

王慧彦,王建飞,刘晓静,等. 2023. 基于情景构建的强震后京津冀地区协同应急机制研究[J]. 地震研究, 46(1): 138–146, doi: 10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0015.

Wang H Y, Wang J F, Liu X J, et al. 2023. Study on regional cooperative emergency response mechanism in Beijing-Tianjin-Hebei region after strong earthquakes based on scenario construction[J]. *Journal of Seismological Research*, 46(1): 138–146, doi: 10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0015.

基于情景构建的强震后京津冀地区协同应急机制研究*

王慧彦¹, 王建飞², 刘晓静¹, 迟晓明¹

(1. 防灾科技学院, 河北 三河, 065201; 2. 中国消防救援学院, 北京 102202)

摘要:为解决强震破坏范围广带来的跨区域应急救援问题,以京津冀地区为例,基于强震情景构建的方法,开展强震后跨区域协同应急需求、内容、任务、机制、保障措施等研究。假定京津冀交界地区发生7.8级强震,其地震参数与1976年唐山7.8级地震一致,基于人员伤亡、建筑物破坏、道路堵塞等情景分析模型,分析北京、天津、河北等地破坏情况,提出震后京津冀地区跨区域协同应急应对需求与任务,构建了应急协同体系分层模型,从应急指挥、应急通信、救援队伍、转移安置、工程抢险、交通管制、医疗防疫和社会治安协同等方面提出了应急协同机制内容与方法。引入了“目标-行动-反馈-调整”质量管理循环模型,构建了京津冀地区跨区域地震应急协同流程,对强震巨灾现场救援行动进行有效管理,提升跨区域地震救援工作的规范性,并针对性地提出了京津冀地区跨区域协同应急机制建设的保障措施。

关键词: 强震; 情景构建; 应急机制; 区域协同; 预案; 京津冀地区

中图分类号: P315.95

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2023)01-0138-09

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0015

0 引言

我国位于世界两大地震带交汇部位,受太平洋板块、印度板块和菲律宾板块的挤压,地震断裂带十分发育,是世界上地震活动最为强烈的国家之一,地震灾害十分严重(邓起东等, 2007)。强震破坏范围广,跨区域应急救援是地震应急救援研究中必不可少的一项问题。当前跨区域应急救援还存在应急机动能力不高、政府综合应急救援机制不健全、应急救援力量联动效率不高等问题,尤其是区域救灾资源的不均衡,如京津冀地区的经济、技术、医疗、人员等发展不均衡的现象,区域发展存在差距。因此,做好跨区域应急救援已经成为现阶段迫切需要加强的工

作,需要通过合理的情景构建方法构建科学合理的协同机制,以达到高效统筹,最大程度地减轻灾害损失。

情景构建是研究突发性灾害事件未来发展最常采用的方法之一(Bengston *et al.*, 2012; 刘棵等, 2013; 王慧彦等, 2016; 王永明, 2019)。国际上,最先开展情景构建研究的国家是美国,自“9·11”恐怖袭击事件之后,美国政府意识到重大灾害事件应急准备的重要性,通过情景构建方法实现了应急能力的分析(王明亮等, 2016)。基于对历史灾害案例事件的梳理、归纳,研究人员将未来可能带来较为严重的风险及挑战的灾害归纳为15种情景,其中自然灾害包括特大地震和大飓风,说明强震灾害情景是自然灾害领域中最为严重的灾害情景之一。

* 收稿日期: 2022-02-28.

基金项目: 国家社科基金“应急管理新体制下京津唐地震巨灾协同应对机制研究”(19BGL243)资助。

第一作者简介: 王慧彦(1971-),教授,主要从事应急管理、地震巨灾情景构建研究工作. E-mail: 958248677@qq.com.

目前,地震情景构建已被广泛应用于很多国家的强震备灾应急工作中,尤其是地震发生频率较高的国家,如尼泊尔、日本等(梁永朵等,2015)。相比于国外,国内开展情景构建工作较晚,但也取得了显著的成果(宗蓓华,1994;史培军,2002;岳珍,赖茂生,2006;张永领,陈璐,2014;王永明,2016;朱伟等,2016)。地震情景构建在我国地震灾害损失预评估方面也取得了很大的进展(徐敬海,聂高众,2009;聂高众等,2012;梁永朵等,2015;王建飞,2015;王建飞,张景发,2018),还制定了《地震灾害预测及其信息管理系统技术规范》(GB/T 19428—2014)。研究人员针对性地开发了相关技术平台(陈洪富等,2013),提高了情景构建的效率与可视化效果。现阶段,我国地震情景构建研究主要集中于灾害事件的后果展示,基于情景获取的灾害后果,开展相关应急策略的修订,进而优化当前的预案(刘铁民,2012)。

随着我国城市规模的不断扩大,区域经济的联系更加紧密,使得地震灾害链的波及范围更加广泛(李湖生,刘铁民,2009)。跨区域应急救援是当前应急管理中重点关注的研究方向,本文引入强震情景构建方法来模拟灾害应急协同机制背景,梳理灾害应急协同机制建设的主要方向和任务。假定京津冀交界地区发生7.8级强震,其地震参数与1976年唐山7.8级地震一致,构建跨区域地震情景,分析

区域协同应急任务,以期为跨区域地震应急准备规划、应急预案管理和应急培训演练等一系列应急管理工作提供支撑和指导。

1 强震情景构建方法和内容

1.1 重大情景构建

情景构建是结合历史已有的案例事件,采用模拟的技术方法实现突发性事件的全景式描述,构架一套完整的、缩小版的灾害发生场景,梳理获取应急任务,评估应急能力(Kahn, Wiener, 1967;刘棵等,2013;罗通元等,2016;朱达邈,2017)。情景设定是对设定的灾害情景进行描述,预测在该灾害情景下的灾区及灾害后果,分析得到相应的应急任务,提出应对对策和方案(王旭坪等,2013;李仕明等,2014)。

以强震事件为例,灾情主要包括地震发生时间、地点、受灾范围、伤亡人数、灾区天气条件、灾区次生地质灾害情况、房屋建筑物破坏情况、公路交通破坏情况、生命线破坏情况、基础设施破坏情况以及经济损失情况等(韩叶良等,2012;齐文华等,2012)。

1.2 地震情景构建

地震情景构建技术方法遵循重大情景构建框架,结合地震灾害的发展和演化规律,可利用“风险—情景—任务”强震情景框架(图1),

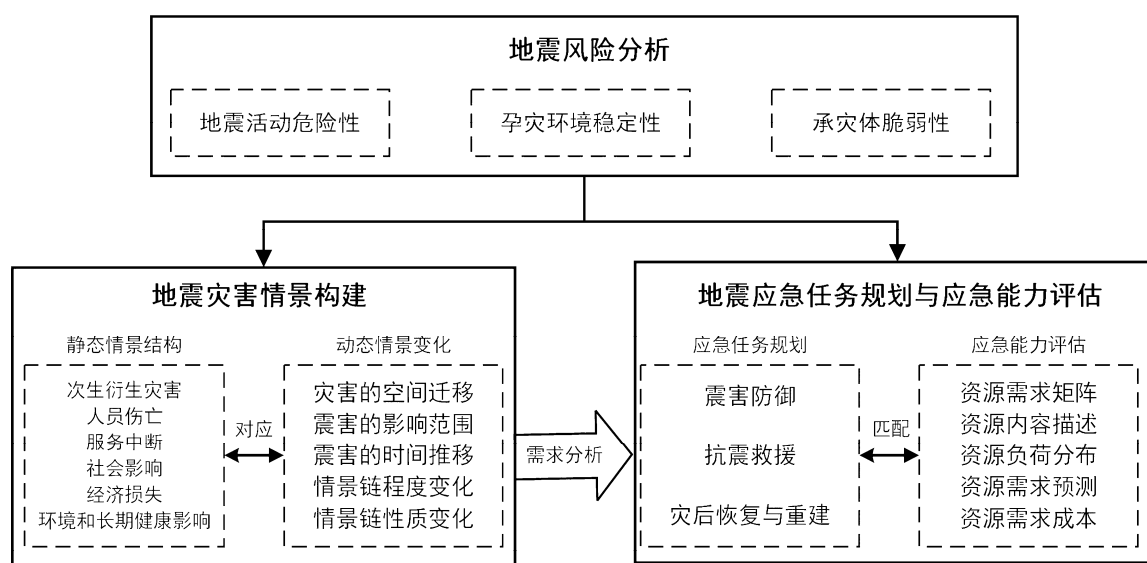


图1 强震情景构建框架

Fig. 1 A framework for building scenarios of major earthquakes

综合地震活动危险性、孕灾环境稳定性和承灾体脆弱性来分析地震带来的综合风险,基于强震灾害情景构建,分析强震可能带来的各类灾害破坏情景,如人员伤亡、经济损失、次生灾害、环境和长期健康影响等,同时也考虑强震灾害带来的动态情景变化,如影响范围、程度、性质变化等。

将消除地震灾害带来的不利情景作为目标,从灾害防御、抗震救援、灾后恢复和重建等应急任务规划出发,构建震后应急应对任务,分析区域应急能力,进而实现区域协同应急的内容与流程(王慧彦等,2016)。

强震情景的一个简单模型可以表示为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} N_1, & c_{11}, & v_{11} \\ & c_{21} & v_{21} \\ & c_{31} & v_{31} \\ & c_{41} & v_{41} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{情景,} & \text{时间,} & (\text{xx 年 xx 月 xx 日 03:42}) \\ & \text{空间} & (\text{东经 xx, 北纬 xx}) \\ & \text{内部属性} & (7.8 \text{ 级, 浅源地震}) \\ & \text{外部关系} & (\text{建筑强关联, 人员伤亡强关联}) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: N 代表地震的不同情景; c 代表地震不同情景的属性特征; v 代表属性值; 情景的时间特征主要包括地震情景发生的时间以及变化时间; 情景内部属性是指灾害本身的机理特性, 如震级、震源深度、地震性质、类型等; 情景的外部关系是指情景与外部环境等的耦合关系, 如地震次生灾害、情景与应急应对任务的关系、情景与余震监测信息的关系等。

2 强震重大情景构建

强震重大情景构建是假定某区域发生强震事件, 同时假定震区次生灾害、震区气象条件等背景信息, 基于此构建情景方法, 探讨震区灾害情况、应急应对等内容。

2.1 强震情景设定

当前常用的震源设置方法有历史震例归纳法和潜在地震模拟法。历史震例归纳法可以通过研究区的历史典型地震复现或者历史地震总结设置震源参数; 潜在地震模拟法是在地震活动危险性评估基础上, 明确潜在地震的发震区域、断层破裂类型、震级, 继而设置情景震源(付泽钰, 翟国方, 2020)。本文假定京津冀交界地区发生 7.8 级强震, 然后设定地震的震中、发震时间、震级、断层破裂类型, 模拟当前城市发展水平下, 地震造成的京津冀地区人员伤亡和社会经济损失。

设定 x 年 x 月凌晨 3 时在京津冀交界地区发生 $M_s 7.8$ ($M_w 7.5$) 地震, 其地震参数与 1976 年唐山 7.8 级地震一致, 震中烈度 XI 度, 震源深度 12 km, 地震破坏范围半径约为 250 km (国家地震

局, 1982)。地震造成北京山区发生大量的滑坡、崩塌等次生灾害, 部分道路被次生灾害破坏。震后震区降雨明显, 有集中降雨, 且山区昼夜温差较大。根据地震应急预案, 京津冀三地政府均启动 I 级应急响应开展地震应急救援。

2.2 地震情景分析

(1) 建筑物破坏

地震造成的建筑物破坏形式包括整体倒塌、部分倒塌、倾斜等, 还有部分建筑物被滑坡或崩塌等次生灾害掩埋(周洋等, 2021; 杜浩国等, 2021), 这也是造成的人员伤亡的主要原因(叶肇恒等, 2016)。

收集地震强度模拟数据和建筑承灾体的内部特征参数等基础资料, 基于建筑物易损性曲线模型, 我们即可评估分析建筑物在假设地震强度下的破坏情况。

(2) 人员伤亡

据统计, 地震造成伤亡的主要原因是建筑物倒塌后压砸室内外居住或活动的人(肖东升, 2009)。许建东等(2008)统计分析了历史震例的人员伤亡类型数据, 得出震后压埋的非死亡人数中, 重伤、中等伤、轻伤的占比分别取 14%、24%、62%。根据京津冀地区人口统计表以及建筑物的破坏情况可知, 预估本次地震共造成 2 039 人死亡, 受伤人数为 8 745 人, 其中 5 098 人轻伤、2 004 人中等受伤、1143 人重伤、14 575 人被压埋。

按照《地震灾害间接经济损失评估方法》(GB/T 27932—2011), 对灾后房屋毁坏、严重破坏的住户 100% 安置; 对房屋中等破坏的住户, 在鼓励投靠亲友的基础上部分安置, 安置比例取

50%。在估计安置人口数量时,把毁坏、严重破坏房屋的全部居住者与中等破坏房屋居住者的一半定为安置人口,其他居民则不属于初期过渡安置人口。通过分析计算得到该地震情景下共需要安置约 550.81 万人。

(4) 城市功能丧失

震后公路、铁路、电力、通信、供电、供水以及供气等生命线工程设施的损坏导致城市基础功能丧失,短时间内难以恢复。基于此地震情景下,假定在地震破坏程度较大的区域或者次生灾害发生较为严重的地区,造成了通信、供电、供气等生命线设施的破坏。

(5) 交通拥堵

地震造成道路交通拥堵的原因主要包括交通设施损坏、山体滑坡导致公路塌方或者被埋、短时间内大量人员聚集等。通过分析京津冀地区的地质灾害风险资料,利用 GIS 软件与道路数据进行空间分析,获取道路破坏风险较大的区段,认定为该地震情景下的道路破坏区域。

(6) 财产损失

地震造成的直接财产损失主要表现为房屋建筑物的破坏以及公路、铁路等生命线工程的破坏(周光全等,2006)。可利用 HAZUS-MH 提出的破坏比模型进行震害经济损失评估,逐一确定其损毁程度和价值损失率,最后求得其实际经济损失。

(7) 疫情影响

强震后,各个地区的灾民安置以及救援队伍,尤其是涉及到跨区域的应急救援队伍,疫情防控工作尤为重要。

3 跨区域应急协同

跨区域地震巨灾应急协同,是一个在极端复杂环境下、需要多领域多层次、有巨大工作任务的协同体系。巨灾应急协同是在极端复杂环境下的综合协同,本文参照基于 Agent 复杂系统建模理论(薛岭等,2004),构建京津冀地区地震应急协同机制框架,如图 2 所示。应急协同体系主要包括灾害情景、支撑环境、协同队伍管理和协同任务 4 部分。支撑环境主要包括当前京津冀地区经济发展、应急资源、应急准备等地震巨灾应对能力;

协同队伍管理指对根据协同需求从其他地区向灾害属地调派的支援队伍的管理,包括队伍规模、技术规格、行动方案、具体行动流程等;协同任务主要包括应急指挥协同、信息协同、救援队伍协同、转移安置协同、工程抢险协同、交通管制协同、医疗防疫协同、社会治安协同,其中应急指挥协同起关键性作用,决定了整体应急协同行动的效率。地震应急响应等级的不同,也会导致协同任务有所差异,需按地震破坏的实际情况及现实需求进行分析。

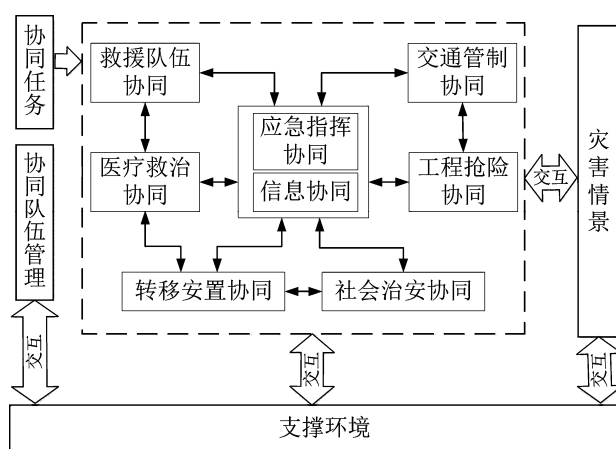


图2 京津冀地震应急协同体系结构图

Fig.2 Structure of Beijing-Tianjin-Hebei earthquake emergency coordination system

3.1 震后应急应对任务

本文采用项目管理中的工作分解结构法,将地震应对任务分解为若干工作包,然后逐一分析每个工作包所需要的资源种类与数量,从而得到整个应急事件中的资源需求,强震巨灾情景分析方法如图 3 所示。通过强震情景构建,获取强震灾害的损失情景,包括直接损失、间接损失和社会影响,构建由应急流程、应急任务、应急任务分解构成的强震震后应对情景,在此基础上,分析应急防御能力和评估应急处置能力,即需要的资源种类和数量,发现区域应急能力的真实差距,从而为后续的应急应对任务规划与部署提供支撑。

震后应急应对任务主要包括余震监测预警、灾情预评估与初判、地震应急响应、搜索营救、疏散与庇护、疫情防控、医学救援、次生灾害处置、灾情评估和现场清理与恢复重建。

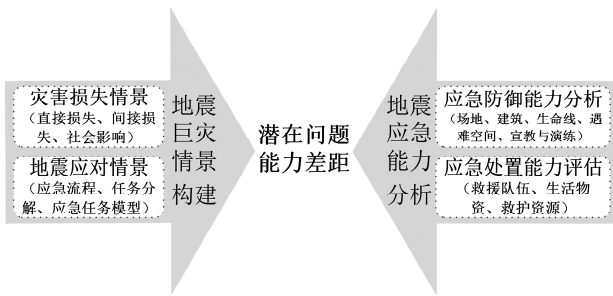


图3 强震巨灾情景分析方法

Fig. 3 Strong earthquake catastrophe scenario analysis methodology

3.2 应急协同内容与机制建设

笔者在应急协同过程分析的基础上,借鉴鲁敏育等(2019)的作战体系能力分析分层模型,基于推演数据的模型实例化方法和模型的体系能力分析方法,构建了应急协同体系分层模型,如图4所示。

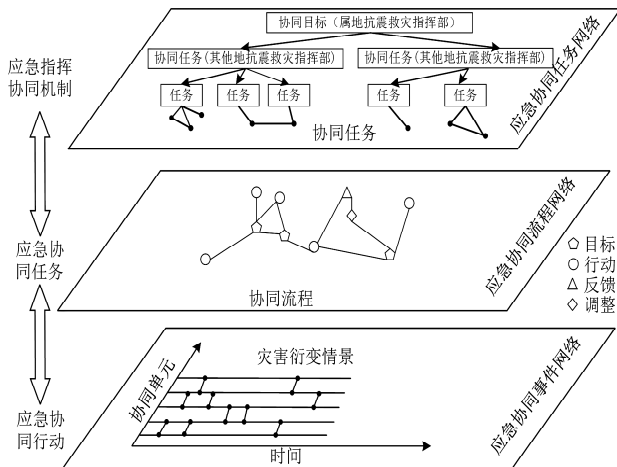


图4 应急协同体系分层模型框架图

Fig. 4 Framework diagram of hierarchical model of the emergency coordination system

应急协同体系模型分为3层,顶层为应急协同任务网络,结合京津冀地区应急管理体制和地震巨灾应对流程,从应急协同目标任务达成和行动效能的角度描述应急协同体系的演化过程;中层为应急协同流程网络,以应急协同活动为基础对体系演化过程进行语义层描述;各协同活动流程中,目标、行动、反馈、调整环节之间是相互联系、相互作用的统一体;底层为应急协同事件网络层,基于灾害衍变事件对体系演化过程进行描述:地震巨灾可能衍生出诸多次生灾害,加之余

震的影响,使灾情异常复杂,协同主体之间的交互性形成应急协同事件网络。

基于上述场景分析,强震跨区域应急协同的内容主要包括应急指挥、应急通信、救援队伍、转移安置、工程抢险、交通管制、医疗防疫和社会治安协同等,如图5所示。跨区域应急协同机制原则应遵循统一指挥与属地为主原则、快速精准原则、应急资源均衡原则、依法规范原则和权责对等原则。

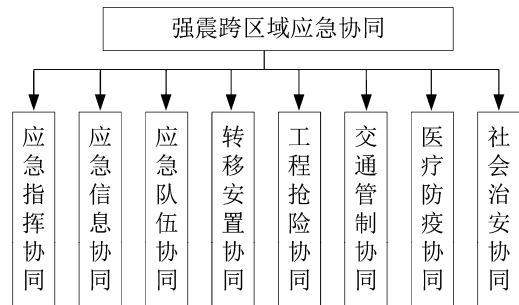


图5 强震跨区域应急协同内容

Fig. 5 Content cross-region emergency coordination for major earthquakes

(1) 应急指挥协同机制

京津冀地区应急指挥协同框架下要重点突出首都圈地震易发区,目标在于地震发生后自动启动响应机制,在保证属地为主的应急救援原则下,协调异地应急力量对重灾区进行协同支援,与现场救援实现高效联动,提高地震巨灾应急救援的效率。在应急指挥上,可按照王慧彦等(2021)研究中的相关规定,进行地震救援和应急协同。

(2) 应急信息协同机制

信息协同需充分利用大数据等先进信息技术,实现灾情信息、舆情信息的快速收集、研判,以及相关信息的公开、传播,做好地震巨灾中的社会舆论引导,达到应急救援最广泛的社会动员效果。该机制的建立可从京津冀地区灾情信息实时共享、信息统一发布机制建立、舆情监测与舆论引导能力提升等三方面做起。

(3) 救援队伍协同机制

地震巨灾发生后,应急救援最紧迫的任务就是人员搜救。可根据地震灾害场景,即人员埋压情况和受灾情况,进行救援队伍需求量估算模型和医疗队伍需求量估算。该机制可从加强京津冀

地区消防救援力量协同建设、完善地震救援军地协同机制、京津冀邻近区域应急协同自动响应的机制建立做起。

(4) 转移安置协同机制

转移安置协同主要包括避难场所指挥管理、避难人员管理、应急物资发放、灾民临时住宿、避难场所医疗防疫、卫生和便民服务以及伤员的转移救治等，可利用 GIS 空间分析技术（如路径分析、缓冲区分析等）给出灾民转移方案，可从构建基础信息平台、京津冀应急避难场所统筹管理、职住分离人员安置、灾后移民安置生活物资供给新模式构建等几个方面考虑。

(5) 工程抢险协同机制

恢复灾区供水，抢修供电设施，提供灾区用电，抢修燃气管道，防止燃气泄漏，抢修通讯线路等，需要京津冀地区之间的协调配合，特别是在三省（市）交界处，相关工程部门应及时沟通，协同处置，确保城市功能不被破坏，同时也保障首都政治功能不受影响。该机制的建立可从京津冀跨区域工程抢险应急预案编制、京津冀生命线应急信息平台专业化研制、专业应急救援队伍专项培训和演练等几个方面综合考虑。

(6) 交通管制协同机制

地震造成的道路破坏容易严重阻碍救援力量和物资的调配，因此，要实现京津冀地区的交通管制协同。可利用 GIS 空间分析技术（如路径分析、缓冲区分析、专家知识分析等）评估灾区交通的通行能力与抢修需求，给出应急管制措施与通行管理机制。该机制可从完善交通管制统一指挥协调机制、地震灾区救援路线规划、空中交通管制、强化京津唐地区交通管制信息共享等几个方向综合考虑。

(7) 医疗防疫协同机制

“大灾之后有大疫”，地震灾区的防疫工作尤为重要，因此医疗防疫需要协同处置。该机制建立可从完善医疗防疫指挥协同机制、地震巨灾医疗救援的常态化建设、区域性空中医疗救援体系建设和遗体处置及疫情防控等做起。

(8) 社会治安协同机制

社会治安协同主要是在震后城市基本功能丧失后维护灾区治安维护疫情防控政策，确保震区平稳度过应急期。该机制可从警务情报信息共享，

社会治安统一指挥平台建设和震后治安防控的联勤联动综合考虑。

3.3 应急协同流程

本文结合地震应急的特征与过程，借鉴质量管理循环模型，引入目标（Target）、行动（Action）、反馈（Feedback）、调整（Adjustment）模型（简称为 TAFE 模型），研究制定了跨区域地震应急协同流程（图 6）。地震应急救援与协同应急流程是一个动态调整与不断循环的过程，基于 TAFE 模型，可将复杂的强震巨灾现场救援行动，按照质量管理的循环模式和一般规律进行管理，有利于应急协同内容与方法的制定，也有利于跨区域地震救援工作的规范性，提高协同应急工作的可操作性。

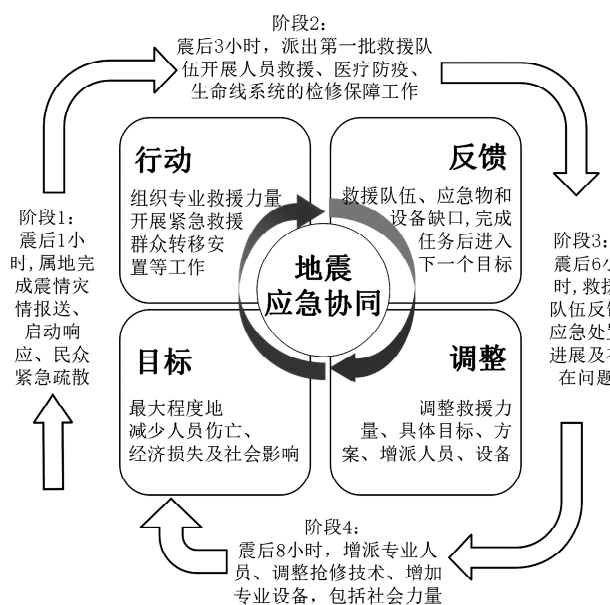


图 6 基于 TAFE 模型的地震应急协同流程

Fig. 6 Collaborative process of earthquake emergency based on TAFE model

(1) 目标：跨区域地震巨灾应急协同的目标是最大程度地减少人员伤亡和社会影响，进而降低经济损失。通过有效的应急协同，实现救援能力的最大化，提高救援效率与能力。

(2) 行动：地震发生后，根据各自的协同机制与预案开展应急行动。组织各类救援力量开展紧急应急救援，实现应急指挥协同、信息协同、救援队伍协同、转移安置协同、工程抢险协同、医疗防疫协同、交通管制协同、社会治安协同等

多个应急层面的协同,同时根据灾害的发展变化趋势以及救援力量的需求,动态地协同调整不同区域、不同部门的救援力量参与应急救援工作,提高应急救援的效率。

(3) 反馈:主要是指信息的获取与共享,包括震区灾情信息、舆情信息、余震信息、救援力量需求信息、不同协同内容存在问题信息等。

(4) 调整:基于获取的反馈信息,结合现场救援能力以及灾情的变化,动态调整救援方案,完善协同方案,持续不断地推进救援工作。

4 结论

强震巨灾事件可能跨越行政区划边界影响到多个行政管辖区。城市群中的核心大城市,是人口经济活动最密集的区域,也是各类风险积聚的区域(赵林度,2009;汪伟全,2013),因此开展基于情景构建的跨区域应急协同研究具有十分重要的意义。本文假定京津冀交界地区发生7.8级强震,分析了假定情景下的地震破坏,确定了京津冀地区震后应急的具体任务,构建了应急协同的机制和协同流程,主要结论如下:

(1) 强震跨区域应急协同的内容主要包括应急指挥、应急通信、救援队伍、转移安置、工程抢险、交通管制、医疗防疫和社会治安协同等。

(2) 以强震协同应急为例进行说明,考虑了所有的应急协同任务与机制,但不同地震震级及响应等级不同,跨区域应急协同的内容、机制有所差异,如地震发生在平原地区,可能不会造成山体滑坡、崩塌等次生灾害,但是会造成喷砂冒水等现象,因此应结合地震破坏真实情况或响应等级来调整或设置协同任务。对于协同的组织主体而言,还是要以地震发生区域为主,其他地区配合协同。

(3) 按照反馈信息、评估需求、调整行动、完善方案的循环模型,可将复杂的强震巨灾现场救援行动进行有效管理,提高协同应急工作的可操作性。

(4) 地震情景构建不是地震预测,而是为了协助人们更好地认识地震影响,进而更好地规划防震备灾的研究手段或工具。情景构建给出的减灾对策、办法,未必是科学技术上最先进的,但

一定是结合实际情况,具有很强的可操作性。

为了确保跨区域协同应急工作的顺利开展,需要制定相应的保障措施,从组织间关系视角出发,提升区域协同的应急能力:

(1) 机制上健全顶层设计。跨行政区域的协同应急离不开顶层的机制设计,可依托区域的发展战略,将应急协同联动机制纳入到发展规划中,确保从机制上实现区域重特大地震灾害时间的监测预警、应急准备、救援处置、转移安置、生活救助等领域的互通协同。

(2) 推进区域应急联动保障平台建设。地震巨灾的协同应急离不开数据的支撑,区域需要以数据为中心,推进区域应急协同联动平台的构建,加强信息通报和协同预警,联合提升区域协同应急的信息支撑能力。

(3) 行动上落实应急协同。应急协同不仅仅是一个规划的口号,需要在地震应急预案、日常的应急培训、灾害应急演练中落实相关行动,开展应急联培、联合演练,组织开展不同类型、不同规模的协同预案演练。

(4) 强化应急处置协同联动资金保障。区域应急协同联动离不开经费的保障,需要建立明确的经费保障机制,确保在重特大地震发生时,应急救援工作可正常开展。为了分散重特大地震带来的经济风险,可借鉴国内外先进的巨灾保险经验,设计地震保险,充分发挥地震保险的风险转移能力。

参考文献:

- 陈洪富,孙柏涛,陈相兆,等.2013.基于云计算的中国地震灾害损失评估系统研究[J].地震工程与工程振动,33(1):198-203.
- 邓起东,卢造勋,杨主恩.2007.城市活动断层探测和断层活动性评价问题[J].地震地质,29(2):189-200.
- 杜浩国,张方浩,卢永坤,等.2021.基于多源遥感影像的2021年云南漾濞 $M_s6.4$ 地震灾区建筑物信息识别与震害分析[J].地震研究,44(3):490-498.
- 付泽钰,翟国方.2020.基于多源数据的厦门市地震灾害风险评估[J].地震研究,43(3):441-448.
- 国家地震局.1982.一九七六年唐山地震[M].北京:地震出版社.
- 韩叶良,苏国锋,袁宏永,等.2012.基于概率情景的多场点系统地震风险分析方法[J].清华大学学报(自然科学版),52(4):540-549.
- 李湖生,刘铁民.2009.突发事件应急准备体系研究进展及关键科学问题[J].中国安全生产科学技术,5(6):5-10.

- 李仕明,张志英,刘棵,等. 2014. 非常规突发事件情景概念研究[J]. 电子科技大学学报(社会科学版),16(1):1-5.
- 梁永朵,姜金征,李莹,等. 2015. 建筑物震害预测方法研究[J]. 华北科技学院学报,12(1):112-117.
- 刘棵,许欢,李仕明,等. 2013. 非常规突发事件应急管理中的情景及情景——应对理论综述研究[J]. 电子科技大学学报(社会科学版),15(6):20-24.
- 刘铁民. 2012. 应急预案重大突发事件情景规划[J]. 中国安全科学技术,8(4):5-12.
- 鲁敏育,司光亚,唐本富,等. 2019. 一种面向作战体系能力分析的分层模型构建方法[J]. 火力与指挥控制,44(9):1-6.
- 罗通元,毛仲强,曾路. 2016. 重特大生产安全事故的情景构建[J]. 安全,(2):29-33.
- 聂高众,安基文,邓砚,等. 2012. 地震应急灾情服务进展[J]. 地震地质,34(4):782-791.
- 齐文华,苏桂武,张素灵,等. 2012. 基于高分辨率遥感的建筑群在地震灾害中的脆弱性和风险分析方法及其应用[J]. 中国地震,28(1):88-99.
- 史培军. 2002. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报,11(3):1-9.
- 王慧彦,王建飞,迟宝明,等. 2021. 京津冀地区大震灾害应急专项预案编制研究[J]. 城市与减灾,(6):7-14.
- 王慧彦,王建飞,张敬军. 2016. 基于情景构建的地震巨灾准备计划框架[J]. 自然灾害学报,25(6):112-119.
- 王建飞,张景发. 2018. 基于情景平衡的地震应急方案生成模型[J]. 安全与环境学报,18(5):1923-1930.
- 王建飞. 2015. 基于情景平衡的地震灾害应急方案形成研究[D]. 焦作:河南理工大学.
- 王明亮,孙静,王亚东,等. 2016. 以情景构建为基础的美国应急预案体系建设对我国应急管理的启示[J]. 医学教育管理,2(2):458-463.
- 王旭坪,杨相英,樊双蛟,等. 2013. 非常规突发事件情景构建与推演方法体系研究[J]. 电子科技大学学报(社会科学版),15(1):22-27.
- 王永明. 2016. 事故灾难类重大突发事件情景构建概念模型[J]. 中国安全科学技术,12(2):5-8.
- 王永明. 2019. 完善与发展重大突发事件情景构建技术方法的核心问题[J]. 中国安全科学技术,15(2):5-9.
- 肖东升. 2009. 基于GIS和CA的地震灾害压埋人员情景分析与评估理论[D]. 成都:西南交通大学.
- 薛领,杨开忠,沈体雁. 2004. 基于agent的建模——地理计算的新发展[J]. 地球科学进展,19(2):305-311.
- 徐敬海,聂高众. 2015. 地震应急决策知识地理本体建模[J]. 地震地质,37(2):588-597.
- 许建东,危福泉,张来泉,等. 2008. 地震人员伤亡与压埋人员评估方法的初步研究——以福建省漳州市区为例[J]. 地震研究,31(4):382-387.
- 叶肇恒,格桑扎西,刘杨. 2016. 地震对四川房屋建筑物的破坏分析和思考[J]. 建筑工程技术与设计,(23):2392.
- 岳珍,赖茂生. 2006. 国外“情景分析”方法的进展[J]. 情报杂志,25(7):59-60,64.
- 张永领,陈璐. 2014. 非常规突发事件应急资源需求情景构建[J]. 软科学,28(6):50-55.
- 周光全,非明伦,施伟华. 2006. 1992—2005年云南地震灾害损失与主要经济指标研究[J]. 地震研究,29(2):198-202.
- 周洋,明小娜,杨健强,等. 2021. 基于已有地震的云南农居易损性矩阵分区研究[J]. 地震研究,44(2):283-291.
- 朱达邈. 2017. 地震灾评推演训练中主要情景的客观度优化研究[D]. 北京:中国科学院大学.
- 朱伟,王晶晶,杨玲. 2016. 城市重要基础设施灾害情景构建方法与应急能力评价研究[J]. 管理评论,28(8):59-65.
- 宗蓓华. 1994. 战略预测中的情景分析法[J]. 预测,13(2):50-51.
- Bengston D N, Olson R L, Devaney L A, et al. 2012. The future of wildland fire management in a world of rapid change and great uncertainty: Overview of a futures research project [C]//Proceedings of 3rd human dimensions of wildland fire. Seattle, WA. Missoula, MT: International Association of Wildland Fire, 34-40.
- Kahn H, Wiener A J. 1967. The year 2000: A framework for speculation on the next thirty-three years [M]. New York: McMillan.
- GB/T 19428—2014, 地震灾害预测及其信息管理系统技术规范[S].
- GB/T 27932—2011, 地震灾害间接经济损失评估方法[S].

Study on Regional Cooperative Emergency Response Mechanism in Beijing-Tianjin-Hebei Region after Strong Earthquakes Based on Scenario Construction

WANG Huiyan¹, WANG Jianfei², LIU Xiaojing¹, CHI Xiaoming¹

(1. *Institute of Disaster Prevention, Sanhe 065201, Hebei, China*)

(2. *China Fire and Rescue Institute, Beijing 102202, China*)

Abstract

To solve the problem of cross regional emergency rescue caused by the wide range of strong earthquake damage, a coordinated emergency mechanism after the strong earthquake in Beijing-Tianjin-Hebei region is constructed to effectively integrate it into the framework of the coordinated development of Beijing-Tianjin-Hebei. This paper proposes a method based on the construction of a strong earthquake scenario to carry out research on the content, tasks, and guarantees related to cross-regional collaborative emergency response after an earthquake. It is assumed that a strong earthquake like the 1976 Tangshan earthquake with $M_s = 7.8$ recurred in the border area between Beijing, Tianjin and Hebei, (the seismic parameters are the same as the Tangshan earthquake). We set the scenario of the earthquake and the damage in the disaster area, based on which we analyze the emergency response tasks and build a collaborative emergency response framework in terms of emergency command, emergency communication, rescue teams, relocation and resettlement, engineering rescue, traffic control, medical prevention and epidemic prevention and social security coordination, and build a "goal-action-feedback-adjustment" model to analyze the collaborative emergency response process. The relevant results of this paper can support the construction of cross-regional collaborative emergency response mechanism and task allocation, and enhance the cross-regional comprehensive emergency response capability.

Keywords: strong earthquake; scenario construction; emergency response mechanism; regional coordination; preplanning; Beijing-Tianjin-Hebei region