

# 关于朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统的思考

李泽宇

国能朔黄铁路发展有限责任公司机辆分公司 062350

**【摘要】**确保重载铁路运输效率与安全,是我国社会经济快速发展,铁路事业现代化发展的重要内容。随着信息化、人工智能等技术的应用,智能驾驶在城轨与高铁领域广泛应用,但是在重载铁路领域应用尚处于起步阶段。加强重载铁路列车智能驾驶控制系统,有效推动重载铁路驾驶系统功能化、智能化发展,不但可以进一步提高重载铁路运行安全,还能够实现重载铁路装备技术的创新升级,对重载铁路发展极为关键。基于此,文本就朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统进行了分析与探讨,以期有效提高朔黄重载铁路列车智能驾驶控制水平,为我国重载铁路的发展提供参考。

**【关键词】**朔黄铁路;重载列车;智能驾驶控制;系统设计

Thoughts on intelligent driving control system of Shuohuang heavy railway train

Li Zeyu

National Energy Shuohuang Railway Development Co., LTD.Locomotive and rolling stock branch 062350

**【Abstract】**Ensuring the efficiency and safety of heavy-haul railway transportation is a crucial aspect of China's rapid socio-economic development and the modernization of the railway industry. With the application of information technology and artificial intelligence, intelligent driving has been widely adopted in urban rail and high-speed rail sectors; however, its application in heavy-haul railways is still in its infancy. Enhancing the intelligent driving control system for heavy-haul railway trains can effectively promote the functional and intelligent development of heavy-haul railway driving systems. This not only further improves the operational safety of heavy-haul railways but also facilitates the innovation and upgrading of heavy-haul railway equipment technology, which is extremely critical for the development of heavy-haul railways. Based on this, the text analyzes and discusses the intelligent driving control system for Shuohuang heavy-haul railway trains, aiming to effectively enhance the level of intelligent driving control for Shuohuang heavy-haul railway trains and provide a reference for the development of China's heavy-haul railways.

**【Key words】**Shuohuang Railway; heavy-haul train; intelligent driving control; system design

## 引言:

重载铁路作为我国大中型商品最为重要的运输形式,因为运力强、运输速度快、成本低等优势,为我国社会与经济的快速发展做出了重要的贡献。随着经济与科技的快速发展,市场对重载铁路运输能力的要求越来越高,重载铁路的载重量越来越大、列车编组也越来越多,目前来说,我国重要的重载铁路专用线路都已经开通了两万吨、三万吨的载重量,这在一定程度上提高了重载铁路的运量,但是因为重载铁路运行线路复杂、再加上载重量的提升,也为重载铁路运行安全带来了一定的隐患,如列车车钩存在间隙、车辆受力不均等,一旦处理不好,就可能产生行车事故,并造成一定的经济损失与社会影响。另外,在实际的运行过程中,因为重载铁路列车还可能出现冲动大、超速、冒进等行为,对于司机的要求极高,司机必须在列车运行时间内,确保驾驶操作的规范,如此才能避免行车事故的发生。但是,因为驾驶时间相对较长,司机操纵可能存在着一定的失误风险,这就需要构建智能驾驶控制系统,配合重载铁路列车司机,从而

最大程度上提高重载铁路列车的运行效率与安全。由此可见,加强朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统意义重大。

## 一、智能驾驶控制系统概述

智能驾驶控制系统作为现阶段最为先进的列车辅助技术,在重载铁路中的应用水平与规模相对较低,所起到的作用并未能与城轨、高铁相媲美。但是,对于重载铁路列车智能驾驶控制系统的研究从未停止。所谓的智能驾驶控制系统,就是利用先进的传感器、人工智能算法和通信技术等,实现列车的自动启动、加速、减速、停车等功能的智能驾驶系统。智能驾驶控制系统,可以实时感知周围环境并做出决策,为列车司机提供驾驶辅助功能,提高列车运行的安全性和效率,是智能交通体系的重要核心。其核心部件包括高精度激光雷达、摄像头、毫米波雷达和超声波传感器等,用于持续监测列车周围的环境信息。软件系统则是实现自动驾驶功能的关键,包括路径规划算法、决策控制系统和机器学习模型等。另外,通信协议也是智能驾驶控制系统中的关键环节,

借助5G-V2X技术,列车可以与轨道基础设施、其他车辆以及控制中心保持实时通信,实现信息的即时交流与共享,有效提高重载铁路列车运行安全<sup>[1]</sup>。

## 二、智能驾驶控制系统的重要作用

重载铁路智能驾驶控制系统有着重要的作用,可以有效地提高我国重载铁路运输能力,确保重载铁路行车安全,在提高重载列车能源利用率的同时,降低重载铁路列车的磨损,延长重载铁路列车的使用周期。重载铁路不同于高铁与城轨,一是重载铁路列车的编制长、载重大,在行驶的过程中,重载铁路列车的制动、排风、纵向力以及操作方法等相关复杂,对于司机的要求相对较高。二是重载铁路运行线路相对复杂,在实际的运行过程中,司机需要面对的情况较多、压力较大,司机在长时间的驾驶过程中,可能会出现操作失误,并引发安全事故。由此可见,加强智能驾驶控制系统的研究,对重载铁路列车运行至关重要。其重要作用体现在以下几个方面:第一,提高运输效率。智能驾驶控制系统的应用,使得重载列车能够自主感知路况,精准调控速度,实现运输自动化和智能化发展,从而提高重载铁路运输效率。第二,增强安全性。智能驾驶控制系统可以对重载列车的运行环境进行实时监测,精准识别轨道障碍物等潜在安全风险,从而避免事故的发生,极大地提高了重载铁路列车运行安全。第三,降低成本。智能驾驶控制系统的应用,可以最大程度上减少人工操作和乘务员数量,有效降低运行成本。第四,促进绿色发展。智能驾驶控制系统的应用,在一定程度上有效落实了可持续发展理念,降低了重载铁路列车能源消耗,实现节能减排的目标。第五,推动行业进步。重载铁路智能驾驶控制系统的应用,不仅提升了我国铁路领域技术水平,也为全球铁路交通现代化发展提供了参考,有利于推动铁路行业的进步。

## 三、朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统简介

朔黄重载铁路线路相对险峻,线路多以下坡路为主,起点与终点之间的垂直高度差约为2KM,人工驾驶的难度较大,司机存在着较大的压力,且易发生行车事故,加强朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统,是有效满足朔黄重载铁路现代化发展需求,也是确保行车安全的关键。通过智能驾驶控制系统,可以帮助朔黄重载铁路列车运行轨迹进行指导与调整,降低朔黄重载铁路列车的冲动,最大程度上规避朔黄重载铁路列车运行中的各类风险,并通过信息的即时共享,为司机提供有效的信息参考,确保司机操作行为的规范性,实现朔黄重载铁路列车安全运行的目标。

朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统,主要以现有的车载设备为载体,如牵引系统、信号系统等,通过在主控机车上安装相应的智能驾驶装置,在MVB、以太网、串行通信

等通信方式的帮助下,实现车载设备与控制系统的共享,进而对朔黄重载铁路列车进行有效的控制。朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统可以具体划分为感知、决策与执行三部分。

智能驾驶控制单元是朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统的决策核心,通过整合所有的数据信息,如列车运行线路、安全防护、信号状态、车辆特征与状态等,以安全驾驶为基础,实现列车运行平稳、安全与节能等目的,优化曲线运行线路与速度,借助模型进行有效的约束与控制,确保朔黄重载铁路列车速度精准、运行平稳。

辅助驾驶系统则主要是对列车运行中的障碍物进行识别,以雷达、高清摄像头等多种方式,对列车运行过程中的远、中、近范围进行探测,在卫星定位技术的帮助下,对列车前方的障碍物进行识别,并根据障碍物类型,选择合适的应对措施。

车载信号系统则是LKJ单元,LKJ能够有效地预防重载铁路列车超速运行、避免冒进,为司机提高操纵能力提供保障。LKJ数据主要由基础数据、揭示信息与实时信息三部分构成。其中,基础数据指的是线路基础数据;揭示信息则是编辑好的临时限速数据;实时信息则是列车运行过程中相关的信息<sup>[2]</sup>。

人机交互装置(DMI),主要安装在司机室,一方面,借助人机交互装置,司机可以输入数据信息与控制指令,由智能驾驶控制系统运行。另一方面,接收智能驾驶控制系统发来的信息,确保司机全面掌握列车运行数据。

牵引与制动系统,则是重载铁路列车智能驾驶控制指令执行机构,智能驾驶控制系统通过网络控制系统对牵引与制动系统发布指令,并通过网络控制系统接收列车牵引与制动系统的反馈信息。

列尾装置主要安装在重载铁路列车的尾部,通过连接制动软管,为列车提供尾部风压信息,同时还能够控制列车尾部进行排风制动。

## 四、朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统设计

### (一) 总体架构方案设计

朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统的搭建,明确总体架构方案设计尤为关键。

第一,对架构方案进行设计。架构方案的科学正确,是确保朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统发挥作用的关键。智能驾驶控制系统是通过收集列车线路数据、车辆参数信息、运行时刻表等内容,结合信号灯、列车位置、运行速度、牵引状态、制动状态等信息,在完善的计算模型的辅助下,以安全、平稳、节能、省电为原则,对重载列车的运行目标速度曲线进行规划,并根据目标速度曲线,通过自动控制算法,对列车的手柄进位与制动进行操作,从而实现智能驾驶控制的目标。智能驾驶控制系统通过收集各方面的信息,对

重载列车的加速、均速、减速等进行控制。在构建智能驾驶控制系统时，要明确智能驾驶系统各个构成部分的重要作用，为后续的软件功能结构奠定基础<sup>[1]</sup>。

主控单元作为智能驾驶控制系统的核心，其原始数据来源来自车载设备，如监控装置、列尾装置、车载控制系统等，通过对获取的数据进行处理，将驾驶指令传递至牵引与制动系统，同时将智能驾驶控制系统的状态信息反馈至显示屏，方便司机参考与操作。作为智能驾驶控制系统的核心，主控单元可以有效优化与控制运算载体，具有数据处理、控制输出、逻辑控制、优化计算等功能。

显示单元则是重要的人机交互媒介，具有模式切换、状态查询、参数输入、线路情况显示、优化操作曲线显示、列车运行信息显示等多种功能，与主控单元一起，实现对重载列车的智能驾驶控制。

智能驾驶控制系统以接口模块与列车运行监控记录装置进行通信，通过接收 LKJ 数据，内容包括但不限于时间、速度、限速、里程、列车型号、机车信号等内容。借助 TCMS 进行通信，在获取机车信息之后，发送牵引、制动等指令，进而实现对重载铁路列车的控制。通过通信转换模块与控制单元进行通信，对手柄的位置进行判断，并发送空气制动指令。通过串行通信模块与列尾装置进行通信，收集列尾风压信息，并在合适的时机发送排风指令<sup>[2]</sup>。

第二，在对架构方案进行设计之后，需要根据实际需求，将智能驾驶控制系统软件划分为五大功能模块。其一，基础数据解析处理模块。该模块主要是为智能驾驶控制系统提供各项数据，为其余模块的正常运行提供数据支持。同时，该模块还负责对列车目标速度曲线离线计算与动态调整。其二，车钩力估算模块。该模块主要是为了减少列车编组的纵向冲动，确保行车安全。结合重载铁路列车的机车、车辆、缓冲器参数等信息，建立多质点模型与车钩缓冲器模型，以 Newmark 为主要算法，对重载铁路列车运行时的车钩力进行计算。其三，系统逻辑模块。该模块主要是对智能驾驶控制系统工作状态的切换，即预备、指导与辅助驾驶三种情形中进行有效切换。其四，人机交互模块。该模块是保证重载铁路列车安全行驶的关键。通过界面显示各类信息，帮助司机提高驾驶行为的规范性与安全性。其五，数据通信模块。该模块则是为了有效实现智能驾驶控制系统与 LKJ、机车控制系统、列尾装置、空气制动系统的通信。

## 参考文献

- [1]于爱峰.重载铁路列车智能驾驶控制系统研究[J].现代科技研究, 2024, 4(8).
  - [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]邵跃虎.重载铁路列车智能驾驶控制系统研究[J].自动化应用, 2022(5): 146-149.
  - [4]嵇道君,付金.重载运输智能驾驶技术研究[J].技术与市场, 2020, 27(2): 45-46.
  - [5]姜正,杜海滨,王瑞,等.HXD2 机车自动驾驶系统研究及应用[C]//第十六届中国智能交通年会论文集.2021: 272-279.
- 作者简介:李泽宇(1995.9-)男,河北石家庄人,本科,助理工程师,研究方向:铁路机务专业。

## (二) 数据库表设计

数据库表包括了重载铁路列车智能驾驶控制系统所需的各类表。第一，重载铁路列车线路相关数据表。通过读取 LKJ 基础数据，将运行所需的线路坡度、曲线、分相、道岔、线路允许速度、车站等相关信息存入相关数据库表中。第二，列车信息表。对 LKJ 实时信息进行读取，从而收集重载铁路列车编制相关信息，包括车次号、机车类型、货车类型、货车辆数、编组方式、总重、计长等信息，可为列车牵引计算、列车运行控制等提供数据支持。

## (三) 系统设计流程

在进行重载铁路列车智能驾驶控制系统的设计时，要结合重载铁路多质点模型、系统架构总体方案、列车智能驾驶控制系统软件结构，以数据通信、车钩力估算、逻辑控制、人机交互四个方面进行系统的设计与开发。为了确保系统与 LKJ、机车控制系统、列尾装置等进行有效通信，还需要对通信协议进行设计优化。

## (四) 系统关键技术

智能驾驶目标曲线动态规划，是智能驾驶控制系统的关键技术。智能驾驶目标曲线规划是根据信号、线路、限速、列车状态等信息，对列车前方行驶线路上的目标曲线进行动态规划，并根据实时的反馈信息进行调整，从而最大程度保障重载铁路安全平稳地运行。重载列车在实际的运行过程中，如果前方线路出现限速、信号灯状态变化等情形时，为了更好地满足运行需求，重载铁路智能驾驶控制系统便会会对目标曲线进行重新规划。目标曲线动态规划，首先要获取初始条件与边界条件，其次通过模型进行有效计算，接着通过目标曲线规划计算，在得出结果之后，最后输出目标曲线。

## 总结:

综上所述，朔黄重载铁路列车智能驾驶控制系统的研究与应用，可以有效地提高朔黄重载铁路运输效率，确保运输安全，通过司机与智能驾驶控制系统的相互配合，最大程度上确保司机驾驶行为的规范有序，实现朔黄重载铁路列车安全平稳的运行。在智能驾驶控制系统开发过程中，要在明确的总体方案引导下，明确系统设计流程与关键技术，确保智能驾驶控制系统发挥应有的作用。