

混合动力地铁钢轨打磨车

贺占龙¹, 朱红军¹, 杜成义²

(1. 株洲时代电子技术有限公司, 湖南 株洲 412007;

2. 西南交通大学 机械工程学院, 四川 成都 610031)

摘 要: 为改善地铁线路钢轨打磨作业环境, 实现接触网供电和内燃混合动力利用而开发了混合动力地铁钢轨打磨车。详细介绍了打磨车的基本组成和各子系统功能及原理。在隧道内采用接触网供电进行打磨作业可有效解决隧道内废气无法排出和噪声污染的问题。经长沙地铁实际应用表明, 采用接触网供电进行钢轨打磨具有零排放、噪声低等优点。

关键词: 钢轨打磨车; 混合动力; 动力切换; 地铁; 城市轨道交通

中图分类号: U273; U216.65

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2019.02.018

Hybrid Power Metro Rail Grinding Wagon

HE Zhanlong¹, ZHU Hongjun¹, DU Chengyi²

(1. Zhuzhou Times Electronic Technology Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412007, China;

2. School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: In order to improve the environment of grinding working for metro lines and realize the utilization of catenary and internal combustion hybrid power, a hybrid metro rail grinding wagon was developed. The basic composition, functions and principles of each subsystem of the grinding wagon were introduced in detail. The problem of exhaust gas discharging and noise pollution could be effectively solved by grinding working with the catenary power in tunnel. The application practice of Changsha metro showed that the catenary power grinding equipment has the advantages of zero emission and low noise.

Keywords: rail grinding wagon; hybrid power; power switching; subway; urban rail transit

0 引言

近年来, 国内地铁和城轨发展迅速, 大批地铁和城轨线路相继建设和开通运营, 地铁钢轨打磨作业的需求已经非常旺盛。然而, 国内没有成熟的国产地铁打磨车投入运用。由于地铁线路弯道多, 钢轨容易出现各种表面缺陷, 为了修复钢轨表面缺陷, 同时解决隧道内作业车辆排放的废气无法排出和噪声污染的问题, 研制新型高效环保的国产混合动力地铁钢轨打磨车势在必行^[1]。

混合动力地铁钢轨打磨车在隧道内作业时, 采用接触网供电进行走行和打磨作业, 彻底解决了现有内

燃动力打磨车在隧道内造成废气污染和噪声污染的问题, 改善了打磨作业环境; 在无接触网区域和停电的情况下, 利用柴油发电机组也能实现正常的走行和打磨作业, 两种动力无缝切换, 切换过程不影响整车的正常走行和打磨作业。当某一动力出现故障时, 采用另一种动力可顺利退出正线, 充分体现了混合动力地铁钢轨打磨车的优越性^[2]。

1 主要技术参数与规格

1.1 使用环境条件

该打磨车主要用于城市轨道交通线路, 适用于地铁线路 B2 限界接触网供电的使用环境要求。该打磨车使用环境条件参数如下:

收稿日期: 2017-12-08; 修回日期: 2018-12-20

环境温度	-25~50℃
海拔高度	≤ 2 000 m
相对湿度	≤ 95%
适用限界	CJJ—2018 中 B2 型限界
地铁接触网供电电压	DC 1 500 V
作业环境	适用中雷电区并承受风、沙、雨、雪的侵袭和夜间作业

1.2 整车技术参数

该打磨车具有动力无缝切换、电制动、打磨作业偏角范围宽等特点,能够满足我国城市轨道交通的运用要求,是目前国内首台混合动力地铁钢轨打磨车。

该打磨车主要技术参数如下:

柴油机额定功率	783 kW
传动形式	电传动
制动形式	空气制动和电阻制动
打磨作业速度	3~16 km/h
磨头数量	16 个
打磨作业偏转角度范围	内侧 70°~外侧 35°
轨距	1 435 mm
轴重	≤ 14 t
轴距	2 300 mm
车轮直径	840 mm
最高运行速度	80 km/h
轴列式	A 车为 B ₀ -B ₀ , B 车为 2-2
车辆定距	A 车为 10 500 mm; B 车为 12 600 mm
外形尺寸 (长 × 宽 × 高)	34 855 mm × 2 545 mm × 3 800 mm
最小作业曲线半径	110 m

1.3 牵引与制动特性

混合动力地铁钢轨打磨车按照地铁钢轨打磨车运行及打磨阻力,计算出机车运行所需的牵引力和功率。牵引特性曲线如图 1 所示。

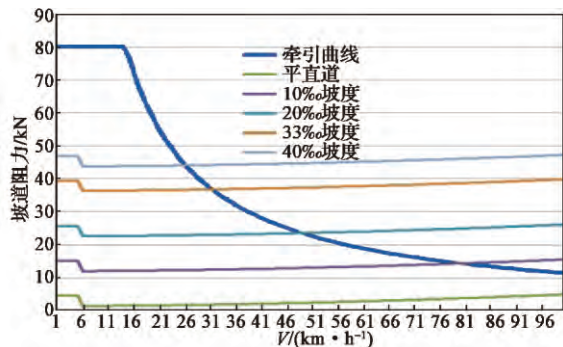


图 1 牵引特性曲线

混合动力地铁钢轨打磨车电制动特性主要考虑在大坡度线路上低速进行打磨作业时,电制动力可以平衡整车的坡道下滑力。根据计算,最大电制动力为 70 kN,平均电制动功率为 178 kW。

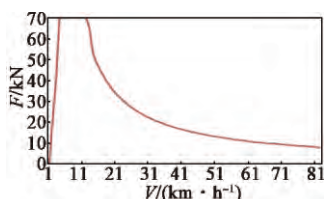


图 2 电制动特性曲线

电制动特性曲线如图 2 所示。

2 地铁钢轨打磨车总体布置

混合动力地铁钢轨打磨车是由 A 车和 B 车通过牵引杆连接而成的车组,如图 3 所示。整车前后端设有司机室,司机室设置有司控位及打磨位。整车可进行双向行驶、双向操纵、双向打磨作业。该车主要由接触网动力系统、内燃动力系统、网络控制系统、打磨系统、集尘系统、消防水系统、检测系统等组成,如图 4 所示。

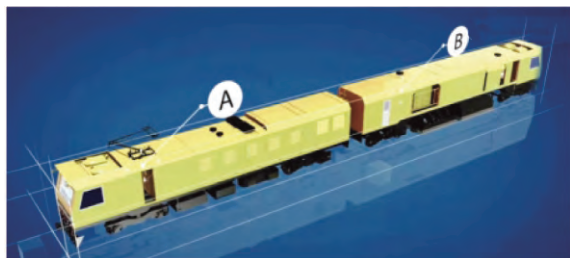
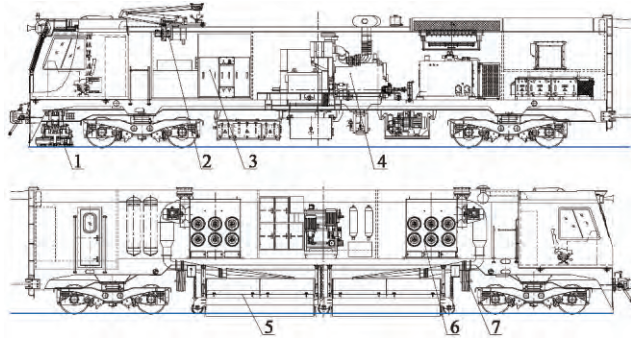


图 3 混合动力地铁钢轨打磨车总体效果图



1—检测系统；2—接触网动力系统；3—网络控制系统；4—内燃动力系统；5—打磨系统；6—集尘系统；7—消防水系统。

图 4 混合动力地铁钢轨打磨车总体布局图

3 各子系统功能与原理

3.1 车体

混合动力地铁钢轨打磨车车体主要由车架、车体、司机室等部分组成。车体的钢结构的强度与刚度满足 TB/T 1335—1996《铁道车辆强度设计及规范鉴定》的要求,车体的设计寿命为 30 年。车体钢结构的设计除了要满足车体本身的结构强度和刚度外,还保证发动机、发电机、散热器、打磨逆变器、制动电阻、电器控制柜等部件的安装要求及室内空间的布置。

3.2 转向架装置

该车转向架有动力转向架和非动力转向架两种,动力转向架采用满足地铁限界的通用电传动转向架,主要由整体式构架、驱动装置、牵引装置、基础制动装置、轮对轴箱装置、悬挂装置、撒砂装置管路附属件等组成。非动力转向架在动力转向架的基础上取消牵引电机和齿轮箱等驱动部件。动力转向架如图 5 所示。

3.3 混合动力系统

地铁打磨车设计了 2 路动力系统,一路通过受电弓从接触网取电,电压范围为 DC 1 000~1 800 V;另

一路通过发动机带动发电机提供电源, 整流后电压范围为 DC 900~1 900 V, 电压值可调^[3-4]。2 路电源的输出端均引入高压电器柜中, 经过牵引变流柜、打磨逆变器、辅助逆变器输出至打磨车各个负载。接触网电源通过主断路器 QF1 接入中间电路, 发电机电源通过接触器 KM2 接入中间电路, 通过控制 QF1 和 KM2 实现双电源之间切换。当钢轨打磨车需要由接触网供电切换到柴油发电机组供电时, 按照混合动力切换电路图中 A 进行切换; 当钢轨打磨车需要由柴油发电机组供电切换到接触网供电时, 按照混合动力切换电路图 B 进行切换。混合动力切换电路图如图 6 所示。

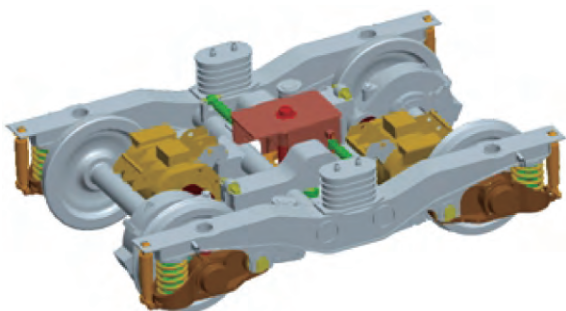


图 5 动力转向架示意图

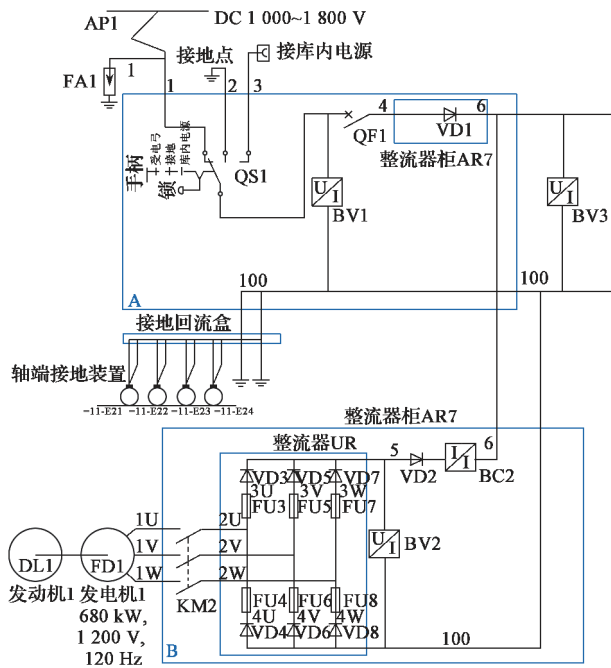


图 6 混合动力切换电路图

3.4 打磨系统

打磨小车作为地铁钢轨打磨车中的一个打磨装置, 主要用于地铁线路轨道和道岔的打磨维护。打磨小车采用电机打磨方式, 并以液压控制系统来实现打磨电机的偏转及下压, 并以打磨头对钢轨的作用力作为反馈对打磨电机进行恒功率控制, 操作人员对打磨钢轨的状况进行检测分析, 为地铁打磨小车提供打磨策略依据^[5]。

打磨小车由 2 个小车组成, 分别为 1 号打磨小车和 2 号打磨小车。2 个打磨小车之间通过销轴、轴承连接, 连接后总长约为 7 876 mm。打磨小车通过弹性牵

引杆、刚性牵引杆与车架相连接, 实现打磨小车作业的导向行走。整套打磨小车可以由 8 个提升液压缸实现打磨小车的提升及下落, 并在整套打磨小车上配备防脱挂链, 可有效预防打磨小车在挂运工况下的意外脱落。

每个打磨小车均由小车车架、打磨单元、走行导向轮、集尘通道、防火防尘装置、脱轨保护架等组成。打磨装置中设计有可靠的金属防护挡板, 防止打磨产生的火花溅出。打磨小车示意如图 7 所示。

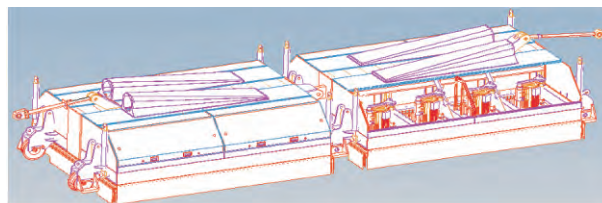


图 7 打磨小车示意图

3.5 检测系统

轨道轮廓波磨检测装置是集钢轨轮廓检测与钢轨波浪磨耗检测为一体的综合检测装置, 2 套检测装置由 1 台小车承载, 检测装置采用数字激光测量技术, 以适应钢轨表面变化情况和环境干扰^[6-7]。检测小车自带轨距跟踪伺服系统, 可以适应地铁实际线路要求。道岔区域检测小车能以 5 km/h 以下速度通过, 检测小车的提升与落下需在平直道进行。检测装置如图 8 所示。

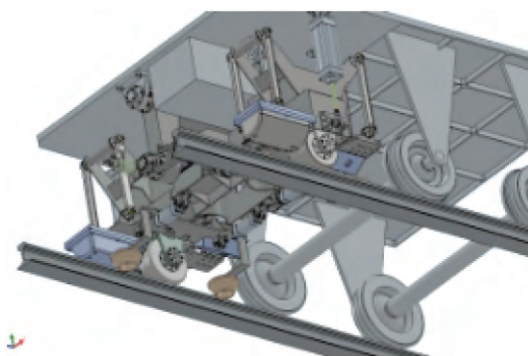


图 8 检测装置示意图

3.6 集尘系统

集尘装置可以有效地收集打磨过程中产生的粉尘和铁屑。集尘系统由进气管道、过滤器、反吹控制装置、通风机及驱动电机、集灰及排灰装置等组成。集尘装置过滤器、通风机、反吹装置等部件性能参数均满足地铁线路打磨作业要求。

3.7 消防水系统

消防水系统包括轨枕喷水系统和消防喷水系统。轨枕喷水系统的作用主要是在打磨过程中有效控制轨道表面温度和打磨时保证轨道表面清洁。消防喷水系统的作用主要是防止在打磨过程中引起道路两侧火灾。消防水系统由水箱、离心泵、加热器、温控装置、液位显示装置、卷轴轮盘、喷雾喷嘴等组成, 其水箱安装在打磨车内。水箱及管路均采用不锈钢材料, 水箱由注水口加水, 经离心泵分别给消防水盘、轨枕喷水供水。水箱总容积为 6 000 L, 水箱底部设有液位传感

器和温度传感器。

3.8 网络控制系统

地铁打磨车网络控制系统可分为走行部分 CAN 网络控制系统、打磨部分 CAN 网络控制系统、牵引变流网络控制系统三大部分。网络控制系统关联关系如图 9 所示。

走行部分 CAN 网络控制系统控制车辆走行作业, 既包括发动机、受电弓、励磁控制、安全联锁等控制与检测, 又包括辅助系统、空气系统、远程诊断系统、牵引控制系统控制与检测。

打磨部分 CAN 网络控制系统控制车辆打磨作业, 包括 MCC 柜、打磨小车、集尘装置、液压系统的控制。

牵引变流网络控制系统控制车辆牵引, 包括动力切换、电抗器、制动电阻、牵引逆变器、打磨逆变器、辅助逆变器、CAN/MVB 转换模块、110 V 充电机等控制与检测, 如图 9 虚线框部分所示。

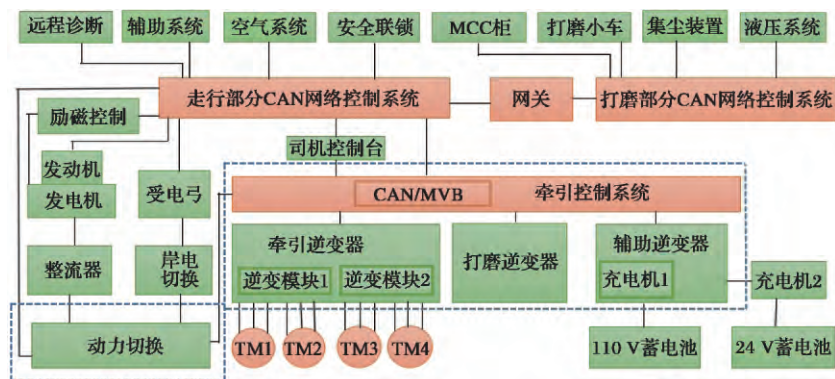


图 9 网络控制系统关联关系图

4 整车动力学分析结果

混合动力地铁钢轨打磨车作为城市轨道交通工程机械车辆, 采用 GB/T 17426—1998《铁道特种车辆和轨行机械动力学性能评定及试验方法》标准进行性能评价。车辆动力学性能分析的主要内容包括运行稳定性、运行平稳性和曲线运行安全性。

打磨车在新轮轨关系时的失稳临界速度较高, 为 179 km/h, 能满足运行要求; 当车轮踏面磨耗至等效锥度为 0.35 时, 蛇行失稳临界速度仍高于设计速度, 运行稳定性满足要求, 如图 10 所示。

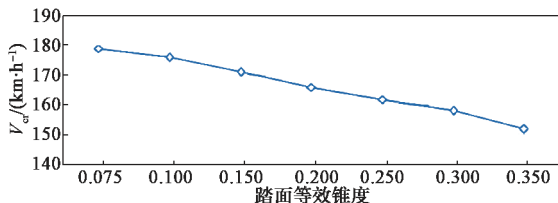


图 10 蛇行失稳临界速度关系图

打磨车以 80 km/h, 100 km/h, 120 km/h 速度运行在按美国 V 级谱激励的直线轨道时, 车体横向振动加速度最大值分别为 0.11g, 0.17g, 0.2g, 垂向振动加速度最大值分别为 0.16g, 0.23g, 0.28g, 横向和垂向加速度均没有超出规定的限度值; 车体横向平稳性指标分别为 2.06, 2.51, 2.73, 垂向平稳性指标分别为 2.23, 2.69, 2.97, 横向垂向平稳性指标均小于 3.0 而达到优级标准。

该打磨车以低于 50 km/h 的速度通过 $R=150$ m 的圆曲线时, 轮轨横向力、脱轨系数、轮重减载率、倾覆系数性能指标均在 GB/T 17426—1998 相关规定的限度值以内; 当速度在 30 km/h 通过 $R=80$ m 的圆曲线时, 轮轨横向力、脱轨系数、轮重减载率、倾覆系数性能指标均在 GB/T 17426—1998 相关规定的限度值以内。此外, 该打磨车能以 5 km/h 速度通过的最小半径 $R65$ m 的小曲线。

5 结语

混合动力地铁钢轨打磨车, 是借鉴了现有的钢轨打磨车在中国多年的运用经验, 并通过对动力系统的适应性改造而研发的地铁打磨设备。该车具有零排放、噪声低等优势, 并能够长时间在隧道中采用接触网动力进行连续作业。混合动力地铁钢轨打磨车已于 2016 年 6 月正式在长沙地铁进行应用考核, 经过 2 年的运行考核, 其整车性能良好, 打磨质量良好, 得到了用户的充分肯定和认可。

参考文献:

- [1] 李石平, 陈新华, 周彦珠, 等. 双动力钢轨打磨车车体静强度分析 [J]. 机车电传动, 2016 (3): 55-57.
- [2] 许建明. 电力/内燃双动力铁路大型养路机械研究 [J]. 机车电传动, 2015 (2): 77-80.
- [3] 樊运新, 高殿柱. 双源制电力牵引调车机车的研发 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2012, 35 (5): 11-15.
- [4] 汪奕. 钢轨打磨列车 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
- [5] SHARMA S. Positive results from rail grinding in India [J]. International Railway Journal and Rapid Transit Review, 2004(54): 41-44.
- [6] 中国铁道科学研究院. 轮廓系统说明书及操作手册 [M]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2012.
- [7] 中国铁道科学研究院. 轨道巡检系统操作手册 [M]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2012.

作者简介: 贺占龙 (1986—), 男, 工程师, 从事钢轨打磨车的研发工作。