机车电传动 2017 年第 6 期 (2017-11-10)
ELECTRIC DRIVE FOR LOCOMOTIVES №6, 2017(Nov. 10, 2017)

文章编号：1000–128X(2017)06–0069–04

轻量化动力集中动车组动力转向架

张志和，马呈祥，徐艳晖，米立柱，许淑萍

（中车大同电力机车有限公司，山西 大同 037038）

摘 要：根据动力集中动车组要求，研制了一种可适用于“高速铁路网”与“普速铁路网”的轻量化动力集中动车组动力转向架，阐述了该转向架主要技术及结构特点：转向架采用 B_0 轴式、驱动装置采用主动齿轮空心轴 + 挠性板联轴器弹性机构驱动，牵引电机架悬，1 050 mm 车轮轮装盘式基础制动，轮缘油气润滑，转向架具有较小的轴距和质量。通过试验验证该转向架具有较好的可靠性和动力学性能。

关键词：轻量化；动力集中；动车组转向架；结构；性能验证

中图分类号：U266.2；U260.331　　**文献标识码**：A

doi：10.13890/j.issn.1000-128x.2017.06.015

Lightweight Power Bogie for Power Concentrated EMUs

ZHANG Zhihe, MA Chengxiang, XU Yanhui, MI Lizhu, XU Shuping

(CRRC Datong Electric Locomotive Co., Ltd., Datong ,Shanxi 037038, China)

Abstract: According to the requirements of power concentrated EMUs, a lightweight motor bogie suiting "high-speed railway network" and "general speed railway network" was developed. The main technical and structural characteristics of the bogie was expounded as following: the bogie used B_0 axis, the driving device adopt a driving gear + flexible hollow shaft in the coupling of elastic mechanism drive, traction motors were frame suspension, 1 050 mm wheel mounted disc base brake device, rim was lubricated by oil and gas, and the bogie had a smaller wheelbase and less quality. The test results showed that the bogie had good reliability and dynamic performance.

Keywords: lightweight; power concentrating; EMU bogie; structure; performance verification

0 引言

2016 年 7 月，新修编的《中长期铁路网规划》正式发布，首次明确提出“高速铁路网”与“普速铁路网”构成整个网络层次结构体系；把高速铁路网细分为“八纵八横”主通道、区域连接线和城际客运铁路等 3 个层级。区域铁路连接线原则采用速度 250 km/h 及以下标准，城际铁路原则采用速度 200 km/h 及以下标准。“八纵八横”主通道和区域连接线主要采用动车组牵引，在速度 200 km/h 以下的区域连接线和城际铁路考虑经济实用和编组灵活性等因素，可以采用 200 km/h 速度等级的动力集中动车组牵引[1]，为此开发的动力车要满足能够在客运专线和既有线路同时运营的需求，其转向架是在动力车总体布置条件下，满足 GB 146.1—83《标准轨距铁路机车车辆限界》的要求而开发的。

收稿日期：2016–12–30；修回日期：2017–07–21

1 转向架主要特性参数及特点[2]

转向架主要技术参数见表 1。

转向架主要由轮对、驱动装置、弹簧悬挂装置、牵引装置、基础制动装置、构架、轮缘润滑装置和附属装置等部件构成，见图 1。

本转向架为全新设计的转向架，吸收了国内外客运机车转向架的先进技术。转向架采用标准化、系列化、模块化设计，符合可靠性、可用性、可维护性与安全性的规定，达到无磨耗、免维修的要求。该转向架具有如下特点：

①采用 B_0 轴式，牵引电机对置式布置。

表 1　转向架主要技术参数

项目	参数值（说明）
轨距	1 435 mm
轴式	B_0–B_0
轴重	17 t
转向架质量	14 000 kg
簧下质量	2 520 kg
转向架轴距	2 800 mm
轴功率	1 400 kW，短时功率不小于 1 600 kW
构造速度	210 km/h
最高试验速度	231 km/h
轮径（新 / 磨耗）	1 050/970 mm
轮对内侧距	1 353 mm
通过的最小曲线半径	125 m
车轮踏面形状	JM3 型 TB/T 449
牵引电机悬挂方式	架悬
传动方式	主动齿轮空心轴 + 挠性板联轴器弹性驱动
牵引方式	中心销 +“Z”字形牵引杆
基础制动方式	轮装盘式制动

②驱动单元电机悬挂采用架悬方式，即电机一端通过带有橡胶关节的悬挂臂悬挂于构架端梁，另一端通过 2 个带有橡胶关节的悬挂座悬挂于构架中间横梁。驱动单元齿轮箱采用架悬半悬挂方式，即齿轮箱一端通过两盘抱轴承支撑于车轴，另一端通过一根带有橡胶关节的吊杆悬挂于构架中间横梁，使驱动系统横向惯量及摇头惯量的大部分与整个构架解耦，从而降低了簧间质量的横向惯量和摇头惯量。

③驱动系统采用新型主动齿轮空心轴 + 挠性板联轴器驱动方式，齿轮箱为承载式，该新型驱动方式在国内轨道交通行业为首次采用，能够较大地降低驱动单元的质量，以适应轻量化转向架的设计要求。

④轴箱轴承采用双列免维护圆柱滚子轴承。

⑤轻量化构架设计。

⑥一系悬挂系统采用三角轴箱拉杆定位 + 螺旋弹簧 + 垂向减振器，三角轴箱拉杆能够提高转向架运行的稳定性；二系悬挂系统采用高圆螺旋弹簧 + 橡胶垫结构，辅以各向减振器。左右抗蛇行减振器斜对称布置，提高转向架蛇行稳定性。

⑦牵引装置采用中心销 +“Z”字形牵引拉杆低位推挽结构，以提高机车的粘着利用率。

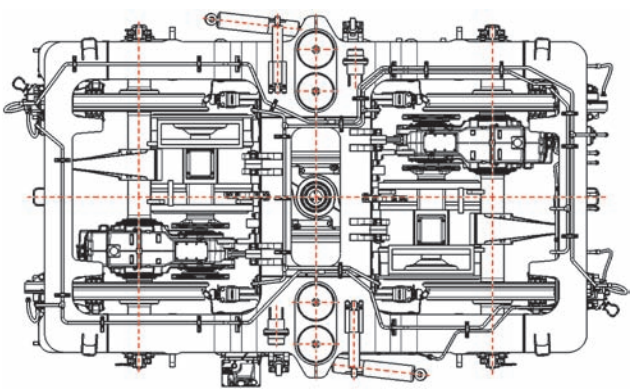


图 1　转向架结构

1.1　轮对

轮对由车轮、车轴和轴箱装配组成。

轮对符合 TB/T 1463、TB/T 449、EN 13104、EN 13260、EN 13261 和 EN 13262 等标准的要求。

车轴采用空心结构车轴。车轴材料选用符合 EN 13261 的 EA4T。

车轮采用适用于安装制动盘的直辐板结构，材料为 UIC 812-3 的 R9T。

轴箱轴承为整体式双列圆柱滚子轴承，外形尺寸为 150 mm × 250 mm × 180 mm，轴箱轴承符合 TJ/JW 034—2014《交流传动机车转向架滚动轴承暂行技术条件》要求。

1.2　驱动装置

驱动装置由牵引电动机、齿轮传动装置和联结部件挠性板联轴器等组成，见图 2。



图 2　驱动装置

齿轮传动装置由齿轮箱组装及从动齿轮、主动齿轮等组成。齿轮传动采用闭式直齿传动。

驱动装置采用主动齿轮空心轴 + 挠性板联轴器传动机构进行驱动，该驱动机构与传统的轮对空心轴六连杆传动机构有较大的区别，空心轴六连杆传动机构位于车轴侧，而主动齿轮空心轴 + 挠性板联轴器传动机构位于电机轴侧，电机输出的牵引、电制动扭矩通过挠性板联轴器传递给主动齿轮。

挠性板联轴器由左右联接法兰及挠性膜片组成，其中一个法兰与电机轴过盈联接，另一个法兰与主动齿轮通过端面齿及螺栓联接，主动齿轮为空心结构，联轴器贯穿主动齿轮空心轴，见图 3。

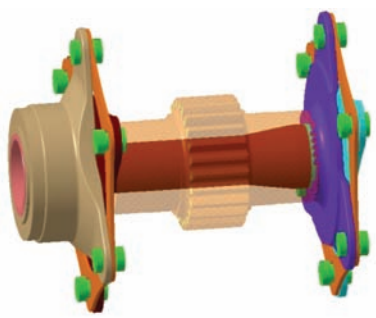


图 3　挠性板联轴器

该驱动装置结构是一种新型传动机构，在国内轨道交通行业为首次采用。

1.3　构架

构架由侧梁、牵引梁和横梁组成。构架设计时采用了轻量化的设计思路，满足轻量化转向架的设计指标要求。

为保证构架的可靠性，在设计过程中进行有限元计算和结构优化，载荷计算和强度评估符合标准 UIC 615-4《动力单元—转向架和走行机构—转向架构架结构强度试验》。计算结果表明：构架在超常载荷工况和模拟运营载荷工况下，静强度及疲劳强度均符合材料强度要求。

1.4　弹簧悬挂装置

弹簧悬挂装置包括一系悬挂装置和二系悬挂装置。

一系悬挂装置采用三角轴箱拉杆 + 钢弹簧结构，在轴箱体上设置两组螺旋钢弹簧，在每组弹簧的下方设置绝缘垫，在轴箱体单侧安装 1 个三向不同刚度的三角轴箱拉杆，为达到衰减振动的目的，每轴箱处垂向并联 1 个油压减振器，见图 4。

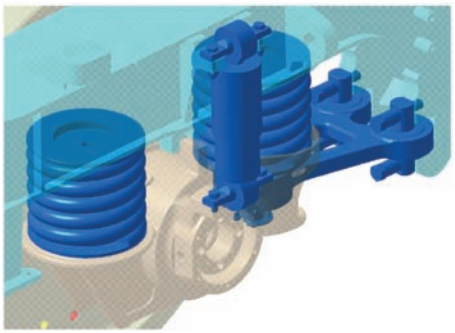


图 4　一系悬挂装置

二系悬挂装置由安装在构架上的 2 组钢弹簧作为承载主体，弹簧横向布置，其上端配置橡胶垫，每转向架二系悬挂布置有 2 个横向减振器、2 个垂向减振器及 2 个抗蛇形减振器。

1.5　牵引装置

牵引装置采用中心销 + “Z” 字形牵引拉杆结构，为低位牵引，具有高的粘着利用率，无磨耗，结构简单、可靠。

1.6　基础制动装置

采用轮装盘式基础制动装置。单元制动器具有间隙自动调整和弹簧储能停车制动功能。

1.7　轮缘润滑装置

轮缘润滑装置采用 HXD2 系列机车转向架已成熟运用的油气轮缘润滑技术，有效地降低轮缘和钢轨的磨耗。在转向架端轴轮位装有润滑油气喷嘴。

1.8　空气管路和其他附属装置

转向架管路主要有基础制动装置和轮缘润滑装置用空气管路，用管卡固定在转向架构架上。转向架附属装置主要有排石器、撒砂装置和接地装置等。

2　轻量化设计

由于客运专线要求轴重不大于 17 t，为满足机车能够在客运专线运营的需求，动力车设计在满足轴重要求的同时，须具有较小的簧下质量，以此来减轻轮轨冲击动作用力，降低车轮磨耗，因此转向架采用了轻量化设计，如采用主动齿轮空心轴 + 挠性板联轴器驱动结构、空心车轴、小轮径车轮、中心销 + “Z” 字形牵引拉杆结构、轻量化构架设计等。通过轻量化设计及结构优化，挠性板联轴器质量较传统空心轴六连杆结构减小了约 73%；挠性板联轴器齿轮传动系统质量较空心轴六连杆齿轮传动系统减小了约 51%；轮对质量减小了约 27%；电机悬挂质量减小了约 36%。动力车动力学计算表明：非线性临界速度为 251 km/h，脱轨系数为 0.42，轮重减载率为 0.74，横向平稳性指标为 2.9，垂向平稳性指标为 2.1，表明机车具有优良的动力学性能，满足 200 km/h 速度运行要求。

3　试验验证及性能分析

按照 18 t 轴重要求，对转向架构架、驱动装置和动力学性能进行了试验验证。

3.1　构架强度试验

2015 年 12 月，委托国家铁路产品质量监督检验中心依据 TB/T 2368—2005《动力转向架构架强度试验方法》相关要求对构架进行静强度试验和疲劳试验。2016 年 3 月完成了试验，经检测，所检项目均符合 TB/T 2368—2005 和《200 km/h 八轴客运电力机车转向架构架强度试验大纲》的要求 [3]。

3.2　驱动装置试验

依据 TJ/JW 099—2016《交流传动机车轮轴驱动系统可靠性验证暂行试验方法》标准性技术文件，委托中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司对轮轴驱动系统进行台架试验。试验是在模拟线路运行条件下，检验轮轴驱动系统轴承、齿轮传动、润滑密封的设计合理性和制造符合性，以及验证轮轴驱动系统运转可靠性。在 200 km/h 最高运营速度工况加载试验时，轴箱轴承最高温升为 35.4 K，主动齿轮侧齿轮箱轴承最高温升为 62.2 K，从动齿轮侧齿轮箱轴承最高温升为 47.7 K，电机轴承最高温升为 38.3 K，均未超过标准性技术文件规定的轴承温升限值（轴箱轴承不超过 40 K，油润滑轴承不超过 80 K，脂润滑轴承不超过 55 K），试验温升曲线见图 5。完成了试验大纲规定的所有试验项目后，2016 年 10 月，通过对轮轴驱动系统和牵引电机的解体检查和确认，轴承、齿轮、齿轮油、润滑油等均未发现异常情况。通过试验，验证了齿轮传动、传动系统润滑、密封等状态良好，驱动系统各部位轴

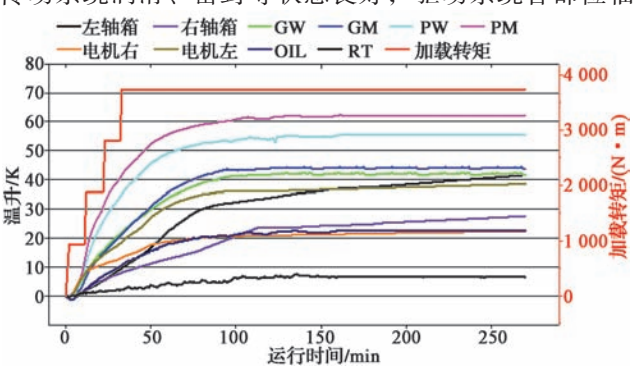


图 5　试验温升曲线

承温升正常，表明轮轴驱动系统可靠、产品性能满足设计要求[4]。

3.3 动力学性能验证

2016 年 4 月 26 日—6 月 17 日，在西南交通大学牵引动力国家重点实验室进行了 200 km/h 动力车整车滚振试验。

稳定性试验评定指标按 TB/T 2360 标准进行评价，分别采用郑武既有线实测轨道谱、郑武客运专线实测轨道谱和美国六级轨道谱激振，试验最高速度设定为 280 km/h，在 80~280 km/h 范围内均未出现失稳现象。

平稳性和舒适度评定指标分别按 TB/T 2360 和 EN 12299 标准进行评价。平稳性和舒适度检验，分别采用郑武既有线实测轨道谱、郑武客运专线实测轨道谱和美国六级轨道谱激振，在 80~200 km/h 范围内平稳性指标为优良级，舒适度指标为 3 级，计算结果见图 6、图 7。试验结果表明研制的 200 km/h 动力车转向架动力学性能优越，能满足 200 km/h 速度运行要求[5]。

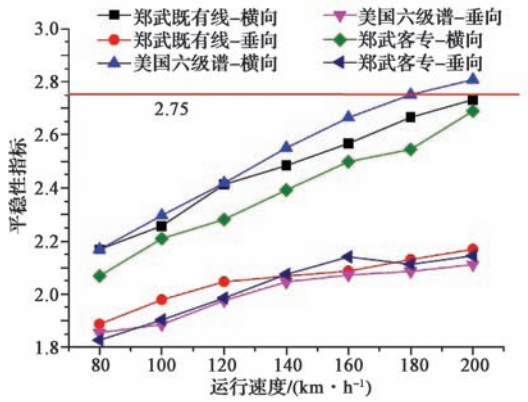


图 6 平稳性指标

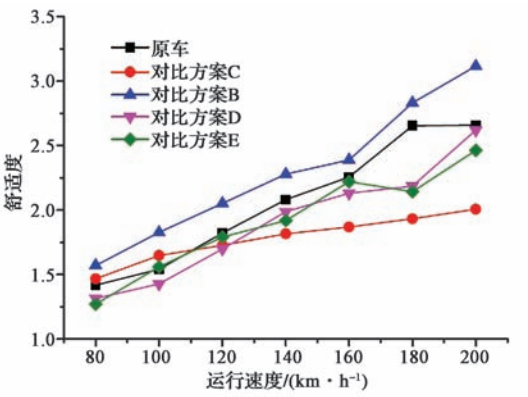


图 7 舒适度指标

4 结语

轻量化动力集中动车组动力转向架采用了主动齿轮空心轴 + 挠性板联轴器的新型传动技术，该技术在国内轨道交通行业为首次运用，转向架具有完全自主知识产权。在设计中转向架各部件都按照轻量化的设计理念，转向架质量及簧下质量满足轻量化转向架的设计指标要求。研制的动车组既可在“高速铁路网”的区域连接线和城际客运铁路上运行，又可在“普速铁路网”上运行，具有通用性强、灵活编组解编和运营成本低的优势。

我国国土面积辽阔，铁路线路条件不同，该转向架的研制将更好地适应快速客运的市场需求，适应经济社会发展和旅客快速出行的需求。

参考文献：

[1] 国家发展改革委，交通运输部，中国铁路总公司 . 中长期铁路网规划：发改基础〔2015〕1536 号 [S]. 2016.

[2] 邓小星，陈喜红，陈国胜，等 . HXD1G 型客运电力机车转向架的研制 [J]. 电力机车与城规车辆，2016（5）.

[3] 国家铁路产品质量监督检验中心 . 200 km/h 八轴客运电力机车构架疲劳试验报告 [R]. 北京：国家铁路产品质量监督检验中心，2015.

[4] 中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司试验检测中心 . 200 km/h 八轴客运电力机车轮轴驱动系统型式试验报告 [R]. 江苏，常州：中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司试验检测中心，2016.

[5] 西南交通大学牵引动力国家重点实验室 . 200 km/h 八轴客运电力机车动力学滚振试验报告 [R]. 成都：西南交通大学牵引动力国家重点实验室，2016.

作者简介：张志和（1969–），男，教授级高级工程师，现从事机车转向架设计方面的工作。