

新型停放制动机械缓解装置设计研究

张彦平 石雪娇

(中车长春轨道客车股份有限公司国家轨道客车工程研究中心,130062,长春//第一作者,工程师)

摘要 分析了目前城市轨道交通车辆停放制动机械缓解装置的技术背景,以及存在的问题和安全隐患。详细介绍了新型停放制动机械缓解装置的组成、结构设计和功能原理。模型车试验验证和真车型式试验验证表明,其性能满足用户提出的在车上、车下均能操作机械缓解停放制动的需求。同时,新型停放制动机械缓解装置的操作受到车辆监控系统的监控,更加安全可靠。该新型停放制动机械缓解装置已经批量应用在出口美国波士顿的地铁车辆上。新型停放制动机械缓解装置的设计思想给我国城市轨道交通车辆设计和铁路动车组车辆设计提供了方向。

关键词 城市轨道交通;车辆;停放制动机械缓解装置

中图分类号 U270.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.02.036

Design and Research of New Parking Brake Mechanical Release Device

ZHANG Yanping, SHI Xuejiao

Abstract The technical background, existing problems and potential safety hazard of the parking brake mechanical release device on the urban rail transit vehicle were analyzed. The composition, structural design and functionality of the new parking brake mechanical release device are introduced in detail. The mock-up test and the qualification test on the vehicle demonstrated that the performance of the device meets the specification compliance of being able to operate mechanically release parking brake inside the car as well as outside the car. At the same time, the operation of the new parking brake mechanical release device is monitored by the vehicle monitoring system, which is safer and more reliable. The new parking brake mechanical release device has been produced and applied on the subway vehicles exported to Boston in the United States. The design idea of the new parking brake mechanical release device provides a direction for the design of the urban rail transit vehicles and the railway EMUs in China.

Key words urban rail transit; vehicle; parking brake mechanical release device

Author's address CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

停放制动功能是城市轨道交通车辆制动系统主要功能之一,与车辆的安全性和可靠性高度相关。为保证车辆在坡道或车场停放时的制动力要求,车辆的基础制动装置通常设有停放制动装置。

1 停放制动机械缓解装置现状分析

目前国内城市轨道交通车辆制造商设计的车辆,每台转向架配备有2个停放制动缸,成对角方式布置,如图1所示。停放制动装置的缓解机构安装在车下转向架构架上,通过普通钢丝绳连接到停放制动缸的缓解机构;钢丝绳端部带有操作手柄,放置在转向架两侧;拉动操作手柄可以机械缓解停放制动,但操作手柄拉力较大。某些车辆项目用户要求在转向架两侧分别设置缓解操作手柄,可以同侧操作缓解所有停放制动,这就需要在构架上布置较长的钢丝拉绳,相应地所需要的操作力就更大。某些车辆项目甚至出现因缓解操作力过大,导致缓解操作手柄损坏,受到用户投诉的情况。

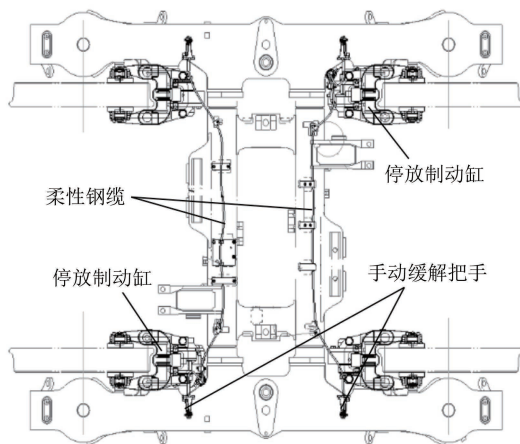


图1 现有停放制动缸及机械缓解装置布置示意图

基于现有城市轨道交通车辆停放制动机械缓解装置的布置设计情况,在车上不能进行停放制动的机械缓解操作。在车辆试验或车辆正线运营进行停放制动故障隔离时,操作员必须下车进行制动

缓解操作。对于第三轨受流的轨道车辆来说,车下操作人员具有一定的触电安全隐患。同时,因机械缓解停放制动的触发不受车辆监控系统的监视,没有相应的信号表明停放制动已经被机械缓解,仅能通过操作者判断机械缓解机构是否被触发,因此存在一定的安全隐患。

2 新型停放制动机械缓解装置组成

鉴于现有城市轨道交通车辆的设计配置情况以及合同对地铁车辆停放制动机械缓解操作装置功能的技术要求,必须新设计出既满足合同要求,又具备操作便捷、安全可靠、安装方便的新型停放制动机械缓解装置。

本文以出口美国波士顿的地铁车辆停放制动机械缓解装置设计为背景,系统介绍停放制动机械缓解装置的设计理念、结构、功能、性能和试验验证等。出口美国波士顿的地铁车辆停放制动机械缓解装置如图2所示,主要由车上把手、集成连接盒钢缆系统、机械缓解连接机构组成。

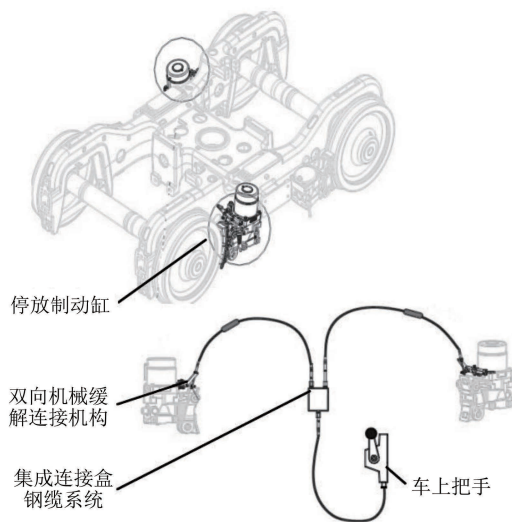


图2 新型车辆停放制动机械缓解装置组成示意图

3 新型车辆停放制动机械缓解装置结构设计及功能原理

为了满足车下及车上均能顺利操作缓解停放制动功能,将较大的制动缸停放制动缓解操作拉力逐级降低以满足合同要求,同时方便操作。通过机械传动进行降低操作力的设计,按照机械杠杆原理,即 $\mu = F_2/F_1 = L_1/L_2$ (式中: μ ——杠杆比; F_1 ——原动力; F_2 ——阻力; L_1 ——动力臂; L_2 ——阻力臂),并且考虑人机工程学的要求,以及实际装置设

计空间和系统所承受操作拉力情况等因素,最终采用三级力矩转换实现车辆停放制动机械缓解装置操作拉力逐级降力。

通过操作车上把手或者车下双向机械缓解连接机构,可以实现操作力的转换传递,最终使停放制动缸上的停放制动机械缓解装置动作,实现停放制动手工机械缓解功能。

3.1 车上把手

车上把手安装于车上柜子内部,考虑到空间设计问题,可以和电气或其他设备共用柜子。把手设计满足美国人体工程学标准 MIL-STD 1472G 的设计要求,内部采用条形直齿轮与圆形直齿轮的啮合传动方式,传动杠杆比设计为 3.5,即柔性钢缆阻止把手运动的力是把手侧操作力的 3.5 倍。作为一级杠杆机构降力设计,车上把手能够达到减小操作力的设计要求。

3.2 柔性钢缆

为了把整个停放制动机械缓解传动装置连接起来,并且考虑车下复杂的设计空间、传递操作拉力的空间距离,最大化提高机械缓解传动装置内部操作力的传动效率,即降低由于机械摩擦等原因导致的机械效率损失,传动系统柔性连接装置全部采用传动效率极高的 FLEXBALL 柔性钢缆。此种柔性钢缆基于滚珠轴承原理,可实现传动操作力轴向传递的最大化。与经常使用的传统普通钢缆相比,此种柔性钢缆的传动系数随着钢缆的弯曲角度的增加基本不变。如图3所示。

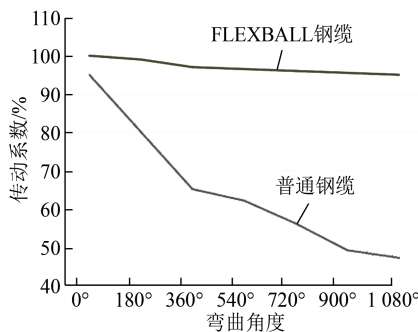


图3 FLEXBALL 钢缆与普通钢缆传动系数对比图

3.3 集成连接盒

集成连接盒在整个停放制动机械缓解装置中起着承上启下的关键作用。当操作者在车内操作缓解把手时,通过集成连接盒内部机构连接可以同时联动操作车下2个柔性钢缆,达到同时缓解车下转向架两侧停放制动的效果。同时,此连接

盒作为二级杠杆机构降力设计,传动杠杆比设计为3.0,即作用在连接机械缓解连接机构的钢缆的力是作用在连接车上把手的钢缆的力的3倍。通过集成连接盒,车上侧操作传动力的再次降力满足设计要求。

3.4 机械缓解连接机构

机械缓解连接机构直接与停放制动缸相连接,通过停放制动缸上的2个固定螺栓固定。机械缓解连接机构主要由支撑机构、套筒转轴机构、操作把手、行程开关等组成,如图4所示。

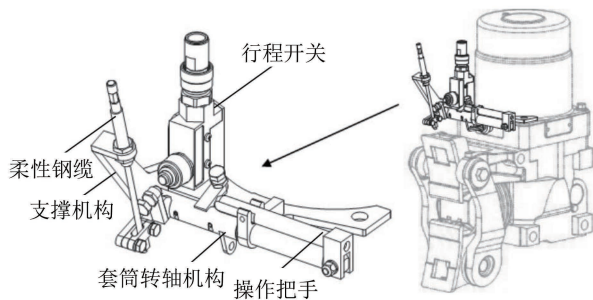


图4 机械缓解连接机构组成示意图

1) 支撑机构是机械缓解连接机构的主体机构,用于柔性钢缆、套筒转轴机构、行程开关等所有零部件的安装支撑。

2) 套筒转轴机构是机械缓解连接机构的核心部件,在外部套筒机构上设计有大小力臂,分别连接停放制动缸机械缓解拉环和车上侧的柔性钢缆。大小力臂之间的杠杆比设计为2.0,即当车上柔性钢缆向上拉动时,作用在小力臂上带动停放制动缸缓解拉环的力是柔性钢缆带动大力臂转动的2倍。作为三级杠杆机构降力设计,套筒转轴机构使车上侧操作传动力的再次降力满足设计要求。套筒转轴机构的另一细节设计是,在套筒和大力臂上根据其各自部位的行程范围设有长圆孔(如图5所示),当操作柔性钢缆带动大力臂时,套筒上的长圆孔使外部套筒转动不会带动传动销,从而使车下的操作把手保持原位不动;当操作车下把手时,车下把手虽

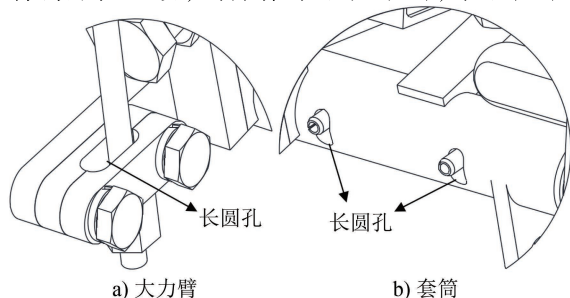


图5 机械缓解连接机构大力臂和套筒上的长圆孔设计

可通过传动销带动外部套筒转动,但大力臂上的长圆孔使大力臂转动不影响柔性钢缆。套筒和大力臂上的长圆孔设计实现了车上、车下的操作互不影响。

3) 操作把手是为满足车下操作缓解停放制动需求而设计的功能,直接集成安装在机械缓解连接机构上。与传统设计相比,该设计节省了转向架布置拉绳的空间,而且安装、操作方便简单。按手握把手中心计算,操作把手与小力臂之间的杠杆比设计为2.5。

4) 行程开关的作用是使操作人员通过指示灯等设备就能够知道列车所有的停放制动施加缓解的状态信息。当手动操作缓解停放制动时,会触发行程开关,车辆监控系统接收到触发信号后以指示灯的方式显示触发状态,安全、方便、可靠。

单个制动缸手动缓解拉环拉出力设计为不超过250 N,根据各级杠杆降力设计原理,即可以得到:车上把手操作缓解停放制动力的理论计算值为24 N,车下把手操作缓解停放制动力的理论计算值为100 N。与现有某些项目车辆出现的425 N的操作力相比较,该新型停放制动机械缓解装置操作把手的操作力被大大减小。

4 新型停放制动机械缓解装置试验验证

该新型停放制动机械缓解装置,在国内外属于首次使用,在装车之前进行了模型车及产品部件的提前设计验证,最终的上车产品经过了型式试验验证。

4.1 模型车试验验证

由于车下设计空间有限,柔性钢缆系统布置设计复杂,停放制动机械缓解装置内部传动机械效率无法通过理论计算,同时考虑到装置内部各机械部件操作过程中存在摩擦阻力,因此,在装车之前,首先进行了模型车试制及柔性钢缆提前布置测试验证。在模型车试制验证中,机械缓解连接机构及车上把手操作功能正常,操作便利;初步测试车上把手操作力为50 N左右,机械缓解连接机构把手操作力在110 N左右,满足系统设计的预期效果。

4.2 真车型式试验验证

通过模型车试验验证,对停放制动机械缓解装置进行了初步的功能验证和性能验证,并根据车下设备安装空间的限制情况及用户在检查产品试制过程中所提出的要求,对停放制动机械缓解装置的

柔性钢缆布置进行了适当调整。停放制动机械缓解装置顺利通过了车辆级的型式试验验证。型式试验结果为:车上及车下操作把手操作顺利,各项功能测试正常;车上把手操作力为 70 N 左右,车下把手操作力为 110 N 左右,满足设计的预期效果。真车型式试验验证表明,该新型停放制动机械缓解装置性能满足项目合同中的各项技术要求。

5 结语

新型停放制动机械缓解装置已经批量应用在出口美国波士顿的地铁车辆上,其性能满足用户提出的在车上、车下均能操作机械缓解停放制动的需求。同时,新型停放制动机械缓解装置的操作受到车辆监控系统的监控,更加安全可靠。

新型停放制动机械缓解装置的设计思想给我中国城市轨道交通车辆设计和铁路动车组车辆设计提供了方向。随着国内轨道车辆技术的不断发展以及国内外用户不断提出的对轨道车辆功能的新需求,会出现更多新颖、实用的设计,车辆厂商也会依据不同用户的需求不断地创新、完善车辆设计,最大程度地满足世界各地用户对中国制造轨道车辆的需求。

参考文献

- [1] 成大先.机械设计手册[M].北京:化学工业出版社,2011.
- [2] 濮良贵.机械设计[M].北京:高等教育出版社,2013.

(收稿日期:2019-12-18)

(Continued from Commentary)

Commentary

The Next Journey for China Railway—Intelligentization of High-speed Train

SUN Zhang

(Chief Editor of *Urban Mass Transit*, Professor of *Tongji University*)

On December 30, 2019, the world first intelligent high-speed railway adopting Beidou Navigation Satellite System—Beijing-Zhangjiakou (hereafter simplified to Jingzhang) High-speed Railway started operation. 110 years ago, on October 2, 1909, Jingzhang Railway, the first railway independently designed and constructed by Chinese without any foreign capital or human resource involvement started operation. In those days, as soon as the news that China was going to build her own Jingzhang Railway came out, foreigners began to tease unmercifully that the Chinese engineer with the capability to build this railway hadn't been born yet. However, Jeme Tien Yow, the chief engineer groundbreakingly designed the railway in a 'Z' shape at Badaling section on the Great.

Wall, which had lowered the cost to one-fifth of the foreign prediction. He also adopted the 'Shaft Construction' method for tunnel excavation to shorten the construction period. As is shown above, from Jeme Tien Yow to the intelligent high-speed railway, China Railway has never stopped forging ahead on the path of independent innovation.

Artificial Intelligence (AI) is an uprising technical science, which involves the research, development simulation, extension of theories, methodology and systematic application of human intelligence. When AI has developed to a considerable phase, intelligent machines can predict and control matters from all aspects on a large scale in the similar approach to human intelligence. Self-driving car is simply the primary phase of AI technology application to vehicle, and the advanced level will solve large-scale transportation organization, as in preventing traffic accidents and maintaining safety when self-driving vehicles have taken over roads and cities. In the same sense, the advanced phase of applying AI technology to railway domain will secure the operation safety and efficiency of the entire railway network. Through Beidou Navigation Satellite System, the railway management departments can obtain real-time information of every train, station, bridge and tunnel. Therefore, it has epoch-making significance to integrate Beidou Navigation Satellite System into high-speed railway.

The suffix of '-ization' means a thorough and utter change of the state. The intelligentization of high-speed railway is the next generation of high-speed railway system with whole life-cycle integrated management. In