**文章编号：** 2097-5899(2026)01-0017-08　　**中图分类号：** U492.2　　**文献标识码：** A
**DOI：** 10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202502270001
**引用格式：**孔庆玮，鲍榴，洪鑫，等. 铁路工程物资应急协同调度方案研究与应用[J]. 铁路物流，2026，44(1)：17-24.
KONG Qingwei，BAO Liu，HONG Xin，et al. Research and Application of Emergency Collaborative Dispatch Plan for Railway Engineering Materials[J]. Railway Logistics，2026，44(1)：17-24.

# 铁路工程物资应急协同调度方案研究与应用

孔庆玮[1]，鲍　榴[1]，洪　鑫[1]，荆鑫雨[2]，温斌宾[1]，郭　泽[2]

(1. 中国铁道科学研究院集团有限公司 电子计算技术研究所，北京　100081；2. 中国铁道科学研究院集团有限公司 北京经纬信息技术有限公司，北京　100081)

**摘　要：** 在不同地形特征、多变气候和差异化运输需求等多维约束条件下，应急调度存在着决策信息分散、车辆定位追踪困难、应急处置流程不规范以及信息化支撑程度不足等问题，导致铁路工程物资运输容易中断，严重影响施工进度。针对信息融合程度低、定位追踪精度差等问题，提出了应急协同调度的总体目标和优化思路，并整合交通态势监控预警、车辆定位追踪、应急流程优化、车辆路径安排以及多专业信息共享等关键技术，设计支撑工程物资全程追溯和调度计划快速制定的应急协同调度信息系统。针对铁路工程物资运输途中可能发生的各项应急情况制定协同调度策略，保障工程物资及时、足量送达，支撑铁路工程建设按期竣工。

**关键词：** 铁路工程物资；应急调度；协同调度；定位追踪；路径优化

## 0　引言

近年来，我国铁路工程建设飞速发展，路网规模不断扩大，海外业务拓展步伐不断加快。铁路工程物资的及时供应是保障工程建设顺利进行的基石。在铁路建设过程中，受不同环境、多变气候和突发事件的影响，物资运输中断的情况频繁发生[1]。为了满足多元环境下的物流配送需求，学者在工程物资调度、物资分配与车辆路径优化等方面开展了探索实践。杨磊等[2]分析了我国应急物流体系发展的现状与存在问题，从强化多式联运、整合多方资源、搭建物流平台等角度提出了提升应急物流服务保障的措施；张锦等[3]综合考虑仓储成本和应急响应时间，提出了工程建设项目中的应急物流中心选址方案，为应急物资调度提供了支撑；胡可昊等[4]考虑运输需求、运输成本，针对灾害突发情况设计了遗传算法进行应急物资调度。车辆路径优化方面，何珊珊等[5]以降低运输时间成本为目标，研究了应急物资有限情况下的应急物流网络中车辆路径优化方法；Ding等[6]针对多供应点、多需求点的应急物资调度问题，构建了应急物资调度模型，并采用遗传算法进行求解。

现阶段研究大多为正常环境下的车辆应急调度问题，以及应急储备基地选址研究。但不同地理条件下的工程建设在通信条件、交通可达性、资源部署、可运用车辆与可走行路径等方面均存在显著差异。同时，目前铁路施工沿线一般由不同施工单位承担建设任务，在应急情况发生时各单位之间的协同调度难度较大，在途司机、施工单位、调度指挥部门间主要依靠电话沟通，难以第一时间掌握现场状况，制定并下达调度计划。面对铁路工程建设的态势监测与预警难、通信和定位困难、信息化系统支撑不足等问题，工程物资应急协同调度方案仍需进一步深入探索。

研究提出铁路工程物资应急协同调度方案，依托交通态势监控与北斗定位技术、规则引擎技术和多项信息化手段，优化应急调度流程并构建铁路工程物资应急协同调度应用，对在途物资运输车辆进行精准定

**收稿日期**：2025-02-27
**通信作者**：温斌宾(1998—)，男，山西太原人，中国铁道科学研究院电子计算技术研究所助理研究员。
**基金项目**：中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划课题(K2024X008)

位，为司机配备手持终端App，快速获取现场状态、上报异常情况，针对铁路工程物资运输途中可能发生的各项应急情况自动匹配应急处置流程，制定应急调度计划并下达，保障工程物资及时、足量送达，助力建设项目按期完成。

## 1　应急协同调度总体方案

### 1.1　问题分析与总体目标

#### 1.1.1　问题分析

考虑铁路工程物资运输途中面临的通信盲区、气候变化、地形限制等叠加挑战，既有应急协同调度主要存在以下问题。

（1）决策信息分散，天气、地势、道路、车辆等信息分散在不同专业系统中。调度决策人员难以结合物资需求、可用物资位置、可用车辆和道路状况等多方面因素及时做出调整决策，造成工程物资到施工地点的配送滞后。

（2）定位追踪困难，由于运输途中普通的通信手段存在信号覆盖不良等问题，在途车辆位置难以盯控，经常出现车辆运行中定位丢失的情况，亟需解决物资运输过程中的高精度定位与车辆实时追踪的技术难题。

（3）应急处置流程混乱，不同工程建设面临困境不同，目前尚未构建适应运输途中不同环境的应急处置流程，需要针对不同场景，快速进行流程匹配，以指导调度指挥人员完成决策。

（4）信息化支撑不足，物资调度需要多部门、多岗位的统一协调，但目前调度指挥系统建设标准不统一，既有的调度管理软件不足以支持运输全过程的协同调度决策。调度指挥中心难以掌控覆盖全供应链的多源数据，同现场施工单位实时联络困难。需要构建打通各个调度主体的一体化信息系统，解决物资供应全流程、全周期监控与决策等信息化需求。

#### 1.1.2　总体目标

结合不同环境中铁路工程物资应急协同调度存在的问题，提出工程物资应急协同调度方案的总体目标如下。

（1）实现运输资源监控与共享，集成运输车辆位置、施工进度、沿线道路交通情况、运输通道能力限制等信息，面向工程物资的全程供应链进行信息动态集成和融合处理，打通相关系统信息交换接口，在多源信息共享的条件下支撑应急调度辅助决策。

（2）利用地理信息系统、移动互联技术，实现工程物资运输车辆的实时定位与追踪，在途货物运输状态的实时查询，达到运力资源管理透明、运输作业全程可控的目标。

（3）优化应急协同调度流程，针对运输需求变动、道路交通拥堵、车辆故障、自然灾害等多种场景分别进行应急处置流程设计，快速给出决策方案。

（4）建立应急协同调度应用，保障供应链涉及的各单位之间信息畅通，结合运输车辆情况、施工进度、沿线道路交通情况、运输通道能力限制等信息，运用智能算法制定物资储备基地、施工区域之间的车辆应急调度方案，优化车辆走行路径，下达应急调度指令，满足工程需求的同时减少沟通成本。

### 1.2　应急协同调度流程优化思路

整合多项资源，运用信息化技术，可以优化铁路工程物资应急协同调度整体流程。铁路工程物资应急协同调度流程包含运输状态监控、应急事件处置、调度计划编制与下达、调度计划执行与反馈4个阶段，铁路工程物资应急协同调度流程如图1所示。

（1）运输状态监控：包含在途车辆精准定位、车辆故障上报、交通态势变化、道路封锁情况、极端气象预测、物资需求变动等。实时掌控车辆位置与车辆当前所处的道路、环境、事故状态，为应急处置做准备。

（2）应急事件处置：包含应急场景分类、应急流程匹配、应急处置方案判断3个子流程。对可能出现的应急场景进行划分，如车辆故障、道路封锁、极端气象等。通过规则定制、案例匹配、逻辑推理、流程推荐等步骤进行应急流程匹配，并判断是否需要进行车辆绕行、车辆更换、车辆降速或原地等待等操作。

（3）应急调度计划编制：在应急事件处置决策完毕后，进行应急调度计划编制，根据物资需求(如需要新增从某应急物资储备基地到某施工点的物资调度计划)进行供需匹配，收集可运用车辆信息、司机信息、道路信息等，制定运输方案，并利用智能调度算法优化车辆走行路径。

（4）应急调度计划下达：将应急调度计划以调度指令的方式下达至在途司机与各相关施工单位，由调度指挥中心盯控指令接受情况。

（5）应急调度计划执行：司机、施工单位接到应急调度指令后，进行计划确认与计划执行。

（6）应急调度计划反馈：各单位执行完毕调度计划后，进行执行情况上报与运输状态反馈，其间如又遇到异常情况，进行异常状态上报。

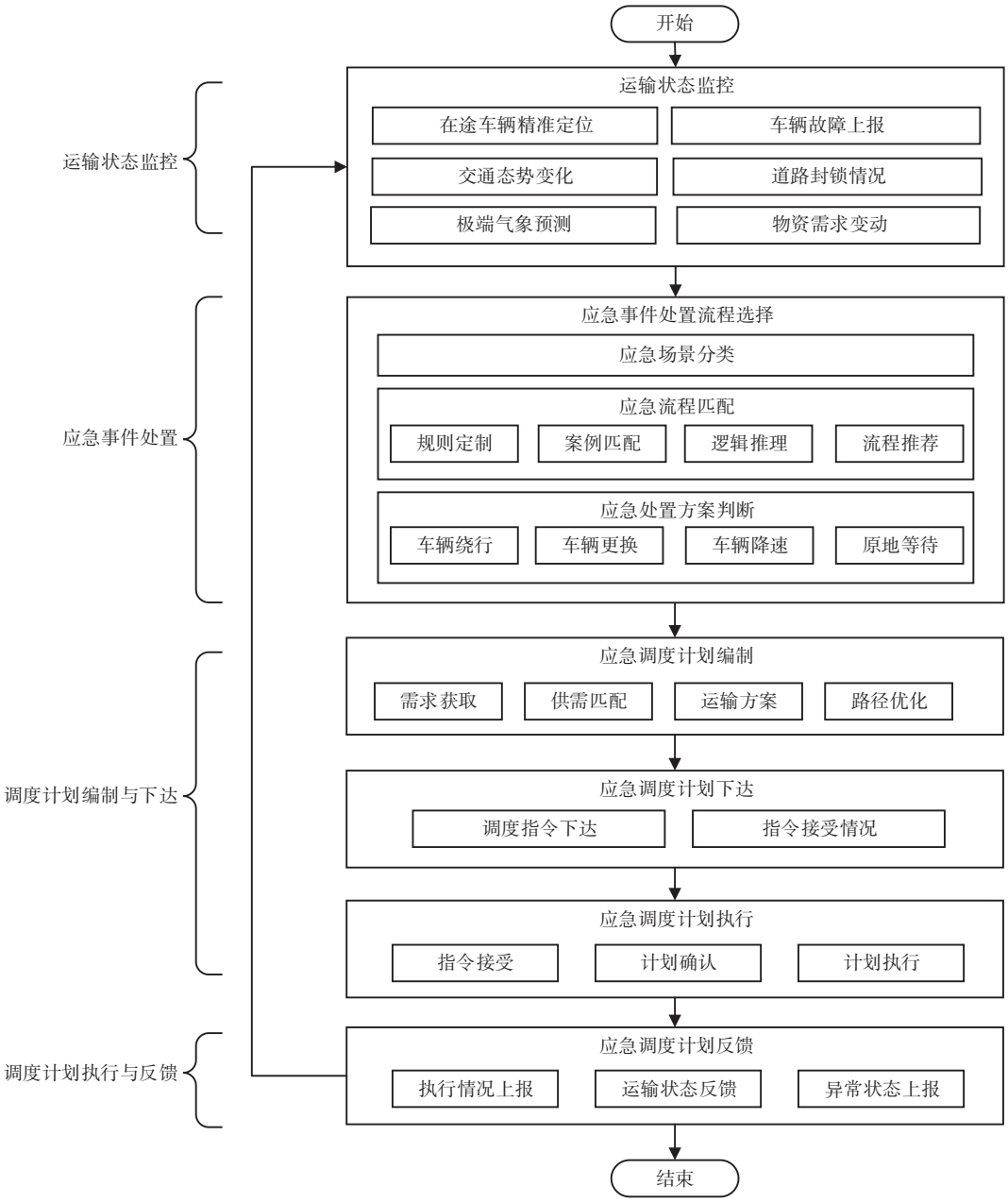



图1　铁路工程物资应急协同调度流程

Fig.1　Emergency collaborative dispatch process for railway engineering materials

## 2　应急协同调度关键技术

按照流程优化总体思路，运用监控预警、定位追踪、规则引擎、路径优化与信息共享等多项关键技术支撑工程物资协同调度方案的实现。

（1）基于交通流态势推演的监控预警技术。交通运输领域的态势推演一般由安全态势感知与处置推演2个方面构成[7-8]。通过对外部环境的感知，结合特定的规则进行未来态势的模拟。在铁路工程物资运输中，接入路网信息、气象预报、安全监控视频等，依据当前车辆位置、车辆运行速度、实时路况交通，动态推演出未来的交通流态势，判断车辆前方走行路径中畅通、拥堵等路况信息。感知天气数据变化，对潜在的自然环境危害进行预警预报，针对不同风险等级制定预警机制，实现全线监控并及时对在途司机推送预警信息。

（2）基于北斗设备的车辆定位追踪技术。在多变的地理环境特征与不同自然条件下，应用基于北斗装置的定位技术[9]与惯性导航定位技术[10]，研制车辆定位

追踪装置，实现对物资运输车辆的精准实时定位追踪。同传统的GPS定位技术相比，北斗系统自带的抗干扰设计可以支持多种气象条件下的稳定运行，特别是在复杂环境中稳定性更强，定位精度更高。通过北斗与5G、物联网等技术的深度融合，实现可靠的定位服务，调度指挥中心和施工单位实时掌握运输车辆当前位置，了解物资是否已经从厂家发出，物资运输车辆走行里程和走行路径，剩余里程与预计到达时间。同时结合地理信息系统、移动互联技术，完成车辆运输可视化展示，车辆轨迹可视化追踪，确保物资运输的安全性与及时性。

（3）基于规则引擎的流程优化技术。规则引擎技术可以通过设置不同规则进行业务流程决策，根据规则引擎的决策结果，自动执行相应的后续操作。基于规则引擎的应急事件处置方案如图2所示。

对每一类应急场景分别进行决策，在车辆故障或交通事故发生时，判断是否需要换车，如不需换车，则采用车辆绕行方式，否则启用新车辆并变更原车辆目的地。当道路通行状况发生异常，或因气象变化造成道路限速、封锁时，预估线路通畅时间，判断是需要降速运行还是启用备选路线。如启用备选路线，则进一步判断道路是否畅通，从而判断车辆需要绕行还是换车。当物资储备基地物资不足，发生需求变动时，判断当前车辆运输能力能否满足需求，如满足需求则启用新车辆进行物资配送，如缺少可运用车辆则与供应商协调供货时间。将这些规则预置到规则引擎中，由规则引擎返回决策结果，以便后续进行不同场景的调度计划编制。

（4）考虑供需协同的车辆路径规划技术。在制定应急调度计划时，综合考虑铁路工程物资运输网络的各项因素，规划车辆走行路径。铁路工程物资运输网络如图3所示。

应急情况发生，结合施工地点对物资的需求(包含地点、种类、数量等)、不同物资储备基地分布位置、基地中的物资储备情况、可运用车辆位置，实现铁路工程物资从物资储备基地到施工地点的精准配送。根据出发地、目的地、途经地、车辆信息等，综合考虑车辆的限行策略以及可行驶道路的实时路况，推荐最优路线，将计划路线下达给相关车辆司机和物资储备基地调度人员，根据设置的路线偏好，提供多种路线

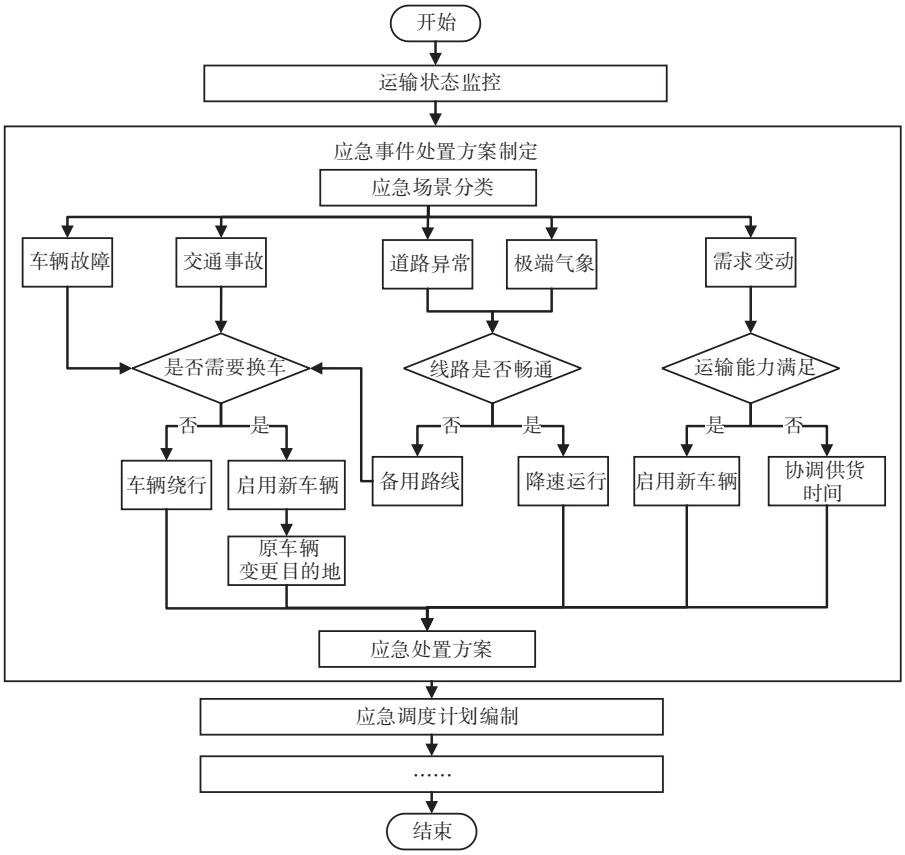



图2　基于规则引擎的应急事件处置方案

Fig.2　Emergency response plan based on rule engine

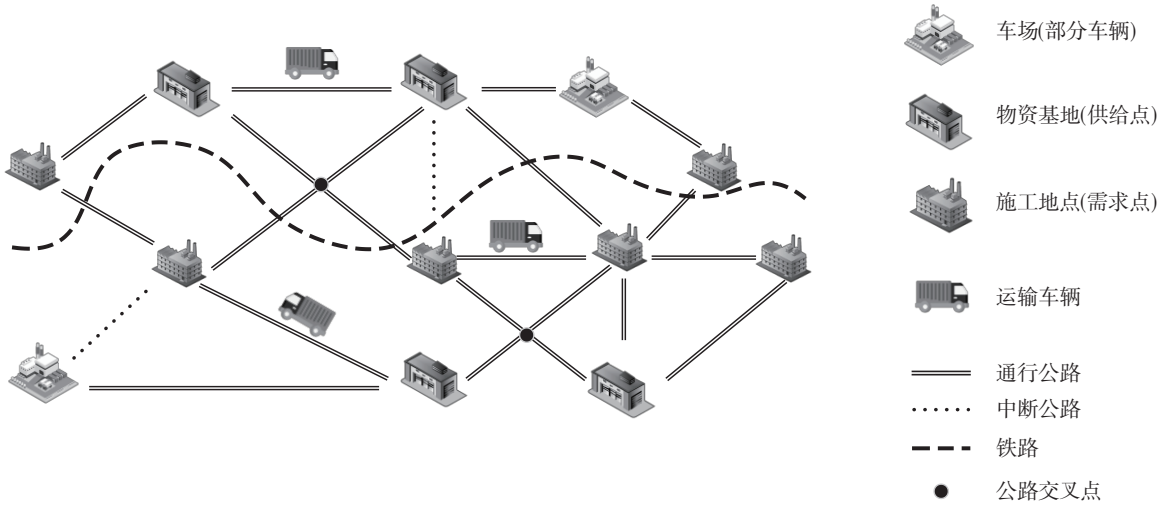



图3　铁路工程物资运输网络

Fig.3　Railway engineering material transportation network

规划建议。构建车辆运输调度数学模型，将车辆在各运输节点之间的运输时间以及装卸时间纳入计算，以运输里程最短或运输时间最短为目标判断出应进行调度的车辆，快速得到较优的可行运输方案。

（5）工程物资供应全流程多源信息共享技术。为制定物资应急协同调度方案，需要从其他专业系统或平台获取在线与离线数据进行决策支撑，工程物资供应链全流程信息共享如图4所示。

信息共享的主体为各专业数据与调度数据2部分，其中，各专业数据包含从北斗卫星获取的车辆定位信息、施工场地、地区路网、道路实况信息；从仓储管理系统获取的仓储基地位置、物资存储信息；从物资采购系统获取的采购信息、物资需求信息；以及车辆数据、地图数据、天气数据等。调度专业数据包含由调度系统内部产生的物资调度计划、调度指令、计划执行情况、装卸信息等。双方通过共享数据库/Webservice等信息交换方式进行数据共享，形成集中数据中台，共同支撑应急调度协同安排。

## 3　应急协同调度应用系统设计与实现

### 3.1　功能设计

按照总体流程优化思路，结合各项关键技术，设

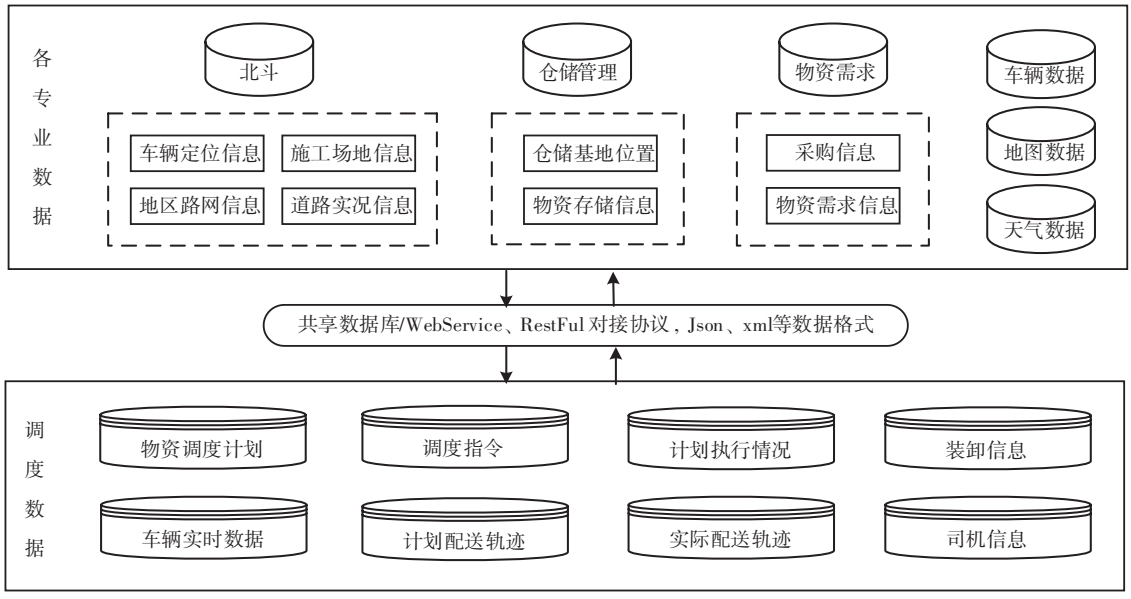



图4　工程物资供应链全流程信息共享

Fig.4　Entire process information sharing of engineering material supply chain

计铁路工程物资应急协同调度应用系统。系统主要功能包含物资在途监控、应急调度计划、应急调度指令、北斗设备监控4方面，应急协同调度应用系统功能架构如图5所示。

（1）物资在途监控。物资在途监控功能在可视化的监控大屏上，运用地理信息系统(GIS)地图技术，集成线路、车辆位置、天气状况、道路交通等信息，对运输车辆的在途位置、装运物资、走行轨迹、司机信息，以及各个物资仓库的当前状态等进行实时展示。当运输车辆在运输过程中出现意外情况，如车辆故障、交通事故、道路堵塞等，在途司机可以进行异常情况上报，同时在监控大屏上对告警车辆进行标红警示处理，以便于调度指挥人员进行车辆调度计划安排。此外，当系统通过分析交通态势预判即将发生道路拥堵、交通管制时，会及时在GIS地图上进行监控提醒，提前应对意外情况的发生。

（2）应急调度计划。应急调度计划功能包含应急事故类别维护、应急处置方案判断、应急车辆调度与路径规划等子功能模块。调度人员可以在系统中维护不同的应急场景，如道路坍塌、车辆故障等，并为每一类应急事件预置好应急流程。当发生应急事件时，系统按照不同应急流程给出应急处置建议，如根据车辆受损是否严重判断是否需要换车，根据暴雨、大风、降雪等状况判断是否需要降速或绕行。此后，调度人员根据应急处置方案，对在途车辆、新增车辆等形成特定需求下的应急调度计划。系统内置路径规划模型，综合考虑路网可走行情况、物资需求与运输时间成本等要素，形成最优的车辆运行线路建议提供给用户。

（3）应急调度指令。应急调度指令模块通过为在途司机配置移动终端App，完成与调度指挥中心和施工现场PC端的交互。车辆在途运行时，司机需要时刻同调度指挥中心与相关施工单位保持通信联系。主要包含调度指令生成、调度指令下达、调度指令签收、调度计划执行功能。根据应急调度计划生成相关调度指令，指令包含对在途车辆与车辆所装物资的处理，以及车辆应行驶的路线规划。将指令下达给司机与各施工单位，受令处所完成指令签收，并执行调度计划。

（4）北斗设备监控。北斗设备监控模块包含北斗装置、异常上报、实时画面、历史记录等。系统对在途车辆所装备的所有北斗模块的运行状态进行监控，当监测到偏航后，系统进行异常上报，并通过路径规划模块重新规划路线。车辆驾驶过程中还能通过导航语音交互和风险预警提示，辅助司机规避各类安全隐患。实时画面模块通过硬件设备与软件App相结合的方式收集车辆在途信息，实时反馈运输画面给系统监控。历史记录可以查看所有已完成的应急调度计划历史运行轨迹与历史视频回放。

### 3.2　系统实现与应用效果

为铁路工程沿线各施工现场、应急调度指挥中心部署系统PC端功能，为物资运输车辆部署北斗设备装置，为司机提供手持机并部署移动端功能。系统主要应用效果如下。

（1）提高调度计划编制效率。系统功能涵盖异常情况监控、应急情况上报、应急处置、应急指令下达、应急计划执行反馈，实现了应急调度全流程闭环。运用信息化手段自动判断处置流程、快速制定调度计划，

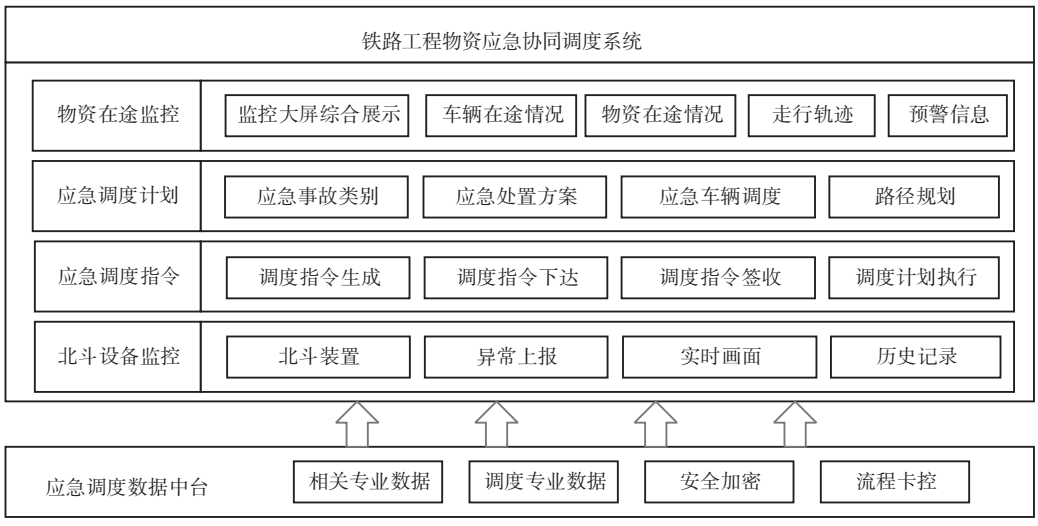



图5　应急协同调度应用系统功能架构

Fig.5　Functional architecture of emergency collaborative dispatch system

减少了计划编制环节的工作量。

（2）提升调度指挥可靠性和安全性。打通各专业数据，形成更科学合理的调度方案。面对运输线路瘫痪、车辆故障等突发场景快速合理地制定应急调度方案，强化安全监控能力，增强调度指挥安全可靠性。

（3）减少经济损失，带来经济效益。方案制定过程中考虑了各运单物资运输需求、送达时间、可运用车辆与可走行路线等，协调“车辆”“司机”“物资”，形成综合型调度方案，减少车辆空车走行距离、运力资源浪费造成的经济损失。

## 4　结束语

针对多元环境下的铁路工程建设，以融合多源信息、保障车辆精准定位、优化调度流程为目标，研究了铁路工程物资应急协同调度方案，并构建了应急协同调度管理系统。系统面向多类型应急场景，快速合理地完成应急调度计划编制与执行，加强了对潜在风险的感知能力、对灾害的应急决策能力。随着我国铁路建设范围的不断扩大，未来可能面对的建设环境纷繁复杂，可以进一步结合公路、铁路、无人机等多种物流组织方式，形成多式联运的应急调度模式，助力铁路工程高效率、高质量建设。

## 参考文献：

[1] 梁　麦. 复杂艰险地区物资应急调配方案优化研究[D]. 北京：北京交通大学，2023.

[2] 杨　磊，张岳松. 提升我国应急物流服务保障能力的探讨[J]. 铁路物流，2025，43(5)：16−19，26.
YANG Lei，ZHANG Yuesong. Discussion on Improvement in Capacity of China's Emergency Logistics Service[J]. Railway Logistics，2025，43(5)：16−19，26.

[3] 张　锦，朱红星，申　皓，等. 复杂环境下工程建设项目应急物流选址−路径问题研究[J]. 交通运输系统工程与信息，2023，23(3)：280−289.
ZHANG Jin，ZHU Hongxing，SHEN Hao，et al. Location-Routing Problem of Emergency Logistics for Engineering Construction Projects under Complex Environments[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology，2023，23(3)：280−289.

[4] 胡可昊，李　涛. 考虑公平的铁路应急物资调度优化研究[J]. 铁道货运，2020，38(7)：27−32.
HU Kehao，LI Tao. A Study on Fairness-Oriented Railway Emergency Material Scheduling[J]. Railway Freight Transport，2020，38(7)：27−32.

[5] 何珊珊，郭　彦，朱文海，等. 疫情下考虑均衡松弛库存的双目标应急物流网络优化研究[J]. 铁道运输与经济，2023，45(1)：16−22，29.
HE Shanshan，GUO Yan，ZHU Wenhai，et al. Study on the Bi-Objective Optimization of Emergency Logistics Network with Balanced Slack Inventory during Pandemic Period[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(1)：16−22，29.

[6] DING Z M，XU X R，JIANG S，et al. Emergency Logistics Scheduling with Multiple Supply-Demand Points Based on Grey Interval[J]. Journal of Safety Science and Resilience，2022，3(2)：179−188.

[7] 王小书，史天运，白　伟，等. 基于数字孪生的客站安全态势推演技术研究[J]. 中国安全生产科学技术，2024，20(7)：49−56.
WANG Xiaoshu，SHI Tianyun，BAI Wei，et al. Research on Situation Deduction for Railway Passenger Station Safety Based on Digital Twin[J]. Journal of Safety Science and Technology，2024，20(7)：49−56.

[8] 王明哲. 铁路客站客运安全保障体系研究[J]. 铁路计算机应用，2024，33(8)：1−5.
WANG Mingzhe. Passenger Transport Safety Guarantee System of Railway Passenger Station[J]. Railway Computer Application，2024，33(8)：1−5.

[9] 熊　飞. 新型重载列车移动闭塞系统设计及关键技术研究[J]. 铁道货运，2023，41(12)：46−50，69.
XIONG Fei. Design of New Moving Block System and Key Technologies for Heavy Haul Freight Railways[J]. Railway Freight Transport，2023，41(12)：46−50，69.

[10] 王　剑，凌　浩，姜　维，等. 基于多星座卫星定位与惯性导航全状态融合的列车组合导航系统[J]. 铁道学报，2022，44(11)：45−52.
WANG Jian，LING Hao，JIANG Wei，et al. Integrated Train Navigation System Based on Full State Fusion of Multi-Constellation Satellite Positioning and Inertial Navigation[J]. Journal of the China Railway Society，2022，44(11)：45−52.

（责任编辑：金　晶）

# Research and Application of Emergency Collaborative Dispatch Plan for Railway Engineering Materials

**KONG Qingwei[1], BAO Liu[1], HONG Xin[1], JING Xinyu[2], WEN Binbin[1], GUO Ze[2]**

(1. Institute of Computing Technology, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China; 2. Beijing Jingwei Information Technology Co., Ltd., China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Under the multi-dimensional constraints of different terrain features, variable climates, and differentiated transportation needs, there are problems in emergency dispatch such as scattered decision-making information, difficulties in vehicle positioning and tracking, non-standard emergency response processes, and insufficient information technology support, which cause railway engineering material transportation be easily interrupted, seriously affecting construction progress. Addressing the issues of low information fusion and poor positioning and tracking accuracy, this study proposed overall goals and optimization ideas for emergency collaborative dispatch, integrated key technologies such as traffic situation monitoring and warning, vehicle positioning and tracking, emergency process optimization, vehicle path arrangement, and multi-disciplinary information sharing to design an emergency collaborative dispatch information system, which can support full traceability of engineering materials and rapid formulation of dispatch plans. The study develops collaborative dispatch strategies for various emergency situations that may occur during the transportation, ensure timely and sufficient delivery of engineering materials, and support railway construction complete on time.

**Keywords:** Railway Engineering Material; Emergency Dispatch; Collaborative Dispatch; Positioning and Tracking; Path Optimization

（上接第 16 页）

# Research on Development Strategies of Railway Modern Logistics System Based on SWOT Analysis: A Case Study of the Yangtze River Delta

**LIU Junlin[1,2], WANG Yuguang[3], ZHU Ye[1], ZHANG Rong[1,2]**

(1. The Key Laboratory of Road and Traffic Engineering, Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Rail Infrastructure Durability and System Safety, Tongji University, Shanghai 201804, China; 3. Nanjing Railway Logistics Center, China Railway Shanghai Group Co., Ltd., Nanjing 210011, Jiangsu, China)

**Abstract:** The transformation of railway freight transportation to modern logistics not only helps to adapt to the market needs after industrial upgrading, but also is an important way to reduce the logistics costs of the whole society. This paper conducts a comprehensive analysis of railway freight operations within the Yangtze River Delta, employing SWOT analysis to systematically evaluate both internal strengths and weaknesses as well as external opportunities and threats that impact the company's business development. Furthermore, it proposes suggestions for constructing a railway modern logistics system in the Yangtze River Delta region, including actively expanding white cargo transportation services, optimizing railway freight organization, deepening the reform of railway logistics operation, promoting the transformation and upgrading of railway logistics terminals and driving the digital and intelligent transformation of logistics information through emerging technologies. Thus, this study provides references for building first-class railway modern transport enterprises and enhancing the market competitiveness and service level of railway freight in the Yangtze River Delta region.

**Keywords:** Railway; Freight Transportation; Modern Logistics; SWOT Analysis; Development Strategies