

重载列车安全调度流程优化研究

马良勇

国家能源集团包神铁路集团有限责任公司机务分公司 陕西榆林 719316

【摘要】重载列车作为铁路运输的重要组成部分，其安全调度流程的完善与优化关系到整体运输效率与事故防控的根基。本文系统剖析了当前重载列车调度流程中存在的安全隐患与瓶颈，揭示了流程设计与执行中多重因素交织的复杂性。基于对核心风险点的细致分析，提出了以流程结构优化、关键环节强化和技术支持提升为核心的多维优化策略，旨在建立更为稳健的调度体系。文章强调调度安全不仅依赖制度和他技术，更需要对流程执行过程中障碍的深刻理解和有效解决，从而推动重载列车调度向更高安全标准迈进。研究结果为行业安全管理实践提供了切实可行的改进路径，助力铁路运输安全水平整体跃升。

【关键词】重载列车；安全调度；流程优化；风险管理；系统策略

Research on Optimization of Heavy-Haul Train Safety Scheduling Process by

Ma Liangyong

Machinery Division of Baoshen Railway Group Co., Ltd. (National Energy Group), Shenmu City, Yulin City, Shaanxi Province 719316

【Abstract】 As a crucial component of railway transportation, the improvement and optimization of safety scheduling processes for heavy-haul trains are fundamental to overall transport efficiency and accident prevention. This paper systematically analyzes existing safety hazards and bottlenecks in current heavy-haul train scheduling processes, revealing the complexity arising from multiple intertwined factors during process design and implementation. Based on detailed analysis of core risk points, a multi-dimensional optimization strategy is proposed focusing on process structure optimization, reinforcement of critical links, and enhancement of technical support, aiming to establish a more robust scheduling system. The article emphasizes that scheduling safety relies not only on systems and technologies but also requires profound understanding and effective resolution of obstacles during process execution, thereby advancing heavy-haul train scheduling toward higher safety standards. The research findings provide practical improvement pathways for industry safety management practices, contributing to an overall leap in railway transport safety levels.

【Key words】 heavy-haul trains; safety scheduling; process optimization; risk management; systematic strategies

引言：

重载列车的运行承载着铁路货运效率提升的期望，同时也带来了更加复杂的安管理挑战。当前，安全调度流程的不足显著制约了重载列车的安全运行保障，亟需深入理解其流程内在结构及其运行机制的痛点。调度流程不仅是一系列操作步骤的简单叠加，而是一个多维度、多环节相互作用的复杂系统。任何环节的失效都可能引发严重后果，安全隐患常常因流程设计与执行不匹配而被放大。基于对调度现状的深刻剖析，本文试图在厘清核心安全风险的基础上，提出系统化、针对性强的优化方案，力求在流程设计与执行层面实现突破，促进重载列车安全调度的持续改进与稳定发展。

1. 重载列车安全调度流程基础分析

1.1 重载列车调度安全问题背景解析

重载列车因其巨大的载重和复杂的运行环境，使得调度安全问题尤为突出。不同于普通列车，重载列车的运行速度较慢，制动距离长，稍有不慎便可能引发严重事故。其调度环节涉及车辆性能、线路条件、气候环境等多重因素，任何一处失误都可能放大风险。现实中，随着矿产资源运输需求的激增，重载列车调度任务变得更加频繁且复杂，调度安全

问题被推至不可忽视的高度。如何在保证运输效率的同时，实现风险最小化，成为当前调度体系面临的紧迫课题。

1.2 调度流程现状及流程缺陷探讨

现有重载列车调度流程多以人工经验为核心，缺乏系统性和科学性支持。流程虽涵盖基础的安全检查和路线规划，但在异常情况处理及动态调整上显得力不从心。信息传递滞后，调度指令易产生歧义，导致响应速度慢，安全隐患积累。流程设计存在标准不一、监控手段不足的问题，造成风险点难以被及时发现。操作界面和数据反馈机制单一，缺少多维度安全评估工具，使得调度员难以全面掌握列车状态，安全决策的准确性受到限制。

2. 重载列车安全调度流程面临的核心挑战

2.1 调度流程中的安全隐患

安全风险的主要表现有信息获取、流程执行不完善，调度中心不能实时获取列车运行的完整信息，特别是跨地区、极端恶劣天气，信息传递滞后、风险预估不准。调度指令传递过程有多个层级、传递链条过长，风险信息传递不准确，风险较大，运行环境复杂，调度流程无法覆盖全部风险，作业人员多，人员行为标准很难做到精准控制，多环节操作和设备及外界环境存在较大的安全风险，个别环节缺少有效的

应急处理方案,安全风险隐患因处置不及时而增大了事件的风险。

2.2 流程执行过程中的障碍

制度落实困难来自于技术支撑薄弱、执行力欠缺的双重压力。一方面,目前所应用的调度系统智能化程度不高,对重载列车状态的分析、预判功能较弱,调度员对重载列车异常数据的敏感度不够高。另一方面,调度员作业在高压疲劳状态之下会增加判断失误,流程多作业复杂加重了人工作业负荷。信息沟通不畅也加重了交叉作业的难度,流程缺乏柔性的调整方式,难以适应动态环境进行调整,影响调度反应速度、质量。

2.3 主要影响调度安全的因素剖析

调度安全就是调度设备、调度人员和调度环境因素综合作用的结果。在技术因素上,与安全生产有关数据的采集设备准确性和可靠性决定了安全生产的基础,缺失和失准直接影响安全调度决策的科学性^[1]。在调度人员因素上,主要是调度员的从业经验、职业素养和心理状态等,它决定了安全生产的准确性和科学性。当由于调度人员因素问题时,即使安全监控设备信息发生偏差,在人员判断调度失误的情况下,便可能就会扩大原始偏差,成为调度失误,导致安全事故的发生。而在环境因素中,一是运行线路的复杂性和多变性因素,二是自然的气象变化因素,三是社会突发事件出现的因素等。在技术、人员和环境三大主客观因素相互作用时,对于调度过程中的安全风险就会发生非线性变化的放大,现有的安全调度机制不能实现调度安全全过程和全系统的系统保障,在技术、人员和环境三大因素整合上下功夫显得很重要。

3. 重载列车安全调度流程优化研究

3.1 调度流程安全关键点分析

重载列车安全调度是指对流程中关键风险点进行合理管控的过程,安全风险点是需要及时控制的风险因素,关键风险点必须从控制角度加以考虑。安全关键风险点是根据列车调度流程中考虑操作要求结合调度的实际操作动作,挖掘构成调度安全风险因素的內因,列车调度流程大致包括计划编制环节、计划实时监控环节、列车运行组织调度命令传递环节和列车调度应急预案操作等,每一个环节都有各自层级的调度环节积累危险源、识别重点安全风险,在计划编制阶段,由于数据不准或传错信息,将会影响到后续计划的执行,将计划流程的安全目标偏离,进而形成了安全隐患。实时监控环节的关键风险是需要根据现场运行情况识别状态的危险源,一旦忽视现场状态危险点的识别,将错过关键节点的预警目标。对于调度环节而言,安全风险点主要表现在调度命令是否准确和能否尽快传递给作业人员,安全指令未能准确及时传递,极易造成指挥作业人员或中间环节人员不能正确掌握和完成调度作业命令。安全风险关键点分析不仅要体现在操作表面,更应该体现在对制度、技术支持以及作业人员的分析角度,制度不健全,使得制度存在模糊以及交叉的情况,技术不全面,无法满足服务作业指令的情况,作业人员操作经验、心理反应波动能放大作业人员操作执行中的人为风险^[2]。最终深入分析安全数据,调研现场实际,进一步

明确制约安全风险的关键风险点,不是局限于硬件功能上的限制,而是体现到软件、硬件系统上的限制以及对人员主观的行为习惯问题。进行关键风险点分析,一定要深入分析影响安全的风险因素是风险动态还是静态风险,风险点也要考虑到受到外部影响后环境不同、随机事件给列车调度带来的影响。提高调度安全的本质是对于这些安全关键点进行持续监测与风险管理,形成能够应对变化的安防机制,针对重载列车这类列车的特殊性,其调度关键点还同时对车辆载重、线路承载量、列车行驶速度等参数提出严格的安全技术要求,对这些技术参数与调度关键点衔接的工作极需关注安全关键点不仅仅表征于物理环节,也在信息流、命令流、人员操作等环节之间动态有效协作。安全关键点的任何一个失效就会引发流程失效,因此,安全关键点分析是打造高效、安全调度的根本,是完善优化流程的核心基础。

3.2 流程优化目标及限制条件

安全风险目标是基于现有安全风险的评估和分析,强调既要实现安全目标,也要实现调度效率目标和满足实际情况的操作可行性的基本要求。安全是重载列车调车流程安全优化的主要目标,不可为了降低安全风险而不考虑调车调度流程优化会因缺少某些问题而效率低下。安全目标应明确实现流程优化后安全风险的识别精度、减少人为风险、应急风险控制能力和信息传递准确性等方面。优化目标须考虑工作人员的可接受程度和技术应用水平和能力,避免增加的复杂性会使操作变得更加困难和增加新的风险来源^[3]。同时,优化目标设定应考虑铁路系统的物理和技术约束。调车信号系统的功能、轨道设施、车载设备的能力及列车控制系统之间的集成等是考虑重载列车调车流程优化的限制和必要性。优化不能脱离实际的设备和技术,避免由于设定的优化目标过高超出实际硬件和技术环境。调度流程的优化也不仅仅是技术要素的优化设计,制度约束也是一个重要的限制条件。如果存在相关的管理法律、规程不遵守,不遵循管理制度或规定等,制度也将成为重载列车调车优化的一大限制,这也是重载列车调度的制度瓶颈,而从制度出发进行流程优化,以探索安全而有效的调度流程。此外,人为因素是导致列车调度流程优化的限制条件,复杂、多层次、多部门或岗位的调度流程、调车人员的技术、责任心、以及工作精神等都是重要的约束性因素。对目标的设定,不仅要追求操作流程的优化改善,还应该包含培训、文化建设等方面,通过人员对操作流程新的变化趋势进行适应。整体上看,流程优化目标在安全方面提升的前提下要合理考虑效率以及实际情况,做到合理限定、有的放矢地确定流程优化思路。

3.3 优化策略设计流程调整方案

优化方式的确定要求针对性改造结构不良、事故隐患集中、事故连锁发生较高的调度流程,达到整体性的流程优化,并应考虑流程各环节之间的内化协调,不能只针对某一个环节进行过度“增强”设计而造成流程结构性失调。流程优化应高度关注信息流的顺利和通畅,实行多层次信息交互共享和回馈流程设计,完成及时与准确的调度信息传导到每一流程执行环节。数字化和智能化的辅助信息系统以及工具可以大量节省信息处理时间,提高准确度是提升流程效率的良好趋势,但是技术系统应兼顾使用工具人员的操作习惯和实际任务需求,不应增加调度人员不必要的操作复杂性^[4]。流程

优化要考虑针对风险的预见与及时应变,应该构建基于大数据分析及机器学习技术的风险分析系统,针对列车运行过程中的环境因素和列车状态变化进行计算预测,预警异常,协助调度人员更好地进行决策。应对流程应急环节设计更多的方案方案预案,能够良好执行预案应对紧急情况,避免突发事件的发生。在针对人员的操作失误易发环节设置相应的更为严格的权限审批和操作核准,减小主观上的操作失误可能性。流程优化后的对策还应建立相应的培训体制和激励机制,提高调度人员接受与推行优化后的新流程,流程优化不仅是技术创新和制度变革还应从文化角度构建调度员的安全意识、互为安全意识和操作互保的意识。流程优化实施必须讲求分阶段实施反馈和调整的原则,将问题控制在局部并及时控制,不形成大范围失控的局面。简而言之,流程优化策略是一项系统性的工程,从多个层面的相互协调、共同协作与各部门之间的相互配合及支援都不可或缺,既要考虑技术先进,又要考虑人的适应力和管理的健全,从基本上改变实现重载列车的安全性调度的质变。

3.4 优化实施过程中重点问题解决对策

基于重载列车运行的安全调度流程优化推进,在人员和机制方面仍面临一系列人机交互相关的矛盾和阻力,不仅仅是某一种技术的或某一种思维方法的替代和创新,是整个安全调度流程的真正重构问题。安全高效运行这个根本目标是衡量流程优化效果的准则,优化之首要目的在于安全与高效并重。数据准确性和数据实时性是安全高效运行的基本要求,数据的来源不足和数据的及时、准确是通过流程优化以解决不可回避的信息基础问题。保证数据采集设备广泛安装覆盖和信息的稳定连续获取,尽可能使得行车指挥中心获取到列车运行的各种信息是流程优化需要着力解决的首要任务。此外,人的因素不容忽视。人机交互不充分是安全调度流中人员的巨大负荷,大量的数据信息对决策者认知能力是前所未有的挑战。面对巨大的作业挑战如何减少人在运行中的操作负荷和实时响应分析负担是优化流程满足运行安全的基础。保障数据的可靠性和准确度信息量增多,还需通过优化设计,开发辅助分析、决策软件减少人为重复性劳动,通过人机界面优化保证信息系统的运行效率^[5]。对调度人员的进行培训锻炼以及通过人员心理疏导,保证调度在紧张情况下能够真正冷静地做出正确的判断。全流程优化推进必须考虑由于涉及铁路系统、通信系统及天气预报等各种外部信息传输需要,调度流程运行优化,必须拥有一个统一的数据存储、传输渠道,保证各方的快速信息集成反馈机制。在高效运行的流程建设基础上,解决信息传递落差和指令执行滞

后问题,最终实现列车的安全高效运行。变更是会影响惯性的,在流程变革中同样存在着习惯性的心理影响和不熟悉新流程的心理抵触。流程变革离不开企业的高层管理者,管理者要通过自己的行动和管理者激励及反馈措施来调动调度人员进行流程变革的积极性。

3.5 调度流程安全提升的系统策略

重载列车调度安全管理,不仅仅是做流程改进的问题,而是整个重载列车调度系统安全体系建设的问题。首先,加强调度安全信息全链条可视化是第一步。造成部分安全问题是由于信息孤岛、安全风险失察及未能及时处置造成的,所以构建多个部门、多个级次之间集成统一的数据平台非常重要。建立统一的标准,制定统一的数据接口,将列车运营状态信息、设备线路信息、天气警报、突发事件、事故风险等信息数据实现平台交互式共享,建立全线的安全信息互联互通的安全数据共享平台,使调度人员能够基于全景式视野作出列车运行调度决策判断,同时为决策系统的智能化、自动化提供必要基础信息条件^[6]。在信息的共享和可视化的条件保障下,重载列车调度流程的安全管理设计必须具备一定的灵活性和动态适应性,由于安全所涉及的外部环境千差万别,并且瞬息万变,单一固定和过于严格的流程很难进行变通,适应安全风险所涉及的不同场景和时效性条件。所以建立调度指令下达及流程自动化优化调整响应机制是必要的,如遇到极恶劣的气候条件或者设备突发故障时候,能够及时自动响应相关预案并辅助调度人员进行合理决策,在流程管控和安全保障机制中嵌入多维度风险评估与触发响应机制,即把风险控制在萌芽阶段和初始阶段。

结束语:

安全调度流程的优化并非简单的流程再造,而是对现有体系的全面审视与深度重构。重载列车的特殊运行需求呼唤我们从更系统、更根源的角度理解调度流程中的安全难题。流程的每一次调整都需严谨考量其潜在影响,每一项对策都要精准针对深层次障碍。通过持续的流程安全关键点强化和智能化辅助技术的融合,可以逐步消除安全隐患,实现调度操作的高效与安全并重。未来的调度体系应建立在数据驱动和风险预判基础上,形成多层防护、多维监控的闭环管理机制,为重载列车的安全稳定运行提供坚实保障。安全调度的进步将直接影响铁路运输的整体质量和可持续发展,值得业界持续关注与投入。

参考文献

- [1]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).
 - [2]李玉栓.重载铁路供电事故抢修中供电调度的作用[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊), 2023(5): 3779-3780.
 - [3]彭浩宇,何世伟,蔡近近,等.考虑晚点传播的重载铁路列车运行仿真与调整研究[J].铁道科学与工程学报, 2024, 21(11).
 - [4]佚名.我国无人驾驶重载列车首试成功[J].交通企业管理, 2024, 39(6): 70-70.
 - [5]靳俊,桑宇.重载铁路CTC技术优化与应用[J].铁道通信信号, 2023, 59(7): 16-22.
 - [6]周瑾,刘子扬,刘永壮,等.基于施工天窗日的重载铁路货运量预测[J].铁路通信信号工程技术, 2025, 22(1): 28-34.
- 作者简介:马良勇,出生年月:1983.02,汉族,男,籍贯:陕西汉中,学历:本科,职称:助理工程师,研究方向:铁路运输,机务专业,安全管理或者重载列车行车安全,身份证号码:612328198302170115。