

# 探究突发事件条件下铁路行车组织问题

卢 扬

中国铁路郑州局集团有限公司南阳车务段 河南 南阳 473000

**摘 要：**突发事件对铁路行车组织构成严峻挑战，可能导致线路中断、列车晚点、客货流积压及运输资源失衡等问题。本文聚焦突发事件下的铁路行车组织，从突发事件下铁路行车组织关键问题识别入手，系统分析了预防性、响应性与恢复性策略的协同机制，研究强调，突发事件下的铁路行车组织需突破传统刚性管理模式，构建“预防-响应-恢复”全链条动态调控体系，以最小化事件影响、保障运输连续性，为铁路运输系统韧性提升提供理论支持与实践参考。

**关键词：**突发事件条件；铁路；行车组织；问题

## 引言

铁路作为国家战略性基础设施，其运输连续性与安全性直接关系到社会经济发展与民生保障。然而，突发事件的不可预测性与破坏性，常导致铁路线路中断、列车运行紊乱、客货流积压等问题，严重威胁运输系统功能。传统铁路行车组织多基于周期性运行图与静态资源分配，面对突发事件时存在调整滞后、协同不足、资源利用低效等缺陷，难以满足动态应急需求。因此，如何构建适应突发事件的铁路行车组织体系，实现运输资源快速重组、客货流有序疏导及运输功能及时恢复，成为当前铁路运输领域的重要课题。

## 1 突发事件下铁路行车组织关键问题识别

### 1.1 应急资源分配问题

应急资源分配是突发事件下铁路行车组织的核心环节，其核心目标是通过动态调度救援物资，实现资源利用效率最大化与运输系统韧性提升的双重目标。（1）救援物资的动态调度需以突发事件的影响范围、强度及发展趋势为输入，结合铁路运输网络的拓扑结构与实时运行状态，构建覆盖“需求预测-资源匹配-路径规划-执行修正”的全流程优化机制<sup>[1]</sup>。在需求预测阶段，需通过融合气象监测、设备状态感知及客货流动态数据，对受影响区域的资源需求类型与数量进行预判，同时考虑突发事件演变的非线性特征，建立滚动更新机制以修正预测偏差。（2）资源匹配环节需突破传统“就近调配”的局限，综合考虑资源可用性、运输成本及时间敏感性，通过多目标优化算法实现跨区域、跨部门的资源协同，例如将闲置的备用设备从非受灾区域调往核心受损段，或协调地方医疗人员与铁路专业抢修队伍的联合部署，以弥补单一资源类型的短板。（3）路径规划需直面突发事件下铁路网络的动态不确定性，包括线路中断、区间封

锁及临时限速等约束条件，需采用实时路径搜索算法生成最优运输方案，优先保障关键节点的抢修资源到达时效，同时通过预留冗余路径应对二次灾害风险。执行修正阶段需建立闭环反馈机制，通过车载传感器、无人机巡查及人工汇报等多源信息融合，实时监测资源运输进度与现场需求变化，当出现运输延误或需求升级时，快速触发调度方案调整。此外，动态调度还需兼顾公平性与效率的平衡，避免资源过度集中导致边缘区域救援滞后，可通过设定区域优先级权重或引入资源分配公平性指标进行约束优化。最终，通过上述机制的协同运作，实现救援物资从静态储备到动态响应的转变，为突发事件下铁路运输系统的快速恢复与核心功能维持提供关键支撑。

### 1.2 列车运行调整问题

列车运行调整是突发事件下保障铁路运输连续性与安全性的关键任务，需通过系统化策略应对晚点传播、运行图失效及路径中断等核心问题。（1）晚点传播与冲突消解需从动态网络视角出发，分析突发事件导致的初始晚点如何通过列车运行依赖关系向后续列车扩散，进而形成连锁反应。通过构建列车运行时空冲突图模型，识别关键冲突节点，采用优先级排序算法对冲突列车进行差异化调整，优先保障高等级列车或载有紧急物资列车的运行秩序，同时通过调整后续列车的停站时间、运行速度或发车间隔，阻断晚点传播链。（2）临时运行图编制需突破传统周期性运行图的刚性约束，以突发事件下的实时运输需求为导向，结合线路可用能力与列车状态信息，生成非周期化、高弹性的临时运行方案。该过程需协调客货运输优先级，通过动态分配运行线资源，确保关键列车的通行权，通过压缩非关键列车的运行时间或合并运行任务，提升整体运输效率。（3）实时修正

机制则需依托数字孪生技术,对临时运行图的执行效果进行实时仿真推演,当监测到实际运行与计划偏差超过阈值或突发新事件时,自动触发运行图动态调整,通过局部重调度或全局优化,快速生成适应新约束的运行方案。(4)迂回运输与折返策略优化需针对线路局部中断场景,通过拓扑分析识别可用迂回路径,评估路径通过能力与运输成本,选择最优迂回方案。对于无法迂回的列车,需设计折返运行模式,通过调整列车运行方向、利用中间站到发线或侧线完成转向,避免列车长时间滞留区间,并且需协调折返列车与对向列车的时空冲突,确保折返过程的安全性及高效性。

### 1.3 客货流协同管理问题

客货流协同管理是突发事件下铁路运输系统功能维持与资源高效利用的核心挑战,需通过旅客疏散、物资运输及运输模式切换的协同优化,实现应急需求与常规服务的动态平衡。(1)滞留旅客疏散需构建“需求感知-资源匹配-路径规划-信息引导”的全链条管理机制,通过车站客流监测系统与移动终端数据融合,实时掌握滞留旅客规模、分布及疏散方向需求,结合可调用运输资源的时空分布,生成多模式联合疏散方案<sup>[2]</sup>。同时,依托智能化信息服务平台,向旅客推送个性化疏散指引,并通过动态更新机制应对疏散过程中的资源变化,避免旅客因信息滞后导致二次滞留。(2)紧急物资运输的专用通道设计需突破常规运输网络的均质化约束,以突发事件下的物资优先级(如医疗用品、救援设备)为导向,通过线路能力评估与冲突分析,从既有网络中划定物理或逻辑隔离的专用通道,物理隔离可通过调整信号系统、设置临时标识实现,逻辑隔离则通过运行图预留专用时段或运行线保障物资列车通行权。通道设计需兼顾效率与灵活性,预留动态调整接口以应对物资需求升级或运输路径中断,并通过与普通客货流的时空错峰,降低专用通道对常规运输的干扰。(3)平常运输与应急运输的切换机制需建立“平急一体化”的运输组织框架,日常运营阶段通过冗余能力储备与预案演练,提升系统应急响应基础能力。突发事件发生时,依托智能化决策系统快速评估运输需求变化,通过分级响应机制触发切换流程,优先保障应急运输需求。此外,通过动态调整运行图、优化停站方案等措施,最大限度减少对平常运输的冲击。切换过程需强化跨部门协同,通过信息共享平台实现需求预测、资源调配与执行反馈的闭环管理,确保切换决策的科学性与执行的高效性。

## 2 突发事件下铁路行车组织优化策略

### 2.1 预防性策略:韧性提升设计

预防性策略中的韧性提升设计是构建铁路运输系统抗风险能力的核心路径,需通过基础设施冗余、网络弹性优化及预案动态管理形成多层次防护体系。(1)基础设施冗余设计聚焦于提升物理系统的容错能力,通过在关键区段布局备用线路或配置可移动设备,实现突发事件下基础设施功能的快速替代与恢复;备用线路需与主线保持独立供电与信号系统,避免单一故障扩散<sup>[3]</sup>。可移动设备则需兼顾标准化与轻量化,确保在断电、道路中断等极端场景下仍能通过人工或小型运输工具部署。(2)运输网络弹性规划强调从拓扑结构层面增强系统适应性,通过多路径布局分散风险,避免单一通道中断导致全网瘫痪,同时对关键节点实施重点保护,采用冗余供电、双回路通信等措施提升其抗毁性,并通过网络韧性评估模型识别薄弱环节,针对性实施加固或替代方案。弹性规划还需考虑运输需求的动态变化,预留可调整的线路能力,以应对突发事件引发的客货流突变。

(3)应急预案的动态更新与演练机制是保障韧性设计有效落地的关键,需建立“监测-评估-修订”的闭环管理流程,通过实时监测基础设施状态、灾害预警信息及运输需求变化,定期评估预案与实际风险的匹配度,及时修订预案中的资源调配规则、响应流程及协同机制。演练机制需突破传统桌面推演的局限,采用“实景+虚拟”混合演练模式,模拟不同类型突发事件下的系统响应过程,重点检验预案的可操作性、部门协同效率及资源调度时效性,并通过演练反馈优化预案细节,确保预案始终与系统实际能力保持同步。通过上述策略的协同实施,铁路运输系统可在突发事件发生前形成“硬件冗余+网络弹性+预案活力”的三重防护,为快速恢复运输功能奠定坚实基础。

### 2.2 响应性策略:实时调整与协同

响应性策略中的实时调整与协同是突发事件下铁路运输系统快速恢复功能的核心手段,需通过数字技术赋能、算法优化决策及跨域协同机制实现精准响应。(1)基于数字孪生的行车组织仿真平台是实时调整的技术基石,通过构建与物理系统完全映射的虚拟模型,集成线路状态、列车位置、客货流分布等多源实时数据,实现运输场景的动态可视化与运行规律的量化分析。平台需具备高保真仿真能力,可模拟不同调整策略对运输效率、安全水平及资源消耗的影响,为决策者提供多维度对比依据,同时支持滚动更新功能,根据事件发展动态修正仿真参数,确保调整方案始终与现场情况匹配。(2)多目标优化算法是平衡运输效率、成本与公平性的关键工具,需突破传统单目标优化的局限,构建包含

运输时效、资源消耗、服务公平性等多维指标的优化模型<sup>[4]</sup>。算法需采用智能进化策略,在复杂约束条件下快速搜索最优解或近似最优解,并通过权重动态调整机制,根据事件紧急程度灵活切换优化目标优先级。(3)跨部门协同机制是打通响应链条的核心保障,需建立“路地联动+区域协同”的双层架构,路地联动层面通过铁路部门与地方相关部门的信息共享平台,实现运输需求与地方资源的精准对接,同时联合制定疏散方案与安全管控措施。区域协同层面需打破行政边界限制,通过跨铁路局或跨省份的协同指挥中心,统筹调配区域内的运输资源(如备用列车、抢修队伍),避免局部资源过载与全局资源闲置的矛盾,并通过标准化协同流程提升跨域协作效率。

### 2.3 恢复性策略:快速重建与能力复原

恢复性策略中的快速重建与能力复原是突发事件后铁路运输系统重回常态运行的关键环节,需通过科学评估、分阶段实施及经验沉淀实现系统性修复。(1)灾后运输能力评估与修复优先级排序是重建的基础,需构建涵盖基础设施、设备状态及运输需求的综合评估模型,通过现场勘查、历史数据对比及仿真分析,量化线路通过能力、车站接发能力及列车运行效率的受损程度。同时,结合区域经济关联度、客货流紧迫性确定修复优先级,优先恢复关键通道、核心节点及高需求区段的运输功能,为后续全面恢复提供基础支撑。(2)渐进式恢复方案强调分阶段、有节奏地推进客货运输重建,初期以保障基础运输需求为导向,通过临时线路修复、设备应急调配等措施,优先开通受限运行的“简易运输通道”,满足紧急物资运输与关键人员流动需求。中期逐步提升运输能力,通过加固基础设施、补充缺失设备、优化运行图等方式,恢复部分区段的常态化运输服务,并根据客货流变化动态调整运力配置<sup>[5]</sup>。后期聚焦运输品质提升,通过全面修复受损设施、升级技术装备、完善服务流程,使运输系统完全恢复至灾前水平并具备更高

韧性。(3)经验反馈与长效机制建设是提升未来恢复能力的核心路径,需建立“事件复盘-问题归因-改进落实”的闭环管理流程,通过系统梳理灾后恢复过程中的资源调配效率、部门协同效果及技术装备可靠性等问题,形成包含技术改进(如优化基础设施抗震标准)、管理优化及制度完善的改进方案。另外,将恢复经验转化为长效机制,通过制定标准化恢复指南、开展常态化恢复演练、建立跨区域恢复资源储备库等措施,确保未来面对同类事件时能够快速激活恢复流程,实现运输能力的高效复原与持续提升。

### 结语

综上所述,突发事件下的铁路行车组织是运输系统韧性的集中体现,其核心在于通过预防性设计降低事件发生概率、通过响应性调整实现资源动态配置、通过恢复性重建推动功能快速复原。未来,随着人工智能、大数据等技术的深度应用,铁路行车组织将进一步向智能化、主动化方向发展,实现从“被动应对”到“主动防控”的转变。同时,需强化政策引导与标准制定,推动预防、响应与恢复策略的深度融合,构建覆盖全生命周期的铁路运输韧性管理体系,为应对复杂多变的突发事件提供坚实支撑。

### 参考文献

- [1]廖文胜,田雷,孙伟,等.北京局《高速铁路行车组织细则》优化研究[J].铁道技术监督,2022,50(06):6-10.
- [2]全轲.基于模糊综合评价法的铁路行车组织安全水平评价探讨[J].铁道经济研究,2024,(02):58-63.
- [3]李春邦.铁路行车组织与调度指挥授权管理策略研究[J].运输经理世界,2024,(19):163-165.
- [4]韩金燕,王佩,王洁,等.基于Petri网的地铁行车调度班组应急响应流程优化研究[J].安全,2023,44(05):10-15.
- [5]张敏,韩阳,马运康,等.全自动运行地铁突发事件应急响应能力评价指标体系研究[J].电子科技大学学报(社科版),2023,25(01):52-60.