

文章编号: 1003-1421(2026)10-0075-10

引用格式: 孙鹏举. 基于情景构建的铁路应急能力评估方法研究与实践[J]. 铁路运输与经济, 2026, 48(10): 75-84.

SUN Pengju. Research and Practice of Railway Emergency Capability Assessment Method Based on Scenario Construction[J]. Railway Transport and Economy, 2026, 48(10): 75-84.

基于情景构建的铁路应急能力评估方法研究与实践

孙鹏举

(中国铁道科学研究院集团有限公司 运输及经济研究所, 北京 100081)

摘要: 随着我国铁路运营规模扩大、运行速度提高及运输密度增加, 铁路面临更复杂的运营环境和更严峻的安全挑战, 强化应急能力建设已成为行业重点工作。探索基于情景构建的铁路应急能力评估方法, 通过构建符合线路及地域特点的应急情景, 系统评估铁路整体系统面对典型突发事件时的应急能力。首先, 分析情景构建在铁路行业的适用性, 提出涵盖“筛选情景—开发情景—梳理任务—评估能力”4个方面的铁路情景构建技术路线; 其次, 以某高速铁路列车火灾为案例, 落地技术路线4个方面的方法研究; 最后, 将方法应用于实战化应急演练实践, 制定演练方案并开展应急能力评估, 提出改进建议。研究表明, 该方法能够将铁路“模糊风险”转化为“可视情景”, 实现量化评估, 并可通过“以点带面”推演其他情景的现实风险, 为铁路行业应急体系优化和能力建设提供可行路径。

关键词: 铁路应急; 情景构建; 应急能力评估; 高速铁路; 火灾疏散; 应急演练; 应急处置

中图分类号: U298.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20251216004

Research and Practice of Railway Emergency Capability Assessment Method Based on Scenario Construction

SUN Pengju

(Transportation & Economics Research Institute, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China)

Abstract: With the expansion of China's railway operation scale, the improvement of running speed, and the increase of transportation density, the railway faces a more complex operating environment and more severe safety challenges. Strengthening emergency capability construction has become a key priority for the industry. This paper explored a railway emergency capability assessment method based on scenario construction and systematically evaluated the emergency capability of the overall railway system in responding to typical emergencies by constructing emergency scenarios conforming to line and regional characteristics. First, the applicability of scenario construction in the railway industry was analyzed, and a technical roadmap for railway scenario construction covering four stages of “scenario screening, scenario development, task sorting, and capability assessment” was proposed. Second, taking a train fire on a high speed railway as a case, the method for each of the four aspects of the technical roadmap are implemented. Finally, the method was applied to practical emergency drills. Drill plans were formulated; emergency capability assessment

收稿日期: 2025-12-16 修订日期: 2026-06-20

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(N2023B005, 2025F028); 中国铁道科学研究院集团有限公司科研项目(2025YJ092); 中国铁道科学研究院集团有限公司运输及经济研究所自主创新研究基金项目(2025YJS04)

was carried out, and improvement suggestions were proposed. The research shows that this method can transform the railway “fuzzy risk” into “visual scenarios”, achieve quantitative assessment, and deduce the realistic risks of other scenarios by “expanding from point to area”, providing a feasible path for the optimization of the emergency system and capability construction in the railway industry.

Keywords: Railway Emergency; Scenario Construction; Emergency Capability Assessment; High Speed Railway; Fire Evacuation; Emergency Drill; Emergency Disposal

0 引言

随着路网规模持续扩大、新技术大量投用、铁路沿线环境愈发复杂,铁路安全呈现场景多、范围广、跨度大、标准高等特点,给现代化铁路安全高质量发展提出了新的挑战^[1]。在运输生产过程中,铁路部门一方面要保证旅客生命财产不受损伤、货物状态良好,另一方面,在突发事件下要安全高效地完成各类设备故障或突发事件的应急处置^[2-3]。

为满足上述需要,铁路部门近年来持续提出强化应急能力的工作要求。从理念上,推动铁路安全治理模式由防止事故向超前防控风险转变,从注重灾后救助向注重灾前预防转变,从应对单一灾种向综合减灾转变,从减少灾害损失向减轻灾害风险转变^[4-5]。从具体举措上,以打造中国国家铁路集团有限公司(以下简称“国铁集团”)安全应急中心为带动,理顺应急管理体制,构建反应迅速、协同高效、应对有力的应急指挥体系,分层分级健全应急预案体系,制定多专业协同的应急处置流程和标准,定期开展专项演练和多专业协同联动合成演练,系统提高综合处置和协同作战能力。

根据上述理念和举措,探索基于情景构建的铁路应急能力评估方法,通过构建符合线路及地域特点的应急情景,系统评估铁路整体系统在面对典型突发事件时的应急能力,旨在找出薄弱环节,为应急体系优化提供依据。

1 情景构建在铁路行业的适用性分析

1.1 情景构建作用

国内外学者近年来针对情景构建开展了丰富的理论研究,其中,王永明^[6]对情景构建的概念和工作方法进行了系统性的归纳与阐述,指出情景构建是结合大量历史案例研究、工程技术模拟对某类突发事件进行全景式描述,并通过多个具体事件开展

实践,为多个行业提升应急能力提供了关键指引,也对本研究具有重要借鉴。

情景构建能够在风险分析和应急准备中发挥重要作用^[7]。一方面,情景构建的过程也是开展风险分析的过程,以具体“事件”为核心,以真实区域为背景,从致灾(事件)因素、承灾(事件)载体、应急能力3个层面认知和了解风险^[8]。另一方面,由于情景是风险具象化和系统化的表征,情景构建能够为应急准备提供目标,进而开展应急预案优化、应急演练规划实施、应急设备物资准备、应急技术升级等^[9]。

1.2 我国铁路应急的复杂性

(1) 运行环境复杂。我国铁路跨越平原、山区、高原、丘陵等不同地形,部分地区存在地震、滑坡、泥石流等自然灾害风险,给铁路应急管理工作带来了极大挑战。此外,铁路还面临着极端气候条件的考验,如严寒、酷暑、大风、暴雪等,这些恶劣天气影响设备正常运行及应急救援工作开展^[10]。

(2) 应急场景类别多。铁路应急场景既包括多种固定设备和移动设备故障,也包括列车救援、自然灾害等突发事件。

(3) 应急场景演化过程复杂。一是各类故障或事件的成因复杂,且常由多个原因引起;二是故障或事件恢复过程复杂,需经专业性研判、决策与处置;三是故障或事件可能产生次生应急场景,同时影响后续大量列车运行,为运输组织调整带来挑战^[11-12]。

(4) 涉及专业部门多。铁路应急响应、指挥、决策与处置涉及调度、车务、机务、车辆、工务、电务、供电、客运、货运等专业,需要各专业信息共享、协调配合。此外,部分事件还涉及公安、消防、医疗等单位^[13]。

1.3 情景构建对铁路应急管理的支撑

面对我国铁路应急的复杂性,铁路应急管理有

必要从“纸面预案”走向“科学推演”，应急响应与处置有必要从“经验指引”变为“数据+模型驱动”。情景构建依托其“以点带面”“底线思维”的理念优势，可有效解决铁路应急能力提升的痛点，成为衔接铁路风险管理与应急管理的重要纽带。

(1) 将“模糊风险”升级为“可视情景”。铁路风险源多(设备、地质、气候、人为)，传统铁路风险识别以静态台账为主，难以量化动态风险^[14]。通过情景构建，可将铁路各类设备故障或应急事件主观上的“可能性-后果”变为“时间-空间-演化”动态表征。

(2) 将“单部门演练”升级为“多主体协同脚本”。铁路单工种演练较多，多专业融合的综合演练以及“铁路+地方”跨主体演练的组织频次不高，原因在于，多数演练出发点更多以练流程、练熟练度为主。情景构建具有全周期演化特点，可将所有铁路应急情景参与方的“触发条件、动作时序、资源需求”写进同一脚本，实现“练接口、练协同、练决策”。

(3) 将“经验指挥”升级为“算法沙盘”。铁路应急事件发生后，应急指挥若依赖个人经验，容易造成决策错误或贻误处置时间。通过情景构建，以铁路历史案例借鉴、数值模拟、仿真技术等方式，针对具体事件量化输出应急响应所需要的量化

参数，为铁路应急决策提供科学支持^[15]。

(4) 将“静态资源配置”升级为“动态应急能力指数”。现阶段铁路应急能力评估更多关注应急设施设备“有没有”，人员培训“做没做”，但不容易确定“行不行”。通过情景构建典型案例的规划、推演与实践，分析铁路某单位或区域面对“特定攻击”是否具备对应的“应急能力”。

1.4 铁路情景构建技术路线

以情景构建基础理论为依托，设计铁路情景构建技术路线如图1所示。

(1) 筛选情景。是铁路情景构建的首要任务，筛选的情景应具有典型性、后果严重性、影响范围及任务覆盖面广、有预期发生可能性等特征。筛选情景要特别注重与线路特点、属地条件相结合。

(2) 开发情景。是铁路情景构建工作的核心，通过开展背景信息、演化过程、事件后果的深化研究，对事件的发生、发展、控制与恢复等阶段进行展现。情景开发过程中，需要运用工程、管理、社会、环境、地理等多学科理论。对于关键环节，需运用数值模拟技术保证推演科学性。

(3) 梳理任务。针对开发的情景，梳理应急处置任务框架和清单，确定各路内部门和路外单位的工作任务。任务梳理时，应破除部门“保护主义”，

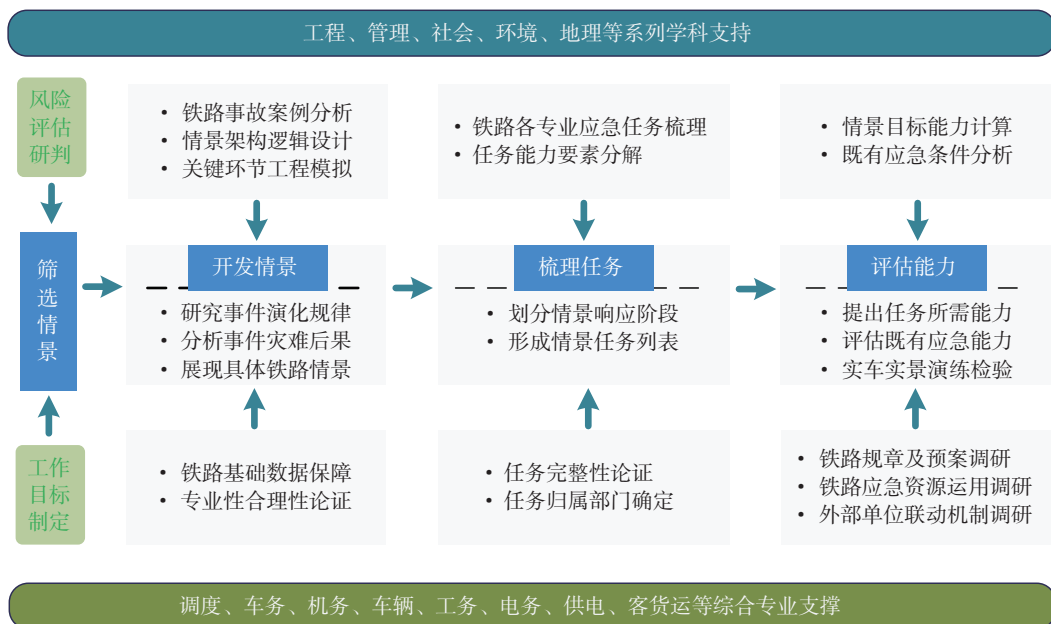


图1 铁路情景构建技术路线

Fig.1 Technical roadmap of railway scenario construction

弥补跨部门协同任务的“缺位”。

(4) 评估能力。从情景应对的核心需求出发，并围绕各项任务评估其应急能力。对于较为复杂的场景，应以避免造成严重后果作为能力评估的重点。

2 铁路情景构建方法与案例

选取我国某高速铁路作为研究对象，按照上述技术路线开展情景构建工作。

2.1 筛选情景

首先，收集地理气候资料、获取区域客流数据、分析规章及预案、添乘列车并实地考察沿线设施等，总结该高速铁路基本情况。其次，根据情景筛选原则，初步选取列车火灾、隧道发生水害、沿线发生地震、高温天气接触网停电等情景，得到某高速铁路情景筛选情况如表1所示。最后，经综合考虑场景典型性和多专业联动复杂性，选取列车运

行途中火灾作为案例开展研究。

2.2 开发情景

(1) 情景要素研究。对该高速铁路列车发生火灾事件的背景信息、演化过程、事件后果等开发内容进行梳理，得到列车发生火灾案例要素分析内容如图2所示。

(2) 情景初始条件设定。本情景设定着火车厢为某列车3号车厢，火灾情景条件设定如表2所示。

(3) 情景推演。根据情景要素研究及情景初始条件设定，结合列车发生火灾应急处置相关规章与预案要求，得到火灾案例情景推演如图3所示。

2.3 梳理任务

根据情景设定与推演，梳理本情景铁路各专业部门及路外单位工作任务，高速铁路列车火灾应急工作任务如表3所示。

2.4 评估能力

铁路应急能力的量化评价始终是一个行业难

表 1 某高速铁路情景筛选情况
Tab.1 Scenario screening for a certain high speed railway

情景筛选要素		列车运行途中火灾	隧道发生严重水害	沿线地域发生地震	高温天气接触网长时间停电	列车故障救援
预期发生可能性	代表性和典型性	高	高	高	高	高
	后果严重性	高	高	高	高	中
	影响范围和处置难度大	高	高	高	高	中
	任务覆盖面广	高	高	高	中	高
铁路历史案例	10年内曾发生	10年内曾发生	10年内曾发生	10年内曾发生	10年内曾发生	10年内发生较多
	本线及属地特点	属地天气潮湿，电气设备易老化降低绝缘性	沿线降雨量大	沿线地震发生相对频繁	属地高温天气常现	本线动车组救援距离最远超过200 km

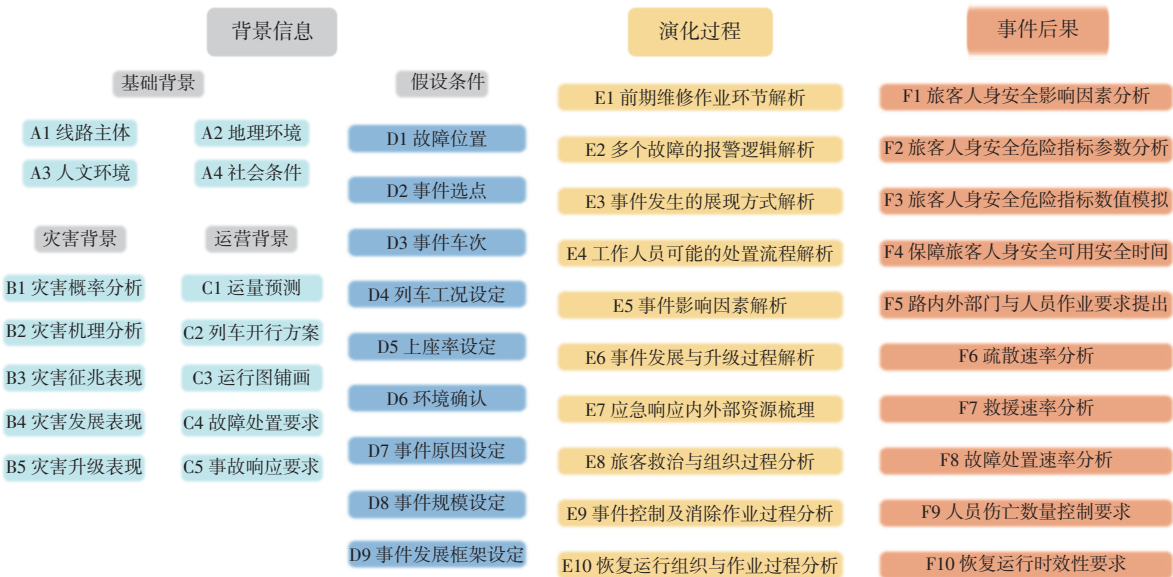


图2 列车发生火灾案例要素分析内容
Fig.2 Element analysis of train fire case

表2 火灾情景条件设定
Tab.2 Condition settings for fire scenario

情景	具体条件设定
故障位置	①列车在中间站TT站出站后，运行至该高速铁路P隧道前5 km；②动车组HMI报故障代码、3车无牵引
事件位置	列车刚进入P隧道，该隧道为20 km以上的长大隧道(有紧急救援站)
事件车次	列车行车间隔平均15 min，当日开行数量30对
列车工况	①前日列车检修无异常；②事故列车三级修后已走行90万 km
上座率	列车定员576人，当次列车上座率80%
环境条件	①线路处于南方地区，当日为夏季，设定气温37℃；②风速2 m/s
事件原因	高温、潮湿天气电气设备老化，导致XX设备可燃液体泄漏，因打火拉弧等现象，引燃液体，火情扩散
事件规模	①人均携带行李7 kg；②火灾规模20 MW
事件初始发展框架	①沿线气候高温、高湿，表面附着灰尘、水汽导致绝缘性能降低；②某连接导体因电灼、发热导致绝缘劣化；③连接导体附近XX液体封闭失效，XX液体泄漏；④接地后出现打火、拉弧等现象，引燃XX液体，局部起火烧坏相邻材料；⑤列车出现故障代码；⑥火情逐渐扩大，逐渐出现焦糊味、烟雾、明火；⑦由于隧道长，着火列车及时驶出隧道困难，被迫尽可能停于紧急救援站



图3 火灾案例情景推演

Fig.3 Scenario deduction of fire case

题。本案例中，一方面应按上述情景任务，结合规章要求，对各部门进行“任务-过程”对照评估。另一方面，考虑到火灾情景对旅客生命安全威胁极大，需要针对该重要风险点，制定“旅客安全疏散与救助能力”评价标准，包括车内火灾疏散能力、地面安全疏散能力、灾后人员救助能力等评估标准。

2.4.1 车内火灾疏散能力

(1) 理论分析。列车发生火灾后，涉及的危险因素包括烟尘浓度、热辐射、毒气、温度等，这些危险因素达到一定的数值(即危险值)后，将威胁人员生命安全^[16]。因此，工作人员需在各危险因素达

到危险值之前，将旅客疏散至“安全空间”。列车发生火灾相关危险因素的参考危险值如表4所示。

列车着火后的一定时间内，各危险因素的数值会持续上升，在空间上，各危险因素也会由火源点逐步蔓延至整个车体，使车内旅客的“安全空间”随时间推移呈“动态压缩”趋势。本情景设定着火车厢为3车，火灾刚发生时，1—2车和4—8车为“安全空间”；火灾初期时，3车的相邻车厢(2车，4车)将较先达到危险值，此时“安全空间”为1车和5—8车，需将2车、4车旅客尽快疏散至安全车厢；火灾进一步发展时，所有车厢都将最终达到危

表3 高速铁路列车火灾应急工作任务
Tab.3 Emergency response tasks for high speed railway train fire

序号	部门	任务内容
1	调度	①火情信息收集；②火情信息传达；③相关列车扣停；④后续列车运行计划调整；⑤区间封锁与开通；⑥停送电手续办理；⑦救援组织；⑧设备修复组织
2	车务	①救援准备工作开展；②救援信息通报(设备管理单位)；③组织与配合现场救援；④引导路外力量救援
3	机务	①故障代码出现后的联系与作业；②火情后对列车的操纵；③列车运行信息汇报；④现场情况的报告(列调)；⑤救援列车的准备与操纵；⑥热备动车组的出动准备；⑦救援作业联系与操作
4	客运	①火情车内旅客疏散；②灭火设备操作；③通道阻火门的关闭操作；④火情信息沟通与通报；⑤旅客由车内疏散至地面的组织；⑥旅客疏散至地面后的组织；⑦伤病旅客的帮扶及紧急救治；⑧指引路外救援队伍医疗作业；⑨对火情列车旅客的后续处置；⑩热备动车组的出动准备
5	车辆	①故障代码出现后的联系与作业；②故障信息的通报；③灭火设备操作；④火情信息的沟通与通报；⑤配合旅客疏散至地面；⑥指引路外救援队伍灭火作业；⑦火情车厢处理作业；⑧火情动车组的运送作业；⑨热备动车组的出动准备；⑩救援作业的联系与操作
6	工务	①救援通道出入的管理；②人员上线的登销记作业；③火情后对线路的巡视；④火情后对线路异物的处置；⑤救援作业的配合
7	电务	①应急通信的启动；②人员上线的登销记作业；③火情后对设备的巡视；④火情后对故障设备处置；⑤救援作业的配合
8	供电	①停送电后续办理；②停送电作业；③人员上线的登销记作业；④灭火接地作业；⑤火情后对设备的巡视；⑥火情后对故障设备处置；⑦其他救援作业的配合
9	宣传	①火情信息收集；②舆情信息控制；③正向宣传引导
10	应急指挥中心	①火情信息收集；②应急响应启动；③决策方案指定；④救援救治指挥；⑤后续列车运行方案制定；⑥为外部救援力量提供条件
11	应急指挥领导小组	①统筹完成应急指挥；②统筹完成应急救援指挥；③统筹指挥外部力量救援配合；③统筹完成后续运营指挥；④统筹安排灾后处置
12	公安	①火情信息的收集；②现场秩序的维护；③后续调查、取证与处理
13	消防	①火情信息的收集；②救援队伍准备；③赶赴火情现场；④现场灭火作业；⑤配合人员救治；⑥衍生伤害的预防
14	医疗	①火情信息的收集；②救援队伍准备；③赶赴火情现场；④现场救治指挥；⑤现场救治作业；⑥伤员送医作业

表4 列车发生火灾相关危险因素的参考危险值
Tab.4 Reference hazard values of risk factors related to train fire

指标	烟尘浓度/ %	热辐射/ (kW/m ²)	毒气(代表 气体CO)/ppm	温度/℃
危险值	2.08	2.5	500	60

险值，需尽快将旅客疏散至车下。综上，车内火灾疏散的过程，是旅客疏散与危险蔓延的“赛跑”。

(2) 数值模拟技术运用。根据上述理论，确定各车厢危险因素达到危险值的时间是评估旅客安全疏散能力的关键，需要运用数值模拟技术。首先，根据某型号动车组的平面设计详图、设施设备配置、座席信息、材料材质信息等，建立该型号动车组的数值模拟模型。其次，利用火灾动力学模拟系统，根据情景初始条件中的火灾规模、风速条件、可燃物情况等，对火灾蔓延过程进行推演，某列车火灾危险因素数值模拟图如图4所示，经数值模拟，在同等控制条件下，烟气是各个车厢最早达到危险值的危险因素。

(3) 评估标准确定。国铁集团相关规章指出“动车组发生火情.....待全部人员向安全车厢疏散完

毕，火势仍未得到有效控制，需向地面疏散时，列车长应立即指挥随车机械师或其他列车工作人员关闭通道阻防火门”。根据相关技术标准要求，关闭通道阻防火门一般可隔离(延缓)火灾向邻近车厢蔓延15 min。因此，车内火灾疏散时关闭通道阻防火门，是为旅客争取“安全空间”极为有利的操作。本次研究，数值模拟3种实际工况，包括通道阻防火门均不关闭、仅关闭着火车厢通道阻防火门、关闭着火车厢和关联车厢通道阻防火门，观察车内关键位置达到危险值时间如表5所示。

由表5数据可以看出，在本情景条件下：若阻防火门均不关闭，“安全空间”存在时间将极为短暂。若仅关闭着火车厢通道阻防火门，安全疏散时间约在17~20 min，当列车上座率较高时，车体安置人员空间有限，安全疏散难度亦较大。若关闭着火车厢、关联车厢通道阻防火门，安全疏散时间可在30 min以上，在此基础上，根据旅客疏散进度，继续动态关闭后续车厢通道阻防火门，理论上具备将所有旅客安全疏散至车下的可能性。因此，实战演练时，可根据列车工作人员通道阻防火门关闭情况和实际疏散进

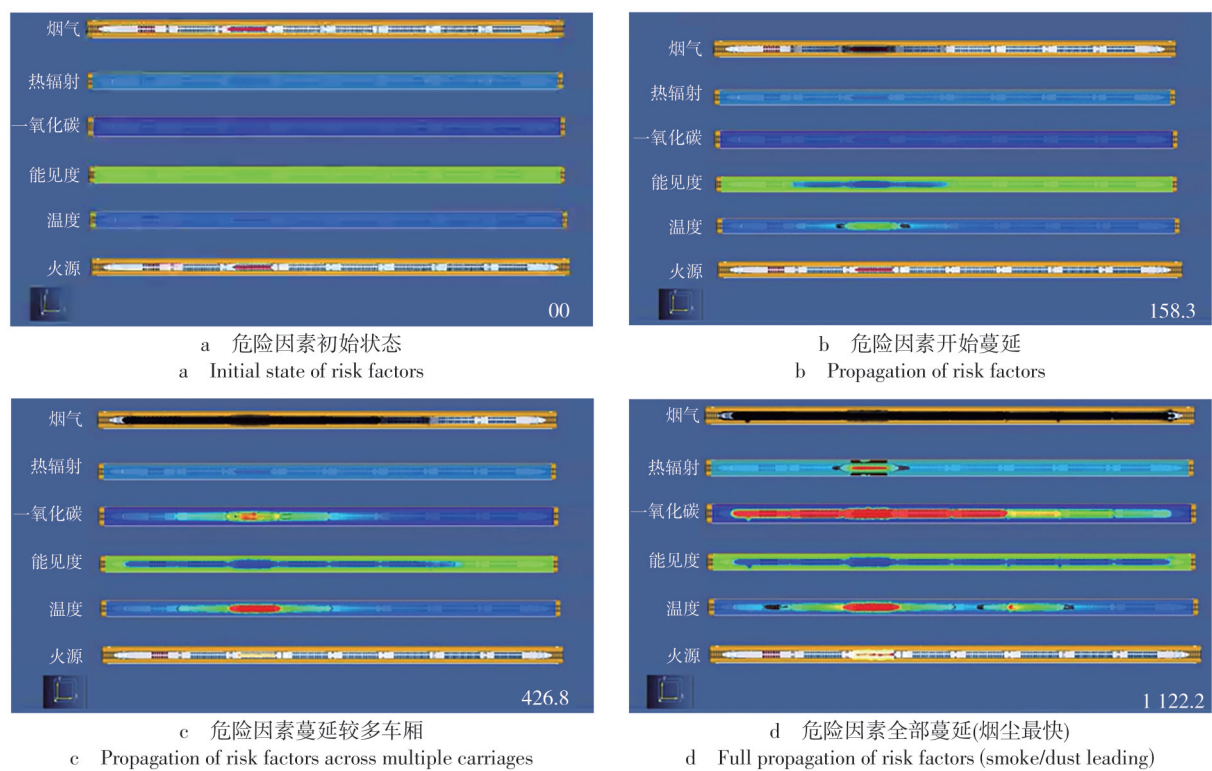


图4 某列车火灾危险因素数值模拟图
Fig.4 Numerical simulation of risk factors for a train fire

表5 关键位置达到危险值时间 Tab.5 Time to reach critical hazard threshold at key positions				s
监测点	防火门均不关闭	仅关闭着火车厢防火门	关闭着火车厢、关联车厢防火门	
2/3 车厢连接处	64.8	66.5	64.8	
3/4 车厢连接处	67.1	68.9	68.9	
1/2 车厢连接处	129.5	1 029.4	1 933.7	
4/5 车厢连接处	131.8	1 031.5	1 940.6	
5/6 车厢连接处	203.5	1 055.5	—	
6/7 车厢连接处	300.7	1 101.6	—	
7/8 车厢连接处	474.2	1 210.3	—	

注：—表示该监测点危险值达到时间较长，已超出数值模拟时间。

度的时间记录，对应表5中时间标准，对车内火灾疏散能力进行量化评价。

2.4.2 地面安全疏散能力

列车发生火灾后，组织旅客向地面疏散亦存在一定的安全风险，地面安全疏散风险分析如表6所示。应急能力评估时，评估人员可在行调台、电调台、列车疏散车门处、地面走行路径等地点记录现场作业流程，评估是否存在表6中的风险。

表6 地面安全疏散风险分析 Tab.6 Risk analysis for ground safe evacuation		
风险点	风险原因	风险后果
旅客受 烟气伤害	列车未在紧急救援站对应位置停车	死亡、 受伤
	紧急救援站风机开启方向错误或无法启动	
	紧急救援站通风条件或横通道风速不满足相关要求	
旅客受邻线 列车冲撞	组织旅客疏散方向错误	死亡、 受伤
	邻线列车未扣停条件下疏散旅客	
旅客摔伤	应急梯架设不稳	受伤
	疏散引导不到位	
旅客受 高压电伤害	必要时，未及时处理接触网停电	死亡、 受伤

2.4.3 灾后人员救助能力

该高速铁路沿线气候具有高温、高湿度特点，根据情景设定的工况计算，热指数已在50以上，已威胁人身安全。在这种天气条件下，对于因火受伤旅客以及患有高血压等基础病的旅客，长时间室外停留会诱发热射病。

灾后救助应采取迅速降温、液体复苏、血液净化等抢救及治疗措施，特别是旅客热射病症状出现后，要及时请求医疗救助，尽快转交医疗机构。考

虑到3 h内是热射病黄金治疗期，因此，本情景灾后人员救助能力的量化评价可采用3 h作为评估标准，实战演练时可结合实际作具体调整。

3 基于情景构建的高速铁路应急演练实践应用

3.1 应急演练方案制定

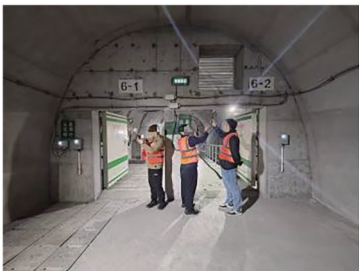
以情景构建案例研究为基础，在该高速铁路开通前运行试验阶段开展列车发生火情实战化应急演练。演练方案的制定完整涵盖了列车开行组织、停车疏散组织、隧道防灾相关设施设备使用、设备管理单位上线、列车救援等作业环节，以及医疗、消防部门对旅客和火情的救助环节。某高速铁路火灾实战化演练如图5所示。



a 采用应急梯疏散
a Evacuation via emergency ladder



b 应急梯稳定性测试
b Stability test of emergency ladder



c 紧急救援站横通道风速测试
c Cross-passage wind speed test at emergency rescue station



d 在紧急救援站疏散
d Evacuation to emergency rescue station



e 采用内燃机车救援着火动车组
e EMU rescue by diesel locomotive rescue station

图5 某高速铁路火灾实战化演练

Fig.5 Practical fire drill for a certain high speed railway

3.2 应急能力评估

总体来看，模拟火灾事件发生后，应急指挥人员及现场工作人员能够按照演练方案有效开展应急处置，达到了预期演练效果。同时，根据演练全流程记录，“任务-过程”对照评估符合技术规章和预案要求。在此基础上，总结“旅客安全疏散与救助能力”的评估情况。

3.2.1 车内火灾疏散能力

本次实战演练，火灾事件发生后及时启动了应急预案，客运人员发现火情不易控制后，33 s内将旅客疏散出着火车厢，火情发生55 s关闭了着火车厢通道防火门。随后，申请向地面疏散旅客，并继续将旅客向两端车厢疏散。火情发生208 s关闭了关联车厢的通道防火门。得到准许向地面疏散的调度命令后，火情发生401 s打开车门、安装应急梯，引导旅客下车。火情发生919 s将旅客全部疏散至车下。根据车内旅客疏散过程，对比表5达到危险值时间，车内火灾疏散能力符合要求。

3.2.2 地面安全疏散能力

本次实战演练，地面安全疏散组织展现出良好的应急保障效能，具体体现在3方面：一是现场组织旅客向地面疏散前，列车调度员已扣停邻线列车，保障了人员不受邻线列车冲撞；二是地面疏散组织得当，无人员摔伤；三是根据现场需要，及时办理了接触网停电，防止旅客及消防人员意外电伤。此次演练中发现地面疏散安全问题2项。

(1) 人员操作设备错误。列车火灾演练通风方案示意图如图6所示，紧急救援站上、下行线互为救援安全区域。本次演练，列车发生火灾并停靠于隧道内紧急救援站上行线，在该工况下，按照设计方案应采取如下措施：一是开启紧急救援站下行线两端的射流风机，通过两端风机对向吹风的方式向紧急救援站加压送风，使新鲜风从横通道（风速2 m/s）进入紧急救援站上行线，防止烟气进入紧急救援站下行线；二是开启轴流风机排烟，将烟尘从隧道拱部吸入排烟道排出隧道洞外；三是将旅客由紧急救援站上行线疏散至下行线。本次演练疏散时，工作人员未开启下行线射流风机，而是错误开启了上行线射流风机（火灾列车本行别风机），与设计的通风方案不符。

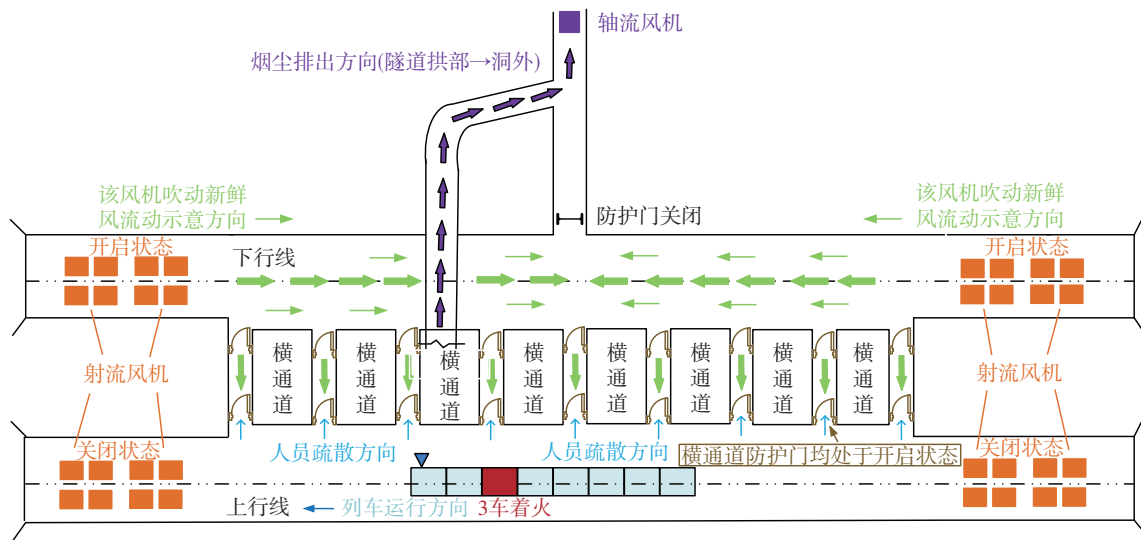


图6 列车火灾演练通风方案示意图

Fig.6 Schematic diagram of ventilation plan for train fire drill

(2) 防灾救援设备功能与设计不符。在工作人员恢复设备正常操作后(即关闭紧急救援站上行线两端射流风机,开启下行线两端射流风机),现场利用风速仪检测横通道风速远小于 2 m/s (测试时平均风速 0.4 m/s)。经进一步检查,发现下行线两端射流风机同向吹风,与设计的对向吹风方式不符,进而无法实现向紧急救援站横通道加压送风。因此,本次演练结束后,设备管理单位及时组织施工单位进行设备整改,经检测单位补充测试,测试结果符合了设计要求。

3.2.3 灾后人员救助能力

本次演练,路内工作人员积极采取救助措施,并保障伤病旅客及患有基础疾病旅客(均模拟扮演)在安全地带具有良好的休息条件。此外,路外医疗队伍乘坐救援动车组在 1.5 h 内抵达现场,经路内多专业工作人员快速引导至旅客疏散地点,较好满足了及时性救助要求。

3.3 应急演练改进建议

(1) 加强救援设施设备维护检验。应急事件发生后,救援设施设备的良好状态是旅客生命安全的关键保障,建议进一步加强隧道紧急救援站、隧道紧急出口及避难所、高架桥疏散通道等典型地点救援设施设备的维护保养,定期开展相关功能性检测。

(2) 强化人员应急处置培训。建议有长大隧道线路的运营单位对相关专业职工开展专项应急处置强化培训,如强化对机务专业进行紧急救援站停车

导向标志设置与停车要求的培训,对客运专业进行紧急救援站、紧急出口和避难所应急设施设备使用的强化培训,对调度专业进行紧急救援站疏散救援方案(重点针对通风排烟风向要求)以及远程监控系统操作的强化培训。

(3) 优化专业结合部作业流程。对于动车组火灾疏散场景,建议针对“疏散方向和地点的确定”“现场停送电时机与发起流程”“消防人员进场灭火程序确认”等影响人身安全的专业间结合部问题,开展专项研究,进一步明确相关专业和工种的职责,提升应急处置的安全性与规范性。

4 结束语

基于情景构建的应急能力评估方法,可将铁路“模糊风险”转化为“可视情景”,通过在真实区域背景下完成情景开发、推演与现场验证,为系统识别工程及运营主体在应急响应中的薄弱环节提供了新路径。未来,可结合我国铁路应急发展方向,持续关注新风险情景以及旅客高影响情景,利用情景构建、多学科数值模拟技术等实现量化评估,支撑铁路运营科学决策。此外,建议各运营单位在具备条件时,利用新线开通前运行试验或铁路天窗时间开展典型情景的实战化应急演练,切实提升应急处置实践效能。

参考文献:

[1] 李晓宇,齐彦昆,蔡大耿,等.现代化铁路安全治理模型

- 构建及治理能力提升策略研究[J]. 铁道运输与经济, 2026, 48(1): 203-211.
- LI Xiaoyu, QI Yankun, CAI Dageng, et al. Research on Construction of Modern Railway Safety Governance Model and Governance Capacity Improvement Strategies[J]. Railway Transport and Economy, 2026, 48(1): 203-211.
- [2] 杨国柱. 高速铁路应急处置现状分析及优化策略[J]. 铁道运输与经济, 2022, 44(7): 90-95.
- YANG Guozhu. Analysis and Optimization Strategies of Emergency Disposal for High Speed Railway[J]. Railway Transport and Economy, 2022, 44(7): 90-95.
- [3] 吕 峰, 王文乾, 孙鹏举, 等. 重载铁路行车应急处置流程优化研究[J]. 铁路物流, 2025, 43(11): 59-66.
- LYU Feng, WANG Wenqian, SUN Pengju, et al. Optimization of Emergency Response Procedures for Heavy-Haul Railway Operation[J]. Railway Logistics, 2025, 43(11): 59-66.
- [4] 赵永亮, 张天野, 陈亚茹, 等. 基于本质安全理论的铁路调度安全保障体系研究[J]. 铁道运输与经济, 2025, 47(6): 162-169, 198.
- ZHAO Yongliang, ZHANG Tianye, CHEN Yaru, et al. Railway Dispatching Safety Assurance System Based on Intrinsic Safety Theory[J]. Railway Transport and Economy, 2025, 47(6): 162-169, 198.
- [5] 王志杰, 刘晨辉. 铁路车务防洪安全风险分析与应用[J]. 铁路物流, 2026, 44(5): 52-60.
- WANG Zhijie, LIU Chenhui. Analysis and Application of Flood Control Safety Risks in Railway Traffic[J]. Railway Logistics, 2026, 44(5): 52-60.
- [6] 王永明. 重大突发事件情景构建: 理论与实践[M]. 北京: 国家行政学院出版社, 2019.
- [7] 王永明. 情景构建理论沿革及其对我国应急管理工作的启示[J]. 中国安全生产科学技术, 2019, 15(9): 57-62.
- WANG Yongming. Evolution of Scenario Construction Theory and Its Enlightenments to Emergency Management in China[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2019, 15(9): 57-62.
- [8] 盛 勇, 孙庆云, 王永明. 突发事件情景演化及关键要素提取方法[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(1): 17-21.
- SHENG Yong, SUN Qingyun, WANG Yongming. Emergency Scenario Evolution and Extraction Method of Key Elements[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2015, 11(1): 17-21.
- [9] 张振海. 铁路突发事件应急情景构建与动态推演技术研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2014.
- [10] 程学庆, 唐 于, 崔朝晖, 等. 高铁行车调度应急处置安全风险研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2017, 15(3): 26-34.
- CHENG Xueqing, TANG Yu, CUI Zhaohui, et al. A Study on Safety Management of High Speed Railway Train Dispatching Emergency[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2017, 15(3): 26-34.
- [11] 孙鹏举, 刘 俊, 李 博. 高速铁路列车调度员应急场景处置仿真系统设计研究[J]. 铁道运输与经济, 2019, 41(5): 77-82.
- SUN Pengju, LIU Jun, LI Bo. A Design and Research of Emergency Scene Disposal Simulation System for Train Dispatcher of High Speed Railway[J]. Railway Transport and Economy, 2019, 41(5): 77-82.
- [12] 王宇嘉, 贾永刚, 孙玉明, 等. 基于粒度分析理论的铁路应急处置技术规章制修订优化研究[J]. 铁道运输与经济, 2025, 47(6): 154-161.
- WANG Yujia, JIA Yonggang, SUN Yuming, et al. Formulation, Revision, and Optimization of Technical Regulations for Railway Emergency Response Based on Granularity Analysis Theory[J]. Railway Transport and Economy, 2025, 47(6): 154-161.
- [13] 王 华. 基于命名实体识别的铁路应急预案智能管理方法[J]. 铁道运输与经济, 2024, 46(4): 75-82.
- WANG Hua. Intelligent Management Method for Railway Emergency Plan Based on Named Entity Recognition[J]. Railway Transport and Economy, 2024, 46(4): 75-82.
- [14] 马小平, 李 松, 张瀚青, 等. 基于情景推演的铁路降雨灾害预测性防控方法[J]. 铁道科学与工程学报, 2024, 21(8): 3382-3393.
- MA Xiaoping, LI Song, ZHANG Hanqing, et al. Predictive Control Method for Railway Rain-Related Disasters Based on Scenario Deduction[J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2024, 21(8): 3382-3393.
- [15] 李小平, 徐家梁. 铁路突发事件应急救援群体决策情景冲突协调方法研究[J]. 铁道学报, 2019, 41(6): 32-39.
- LI Xiaoping, XU Jialiang. Research on Coordination Method of Scenario Conflict in Railway Emergency Rescue Group Decision-Making[J]. Journal of the China Railway Society, 2019, 41(6): 32-39.
- [16] 张山虎. 动车组列车火灾安全分析与评估研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2011.

(责任编辑 刘宁馨)