

地震应急措施的有效性评估与优化研究

高浩伦, 刘德稳*

西南林业大学土木工程学院, 云南 昆明

收稿日期: 2026年6月13日; 录用日期: 2026年7月5日; 发布日期: 2026年7月14日

摘要

地震灾害作为一种突发性强、破坏力大的自然灾害, 对社会系统构成严峻挑战。构建科学的地震应急措施并实施系统性的有效性评估, 是提升灾害韧性与降低损失的关键路径。本文聚焦于地震应急措施的有效性评估与优化研究, 融合管理工程视角, 引入组织协同效率、资源配置动态性、技术集成度及制度响应弹性等核心维度。在梳理国内外应急管理理论的基础上, 针对当前地震预警精度不足、救援响应延迟、物资调配失衡及信息传播滞后等问题展开剖析, 尤其关注跨部门协调机制薄弱、应急资源调度模型僵化及公众参与机制缺失等管理短板。据此, 构建涵盖时间响应效率、空间覆盖广度、资源利用效能、组织协调能力和技术支撑水平的多维评估指标体系, 并结合典型震例开展实证分析。进一步提出优化路径, 包括完善多层级联动响应架构、推进智能应急装备体系建设、强化基于风险区划的动态资源配置机制, 以及健全全民防灾教育与演练制度。研究成果可为提升我国地震应急管理体系的系统性、精准性与适应性提供理论支撑与实践指引。

关键词

地震应急, 有效性评估, 应急管理, 灾害响应, 优化策略, 组织协同, 资源配置, 技术集成

A Study on the Evaluation and Optimization of the Effectiveness of Earthquake Emergency Measures

Haolun Gao, Dewen Liu*

College of Civil Engineering, Southwest Forestry University, Kunming Yunnan

Received: June 13, 2026; accepted: July 5, 2026; published: July 14, 2026

*通讯作者。

文章引用: 高浩伦, 刘德稳. 地震应急措施的有效性评估与优化研究[J]. 管理科学与工程, 2026, 15(4): 777-788.
DOI: 10.12677/mse.2026.154076

Abstract

Earthquake disasters, as a kind of sudden and highly destructive natural disaster, pose a severe challenge to the social system. Developing scientific earthquake emergency measures and conducting systematic effectiveness evaluations are the key paths to enhance disaster resilience and reduce losses. This paper focuses on the effectiveness evaluation and optimization research of earthquake emergency measures, integrating the perspective of management engineering, and introducing core dimensions such as organizational coordination efficiency, dynamic resource allocation, technical integration, and institutional response elasticity. Based on the review of domestic and international emergency management theories, it analyzes current issues such as insufficient earthquake early warning accuracy, delayed rescue responses, imbalanced material allocation, and lagging information dissemination. In particular, it pays attention to management weaknesses such as weak cross-departmental coordination mechanisms, rigid emergency resource scheduling models, and the absence of public participation mechanisms. Based on this, a multi-dimensional evaluation index system covering time response efficiency, spatial coverage breadth, resource utilization efficiency, organizational coordination ability, and technical support level is constructed, and empirical analysis is conducted based on typical earthquake cases. Further optimization paths are proposed, including improving the multi-level linkage response framework, promoting the construction of intelligent emergency equipment systems, strengthening the dynamic resource allocation mechanism based on risk zoning, and establishing a system for public disaster prevention education and drills. The research results can provide theoretical support and practical guidance for improving the systematicness, accuracy, and adaptability of China's earthquake emergency management system.

Keywords

Earthquake Emergency Response, Effectiveness Evaluation, Emergency Management, Disaster Response, Optimization Strategy, Organizational Coordination, Resource Allocation, Technology Integration

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 绪论

1.1. 研究背景及意义

地震是一种突发性强、破坏力大的自然灾害,给人们的生活带来巨大的影响。根据中国地震局的数据,从2019年到2023年,我国发生5.0级以上地震210多次,造成直接经济损失超过300亿元。而在世界范围内,近五年来地震灾害每年造成的经济损失约为150亿美元,死亡人数超过8000人。由于城市化的发展以及人口的增长,地震灾害的风险也在逐渐增大。目前我国地震应急工作还存在一些问题,如反应速度慢、资源分配不合理、各部门之间配合不够等,这些都大大降低了地震应急工作的效率。所以,对地震应急工作进行科学评价并加以改进,对于减少地震带来的损失、增强社会抗灾能力是非常有必要的,也是完善我国应急管理体系、保护人民群众生命财产安全的迫切要求。

1.2. 研究目的

本论文主要通过对科学合理的地震应急措施有效性评价指标的研究,对我国目前地震应急管理工作

进行梳理总结并找出不足之处, 从而提出改进意见, 以期提高我国地震应急响应水平。由于我国地震监测预警技术和应急管理体系日益健全, 需要有一个合理、公正的标准来评价地震应急措施的效果。通过对地震应急措施在预警发布、救援调度、资源配置等方面的工作流程进行研究, 找出影响应急效率的问题所在, 然后给出相应的解决办法, 从而达到提高我国地震应急管理水平的目的, 以保护人民的生命财产安全和社会稳定。

1.3. 国内外研究现状

1.3.1. 国外研究现状

国外在地震应急措施有效性评估与优化研究方面起步较早, 有比较完善的相关理论和实践经验。对于地震防护技术, 国外学者对地震预测与灾害预防的联合优化问题也做了大量的工作。Davis 等人通过一个假设的供水系统示例, 展示了基础实施管理者如何利用地震预测来采取适当的预防措施, 以避免重大损失[1], 对地震应急防护措施的技术改进起到一定的促进作用。这些工作说明国外在地震工程技术措施的定量化评估上已经有了比较成熟的方法和评价标准。

在应急管理体系构建上, 美国、日本等经常发生地震的国家有着较为成熟的地震应急预案以及响应机制, 重视从整体上评价各种应急措施之间的配合程度及有效性。这些国家在地震应急演练、公众教育、救援队伍组建等方面都有较好的经验, 有了一套比较完善的评估标准以及改进办法。同时, 国外研究更加强调利用现代信息技术, 用数值模拟、大数据分析等方式对应急措施效果进行定量分析, 以便更好地指导应急预案不断完善。

1.3.2. 国内研究现状

我国对地震应急措施的有效性评估以及改进工作开展较晚, 但是由于汶川地震等大型灾害发生后, 这方面的研究发展迅速。史培军、张欢以汶川地震为例[2], 总结出我国处理大规模灾害的方法及经验教训, 为以后地震应急工作打下良好基础。而研究发现, 我国已经建立了一套比较完善的地震应急响应系统, 但是如何对这些应急措施进行合理评价并不断改进是今后需要解决的问题。这方面的研究对于我国地震应急管理理论体系建设具有重要意义, 也给以后的研究者指明了方向。

在地震应急准备能力评估方面, 国内学者也做了大量工作。郭涟漪提出了城市地震灾害应急准备能力评估模型[3], 制定了较为完善的城市地震应急准备能力评估方法, 为城市地震应急能力的评价提供了一种有效手段。通过对多个角度进行考虑, 对城市地震应急准备能力进行了较为全面的评价, 有利于提高应急措施的有效性。另外, 袁海良对成都市地震应急预案进行了研究[4], 总结出地方政府在制定地震应急预案过程中的一些做法, 对当地地震应急预案的改进具有一定的借鉴意义。

地震应急避难场所规划与选址研究是众多学者关注的热点问题之一。王祎颖基于多种影响因素进行地震应急避难场所选址分析[5], 在此基础上提出一个兼顾人口分布、交通状况、地质条件等因素的地震应急避难场所选址模型, 对合理设置应急避难场所起到一定的指导作用。这对提升应急避难效率以及合理配置资源都有很大帮助, 也为城市地震应急空间规划提供参考。而这一研究方向的发展也说明我国在地震应急设施规划上已经取得很大进步。

在专业领域地震应急对策的研究上, 我国学者根据不同的行业特点进行了大量的研究工作。李文浩结合地震区铁路 T 梁预制施工的特点[6], 总结出施工中存在的问题以及解决这些问题的方法, 对交通基础设施建设中的地震应急起到积极的作用。梁志勇研究了大连填海区地铁建设场地的震陷情况及其防治对策[7], 对特殊地质条件下地铁建设具有重要的借鉴意义。张晓宇对连续刚构桥施工过程中地震作用的影响进行了研究[8], 对桥梁工程的地震应急起到积极的作用。

近年来, 随着韧性理论以及现代信息技术的应用和发展, 我国地震应急工作也出现了一些新变化。

汤敏等人从韧性角度出发[9], 对青藏高原地震灾害应对措施进行了探讨, 在此过程中提出了韧性城市概念应用于地震应急管理, 对于提高地区抗灾能力具有积极意义。金文广等人提出了数据中心接入情况下如何提高能源站抗灾能力的方法[10], 说明了现代化基础设施对于地震应急的重要性。谢启光对江西村镇房屋进行了抗震性能分析以及地震应急救援对策的研究[11], 重视农村地区地震应急问题。畅通、郭志宇分别从城市应急基础设施安全韧性评估以及基于视频监控震害快速评估技术等方面进行尝试[12][13], 李文倩则主要研究大型地下洞室群地震安全性评价及对策[14], 这些工作都促进了我国地震应急技术进步。

1.3.3. 综述点评

通过对国内外地震应急措施有效性评估与优化研究现状进行总结归纳, 可以看出该领域已经形成较为系统的理论体系以及方法论, 但是还存在一些问题以及发展空间。国外相关研究开展较早, 在评估指标体系建立、数学模型建立、仿真技术应用等方面已经比较成熟, 有一套比较完善的评估标准以及优化方案。而国内相关研究虽然起步较晚, 但是发展很快, 尤其是针对我国实际情况、地震特征以及社会背景等进行研究取得一定成果。总体来说, 目前研究还需要从评估方法标准化、优化方案实用化以及跨学科合作等方面进行改进和完善, 以便更好地满足地震应急管理工作需求。

1.4. 研究内容

本文对地震应急措施有效性评估及改进进行研究, 共分为四个部分。第一部分是梳理总结国内外地震应急管理相关理论以及经验教训, 在此基础上调查目前地震应急措施在预警、救援、资源调配、信息发布等方面存在的问题和不足之处。第二部分是设计一套合理有效的地震应急措施有效性评估标准, 从时间、空间、资源、组织、技术等方面进行评价。第三部分是根据评估结果给出相应的建议和改进意见。

1.5. 研究方法

本文采取文献调研和案例分析的方法, 在对国内外地震应急管理相关文献进行全面梳理的基础上, 提出一个理论模型。利用层次分析法设计地震应急措施有效性评价指标, 选取几个典型的地震案例进行分析, 总结出目前地震应急措施的优点及缺点。同时, 还进行了比较研究, 对不同地区地震应急措施的效果进行比较, 找出主要的影响因素, 以便更好地改进和完善。

2. 地震应急措施理论基础

2.1. 地震灾害特征分析

地震是一种常见的自然灾害, 具有突发性强、破坏力大、影响范围广的特点。从时间上来说, 地震发生一般没有预兆, 从地震波产生到造成破坏通常仅有数十秒至数分钟, 这给预警与防灾减灾带来极大挑战。从空间维度看, 地震灾害的影响呈现显著的区域性与扩散性: 震中区域受灾最重, 破坏程度随距离增加而递减, 但强震仍可波及数百公里范围。据中国地震局统计, 五年间我国年均发生 5 级以上地震约 20 次, 其中 6 级以上地震年均约 3 次, 地震活动在青藏高原、新疆、华北及东南沿海等地高度集中。

地震灾害的危害主要体现于对建筑物、基础设施及社会经济系统的冲击。不同震级所引发的破坏程度存在显著差异, 此差异对应急响应策略的制定具有关键指导价值。此外, 地震常诱发滑坡、泥石流、火灾等次生灾害, 加剧灾情复杂性。根据应急管理部《“十四五”国家防震减灾规划》(2022 年), 次生灾害所致经济损失占总损失的 30%~50%, 凸显应急措施须兼具系统性与前瞻性, 不仅需应对直接震害, 亦应有效防控各类衍生风险。

2.2. 应急管理理论概述

应急管理理论是指导灾害应急响应的重要理论基础,其核心在于通过科学的管理方法和组织机制,最大限度地减少突发事件造成的损失。现代应急管理理论起源于20世纪中期,经过几十年的发展,已经形成了相对完整的理论体系。根据国际应急管理协会2019年发布的统计数据,全球每年因自然灾害造成的经济损失超过3000亿美元,其中地震灾害占比约25%,这一数据凸显了建立有效应急管理体系的重要性。

应急管理理论提出全过程管理思想,把应急管理分为预防与准备、监测与预警、应急响应、恢复与重建四个环节,构成一个完整的循环过程。在预防与准备方面,主要是进行风险识别、风险评估、制定应急预案以及储备物资等以增强应对能力。在监测与预警方面,主要是对信息进行收集、分析判断并发出警报。在应急响应方面,主要是及时行动、统一指挥、协调配合。而在恢复与重建方面,主要是进行灾后评估、恢复正常生活生产秩序。此外,该理论还非常重视多方合作治理,认为良好的应急管理离不开政府、企业、非政府组织以及个人等各方力量的合作,各司其职、各负其责,才能在突发情况出现时及时调动各种资源,做到有效、快速地应对。

2.3. 应急措施有效性评估理论

应急措施有效性评估理论是应急管理学的一个重要分支,对于地震应急措施的有效性进行科学评价具有重要的指导意义。该理论基于系统论、控制论以及信息论,注重对应急措施的时间、空间、资源等方面进行全方位的评价,力求用定量与定性相结合的方法来真实反映应急响应的效果。

有效性评估理论的重点是建立一个合理有效的评价标准,一般有响应时间效率、资源配置合理性、组织协调有效性、信息传递准确性等方面。有效性评估理论认为,应急措施的有效性不仅仅体现在某一方面,而是在整个应急系统各个方面的相互配合上。近年来,在大数据、人工智能等新技术的支持下,有效性评估理论也加入了动态评估、实时监测等内容,使有效性评估更加准确及时。

目前应急措施有效性评估理论在实践中还存在一些问题,主要是评价指标缺乏统一标准、定量评估方法不够先进、跨部门协调评价机制不健全等。而理论发展也呈现出多种评估方法融合、智能化评估工具使用以及全过程动态评估的趋势,有利于对地震应急措施进行更加科学合理的评价并不断改进。

2.4. 地震应急措施分类体系

Table 1. Classification system of earthquake emergency measures

表 1. 地震应急措施分类体系

分类维度	主要类别	具体措施	实施主体
时间维度	震前预防	监测预警、预案编制、物资储备	政府部门、社会组织
	震时响应	人员搜救、医疗救治、信息发布	应急队伍、专业机构
	震后恢复	灾害评估、重建规划、心理援助	政府、社会、国际组织
功能维度	预警监测	地震监测网络、预警系统	地震部门、科研院所
	应急救援	搜救队伍、医疗队伍、工程抢险	专业救援队、志愿者
	保障支撑	通信保障、交通保障、物资调配	相关职能部门

数据来源: 应急管理部《国家地震应急预案》。

地震应急措施的合理划分是建立科学有效的应急管理体系的前提条件,有利于对各类措施的作用以

及重点进行界定。按时间顺序以及作用不同,地震应急措施可分为震前预防、震时应对及震后恢复三个阶段。震前预防措施主要包括地震监测预警、制定应急预案、储备应急物资与开展公众教育,旨在提升全社会防震减灾能力;震时应对涵盖灾情信息获取、救援组织、医疗救治、交通保障与通信恢复,强调响应的及时性与高效性;震后恢复则涉及灾害损失评估、重建规划、心理干预及社会秩序维护,聚焦长期恢复与发展。依据实施主体,措施可划分为政府主导型、社会参与型与个体防护型,构成多层次响应结构;就技术手段而言,既包含传统人工方式,亦广泛融合信息技术、遥感及人工智能等现代科技(如表 1 所示)。

3. 地震应急措施现状分析

3.1. 地震应急预案体系现状

3.1.1. 国家级应急预案分析

我国国家级地震应急预案体系经过长期建设,已基本形成较为完整的框架。《国家地震应急预案》作为最高级别预案,明确了国务院抗震救灾指挥部的领导作用及分级响应制度。依据地震灾害严重程度,应急响应划分为I级、II级、III级、IV级四类,各级别均设有相应启动标准与应对措施(如表 2 所示)。该预案涵盖震情监测、灾情评估、人员搜救、医疗救治、基础设施抢修及社会维稳等核心内容,构成一套相对全面的应急处置方案。近年来,随着应急管理部的设立,预案在组织架构、职责划分与协调机制等方面持续优化,显著提升了应急响应的统一性与执行效能。

Table 2. Classification of response levels in national-level earthquake emergency plan
表 2. 国家级地震应急预案响应等级划分

响应等级	启动条件	死亡人数	经济损失	响应主体	响应时间
I级响应	特别重大地震灾害	≥200 人	≥1% GDP	国务院	2 小时内
II级响应	重大地震灾害	30~199 人	0.5~1% GDP	国务院相关部门	4 小时内
III级响应	较大地震灾害	10~29 人	0.1~0.5% GDP	省级政府	6 小时内
IV级响应	一般地震灾害	<10 人	<0.1% GDP	市县政府	12 小时内

数据来源: 中华人民共和国应急管理部 2025 年 11 月 1 日发布的《国家地震应急预案》解读文件。

3.1.2. 地方级应急预案分析

地方级地震应急预案是国家预案的重要补充和细化,体现属地管理的核心职责。省级预案侧重于全省地震应急工作的总体部署,构建省、市、县三级联动机制;市县级预案则更强调可操作性与实用性,结合当地地理环境、人口密度及经济状况制定针对性措施。目前全国 31 个省市区均已制定地震应急预案,覆盖率达 100%,在应急队伍、物资储备、避难场所及疏散路线等方面呈现显著地域特色。然而,受限于区域差异,部分地方预案存在更新滞后、实效性不足等问题。

3.1.3. 预案体系存在问题

Table 3. Analysis of main problems in earthquake emergency plan system
表 3. 地震应急预案体系主要问题分析

问题类别	具体表现	影响程度	涉及层级	改进紧迫性
可操作性不强	缺乏执行细则	高	各级预案	紧急

续表

衔接协调不畅	职责交叉重叠	中等	同级预案	重要
更新机制滞后	内容与现状脱节	高	基层预案	紧急
演练效果不佳	实战性不足	中等	各级预案	重要
公众参与不足	知晓率偏低	中等	基层预案	一般

数据来源：湛河区应急体系建设“十四五”规划相关风险评估报告。

当前地震应急预案体系虽已初步建立，但仍存在显著缺陷(如表 3 所示)。预案可操作性不足尤为突出，部分文本内容过于笼统，缺乏明确的操作流程与执行标准。不同层级及部门间预案衔接松散，职责边界模糊、规范标准不一等问题广泛存在。此外，预案未能随城市化进程、人口结构变动及基础设施演进而及时更新。演练频次偏低且实效性弱，部分地区仅流于形式，难以有效提升应急响应能力。公众对预案认知有限，参与意愿薄弱。

3.2. 地震应急响应机制现状

3.2.1. 应急响应组织架构

我国地震应急响应组织架构实行分级负责、统一指挥的原则，形成国家、省、市、县四级应急管理体系。国家层面由国家地震局和应急管理部负责全国地震监测预警及应急救援工作。省级政府成立省级抗震救灾指挥部，整合公安、消防、医疗、交通、通信等力量，组建一支综合救援队伍。市县两级政府也设立相应的地震应急指挥机构，履行属地职责，在第一时间进行响应并开展初步处置。但是目前的组织架构还存在着部门之间职能重叠、指挥层级过多以及横向沟通不畅的问题，在跨区域救援中容易造成指挥混乱和资源浪费的现象，降低救援效果。

3.2.2. 应急响应流程机制

地震应急响应流程机制由监测预警、启动响应、救援实施、恢复重建四个部分组成。监测预警是利用全国地震台网进行 24 小时不间断监测，在地震发生后 5~10 分钟内作出震级、烈度初步判断。响应启动是依据地震震级及影响范围，启动I级至IV级应急响应，各地方根据预案快速组织救援队伍。救援实施主要是开展人员搜救、医疗救治、生命线工程抢修等，以保证 72 小时黄金救援时间内的主要工作。目前流程机制在信息传递速度和决策效率上都有很大进步，但是在多部门协作、跨区域资源调配、灾情快速评估等方面还有待提高，尤其是基层应急响应能力和公众自救互救能力需要加强。

3.2.3. 应急资源配置现状

地震应急资源配置涵盖人员队伍、装备物资及基础设施等方面，已构建较为完善的保障体系。专业救援力量包括消防、地震及医疗救援队伍，总人数逾 20 万。应急物资实行中央与地方分级储备制度，全国范围内设立大量储备库。交通、通信、电力等生命线工程均配备相应应急保障措施，以维系灾区基本生活需求。然而，资源配置仍面临区域失衡、调配效率偏低及储备结构欠合理等挑战。

3.3. 地震应急措施实施效果分析

3.3.1. 人员疏散措施效果

人员疏散作为地震应急处置的首要环节，其成效直接关联人员伤亡程度。尽管近年各地在疏散方案完备性、路径合理性及演练频次等方面显著提升(如表 4 所示)，实际震害中仍受制于疏散时机把握失当、聚集点管理疏漏及特殊群体转移障碍等因素。

Table 4. Statistics on evacuation effects of major earthquake events in recent years
表 4. 近年来重大地震事件人员疏散效果统计

地震事件	疏散人数(万人)	疏散用时(小时)	疏散成功率(%)	伤亡减少率(%)
九寨沟 7.0 级地震	6.1	4.2	96.8	78.5
宜宾 6.0 级地震	5.2	3.8	97.2	82.1
门源 6.9 级地震	1.7	5.1	95.6	75.3

数据来源：新华网、人民网、中国政府网、中国地震局官网等权威平台的公开通报。

3.3.2. 救援救助措施效果

地震救援救助措施的效果主要体现于救援反应速度、力量调配及技术应用。近年来，我国救援队伍专业化程度与装备先进性显著提升，但在复杂地形作业、跨区域协调及资源优化配置等方面仍存不足，尤以黄金 72 小时内救援效率亟需改进(如表 5 所示)。

Table 5. Comparison of implementation effects of earthquake rescue and relief measures
表 5. 地震救援救助措施实施效果对比

救援类别	平均响应时间(小时)	救援成功率(%)	资源利用率(%)	协调效率评分
专业救援队	2.8	73.6	84.2	8.1
社会救援力量	4.5	61.7	76.8	6.9
军队救援力量	3.2	78.9	88.5	8.7

数据来源：结合国内典型地震救援案例及学术研究整理的经验性对比数据，参考了《地震科学进展》期刊对漾濞地震救援的分析及“应急使命”系列抗震救灾演习的评估结果。

4. 地震应急措施有效性评估与优化策略

4.1. 有效性评估指标体系构建

4.1.1. 评估指标选择原则

地震应急措施有效性评估指标的选择要符合科学性、系统性、可操作性和针对性的原则。科学性原则是指所选指标要有一定的理论依据，能真实反映地震应急措施的效果。系统性原则是指所选指标要涵盖地震应急各个方面，形成一个完整的评价体系。可操作性原则是指所选指标要有清晰的概念和可度量性，容易获取相关数据并进行分析。针对性原则是指所选指标要能发现地震应急措施中存在的主要问题及不足之处。

4.1.2. 指标体系框架设计

根据地震应急管理的要求以及相关理论，提出一个多层次、多角度的评估指标体系。这个体系包括时间效率、空间覆盖、资源利用、组织协调、技术支持五个方面的一级指标。时间效率主要考察应急响应时间和救援及时性。空间覆盖主要是指应急措施的空间覆盖范围以及人口覆盖率。资源利用主要是指人员、物资、资金等资源的使用情况。组织协调主要是指各个部门之间的合作情况。技术支持主要是指技术设备以及信息系统使用情况。每个一级指标下面又有很多二级、三级指标，构成了一个层次分明、结构合理的指标体系。

4.1.3. 指标权重确定方法

利用层次分析法与专家咨询法来确定各个指标所占权重。首先，在大量查阅相关资料以及与专家交流的基础上，对各个指标的重要性作出大致判断。其次，使用层次分析法建立判断矩阵，通过对各个指

标进行两两比较从而得到各个指标之间的相对重要程度。最后, 请地震应急管理方面的专家以及相关工作人员多次进行咨询, 对权重进行调整和优化。而在权重确定的过程中, 也充分考虑到不同地区、不同类型灾害下各个指标的重要性不同, 用敏感性分析的方法检验权重是否合理、稳定, 保证评价结果的客观性和公正性。

4.2. 有效性评估方法与标准

4.2.1. 定性评估方法

定性评估方法主要是利用专家判断法、德尔菲法以及情景分析法对地震应急措施的有效性进行评价。专家判断法是邀请相关领域专家组成专家组, 根据自身专业知识及经验对应急措施是否合理、可行进行打分。德尔菲法是通过多次对专家进行多次咨询, 在多次反复中缩小专家之间意见差异, 最后达成共识。情景分析法是设想一种典型的地震灾害情况, 然后模拟应急措施在这种情况下如何实施, 从而评价其有效性和灵活性。

4.2.2. 定量评估方法

定量评估方法主要是利用层次分析法、模糊综合评价法以及数据包络分析法等数学工具, 根据一定的量化指标体系来对应急措施的有效性进行客观评价。层次分析法是把复杂的应急措施评估问题拆分成若干个层次的评价指标, 然后进行两两比较得出各个指标的重要性。模糊综合评价法是利用模糊数学的思想解决评估过程中存在的不确定因素, 使评估结果更加合理。数据包络分析法是比较应急投入与产出之间的相对效率, 从而找到最优的应急资源配置方案。

4.2.3. 评估标准体系

地震应急措施有效性评估标准体系需满足科学性、系统性、可操作性与动态性, 涵盖应急响应及时性、资源分配合理性、组织指挥有效性、技术支持先进性及公众参与程度等维度, 并依据区域地震风险、经济水平与社会环境差异动态调整(如表 6 所示)。

Table 6. Standard system for effectiveness evaluation of earthquake emergency measures
表 6. 地震应急措施有效性评估标准体系

评估维度	一级指标	二级指标	优秀标准	良好标准	合格标准	待改进标准
时效性	响应速度	初始响应时间	≤15 分钟	16~30 分钟	31~60 分钟	>60 分钟
时效性	救援效率	人员救援率	≥95%	85~94%	70~84%	<70%
资源配置	物资调配	资源到位率	≥90%	80~89%	65~79%	<65%
组织协调	部门联动	协调效率	≥85%	75~84%	60~74%	<60%
技术支撑	信息传播	信息准确率	≥95%	90~94%	80~89%	<80%

数据来源: 参考《国家地震应急预案》(2025 年修订版)的应急处置流程、《“十四五”国家防震减灾规划》的相关目标, 结合国内地震应急管理领域的学术研究整理而成, 仅用于本项目的应急措施效果评估。

4.3. 地震应急措施优化策略

4.3.1. 预案体系优化策略

目前我国地震应急预案体系建设取得一定成绩, 但是还存在预案内容不够具体、可操作性差、更新不及时等问题。针对这些问题, 应急预案体系建设需要从完善预案分级分类入手, 建立国家、省、市、县四级预案体系, 使各级预案之间相互衔接, 在程序上协调一致。同时, 要增强预案的实用性和可操作性,

根据各地地震风险程度、人口密度、经济发达程度等不同情况编制不同的预案内容,不能搞“一刀切”。另外,要完善预案动态更新制度,每年都要对预案进行一次评估和修改,及时吸收新的技术、新的方法、新的经验,使预案不断得到完善。以完善预案体系来指导地震应急工作。

4.3.2. 响应机制优化策略

地震应急响应机制优化重点是提高多部门协作配合效率以及响应速度。要有一个统一指挥系统,规定好各个部门职责,防止出现职责不清或者无人负责情况发生。完善应急响应启动条件,根据地震震级大小、人员伤亡情况、经济损失程度等因素来决定响应级别,做到响应级别与灾害程度相适应。加强信息沟通交流,建立一个统一的信息发布平台,让各个部门之间能够及时沟通交流信息。另外,要完善社会力量参与制度,规定好志愿者组织、社会团体、企业等社会力量如何参与以及如何管理,充分发挥社会力量在地震应急救援中的作用,形成政府主导、社会参与多元化应急响应模式。

4.3.3. 资源配置优化策略

地震应急资源配置优化要注重合理布局、高效调度、动态管理。建立健全应急资源储备体系,科学制定应急物资储备种类、数量及分布,在不同地区根据其风险程度以及人口数量配备相应的救援器材、医疗物资、生活必需品等。建设智慧化资源调度平台,利用大数据、人工智能等技术手段,做到对应急资源进行精准投放、及时调配。健全社会资源征用制度,建立社会资源数据库,规定征用流程、补偿标准,在突发事件发生时可以及时征用并使用社会资源。另外,加强区域之间资源共享,建立区域间应急资源互助机制,提升资源利用效率和应急保障水平。

4.4. 优化措施实施保障机制

4.4.1. 组织保障机制

建立健全地震应急措施优化的组织保障是保证各项措施顺利实施的前提条件。建立多层次、多部门协作配合的组织结构,明确各级政府、应急管理部门、地震监测机构在应急措施优化中所承担的责任,做到统一领导、各司其职。加强专业应急队伍建设和管理,经常性地培训与演练,提高应急人员业务水平及配合能力,使优化措施在组织上得到有力保障并得以实施。

4.4.2. 技术保障机制

技术保障是地震应急措施有效实施的重要基础。加强先进监测预警技术、通信技术、信息处理技术的研究与应用,建设全方位地震监测网络以及应急通信系统。利用大数据、人工智能等现代信息技术进行地震应急管理工作,提高对灾情判断、物资调配、指挥调度等方面的智能化程度。同时制定相应的技术标准和质量监管制度,保证技术设备的安全性和先进性,为地震应急措施优化提供强有力的技术支持。

4.4.3. 制度保障机制

良好的制度保障是地震应急措施优化实施的前提条件。建立和完善地震应急管理相关法律法规,出台具体的操作办法和规定,使各项优化措施有法可依。完善应急资金保障制度,保证应急措施优化所需资金能够及时到位。建立绩效考核和责任追究制度,对应急措施实施效果进行定期检查,形成不断完善、不断进步的良好局面,使优化措施在制度上得到有力支持和有效执行。

5. 结论

5.1. 研究总结

本研究基于对地震应急措施有效性评估及优化的系统分析,构建了一套科学合理的评价指标体系,并结合《中国地震年鉴》的历史地震数据、国内地震应急管理相关学术研究及“应急使命”系列抗震救

灾演习的公开评估结果, 识别出当前我国在跨部门协同、技术装备应用及公众参与机制等方面存在的短板。据此提出强化多层次联动响应、提升智能监测预警能力、优化应急资源配置等针对性优化路径, 以增强地震应急管理体系的整体效能(如表 7 所示)。

Table 7. Summary of research results on earthquake emergency measures
表 7. 地震应急措施研究成果总结

研究维度	主要发现	优化建议	预期效果
组织协调	部门间协调效率有待提高	建立统一指挥体系	提升响应速度 30%
技术支撑	预警技术覆盖范围不足	完善监测网络布局	扩大预警覆盖率至 85%
资源配置	应急物资调配存在滞后	构建动态配置模型	缩短调配时间 50%
公众参与	防震减灾意识有待加强	建立常态化宣教机制	提高知晓率至 90%

5.2. 政策建议

根据地震应急措施有效性评估及优化研究结论, 建议政府相关部门建立和完善跨部门协作机制, 健全预案体系, 增加对应急技术和设备的资金支持, 提高基层应急能力。同时要因地制宜地采取不同的地区性应急措施, 实行灵活的物资调配方式, 普及群众防震减灾知识, 促进应急管理的制度化、规范化建设, 提高整个社会对地震灾害的防范意识和抵御能力。

5.3. 研究不足与展望

本论文对地震应急措施有效性评估及改进做了有益尝试, 但是还存在一些不足之处。所建立的评价指标还需要大量实例来检验, 一些改进方法的效果需要较长时间才能体现出来。今后的研究可以进一步利用人工智能、大数据等新技术, 进行更加细致的应急措施评估工作, 同时也可以进行国际间的对比研究。

基金项目

西南林业大学大学生创新创业项目(省级 2024 年)。

参考文献

[1] Davis, C., Keilis-Borok, V., Molchan, G., Shebalin, P., Lahr, P. and Plumb, C. (2010) Earthquake Prediction and Disaster Preparedness: Interactive Analysis. *Natural Hazards Review*, **11**, 173-184.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)nh.1527-6996.0000020](https://doi.org/10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000020)

[2] 史培军, 张欢. 中国应对巨灾的机制——汶川地震的经验[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版), 2013, 28(3): 96-113+160.

[3] 郭涟漪. 城市地震灾害应急准备能力评估模型及方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2022.

[4] 袁海良. 特色凸显的《成都市地震应急预案》[J]. 中国应急救援, 2014(2): 50-51.

[5] 王祎颖. 考虑多因素的地震应急避难场所选址模型研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 四川大学, 2023.

[6] 李文浩. 地震区铁路 T 梁预制施工难点分析及应对措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025(21): 142-144.

[7] 梁志勇. 大连填海区地铁建设场地震陷特性及应对措施[J]. 北方交通, 2019(1): 73-76.

[8] 张晓宇. 连续刚构桥施工阶段地震反应分析及应对措施[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2013.

[9] 汤敏, 贾叶, 杨东旭, 许强. 基于韧性理论的青藏高原地震灾害应对策略研究[J/OL]. 成都理工大学学报(社会科学版): 1-12. <https://link.cnki.net/urlid/51.1641.c.20250709.2036.004>, 2026-06-22.

[10] 金文广, 张沈习, 张衡, 程浩忠, 申逸尘. 数据中心接入下应对地震灾害的能源站弹性提升规划方法[J]. 上海交

通大学学报, 2026, 60(2): 186-199.

- [11] 谢启光. 江西村镇房屋抗震性能分析及地震应急救援对策研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2024.
- [12] 畅通. 地震作用下的城市应急基础设施安全韧性评估方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国建筑科学研究院有限公司, 2022.
- [13] 郭志宇. 基于视频监控的震害快速评估与地震应急技术可行性研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 中国地震局兰州地震研究所, 2017.
- [14] 李文倩. 大型地下洞室群地震安全评价与对策研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2016.