

陈红旗, 方志伟, 祁小博. 地质灾害危害程度分级标准优化研究[J]. 灾害学, 2023, 38(4): 18–22. [CHEN Hongqi, FANG Zhiwei, QI Xiaobo. Optimization Research on Grading Standard of Geological Hazard/Disaster[J]. Journal of Catastrophology, 2023, 38(4): 18–22. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2023.04.004.]

地质灾害危害程度分级标准优化研究^{*}

陈红旗, 方志伟, 祁小博

(中国地质环境监测院 自然资源部地质灾害技术指导中心, 北京 100081)

摘要:在地质灾害防治资源配置决策中, 危害程度是重要依据。我国自2004年建立地质灾害灾情险情分级标准以来, 灾害风险与防范能力均发生明显变化。该文基于历史灾情和已知隐患信息, 通过抽样调查、聚类分析、相关分析和归因分析, 提出灾情险情分级标准优化建议: 由于历史灾情险情数据分布不存在自然间断点、目前政府分级防治责任也无标准可依, 制定危害程度分级标准仍需采用多因素定性分析法; 为反映生态损害及次生危害, 宜增加社会影响指标; 在险情分级中, 威胁人数指标分界值宜调减; 在灾情分级中, 直接经济损失指标宜调增。

关键词:地质灾害; 灾情; 险情; 分级标准; 优化

中图分类号: X43; X915.5; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2023)04–0018–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2023.04.004

受印度板块、欧亚板块和太平洋板块之间的长期作用, 青藏高原隆升造就中国自东向西三个阶梯状抬升的地势, 影响气象、水文条件及生态环境, 加之海陆格局影响, 表生地质作用强烈, 山体崩塌、滑坡、泥石流容易发生, 地质灾害防治任务艰巨。在我国地质灾害防治工作中, 分级负责是行之有效的基本对策。在理论上, 突发事件分级是对灾情险情的描述; 在应对处置的实践中, 则重在为分级应对决策提供支撑^[1]。地质灾害具有自然、社会、生态等多重属性, 科学评估灾情、险情及现有应对处置能力的适配性, 对分级响应决策至关重要。

按照危害程度的不同, 分级采取风险防御与应对处置措施, 既可避免资源投入的不足, 又可防止响应过度^[2], 有利于最大程度地发挥防灾减灾救灾公共资源效益、合理救助和跨区协作, 已形成国际共识。对危害程度等级的划分, 既是客观定量描述灾情险情, 还反映基于现状应对能力下对应对效果预期的主观认识^[3–4]。联合国在1989年12月22日第44/236号决议中, 提出了危害程度从强到弱的权序集合判断规则^[5]。有学者认为, 灾情险情分级标准应从危害程度和政府控制能力两个方面考虑^[4]; 在美国、英国、日本、意大利等国家, 根据所造成的损失或恢复投入与当地当年

税收的比例关系^[5], 衡量受灾地区对遭受损失及重建的整体承受能力, 进而标定危害程度的等级。

1998年, 我国首次提出对地质灾害灾情等级划分的标准; 2004年系统建立了灾情、险情分级标准(表1), 明确衡量危害程度的生命、财产两项指标, 并划分小型、中型、大型、特大型等四级^[6–7]。伴随经济社会发展, 地质灾害灾情险情调查统计标准与分级应对体制机制不断健全完善, 各级政府应对处置能力不断增强, 取得显著防治成效。在“十三五”期间, 全国地质灾害因灾死亡失踪年均人数比之前10年下降67.5%(图1), 尤其是群死群伤事件频次显著减少, 威胁人数众多的隐患点逐步通过避险移民搬迁与综合治理得以减少。同时, 受极端天气、地震及人为工程活动影响, 造成人员伤亡和重大经济损失的地质灾害仍时有发生, 且隐蔽性、突发性更强, 次生及衍生危害风险更显突出, 对风险隐患识别感知能力、预测预警预报精准度、避险搬迁与综合治理绩效、应急救援技术支撑水平以及服务高质量发展的能力等均提出了新的挑战, 亟须坚持人民至上、生命至上, 面向全域地质灾害风险防控与源头、生态、耐久综合治理, 基于地质灾害与防治国情现状, 把握其发展趋势, 不断深化对新时期防灾减灾救灾对策的技术支撑。

^{*} 收稿日期: 2023–02–17 修回日期: 2023–05–09

基金项目: 行政事业专项“国家级地质灾害应急防治”(202018000000180102)

第一作者简介: 陈红旗(1973–), 男, 汉族, 河南睢县人, 博士, 正研级高级工程师, 主要从事地质环境监测与灾害防治研究。

E-mail: chenhongqi@163.com

通信作者: 方志伟(1987–), 男, 汉族, 山东招远人, 硕士, 高级工程师, 主要从事地质灾害气象风险预警与灾情统计研究。

E-mail: 1786689691@qq.com

表 1 地质灾害灾情险情等级划分标准

地质灾害分级			特大型	大型	中型	小型
1998 灾情	死亡人数/人		≥30	30 ~ 10	10 ~ 3	<3
	直接经济损失/万元		≥1 000	1 000 ~ 500	500 ~ 100	<100
	社会影响		极大	严重	较大	不大
2003 灾情	死亡人数/人		≥30	30 ~ 10	10 ~ 3	<3
	直接经济损失/万元		≥5 000	5 000 ~ 1 000	1 000 ~ 100	<100
	社会影响		极大	严重	较大	不大
2004 灾情	死亡人数/人		≥30	30 ~ 10	10 ~ 3	<3
	直接经济损失/万元		≥1 000	1 000 ~ 500	500 ~ 100	<100
	受威胁人数/人		≥1 000	1 000 ~ 500	500 ~ 100	<100
	受威胁财产/万元		≥10 000	10 000 ~ 5 000	5 000 ~ 500	<500
优化 灾情	死亡人数/人		≥30	30 ~ 10	10 ~ 3	<3
	直接经济损失/万元		≥3 000	3 000 ~ 500	500 ~ 100	<100
	社会影响		一级河道堵塞、国道或Ⅰ级铁路干线交通阻断、特别重大环境事件等次生灾害,或超出省级处置能力或需要跨省级应对处置	二、三级河道堵塞、省道或Ⅱ级铁路支线交通阻断、重大环境事件等次生灾害,或超出市级处置能力或者需跨市级应对处置	四级河道堵塞、县道或Ⅲ级铁路干线交通阻断、较大环境事件等次生灾害、或超出县级处置能力或需跨区应对处置	五级河道堵塞、乡、村国道或铁路干线交通阻断,小型环境事件等次生险情
优化 险情	受威胁人数/人		≥300	300 ~ 100	100 ~ 30	<30
	受威胁财产/万元		≥10 000	10 000 ~ 5 000	5 000 ~ 500	<500
	潜在社会影响		可能造成一级河道堵塞、国道或Ⅰ级铁路干线交通阻断、特别重大环境事件等次生险情,超出省级处置能力或需要跨省级处置	可能造成二、三级河道堵塞、省道或Ⅱ级铁路支线交通阻断,重大环境事件等次生险情,或超出市级处置能力或者需要跨市区应对处置	可能造成四级河道堵塞、县道或Ⅲ级铁路干线交通阻断、较大环境事件等次生灾害、或超出县级处置能力或需跨县区应对处置	可能造成五级河道堵塞、乡、村国道或铁路干线交通阻断,小型环境事件等次生险情

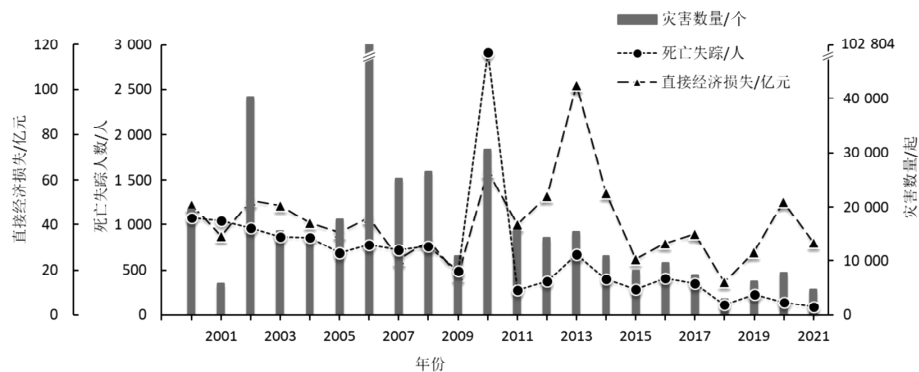


图 1 全国地质灾害灾情历史序列分布(2000—2021 年)

为更好地与现阶段地质灾害风险、防御与应急能力相适宜,更加科学高效地支撑防灾减灾救灾分级决策,有必要审视优化现行灾情、险情分级标准。

1 优化准则

1.1 现行标准执行情况

在突发事件危害程度分级研究中,已有多维、动态的分级方法与标准研究^[8-10],尽管丰富了对危害程度定量描述的翔实程度,但因通用性、实用性、可操作性有所不足,在地质灾害防治公共管理中鲜有应用,也未见到相关的科学研究成果。

现行地质灾害灾情险情标准,是二维、静态的,应用实践表明,与国家、省、市、县四个行政层级相适应的^[7],等级划分的四分数也遵循了我国突发事件管理的统一性规则。但由于地质灾害灾情、险情调查评估相关标准有所滞后,影响到历史灾情险情记录的时序长度、规范一致性与数据质量。例如,2010年以后才系统关注到灾情专业调查核定;2014年对灾情数据统计上报的数值门槛再次调整;自2018年以来开展地质灾害风险隐患识别及2020年国务院办公厅关于开展第一次全国自然灾害综合风险普查,才开始对风险隐患危害性的专业调查评估。

目前,我国还没有建立量化地质灾害分级防治责任的明确标准。仅仅通过对地质灾害历史数

据的复盘与挖掘,评估现行危害程度分级标准与分级防治能力的匹配性,还无法得到有充分价值的量化依据,仍需要权衡地质地理环境、技术、经济、社会等多种因素的综合分析和对防治实践与地区差异的经验性判断。

对历史危害数据汇总观察可知,灾情大小序列分布不存在转折、间断、极值等自然断点。同地震能级分布及地质灾害体积规模发生频率等幂律规则相似,不同危害程度发生频次也呈现幂律规则^[11]。以因灾死亡事件为例(图1、图2、图3),危害程度越大发生频次越小,反之越大。历史灾情时序及指标关联分析表明,相比标准建立之初,现阶段因灾死亡失踪人数及受威胁人数明显减少,不同危害程度的灾害数量占比明显变化(图2、图3),其中大型、特大型事件频次降低明显。综上,现行标准执行以来,分级防治成效显著,风险总体减缓,单点危害降低,分级标准优化重在指标与分级界值方面。

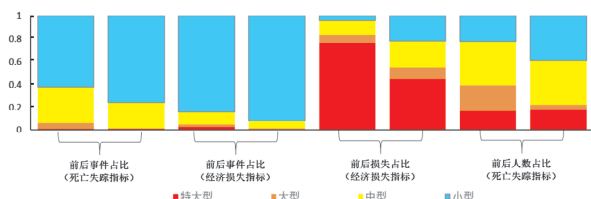


图2 不同阶段地质灾害灾情分级占比对比
(前期指2001-2005年,后期指2017-2021年)

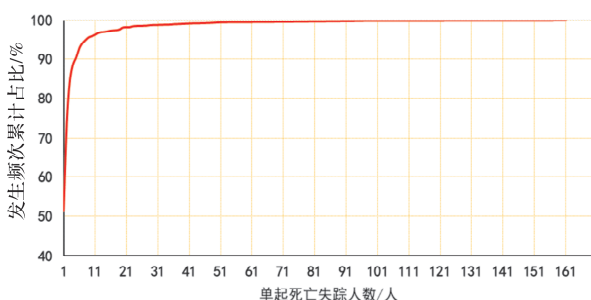


图3 按因灾死亡失踪人数的灾害发生频次累计百分比

1.2 优化准则

针对现行灾情险情分级标准执行中遇到的问题,为更好地发挥分级防治成效,在优化研究中遵循多灾种协调、多指标等价、多目标适配、多阶段延续等准则。

(1)多灾种协调。在我国突发事件应对法制框架约束下,根据综合防灾减灾需求,应和其他灾种的危害程度分级标准保持大体的一致性。例如,按照社会危害程度、影响范围等因素,自然灾害、事故灾难、公共卫生事件分为特别重大、重大、较大和一般四级;又如,目前地质灾害与气象、环境、安全事故、森林火灾、洪水,划分灾情等级的死亡失踪人数标准是一致的。

(2)多指标等价。灾情险情不同指标对相同等级危害程度的度量与描述,应体现经济社会对危害承受水平的相对一致性,或者是近似等价的。这一点体现了以人为本,既是灾害经济学理论的需要,更是在灾害救助、赔偿、补偿等应急救援活动的现实需要。

(3)多目标适配。不同层级政府在履行地质灾害防治责任中,是承上启下的,总体能力应是匹

配的。为此,假定不同等级地质灾害危害总量大体相等,只是应对处置资源优势不同,既要发挥属地“第一响应”优势,又要利用上级政府资源优势。同时,考虑到不同地区的普遍适用性。

(4)多阶段延续。为保持不同阶段地质灾害事件编目的科学延续和防治工作的科学有序发展,对灾情险情分级标准的优化调整宜适度,避免大幅调整或颠覆式变化严重影响“一案三制”(体制、机制、法制、预案)的实施,也影响到长时间序列地质灾害编目与规律可对比性。

2 度量指标优化

2.1 现行指标分析

山体崩塌、滑坡、泥石流虽然点多面广,其致灾多为孤立事件,单点体积规模与直接危害范围是有限的。例如,汶川特大地震次生大光包滑坡、辽宁抚顺西露天矿南帮滑坡等规模巨大滑坡,量级不超过 10^9 m^3 ;又如西藏古乡泥石流沟,一次冲出物规模量级不过 10^7 m^3 。说明地质灾害危害规模是有限,是可量测的。在以往防治工程实践中,空天地协同调查观测技术,已经得到广泛应用,提升了应急调查评估效率与精度。自然灾害损失可以分成人员伤亡损失和经济损失两大类^[12]。按承灾体类型,可将地质灾害危害对象归纳为人的生命、物的功能、生产生活秩序和生态质量等4类。前两者直观明了,容易量化,是现行测度灾情、险情的指标;后两者反映出的危害效应复杂,一般不易量化。地质灾害发生场景多样、人文地理特征各异,人员、财产分布有较强离散性,二者之间很难建立定值比例关系。对长时间序列灾情数据观察也表明,单点直接经济损失与死亡失踪人数没有呈现出明确的相关性(图4)。地质灾害属于公共风险^[13],目前在我国学理法理方面也没有可以用财产标定生命价值的依据。为此,衡量危害性,受危害人数和直接财产两项指标都是必要的。

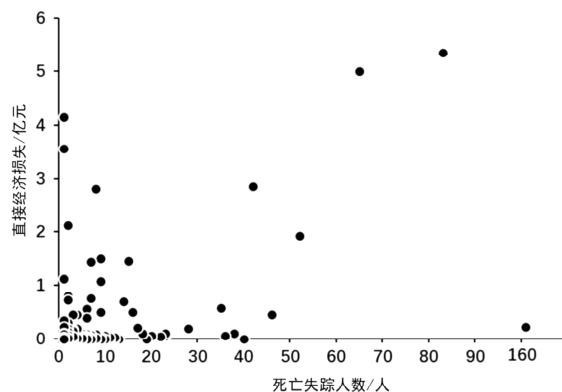


图4 单点生命与财产损失相关性(2011—2020年)

2.2 社会影响指标

随着承灾体活动性、富集度和关联性增加,地质灾害风险较以往具有更强的扩散性^[14]。在类似2021年河南郑州“7.20”特大暴雨事件及2022年四川泸定6.8级地震事件中,灾害风险表现的更为复杂,复合链式危害特征突出。为此,现阶段次生衍生危害不容忽视,甚至造成人员心理恐慌以

致实质性创伤和精神障碍^[15],乃至增加社会不稳定因素。由于其机理机制复杂,尚无计量模型,系统评估又往往耗时长^[15]。基于人员、财产指标的危害程度评估,也不能充分反映其整体危害性,影响防治决策。

确定分级主观要素包括认知程度、社会影响、公众心理承受度和资源保障度等四个维度^[16]。社会对预期风险后果的容忍程度,即社会影响可集中反映次生衍生危害程度,直接表现为上一级主动响应介入或下一级提出援助请求。为此,宜增设社会影响指标。1998—2004年,曾将社会影响作为灾情评估指标之一^[17],但没有明确其内涵。在实际操作中,可依据社会关注程度、河流堵塞、道路阻断、供应链影响等场景进行预估(见表1)。例如,2009年重庆云阳县凉水井滑坡威胁56.8 km长江航道安全,险情等级可视为特大型险情;2018年金沙江白格“10.10”“11.3”滑坡堵江造成下游损失近百亿元,应视为特大灾情;2019年北京龙庆峡景区“2.8”崩塌灾害,造成13人受伤,其中1人死亡,成为关注热点,显然宜提高灾情等级。

3 分级界值优化

3.1 分级界值设定依据

对于特定时间段、空间区域内的地质灾害灾情险情数据集合,危害程度分级界值决定了不同等级灾害事件数量的占比和危害总量的占比。当调整分界值,便带来不同等级灾情险情事件数量占比的变化、危害总量占比的变化。为考察分界值调整的合理性,应以不同等级事件占比和分级应对能力之间的适配性为主要依据。按照自然灾害风险原理,对危害后果的承受力和可容忍风险在内涵上是一致的。对地质灾害危害后果承受力的评估,是确定灾情分级界值的重要依据;对风险的可容忍水平,是确定险情分级界值的重要依据。

3.2 指标分级界值

在目标区域内,若对致灾地质体、承灾体和风险因子做出规范性的描述,风险预期与危害结果应具有理论上的统计相关性。但在现实场景中,由于不同承灾体的行为模式差异大,灾害发生前险情和灾后灾情并不存在特定比率。2011—2020年317个有效样本表明,受威胁人数与因灾伤亡后果并无固定比例关系,影响因素复杂多样。例如,2016年浙江遂昌“9.28”大型滑坡灾害^[14],由于危险区避险疏散不够彻底,导致27人员伤亡;2017年贵州纳雍“8.28”特大崩塌灾害^[18],危害区域超出事前对危险区的估计,以致35人遇难。对于财产损失指标,多以固定资产为载体,威胁财产与直接经济损失往往相关性较强。为此,对灾情、险情分级标准应分别优化分析。

(1)灾情等级分界值。图5可知,对造成人员死亡失踪的地质灾害事件,按照危害程度分级进行数量占比统计显示,在因灾死亡失踪人数总体显著减少的趋势下,单点造成死亡失踪数也显著降低,表明可以整体调减分界值。鉴于现行分级界值与气象灾害、安全生产事故、突发环境事件、铁路行车事故、森林草原火灾等突发公共事件分级标准基本一致,按照多灾种协调性准则,不建议调整。

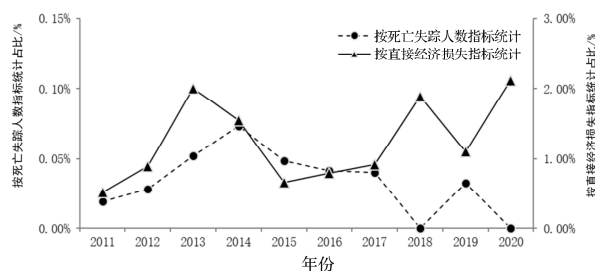


图5 大型、特大型灾情数量占比变化(2011—2020年)

依据2004年以来灾情数据,直接经济损失总体减少趋势并不明显。按直接经济损失指标分级统计,大型、特大型事件还略有增加(图5),大型、特大型经济损失总量占比严重适配,大型经济损失灾害数量占比出现小于特大型经济损失事件数量的情况。这反映出,随着城镇化发展与财富快速增长,承灾体更加富集,单点经济损失风险有所增加。例如,“十三五”期间单点直接经济损失均值约为“十一五”期间4倍。国民收入增加、价格变动,对灾情统计也有很大影响。按2004年价格计,现阶段国民可支配收入是2004年的4倍之多,也反映出对财产损失的承受能力在增强。根据优化准则,综合多因素考虑建议将大型、特大型之间分界值由原来的1 000万元调整为3 000万元。

(2)险情等级分界值。近20年来,随着避险移民搬迁和综合治理,在人口聚居区的地质灾害隐患点逐步得到销号。对于新增的隐患点,单点受威胁人数在不断降低,受威胁总人口下降超过25%、单点平均威胁人数降低超过30%。以四川、山西、广东、甘肃和湖南等5省为例,威胁1 000人以上隐患点数量较十年前减少38%。仅从减损的成效看,宜下调威胁人数指标界限值,以满足“生命至上”的风险防控要求。因灾死亡失踪数据可信度高,利用灾害造成的人员年均死亡率确定生命可接受风险标准,是目前研究生命风险可接受标准的一个主要思路^[19],这里将历史因灾死亡失踪人数规律,作为衡量险情威胁人数指标依据之一。假定现状风险标准一致,且逐级防御标准提高,为与灾情标准保持同比例适配,现行四级分级值100、500、1 000人,可调整为30、100、300人。2021年《中国城乡建设统计年鉴》^[20],自然村常住人口规模均值为273人,山区自然村人口规模普遍低于均值、且呈持续减少趋势,佐证了这一考虑有一定的合理性。

历史灾情并未显示出财产损失明显变化。将新增隐患与历史隐患的威胁财产指标对比,也没有显著变化,为此该指标可不作调整。

4 结论与讨论

对地质灾害危害程度的科学精准评估是实施分级应对决策的重要依据。我国自建立灾情险情分级标准以来,防治成效显著,年人员生命安全风险由 10^{-7} 降低到 10^{-8} ,尤其大型、特大型灾害频次显著减少。同时,受灾害地质本底条件决定及极端天气、地震及交通、建设、矿山等人为工程活动影响,地质灾害仍时有发生,且呈现出小规模点多面广、大规模隐蔽分散、次生链生危害加剧等特点,及时优化灾情险情分级标准是必要

的。目前,分级防治责任厘定尚无量化标准可依,相应调查评估也不够规范,在优化中,仍需采取了多因素综合分析的方法。在现行地质灾害危害程度分级指标中,大型、特大型灾情的直接经济损失分界值宜由 1 000 万元调整为 3 000 万元;小型、中型、大型和特大型险情的威胁人数指标分级界限值宜由 100、500、1 000,分别调整为 30、100、300。为适应现代风险溢出效应较强的趋势,宜增加社会影响指标。考虑到现阶段灾情险情评估仍难以全面精准,描述和厘定小型、中型、大型、特大型的依据也不够充分,为与其他突发事件保持协调一致性,地质灾害危害程度四个分级宜描述为特别重大、重大、较大、一般。

灾情险情、风险水平与可容忍度、危害程度分级标准与分级防治责任厘定是反映地质灾害国情重要指标。文中认识是初步的,更加精准地危害程度分级标定有待更翔实的数据支持,尤其是全生命周期质量评价^[21],确保其时效性、准确性、一致性和规范性。上述研究未考虑到地质灾害灾情是相对静态的危害后果,不同地区在调查统计中可能存在标准不一致的问题,也没有估计到险情的动态性和不同承灾体脆弱性差异,这些将是今后研究的重点。

参考文献:

- [1] 姜传胜,曾明荣. 突发事件分级与应急响应分级的关系辨析[J]. 中国行政管理, 2021(2): 132-133.
- [2] 戚建刚. 突发事件管理中的“分类”、“分级”与“分期”原则:《中华人民共和国突发事件应对法(草案)》的管理学基础[J]. 江海学刊, 2006(6): 133-137.
- [3] 牛文元. 自然灾害管理系统[J]. 科学通报, 1990, 35(17): 1320-1323.
- [4] MLADAN D, CVETKOVIC V. Classification of emergency situations [C]//International scientific conference Archibald Reiss days, 2013: 275-291.
- [5] 薛澜,钟开斌. 突发公共事件分类、分级与分期:应急体制的管理基础[J]. 中国行政管理, 2005(2): 102-107.
- [6] 莫于川. 中华人民共和国突发事件应对法释义[M]. 北京:中国法制出版社, 2007.
- [7] 国土资源部地质环境司,国务院法制办公室农业资源环保法制司,国土资源部政策法规司. 地质灾害防治条例释义[M]. 北京:中国大地出版社, 2003: 9-11.
- [8] 宋莎莎,戴锋,卫保璐. 基于模糊层次分析法和聚类分析的突发事件分级研究[J]. 科学决策, 2010(10): 68-72.
- [9] 徐绪堪,王京. 基于随机森林的突发事件分级模型研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(2): 77-81.
- [10] 张鹏,李宁. 我国自然灾害风险分级方法的标准化[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 60-64.
- [11] 许强,黄润秋. 地质灾害发生频率的幂律规则[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 1997, 24(S1): 93-98.
- [12] 全国重大自然灾害科研组. 自然灾害与减灾 600 问答[M]. 北京:地震出版社, 1990: 6.
- [13] 于汐,唐彦东,刘春平. 统计生命价值研究综述[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(9): 146-151.
- [14] 陈红旗,张小趁,祁小博. 突发地质灾害应急防治概论[M]. 北京:地质出版社, 2018: 148.
- [15] 金菊良,陈鹏飞,陈梦璐,等. 基于知识图谱的自然灾害风险防控研究进展的文献计量分析[J]. 灾害学, 2019, 34(2): 145-152.
- [16] 杨静,陈建明,赵红. 应急管理中的突发事件分类分级研究[J]. 管理评论, 2005, 17(4): 37-41, 8.
- [17] 原国土资源部. 关于加强汛期地质灾害防治工作的紧急通知[Z]. 北京:国土资源部, 1998.
- [18] 肖锐铨,陈红旗,冷洋洋,等. 贵州纳雍“8·28”崩塌破坏过程与变形破坏机理初探[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2018, 29(1): 4-6.
- [19] 赵州,侯恩科. 中国地质灾害生命可接受风险标准研究[J]. 科技导报, 2011, 29(36): 17-22.
- [20] 2021 年城乡建设统计年鉴[DB/OL]. [2022-05-01]. <https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdgknr/sjfb/tjxx/jstjnj/index.html>.
- [21] 尹春荣,李媛,曲雪妍,等. 中国地质灾害数据质量评价指标体系构建[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2021, 32(4): 120-125.

Optimization Research on Grading Standard of Geological Disaster

CHEN Hongqi, FANG Zhiwei, QI Xiaobo

(Geological Disaster Technical Guidance Center of Ministry of Natural Resources,
China Geological Environment Monitoring Institute, Beijing 100081, China)

Abstract: In the decision-making of resource allocation for geological disaster prevention and control, the degree of harm is an important basis. Since the establishment of the grading standard for the hazard degree of geological disasters in China in 2004, there have been significant changes in disaster risk characteristics and prevention and control capabilities. Based on historical disasters data and known hazards data, through sampling investigation, clustering analysis, correlation analysis, and attribution analysis, the following optimization suggestions are proposed for the current disaster and danger classification standards: Because there are no natural breakpoints in the distribution of historical disaster and danger data, and there is currently no standard for government classification of prevention and control responsibilities, so developing hazard level classification standards requires comprehensive analysis of multiple factors; To reflect ecological damage and secondary hazards, social impact indicators should be added to disaster risk assessment; The cut-off value of threatened individuals for hazard classification should be reduced; The direct economic loss index for disaster classification should be increased.

Keywords: geological disasters; disaster situation; dangerous situation; grading standards; optimization