

工程车辆制动系统的设计与研究

文 龙

金华市轨道交通集团有限公司 浙江 金华 321000

摘要: 随着工程车辆的运行速度提高,制动系统响应时间成为关键性能评价指标。通过深入研究制动系统的组成和工作原理,并分析各部分的协同工作机制,可以找到优化响应时间的潜在点。通过试验和性能测试验证优化效果,全面评估制动系统在不同情况下的性能表现,直观展现响应时间优化的效果。

关键词: 车辆制动系统;设计;重要性

1 工程车辆制动系统基础知识

工程车辆制动系统是确保内燃机车安全运行的关键组成部分。它涉及一系列复杂的机械和流体动力学原理,要求对多种学科知识的深入理解。首先,需要明确制动系统的主要任务:在运行过程中,通过对车轮施加阻力,使机车按照驾驶人员的意图减速或停车。在内燃机车中,制动系统通常包括空气制动和液压制动两大部分。空气制动主要依赖于压缩空气,通过气动阀、制动缸等部件作用于闸片,产生制动力。而液压制动则利用液体的不可压缩性,通过制动油泵、制动钳等元件实现制动。在制动过程中,摩擦是实现动能转化为热能的关键环节。因此,摩擦材料的选取对制动效果有着直接影响。选择合适的摩擦材料,需综合考虑其摩擦系数、耐热性、耐磨性以及抗疲劳性能等因素。制动盘的设计也是关键环节。它需要承受高温和高压,同时保持适当的热膨胀系数,以减小因热负荷导致的性能下降。常见的制动盘材料有铸铁、钢材等,其设计需满足强度、刚度和耐久性等要求。了解制动力矩的计算也是必要的。制动力矩的大小直接决定了制动的效能,需要根据车轮的转动惯量、速度等参数进行计算。精确的制动力矩计算有助于确保机车在不同工况下的稳定制动。为了确保制动系统的正常运作,日常维护和检查至关重要。这包括检查各部件的磨损情况、清洁度以及工作状态等,以确保其处于良好的工作状态^[1]。

2 工程车辆制动系统设计分析

2.1 摩擦材料的选择与设计

摩擦材料在工程车辆制动系统中扮演着至关重要的角色。作为制动系统中的直接接触部分,摩擦材料对于制动效果、稳定性和安全性等方面具有决定性的影响。因此,选择合适的摩擦材料并进行合理的设计是制动系统设计的核心任务之一。在选择摩擦材料时,首要考虑的是其摩擦系数。摩擦系数是衡量材料在特定条件下产生摩擦力的能力,是决定制动力矩的关键因素。高摩擦

系数意味着在相同的条件下能够产生更大的制动力矩,从而缩短制动距离,提高制动效能。然而,摩擦系数并不是越高越好,还需要考虑其他性能要求,如耐热性、耐磨性和抗疲劳性能等。耐热性是指摩擦材料在高温下保持其基本性能的能力。在制动过程中,摩擦材料会因摩擦产生大量的热量,导致温度急剧升高。如果材料的耐热性不足,可能会导致性能下降、磨损加剧甚至发生热衰退现象,严重影响制动效果和安全性。因此,选择耐热性好的摩擦材料是至关重要的。耐磨性是指材料抵抗磨损的能力。制动过程中,摩擦材料会与制动盘或制动鼓产生相对运动,导致磨损。如果材料的耐磨性差,磨损会加速,缩短材料的使用寿命,增加维护成本。选择耐磨性好的摩擦材料能够提高材料的耐久性和经济性。抗疲劳性能是指材料承受反复应力而不发生疲劳破坏的能力^[2]。制动系统中的摩擦材料需要承受频繁的应力循环,如果材料的抗疲劳性能差,可能会出现疲劳裂纹或断裂现象,导致制动失灵或安全事故。选择抗疲劳性能好的摩擦材料能够提高制动系统的可靠性和安全性。除了以上基本性能要求外,还需要考虑摩擦材料与其他制动系统部件的匹配性。不同材料之间可能存在化学或物理上的不相容性,如果选用了不合适的材料组合,可能会导致性能下降或产生其他安全问题。

2.2 制动盘的设计与优化

制动盘是工程车辆制动系统中的重要组成部分,其设计对于制动性能和安全性具有直接的影响。在制动过程中,制动盘承受着巨大的热负荷和应力,因此,合理的设计与优化对于提高制动性能、降低磨损和延长使用寿命是至关重要的。首先,制动盘的材料选择是设计的基础。常见的制动盘材料包括铸铁、钢材等,它们各有优缺点。铸铁制动盘具有较高的耐热性和耐磨性,但重量较大;钢材制动盘则具有较好的强度和刚度,但需要采取有效的散热措施。根据实际工况和使用要求,选择

合适的材料能够提高制动盘的性能和使用寿命。其次,制动盘的形状和尺寸设计也是关键因素。合理的形状能够确保制动盘在安装和使用过程中稳定可靠,同时也有助于散热。尺寸设计则需要根据工程车辆的总体参数和制动系统的要求进行确定,既要满足制动性能的需求,也要考虑制造成本和维护方便性。优化制动盘的设计还需要关注热负荷问题。在制动过程中,制动盘会因摩擦产生大量的热量,导致温度升高。如果热量不能及时散出,会导致制动盘过热,影响制动性能,甚至导致制动失效。设计时需要充分考虑制动盘的散热性能,通过增加散热孔、优化气流通道等方式提高散热效果。制动盘的设计还需要考虑到加工工艺和装配要求。制造过程中需要保证制动盘的精度和质量,避免因制造误差导致性能下降或安全问题。装配时也需要确保制动盘与其它部件的配合良好,避免出现松动或干涉现象。

2.3 制动力矩的计算与分配

在工程车辆制动系统的设计中,制动力矩的计算与分配是至关重要的环节。制动力矩是衡量制动性能的重要参数,直接影响着车辆的制动距离和稳定性。因此,准确地计算并合理地分配制动力矩是确保制动系统性能和安全性关键。制动力矩的计算需要基于车辆的参数和制动要求。这包括车辆的质量、速度、制动初速度等参数,以及制动减速度的要求。通过综合考虑这些因素,可以计算出所需的制动力矩大小。在计算过程中,还需要考虑到制动系统本身的性能限制,如摩擦材料的摩擦系数、制动盘的尺寸等。制动力矩的分配也是关键的环节。在复杂的工程车辆中,通常需要多个制动器或制动系统协同工作来满足制动力矩的需求。合理的制动力矩分配能够确保各个制动器负担适宜的力矩,避免过度磨损或制动失灵的情况发生。在制动力矩的分配中,需要考虑各个制动器的性能差异和实际工况。例如,对于不同的路况和行驶条件,可能需要调整各个制动器的力矩分配比例,以确保整体制动性能的稳定性和可靠性。制动力矩的计算与分配还需要考虑到安全性和冗余设计。在某些关键制动情况下,如紧急制动或下坡制动,需要确保制动力矩能够满足安全要求^[3]。

3 制动系统设计实例分析

具体案例介绍:例如: DGY-470型重型轨道车制动系统设计方案

3.1 制动系统

制动系统由空气制动系统、基础制动装置等组成。该车空气制动系统操作设置为双端右侧位操作,通过制动手柄可实施单机单独制动与缓解,也可实施对连挂

车辆自动制动与缓解。基础制动系统采用独立作用的单元制动器,保障了车辆的运行安全性。

3.2 空气制动系统

空气制动系统主要由风源系统、JZ-7型空气制动机、辅助系统等组成。

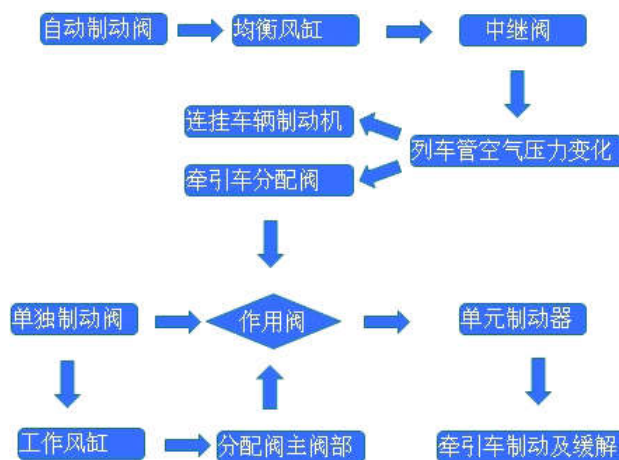
风源系统主要包括螺杆空压机、空气净化单元、安全阀、空压机负荷调节器、单向阀、总风缸等。压缩空气由螺杆空压机提供,并经过空气净化单元净化后再经过单向阀储存在总风缸中,作为空气制动系统及其他用风系统的风源;安全阀可防止因总风缸压力过高导致制动系统零部件损坏的现象发生,其开启压力为950kPa~980kPa。

螺杆式空压机主要技术参数:

设备型号	J75
冷却方式	风冷
驱动风扇电机功率	130W
驱动方式	皮带传动
润滑油型号	夏季: S4R46、冬季: S4R32
润滑油量	6L
主机额定转速	3100rpm
额定排气量	1.6m ³ /min
排气压力	900kPa

该车配置两个容积150L的总风缸,总容积共300L;总风压力通过空压机负荷调节器控制在750kPa±20kPa~900kPa±20kPa。

JZ-7型空气制动机主要包含自动制动阀、单独制动阀、中继阀、F-7分配阀、作用阀;司机通过操纵单独制动阀、自动制动阀实现对本机和连挂车辆的制动及缓解。JZ-7型空气制动机控制关系如下图:



车辆设置有重联阀,可实现双机重联操作,双机重联后,司机在主机上可控制两台轨道车同步运行;本车制动系统也设置了无动力回送装置,可作为被牵引车辆正常参

与车辆的制动；车端设置有总风软管连接器、列车软管连接器、平均软管连接器，可用于两车连挂时连通气路。

辅助系统主要包括风喇叭、撒砂装置等。风喇叭操纵采用电控风动模式，总风管压力空气供给风喇叭，使喇叭膜片发生共振而产生高、低音鸣笛。在前后司机台面或操纵台下设有电喇叭和风喇叭开关，正副司机位各设置一组控制电喇叭和风喇叭的脚踏开关，正司机位司机台面设有手动风喇叭开关，踩下脚踏开关或按下手动开关，喇叭鸣笛。撒砂装置在车辆起步时可根据实际情况手动实施撒砂，在通过大闸实施紧急制动时，也可以自动撒砂。

3.3 基础制动装置

轨道车基础制动装置采用独立作用的单元制动器，单元制动器具有闸瓦间隙自动调整功能；本车每个车轴配置一台带停放功能的单元制动器，一台无停放功能的单元制动器，当车辆需要驻车时，带停放功能的单元制动器可以利用蓄能的弹簧实现车辆驻车功能。单元制动器主要包括制动缸、制动力放大机构、单向间隙自动调整器、用于停放制动的弹簧停车制动器以及手动缓解装置。带停放功能的单元制动器，若停放缓解缸内失压，会自动施加驻车制动。单元制动器满足TB/T3145的要求。转向架各轴单元制动器制动缸管路与驻车缓解管路上均设有截断塞门，若该轴上单元制动器故障，可将塞门置于截断位，使该轴单元制动器隔离，不影响其它轴单元制动器的正常作用。带停放功能的单元制动器在无压缩空气缓解时，可采用采用手动缓解拉线缓解。闸瓦材质采用高磨合成闸瓦，闸瓦在运用中不会发生偏磨现象。

4 工程车辆制动系统性能优化研究

4.1 响应时间的优化研究

在制动系统性能的众多评价指标中，响应时间是一个关键因素。快速而准确的制动响应能够显著提高车辆的安全性和稳定性。对制动系统响应时间的优化研究是提高工程车辆性能的重要途径。要优化制动系统的响应时间，首先需要深入了解制动系统的组成和工作原理。制动系统通常由制动器、制动管路和制动控制单元等部分组成，各部分之间的协同工作决定了整个系统的响应时间。通过分析各部分的工作流程和相互影响，可以找到潜在的优化点。针对这些潜在的优化点，可以采用多种策略来减小制动系统的响应时间。例如，通过优化制动管路的布局 and 减少管路中的流动阻力，可以提高制动液的流动速度，进而缩短响应时间。同时，改进制动控制单元的算法和响应逻辑也可以实现更快速的控制响应。除了对硬件和软件的优化，对制动系统进行集成和协同优化也是提高响应时间的有效方法。通过综合考虑

制动系统与车辆其他系统的相互影响，如发动机、传动系统和悬挂系统等，可以进一步挖掘制动系统性能的潜力。为了验证优化效果，需要进行一系列的试验和性能测试。这些测试应涵盖不同工况和环境条件，以全面评估制动系统在不同情况下的性能表现。通过对比优化前后的测试数据，可以直观地看出响应时间优化的效果。

4.2 制动距离的减小策略研究

较短的制动距离能够提高车辆的主动安全性，减少事故风险。因此，对制动系统进行性能优化，减小制动距离是至关重要的研究课题。要减小制动距离，首先需要对制动系统进行全面分析。这包括对制动器、制动管路、制动控制单元等各个组成部分的性能进行评估。了解各部分的工作原理和相互之间的作用关系，有助于发现潜在的性能瓶颈和优化空间。针对这些潜在的优化点，可以采取多种策略来减小制动距离。首先，提高制动器的制动力矩是关键。通过改进制动器设计、选用更高性能的摩擦材料或优化制动盘的形状和尺寸，可以提高制动力矩，从而缩短制动距离。其次，优化制动控制策略也是减小制动距离的有效手段。通过调整制动初速度、减速度等控制参数，可以实现对制动过程的精确控制。结合车辆的行驶状态和路况信息，采用智能控制算法，如模糊控制、神经网络等，能够进一步提高制动系统的响应速度和稳定性。提高车辆的动态稳定性也是减小制动距离的重要措施之一。通过优化悬挂系统、改善车轮与地面之间的附着力等手段，可以提高车辆在制动过程中的稳定性，从而减小制动距离。为了验证优化效果，需要进行一系列的试验和性能测试。这些测试应涵盖不同路况和行驶条件，以全面评估制动系统在不同情况下的性能表现。通过对比优化前后的测试数据，可以直观地看出制动距离减小的情况。

结束语

工程车辆制动系统的设计与研究对于提高车辆安全性、稳定性和运行效率具有重大意义。面对日益严格的安全和性能要求，对制动系统的进一步优化和创新是必要的。通过不断深入的研究和创新，工程车辆的制动系统能够达到更高的性能水平，为工程作业的安全和高效进行提供有力保障。

参考文献

- [1]李慧军.曹艳丽.雷良育.分布式电驱车辆制动系统设计与研究[J].中国机械工程,2021,32(1):1-9.
- [2]吕秋硕.张海超.郭世豪.基于硬件在环仿真技术的工程车辆制动系统设计及研究[J].农业工程学报,2021,37(1):9.
- [3]杨海燕.李杰.吕树滨.基于ADAMS的矿用自卸车制动系统优化设计与研究[J].煤炭技术,2021,40(2):178-181.