

能升级、新技术应用等不同阶段需求,定制差异化培训内容。基础培训聚焦操作规范、设备基础原理等核心内容,进阶培训侧重智能设备操作、复杂场景作业、应急处置等专业技能,通过实操演练、案例研讨、技能比武等多元化方式,提升培训实效。

强化安全文化建设是筑牢运行安全防线的关键。通过定期开展安全警示教育、事故案例复盘、安全知识竞赛等活动,将安全理念深度融入日常工作;建立全员参与的安全监督机制,鼓励员工主动排查安全隐患、提出改进建议;常态化组织应急处置演练,覆盖车辆故障、线路险情等各类场景,提升员工应对突发状况的快速反应与协同处置能力。

完善考核激励机制是激发人员积极性的重要保障。建立以作业效率、安全达标率、质量合格率、节能成效等优化指标为核心的考核体系,将考核结果与绩效工资、评优评先、岗位晋升直接挂钩;设立专项奖励基金,对技能提升显著、隐患排查及时、作业优化成效突出的个人与班组给予表彰奖励,同时落实责任追究机制,对违规操作、履职不力等行为严格追责,形成“奖优罚劣”的鲜明导向。

建立人才梯队建设机制,保障专业人才持续供给。推行“导师带徒”制度,选拔经验丰富的骨干员工与青年员工结对帮扶,加速青年人才成长;明确岗位晋升通道,为技术型、管理型人才提供差异化发展路径;建立人才储备库,定期开展人才盘点,针对性培养稀缺岗位人才,确保作业车运行管理领域始终拥有结构合理、素质过硬的专业人才队伍。

3.5 能耗与成本优化策略

建立精细化能耗管控体系,推行全流程节能驾驶规范。依托信息化监测手段,对作业车油耗等核心能耗数据进行实时采集与动态分析,精准定位高能耗环节与场景;结合不同作业工况制定差异化节能驾驶标准,明确怠速控制、匀速行驶、制动频率等操作要求,通过专项培训强化驾驶人员节能意识与操作技能,同时将能耗指标纳入个人考核,倒逼节能措施落地。

优化运维成本分摊机制,提升资源利用效率。梳理作业车运维全流程成本构成,建立“谁使用、谁承担”与“效

益挂钩”的成本分摊标准,明确各作业班组、线路运维单元的成本责任;统筹整合运维资源,建立区域化备件共享中心,优化备件采购、库存与调配流程,减少备件积压与重复采购,同时推行运维服务社会化协作模式,对专业性强、频次低的运维任务引入第三方服务,降低自主运维成本。

引入全生命周期成本管理理念,降低综合运营成本。将成本管控贯穿作业车采购、使用、维护、报废全流程,采购阶段优先选择性价比高、能耗低、维护便捷的车型,避免单纯追求低价而忽视后续运维成本;使用阶段通过精细化运维延长设备使用寿命,减少故障维修支出;报废阶段规范资产处置流程,实现残值最大化。同时建立全生命周期成本核算模型,动态跟踪成本变化,定期开展成本分析与优化,持续提升成本管控精度^[5]。

4 结语

铁路接触网作业车运行优化是推动铁路运维现代化的关键举措,关乎运输安全与运营效益。本文明确了作业车运行在调度、作业、设备等多层面的核心问题,构建了涵盖调度管理、技术升级、人员素养等维度的全方位优化策略体系,各策略协同互补,为解决运行痛点提供系统方案。研究成果可为铁路运维单位提供管理参考,助力提升接触网运维保障能力。未来需依托新技术深化优化,推动铁路运输事业高质量发展。

参考文献

- [1] 关海龙. 浅谈铁路供电系统接触网作业车的运用安全管理[J]. 湖北应急管理, 2025, (22): 31-33.
- [2] 王荣新. 铁路接触网作业车双蓄电池电源电路的改进[J]. 上海电气技术, 2025, 18(02): 39-43.
- [3] 王荣新. 提升铁路供电接触网作业车节能及安全的策略与实现[J]. 铁路节能环保与安全卫生, 2023, 13(04): 32-36.
- [4] 韩超, 周明, 马浩, 等. 高速铁路接触网腕臂抓取装置及运输作业车方案设计[J]. 铁道建筑技术, 2023, (06): 21-23.
- [5] 钟永红. 铁路接触网作业车运行优化研究[J]. 中国新技术新产品, 2022, (23): 51-53.

Structural Analysis and Application of BFCF Type Tread Brake Unit

Xingli Ding Xuefeng Fu

CRRC Datong Electric Locomotive Co., Ltd., Datong, Shanxi, 037000, China

Abstract

This paper conducts an in-depth study on the BFCF type tread brake unit, a core component produced by Datong Electric Locomotive Co., Ltd. for the Harmony 2 type electric locomotive. This unit integrates three main functions: common braking, automatic brake shoe gap adjustment and spring parking braking. It has significant advantages such as compact structure, reliable performance and small space occupation. This article introduces the precise mechanical composition of the braking unit, the dynamic process of wedge force amplification, the adjustment logic of the lead screw nut pair, and the parking braking principle with the X-valve protection mechanism, clarifying its key role in the safety guarantee system of modern heavy-duty locomotives.

Keywords

BFCF-type tread brake unit; Service brake; Parking brake; X valve

BFCF 型踏面制动单元结构分析与应用

丁兴利 付学峰

中车大同电力机车有限公司, 中国·山西大同 037000

摘要

本文深入研究了大同电力机车有限公司为和谐2型电力机车配套生产的核心部件——BFCF型踏面制动单元。该单元集成了常用制动、自动闸瓦间隙调节及弹簧停放制动三个主要功能, 具有结构紧凑、性能可靠及空间占用小等显著优势。本文通过对该制动单元的精密机械构成、楔形力放大动力学过程、丝杠螺母副调节逻辑以及带有X阀保护机制的停放制动原理进行介绍, 阐明了其在现代重载机车安全保障体系中的关键作用。

关键词

BFCF型踏面制动单元; 常用制动; 停放制动; X阀

1 引言

在轨道交通领域, 基础制动单元是确保列车安全运行与精确停车的最终执行机构, 其性能表现直接决定了机车制动系统的整体效能。和谐2系列电力机车作为我国铁路货运重载运输的主力机型, 其运行环境复杂、牵引吨位大, 对制动装置提出了极高的要求。BFC/BFCF型踏面制动单元, 正是在这种背景下应运而生。

传统的机车停放制动多采用手制动机等落后技术, 不仅操作强度高, 且在复杂工况下的可靠性难以完全保障。而BFCF型单元集成的停放制动新技术, 实现了从人工到自动化的转变, 极大地提升了作业效率并预防了溜逸事故的发生。对该单元进行深度的结构分析与应用总结, 对我国轨道交通基础制动技术的持续迭代具有深远的指导意义^[1]。

2 BFCF 型踏面制动单元的结构体系详述

BFCF型踏面制动单元是一套气动执行机构和精密的机械能转换系统的有机结合体。其设计核心在于实现在有限的轮对空间内, 布置下能够产生大输出力的机构。

2.1 整体构造解析

BFCF型单元的物理结构由多个功能模块精密耦合而成。其外壳主要由铸造制动缸体构成, 该缸体不仅作为气压能向机械能转换的场所, 还作为整个制动反力的承载支架。单元内部的核心组件包括: 用于产生机械增益的楔形力放大器、用于维持制动效能一致性的自动闸瓦间隙调整器、以及作为动力来源的闸瓦托。此外, BFCF型号特有的停放制动模块由停放缸(通常称为弹簧缸)和关键的控制元件X阀组成。

2.2 气路接口与空间布局

为了实现多功能的协调工作, 该单元设计了两个主要的气路进气口。其中, 常用制动进气口具有较大的管径(约为12.7mm), 以确保在紧急制动或常用制动指令下, 压缩

【作者简介】丁兴利(1977—), 男, 中国山西大同人, 本科, 高级工程师, 从事电力机车技术研究和试验检测研究。

空气能够迅速充入制动缸体，减少空走时间。另一个进气口则连接至停放制动缸，其直径相对较小（约为6.35mm），专门负责停放弹簧的压缩与缓解控制。这种差异化的布局既保证了响应速度，又优化了管路安装空间。

BFCF的结构如图1所示。

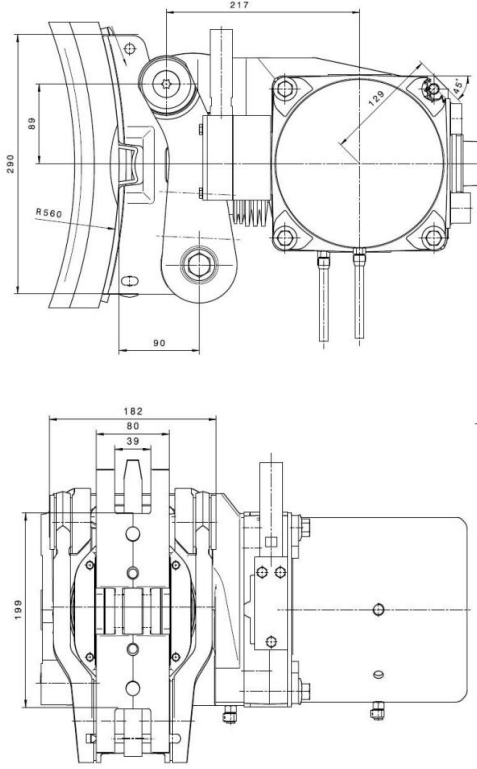


图1 BFCF型踏面制动单元整体机械结构解剖图

3 常用制动工作原理及楔形力放大机制

3.1 动力传递路径

当机车实施常用制动时，压缩空气进入常用制动缸腔室，产生的气压推力作用于活塞上。活塞向下垂直运动，带动与其刚性连接的楔子向两组滚柱轴承之间插入。楔子的楔面通过倾斜角度将垂直向下的推力转化为侧向的挤压力，推动前部轴承及与其相连的闸调器向前水平移动。最终，这种力量传递至闸瓦托，使闸瓦紧贴车轮踏面，通过摩擦力产生制动扭矩^[2]。常用制动工作原理及楔形力放大器结构图如图2所示。

3.2 楔形原理的应用

楔形力放大器是BFCF单元的主要力学实现机构。它以经典的斜面压榨原理为依据，将较小的活塞推力放大至实际制动所需的高吨位级制动力。楔子的设计倾角（通常为 10.2° ）是经过精密计算的，目的在于寻求放大倍数与动作行程之间的最优平衡。在实际应用中，设计人员可以根据机车轴重的不同需求，通过调整楔子角度或选用不同直径的常用制动活塞，来定制化调整放大倍数，确保输出力在

380kPa的标准压力下达到46.9kN左右，而最大允许输出力可达50kN。

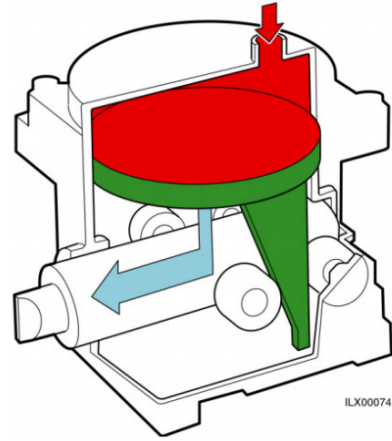


图2 常用制动工作原理及楔形力放大器结构图

4 闸瓦间隙自动调整器的控制逻辑

闸瓦在长期制动过程中会产生持续磨损，导致闸瓦与车轮间的间隙增大。如果不能自动补偿这种间隙，制动活塞的行程将会越来越长，最终导致制动响应延迟甚至力传递失效。

调节器的构造基础：BFCF单元内置的自动间隙调节器（闸调器）是一套精巧的丝杠螺母系统。它主要利用非自锁丝杠与前、后调整螺母之间的相对旋转和轴向位移来实现长度的自我修正。

间隙增大与产生过程：在正常制动位下，闸调器整体随活塞移动距离A（设计间隙）。如果车轮磨损使得闸瓦与踏面的实际距离大于A，闸调器将不得不继续向前移动。此时，由于位移超限，后调整螺母与卡套之间的伞形齿轮会发生脱开，并随之向左移动额外的距离。

间隙消除与补偿逻辑：在制动过程中，后调整螺母在内部弹簧力的作用下，相对于不自锁螺杆发生旋转运动，并在轴向方向上向右移动距离e，从而“吃掉”多余的空程。当制动缓解、闸调器整体右移回位时，前调整螺母也会在相应弹簧力和卡位作用下重复类似的旋转运动，完成最终的长度调节循环。通过这种往复动作，闸瓦间隙始终被锁定在设计规定的8mm左右^[3]。

5 停放制动系统及其X阀防护机制

停放制动模块是BFCF型单元区别于BFC型的重要特征，其设计逻辑是基于能量储存与释放的原理。

5.1 弹簧停放缸的储能与释放

停放缸内部的核心部件是大刚度的螺旋压缩弹簧。在机车运行状态下，停放缸内充入压缩空气，气压推动活塞上移并压缩弹簧，使其处于储能缓解状态。此时，棘轮螺母与主轴随之上移，不干扰常用制动缸的正常动作。当机车需要