续关注。

7　结语

圆柱滚子轴承在径向承载能力、转速、润滑保持能力、摩擦与温升等方面相比圆锥滚子轴承具有优势，但轴向承载能力相对较差，可谓优缺点明显，在实际运用中可根据高速动车组的运行条件，在一定的线路条件下使用，发挥其优势。目前的实际运用经验表明圆柱滚子轴承在一定的线路条件下能够满足我国高速动车组的运行需要。

参考文献：

［1］龙洙，权中太 . 铁路机车滚动轴承手册［S］. 北京：中国铁道出版社，1990.
［2］黄志，Assmann J, Duchassin A. 轴箱轴承方案技术论证［Z］. 北京：SFK, 2009.
［3］Dalen W Wan，Assmann J. 轴箱轴承性能试验报告［Z］. 北京：SFK, 2014.

作者简介：李国栋（1975–），男，博士研究生，教授级高级工程师，主要从事铁道车辆转向架设计、动力学及强度研究。

（上接第 53 页）

5　结语

JZ-8 型机车制动系统集计算机控制、气动控制、测控技术、通信技术于一体。在制动模式、作用功能方面，与进口制动系统基本一致，在安装和接口方面完全可以互换。已完成的试验表明，JZ-8 型制动系统具有制动力控制准确而稳定、控制灵敏度高等特点，制动系统的作用功能完全达到铁总要求，能够满足交流传动机车的制动要求。自 2015 年开始，有 5 台车在线运行进行考核试验，累计运行里程已超过 10 万 km，体现了良好的可靠性和可适用性。2016 年已开始批量装车运用。

参考文献：

［1］铁路机车操作规则：TG/JW104—2012［S］.
［2］交流传动机车微机控制空气制动系统暂行技术规范：TJJW 039—2014［S］.
［3］电力机车制动机技术条件：TB 2056—2007［S］.

作者简介：王其伟（1965–），男，高级工程师，中车及四方所技术专家，研究方向为机车、车辆及城轨制动控制。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net