

重载铁路列车智能控制系统

陆杰

国能朔黄铁路发展有限责任公司机辆分公司 062350

【摘要】在全球经济一体化加速的当下，大宗货物的高效运输对经济稳健发展至关重要。重载铁路作为货运主力，承担着煤炭、矿石等大量物资的长途运输任务。近年来，经济规模的持续扩张，使得重载铁路运输需求迅猛增长。但传统的重载铁路列车控制系统，难以满足日益复杂的运输需求与多变的运行环境。为突破这一瓶颈，满足重载铁路运输的增长需求，重载铁路列车智能控制系统应运而生。该系统融合多种先进技术，为铁路运输赋予智能核心，开启智能化变革，大幅提升了运输效率，增强了行车安全，降低了运营成本。所以，本文将结合实践经验，分析重载铁路列车智能控制系统的构成及功能，并归纳应用成效，旨在为重载铁路运输的高质量发展注入强劲动力。

【关键词】重载列车；智能控制系统；铁路运输

Intelligent control system for heavy-haul railway train

Lu Jie

Energy Shuohuang Railway Development Co., LTD.Machinery Branch 062350

【Abstract】 With the acceleration of global economic integration, the efficient transportation of bulk goods is crucial to the steady development of the economy. As the main freight force, the heavy-haul railway undertakes the long-distance transportation task of a large number of materials such as coal and ore. In recent years, the continuous expansion of economic scale has led to the rapid growth of heavy-haul railway transportation demand. However, the traditional heavy-duty railway train control system is difficult to meet the increasingly complex transportation needs and the changeable operating environment. In order to break through this bottleneck and meet the growing demand of heavy-haul railway transportation, the intelligent control system of heavy-haul railway train came into being. The system integrates a variety of advanced technologies, endows intelligent core for railway transportation, opens intelligent reform, greatly improves transportation efficiency, enhances driving safety, and reduces operating costs. Therefore, this paper will combine the practical experience, analyze the composition and function of the intelligent control system of heavy-duty railway train, and summarize the application effect, aiming to inject strong power into the high-quality development of heavy-duty railway transportation.

【Key words】 heavy-duty train; intelligent control system; railway transportation

引言：

当下，全球贸易繁荣，资源流通需求猛增。重载铁路因大运量、低成本，在国家经济建设中至关重要。煤炭、矿石等大宗货物的高效运输，是工业生产稳定、供应链顺畅的重要支撑，对经济发展影响巨大。但传统重载铁路列车控制模式困难重重。复杂线路中，精准把控制车速度与间隔极为困难，严重影响运输效率。面对恶劣天气、设备故障等突发状况，传统系统应急响应迟缓，威胁行车安全。为解决这些难题，重载铁路列车智能控制系统应运而生。其融合先进传感器技术、大数据分析、人工智能算法和高速通信网络，实现列车运行状态实时监控、精准预测与智能调控。该技术应用大幅提升了运输效率、安全性与可靠性，给铁路运输行业带来变革，推动全球经济可持续发展。

一、重载铁路列车智能控制系统构成

（一）感知层

感知层是智能控制系统的关键信息采集单元，能够全方位收集列车运行的各类信息。主要由大量分布在列车和铁路沿线的传感器构成。列车上的速度传感器，通过精准测定车轮转速反馈列车实时速度，这对列车速度控制和调度极为关键。加速度传感器能捕捉列车加减速时的加速度变化，帮助判断列车运行是否平稳^[1]。位置传感器结合GPS等卫星定位技术与轨道电路，精确锁定列车在轨道上的位置，保障列车运行的有序与安全。铁路沿线的轨道传感器实时监测轨道几何形状、磨损情况及扣件紧固状态，一旦发现轨道变形、扣件松动等异常，立即发出预警，防止因轨道问题引发事故。气象传感器收集风速、风向、降雨量和气温等气象信息，由

于恶劣天气威胁列车运行安全,这些数据助力控制系统提前采取调整车速、加强制动等应对措施。

(二) 网络层

网络层是智能控制系统的数据传输关键主要由有线和无线网络组成。有线网络多采用光纤通信技术,因其带宽高、传输快、抗干扰强,能满足大量数据高速稳定传输的需求。铁路沿线密布的光纤线路,将各站点设备与传感器相连,形成庞大且稳定的网络,为数据可靠传输提供保障。无线网络方面,4G、5G等先进技术是当下主流。列车运行时,与地面控制中心需实时交互数据。无线网络使列车能随时与控制中心紧密相连,可快速上传实时运行状态、故障信息等,也能及时接收控制中心指令。例如列车突发故障,其故障信息能通过无线网络迅速传至控制中心,助其快速决策,指挥列车应对。

(三) 控制层

控制层是智能控制系统的核心,负责深度分析、精准处理系统采集的数据,做出科学决策。主要由高性能计算机、服务器及各类控制软件组成^[2]。高性能计算机和服务器凭借强大硬件,具备强大的计算与存储能力,能快速处理感知层传来的海量数据。通过运行精心设计的控制软件,全方位动态监测、分析列车实时运行状态。例如,结合列车速度、位置、前方轨道及气象条件等信息,运用算法算出最佳运行速度、制动时机、牵引力度等参数,向执行机构发送指令,引导列车平稳高效运行。控制软件不仅能进行常规数据分析与指令生成,还有智能化决策模块。遇到前方轨道有障碍物、列车设备故障等突发情况,能凭借智能算法和决策模型,快速判断并启动应急预案。如遇障碍物自动紧急制动,防止碰撞;针对设备故障,依故障类型和严重程度调整运行路径,保障列车安全稳定运行。

二、重载铁路列车智能控制系统功能

(一) 列车自动运行控制

列车自动运行控制作为智能控制系统的关键核心功能,依托于感知层所采集的全面信息,以及控制层所做出的精准计算与决策,达成列车从启动、加速、匀速行驶,到减速、停车这一系列运行操作的自动化。在列车启动这一初始阶段,控制系统依据预先规划好的运行方案以及当下线路的实际状况,自动对列车的牵引电机进行调控,促使其输出恰当扭矩,从而保障列车能够平稳地从静止状态启动,顺利迈出行程的第一步^[3]。随着列车逐渐驶离站台,速度稳步提升,控制系统时刻关注着实时反馈的速度和位置信息,通过精细调整牵引电机的功率输出,确保列车严格按照预先设定的速度曲线加速前进,保证加速过程的稳定与高效。当列车进入匀速运行阶段,控制系统对列车的运行状态和线路状况保持实时监测,根据实际情况自动微调列车的运行速度,以此维持最佳的运行效率。不仅如此,为确保铁路运输的安全有序,

控制系统还会实时追踪前方列车的位置与运行态势,动态调整本列车的速度以及与前车的间隔距离,有效避免追尾等安全事故发生。而当列车接近目的地或因线路状况需要减速停车时,控制系统迅速介入,依据列车当前的速度、所处位置以及目标停车点的距离,进行精确计算,得出最佳的制动时机与所需的制动力度。随后,自动控制列车的制动系统,精准执行减速或停车操作。整个过程一气呵成,全程无需人工手动干预,极大程度提高了列车运行的准确性与可靠性,让重载列车拥有更加安全、高效的运输效率。

(二) 故障诊断与预警

故障诊断与预警功能在保障列车安全运行方面发挥着举足轻重的作用,是确保列车平稳、可靠行驶的关键防线。智能控制系统借助先进的监测技术,对列车各个设备在运行过程中产生的数据进行持续、实时地跟踪与分析,从而能够敏锐地察觉设备内部潜藏的故障风险,并在故障实际发生前及时发出预警信号。在监测过程中,系统将列车的牵引系统、制动系统、电气系统以及转向架等关乎列车运行安全的核心设备作为重点监测对象,实时采集设备的关键运行参数,并进行深入分析。以牵引电机为例,系统通过严密监测其电流、电压以及温度等参数,精准判断牵引电机是否存在因负载过大导致的过载现象、电路连接异常引发的短路问题或者因长时间高负荷运转产生的过热隐患。对于制动系统,系统则聚焦于监测其压力数值以及制动片的磨损状况等参数,以此及时捕捉制动系统可能出现故障的蛛丝马迹。一旦系统监测到设备的运行参数偏离正常范围,出现异常波动,便会即刻触发故障诊断程序^[4]。该程序运用复杂的算法,对异常数据展开深度剖析,同时结合预先建立的设备故障模型以及过往积累的历史数据,综合判断故障的具体类型、发生位置以及严重程度。随后,系统会依据故障严重程度的不同,对应发出不同级别的预警信息,迅速传达给维修人员,提醒他们及时对故障设备进行检查与维修。对于一些可能危及列车运行安全的紧急故障,系统还具备自动应急处置能力,例如自动切断故障设备的电源,防止故障进一步扩大,或者启动备用设备,保障列车关键功能的正常运行,全力确保列车在运行过程中的安全。

(三) 远程监控与调度

远程监控与调度功能为铁路管理人员提供便利,使其能够实时洞悉列车的运行态势,进而实现对列车的远程精准调度与指挥。依托智能控制系统的先进监控平台,管理人员身处控制中心,便能轻松获取列车的位置、速度、运行状态等关键信息,同时还能全面掌握铁路沿线的设备运行状况以及气象条件等实时资讯。在监控作业期间,一旦捕捉到列车运行出现异常情况或者发现铁路沿线设备突发故障,管理人员可借助远程调度功能,迅速下达指令,对列车进行及时、有效的调整与控制。例如,当某一区间的轨道出现故障时,管理人员通过远程调度系统,迅速通知该区间内的列车采取减速慢行措施,或者停车等待,同时灵活调整其他列车的运行

路径,有效避免了列车拥堵现象的发生,降低了事故风险。除此之外,远程监控与调度功能还赋予了管理人员优化列车运行计划的能力。使其依据实时的运输需求、设备运行状态以及气象条件等多方面因素,借助调度系统,对列车的运行计划进行灵活且合理地调整。这种动态调整机制极大地提高了铁路运输的效率,实现了运输资源的高效利用。

三、重载铁路列车智能控制系统的应用成效

(一) 提升运输效率

智能控制系统能够依据实时路况信息,以及列车自身精确的运行状态数据,对列车的速度、加速度等关键参数展开极为精准的调控。通过精心优化列车的运行曲线,巧妙地规避了不必要的加速与减速动作,进而显著提升列车的平均运行速度。这一优化举措有效缩短了货物的运输时间,为货物的高效流通提供了有力保障。例如,在部分重载铁路线路中,自从引入智能控制系统后,列车的运输效率大幅提升,较以往提高了20%以上。另外,智能控制系统凭借其强大的智能决策算法,能够轻松实现对多列列车的实时调度以及全方位的优化管理。并以精密的计算和合理的规划,妥善安排每列列车的运行顺序与间隔时间,成功避免了列车在车站长时间等待以及线路拥堵的情况发生,极大地提高了铁路线路的通过能力。不仅如此,该系统还具备高度的灵活性,能够依据货物运输需求的动态变化,迅速且灵活地调整列车的运行计划,显著增强了铁路运输的灵活性与对各种复杂情况的适应性。

(二) 增强行车安全

借助先进的传感器技术,智能控制系统可以时刻严密监测列车的运行状态以及关键部件的工作状况。一旦捕捉到任何异常迹象,系统会在瞬间发出警报信号,同时迅速采取相应的控制手段,如自动执行减速操作,甚至在必要时紧急停车,以此来全力避免潜在事故的发生。举例来说,通过对车轮温度进行不间断的实时监测,系统能够敏锐地察觉车轮抱死等故障隐患的早期迹象,进而提前介入,及时采取措施加以妥善处理^[5]。另外,智能控制系统装备了极为先进的防撞系统,该系统运用雷达、激光等高性能传感器,对列车前方

的路况进行全方位、实时地监测。一旦系统判断存在碰撞危险,便会立即自动触发制动装置,以最快的速度让列车停下来,从而高效地杜绝了列车碰撞事故的发生,为列车运行安全提供了坚实的保障。

(三) 降低运营成本

智能控制系统通过对列车运行曲线与控制策略的深度优化,成功引领列车迈向节能运行的新路径。在实际运行过程中,系统精准把控列车的速度与加速度,巧妙规避能源浪费现象,大幅削减列车的能耗。不仅如此,该系统还具备强大的环境感知能力,能够依据线路的坡度、弯道等具体状况,自动灵活调整列车的运行模式,进一步挖掘能源利用的潜力,提升能源利用效率。据详实的统计数据显示,在应用智能控制系统后,列车能耗可实现10%-15%的显著降低。另外,智能控制系统凭借其高度自动化的特性,极大程度减少了对人工操作的依赖程度。系统实现了列车的自动控制以及高效的调度管理,一方面,有效降低了人工成本支出;另一方面,也显著降低了因人为失误导致的各类风险。此外,系统所配备的故障诊断与预测功能,能够提前精准预判列车可能出现的故障,并据此合理安排维修计划,不仅缩短了列车的维修时长,还降低了维修成本,全方位提升了铁路运营的整体效益。

结束语:

综上所述,重载铁路列车智能控制系统具备不可忽视的重要价值。其凭借精准把控列车运行参数、高效统筹调度管理,显著提升了运输效率,使货物能更快速地抵达目的地。依靠实时监测列车运行状态与部件工作情况,结合先进的防撞预警机制,为列车运行构筑起一道坚不可摧的安全屏障。同时,通过优化运行方式以实现节能降耗,以及高度自动化减少人工操作,切实降低了运营成本。展望未来,随着科技的持续迅猛发展,该系统极有希望在多元技术深度融合、功能领域不断拓展等方面实现持续升级。这将为铁路运输行业带来层出不穷的革新与突破,有力推动重载铁路运输朝着智能化、高效化、安全化的方向奋勇前行。

参考文献

- [1]姜大佐.基于区块链的重载铁路智能控制研究[J].区域治理,2021(52):111-113.
 - [2]支麟.重载铁路列车智能驾驶控制系统研究[J].电脑爱好者(电子刊),2020(12):4093-4094.
 - [3]李紫宜,周艳丽,杨辉,等.面向节能的重载列车辅助驾驶模型预测控制研究[J].铁道科学与工程学报,2024,21(8):3107-3118.
 - [4]张辰东,王文斌.重载列车群组运行控制系统研究[J].铁路通信信号工程技术,2024,21(7):1-6.
 - [5]罗慧强.分析如何加强重载铁路运输指挥系统的调度工作[J].建筑工程技术与设计,2019(35):3624-3625.
- 作者简介:陆杰(1985.5-)男,河北沧州人,本科,助理工程师,研究方向:机车驾驶。