

内燃机车与电力机车混跑区段运用组织优化及安全管理 体系构建

黄庆阳

西创宁东铁路有限公司 宁夏 银川 751409

摘要：内燃与电力机车混跑区段是铁路运输网络的关键节点，需统筹动力特性与线路条件实现高效安全运行。本文聚焦此类区段运用组织优化及安全管理体系统构建，通过分析调度协调、维护标准、风险识别等现存问题，提出机车选型配属、动态调度、检修协同等优化路径，并构建包含运行安全、乘务作业、设备检修的闭环管控体系，最终实现运输效能提升与安全风险可控，为铁路可持续发展提供支撑。

关键词：内燃机车；电力机车；混跑区段

引言：随着铁路运输网络完善、客货运输需求增长，内燃与电力机车混跑区段成为衔接不同供电制式线路、保障运输贯通的核心环节。两类机车动力特性、作业规范差异明显，直接关乎区段运输组织效率与行车安全管控质效。立足铁路提质增效与本质安全要求，优化运用组织、构建安全管理体系，是提升线路通行能力、筑牢安全防线、推动运输系统高效协同运行的关键支撑。

1 内燃机车与电力机车混跑区段运用组织及安全管理概述

内燃机车与电力机车混跑区段是铁路运输网络中兼具动力多样性与线路适应性的关键节点。此类区段通常分布于电气化铁路与非电气化铁路衔接段、山区复杂地形段或支线联络线，结合现场实际需兼顾两种动力机车的运行特性与线路条件。运用组织需围绕“效率-安全-成本”三维目标展开，通过动态调度实现机车类型与线路供电状态的精准匹配；例如，在电气化区段优先使用电力机车以降低能耗，在非电气化区段切换内燃机车保障运行连续性。安全管理则需聚焦动力切换时的风险防控，如接触网断电保护、内燃机车尾气排放监测、信号系统兼容性验证等。当前混跑区段面临的主要挑战包括调度系统响应速度、维护标准统一性、安全风险动态识别能力等；优化方向应聚焦于构建智能调度平台实现机车类型与线路状态的实时协同，建立统一的维护标准体系消除检修盲区，完善多维度风险评估模型提升安全预警能力^[1]。通过系统性优化，可推动混跑区段向更高效、更安全、更可持续的方向发展。

通讯作者：黄庆阳,1984年11月，男，汉族，宁夏中宁人，大学学历，助理工程师，机车运用与安全管理研究方向。

2 内燃机车与电力机车混跑区段运用组织优化

2.1 混跑区段机车运用组织基本模式与现存问题

内燃机车与电力机车混跑区段需统筹两种动力机车的运行特性，形成高效协同的组织模式。基本模式通常分为“分区段运行”与“混合编组”两类：前者根据线路供电情况划分内燃与电力机车专用区段，后者允许同一列车内混合使用两种机车，通过动态调整适应线路条件变化。现存问题主要集中于调度协调难度大、机车维护标准不统一、安全风险识别滞后等方面；例如，混跑区段需实时匹配机车类型与线路供电状态，若调度系统响应滞后，易引发列车晚点或线路拥堵。同时，内燃机车与电力机车的维护周期、检修标准存在差异，统一管理时易出现维护资源分配不均或检修盲区。安全风险方面，混跑区段需重点关注接触网与内燃机车烟尘的协同防护、信号系统兼容性、以及不同动力机车制动性能差异带来的连锁反应。当前安全管理体系需进一步细化风险评估维度，强化动态监测与应急响应机制，以适应混跑场景的复杂需求。

2.2 运用组织优化的核心原则与目标

内燃与电力机车混跑区段优化需遵循效率协同、安全可控、成本适配三大原则。效率协同要求通过动态调度结合实时运量变化，实现机车类型与线路供电状态的精准匹配，减少等待时间与单机空驶里程；安全可控强调在动力切换、接触网维护、制动系统兼容等关键环节建立多重防护机制；成本适配则需平衡两种机车的维护成本、能耗差异及设备更新周期，避免资源浪费。优化目标聚焦于提升运输效能、降低运营风险、增强系统整体韧性。具体包括缩短列车周转时间、减少因动力切换导致的延误、降低设备故障率、提高安全预警响应速度

等。通过构建智能调度算法实现机车与线路状态的实时精准协同，建立统一维护标准消除检修盲区，完善多维度风险评估模型提升安全预警能力^[2]。优化过程需注重动态调整与持续改进，通过数据驱动实现策略迭代，最终形成适应混跑场景的高效、安全、经济、可持续的运用组织模式。

2.3 运用组织优化具体路径

2.3.1 机车选型与配属优化

机车选型需结合线路特性与运输需求，优先选择适应性强、能耗低、维护成本合理的机型。电力机车在电气化区段展现高效节能优势，内燃机车则在非电气化区段保障运行连续性。配属优化需动态匹配机车数量与线路需求，避免资源闲置或短缺。通过建立机车性能数据库，分析不同机型的运行效率、故障率及维护成本，为选型提供数据支撑；同时，需考虑机车配属的地理分布，确保关键区段有充足机车备用，减少因机车短缺导致的延误。优化路径需注重数据驱动与动态调整，形成适应混跑场景的机车选型与配属策略，推动运输效能与系统韧性同步提升。

2.3.2 运行调度与乘务组织模式优化

运行调度优化需聚焦动态匹配与实时协同。通过智能调度系统实现机车类型与线路供电状态的精准对接，减少因动力切换导致的等待时间；例如，在电气化区段优先安排电力机车运行，非电气化区段则切换内燃机车，提升线路利用率。乘务组织模式需适应混跑特性，优化乘务员排班与培训体系，强化跨机型操作能力与应急处理技能；通过动态调整乘务员交路，确保关键区段人员充足，同时减少疲劳驾驶风险。优化路径需注重数据驱动与动态反馈，形成适应混跑场景的高效调度与乘务策略，推动运输效能与安全水平同步提升。

2.3.3 检修维护与运用协同优化

检修维护与运用需形成动态协同机制。维护计划应与机车运用计划紧密衔接，避免因检修安排不当导致机车闲置或短缺。通过建立统一维护标准，整合内燃与电力机车的检修流程，减少重复作业与资源浪费；例如，采用模块化检修模式，对共性部件实施标准化维护，对差异部件进行针对性处理，同时运用状态监测技术实现故障预警，推动预防性维护替代事后维修。协同优化需注重数据共享与流程贯通，形成检修与运用无缝对接的闭环体系，提升机车全生命周期管理效能。

2.4 运用组织优化的适配性调整策略

内燃与电力机车混跑需立足运行场景实施动态适配，形成自适应组织模式。调度策略应结合线路坡度、曲线半

径及客货流量特征，优化机车交路分配，长坡道区段优先使用电力机车以发挥牵引优势，平缓区段灵活调配内燃机车平衡能耗与效率，减少频繁换挂带来的时间损耗。线路维护需兼顾两种机车机械特性：接触网高度调整需同时满足电力机车受电弓需求与内燃机车车体通过性，线路维护需强化曲线段钢轨侧磨监测与道床稳定性评估，确保运行安全。人员培训应聚焦跨机型操作技能提升，重点培训司机对不同动力机车制动响应时间、牵引力输出特性的精准把控，以及突发状况下的应急处置能力。设备管理需建立双机型协同维护规范，统一关键部件如轴承、齿轮箱的检修标准与周期，采用智能化监测系统实时跟踪设备状态，提前预警故障^[3]。通过持续收集运行数据，动态校准适配策略，推动运输效率与安全性的持续优化，为铁路运输稳定运行提供长效支撑。

3 内燃机车与电力机车混跑区段安全管理体系构建

3.1 安全管理体系构建的核心目标

内燃与电力机车混跑区段安全管理体系的核心目标，需聚焦运行安全本质提升。首要目标是构建风险防控闭环，通过动态识别混跑场景下的潜在风险点，如接触网与内燃机车燃油系统的协同管理、信号系统兼容性验证等，实现风险源精准定位与分级管控。设备安全方面，需建立双机车状态监测标准，对电力机车的受电弓、内燃机车的柴油机等关键部件实施全生命周期追踪，确保设备状态实时可控。人员安全则需强化跨机型操作规范，通过模拟演练与实操考核，提升司机对突发状况的应急处置能力，避免因操作不当引发安全事故。最终目标是通过体系化、标准化的安全管理措施，形成可复制的混跑安全模式，在保障运输效率的同时，实现安全事故率持续下降，为铁路运输安全提供坚实支撑。这一过程需持续迭代优化，适应技术发展与运行环境变化，确保安全目标始终与实际需求高度契合。

3.2 安全管理体系的核心构成要素

3.2.1 机车运行安全管控要素

机车运行安全管控需聚焦行车全过程设备状态、操作规范与应急响应三大要素。设备状态监测需实时跟踪制动系统、动力装置等关键部件性能，通过传感器与智能算法实现故障预警；操作规范需明确跨机型驾驶的标准化流程，强化乘务员对不同动力机车特性的掌握，避免误操作。应急响应则需建立快速处置机制，如接触网故障时的紧急断电保护、内燃机车尾气超标时的强制通风措施。通过多维度管控实现运行安全目标，推动混跑区段安全水平持续提升。

3.2.2 乘务作业安全管控要素

乘务作业安全管控需围绕作业全环节人员能力、作业流程、风险防控展开。乘务员需通过跨机型驾驶资质认证,掌握不同动力机车的操作特性与应急处置方法;作业流程需标准化,如交接班时的状态确认、运行中的实时监控、停车时的制动检查等,避免操作疏漏;风险防控需关注疲劳驾驶预警,通过智能排班系统优化轮班周期,结合生物监测技术实时评估乘务员状态^[4]。通过多维度管控提升乘务作业安全性,推动混跑区段安全运行水平稳步提高。

3.2.3 设备检修安全管控要素

设备检修安全管控需聚焦检修全链条流程规范、状态监测与人员资质三大维度。检修流程应标准化,明确设备分解、检测、组装等环节的操作步骤与质量标准,避免漏检或误操作;状态监测需运用智能传感器实时追踪关键部件性能,通过数据分析预判故障趋势;检修人员需通过专项培训与资质认证,掌握内燃与电力机车的检修技能及安全规范。通过多维度管控提升检修安全性,确保设备状态稳定可靠,为混跑区段安全运行提供坚实保障。

3.3 安全风险识别与防控机制

安全风险识别需全面覆盖混跑场景的潜在隐患。设备层面,重点监测电力机车受电弓与接触网的动态匹配度、内燃机车燃油系统与电气设备的防火隔离性能,以及双机型信号接收装置的兼容性验证,避免因设备故障引发安全事故。操作层面,需识别司机跨机型切换时的误操作风险,如制动系统差异导致的制动距离偏差、牵引力控制不当引发的列车冲动,通过实操培训强化操作规范性。环境层面,需评估雨雪冰冻天气对接触网供电稳定性及内燃机车燃油管路的影响,以及线路坡度变化对双机型牵引效能的影响,提前制定应对预案。防控机制应建立动态风险清单,通过定期巡检、实时监控与专项演练,实现风险源的精准管控。通过技术创新与管理优化,持续提升混跑区段的安全保障能力,推动混跑模式向更安全、更高效的方向发展,为铁路运输稳定运行提供坚实支撑。

3.4 安全检查与隐患整改机制

安全检查需建立常态化与专项化互补的机制框架,常态化检查侧重日常设备状态监测、操作流程合规性核查及环境适应性评估,通过标准化检查表实现全流程覆盖,确保运行安全基础稳固;专项检查则聚焦季节性风险防控,如冬季防冻措施落实、夏季防火设备状态验证,以及技术升级后的设备兼容性测试,针对性排查潜在隐患。隐患整改实施“识别-评估-处置-验证”闭环管理。发现隐患后,立即开展风险等级评估,制定针对性整改方案并明确责任人与完成时限,整改过程实施动态跟踪,确保措施有效落地;整改完成后,通过实操验证与数据对比双重确认隐患彻底消除,杜绝问题反弹^[5]。通过持续优化检查标准与整改流程,构建动态适应的安全管理机制,提升混跑区段安全保障能力,推动混跑模式向更安全、更高效的方向演进,为铁路运输稳定运行提供长效支撑,实现安全与效率的协同提升。

结束语:未来,需结合5G通信、智能传感、大数据分析等技术发展,持续迭代优化智能调度算法与风险评估模型,推动混跑模式向更高效、更安全、更可持续方向发展。通过实时数据驱动实现机车类型与线路状态的精准协同,强化设备全生命周期管理与人员跨机型操作能力,为铁路运输稳定运行提供长效支撑,助力构建现代化铁路运输体系。

参考文献

- [1]李建国.内燃机车柴油机状态监测与故障诊断技术研究[J].铁道机车车辆,2023,43(2):56-60.
- [2]王红梅.铁路内燃机车柴油机维修流程优化实践[J].中国铁路,2022,(8):78-82.
- [3]王岩.铁路电力机车自动过分相控制策略的对比分析[J].现代工业经济和信息化,2020,10(01):127-128.
- [4]刘军.内燃机车柴油机备件智能管理系统设计[J].铁路技术创新,2022,(4):67-71.
- [5]张忠伟.电力机车运用调度对运输组织的优化分析[J].运输经理世界,2025(33):166-168.