

高琰, 曾凡雷, 闫琳. 极端天气应急管理协同治理框架及实现路径研究[J]. 水利水电技术(中英文), 2026, 57(1): 104-117. DOI: 10.13928/j.cnki.wrahe.2026.01.008

GAO Yan, ZENG Fanlei, YAN Lin. Research on collaborative governance framework and implementation pathways for emergency management of extreme weather events[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2026, 57(1): 104-117. DOI: 10.13928/j.cnki.wrahe.2026.01.008

极端天气应急管理协同治理框架及实现路径研究

高 琰, 曾凡雷, 闫 琳

(中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081)

摘要:【目的】随着全球气候变化影响,我国极端灾害天气呈多发、频发、重发趋势,给社会发展带来严重危害和损失。研究发现,目前我国极端天气应急管理仍存在“应急管理体制机制有待完善、气象预报预警技术尚有短板、社会综合防灾减灾能力亟需提升”等问题。针对极端天气应急管理协同治理的研究有助于提升我国气象灾害应急管理工作水平。【理论】本文在理论建构方面,提出由“气象预报-政府决策-社会响应”三位一体构成的“三方协同模型”框架,为极端天气协同治理提供了新的思路和解决方案。【方法】提出“四维协同治理架构”,实现从单一主体视角向多元主体协同视角的转变。“四维协同治理架构”从跨体系协同治理机制、数字化治理范式转型、开放式协同创新网络、前瞻性防御制度供给等四个维度进行研究,为极端天气协同治理提供了一种新的思路和模式。【结论】提出极端天气应急管理协同治理的实现路径为:通过“理念前置、预警前置和场景前置”措施推动极端天气灾害防御关口前移;通过“政府内部协同、部门—区域协同和政府—社会协同”措施实现极端天气应急管理高质量应对;通过“互动感应、应急叫应和有效响应”措施促进极端天气应急管理防灾减灾成效最大化。

关键词: 极端天气; 应急管理; 协同治理; 分析框架; 实现路径; 影响因素

DOI: 10.13928/j.cnki.wrahe.2026.01.008

开放科学(资源服务)标志码(OSID):

中图分类号: X43; C939

文献标志码: A

文章编号: 1000-0860(2026)01-0104-14



与作者互动
听语音 | 聊科研

Research on collaborative governance framework and implementation pathways for emergency management of extreme weather events

GAO Yan, ZENG Fanlei, YAN Lin

(CMA Training Centre, Beijing 100081, China)

Abstract: [Objective] Under the influence of global climate change, extreme weather events in China have shown increasing frequency, intensity, and recurrence, posing serious threats and losses to social development. Research has shown that there are still problems in China's emergency management of extreme weather events, including "inadequate emergency management systems and mechanisms, shortcomings in meteorological forecasting and early warning technologies, and the urgent need to

收稿日期: 2025-01-08; 修回日期: 2025-04-15; 录用日期: 2025-04-19; 网络出版日期: 2025-05-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(41801064); 中国气象局软科学研究项目(2023ZDIANXM25, 2025KKXMS19); 中国气象局气象干部培训学院科研项目(2025CMATCZDIAN08)

作者简介: 高 琰(1966—), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事管理决策与科技应用管理研究。E-mail: gaoyan6199@sina.com

通信作者: 曾凡雷(1984—), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事气象灾害风险管理与决策研究。E-mail: 442356134@qq.com

©Editorial Department of Water Resources and Hydropower Engineering. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.

enhance social disaster prevention and mitigation capabilities”. Research on the collaborative governance of extreme weather emergency management can help improve the level of meteorological disaster emergency management in China. [Theory] In terms of theoretical construction, a “tripartite collaboration model” framework composed of “meteorological forecasting-government decision-making - social response” was proposed, providing new insights and solutions for the collaborative governance of extreme weather events. [Methods] A “four-dimensional collaborative governance framework” was proposed to achieve the shift from a single-subject perspective to a multi-subject collaborative perspective. The framework examined four dimensions: cross-system collaborative governance mechanisms, digital governance paradigm transformation, open collaborative innovation networks, and proactive defense system provision, providing a new approach and model for the collaborative governance of extreme weather events. [Conclusion] The implementation pathways for collaborative governance of extreme weather emergency management are proposed as follows: advancing disaster prevention through “conceptual pre-positioning, early warning pre-positioning, and scenario pre-positioning”; achieving high-quality emergency response through “internal government coordination, inter-departmental and inter-regional coordination, and government-society coordination”; and maximizing the effectiveness of disaster prevention and mitigation through “interactive sensing, emergency coordination, and effective response”.

Keywords: extreme weather; emergency management; collaborative governance; analytical framework; implementation pathway; influencing factors

0 引言

全球气候变暖背景下,极端气象灾害呈现多发频发重发趋势^[1-2]。2023年7月的高温天气创造全球历史纪录,联合国秘书长古特雷斯指出,目前地球已经进入“沸腾的时代”^[3]。近年来,我国也频繁发生龙卷、冰雹、高温、干旱、暴雪等各类极端天气气候灾害事件,2021年河南郑州“7·20”特大暴雨^[4]、2023年华北大暴雨^[5]等均创造当地暴雨强度的新记录。频繁发生的极端气象灾害事件给我国经济社会造成较大的人员伤亡和财产损失。河南郑州“7·20”特大暴雨灾害事件发生后,国务院层面开展调查^[6],反映出我国极端天气应急管理体制机制亟待改善,领导干部风险防范意识亟待提升,统筹发展和安全的本领亟待增强。

我国历来高度重视突发事件应急管理工作,极端天气应急管理属于突发事件应对的四大类型之一,随着我国经济社会的发展、科学技术水平的进步、国家治理水平的提升等,我国防灾减灾工作水平也不断提升。以2016年“两个坚持三个转变”防灾减灾理念的提出为标志,我国防灾减灾工作开始从注重灾后应对到注重灾前预防的转变,从应对单一灾害向综合减灾转变,从减少灾害损失向减轻灾害风险转变。2016年12月《关于推进防灾减灾救灾体制机制改革的意见》印发,灾害风险管理和综合防灾减灾成为新时期重要的防灾减灾理念^[7],2018年应急管理部成立标志着我国形成了专门的应急管理综合协调机构^[8]。应急管理是国家治理体系和治理能力的重要组成部分,承担防范化解重大安全风险、及时应对处置各类

灾害事故的重要职责^[9],在实际应急管理中,如何建立更加协调融合的部门间工作机制还需要不断的探索和完善。在学术领域目前已有不少学者开展相关研究,如陈晓春等^[10]分析了新发展理念下的应急管理工作战略问题,李积婷等^[11]研究了公共安全管理中实现风险治理的机制优化问题,刘一弘等^[12-13]结合地方实践研究了基层应急管理制度创新、机制融合等问题,马宝成等^[14]结合技术发展以及制度改革等研究了智慧应急背景下“技术—制度”融合问题,谌舟颖等^[15-16]结合郑州暴雨灾害事件研究了突发事件应急管理工作的碎片化问题,钟开斌等^[17]对党的十八大以来我国的应急管理工作进行了理论阐释,提出是以理念现代化带动体系和能力现代化的过程。高小平^[18]认为,应对极端天气要把握统筹发展和安全、适应气候变化、服务人民生命财产安全等三方面关键因素。国际社会对于应对极端天气灾害也高度重视,联合国提出了《全民早期预警行动计划》,通过提前预警有效降低气象灾害可能的损失^[19-20]。在实施全民早期预警过程中,“社会文化限制、政治不稳定、沟通不畅、技术不足、资金不足、缺乏社区参与”等通常会严重影响早期预警行动的实施^[21]。“加强信息传播技术、完善天气预警响应机制、增强社区防灾韧性”等是提升灾害风险防范水平,降低人员伤亡和经济损失的有效途径^[22-25]。发达国家的早期预警系统建设相对较早,美国等发达国家的早期预警系统建设相对更成熟^[26-28],我国的早期预警系统建设也积累了较好的经验,通过对台风、暴雨等极端气象灾害的应对经验发现,国家早期预警系统的“失灵”往往是由风险意识、预警沟通和响应等因素中的薄弱

环节所致。

目前国内研究大多从宏观层面如突发事件应对、公共安全治理、基层应急管理制度、应急管理实践理论分析等角度开展, 国际社会主要围绕早期预警系统作用的发挥开展研究, 较少从极端气象灾害应对中如何有效发挥各主体的作用的角度开展研究。面对日益严峻的极端天气形势和应急管理挑战, 加强对极端天气应急管理体系的研究, 探索有效的应对策略和协同治理机制, 已成为当前我国亟待解决的重要课题。

1 我国极端天气应急管理实践存在的问题与挑战

近年来, 我国频繁发生各类极端天气气候事件, 从时间分布来看, 一般包括年初强寒潮、春季沙尘暴、汛期极端雷雨大风、龙卷风、台风等, 给社会生产生活造成了较大影响, 尤其是台风、暴雨等极端天气, 往往造成较大的人员伤亡。通过深入剖析我国极端天气应急管理体系的现状与问题, 明确研究方向聚焦于以下关键问题。

1.1 应急管理的体制机制有待完善

在面对极端天气时, 如何优化现有应急管理体制, 打破部门间壁垒, 建立高效的协同联动机制, 实现信息快速传递与共享, 确保各部门在应急响应过程中紧密配合、协同作战, 提高应急管理的整体效率与效果。针对河南郑州“7·20”特大暴雨洪涝灾害和“23·7”京津冀洪涝灾害的研究, 反映出目前我国极端天气应急管理工作存在多主体治理机制问题。(1) 极端天气灾害的预防工作存在措施缺位、力度不足、重视不够、能力欠缺等问题。极端天气防灾减灾重在预防, 但由于预报技术的发展水平问题, 极端天气测报的准确率和提前量尚无法满足应急管理需要, 应急防范存在思想重视程度不够、防灾资源系统整合不足、防灾减灾演练不够等问题, 造成防灾减灾工作被动和低效。(2) 应急决策方案的科学性、可行性、有效性有待提升。决策机制亟待优化完善, 决策成员中气象部门、专家学者的数量和决策权重不足, 应急决策机制缺乏灵活应变能力。(3) 应急预案与现实场景的契合度不高, 应急方案动态调整滞后, 无法满足实际的灾害应对处置需要。(4) 部门间协同不足导致救援行动延误, 物资调配不及时等。以上问题充分暴露了应急机制中存在的短板。

1.2 气象预测预报技术亟待突破

加强气象监测与预报技术的研发与应用, 提高极

端天气预警准确性、时效性和精细化水平, 可以为应急决策提供更加科学、可靠的依据。目前, 我国在极端天气预报方面仍存在一定的局限性, 如预报准确性不够高, 对灾害发生的时间、地点和强度的预测存在偏差, 使得防灾减灾第一道防线关口前移效果难达预期; 气象服务信息无法完全做到精细化、具象化、实用化, 导致灾害响应效果不彰; 预警信息发布覆盖率、针对性等有待提升, 导致公众和相关部门难以及时采取防范措施; 极端气象灾害往往引发次生、衍生灾害, 但是气象与水利、农业、交通、资源等相关部门之间的横向协作相对薄弱, 需要加强各方之间的共同研究。

1.3 社会综合防灾减灾能力需要强化

极端天气防灾减灾工作需要社会组织及民众的共同参与。目前存在的问题包括: 社会公众的防灾减灾意识相对薄弱, 对极端天气的危害认识不足, 缺乏必要的自救互救能力; 社会公众面对极端天气灾害预警的重视程度与响应程度不高, 与发达国家相比, 社会公众参与气象灾害科普、应急演练等活动不足; 社会力量参与应急管理的渠道不够畅通, 机制不够完善, 导致其在灾害应对中的作用未能得到充分发挥; 极端气象灾害的风险转移体系有待完善。极端灾害性天气保险产品相对不足, 有待进一步开发更多的金融手段工具。

2 极端天气应急管理协同治理框架

2.1 构建“三方协同模型”, 推动治理架构再造

“三方协同模型”作为本研究提出的创新治理架构, 通过明确决策部门、气象机构和社会力量的职责和作用, 建立高效的纵向指挥链和横向数据共享机制, 旨在打破传统应急管理中决策部门、气象机构与社会力量之间的壁垒, 构建一个有机协同的治理体系。通过构建“预报-决策-响应”三位一体架构, 为极端天气协同治理提供全新的思路和解决方案。

构建协同治理体系是推进极端天气应急管理治理优化的关键。根据协同理论, 系统协同是指系统间在维系系统存在发展的基础性资源方面给予相互支持^[29-30]。应急管理融合协同治理架构由应急体系、支持体系和响应体系构成(见图1)如下。

气象机构作为专业技术支撑主体, 在“三方协同模型”中扮演着专业技术服务角色, 主要职责是提供准确、及时的气象监测和预警信息, 为决策部门提供决策支撑。同时, 加强气象预报技术的研发和应

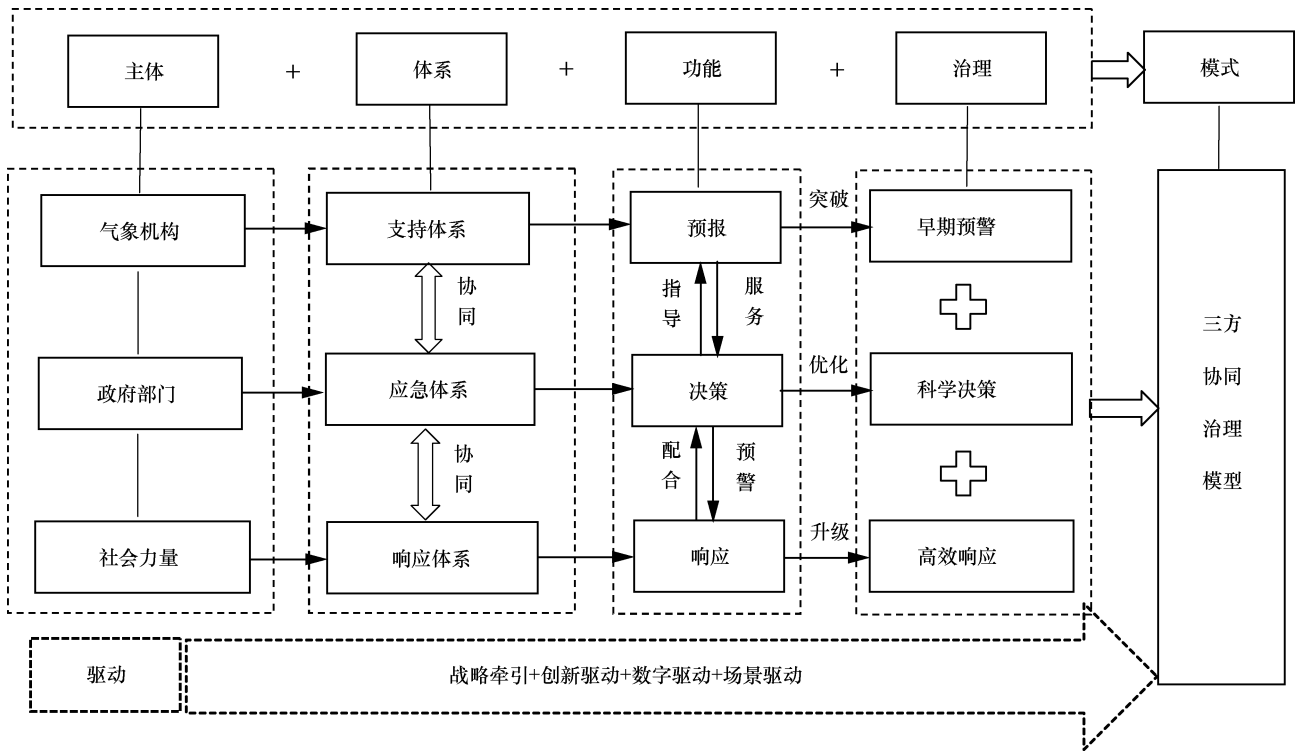


图1 极端天气应急管理三方协同治理模型

Fig. 1 Tripartite collaborative governance model for emergency management of extreme weather events

用,提高极端天气预测准确率和时效性。在“23·7”华北大暴雨洪涝灾害应对过程中,气象部门通过优化观测业务,实时获取气象数据,提前准确地预测了强降雨的时间、强度和范围,为决策部门提前启动应急响应提供了有力支撑;决策部门作为应急管理的主导力量,负责制定宏观政策、统筹协调资源以及做出关键决策。以中央指挥部为最高决策层,下达全面的应急指令。省级研判中心则发挥承上启下的关键作用,自上接收中央指挥部的决策部署,自下为市县执行单元提供具体的行动指导。市县执行单元作为应急管理的最基层,负责将上级的决策和指令具体落实到实际行动中,开展抢险救援、群众转移、物资分发等工作;社会力量的参与是“三方协同模型”的重要组成部分,社会组织具有贴近基层、了解民情、反应灵活等特点,在灾害发生后能够迅速深入灾区,开展救援、救助、心理疏导等工作。如在河南郑州“7·20”特大暴雨灾害中,众多社会组织和志愿者积极参与救援工作,为受灾群众提供了食品、饮用水、医疗救助等物资和服务,帮助受灾群众渡过难关。此外,社会企业拥有丰富的资源和专业技术,能够为应急救援提供物资保障、技术支持和服务。如物流企业可利用自身的物流网络为灾区运送救灾物资,科技企业可利用大数据、人工智能等技术,为灾害监

测、预警和救援提供技术支持。

“三方协同模型”通过分析决策部门、气象机构和社会力量在应急治理中的协同机制,深化对协同治理理论中多元主体合作、资源整合与协调机制的理解,丰富和完善应急管理理论体系。当前极端天气应急治理面临着诸多挑战,如决策信息不畅、响应速度迟缓、社会力量参与不足等。“三方协同模型”提出通过整合三方资源,构建高效的协同机制,解决应急管理面临的实际问题。“预报-决策-响应”三位一体的协同机制是“三方协同模型”的核心运行机制。气象机构的精准预报是整个机制的起点,准确的气象预报为决策部门提供科学的决策依据。通过数据的实时共享,有效打破信息壁垒,使决策部门及时获取准确的气象等辅助信息。决策部门根据预报信息,结合实际情况,制定合理的决策和应急预案,实现对资源的有效调配和救援行动的有序组织。社会力量在决策部门的统一协调下,有序参与,充分发挥其灵活性和专业性优势,填补政府救援的“最后一公里”缺口,提升应急救援的效率和效果。在极端天气应对过程中,三方之间通过建立高效的信息共享平台和沟通协调机制,实现信息的实时传递和交互,确保各方能够及时了解灾害动态和救援进展,协同作战,共同应对极端天气带来的挑战。

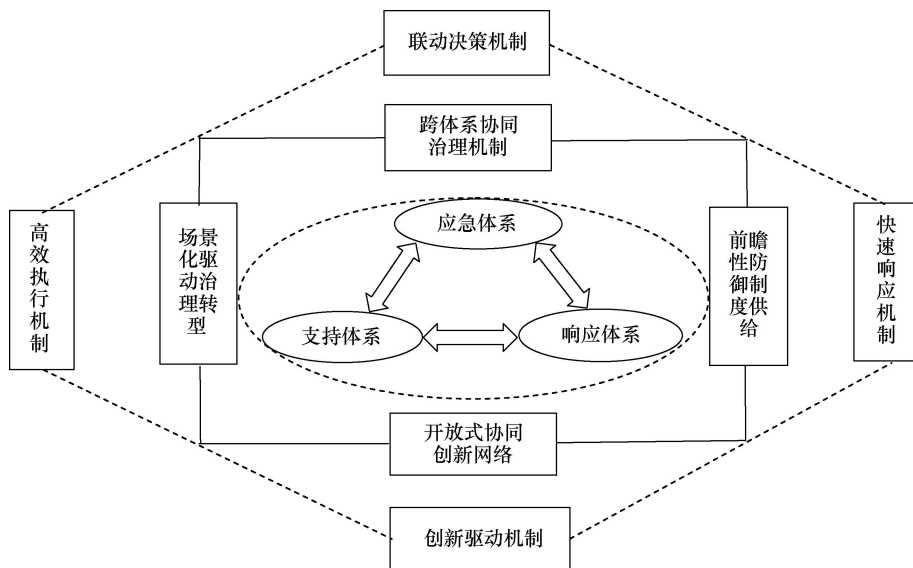


图2 极端天气应急管理“四维协同治理框架”

Fig. 2 “Four-dimensional collaborative governance framework” for emergency management of extreme weather events

2.2 极端天气应急管理的“四维协同治理框架”

“四维协同治理框架”从跨体系协同治理机制、场景化驱动治理转型、开放式协同创新网络和前瞻性防御制度供给等四个维度进行研究,为极端天气协同治理提供了一种新思路 and 模式,如图2所示。

在理论建构方面,“四维协同治理框架”将协同治理理论引入极端天气应急管理领域,强调“体系、场景、科技和制度”四个维度的有机融合,为深入研究应急管理提供了新的视角和方法,丰富和发展了应急管理理论体系。在实践层面,“四维协同治理框架”可为应对极端天气提供切实可行的操作路径。通过建立跨体系协同治理机制,整合政府、市场、社会和公众等多元主体的资源和力量,形成强大的应急合力,提高应急管理的效率和效果;推动场景化驱动治理转型,使应急管理能够根据不同灾害场景的特点精准响应,增强应对灾害的针对性和有效性;打造开放式协同创新网络,借助大数据、AI、物联网等先进技术,提升监测预警、决策支持和救援效率,为应急管理提供强大的技术支撑;实现前瞻性防御制度供给,完善法规、标准和考核制度,推动应急管理从“事后应对”向“事前防御”转变,从根本上降低灾害风险。“四维协同治理框架”的应用,有助于最大程度减少极端天气事件造成的人员伤亡和财产损失,保障基层地区的经济社会稳定发展,维护人民群众的生命财产安全,对于构建“全灾害、全过程、全社会”的现代应急管理体系具有重要推动作用。

2.2.1 跨体系协同治理机制

构建协同治理体系是推进极端天气应急管理治理

优化的关键。协同治理架构中政府部门、气象机构、社会组织分别对应应急体系、支持体系和响应体系。极端天气应对协同治理体系具体包括联动决策协同机制、统一执行协同机制、快速响应协同机制和创新驱动协同机制^[31]四个方面。打通基层治理体系的纵向和横向协同路径,建立纵向应急指挥链和横向数据共享链。

日本在应对极端天气方面,形成了一套成熟的“政府-气象厅-非政府组织(Non-Governmental Organizations, NGO)”协同模式^[32-34],可以为我国在极端天气应对方面提供借鉴经验。在日本模式中,政府在极端天气应急治理中发挥着核心主导作用,负责制定全面的防灾减灾政策和规划。中央政府专门负责统筹协调全国的防灾减灾工作;地方政府则根据上级的政策和指示,结合本地实际情况,制定具体的应对措施,并负责组织实施。气象厅作为专业气象监测和预报机构承担着关键职责。利用先进监测技术和设备,对极端天气进行精准的监测,实时获取气象数据,并通过高效的气象信息发布机制,实现多渠道及时向政府、社会组织和公众发布气象预警信息,为应急决策和公众避险提供重要依据。NGO在日本的极端天气应对中发挥着重要的补充作用,其功能涵盖了救援、救助、心理支持等多个领域,它们能够迅速响应,为受灾群众提供包括生活物资、医疗救助、心理疏导等各种服务。

我国在借鉴日本协同模式时,需要结合我国国情综合考虑,重点围绕两个维度的体系构建。在纵向维

度建立起更加高效、畅通的指挥链体系,进一步明确各级政府在极端天气应急治理中的职责和权限,建立健全统一指挥、分级负责的应急管理体制,加强中央政府与地方政府之间的协调配合,确保在极端天气事件发生时,能够迅速、有效地调动各方资源,形成强大的应急合力。例如,在面对区域性的极端天气灾害时,中央指挥部可以统一协调各省级研判中心的工作,实现资源的优化配置和协同作战;省级研判中心则负责协调本省内各市县执行单元的行动,确保应急响应的高效执行。

在横向维度建立统一的、跨部门的共享数据链体系。建立气象数据与应急资源的“双共享平台”是打破部门数据孤岛难题的关键举措。通过建立统一的数据标准和共享机制,实现气象数据与应急资源信息的实时共享和协同调配。气象数据共享平台能够整合气象部门、水利部门、交通部门等多部门的气象数据,为气象机构提供更全面、准确的气象信息,提高气象预报的准确性和时效性。应急资源共享平台则能够整合应急管理部门、民政部门、医疗部门等多部门的应急资源信息,包括救援队伍、救灾物资、医疗资源等,为决策部门提供实时的应急资源动态,确保在灾害发生时能够迅速调配资源,开展救援工作。例如,浙江衢州江山市建立了“网格+气象”的防灾减灾基层治理模式,在极端天气防灾减灾方面做了有益的探索。通过“网格+气象”防灾减灾应用平台,集成了政府、气象、社会三方资源,实现联动决策、统一执行、快速响应和创新驱动的协同机制和功能,打通了“网格+气象”基层治理体系的纵向和横向协同路径,横向路径畅通了决策协调、信息沟通和数据运行的通路,汇集了气象、水利、交通、住建等高关联性部门行业和运行数据,并贯通基层治理四平台,纵向路径实现监测预报预警信息快速直达和基层应急联动的跟踪服务。

2.2.2 场景化驱动治理转型

极端气象灾害具有种类多、范围广、频率高、损失重等特点,2016年江苏盐城“6·23”龙卷风袭击、2021年河南郑州“7·20”特大暴雨灾害、2021年湖北武汉蔡甸“5·14”龙卷风、2023年华北“23·7”特大暴雨等灾害事件,虽然灾害形式各有不同,致灾因素成因各异,发生场景表现多样,但都存在应急预案与现实场景差距大、契合度不高、减灾效果不彰等突出问题。

针对以上问题,本文提出利用数字技术实现应急管理的数字化转型,为提升应急管理的效率和精准度

提供新的思路和方法。数据驱动的决策模式和场景化的应急应用,能够使应急管理更加科学、高效、精准,更好地应对极端天气带来的挑战。在应急管理中,数据是关键要素。通过建立跨部门的气象大数据平台,整合气象、水利、交通、地质等多源数据,能够实现极端天气的全方位监测和分析。通过实时采集和分析气象数据、灾情数据等信息,能够实现对灾害发展态势的实时监测和预警,及时调整应急响应措施。例如,在气象防灾减灾场景构建方面,中国气象局和广东省政府共同推进气象防灾减灾第一道防线先行示范省建设,联合政务服务数据管理部门开展服务数字政府便民服务场景建设,建设省域治理“一网统管”气象服务专题,接入示范场景建设成果。

场景化应用是数字治理的重要体现。通过构建基于数字孪生技术的灾害场景,能够对极端天气事件进行模拟和推演,为应急预案的制定和优化提供实验场域。通过收集以往各种极端天气事件的数据(特别是气象和地质数据),应用大数据、云计算、人工智能、增强现实(Augmented Reality, AR)等新兴数字技术赋能时空、事件、状态、需求等场景要素^[35-39],将以前难以衡量的场景要素具象化与可视化,实现对特定类型极端天气灾害的精确描述与生动模拟。例如,利用数字孪生技术构建城市洪涝灾害场景,模拟洪水的演进过程,分析不同区域的受灾情况,从而制定针对性的防洪措施和救援方案。此外,通过开发基于移动互联网的应急应用程序,能够实现预警信息的精准推送和公众的快速响应。

应用数字技术实现应急管理流程的优化和再造。强调利用大数据、人工智能、物联网等数字技术,实现应急管理的数字化、智能化和精准化。通过建立应急指挥信息系统,整合各部门的应急资源和信息,实现应急指挥的扁平化和协同化。例如,在应急救援过程中,各救援队伍可以通过应急指挥信息系统实时共享位置信息、救援进展和物资需求等实现协同作战,提高救援效率。同时,利用人工智能技术对海量的应急数据分析和处理,能够快速生成决策建议,辅助应急指挥人员做出科学决策。

2.2.3 开放式协同创新网络

开放式协同创新网络由政府、气象机构和社会力量等多个主体构成,随着创新主体之间合作的纵深发展,技术创新模式逐渐由线性发展为多主体协同互动的模式,创新逐步向系统化、网络化范式转化^[40]。协同创新网络以协同创新论、创新网络等理论为基础,强调了创新主体在技术、信息、组织、知识、资

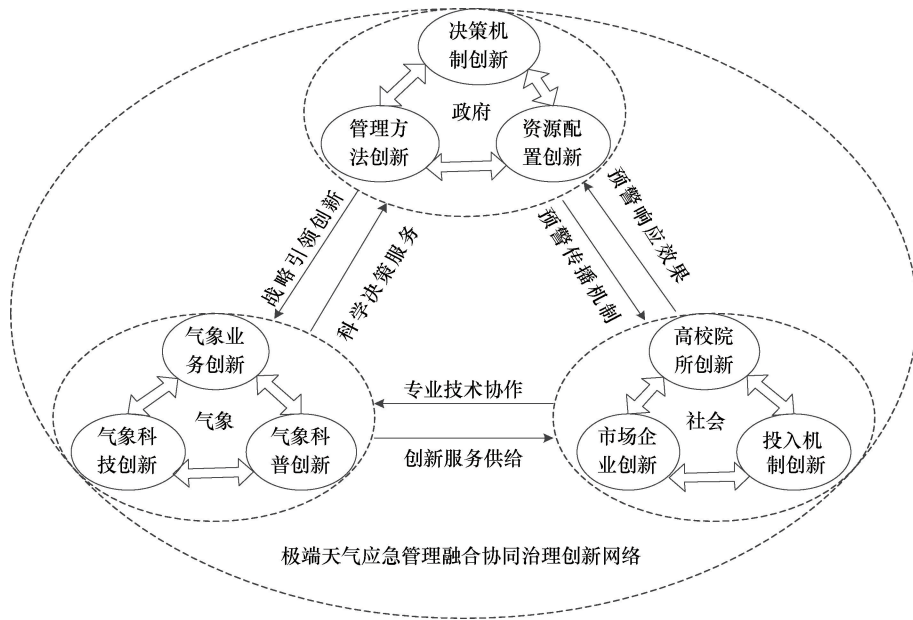


图3 极端天气应急管理融合协同治理开放式创新网络体系

Fig. 3 Open innovation network system for collaborative governance in emergency management of extreme weather events

源、管理等多个元素交互作用下的相互联系、广泛交流和协同合作,是涉及多组织、多层次、多阶段和多要素的动态、复杂开放式创新活动^[41]。开放式协同创新网络突破了传统应急管理中单一主体或简单协作的理论框架,为极端天气应急管理理论研究提供了新的模型和思路,如图3所示。

协同治理开放式创新网络的构建,遵循协同合作、信息共享、资源整合和创新驱动原则,设计了核心网络层、支撑网络层和辅助网络层的结构,建立了沟通协调、信息共享、资源调配和激励约束等协同创新机制。

政府在极端天气应急管理治理体系中扮演着最重要的角色,拥有极端天气应急管理中绝大多数决策资源,在战略规划、政策制定以及资源调配等方面发挥着主导作用。在协同治理开放式创新网络中,作为核心网络层,政府承担着制定政策法规、规划应急管理体系、组织指挥应急行动等重要职责,具有强大的组织协调能力和资源调配权力。气象机构是应急管理中的专业技术支撑力量,拥有先进的监测设备和专业的气象知识。在协同治理开放式创新网络中,作为支撑网络层,气象机构以专业技术见长,汇聚大量的专业技术人才,负责技术研发、预警发布以及专业服务核心工作。在极端天气的气象监测、预报、预警和气象灾害风险评估等方面发挥着重要作用,为政府制定应急管理策略提供科学依据。社会力量包括社会组织、企业和志愿者等,是应急管理的重要补充力

量。作为辅助网络层,社会组织具有灵活性和专业性的特点,拥有丰富的资源和专业技术,能够在极端天气应急管理协同治理开放式创新网络中提供更多的应用型技术创新。

在政府、气象机构和社会力量三方主体间建立制度创新和技术创新“双创范式”。在制度创新领域,建立跨部门、跨领域的协同创新机制,促进政府、气象机构和社会力量之间的深度合作,如建立联合研发中心,共同开展应急管理技术和方法的研究与创新。探索建立市场化的应急管理机制,引入社会资本参与应急管理工作。例如,鼓励企业通过投资、捐赠等方式,参与应急物资储备、应急救援设备研发等工作,提高应急管理的资源保障能力。在技术创新领域,政府部门可以牵头组织协调气象机构和社会力量,推动新技术在极端天气应急管理中的应用,深化数字技术人工智能大模型、大数据技术、物联网技术、5G与6G技术的融合,推动应急管理向智慧化、精准化方向演进。例如,建立联合创新实验室,开发先进数值预报模型,预测极端天气的发生概率和影响范围,提前制定应对措施等。目前浙江省气象局和海康威视联合共建“中国气象局海雾智能观测重点开放实验室”,开展基于物联感知、人工智能等技术的海雾观测机理研究;中国气象局和华为公司达成合作,开展盘古气象预报大模型和数值预报模式之间的优化升级,为我国气象预报水平的提升开辟了新的路径,通过机器学习算法对气象数据进行训练,建立气象灾

害预警模型,提高预警的准确性和及时性;另外,深圳在研究郑州“7·20”特大暴雨洪涝灾害发生地铁倒灌的经验教训基础上,建立地铁精准气象服务系统,联合地铁运营集团联合研发地铁内涝预报预警模型,制订列车限速和停运指引;利用人工智能技术实现气象灾害的智能预警和对救援资源进行优化配置,制定科学合理的救援方案,提高救援效率。

2.2.4 前瞻性防御制度供给

2.2.4.1 修订灾害防御法律法规

在极端天气频发的背景下,推动气象防灾减灾相关法律法规的修订具有紧迫性和必要性。红色预警作为气象灾害预警中的最高级别,意味着灾害的严重性和紧迫性达到了极高程度,对于暴雨、台风等危害性较大的灾害类型,应明确红色预警强制停工停课机制,最大程度保障人民生命安全。2021年河南郑州“7·20”特大暴雨灾害中,调查报告显示,由于前期没有及时采取停工停课措施,郑州城区和西部山区人员死亡的时间段和暴雨发生的时间段都高度吻合。因此,在气象防灾减灾法律法规修订中,应明确暴雨、台风等特定灾种发布红色预警时,各类企事业单位、学校等必须严格执行停工停课指令,对于违反规定的单位和个人,要制定明确的法律责任和处罚措施,以确保法律法规的严肃性和权威性。

2.2.4.2 跨行政区协同治理立法

随着极端天气影响范围的扩大,跨行政区的流域防洪问题日益凸显。2023年7月,受台风“杜苏芮”北上与冷空气共同影响,京津冀地区出现强降雨过程,海河流域发生了流域性特大洪水,致灾近129万人,此次灾害应对过程暴露出区域应急协同无法可依,无章可循,影响灾害应对的效率和效果。莱茵河流经瑞士、法国、德国、荷兰等多个国家,曾经面临严重的污染和生态破坏问题。1950年,相关国家成立了莱茵河国际保护委员会(International Commission for the Protection of the Rhine, ICPR)^[42],通过制定一系列国际公约和行动计划,共同开展莱茵河流域的治理工作,成为国际流域治理的成功范例。

我国在跨行政区流域防洪方面,面临着诸多挑战。不同行政区之间在防洪标准、治理措施、责任划分等方面存在差异,导致在应对极端天气引发的洪涝灾害时,协同治理难度较大。例如,在一些跨流域的河流中,上游地区的防洪措施可能会影响下游地区的防洪安全,而由于缺乏统一的立法和协调机制,上下游地区之间难以形成有效的合作。因此,可以通过借鉴ICPR模式,建立跨行政区流域防洪协同立法,明

确各行政区在流域防洪中的职责和义务,统一防洪标准和规划,加强信息共享和沟通协调。通过立法,建立跨行政区的防洪协调机构,负责统筹协调流域内的防洪工作,制定统一的防洪预案和行动方案,确保各行政区能够协同作战,协力应对洪涝灾害。

2.2.4.3 建立风险评估体系

风险评估是极端天气应急管理的基础环节,通过对各类风险源进行全面、系统的评估,确定风险类型、等级和可能造成的危害,为制定科学合理的应急预案提供依据。目前,极端天气风险评估正从“事后统计”转向“事前预测”,从“单一灾种评估”迈向“多灾种链式分析”。这种转变不仅是技术驱动的结果,更是社会发展对灾害防范提出的迫切要求。

通过构建“数据驱动-AI赋能-制度保障”三位一体评估体系,推动我国极端天气风险评估工作取得更大进展。多源数据融合为风险评估提供全面、准确的数据基础,AI技术应用可以极大地提高评估模型的精度和效率,协同治理机制的建立则可以确保风险评估工作的有效实施。例如,应用多源数据融合技术,利用卫星遥感技术中的合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)监测评估郑州“7·20”暴雨灾情,为救援决策提供可靠依据;利用手机定位数据开展人口动态分析,在台风“烟花”人员疏散模拟中,实时追踪人口的流动轨迹和聚集区域,预测准确率达到89%,有效提升了人员疏散的效率和安全性;应用物联网技术在城市排水管网的关键节点布置传感器,能够实时监测管网内的压力变化,进而推算出积水深度,为城市内涝预警提供高精度的数据支持。未来需重点突破中小尺度模拟技术、完善数据要素市场机制、培育风险评估专业人才,筑牢极端天气应对的“第一道防线”,有效降低极端天气灾害带来的损失。

2.2.4.4 完善风险分散机制

试点巨灾保险证券化是完善风险分散机制的重要举措。巨灾保险证券化是将巨灾保险风险通过证券化的方式转移到资本市场,从而扩大风险分散的范围。由于我国自然灾害频发,巨灾风险对经济社会的影响巨大。例如,2021年7月,河南郑州“7·20”特大暴雨灾害造成河南省150个县(市、区)1478.6万人受灾,因灾死亡失踪398人,直接经济损失达1200.6亿元^[6],保险赔付仅占11.4%。由于传统的保险和再保险方式难以完全分散巨灾风险,巨灾保险证券化便成为一种替代性选择。发行巨灾债券,当约定的巨灾事件发生时,债券投资者可能会损失部分或全部本金,以用于支付保险赔款;这种方式将巨灾风

险从保险市场转移到资本市场,吸引更多的投资者参与风险分担。目前,我国在巨灾保险证券化方面还处于探索阶段,通过试点,积累经验,逐步完善相关制度和机制,能够有效提高我国应对巨灾风险的能力,降低巨灾对经济社会的冲击。

3 极端天气应急管理协同治理的链式治理路径

针对我国极端天气应急管理实践中存在的应急管理体制机制不完善、气象预报技术亟待突破、社会综合防灾减灾能力亟需强化等现实问题,本研究提出“三前置—三协同—三呼应”的链式治理路径,通过理念、预警、场景的前置,政府、气象、社会之间的协同,以及预警与响应、部门与区域、行动与反馈的呼应,形成一个完整的应急管理链条和明晰的灾害应对路径,为极端天气协同治理提供有力支持。

3.1 通过“三前置”措施提升极端天气应对早期预警水平

通过实施“三前置”措施,我国极端天气早期预警体系将实现三大转型:预警时效从“事后应对”转向“事前防控”、技术手段从“经验驱动”升级为“数字孪生驱动”、治理模式从“分散处置”进化到“全链协同”,进而推动我国早期预警技术水平实现跃迁。

3.1.1 理念前置

全面落实“人民至上、生命至上”的价值理念,最大限度地保护人民生命财产安全是极端天气灾害应对的根本宗旨。筑牢气象防灾减灾第一道防线,按照“两个坚持 三个转变”的工作要求,牢固树立“以防为主综合减灾”理念,推动思维转型,实现灾害管理从事中、事后管理向事前预防管理转变,形成符合中国国情、具有中国特色的极端天气应急管理治理模式。例如,2023年7月台风“杜苏芮”登陆期间,中央及时作出重要指示,中国气象局专题部署气象服务工作会议,要求坚持“人民至上、生命至上”理念,坚守了以人民为中心的防灾减灾底线思维和风险思维。

3.1.2 场景前置

通过构建各种不同的灾害场景,建立基于不同场景的气象灾害应急预案,提前制定应对策略和预案。利用数字孪生、虚拟现实、元宇宙等信息技术,对可能发生的极端天气灾害场景进行模拟和推演,分析灾害的发展趋势和影响范围,建立灾害场景具象化演示产品,实现灾害场景模拟推演,并制定针对性的应对

措施。例如,针对城市洪涝灾害,构建城市洪涝数字孪生模型,模拟洪水的演进过程,分析不同区域的受灾情况,提前制定排水、救援等应对方案。

3.1.3 预警前置

预警前置体现了极端天气灾害应对中精准预警机制的重要性,要保证足够的预警时间提前量,需要建立先进的灾害预警系统。美国纽约市的StormSense^[43]洪涝预警系统提供了成功的范例,通过开发社区级“灾害风险热力图”,有效提升预警信息的针对性和有效性。StormSense洪涝预警系统利用地理信息系统(Geographic Information System, GIS)技术,整合城市地形、排水系统、人口分布等多源数据,构建详细的城市洪涝风险模型。通过该模型,系统能够实时分析不同区域在暴雨等极端天气条件下的洪涝风险程度,并以热力图的形式直观呈现出来。

通过借鉴上述国际先进经验,加强多源数据的整合和分析,建立高效的预警信息传播机制,能够实现预警信息与脆弱人群的精准匹配,最大程度地保障人民群众生命财产安全。以我国城市为例,在构建社区级“灾害风险热力图”时,通过整合气象部门的降雨数据、水利部门的水位数据、住建部门的排水管网数据以及民政部门的人口分布数据,建立城市洪涝风险评估模型。根据该模型,绘制出不同区域的洪涝风险热力图,并将其应用于实际的灾害预警工作中。例如,在暴雨天气过程中,通过“灾害风险热力图”,可以提前识别出高风险区域,并向区域内的居民提前发送预警信息。同时,针对居住在高风险区域的老年人和残疾人,社区工作人员进行上门通知和帮助,确保他们能够及时转移到安全地带。通过精准的预警和应对措施,可有效减少灾害造成的损失。

3.2 通过“三协同”措施实现极端天气应急管理的体制机制优化完善

协同推进是极端天气应急管理实现高质量灾害应对的核心工作,协同机制构建是提升应急管理效能的重要手段。通过跨部门与跨区域协同,建立数据共享、联合指挥调度、物资协同保障等机制,实现应急资源的优化配置,提高应急响应的速度和效率。“三协同”具体包括政府内部协同、部门—区域协同和政府—社会协同。

3.2.1 政府内部协同

强调政府各部门之间的协同合作,打破部门壁垒,形成工作合力。建立健全应急管理协调机制,明确各部门在极端天气应对中的职责和任务,加强信息共享和沟通协调。例如,在京津冀洪涝灾害应对中,

水利、气象、交通、应急等部门密切配合, 共同开展灾情监测、抢险救援、物资调配等工作。通过技术驱动转型推动应急管理现代化, 建立数字化应急管理平台, 应用数字孪生、大数据、物联网等技术, 实现应急管理的智能化、精准化, 提升应急决策的科学性和准确性。

3.2.2 部门—区域协同

建立跨部门、跨区域的应急协调机制, 加强信息沟通和资源调配, 共同应对极端天气灾害。资源保障、能力提升和评估反馈是应急管理体制机制优化的重要保障措施。构建多元应急资源体系, 建立中央与地方分级储备制度, 推行“代储协议”模式, 确保应急物资的充足供应, 实现全过程资源共享和优势互补。例如, “23·7”华北极端暴雨灾害中, 在应对跨区域的极端天气灾害时, 京津冀三地下了一盘协同抗洪救灾的大棋。区域内相邻地区的政府部门加强协作, 共同开展救援工作, 共享救援资源和信息。

3.2.3 政府—社会协同

政府通过政策引导、资金支持等方式, 鼓励企业参与应急物资生产、储备和运输, 提供技术支持和服务。企业则根据市场需求和政府要求, 积极履行社会责任, 参与应急管理工作。例如, 在河南郑州“7·20”暴雨灾害中, 物流企业利用自身的物流网络, 为灾区运送救灾物资; 科技企业利用大数据、人工智能等技术, 为灾害监测、预警和救援提供技术支持。政府通过建立健全社会力量参与应急管理机制, 鼓励社会组织和公众参与应急救援、志愿服务、灾害救助等工作。社会组织和公众则发挥自身优势, 积极参与应急管理, 为灾害应对提供支持。例如, 在河南郑州“7·20”暴雨灾害中, 众多社会组织和志愿者积极参与救援工作, 为受灾群众提供帮助和支持。

3.3 通过“三呼应”措施强化极端天气社会综合防灾减灾能力

实施互动感应、应急叫应和有效响应构成的“三呼应”措施, 构建从全民意识培育、预警响应联动到全链条应急响应, 形成一个紧密衔接、高效运行的防灾减灾体系。通过整合各方资源, 加强部门间协同合作, 形成全社会共同参与的防灾减灾格局。在技术创新方面, 加大对人工智能、大数据、物联网等新技术的应用, 提升灾害监测、预警和应急处置的智能化水平; 在机制优化方面, 进一步完善预警响应联动机制、社会力量参与机制等, 提高防灾减灾工作的效率和效果; 在能力建设方面, 加强对防灾减灾基础设施建设和专业人才的培养, 提高公众的防灾减灾意识和

自救互救能力, 推动防灾减灾工作向“全灾种、全链条、全方位”转变。

3.3.1 互动感应

互动感应措施是指通过科普宣传、防灾应急演练以及防灾减灾技能培训等各种不同形式提升全民灾害防范意识。发挥气象专业优势, 加大力度进行防灾减灾科普宣传, 以更接地气的宣传方式, 帮助民众了解、领悟灾害的危险性, 提升灾害防范意识。破除民众“平安无事”的麻痹思想, 避免产生疏于防范的心理。例如, 应用人工智能、元宇宙、AR、VR等新技术进行灾害场景模拟, 给观众呈现最接近现实的灾害场景画面, 让老百姓深切感受到洪水灾害的威胁。

3.3.2 应急叫应

应急叫应是指气象部门与相关涉灾部门通过电话、微信等通信手段, 在高级别气象预警发布后第一时间通知到应急责任人的提醒机制。要求预警信息与应急响应之间实现无缝对接, 确保在收到预警信息后, 相关部门和单位能够迅速启动应急响应机制, 采取有效的应对措施。建立预警响应联动机制, 明确预警信息发布后的响应流程和责任主体, 提高应急响应的时效性。例如, 在“23·7”华北特大暴雨灾害应对过程中, 临城县气象局按照“气象‘喊话’, 联动‘响应’”的战略部署, 由县政府各级组织层层推进应急叫应工作, 在暴雨应对中高效转移了行洪河道周边隐患区的重点人群。由于灾害应对措施得当, 群众响应及时, 响应率达到了100%。

3.3.3 有效响应

有效响应是指涉灾相关部门及公众在接收到气象预警信息后, 及时采取针对性的措施, 从而有效减轻或避免灾害损失的行为机制。在美国卡特琳娜飓风和河南郑州“7·20”特大暴雨等事件中, 预警发布与应急响应衔接不畅, 甚至出现“响应失灵”, 从而加剧了灾害损失。以郑州“7·20”暴雨灾害为例, 预警信息未能有效转化为及时的防范行动, 部分地区未能采取必要的应急措施, 最终导致了严重的人员伤亡和巨大的财产损失。为提高有效响应程度, 首先需要通过立法明确气象灾害预警权威性, 建立极端天气应急动员机制; 其次, 提升极端气象灾害预警发布与传播能力, 通过“点对点、多渠道、多手段”等方式做到预警信息全覆盖; 再次, 完善极端气象灾害预警响应联动机制, 通过科普宣传和应急演练等方式, 提升全社会极端气象灾害防范意识, 形成积极主动配合响应预警要求的自觉。

4 研究总结与展望

4.1 研究总结

本文针对我国极端天气应急管理协同治理实现路径问题开展研究, 通过对我国极端气象灾害应急管理实践中存在的问题和不足进行分析, 结合相关案例的研究, 通过构建“预报-决策-响应”三位一体分析框架, 为极端天气协同治理提供了全新的思路和解决方案。

在理论建构方面, 提出了“四维协同治理框架”, 实现从单一主体视角向多元主体协同视角的转变。“四维协同治理架构”从跨体系协同治理机制、数字化治理范式转型、开放式协同创新网络、前瞻性防御制度供给等四个维度进行研究, 为极端天气协同治理提供了一种创新思路和模式。其中, 将主体协同转化为体系协同, 将“数据+场景驱动”上升为数字治理范式转型, 创新模式由线性化演进为网络化, 以及实现防御制度供给前置。

在治理机制方面, 提出的“三方协同模型”具有一定的制度设计创新。在纵向层面, 建立“中央指挥部—省级研判中心—市县执行单元”的垂直型指挥链, 明确各层级在极端天气应对中的职责和权限, 实现指挥体系的高效运转。在横向层面, 设计气象数据与应急资源的“双共享平台”, 通过建立统一的数据标准和共享机制, 打破部门之间的数据孤岛, 实现气象数据与应急资源的实时共享和协同调配, 有效提升应急响应的效率和效果。

在方法创新方面, 开发“三前置-三协同-三呼应”的链式治理模型, 为极端天气协同治理绘制了一条具有系统性和可操作性的实现路径。“三前置-三协同-三呼应”链式治理模型通过理念、预警、场景的前置, 政府、气象、社会之间的协同, 以及预警与响应、部门与区域、行动与反馈的呼应, 形成了一个完整的应急管理链条和明晰的灾害应对路径, 为极端天气协同治理提供了有力的方法工具支持。

本研究成果对于提升我国极端天气应急管理能力具有一定的理论探索与实践参考价值。在理论上, 丰富和拓展了应急管理领域的研究视角和方法, 可为后续研究提供有益的参考; 在实践中, 提出的相关措施和建议具有较强的针对性和可操作性, 能够为政府部门制定相关政策和规划提供决策依据, 从而提高我国应对极端天气的能力和水平。

4.2 未来展望

从我国极端天气防灾减灾政策环境演进的趋势分

析, 未来国家防灾减灾政策出现明确的战略转向, 即确立“两个坚持、三个转变”作为新时代防灾减灾救灾新理念, “大安全大应急”成为政府防灾减灾工作的战略部署。“两个坚持”中的“坚持以防为主、防抗救相结合”, 强调将预防工作贯穿于防灾减灾的全过程; “坚持常态减灾和非常态救灾相统一”, 旨在打破常态与非常态之间的界限, 实现防灾减灾工作的常态化、长效化。“三个转变”即“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”以及“大安全大应急”的战略部署, 都更加强调了防灾减灾的关口前移和综合减灾的理念。从我国极端天气防灾减灾体系建设的规划布局上来讲, 治理目标出现新的变化趋势。首先, 在未来的政策环境中, 巨灾防范工程作为国家防灾减灾体系的重要组成部分, 需要进行系统性布局, 以提高应对巨灾的能力; 其次, 区域发展战略的协同治理。根据不同区域主体功能定位和发展方向, 以及资源环境承载能力的不同, 对主体功能区进行极端天气应急资源配置; 第三, 城市群建设中的跨域应急协作机制创新。在未来的政策环境中, 需要创新城市群建设中的跨域应急协作机制, 提高城市群应对极端天气灾害的整体能力; 第四, 基层应急管理的政策新要求。网格化管理作为一种创新的基层治理模式, 在极端天气应急管理中具有重要的应用价值。同时, 构建科学合理的基层应急能力评估指标体系, 对于提升基层应急管理水平具有重要意义; 第五, 数字治理技术与政策创新的融合前景。应积极推进大数据、人工智能、区块链等技术在极端天气应急管理中的应用, 搭建多源数据融合的应急指挥平台, 推进区块链技术在应急物资溯源中的应用, 提高应急管理的精准性和效率。还应加强数字技术与政策制定、执行的深度融合, 通过数据驱动的决策机制, 实现政策的科学制定和动态调整, 提升政策的适应性和有效性。未来的研究可以进一步关注数字治理技术在应急管理中的应用效果评估, 以及如何解决技术应用过程中可能出现的数据安全、隐私保护等问题, 为数字技术在应急管理领域的广泛应用提供理论支持和实践指导。

参考文献(References):

- [1] NEWMAN R, NOY I. The global costs of extreme weather that are attributable to climate change [J]. *Nature Communications*, 2023, 14: 6103.
- [2] 陆春晖, 袁佳双, 黄磊, 等. 从 IPCC 看全球盘点中的关键科学

- 问题及其对中国的启示[J]. 气候变化研究进展, 2024, 20(6): 736-746.
- LU C H, YUAN J S, HUANG L, et al. Key scientific issues in the Global Stocktake from the perspective of IPCC and their implications for China[J]. *Climate Change Research*, 2024, 20(6): 736-746.
- [3] 张义桐, 郝增超, 陈阳, 等. 全球多时间尺度复合高温干旱增加[J]. 中国科学: 地球科学, 2025, 55(10): 3321-3332.
- ZHANG Y T, HAO Z C, CHEN Y, et al. Increases in global compound hot droughts across multiple timescales[J]. *Scientia Sinica (Terrae)*, 2025, 55(10): 3321-3332.
- [4] 钟开斌. 从分立到集成: 全域性灾害应对体系建设转型: 基于河南郑州“7·20”特大暴雨灾害的案例研究[J]. 行政论坛, 2024, 30(5): 101-110.
- ZHONG K B. From fragmentation to integration: The system transition of full-scale disasters governance: A case study of the “7·20” extraordinarily heavy rainstorm disaster in Zhengzhou City, Henan Province[J]. *Administrative Tribune*, 2024, 30(5): 101-110.
- [5] 唐永兰, 徐桂荣, 唐国瑛, 等. “23.7”华北特大暴雨过程小时强降水时空分布特征[J]. 大气科学学报, 2024, 47(5): 778-788.
- TANG Y L, XU G R, TANG G Y, et al. Temporal and spatial distribution characteristics of hourly heavy rainfall of the “23.7” heavy rainstorm event in North China [J]. *Transactions of Atmospheric Sciences*, 2024, 47(5): 778-788.
- [6] 新华社. 河南郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告公布[EB/OL]. (2022-01-21) [2025-01-19]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-01/21/content_5669723.htm.
- Xinhua News Agency. Investigation report on “7·20” heavy rainstorm disaster in Zhengzhou, Henan released[EB/OL]. (2022-01-21) [2025-01-19]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-01/21/content_5669723.htm.
- [7] 黄磊, 张明, 李勇. 我国综合减灾体制机制演化及应急管理体系建设[J]. 中国安全科学学报, 2020, 30(9): 5-12.
- HUANG L, ZHANG M, LI Y. Evolution of disaster reduction mechanisms and construction of the emergency management system in China [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2020, 30(9): 5-12.
- [8] 杨月巧, 袁志祥, 孔锋, 等. 中国综合减灾发展趋势研究[J]. 灾害学, 2021, 36(1): 139-144.
- YANG Y Q, YUAN Z X, KONG F, et al. Studies on the development of comprehensive disaster reduction in China [J]. *Journal of Catastrophology*, 2021, 36(1): 139-144.
- [9] 洪毅. 我国应急管理体系和能力现代化的时代意义、着力点和构建路径研究[J]. 中国应急管理科学, 2022(6): 1-9.
- HONG Y. Research on the contemporary significance, key focuses, and construction path of the modernization of China’s emergency management system and capacity [J]. *Journal of China Emergency Management Science*, 2022(6): 1-9.
- Management Science, 2022(6): 1-9.
- [10] 陈晓春, 苏美权. 新发展理念下的应急管理发展战略研究[J]. 治理研究, 2018, 34(4): 74-84.
- CHEN X C, SU M Q. Research on the development strategy of emergency management under the new development concept [J]. *Governance Studies*, 2018, 34(4): 74-84.
- [11] 李积婷. 风险治理视角下的公共安全管理机制优化研究[J]. 中国管理信息化, 2024, 27(4): 224-226.
- LI J T. Research on the Optimization of Public Safety Management Mechanisms from the Perspective of Risk Governance [J]. *China Management Informationization*, 2024, 27(4): 224-226.
- [12] 刘一弘, 李静. 地方政府应急管理制度创新的逻辑机理分析: 以深圳应急管理制度创新实践为例[J]. 行政论坛, 2023, 29(3): 104-114.
- LIU Y H, LI J. Logical mechanism of local government emergency management system innovation: Analysis based on the case of Shenzhen City[J]. *Administrative Tribune*, 2023, 29(3): 104-114.
- [13] 毛庆铎, 陈丽羽. “大安全大应急”格局下基层应急管理机制融合的实践探索: 以山东省东营市垦利区为例[J]. 中国应急管理, 2024(6): 72-77.
- MAO Q D, CHEN L Y. Practical exploration on the integration of grass-roots emergency management mechanism under the pattern of “great security and great emergency”: A case study of Kenli District, Dongying City, Shandong Province [J]. *China Emergency Management*, 2024(6): 72-77.
- [14] 马宝成, 赵怀宇. “一体多元”的治理机制研究: 智慧应急背景下基于“技术—制度”融合的分析框架[J]. 中国应急管理, 2024(5): 54-63.
- MA B C, ZHAO H Y. Research on “one body and pluralism” governance mechanism: Analysis framework based on “technology-system” integration under the background of smart emergency [J]. *China Emergency Management*, 2024(5): 54-63.
- [15] 湛舟颖, 孔锋. 河南郑州“7·20”特大暴雨洪涝灾害应急管理碎片化及综合治理研究[J]. 水利水电技术(中英文), 2022, 53(8): 1-14.
- ZHAN Z Y, KONG F. Study on fragmentation of emergency management during “7·20” extreme rainstorm flood disaster in Zhengzhou of Henan Province and relevant comprehensive treatment [J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2022, 53(8): 1-14.
- [16] 湛舟颖, 孔锋. 透视突发事件应急管理碎片化及其综合治理[J]. 水利水电技术(中英文), 2023, 54(1): 1-13.
- CHEN Z Y, KONG F. Perspectives on the fragmentation of emergency management and holistic governance[J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2023, 54(1): 1-13.
- [17] 钟开斌, 薛澜. 以理念现代化引领体系和能力现代化: 对党的十八大以来中国应急管理事业发展的一个理论阐释[J]. 管理世

- 界, 2022, 38(8): 11-25.
- ZHONG K B, XUE L. Vision-led modernization of system and capacity: A theoretical explanation of China's emergency management development since the 18th CPC national congress [J]. *Journal of Management World*, 2022, 38(8): 11-25.
- [18] 高小平. 应对极端天气要用好三大治理工具[J]. 探索与争鸣, 2022(12): 9-11.
- GAO X P. Three control tools should be used well to deal with extreme weather[J]. *Exploration and Free Views*, 2022(12): 9-11.
- [19] 刘颖杰, 周馥荔, 曹之玉, 等. 联合国全民早期预警行动计划进展[J]. 气候变化研究进展, 2023, 19(4): 530-540.
- LIU Y J, ZHOU F L, CAO Z Y, et al. A review of united nations early warnings for all executive action plan [J]. *Climate Change Research*, 2023, 19(4): 530-540.
- [20] 马丽娟, 袁佳双, 黄磊. 联合国全民早期预警目标下中国气候风险管理前景分析[J]. 气候变化研究进展, 2024, 20(1): 48-61.
- MA L J, YUAN J S, HUANG L. Prospect of climate risks management in China under the framework of UN Early Warning for All Initiative[J]. *Climate Change Research*, 2024, 20(1): 48-61.
- [21] SILLMANN J, RAUPACH T H, FINDELL K L, et al. Climate extremes and risks: Links between climate science and decision-making[J]. *Frontiers in Climate*, 2024, 6: 1499765.
- [22] CHEN B, CHU L X. Decoupling the double jeopardy of climate risk and fiscal risk: A perspective of infrastructure investment [J]. *Climate Risk Management*, 2022, 37: 100448.
- [23] CARRASCO S, OCHIAI C, TANG L M. Social Capital and Community Resilience in the wake of disasters, conflicts and displacements[J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2024, 115: 105049.
- [24] CARMEN E, FAZEY I, ROSS H, et al. Building community resilience in a context of climate change: The role of social capital [J]. *Ambio*, 2022, 51(6): 1371-1387.
- [25] GEIGER G. Catastrophic risk: Indication, quantitative assessment and management of rare extreme events using a non-expected utility framework[J]. *Annals of Operations Research*, 2024, 343(1): 223-261.
- [26] RAMÓN-VALENCIA J A, PALACIOS-GONZÁLEZ J R, SANTOS-GRANADOS G R, et al. Early warning system on extreme weather events for disaster risk reduction[J]. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 2019 (92): 80-87.
- [27] GOLNARAGHI M. Institutional Partnerships in Multi-Hazard Early Warning Systems: A Compilation of Seven National Good Practices and Guiding Principles [M]. Berlin, Heidelberg: Springer, 2012: 115-157.
- [28] AL-WATHINANI A M, BARTEN D G, BOROWSKA-STEFAŃSKA M, et al. Driving sustainable disaster risk reduction: A rapid review of the policies and strategies in Saudi Arabia [J]. *Sustainability*, 2023, 15(14): 10976.
- [29] 徐宏斯, 鲁光杰, 王梦思. 运用“融合管理”创新管理理念[J]. 科技创新导报, 2010, 7(12): 195.
- XU H S, LU G J, WANG M S. Innovative management concept by using “integrated management” [J]. *Science and Technology Innovation Herald*, 2010, 7(12): 195.
- [30] 刘晓峰, 孙静. 协同学视角下大运河国家文化公园与京津冀协同发展的战略互嵌[J]. 东岳论丛, 2022, 43(9): 104-110.
- LIU X F, SUN J. Strategic embedding of the grand canal national cultural park and the coordinated development of Beijing, Tianjin and Hebei from the perspective of synergetics [J]. *Dongyue Tribune*, 2022, 43(9): 104-110.
- [31] 李梅, 张敏. 科技冬奥协同创新网络构建及其对我国科技创新治理体系的启示[J]. 科技管理研究, 2022, 42(23): 30-38.
- LI M, ZHANG M. The construction of collaborative innovation network for high-tech winter olympics and its enlightenment to China's sci-tech innovation governance system [J]. *Science and Technology Management Research*, 2022, 42(23): 30-38.
- [32] 林亦府, 孟佳辉, 汪明琦. 自助、共助与公助: 日本的灾害应急管理模式[J]. 中国行政管理, 2022(5): 136-143.
- LIN Y F, MENG J H, WANG M Q. “Self-help, mutual-aid, and public-aid”: Multiple governance in Japan's disaster management system[J]. *Chinese Public Administration*, 2022(5): 136-143.
- [33] 高婧怡, 翟国方, 胡继元, 等. 新冠疫情背景下日本首都圈灾害风险应对的最新动向及启示[J]. 国际城市规划, 2022, 37(3): 136-145.
- GAO J Y, ZHAI G F, HU J Y, et al. Recent trends and enlightenment on disaster risk response in Japan's capital region in the context of the COVID-19 pandemic [J]. *Urban Planning International*, 2022, 37(3): 136-145.
- [34] 吴敏, 李秀辉. 日本台风应急管理经验对中国防台抗台工作的镜鉴[J]. 浙江海洋大学学报(人文科学版), 2023, 40(1): 30-35.
- WU M, LI X H. The inspiration of Japan's typhoon emergency management experience to China's anti-typhoon work[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Humanities Sciences)*, 2023, 40(1): 30-35.
- [35] ABOUALOLA M, ABUALSAUD K, KHATTAB T, et al. Edge technologies for disaster management: A survey of social media and artificial intelligence integration [J]. *IEEE Access*, 2023, 11: 73782-73802.
- [36] COUGHLAN DE PEREZ E, BERSE K B, DEPANTE L A C, et al. Learning from the past in moving to the future: Invest in communication and response to weather early warnings to reduce death and damage[J]. *Climate Risk Management*, 2022, 38: 100461.
- [37] ISLAM S, WELCH E W. Information technology systems as both contributor to risk perception and adaptive behavior: Public transit

- agencies' response to extreme weather events [J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2024, 115: 105007.
- [38] 邹波, 杨晓龙, 董彩婷. 基于大数据合作资产的数字经济场景化创新[J]. *北京交通大学学报(社会科学版)*, 2021, 20(4): 34-43.
- ZOU B, YANG X L, DONG C T. Scenario-based innovation of digital economy from the perspective of big data-based cooperative assets[J]. *Journal of Beijing Jiaotong University (Social Sciences Edition)*, 2021, 20(4): 34-43.
- [39] 尹西明, 苏雅欣, 陈劲, 等. 场景驱动的创新: 内涵特征、理论逻辑与实践进阶[J]. *科技进步与对策*, 2022, 39(15): 1-10.
- YIN X M, SU Y X, CHEN J, et al. Context-driven innovation: Connotation, theoretical logic and practical approach[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2022, 39(15): 1-10.
- [40] 张路蓬. 基于创新网络的协同创新机制研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2016.
- ZHANG L P. Research on Collaborative Innovation Mechanism Based on Innovation Network[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2016.
- [41] 方炜, 王莉丽. 协同创新网络的研究现状与展望[J]. *科研管理*, 2018, 39(9): 30-41.
- FANG W, WANG L L. Collaborative innovation network; Current situation and future trend[J]. *Science Research Management*, 2018, 39(9): 30-41.
- [42] 王红艳. 欧洲跨界河流共治实践及对推进水治理现代化的启示[J]. *国外社会科学*, 2022(1): 144-153.
- WANG H Y. The practice of transboundary river co-governance in Europe and implications for the modernization of water governance [J]. *Social Sciences Abroad*, 2022(1): 144-153.
- [43] LOFTIS D, FORREST D, KATRAGADDA S, et al. StormSense: A new integrated network of IoT water level sensors in the smart cities of Hampton Roads, VA[J]. *Marine Technology Society Journal*, 2018, 52(2): 56-67.

(责任编辑 王海锋)