

我国应急救援数智治理体系的建设与发展

孙宝凤^{1*}, 郭孔辉², 靳文波³, 李春明⁴, 林赐云¹, 房玉东³, 陈旺⁴, 马国栋¹, 崔笑仙²

(1. 吉林大学吉林省智能交通工程研究中心, 长春 130022; 2. 吉林大学汽车工程学院, 长春 130022;

3. 应急管理部大数据中心, 北京 100013; 4. 中国北方车辆研究所, 北京 100072)

摘要: 我国极端灾害呈现易发高发、多灾并发、链式传导特征, 亟需发展现代化应急救援体系; 从数智治理视角出发重塑和提升应急救援体系现代化能力, 成为应急管理体系建设的核心议题。本文面向应急救援数智治理, 辨析了理论内涵, 从多维视角厘清了需求特征, 梳理了全域感知、抗毁通信、统一指挥、智能决策、协同作战、精准调配等方面的发展现状, 指出将沿着全景化、智能化、精准化、边缘化、韧性化、一体化等方向演进。研究认为, “三断”情景下的应急救援“情-指-行”业务链条中, 在“情”方面全域感知、通信兜底能力有待强化, 在“指”方面统一协同、精准高效能力有待提高, 在“行”方面任务合力、有序保障效能有待提升。进一步提出了针对性的建设思路: 发展以数据驱动、智能赋能、协同高效为核心特征的现代化应急救援体系, 增强应对巨灾大难的系统韧性与精准处置能力; 构建“战略引领-组织管理-科学技术”并行且融合的应急救援数智治理体系框架, 促成服务应急救援任务的治理新格局。建议强化数字化监管, 提升全域感知和通信兜底保障能力; 建立应急指挥中枢, 提升协同研判和科学决策现代化能力; 推动装备与物资保障数智化融合, 强化救援行动任务效能; 完善产业支撑体系, 促进应急数智产业高质量发展。

关键词: 应急救援; 数智治理; “情-指-行”; “三断”情景; 智能决策

中图分类号: N94; TP391 **文献标识码:** A

Construction and Development of Digital and Intelligent Governance System for Emergency Rescue in China

Sun Baofeng^{1*}, Guo Konghui², Jin Wenbo³, Li Chunming⁴, Lin Ciyun¹, Fang Yudong³,
Chen Wang⁴, Ma Guodong¹, Cui Xiaoxian²

(1. Jilin Engineering Research Center for Intelligent Transportation System, Jilin University, Changchun 130022, China;

2. College of Automotive Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China; 3. Ministry of Emergency Management Big Data Center, Beijing 100013, China; 4. China North Vehicle Research Institute, Beijing 100072, China)

Abstract: Extreme disasters in China are characterized by high frequency, concurrent hazards, and chain transmission, making it urgent to develop a modern emergency rescue system. Reshaping and upgrading the modernization level of the emergency rescue system from the perspective of digital and intelligent governance has become a core issue in the construction of the emergency management system. Focusing on digital and intelligent governance for emergency rescue, this study analyzes its theoretical

收稿日期: 2025-12-31; 修回日期: 2026-02-13

通讯作者: *孙宝凤, 吉林大学吉林省智能交通工程研究中心教授, 研究方向为态势感知与应急决策; E-mail: sunbf@jlu.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“智能化应急救援体系构建与产业发展战略研究”(2024-XZ-03); 国家社会科学基金项目(23&ZD138)

本刊网址: sscae.engineering.org.cn

implications, clarifies the demand characteristics from multi-dimensional perspectives, reviews the development status in terms of full-domain perception, survivable communication, unified command, intelligent decision-making, collaborative operation, and precise allocation, and points out that it will evolve in the directions of panoramic, intelligent, precise, edge-oriented, resilient, and integrated development. The study holds that in the “intelligence–command–execution” chain of emergency rescue under the “three disruptions” (i.e., disruptions of roads, electricity, and Internet access) scenario, the capabilities of full-domain perception and communication guarantee need to be strengthened in the “intelligence” system; the capabilities of unified collaboration, precision, and efficiency need to be improved in the “command” system; and the efficiency of task synergy and orderly support needs to be enhanced in the “execution” system. Furthermore, targeted construction ideas are proposed: developing a modern emergency rescue system with data-driven, intelligent empowerment, and collaborative efficiency as the core features, to enhance the system’s resilience and precise disposal capacity in response to major disasters; and constructing a parallel and integrated framework of “strategic guidance – organizational management–science and technology” for digital and intelligent governance of emergency rescue, thereby forming a new governance paradigm that serves emergency rescue tasks. Therefore, it is suggested to strengthen digital supervision to improve the full-domain perception and communication guarantee capabilities of the emergency management system; establish an emergency command center to enhance the system’s capacities in collaborative research and scientific decision-making; promote the digital and intelligent integration of equipment and material support to strengthen the efficiency of rescue operations; and improve the industrial support system to boost the high-quality development of the emergency digital and intelligent industry.

Keywords: emergency rescue; digital and intelligent governance; “intelligence–command–execution”; “three disruptions” scenario; intelligent decision-making

一、前言

当前,全球气候变化加剧导致极端灾害事件频发,强降雨、山洪、森林火灾等灾害呈现跨领域影响、跨区域传导的风险特征,对国家发展和安全构成重大挑战^[1-5]。我国是自然灾害多发国家,灾害种类多样(覆盖洪涝、地震、森林草原火灾等)且分布地域广、发生频率高^[6-7],与安全生产转型期的传统风险、公共卫生事件等非传统风险交织^[8-10]。“十一五”时期至“十四五”时期,应急救援体系中的救援反应、政策执行、资源能力等现代化治理机制已实现从“碎片应对”到全链协同的系统重塑^[11-12]。应急救援数智治理具有高科技、高效能、高质量特征,是符合新发展理念的先进生产力质态;筑牢基础性、战略性支撑根基并实质性提升数智治理能力,成为应急管理体系和能力现代化建设的核心议题。随着数智化改革步入“技术–法治–治理”一体化发展阶段,数智治理能力成为国家治理现代化在应急救援领域落地见效的新质生产力具体表征之一;在应急救援装备机械化、队伍专业化、预案体系化等的保障下,适时从数智治理视角出发,重塑和提升应急救援体系现代化能力,具有理论创新与实践应用价值。

数智治理是将数字技术、人工智能(AI)等信息技术与国家治理理论及实践相融合的一种可信治理模式,可视为国家(政府)及其治理能力、治理活动、治理规则的数字化过程,也可表征为管理

(服务)的数字化、管理技术的数字化、治理手段的数字化、场景装备的智能化^[13]。数智治理本质上以科技创新为引领,以数据要素突破资源约束、技术创新重构生产关系、全链协同提升系统效能,支撑国家治理能力现代化从传统规模扩张转向现代质效跃迁,体现出技术赋能、制度创新的融合。可见,数字化、智能化、数智治理是相互依存、层层递进、协同统领的有机整体:数字化是数智治理的基础底座,智能化是数智治理的赋能手段,数智治理则是数字化、智能化在国家治理领域的系统融合与高阶实践范式,三方面共同构成国家治理数智化转型的完整体系。

以数据驱动、智能赋能为核心特征的数智治理尚未发挥新质生产力效能,应急救援业务领域存在薄弱环节,如部门壁垒与层级壁垒尚存、汇聚数据部门融合不足、技术与任务适配不充分、主体协同闭环实效有差距^[14]。这就导致应急救援体系现代化能力难以形成“1+1>2”的系统性效能,未能充分应对复杂灾害的系统性风险,与国家治理“全域统筹、协同高效”的要求存在差距。此处提及的部门壁垒与层级壁垒尚存、汇聚数据部门融合不足均属于可信治理模式的薄弱环节,因技术可信的根基不牢、制度可信的保障不充分、主体间不可信而带来了应急救援结果不可信。鉴于治理模式、新质生产力的双重属性,运用系统融合理论中的“定位系统断裂点”分析方法,识别数智治理体系建设的系统断裂点以破除瓶颈制约。这一瓶颈的本质是“主体

协同不足、技术-业务脱节、要素联动断裂”的系统失衡，不利于应急救援体系的效能发挥，在重大灾害应对中表现得更为明显。

断路、断电、断网（“三断”）情景是应急救援的极端临界场景，事关安全线、生命线、保障线。“三断困境”指在核心灾区同步出现“三断”的极端不利条件下，救援力量突不进去、信息传不出来、保障跟不上的应急处置场景，可造成指挥调度失灵、救援协同受阻、民生保障中断，成为制约救援效率的关键障碍^[15-17]。2023年京津冀地区暴雨、2024年湖南省资兴市特大暴雨等案例均表明“三断困境”下的感知失灵、传输中断是导致救援延误的首要原因，“应急使命2025”演习更是将“三断困境”下的应急救援作为重点任务来提升应急救援现代化能力。应高度重视并妥善破解“三断困境”，才能将应急救援数智治理的新质生产力切实转化为应急救援战斗力。

现阶段是推进应急管理体系和能力现代化的关键时期^[18]。本文立足国家应急管理的发展成效，面向应急管理高质量发展要求，探讨破解瓶颈约束之策，补强应急救援数智治理短板，推动应急救援能力现代化建设的数智化转型。具体地，紧扣国家治理能力现代化“精准、协同、智能”目标，围绕体系完善和效能提升，剖析应急救援数智治理的技术需求和态势方向；运用系统融合理论，识别体系建设的系统断裂点，破除瓶颈制约^[19]，明确发展挑战；构建“情（情报）-指（指挥）-行（行动）”应急救援数智治理体系框架，提出技术赋能、制度创新、法治保障的系统观治理路径，以推动应急救援从被动响应转向主动预防^[20-21]，助力实现应急管理治理现代化。

二、我国应急救援数智治理的理论内涵与发展需求

（一）我国应急救援数智治理的内涵与特征

数智治理作为提升应急救援能力的新质生产力，关键在于以科技创新为引领和依托，促成技术赋能、制度创新的深度耦合，推动应急救援从传统规模扩张向现代质效跃迁，为应急救援体系完善与能力现代化提供新的治理模式^[22]。相应的新增效能不应局限于先进技术与装备应用，而是通过数据驱

动、技术赋能、业务重构的系统性融合创新，全面提升应对极端复杂灾害情景的“预防-抵抗-救援”全链条能力。

在治理内涵层面，应急救援数智治理是一种可信治理模式^[13]，即以技术可信为基础、制度可信为保障、主体可信为核心、结果可信为目标的系统性可信；通过治理规则来约束技术的无序应用，实现技术有边界、治理有温度、决策有依据、结果有保障，使政府、市场、社会等治理主体对数字化治理体系形成稳定预期和信任度。

从新质生产力赋能的角度看，数字治理以数据要素流动、流程重构为核心导向^[23]，智能治理侧重算法驱动与人机协同决策，而数智治理受到数据要素突破资源约束、技术创新重构生产关系、全链协同提升系统效能的三维支撑（区别传统治理模式、显现新质生产力特质的关键所在）。数智治理并非数字治理、智能治理的简单叠加，而是数字治理、智能治理在应急场景下面向可信治理的系统性融合与范式升级。

从技术外在表现上看，数智治理体现出管理（服务）数字化、管理技术数字化、治理手段数字化、场景装备智能化等核心特征。数智治理以新质生产力理论为内核，进一步强化数字治理、智能治理的融合，形成“数据要素-技术创新-全链协同”的三维耦合体系，反映出系统融合的核心逻辑。具体到应急救援领域，数智治理将数字治理的全域感知优势、智能治理的算法决策能力嵌入“情-指-行”全业务闭环，推动应急治理范式从被动响应转向主动预防，为应急管理体系现代化建设提供核心支撑。

从技术特征来审视，数智治理塑造的应急救援能力呈现多维特征。对于实时性，依托“空天地”一体化监测网络与边缘计算能力，实现灾情信息的近实时感知与传输，显著压缩响应延迟^[24]。对于精准性，应用多源数据融合分析与智能模型，开展灾害影响精准评估、救援资源精准调度、行动方案精准制定。对于科学性，在风险预测、态势推演、可信决策等环节深入应用AI算法，通过数据建模、仿真推演、逻辑推理输出量化研判结果，用于替代主观经验判断。对于协同性，通过统一平台与数据流通来打破部门壁垒，实现跨层级、跨区域、跨部门的高效协同指挥^[25]。对于适应性，强调系统面对

链生灾害、极端条件以及“三断”等复杂场景仍能保持韧性 with 核心功能^[26-27]。

从演进逻辑看，通过深化改革可推动应急救援数智治理能力的跨越式发展。① 深化数据资源体系化融合与价值转化。构建统一的数据资源体系，推动多源异构数据的标准化接入、融合治理、协同应用，使数据从分散的“信息孤岛”转化为支撑精准决策的战略资产。② 推动关键技术赋能应急救援能力现代化。面向“全灾种、大应急”的管理履职要求，推动技术应用从分散辅助转向与核心业务融合。将物联网、AI、数字孪生、具身智能等信息技术引入监测预警、指挥调度、救援处置等关键环节，保持技术能力与主责主业有机衔接并切实转化为履行防灾减灾救灾职责的关键力量。③ 实施业务流程智能化重构与模式创新。针对传统应急管理中的“防救脱节、条块分割”等问题^[25,28]，以“风险智能感知-趋势精准研判-决策科学高效-执行协同联动-效果动态评估”为主线，构建覆盖应急救援全链条的智能闭环，推动应急管理模式从被动响应向主动保障、从单点处置向系统防控转型。

（二）我国应急救援数智治理的需求特征

数智治理兼有新质生产力、可信治理模式双重属性。其中，主体可信是可信治理的主要内容之一，着重体现在主体认可度。应急救援领域中政府、市场、社会有机互动的全社会共享共治格局趋于成熟，决策者、建设者、从业者、受众者是数智治理涉及的主体，也是应急救援体系数智化转型的参与群体，相应的核心需求与认可度事关主责诉求、数智治理结果可信。

1. 决策者视角：以顶层统筹与制度保障为核心需求

“十四五”时期，我国在应急救援数智化顶层设计方面取得了阶段性成果。《“十四五”国家应急体系规划》（2021年）为应急救援数智化发展确立了制度基础，随后四级联动指挥体系初步建成，跨部门数据共享机制在部分地区试点落地。进入“十五五”时期，决策层面关注为应急救援数智化转型提供制度性和政策性保障，以确保数智治理体系与国家战略、公共安全需求相契合。① 在战略规划需求方面，将数智治理纳入“数字中国”“安全中国”建设布局，明确数智化转型的阶段性目标，

即“十五五”时期末省级应急数智平台全覆盖、跨部门数据高互通率，避免数智建设与国家战略脱节^[29]。② 在制度规范需求方面，需制定统一的技术标准与数据管理规则，如明确应急数智装备的性能指标（如无人机低温续航、强风持续运行、传感器识别精度）、跨部门数据共享的范围与权限（如气象、水利数据的开放清单）等，解决设备不兼容、数据不通用等基础问题。③ 在资源统筹需求方面，建立中央与地方联动的资金投入机制，优先保障数智平台建设、基层数智装备采购等需求；统筹全国应急资源（如智能救援机器人、应急通信设备）的前置部署和现场调配规则，确保重大灾害发生时关键资源快速向灾区倾斜。

2. 建设者视角：以技术落地与场景适配为核心需求

“十四五”时期，应急数智技术研发与成果转化取得一定突破，高校、科研院所、企业联合研发了无人侦察机、智能生命探测仪等装备，在极端场景灾害救援中获得了初步应用。进入“十五五”时期，建设者（含高校、科研院所、企业）的核心需求是将数智技术转化为可落地的应急救援工具、技术与装备体系，确保技术适配复杂灾害场景。① 在技术研发需求方面，攻克与极端灾害环境适配的数智技术^[30]，如耐高温 / 高湿的生命探测传感器、“三断”情景下应急通信保障技术、快速三维态势感知技术、多源数据融合的AI预警算法，以解决传统技术在复杂场景中“用不了、用不准”问题。② 在体系搭建需求方面，补强“感知-传输-平台-应用”多层级技术体系，如在感知层整合卫星遥感、无人机巡查、地面传感器数据，视频监控、通信基站等基础设施监测数据，网络舆情感知数据等；在应用层开发面向多种灾害的专项模块，如淹没模拟、火灾蔓延、坍塌掩埋搜救等，确保技术体系覆盖救援全域和全流程。③ 在成果转化需求方面，推动数智技术转化为实用产品，如数字孪生技术转化出灾害演进预测系统、AI算法集成到现场救援指挥终端；技术创新、集约采购并举，配置低成本、轻量化、易操作的便携式数智装备，确保“力量下沉、保障下倾”。

3. 从业者视角：以任务效能与安全保障为核心需求

“十四五”时期，救援队伍专业化建设成效显

著,已有一线队伍配备了便携式通信终端、简易数据采集设备等基础数智装备,救援效率提升明显。进入“十五五”时期,从业者(含消防部门、应急管理部门、基层救援队伍)的核心需求是通过数智化手段提升救援效率、降低作业风险,确保高效率、高适应性、高可靠的数智工具规模化应用于应急救援实践。①在效率提升需求方面,借助智能化工具压缩响应延迟和决策延迟,应用救援方案智能生成装置,加速从信息优势转为决策优势,在救援路线自动规划平台上快速生成最优行进路径,促进从“找到路”到“找到最优路”的质变。②在安全保障需求方面,配备超前感知与动态风险评估装备、适配高危场景的数智防护装备,如带生命体征监测与定位功能的智能救援服、自主行动破拆机器人,将保障一线人员在极端恶劣、高动态任务中的生命安全。③在协同支持需求方面,提供便捷的跨部门沟通与资源调配工具,如公安、医疗、交通部门共建共用的应急协同移动程序、可视化展示灾区资源分布的救援资源时空“一张图”,提升行动协同精度和体系化效能。

4. 受众者视角:以安全覆盖与人性化服务为核心需求

“十四五”时期,应急服务覆盖范围、公众防灾减灾意识、预警精准性、自救互救工具普及性等均有所提升,基层第一道防线作用凸显。进入“十五五”时期,“重心下移、关口前移”深入实施,受众者(含公众、社区工作者、一线响应者)的核心需求是精准化、智能化、人性化应急服务,以数智化技术、应急服务融合的方式,形成平时能感知、灾时有指引、救援有支撑的安全网络,为公众提供可感知、可利用、可参与的安全屏障。①在精准预警需求方面,获取与自身位置、所处场景匹配的定制化预警信息,利用大数据、AI技术动态评估个体风险,推送定制化预警信息与生存指引方案。例如,向位于低洼地段的居民推送未来1h的积水内涝预警及绕行建议、面向山区住户发布森林火险红色预警并同步提供最佳避灾路线图,构建个人风险预警服务能力。②在自救指导需求方面,通过智能、便捷的数字渠道获取定制化的自救互救知识与辅助工具。例如,应急科普小程序提供洪涝避险三步法、地震黄金三角区寻找指南等内容,具备智能家庭应急物资清单生成器功能并个性化推荐必备物

资;在官方平台上参与灾情众包上报、社区应急,实现自救互救指导能力内化与场景赋能。③在信息互动需求方面,将灾害随拍随报功能集成到“国家应急广播”等平台,提升社会参与度;政务移动程序支持个性化双向查询救援进展,提升救援行动的透明度;提供信息分级推送功能,在保护隐私的前提下让被困者家属获得更为详细和及时的信息。

三、我国应急救援数智治理的发展基础及方向

(一)“十四五”时期我国应急救援体系建设进展

当前,国家应急管理体系建设已有全面部署,推动应急管理数字化、智能化转型,构建全域覆盖、全时可用、全灾种适配的数智化应急救援体系成为战略目标,我国应急管理体系和能力建设取得重要进展。①建设了国家自然灾害综合监测预警平台,完善了消防安全风险防控体系,构建了全维度风险监测预警信息化体系,筑牢了应急救援的前端基础条件,实现灾害和安全风险的全域感知与精准预警。②建设了全国一体化、部级统建、省/市/区分级应用的应急管理大数据应用平台,初步形成以“智慧应急大脑”为核心的数据支撑体系,强化了应急救援的数据处理和枢纽能力,实现与大数据发展契合的应急数据治理。③构建了上下贯通、协调联动的应急指挥体系,基本解决“国家-省-市-县”四级指挥协同问题,保障了救援指令传达和执行。④建设了“天空地”一体化应急通信保障体系,筑牢了应急通信“生命线”,保障了救援过程中指挥指令、灾情信息的实时传递,基本形成多制式的卫星通信网络、灵活机动的空基通信装备、全域覆盖的地基通信网络。⑤建设了配套协同的支撑保障体系,提供了具有更好适配能力的智能化装备、技术和救援力量,如救灾物资储备网络全域贯通,包括应急装备技术研发、应急产品生产制造、应急救援队伍建设、安全应急技术服务等在内的产业链初具规模,多元化的救援组织体系格局基本形成。

应急管理体系和能力建设成果,源自以数智化手段破解系统要素耦合的难题,也是在公共安全领域落实国家治理能力现代化要求的直接体现。《中华人民共和国突发事件应对法》进一步在法律层面规范跨部门应急数据共享、智能装备应用等内容,

为系统融合提供了法制保障。同时，新一代信息技术与应急救援业务加速融合，物联网、数字孪生、数字技术、AI、具身智能等技术在灾害监测预警、指挥调度、现场救援等环节展现了良好潜力^[31-32]。

（二）我国应急救援数智治理的发展现状

本研究开展的应急救援活跃企业抽样调查、行业专家访谈表明，在常规灾害应对情景下，应急救援“情—指—行”体系取得了跨越式发展，提供了全方位、多层次的基础保障能力。①在情报层面，建设了多源感知与一体化传输网络，依托高分卫星、无人机、物联网传感器等实现气象、水文、地质等基础数据的分钟级采集与实时传输，显著提升了灾害预警时效与信息呈现精准度。②在指挥层面，“国家—省—市—县”四级联动指挥体系全面建成，智能指挥平台具有AI灾情研判、智能决策、可视化调度、资源智能匹配等功能，将常规灾害的跨部门响应时间压缩至1 h。③在救援行动层面，培育了国家综合性消防救援队伍、专业应急救援队伍等，配备了破拆、救生、排涝等标准化装备，形成了“现场精准决策—高效任务执行—科学事后恢复”全链条能力，确保常规灾害救援的人员搜救成功率、物资投送效率、灾后恢复时效等均处于国际先进水平。

面向应急救援任务和数智化转型重大需求，将应急救援“情—指—行”业务全链条细分为全域感知、抗毁通信、统一指挥、智能决策、协同任务、精准调配等环节。在应急救援任务中，逐步将通信保障升级为抗毁通信、群体指挥收敛至统一指挥或协同指挥、动态调配深化为精准调配，显现了应急管理对韧性、权威、效率的核心追求。

1. 全域感知

构建风险监测预警能力是首要任务。“十四五”规划提出，健全“空天地海”一体化监测网络，构建自然灾害综合风险监测预警体系，推进安全生产风险监测预警系统建设。现阶段的灾害事前预防能力由此得以明显提升。优化自然灾害监测站网布局，建成较大规模的地震预警系统，秒级预警能力覆盖90%以上的重点危险地区。推进应急卫星观测星座建设，提升了包括陆地、海洋、空中在内的全域监测能力。部署智能化感知终端，推动“机械化换人、自动化减人”，全国煤矿智能化采掘工作面

增加至近2000处，化工园区封闭化管理覆盖率超过90%。然而，多源数据深度融合、基层风险精细化感知、灾害链风险早期识别等仍是攻坚重点。在应急响应方面，“十四五”时期累计启动国家救灾应急响应85次，通过预置应急力量、打通救援通道，有效应对了四川省泸定县地震、重庆市山火、京津冀地区特大暴雨洪涝、甘肃省榆中县山洪等灾害^[33]。

2. 抗毁通信

应急通信保障能力被置于基础支撑地位。“十四五”规划提出，建设韧性抗毁、全域覆盖、随遇接入的应急通信网络，发展高通量卫星、无人平台、自组网等通信手段，解决“三断”场景下的通信难题。目前相关工作仍得到高度重视并在“接力补强”，如建设以大型无人机、轻型卫星终端、自组网等为骨干的应急通信体系并初步发挥了关键作用。然而，相关装备的普及率、系统兼容性、极端复杂环境下的可靠性与带宽等仍需提升。

3. 统一指挥

应急指挥体系现代化是体制改革的核心目标。“十四五”规划提出，构建统一指挥、专常兼备、反应灵敏、上下联动的指挥体制，建设“国家—区域—省—市—县”五级贯通的应急指挥平台，增强现场指挥部的标准化能力和权威性。构建了上下贯通、协调联动的应急指挥体系，建成国家应急指挥总部并与省、市、县三级应急指挥部保持连续联通；国家、区域应急救援中心布局成型，指挥体系基本理顺。然而，跨部门、跨层级指挥流程的高效磨合、现场指挥部与后方指挥中心的权责界定及信息同步等仍待完善。

4. 智能决策

科技信息化是提升决策能力的明确方向。“十四五”规划提出，将AI、数字孪生等技术应用作为提升应急管理科学化、精准化水平的关键点，建设“智慧大脑”和辅助决策系统，提高灾害模拟、方案推演、智能调度能力。现阶段实现智能决策从“有”向“优”的发展，如国家、省级应急管理“智慧大脑”初步建成，部分模型投入应用。然而，高水平的专业模型稀缺、数据质量制约算法效能、人机协同决策模式尚不成熟，仍待着力突破。

5. 协同作战

应急救援力量体系建设是关键部署。“十四五”

规划提出，强化国家综合性消防救援队伍作为主力、各类专业队伍协同、社会力量辅助的格局，完善军地协调联动机制。应急预案及演练是固化协同与联动模式的重要依托，现阶段在“全灾种、大应急”任务牵引下实施常态化的联合演练，显著提升了协同效率。然而，协同作战机制有待继续完善，不同力量之间的装备接口、通信标准、战术融合以及跨行政区协同的利益补偿与指挥协调等仍需深化。

6. 精准调配

应急物资与装备保障体系是重要基础。“十四五”规划提出，优化储备布局，健全快速调拨机制，发展航空救援等立体投送能力。资源管理信息化是开展精准调配的前提，建设统一的物资、队伍、专家数据库和调度平台成为亟需。现阶段的精准调配正处于智能化转型期，中央和地方储备网络基本建立，但“什么时候调、调多少、调到哪里”的决策较多依赖经验，实时需求的感知能力薄弱、多目标优化调度模型应用不足、末端“最后一公里”投送精准度等成为突出短板。

（三）我国应急救援数智治理的发展方向

我国应急救援数智治理体系正在经历从本质能力建设向系统效能提升的深刻转型，不再局限于单点技术突破或局部流程优化，而是在顶层战略驱动下实施技术、数据、业务、体制的系统性融合与演进。“十五五”时期，应急救援数智治理将沿着全景化、智能化、精准化、边缘化、韧性化、一体化等方向演进，指向更加智能、精准、韧性、可信的下一代应急救援体系。

治理思路从被动响应到“主动预防-精准处置-动态修复”全链条重塑。突破灾后救援为主的传统治理逻辑，转向以数智化手段贯穿“监测-预警-研判-决策-调度”全生命周期。依托多源数据融合与AI预测模型，实现灾害风险的超前识别与精准预警，推动治理重心向“主动预防”前移。强化灾后恢复阶段的数智化赋能作用，通过数字孪生模拟重建方案，基于大数据技术优化资源配置，实现“救援-恢复-提升”闭环治理。治理思路更加强调多元共治，在数智平台上推动政府、市场、社会力量的协同闭环，构建“技术创新+法治保障”的治理逻辑。

从功能集成到智能协同，推动监管指挥一体化升级。由功能集成的信息平台转向具备自主协同能力的智能指挥中枢，集成数据与处理功能，将内嵌的分析模型、调度算法、仿真引擎作为可互操作的智能体，推动从“人找信息、人控流程”到“信息找人、流程自适应”的转变。通过智能体之间的自主协商与任务分解，解决跨部门业务协同的壁垒，实现跨域救援行动的统一感知、动态研判、精准调度，推动应急指挥从集中式管控转向分布式智能协同。

从数据可视到态势认知，推动应急救援空间的全息化与可计算。从多源数据的汇聚与可视化展示，演进为可计算、可推演、可交互的“全息数字场景”。融合实时物联网数据、高精度地理信息、基础设施建筑信息模型、灾害物理模型，在数字空间构建与物理世界同步映射、双向交互的孪生环境，开展应急救援空间的态势研判、可信推理，为指挥决策提供可进行“假设分析”与方案预演的数字化沙盘，从静态的“看见”提升到动态的“理解”“预判”。

从单点智能到集群敏捷，驱动装备体系与救援模式精准重构。超越单件智能装备层次，转而聚焦“感-传-智-用”闭环的智能化装备集群及其敏捷响应模式。重点发展具备环境自适应、群体协同、自主作业能力的无人系统集群，构建标准化无人自主协议，将智能单兵装备作为集群的有机节点。依据灾情动态，救援行动可智能、灵活地调配和重组装备集群，形成感知即决策、决策即行动的快速闭环，推动救援模式从依赖预定方案的任务执行转向适应现场变化的任务生成。

从流程优化到系统进化，形成具备韧性与学习能力的治理生态。数智治理体系从预设流程优化转向具备持续学习、自我优化、韧性恢复能力的生态体系，从规避和应对已知风险演进至适应并驾驭未知的复杂情景。基于历史数据、实时反馈、多目标仿真，自主评估策略的有效性，动态调整资源布局、协作规则甚至组织结构，持续优化预设流程。引入演化计算、多智能体强化学习等技术，在数字环境中不断训练并强化生态体系应对不确定性的能力。

应急管理体制从条块分割转向全域统筹一体化。打破部门壁垒、层级梗阻的体制困境，以数智

化手段推动“国家—省—市—县—乡”五级治理链路的纵向贯通，确保政策指令、灾情数据、资源调配信息的实时流转，破解基层数智能力薄弱、资源承接不畅的难题。在横向层面，依托统一的数据标准与协同机制，整合内外部资源，消除“数据烟囱”现象，形成跨域协同整体格局。体制改革注重“平战结合”，依托融合数字化、智能化技术的综合性平台，开展日常风险监测与应急状态快速切换，强化应急管理体制的韧性与适配性。

四、我国应急救援数智治理面临的发展挑战

（一）“情”：全域感知、通信兜底能力有待强化

情报涵盖风险感知、监测预警等环节。在应急救援“情—指—行”业务链条中，“情”聚焦全域、全时、高精度的灾情感知，核心功能是保持灾情信息的精准感知、高效汇集、及时传递。在“三断困境”下，电力中断导致感知设备停运、数据平台停摆，通信网络中断直接切断信息传输链路，两方面叠加后情报体系将陷入“感知失灵—传输中断—研判失准”的连锁困境。可见，全域感知、通信兜底是情报体系的核心挑战。

1. 全域感知：适配性、精准性、闭环应用不足

从被动救灾转向主动应灾，前提是全域感知。2024年广东省梅大高速公路塌方灾害、2025年山西省特大洪水灾害等现实案例，深刻揭示了“三断”情景下全域感知能力不足的严重后果。在极端灾害场景下，以网格化为特点的基层情报网络（按地理边界、风险等级划分应急网格，依托网格员开展网格内灾情信息采集）以及“网格末梢采集—层级汇总传递”模式，仅能部分解决灾情信息实时采集的问题；发挥前置监测、现场感知装备的关键作用，不仅需要精准获取核心灾区的基础灾情信息，而且需要动态捕捉灾害演化轨迹和受困目标的微观状态，进而为指挥决策提供可量化、可核验的确定性依据。

极端环境遂行感知设备的适配性不足。“三断”情景下，强风、高温、高湿等复杂灾害因素往往同步显现^[34]，如地震后的废墟高温环境、洪涝灾害中的深水浸泡场景。受恶劣环境的影响，水位传感器、温度传感器等预设感知设备因防护等级未适配灾害场景而易出现电路短路、信号漂移等功能性失

效；无人侦察机因断网导致导航信号衰减，在叠加强风的外部干扰后无法按规划航线执行灾区侦察任务。双重因素的作用往往导致灾区核心区域成为感知盲区。

全域全时覆盖不充分，精准性不足。偏远山区、深谷等区域的感知设备部署密度偏低，在“三断”情景下因缺乏替补感知手段而无法开展灾情的全域全时有效监测。高精度光学相机、合成孔径雷达等高分辨率感知装备，受极端光照、复杂地形等因素影响而易出现成像模糊、数据失真等问题，难以支撑灾情的精准研判。空投电池包虽能缓解部分装备的续航短板，但空投精准度受天气、地形制约较大，易出现补给不及时而致的感知中断问题；小型感知装备普遍存在与通用电池适配性差的情况，进一步加剧续航保障的不稳定性。

离线感知数据应用闭环缺失。部分感知装备虽然具有离线感知、数据暂存能力，但缺乏适配的现场快速读取、加密导出工具，导致暂存数据无法及时传输至一线救援队伍或指挥节点。缺少轻量化的现场数据处理模块，难以快速整合分析暂存的多源异构数据，造成数据“存得住、用不上”，无法为现场应急决策提供即时和有效的支撑。

2. 通信兜底：通信保障存在结构性短板

应急通信网络承担着指挥指令下达、灾情信息回传的双向交互核心功能。在“三断”情景下，通信链路的稳定性直接决定救援组织指挥调度的有序性。构建具有快速恢复、多维覆盖、高抗毁性特征的保底通信网络^[35]，成为基础设施全面瘫痪后保障指挥控制能力维持在最低限度的关键举措。2024年湖南省资兴市暴雨洪涝灾害、2025年北京市密云区与河北省承德市暴雨灾害等救援案例的复盘结果显示，通信能力保障失效是导致救援行动迟滞的重要因素。尽管应急通信骨干网建设已从“补短板”到“成体系”，从“依赖公网”到“空天地一体保底”，但“三断”情景下的通信保障仍存在结构性不足。

“最后一千米”“极端盲区”覆盖方面存在系统性缺口，出现全域覆盖的结构性失衡。骨干网聚焦“省—市—县”层级，但乡镇/村社“最后一千米”的保底通信节点部署多为“点状覆盖、线状断裂”结构；在偏远山区、深谷、牧区等灾害高风险区域，虽有配置北斗终端、应急广播等末端装备，但缺乏常态化运维和多制式备份，“三断”发生后易

出现单点失效即全域失联。在“空天地”一体化网络中,卫星通信、无人机通信应用以“应急补盲”为主,与地面专网的常态化融合不足,导致“天基够不着、空基到不了、地面用不了”的层级结构断层,在极端场景下无法快速形成连续覆盖。

技术成体系但制式兼容性不足。在整合多制式通信的基础上构建了“一张网”,但短波、卫星、第五代移动通信专网等技术制式的互联互通仍依赖中心化调度平台,在“三断”情景下平台瘫痪后,各制式终端无法自主组网、跨制式通信,导致技术体系从一体化退回“碎片化”。现有骨干网装备以“固定基站+移动车台”为主,适配“三断”情景的低功耗、抗损毁、自组网型终端占比偏低,装备技术架构仍以“依赖供电/公网”为核心,未能形成“无源/低功耗+自组网”的极端场景适配结构。

任务能力与“前置预置”体系不匹配。应急通信骨干网聚焦指挥指令下达、灾情信息回传等基础通信功能,但未能与灾情感知数据形成“离线暂存-加密传输-现场处理”融合架构。在“三断”情景下,即使通信链路获得临时恢复,也因缺乏轻量化现场数据处理能力而面临“通了信号、用不了数据”的困境。尤其是在建立高通量通信装备骨干链路时缺乏先进装备,如具有快速部署、6 h续航、信号覆盖7 km、灾区视频同步回传能力的弹射式中大型通信侦察无人机^[36]。应急通信运维保障体系也存在结构性断层。骨干网核心装备已由专业队伍负责运维,但村级应急广播、便携终端等末端通信节点普遍缺乏属地化、常态化的运维,出现“省级强、县级弱、乡级无”的层级运维失衡结构,导致末端装备任务可用率不高。

(二) “指”:统一协同、精准高效能力有待提高

在应急救援“情-指-行”业务链条中,应急指挥以统一领导、分级负责、属地为主、部门联动、军地协同为原则,承担着自然灾害、事故灾难等突发事件的全流程处置“中枢统筹”职责。“三断”情景从底层瓦解应急救援指挥的基础设施支撑与体系运行根基,面临协同研判失效、智能决策缺位的核心挑战;两方面相互交织、互为因果,严重削弱前后方高效协同指挥能力,致使指挥协同体系陷入过载运行,降低应急指挥的运行效能。在协同研判层面,联动壁垒(跨部门/跨区域“信息孤

岛”)与传导梗阻(纵横向信息传递断层)直接造成指挥信息闭环断裂、全面且及时的信息支撑缺失。在智能决策层面,智能工具因电力、网络、数据等底层支撑丧失而失效,与人工、离线数据及末端执行的体系化衔接短板相叠加,造成科学决策的支撑缺位。

1. 协同研判:信息传导与联动会商瓶颈

协同研判将分散的“碎片”信息转化为统一的决策依据,将孤立的处置主体整合为协同的任务体系,通过跨层级、跨部门、跨区域的信息共享与联合分析,整合灾情、资源、地形、气象等多源异构数据,以弥补单一主体的信息短板,形成全域、动态、精准的灾情画像能力,避免“信息孤岛”导致的误判和漏判^[37]。先纵向跨层级,筑牢指挥骨架;后横向跨部门,夯实属地核心;再延伸至跨区域联动。而在“三断”情景下,平时的协同研判机制仅停留在信息化协同平台之间的联动,缺乏常态化的数据共享与流程规范,导致“联而不通、协而不判”,形成刚性联动壁垒与信息传导梗阻。

跨区域联动壁垒直接削弱协同研判的效能^[38]。跨区域支援力量与属地指挥体系对接存在梗阻,引发“客场排异”现象。断路导致增援力量难以快速进入核心灾区,即便强行抵达,也因通信中断而致增援力量无法接入属地指挥网络并获取实时任务指令,造成战术动作脱节;交通、医疗等跨部门支援队伍受限于制度规范与权限管理,在无网环境下难以获得现场临时授权并开展系统调试,致使支援力量无法有效嵌入属地任务体系,显著降低任务分配效率与协同研判效能。

跨层级信息存在传导梗阻^[39-40]。我国应急管理遵照分级负责、属地为主的原则,指挥链条上下游信息不对称,易出现“指令空转”“末梢失控”情况。断网引发县级及以下基层单元与上级指挥中枢的数据传输中断,导致基层灾情态势无法上传并形成“底部盲区”。断路阻断物理信息的传递通道(如人工报信),致使省级层面的宏观统筹能力丧失,资源调度指令无法精准下沉至受灾点,导致上下层级脱节。

跨部门信息存在传导梗阻^[41]。应急救援指挥中心内设灾情研判组、资源调度组、队伍协调组等,消防、水利、自然资源等外部职能部门也一定程度上存在“数据烟囱”现象,导致跨部门业务融合受

阻。在常规状态下，各部门依托中心化云平台开展异构数据的清洗与交换。而在断网后，现场缺乏统一的离线数据交换标准与转换工具，不仅造成各部门灾情数据无法互通、后方高级研判成果难以横向赋能一线队伍，更因行政职能划分导致的数据标准差异而失去网络实时转译支撑，进一步加剧数据“进不去、出不来”困境，使受灾现场成为“信息孤岛”^[42-43]。

2. 科学决策：可信协同能力薄弱

科学决策的核心价值在于推动应急指挥从经验驱动的粗放式决策转向数据驱动的精准化决策，以大数据、AI、仿真推演等技术为核心支撑，通过“数据驱动-科学推演-精准输出”链条提升极端场景下的决策韧性。2015年天津市滨海新区火灾爆炸事故、2021年郑州市特大暴雨灾害等案例表明，决策失误往往造成灾难后果扩大。在“三断”情景下，科学决策面临数据断供、模型失效、可信协同脆弱叠加的核心挑战，造成“感知-研判-执行”全链条的决策障碍；受“黄金救援期”的压力，决策模式被迫由数智驱动回退至经验主导以避免决策真空。

实时数据无法汇聚至指挥平台，雨情、地质稳定性等跨领域关联数据采集困难，数据断供并非简单源自数据缺失，而是关键数据实时供给中断、历史数据适配性失效相叠加的结果。

决策模型适配失效。灾害扩散预测、救援路径规划、物资调度优化等智能模型均建立在场景具有可预测性、数据关联性稳定的基础上，而“三断”情景的突发性和涌现性（如灾害链的非线性传导、多因素的耦合冲击）超出智能模型的训练边界与适配范围，导致前提不成立并引发模型失效。基于本地缓存的历史数据与简化算法的轻量化离线决策模型也处于缺失状态，弱化“有限数据-简化研判-基础处置”的应急决策兜底支撑能力，加剧指挥体系失能风险。

人机可信协同能力薄弱。在“三断”极端条件下，指挥系统从智能状态急剧退行至局部失效或完全失能状态，暴露出现有技术架构抗毁韧性不足、关键智能模块边缘部署欠缺的结构性弱点。核心智能模型未能充分下沉至边缘计算节点，导致通信中断时无法基于本地数据持续提供决策支持，直接影响应急响应的连续性。智能模型的“黑箱”特性易

被放大，动摇指挥体系中的人机信任基础。指挥员面临态势感知空白、是否采纳机器逻辑的决策困境，致使数智研判、指挥经验难以有效融合，制约应急指挥的整体效能。

（三）“行”：任务合力、有序保障效能有待提升

应急救援行动是“情-指-行”一体化体系在任务终端上落地运行的关键体现，取决于现场指挥、救援力量的合力转化。在“三断”情景下，应急救援行动因装备失能、通信中断、物资梗阻而致合力锐减。2023年甘肃省临夏州积石山地震、2020年甘肃省舟曲特大山洪泥石流等案例表明，关键基础设施的结构性失效直接阻碍重型装备投送与物资保障，暴露出“标准化装备+程序化执行”的常规模式在极端场景下的局限性。救援行动需同步应对原生灾害冲击以及“装备进不去、力量投不上、资源续不上”的衍生困境，而协同执行力量联动断裂、有序保障供给链路梗阻，直接导致救援行动效能衰减。

1. 协同执行：力量联动断裂

协同执行形成合力是决定救援行动成败及效率的关键，而在任务终端落地运行阶段系统提升力量集结后的协同能力仍是突出挑战。“人多力散、装备内耗”等协同不足问题，易引发“合成谬误”风险，导致灾情事态蔓延而未能有效遏制。在“三断”情景下，救援行动“决策-行动-反馈”的协同与联动机制遭到阻断，不能确保决策精准转化为现场行动、通过行动反馈来修正情报和指挥、进而形成学习进化能力，致使现场指挥体系与多方救援力量的联动机制断裂。

联动响应机制遭到阻断。关键交通线中断，导致救援力量、重型装备投送受阻，即使部分力量能够抵达，也因作业面丧失而难以有效展开。灾区内外通信链路完全中断，指令无法下达、态势无法上传，导致各单元成为“信息孤岛”，无法实施统一指挥与实时协同。现场指挥终端、通信中继等关键设备瘫痪，致使基础性的指挥信息流中断，指挥员丧失实时调度能力。

“指挥权限法定化”程度化不高。现场指挥员在临机决断变更救援方案、调用非隶属资源等方面若未获明确授权，就会陷入“不决断误事、决断则越权”的两难境地。在跨部门、跨地区救援力量汇

入后，需要以预案或联合命令的形式赋予相应的指挥权限，才能实施有效的统一指挥。

体系化的准备不足。在灾前缺乏针对各类救援力量的“预编组”方案，未明确不同救援力量的协同关系、指挥隶属与具体分工，导致临机组合时职责不清。日常训练缺乏无指挥协同演练，指挥员与各力量单元无法形成协同默契与应急处置能力^[44]。

2. 有序保障：供给链路梗阻

资源保障是救援行动持续开展的物质基础，核心在于装备与受灾环境的良好适配以及物资供给的精准送达。在“三断”情景下，实施持续且有序调度、保持供应链路畅通、避免处置失序与资源效能虚化，是救援行动持续推进的把控点。2025年贵州省特大洪涝灾害、2024年广东梅州暴雨灾害等案例表明，尽管建立了较为完善的应急物资储备体系与救援装备配置标准，但在“三断”情景下资源保障体系暴露出专用装备缺乏针对性适配、人员防护装备智能化水平滞后、重型物资末端投送能力缺失等深层次矛盾。

装备适配性差，专用设备有缺口。现有救援装备多为面向常规环境设计，缺乏针对“三断”情景的轻量化与便携优化，导致实际任务效能减损。森林灭火、废墟搜救等方面缺乏高效的专用工具，装备标准体系的缺失进一步加剧现场作业的管理难度。

智能化防护不足，“数据沉默”现象突出。具备结构监测功能的智能头盔、便携式模块化抽水站等“轻量化+智能化”的单兵装备严重缺乏，感知与数据回传能力明显不足，无法支撑应急救援科学决策，易将救援人员置于风险境地。

物资投送梗阻，需求信息无法上传，易出现供需错配。断路导致常规运输链条断裂，无法投送重型关键物资。断网致使需求信息无法精准上传，造成资源错配。在极端环境下，“空地协同”的末端投送手段（如强化重型无人机、直升机在断路情景下的吊运能力）缺乏，难以开展物资和装备的精准投送，限制抢险恢复的整体效能。

五、我国应急救援数智治理体系的建设思路

（一）建设目标

面向“十五五”时期，采取系统、韧性、可信

思维，从战略、技术、组织与管理维度出发，构建应急救援数智治理体系，推进应急救援治理体系和能力现代化。在战略维度，将应急救援数智治理作为提升国家应急能力的核心举措，构建高效、智能、协同、可信的应急救援体系并成为应急管理体系的组成部分。在技术维度，将数字技术、AI等前沿技术与应急救援任务需求融合，聚焦应急救援“情—指—行”效能提升，采用“全域感知、抗毁通信、统一指挥、智能决策、协同作战、精准调配”的治理路径，推动技术的全景化、智能化、精准化、边缘化发展，装备的韧性化、轻型化、一体化发展，与“全灾种、大应急”需求适配。在组织与管理维度，以技术可信为基础、制度可信为保障、主体可信为核心、结果可信为目标，确保系统性可信，发挥治理主体协作和共建的能动性，建立跨部门协同机制；加强应急救援方面的队伍建设、公众参与培训。

建设以数据驱动、智能赋能、协同高效为基本特征的现代化应急救援体系，增强应对巨灾大难的系统韧性与精准处置能力。① 发展全域感知，实现多维态势全景化。建设“空天地深”全域覆盖、全时响应的立体感知能力，秒级捕捉并全景式呈现灾害地形重构、灾情演化趋势、受困人员分布、环境参数等。在“三断”情景下，感知体系具备高的环境耐受性与盲区自补盲能力，为指挥中枢提供高保真、全方位的态势底座，达到物理世界与数字孪生全息映射的感知目标。② 应用抗毁通信，保持数据链路韧性化。形成弹性冗余、多网融合的“空天地”一体化应急通信保障能力，实现低轨卫星、无人机中继、自组网等制式链路的无感切换与智能自愈。在基础设施瘫痪场景下，通信网络具备高的抗毁性与随遇接入能力，维持指挥指令与现场数据的高带宽、低延时双向传输，达到极端环境通信“打不散”、关键链路“断不了”的韧性目标。③ 实施统一指挥，确保上下联动一体化。构建“国家—省—市—县—现场”纵向贯通、穿透直达的指挥链条，实现跨层级指令传输的低时滞与零失真。支持指挥中枢对基层末梢、单兵终端的直接调度能力，达到战略意图一键直达、战术响应即时同步的扁平化指挥目标。④ 应用智能决策，确保人机协同智能化。形成“数智模型推荐+专家经验裁决”的离线适配型辅助决策能力，在小样本、数据稀疏条件下开展风险

精准推演与多方案自动生成。在算力受限或断网场景下，决策系统具备本地化推理与可解释性交互能力，破解算法“黑箱”与人工主观局限性，达到决策依据科学可信、方案制定敏捷高效的智能化目标。

⑤ 开展协同作战，推动智能设备边缘化。构建计算能力下沉、单兵装备自主的“分布式作战”能力，支撑救援现场智能装备从云端控制转向边缘自治。在“云端大脑”失联状态下，保障无人机、机器人、单兵终端具备独立的局域感知、路径规划、任务协同能力，达到救援行动就地计算、就地决策、就地闭环的任务目标。⑥ 实施精准调配，确保供需匹配精准化。建立“灾情需求-物资供给”动态平衡与实时映射的资源配置能力，确保对救援物资全生命周期的可视化追踪与智能调度。在道路损毁、物流梗阻的条件下，具备关键资源的最优路径规划、精准末端投送能力，解决错配、漏配、滞后等难题，达到物资按需精准直达、资源效益最大化的调配目标。

（二）治理主体、客体与模式

1. 治理主体与客体

治理主体（决策者、建设者、从业者、受众者）与客体（制度、技术、装备、灾情数据）以动态适配、相互作用、协同联动为治理机制：前者明确自身的职责分工、更新技术需求，后者对应急救援全链条进行赋能实现。

在治理主体中，决策者制定政策标准（如数据共享规范、装备认证体系、科研项目布局、产业化项目扶持），引导技术、装备、灾情数据等客体的发展方向，确保客体符合国家治理现代化要求。建设者依托技术研发与装备制造，将主体需求（如从业者对极端环境装备的需求、受众者对精准预警的需求）转化为客体的功能升级，确保“需求-研发-应用”闭环。从业者在任务应用过程中反馈客体的适配性问题（如装备在“三断”情景下的故障情况、数据在指挥中的实用性），为客体的迭代优化提供依据。受众者通过信息互动（如灾情上报、预警反馈）方式丰富灾情数据等客体的维度与时效性，也以使用体验的形式优化服务类技术等客体，形成“数据-服务-反馈”的持续改进机制。

在治理客体中，技术、装备构成应急救援数智治理体系的“硬件基础”，涉及情报、指挥、行动等环节，需要提高复杂灾害场景中的适应性与可靠

性。灾情数据是应急救援决策制定的重要依据，应形成数据实时获取与动态更新能力，确保数据的真实性、可靠性、安全性；建立统一的信息标准和接口，支持不同渠道信息共享和互操作。

2. 治理模式

应急救援数智治理具有技术赋能、制度创新、法治保障3种模式，三者有机统一、深度融合、循环演进，构成从工具智能迈向体系智能的完整治理闭环，最终形成平战结合、数据驱动、多方协同、安全可控的现代化综合治理体系，支持发展相适应的现代化应急能力。

在技术赋能方面，应用数字技术、AI等前沿技术筑牢数智治理基座，为应急管理提供新工具、新方法、新能力；攻关“三断困境”和技术短板，提升“监测-预警-决策-执行”全链条效能，构建全域感知、抗毁通信、统一指挥、智能决策、协同作战、精准调配的应急救援现代化能力。

在制度创新方面，围绕数智化需求重塑应急管理的流程、组织、规则，构建适应智能流程的组织架构，建立人机协同、数据驱动的新型机制，严守数据安全与AI伦理规范，推动应急现代化治理从被动响应向主动防控转型；建立数智治理效果的动态评估指标体系，开展技术应用、流程优化、组织协同等治理成效评估，结合评估结果及时调整制度和策略。

在治保障方面，完善法律规章体系，明确数据共享、隐私保护、算法应用等环节的处置规则，为数智技术应用于应急领域提供明确依据；明确应急状态下各方的权责边界，推动预案法制化以增强执行力，规范数据共享的范围、标准与时限；构建多方协同的信任框架与运行秩序，为数智治理提供坚实的法规基础与制度威信。

（三）治理体系框架

本研究基于系统融合理论，以解决问题为导向，构建了“战略引领-组织管理-科学技术”并行且融合的应急救援数智治理体系框架（见图1）。

以中国式现代化统领战略方向维度，发挥顶层牵引与方向指引作用，紧扣全灾种、大应急的任务需求，统领情报、指挥、救援行动三大业务体系。战略方向板块向下进行双向渗透：为组织管理维度提供法治保障、确立上下联动的指挥体制，显现权

责边界与运行秩序；为科学技术维度注入制度创新动力，提出“空天地深”全域覆盖的建设要求，确保治理体系始终服务国家公共安全治理大局。

以组织管理为核心维度，位于框架左翼，是治理体系的“软实力”与制度中枢，构成体系运行的“大脑”。在系统融合理论、应急管理理论、韧性理论、风险管理理论等的学理支撑下，在此维度汇聚治理主体的主观能动性，通过“支持-指导-救助-反馈”的闭环互动来优化管理流程。承接战略层的法治要求，重塑“情-指-行”一体化的业务逻辑，打破部门壁垒，为科学技术维度提供具体的任务场景与业务流导向。

以科学技术为支撑维度，位于框架右翼，是治理体系的“硬实力”与创新引擎，构成体系运行的底座。以具身智能、数字孪生、AI、数据分析等为核心工具，将治理客体转化为可计算、可推演的数字资产。响应战略层“空天地深”的建设要求，通过数字化、智能化的技术赋能，向组织管理维度输出边缘计算、AI决策等新能力，支撑管理模式从经

验驱动向数智驱动转型。

3个维度并非孤立运行，而是通过深度互动形成系统合力。战略方向朝下穿透，为其他维度提供目标牵引。组织管理、科学技术维度双向支撑：前者通过“情-指-行”一体化明确业务需求，驱动后者适配任务；后者通过技术赋能，提供能力增量并升级管理模式。相关融合机制最终转化为六大核心能力：感知的多维态势全景化、通信的数据链路韧性化、指挥的指令传导扁平化、决策的人机协同智能化、作战的智能设备边缘化、调配的供需匹配精准化。依托治理理论的学理支撑、治理工具的技术支撑，推动应急救援体系韧性、精准、高效发展以及现代化能力全面跃升。

六、我国应急救援数智治理发展建议

（一）强化数字化监管，提升全域感知和通信兜底保障能力

针对救援现场全域感知“看不见、测不准、用

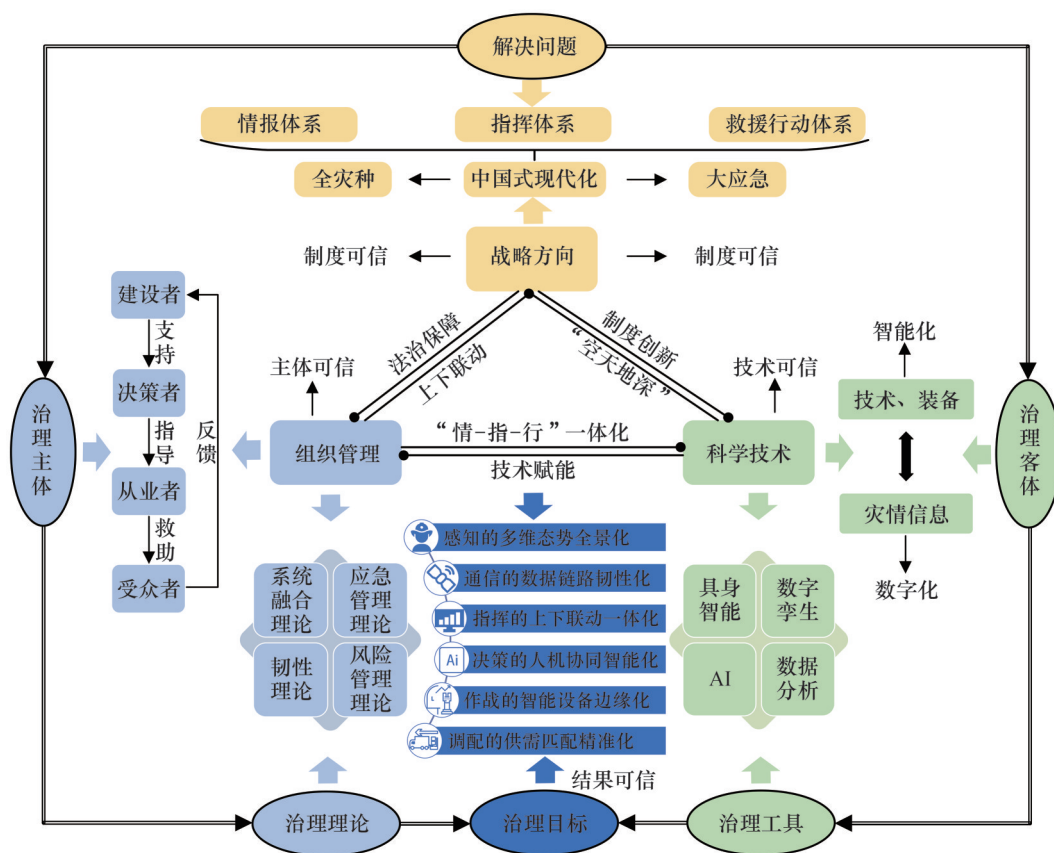


图1 应急救援数智治理体系框架

不上”难题，建议在国家重点研发计划项目中设立精准化的攻关目标：增强高温、高湿、强干扰场景下感知装备的防护等级与抗干扰能力，提升感知装备的极端环境耐受性能；采用优化高分辨率感知装备的复杂环境适配性能、加密偏远区域感知节点部署等方式，强化感知装备全场景、全时覆盖能力与精准性；研发便携化数据读取与加密传输工具，配套轻量化现场数据处理模块，完善离线感知数据“暂存—读取—应用”闭环能力。

针对增强通信兜底能力韧性、解决“最后一千米”“极端盲区”的连续覆盖难题，激励卫星通信、无人机通信、地面专网的技术融合与应用创新，提升“空天地”快速一体化和连续覆盖能力；建立通信技术体系化应用标准、制式兼容技术规范，研发“无源/微功耗+自组网”的极端场景适配技术，实质性提高通信技术体系一体化、低功耗、抗损毁、自组网能力；搭建高通量通信装备骨干链路，支持研发和配置轻量化现场数据处理装备（如弹射式中大型通信侦察无人机），解决灾情侦察、初步分析、同步回传难题；完善专业运维为主、属地化运维为辅的通信保障运维力量，提高末端装备运维水平和任务可用率。

为适配“三断”情景下的任务需求，建议深化应急情报服务体系建设，研发重大自然灾害应急救援情报数智治理关键技术，实施重大自然灾害基层监测预警和风险管控数字化工程。制定应急救援领域情报界定、服务、应用标准，形成支撑“情—指—行”业务链条的应急情报服务体系。

（二）建立应急指挥中枢，提升协同研判和科学决策现代化能力

筑牢面向极端场景的数据底座，制定全国统一的技术标准与接口规范，构建“精准预警+智能决策”驱动的决策支持体系^[45]。① 建立数据动态更新与质量评估机制。针对感知数据设置时效阈值、精度阈值、可信度阈值，实时监测数据质量；自动预警并人工复核超阈值数据，保障灾害核心区、人员密集区、关键设施区的数据精度，维持推演输入数据的真实性；② 依托1949—2024年全国灾害历史数据库、实时监测资源，深入复用成熟项目的数据治理经验，重点研发洪涝、地震、森林/草原火灾等重点灾种的AI预警模型；建立应急算力按需调

度机制，支持应急算力分钟级扩容，形成数据存储与算力支撑能力。③ 突破单一灾种推演局限性，研发多灾种耦合推演模型，构建“气象水文耦合模型+地质灾害演化模型+基础设施损毁模型+人员疏散模型+资源调配模型+次生风险预警模型”一体化推演系统，为精准决策提供科学依据，保障决策输出的预见性、科学性、抗风险能力。

建设“全域贯通+极端适配+任务赋能”的指挥平台体系，提高应急救援的任务合力。贯通应急指挥中枢“数据驱动—科学推演—精准输出”技术链条，增强极端场景下的决策韧性。建立跨部门、跨区域应急协同作战平台，支持灾情态势、救援队伍、物资储备“一张图”可视化展示，提升多主体协同响应能力。在标准化演练平台上基于真实灾情数据库构建极端场景，培育远程指挥、现场指挥应急处置能力。组织多部门协同演练，检验救援编组、资源调配等关键环节，提升指挥中枢任务能力、人机协同效能。复用成熟项目的智能装备协同成果，构建“装备采集—平台分析—指令下发—现场执行”闭环链路，支持应急救援过程中“数据上行、指令下行”实时交互。

（三）推动装备与物资保障数智化融合，强化救援行动任务效能

针对应急救援行动中协同作战体系化准备不足的难题，建议强化“防救并重”核心原则，打破层级壁垒和“信息孤岛”，建立面向各级救援力量的信息服务共享机制。融入大模型、大数据、物联网等信息技术，整合多源监测数据，构建灾前“防得住”的精准监测预警体系。统筹军地优势资源，规划“防救”一体的智能化应急救援装备体系，研制高空侦察无人机、地下搜救机器人等系列化装备，发展“空地协同、天地互联、深浅互补”的装备矩阵，构建灾后“救得了”的智能化救援装备体系。

针对应急救援行动智能化防护不足的问题，建议加强“小、快、轻、智”应急装备研制与基层配备力度，部署无人机集群、智能监测终端等装备；配置一体化指挥平台，贯通监测预警、救援决策数据链路，提升救援各环节的精细化、智能化水平。聚焦高原、高寒等极端环境以及城市密闭空间、高层建筑等复杂场景，攻关耐极端环境防护技术，研发专用救援装备，配套空投型投送装备、模块化运

输载体,破解特殊场景下装备“进不去、用不上、投不快”的难题。建立应急装备标准体系,统一接口规范、通信协议、数据格式,推动装备通用化、系列化、模块化发展,构建“侦察-救援-保障”全链条装备集群,强化多类装备的协同联动能力。建立“产学研用”协同创新与任务测试平台,加速科技成果转化。根据区域灾害特点差异化配置装备,加强基层操作人员技能培训与装备运维保障,形成“研发-配备-应用”闭环体系。

针对保障供给链路梗阻的问题,开展数智化技术联合攻关,建立全国一体化的应急物资保障平台。建立全国应急物资“一张图”可视化管理系统,依托物联网、射频识别、卫星定位等技术,实时感知并动态更新救援物资的关键信息。引入算法增强式智能调度引擎、多维度约束条件,自动生成优化的物资调配方案,支持“需求-储备-运输-分发”全链路资源的整合与统筹。完善应急物资保障网络,建立平时产能储备、应急时转产扩能的平急转换机制,在重点区域布局应急物资生产保障基地,强化应急物资的大范围联动能力。深化应急物资的全球采购合作,构建“国内备份+国际联动”的应急物资保障韧性体系。

(四) 完善产业支撑体系,促进应急数智产业高质量发展

当前,应急数智产业生态薄弱,高质量发展缺乏监测数据支持,需完善产业支撑体系。建议择机设立应急数智产业专项基金,支持智能装备研发、数智平台建设、基层技术改造等,加快数智化技术应用。优化产业空间布局,在应急需求旺盛、技术资源集中区域,建设应急数智产业集群,集聚研发设计、生产制造、运维服务等关联企业,形成核心企业牵引、配套企业协同的产业发展生态。建立应急数智产业统计监测体系,动态跟踪产业规模、技术创新、就业带动等发展指标,为产业高质量发展目标下的政策供给提供数据支持。

针对数智人才“下不去、留不住、用不好”的困局,采取有效有力举措,激活科技与人才支撑应急救援数智化转型的动力。建议行业主管部门牵头,加快建设应急管理、应急指挥、应急决策等学科,提高智慧应急科技创新平台、人才队伍能力水平。开辟应急管理、应急技术专业人才的成长路径

和发展通道,吸引并集聚智慧应急优秀人才扎根应急管理事业。合理采用“边研-边试-边用-边装”方式,开展智能化应急救援装备应用试点并开展以试代训,加快能力形成和人才培养。强化基层应急队伍数智技术培训,稳步提高基层救援队伍的数智化应用能力。

利益冲突声明

本文作者在此声明不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: December 31, 2025; **Revised date:** February 13, 2026

Corresponding author: Sun Baofeng is a professor from the Jilin Engineering Research Center for Intelligent Transportation System, Jilin University. Her major research fields include situation awareness and emergency decision-making. E-mail: sunbf@jlu.edu.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Construction of Intelligent Emergency Rescue System and Industrial Development Strategy” (2024-XZ-03); The National Social Science Fund of China Project (23&ZD138)

参考文献

- [1] 包晓斌. 加快推进自然灾害综合防治体系建设[J]. 群言, 2024(8):33-35.
Bao X B. Accelerate the construction of a comprehensive prevention and control system for natural disasters[J]. Popular Tribune, 2024(8):33-35.
- [2] 刘高峰, 李佳静, 王慧敏, 等. 城市暴雨洪涝灾害链辨识及系统性风险评估[J]. 中国管理科学, 2025, 33(7):222-231.
Liu G F, Li J J, Wang H M, et al. Identification of urban rainstorm flood disaster chain and assessment of systematic risk[J]. Chinese Journal of Management Science, 2025, 33(7):222-231.
- [3] 黄晶, 蔡思琴, 庞甜甜, 等. 基于主体建模的城市暴雨洪涝灾害预警策略仿真研究[J]. 地球信息科学学报, 2024, 26(5):1151-1165.
Huang J, Cai S Q, Pang T T, et al. Agent-based modelling of urban rainstorm flood disaster early warning strategy simulation[J]. Journal of Geo-Information Science, 2024, 26(5):1151-1165.
- [4] 柴瑞瑞, 李纲, 王天华, 等. 智慧应急互助信息平台下灾害救援资源动态配置的微分博弈研究[J]. 系统工程理论与实践, 2025, 45(9):2962-2978.
Chai R R, Li G, Wang T H, et al. Differential game model on the dynamic allocation of disaster rescue resources under the intelligent emergency mutual aid information platform[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2025, 45(9):2962-2978.
- [5] 曹建廷, 赵钟楠, 邢子强. 加强洪涝灾害风险管理的途径研究[J]. 中国工程科学, 2024, 26(6):120-130.
Cao J T, Zhao Z N, Xing Z Q. Approaches to strengthening flood risk management [J]. Strategic Study of CAE, 2024, 26(6):120-130.
- [6] 孟凡君. 发展存短板 我国需推动应急救援体系建设[N]. 中国工业报, 2024-11-11(10).
Meng F J. Weaknesses in development: China needs to advance

- the construction of emergency rescue system[N]. China Industry News, 2024-11-11(10).
- [7] 史培军. 完善防灾减灾救灾体系 提升巨灾风险防范能力[J]. 中国减灾, 2025 (1): 20-21.
Shi P J. Perfecting the disaster prevention, mitigation and relief system and improving the ability of catastrophe risk prevention [J]. Disaster Reduction in China, 2025 (1): 20-21.
- [8] 许欢. 技术与制度的双向赋能: 提升基层应急管理数字化水平[J]. 人民论坛·学术前沿, 2025 (2): 72-82.
Xu H. Bidirectional empowerment of technology and institutions: Enhance the digitalization level of grassroots emergency management[J]. Frontiers, 2025 (2): 72-82.
- [9] 周利敏, 童星. 数字韧性视角下应急管理新模式: 特征、内涵与实践探索[J]. 中国行政管理, 2024, 40(12): 129-140.
Zhou L M, Tong X. Disaster governance innovation from the perspective of digital inclusion: Technological empowerment, fair participation, and indicator construction [J]. Chinese Public Administration, 2024, 40(12): 129-140.
- [10] 陈思. 新时代基层应急能力建设的现实困境与优化路径[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2025, 25(6): 134-142.
Chen S. Realistic dilemmas and optimization path of grassroots emergency response capacity building in the new era [J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2025, 25(6): 134-142.
- [11] 马红. 公共安全应急管理谨防“碎片化”[J]. 人民论坛, 2017 (33): 84-85.
Ma H. Beware of “fragmentation” in public security emergency management [J]. People’s Tribune, 2017 (33): 84-85.
- [12] 应急管理部编写组. 深入学习贯彻习近平关于应急管理的重要论述[M]. 北京: 人民出版社, 2023.
Compilation Group of the Ministry of Emergency Management. Studying and implementing Xi Jinping’s important expositions on emergency management in depth [M]. Beijing: People’s Publishing House, 2023.
- [13] 陈志刚. 可信任的治理——以数字政府推进国家治理能力现代化[M]. 北京: 北京联合出版公司, 2023.
Chen Z G. Trustworthy governance: Advancing the modernization of national governance capacity via digital government [M]. Beijing: Beijing United Publishing House, 2023.
- [14] 张桂蓉, 雷雨, 王秉, 等. 数智赋能的应急情报协同体系研究[J]. 现代情报, 2022, 42(11): 150-157.
Zhang G R, Lei Y, Wang B, et al. Research on emergency intelligence coordination system empowered by data-intelligence [J]. Modern Information, 2022, 42(11): 150-157.
- [15] 张芳. “三断”极端条件下消防应急通信系统的装备与技战术研究[J]. 消防界(电子版), 2025, 11(8): 51-53.
Zhang F. Research on equipment, technology and tactics of fire emergency communication system under the extreme condition of “three breaks” [J]. Xiao Fang Jie, 2025, 11(8): 51-53.
- [16] 吴大明. “三断”等极端条件情景应急保障需求及能力提升建议[J]. 中国减灾, 2025 (5): 10-12.
Wu D M. Demand for emergency support in extreme conditions such as “three breaks” and suggestions for improving capacity [J]. Disaster Reduction in China, 2025 (5): 10-12.
- [17] 周洁. 提高消防信息化支撑能力, 做好“三断”极端条件下应急通信保障[J]. 网络安全技术与应用, 2023 (9): 116-118.
Zhou J. Improve the support ability of fire information, and do a good job in emergency communication support under the extreme conditions of “three breaks” [J]. Network Security Technology & Application, 2023 (9): 116-118.
- [18] 关于《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》的说明[J]. 前进, 2025 (11): 28-32.
Explanation on The Central Committee of the Communist Party of China’s proposal on formulating the fifteenth Five-Year Plan for national economic and social development [J]. Advance, 2025 (11): 28-32.
- [19] 钱学森. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 上海理工大学学报, 2011, 33(6): 526-532.
Qian X S. A new field of science—Open complex giant system and its methodology [J]. Journal of University of Shanghai for Science and Technology, 2011, 33(6): 526-532.
- [20] 陶建群, 许建平, 潘旺旺, 等. 探索应急管理与社会安全新型社会治理路径——清华大学公共安全研究院依托智慧科技护航城市安全发展[J]. 人民论坛, 2020 (14): 100-103.
Tao J Q, Xu J P, Pan W W, et al. Exploring the new social governance path of emergency management and public safety—Tsinghua University Public Safety Research Institute escorts the safe development of the city by relying on smart technology [J]. People’s Tribune, 2020 (14): 100-103.
- [21] 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议[J]. 前进, 2025 (11): 9-27.
Recommendations of the Central Committee of the Communist Party of China on formulating the 15th Five-Year Plan for national economic and social development [J]. Advance, 2025 (11): 9-27.
- [22] 曹飞凤, 陈长辉, 张丛林. 以新质生产力赋能自然灾害防御[J]. 中国应急管理, 2024 (4): 11-14.
Cao F F, Chen C H, Zhang C L. Empowering natural disaster prevention with new productivity [J]. China Emergency Management, 2024 (4): 11-14.
- [23] 郁建兴, 高翔, 王诗宗, 等. 数字时代的公共管理研究范式革命[J]. 管理世界, 2023, 39(1): 104-115.
Yu J X, Gao X, Wang S Z, et al. The research paradigm shift of public management in the digital era [J]. Management World, 2023, 39(1): 104-115.
- [24] 戴翠琴, 杜涛. 空天地一体化应急通信网络中的任务调度研究[J]. 移动通信, 2023, 47(7): 10-20.
Dai C Q, Du T. Research on task scheduling in space-air-ground integrated emergency communication networks [J]. Mobile Communications, 2023, 47(7): 10-20.
- [25] 张勇杰. 灾害治理中社会力量应急协作的网络建构、潜在挑战与策略优化[J]. 行政管理改革, 2024, 9(9): 49-59.
Zhang Y J. Network construction, potential challenges and optimization strategies for social forces’ emergency cooperation in disaster management [J]. Administration Reform, 2024, 9(9): 49-59.
- [26] 汤敏, 刘洋, 姜毓星, 等. 灾害情景下的组织韧性研究进展[J]. 科技导报, 2025, 43(15): 39-48.
Tang M, Liu Y, Jiang Y X, et al. Research progress on organizational resilience in the context of disaster scenarios [J]. Science &

- Technology Review, 2025, 43(15): 39-48.
- [27] Cha Y, White C J, Gonzalez P L M, et al. Assessing the cascading impacts of natural hazards on critical national infrastructure (CNI) using Scotland as a case study[J]. npj Natural Hazards, 2025, 2: 108.
- [28] 邱实. 复合职责: 应急管理机构优化的理念创新与实践进路[J]. 行政管理改革, 2022(10): 75-84.
- Qiu S. Compound responsibilities: Concept innovation and practice route of emergency management organization optimization[J]. Administration Reform, 2022(10): 75-84.
- [29] 张海波, 戴新宇, 钱德沛, 等. 新一代信息技术赋能应急管理现代化的战略分析[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(12): 1727-1737.
- Zhang H B, Dai X Y, Qian D P, et al. Strategic perspective of leveraging new generation information technology to enable modernization of emergency management[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(12): 1727-1737.
- [30] 陈涛, 黄丽达, 陈杨, 等. 公共安全领域工程科技未来20年发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2024, 26(5): 65-79.
- Chen T, Huang L D, Chen Y, et al. Development strategy of public safety engineering science and technology in the next 20 years[J]. Strategic Study of CAE, 2024, 26(5): 65-79.
- [31] 徐玖平, 姜曼丽, 卢毅. 大型水利水电建设项目非常规突发事件应急管理统筹模式[J]. 系统管理学报, 2013, 22(5): 695-707, 714.
- Xu J P, Jiang M L, Lu Y. Integrated model of unconventional emergency management in large-scale water conservancy and hydropower projects[J]. Journal of Systems & Management, 2013, 22(5): 695-707, 714.
- [32] 费立国, 李涛. 数字孪生技术赋能应急决策: 基于理论与应用的综合分析[J]. 行政论坛, 2025, 32(1): 161-176.
- Fei L G, Li T. Digital twin technology empowers emergency decision-making: Comprehensive analysis based on theory and application[J]. Administrative Tribune, 2025, 32(1): 161-176.
- [33] 高质量完成“十四五”规划系列主题新闻发布会 介绍“十四五”时期应急管理改革发展成就[EB/OL]. (2025-09-24)[2026-01-15]. http://www.china.com.cn/zhibo/content_118090910.htm.
- Series of thematic press conferences on the high-quality completion of the 14th Five-Year Plan, introduction to the achievements of emergency management reform and development during the 14th Five-Year Plan period [EB/OL]. (2025-09-24)[2026-01-15]. http://www.china.com.cn/zhibo/content_118090910.htm.
- [34] 张海波, 戴新宇, 彭毅, 等. 新一代信息技术赋能国家应急管理现代化: 基于典型场景的技术预见与政策建议[J]. 中国科学院院刊, 2025, 40(10): 1674-1685.
- Zhang H B, Dai X Y, Peng Y, et al. Empowering modernization of national emergency management with new generation of information technology: Technology foresight and policy recommendations based on typical scenarios[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2025, 40(10): 1674-1685.
- [35] 王景丽, 王谦, 甘露. 提升极端条件应急通信保障能力研究[J]. 信息通信技术与政策, 2023, 49(9): 82-86.
- Wang J L, Wang Q, Gan L. Study on improving emergency communication support capability under extreme conditions[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2023, 49(9): 82-86.
- [36] 朱丽晶. 应急救援新突破 智能装备与数字战场——访应急管理部大数据中心副主任房玉东[J]. 劳动保护, 2025(9): 9-11.
- Zhu L J. New breakthrough of emergency rescue in intelligent equipment and digital battlefield—Interview with Fang Yudong, deputy director of Ministry of Emergency Management Big Data Center[J]. Labour Protection, 2025(9): 9-11.
- [37] Rydén S T, Johansson J, Cedergren A. Governance and interdependencies of critical infrastructures: Exploring mechanisms for cross-sector resilience[J]. Safety Science, 2021, 142: 105383.
- [38] 庄国波, 曹玮桐. 基于韧性理论的突发事件应急通信保障体系构建研究[J]. 南京邮电大学学报(社会科学版), 2021, 23(4): 41-50.
- Zhuang G B, Cao W T. Research on the construction of emergency communication support system based on resilience theory[J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications (Social Science Edition), 2021, 23(4): 41-50.
- [39] Yang D S, Li Q, Zhu F H, et al. Parallel emergency management of incidents by integrating OODA and PREA loops: The C2 mechanism and modes[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2023, 53(4): 2160-2172.
- [40] Barquet K, Englund M, Inga K, et al. Conceptualising multiple hazards and cascading effects on critical infrastructures[J]. Disasters, 2024, 48: 12591.
- [41] 王双燕. 灾害治理中政府部门间的应急信息共享机制[J]. 行政管理改革, 2025(8): 45-55.
- Wang S Y. Information sharing mechanism among government departments in disaster management[J]. Administration Reform, 2025(8): 45-55.
- [42] 文虎, 刘一丹, 郑学召, 等. 极端条件下应急通信系统关键技术[J]. 西安科技大学学报, 2025, 45(2): 224-235.
- Wen H, Liu Y D, Zheng X Z, et al. Key technologies for emergency communication systems under extreme conditions[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2025, 45(2): 224-235.
- [43] 陈利明, 李伟, 陆金周, 等. 面向“三断”背景的应急指挥通信系统探索与实践[J]. 中国应急救援, 2023(4): 54-58.
- Chen L M, Li W, Lu J Z, et al. Exploration and practice of emergency on command and communication system facing the background of “three interruptions”[J]. China Emergency Rescue, 2023(4): 54-58.
- [44] 沙勇忠, 张尧, 曲宗希. 大模型驱动应急响应方案: 生成逻辑与技术路径[J]. 学海, 2025(6): 87-97, 214.
- Sha Y Z, Zhang Y, Qu Z X. Large-scale model-driven emergency response solutions: Generation logic and technical approach[J]. Academia Bimestris, 2025(6): 87-97, 214.
- [45] 钟刚华, 王晟. 数字技术赋能超大城市应急管理合作生产的内在逻辑——以A市应急管理综合应用平台为例[J]. 电子政务, 2025(12): 114-124.
- Zhong G H, Wang S. The internal logic of digital technology empowering the emergency management cooperative production in megacities—Taking the comprehensive application platform of emergency management in a city as an example[J]. E-Government, 2025(12): 114-124.