 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v3i8.11524

Research on Collaborative Firefighting and Rescue Response to Road Accidents Involving Hazardous Chemicals Based on Multidimensional Analysis

Dawei Ban

Hohhot Fire and Rescue Brigade, Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

Abstract

Road transportation accidents involving hazardous chemicals can easily lead to multiple disasters. The multi-department collaborative rescue model faces significant coordination challenges during field implementation, and existing research predominantly focuses on individual rescue techniques or department-specific management approaches, lacking a comprehensive and coherent response framework. This paper employs a multidimensional analysis approach to identify compounded risks at accident sites and existing issues in interdepartmental collaboration. It systematically examines three key contributing factors—responsibility allocation, communication mechanisms, and response procedures—and proposes corresponding optimization solutions for coordinated management, communication platforms, and standardized operations. This establishes a complete closed-loop response system that clarifies multi-stakeholder cooperation logic, reduces operational chaos at scenes, and provides practical guidance for firefighting and rescue efforts in road hazardous chemical accidents at the grassroots level.

Keywords

road accidents involving hazardous chemicals; fire suppression and rescue; multidimensional assessment

多维度研判下危化品道路事故灭火救援协同处置研究

班大韦

呼和浩特市消防救援支队，中国 · 内蒙古 呼和浩特 010010

摘　要

道路危化品运输事故容易衍生多重灾害，多部门协同救援模式在现场执行中存在诸多配合障碍，现有相关研究大多局限于单一救援技术或是单一部门管理手段，缺少完整连贯的处置逻辑体系。本文依托多维度研判思路梳理事故现场叠加风险与部门联动现存问题，逐层剖析权责、通信、处置流程三类核心诱因，配套设计对应的联动管理、通信平台、标准化作业三类优化方案，搭建完整闭环处置体系，相关研究成果能够理顺多主体救援配合逻辑，减少现场处置混乱问题，为基层危化品道路事故灭火救援工作提供实操参考。

关键词

危化品道路事故；灭火救援；多维度研判

1 引言

国内道路危化品年运输总量超十亿吨，运载介质多具备易燃、剧毒、强腐蚀属性，道路碰撞侧翻事故极易连锁引发泄漏、爆燃与跨界污染，事故现场风险叠加、救援窗口极短，处置工作需要消防、交管、生态环境等多部门同步配合。应急管理部 2023 年行业报告明确，多部门联合处置场景平均协调延误达 18 分钟，信息割裂、权责边界模糊、作业流程无统一标准是次生灾害扩大的核心诱因。现有研究多单独讨论堵漏灭火技术或单一部门管控手段，缺少从风险研判到根源剖析再到落地对策的完整闭环体系。本文以多维度研判为基础，逐层梳理救援现场风险与协同短板，对应拆解深层成因并配套实操优化方案，搭建一体化协同处置流程，切实提升道路危化品事故现场救援实效。

2 危化品道路事故救援多维度风险与协同现存问题研判

2.1 现场多维度叠加风险类型

危化品道路事故和普通车辆事故存在明显区别，现场风险多重叠加、持续动态变化，极易引发连锁次生灾害，是救援处置最难突破的现实阻碍。从介质本身来看，道路运输常见危化品理化性质差异极大，汽油、液化天然气等易燃介质遇明火快速闪爆，液氯、苯等剧毒物质泄漏后形成有毒气

【作者简介】班大韦（1986–），男，中国山东德州人，硕士，中级，从事公共安全管理研究。

团，硫酸、烧碱会腐蚀人体与设备，不同品类介质混装泄漏还会发生剧烈化学反应，大幅增加救援预判难度。站在消防一线指战员的实战角度，救援全程都藏着实操隐患：到场侦察时，没有渠道快速调取罐体介质、容积、卧式双层罐体结构信息，护栏、边坡遮挡形成大量侦察盲区；指挥员做战术判断拿不到实时温度、气体浓度数据，只能依靠过往经验推演，判断失误概率很高；开展泡沫覆盖、水幕稀释、罐体冷却作业时，公安封控、环保检测进度跟不上灭火节奏，作战动作频繁中断；前线战斗员接收毒气监测数据滞后，没法及时调整防护等级，中毒、灼伤风险居高不下。

从现场环境来看，事故多发生在高速公路、国道等开放路段，空气流通会加速有毒有害气体扩散，路面车流、周边村镇人员密集，疏散管控压力大，同时道路通行空间狭窄，大型堵漏、输转救援设备难以进场作业。从灾害演化角度分析，初期罐体泄漏若没能快速封堵，短时间内就会引燃爆炸；明火扑灭后罐体冷热交替容易破裂，残留介质持续挥发扩散，风险会反复升级，这对救援行动的处置速度、专业操作标准都提出极高要求。2025 年全国 163 起危化品道路事故统计显示，近六成事故同时存在泄漏、燃烧、扩散两类以上复合风险，处置难度显著高于普通火灾事故。

2.2 多主体协同处置现存短板

危化品道路事故救援属于多部门联合作业，消防、公安、交通、生态环境、应急管理各自承担固定职能，日常独立开展工作，现场联动存在明显短板。消防队伍负责核心灭火、罐体堵漏、伤员搜救；公安承担现场封控、交通截断、群众疏散；交通部门清理路面障碍、疏导绕行路线；环保实时监测空气、水体污染范围。一线处置调研发现，多数事故初期缺少统一现场指挥人员，各部门按自身职责单独作业，部分区域出现多人重复处置，罐体管控、污染拦截等关键环节又存在责任空白。消防是危化品处置专业主体，但“谁到场、谁指挥”落地效果差，先期抵达的消防人员没有明确临时指挥权限，后续应急管理总调度到场后，两套指挥体系衔接没有固定流程，指令互相冲突，消防开展堵漏、冷却作业前，需要反复沟通封控边界，白白浪费救援时间。

跨区县、跨辖区事故联动缺少常态化配合机制，临时抽调的各单位人员没有磨合基础，应急物资、专业装备调配流程繁琐。应急管理部统计数据显示，多部门联合处置场景平均协调延误 18 分钟，救援黄金窗口期被大量消耗。部分基层单位仅在重大事故后开展短期联合演练，日常缺少固定协同流程，部门间权责划分模糊，配合松散已经成为拖慢救援进度的人为核心短板。

2.3 信息互通环节突出漏洞

完整、实时的信息传递是多部门协同救援的基础，当前危化品事故现场信息流转全链条都存在明显漏洞。事故刚发生时，救援人员无法快速调取运输备案系统数据，只能依靠司机、押运人员口头描述介质种类、装载量，口述信息误差大、滞后性强，容易选错灭火介质、防护装备，直接造成处置方案失误。各职能部门使用独立通信、数据报送系统，消防火情监测、公安封控点位、环保气体检测数据分属不同平台，没有统一数据共享端口，各单位只能掌握自身业务信息，行业内普遍存在“信息孤岛”问题[1]。从消防作战指挥中心内部流程来看，接警、调派、作战各环节信息流转漏洞突出：接警阶段缺少车辆备案快速查询通道，仅凭报警人描述很难准确判定危化品类型；调度阶段无法根据事故风险精准匹配人员、堵漏装备，经常出现力量调配失衡；现场监测数据不能同步回传指挥中心，后方无法动态调整作战方案。现场处置动态、火势变化、污染扩散范围无法同步传输至后方指挥中心，高层研判决策和一线现场处置出现脱节。多地应急数字化建设报告提到，现有危化品物性、运输轨迹数据库分属交通、应急两大系统，数据没有互通接口，事故处置时需要人工跨平台调取资料，进一步拉长信息等待时间，持续加剧救援延误。

3 多维度视角拆解协同处置各类问题根源

3.1 多方救援权责划分标准模糊

本部分对应前文多主体协同处置短板，是部门配合混乱的制度根源。现阶段国内处置危化品道路事故仅依靠通用性应急预案，没有按照事故等级、处置阶段编制细化权责清单。通用预案只粗略写明各部门基础职能，没有区分预警、抢险、清污各阶段专属工作，也没有针对轻微泄漏、明火燃烧、罐体爆炸划定清晰权责边界。现有预案混淆日常监管职责与战时现场处置权责，两种场景权责划分没有分开说明，留下大量管理空白。事故刚发生只有消防率先抵达现场，没有明确条文支撑消防临时总控现场的权限，封控、监测等外部工作同步推进缺少制度依据；等到应急、公安等增援人员到场后，指挥权移交的流程、交接内容没有统一规定，两段指挥衔接空档极易出现处置脱节，这也是现场推诿、多头指挥的核心诱因。

多地应急事故复盘报告提到，事故现场缺少固定总指挥，重大险情易出现多头指挥，小型泄漏事故则出现部门相互推诿。现行制度缺少常态化联合演练配套考核、追责与激励条款，各单位参与协同处置没有硬性约束，主动配合意愿偏低。消防、交管、环保、应急四部门工作边界长期模糊，现场重复处置与无人管控区域同时存在，无法凝聚统一救援合力，这也是应急管理部统计中多部门协同平均延误 18 分钟的核心制度诱因。

3.2 现场应急通信设备不兼容

针对前文信息互通漏洞，是现场形成信息孤岛的硬性技术根源。公安、消防、交通、环保通信系统分开立项、独立采购，设备频段、传输协议、数据接口无统一行业标准。公安采用 PDT 数字集群对讲，消防配套 TETRA 专网设备，交通、环保监测终端为独立制式，各类设备加密规则、信令

互不通用，现场无法跨部门同步语音、监测数据与现场视频。放到真实救援场景来看，浓烟遮挡、罐体爆炸冲击、夜间无光环境都会大幅压缩通信有效距离，消防攻坚班组内部对讲、班组与指挥部联络、跨部门同步沟通三套通信渠道没法一体化兼顾。一线消防员需要同时携带多台不同终端切换沟通，操作步骤繁琐，分散作战注意力，遇到断电、信号中断时，内部协同和外部联动会直接双双停滞。基层未统一配发互通便携终端，高速山区、浓烟电磁干扰等场景下专用设备信号衰减明显，极端断路断电环境下极易完全失联。行业调研数据显示，多部门应急系统数据互通率不足 40%，现场信息传递只能依靠人员人工转述，中转过程持续消耗救援时间。整套硬件体系标准碎片化，缺少跨网适配网关，直接造成信息实时共享受阻，拖慢整体协同处置节奏。

3.3 联合处置流程缺少标准化规范

针对前文信息割裂、现场协同无序问题，属于顶层流程设计缺失带来的制度根源。目前国内没有适配道路场景、分品类分级别的危化品联合处置标准流程，通用处置方案适配性较差，未针对易燃液体、高压气体、剧毒腐蚀品制定差异化联动步骤。一线救援作业大多依靠操作人员个人经验，不同地区、不同队伍的处置顺序、防护标准、灭火介质选择差异明显，缺少统一的接警研判、力量调配、现场布控、堵漏稀释时序规范。以危化品黄金救援窗口搭建时间轴分段分析，到场前 5 分钟无标准化研判流程，接警信息残缺直接选错出动装备；5 至 15 分钟关键处置时段，缺少同步封控、气体检测规定，消防侦察作业反复受阻；15 至 30 分钟控险核心阶段，多部门作业步骤无统一时序，冷却、堵漏、污染拦截无法同步开展；事故 30 分钟后风险持续扩散，又没有统一收尾管控流程，极易诱发复燃、毒气扩散等次生灾害。依据交通运输行业 2023 年基层调研数据，无标准化流程指引时，危化品事故平均应急响应时长达到 45 分钟，远超国内行业 20 分钟理想处置标准。流程规范长期缺位，直接造成现场信息报送无序、各部门作业步骤错位，堵漏、封控、污染拦截工作不同步，极易诱发复燃、有毒气体扩散等次生灾害，是救援操作失误、险情持续扩大的关键诱因。

4 适配多维度风险的灭火救援协同处置优化技术对策

4.1 细化多部门分级权责联动机制

依据《危险货物道路运输安全管理办法》搭建清单化权责体系，按泄漏、燃爆、重大灾害划分三级响应，清晰划分各部门协同任务，现场统一设立单总指挥，理顺分阶段联动时序，配套季度联合演练与考核制度。同步完善消防内部作战编成配套方案，根据事故风险匹配轻型、中型、重型三类化工救援编队，明确每支编队固定人员数量、随车携带堵漏、冷却、洗消装备清单，细化侦察、攻坚、供水、警戒小组各自战术分工，把权责清单落实到人员、装备、实操动作上。轻型编队用于小型路面泄漏，出动人员少、便携装备齐全；重型编队应对罐体燃烧爆炸，配齐远程水炮、重型堵漏器材，接到调度指令就能快速形成作战编组，不用临时拼凑人员装备，缩短现场准备耗时。整套机制同步明确消防先期到场临时指挥权限，以及多部门增援抵达后的指挥移交流程，减少现场协调等待时间 [2]。

4.2 搭建一体化应急通信传输系统

参照行业规范搭建全域共享通信平台，统一基层多频段互通终端，打通多部门业务数据接口，采用专网加卫星双链路传输，解决跨部门信息不通的问题。额外补齐消防战术层级通信保障细则，班组内部配备小型对讲设备，保证班长、水枪手、驾驶员随时沟通作战指令；攻坚人员进入有毒高危区域时，随身携带小型图传设备，实时传回内部画面，方便指挥部调整战术。同时制定通信完全中断后的备用方案，提前约定手势、声光信号，配备哨子、手持发光标识等简易工具，浓烟、断电、设备全部失灵时，依靠约定信号完成班组配合、人员撤离、警戒提醒等基础操作，避免极端环境下战术行动彻底停滞。基层每月开展跨部门通信联调测试，及时检修老旧终端，降低现场通信失效概率。

4.3 制定分品类危化品标准化协同处置流程

针对前文无统一处置规范、现场操作全凭经验的制度短板，结合危化品理化特性制定分品类、闭环式协同作业流程，规范多部门联动操作标准。针对四类介质分别制作战术动作时序对照表，表格包含处置阶段、消防具体战术动作、对应协同部门工作、关键时间节点，具体可见表 1：

以易燃液体槽罐车起火为例，0 至 3 分钟完成车辆停靠、水幕防护，公安同步封锁路段、环保开展气体检测；3 至 8 分钟持续罐体冷却、泡沫覆盖，交通做好导流、应急队伍待命；安全确认后开展堵漏，全程同步监测污染范围；明火熄灭半小时后持续泡沫覆盖、人员洗消，联合清理路面污染物。其余三类介质按照相同逻辑拆分各时段操作，所有动作标注时限，避免各部门作业节奏脱节 [3]。

表 1：战术动作时序对照表

处置阶段	消防战术动作	协同部门及动作	关键时间节点
到场侦察	泡沫车占位、设置水枪阵地	公安封控、环保监测	到场 0-3 分钟
冷却抑爆	水炮冷却罐体、泡沫覆盖	交通沟导、应急待命	到场 3-8 分钟
堵漏作业	专业堵漏组进入、注胶封堵	环保监测扩散范围	确认安全后实施
收尾清场	泡沫覆盖维持、现场洗消	污染清理、道路恢复	明火扑灭后 30 分钟

4.4 实战演练与效果评估

前文三项优化对策落地后，需要常态化实战演练检验实际效果，因此单独增设实战演练与评估相关内容，形成完整闭环。演练要设计差异化场景，覆盖轻重不同事故等级，搭配高速、国道、村镇旁道路等场地，叠加大风、夜间、暴雨等复杂气象条件，模拟真实现场多重风险。搭建固定评估指标，重点记录整体响应时长、跨部门协同等待时间、消防战术操作达标率、次生灾害防控效果等内容。每次演练结束组织全员复盘，梳理权责、通信、流程里暴露的问题，同步更新现场处置流程与预案，把演练发现的短板转化为制度、装备、训练优化内容，持续完善整套协同处置方案，保证对策贴合一线消防真实作战需求。基层每季度开展一次分品类实景演练，同步留存评估记录，纳入年度安全考核内容。

5 结语

文章围绕危化品道路事故救援协同处置开展多层级分析，梳理现场复合风险与部门协同存在的各类现实问题，从权责划分、通信保障、作业流程三个维度深挖问题内在成因，针对性构建权责联动机制、一体化通信系统与分品类标准处置流程，形成完整闭环处置体系，这套贴合一线救援场景的协同处置方案可以理顺多部门救援配合逻辑，规范现场处置操作，减少次生灾害发生概率，也能为各地完善危化品运输事故应急处置预案、开展常态化联合演练提供清晰可行的参考思路。

参考文献

[1] 贾玉振,祁雄贵. 道路危险货物运输安全生产标准化建设[J].运输经理世界,2025, (22):101-103.

[2] 黄经韦. 道路危险货物运输中的风险应对策略[J].中国航务周刊,2024, (25):57-59.

[3] 郑时求,周荣义,杨璧帆,等. 危化品槽罐车运输事故关键致因及传递路径研究[J].中国安全科学学报,2023,33 (4):172-178.

[4] 王旭磊. 危化品道路运输事故影响因素分析和安全对策[J].公路交通科技,2017,34 (10):115-121.