

文章编号:1004-4116(2022)03-0046-05

近 20 年中国主要地质灾害变化 及防治特征分析

韩 勇¹,李小银¹,杨倩楠²,武欣怡¹

1. 安康学院旅游与资源学院,陕西 安康 725000;

2. 西安理工大学旱区生态水文与灾害防治国家林业局重点实验室,陕西 西安 710048)

摘 要:人类活动加剧,加之极端气候频繁发生,导致中国地质灾害发生风险增加,严重影响着区域社会经济的健康稳定发展。基于2000—2019年我国地质灾害数据,本文对4类主要地质灾害(滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷)的变化特征及其造成的生命财产损失以及防治项目与投资金额进行分析。结果表明:近20年间,强降雨引发的滑坡占比达68.2%,是我国最主要的地质灾害;四类地质灾害造成的直接经济损失可划分成两个阶段:2000—2009年和2010—2019年,两个阶段造成的直接经济损失和人员伤亡因主要发生区域不同而存在差异;防治项目数和投资金额亦可划分成两个阶段,且二者在2010—2017年比2000—2009年均增加5倍以上。

关键词:地质灾害;直接经济损失;人员伤亡;防治项目;投资金额

中图分类号:X43

文献标志码:A

我国自然地理条件多变、地质构造复杂,加之近年来极端气候频发,导致不同类型、规模的地质灾害(滑坡、泥石流、地面塌陷、崩塌等)在各个地区频繁发生,给人民生命财产造成了巨大的损失^[1-2]。针对此种情况,国内众多学者就地质灾害类型、变化特征及形成原因等方面从不同尺度进行了深入研究^[3-5]。盛宏文等在系统阐述甘肃清水县地质灾害类型及特征基础上,深入分析形成条件与分布发育规律^[6];针对安康市平利县主要地质灾害,谢潇对地质灾害形成条件及影响因素进行分析,认为自然因素是引起该区域地质灾害频发的直接原因^[7];宋一民等则通过研究陕西华州区地质灾害发生类型,提出用于该区域的地质灾害易发程度评价体系^[8]。随学术界对地质灾害的认识加深,不同学者开展了对省域及全国范围的地质灾害发育特征及形成原因的研究。刘博文^[9]、童纪伟^[10]分别对云南省、广东省的地质灾害发育特征、时空分布及形成原因进行统计分析,结果均表明,降雨是诱发地质灾害的主要因素;何永金通过分析福建省主要地质灾害类型的活动特征,深入剖析了每种地质灾害的形成机理及其影响因素,并

从管理和技术层面提出防治对策^[11]。苏英等^[12]、杨迁等^[13]对近年来我国地质灾害时空分布及变化趋势进行研究,结果表明,我国地质灾害发生具有季节性和地域性,降雨引发的滑坡是现阶段最主要的地质灾害类型。结合前人研究结果,本文对近20年来我国主要地质灾害及相关数据进行分析,旨在阐明我国地质灾害变化特征、生命财产损失以及防治情况,从而为揭示地质灾害变化规律和做好防灾减灾工作提供参考依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文所用的2000—2019年地质灾害、GDP(国内生产总值)等相关数据均摘录自国家统计局网站(<https://data.stats.gov.cn/>),其中地质灾害防治相关数据自2018年起不再统计,因此,2018、2019年地质灾害防治项目及投资金额数据缺失。

1.2 研究方法

收稿日期:2022-01-13

基金项目:安康学院创新团队引导计划项目(2019AYQJ14)

作者简介:韩勇(1987~),男,甘肃靖远人,博士,讲师,主要从事土壤侵蚀及其环境演变研究。Email:hanyong2006@163.com

1.2.1 变差系数(CV)

变差系数是衡量系列相对离差程度的一个参数,数理统计中用均方差与均值之比来表示,又称离差系数或离势系数^[14]。其计算公式为:

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}}, \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

式中: x_i 为第*i*年的地质灾害起数; $\bar{x}$ 为多年平均地质灾害起数。

按照 Nielson 和 Bouma 于 1985 年提出的变异程度划分标准:当 $CV \leq 10\%$ 时属弱变异,当 $10\% < CV < 100\%$ 时属中等变异,当 $CV \geq 100\%$ 时属强变异^[15]。

1.2.2 Mann-Kendall 趋势检验法

Mann-Kendall (M-K) 非参数检验法常用于分析气象要素时间序列的趋势变化,其优点在于样本不需要服从特定的分布,而且不易受到异常值的影响^[16]。

假设有 n 个样本 $(x_1, \dots, x_n)$ 的时间序列,对于所有 $i, j \leq n$, 且 $i \neq j$, x_i 和 x_j 的分布是不同的,计算检验统计量 S , 公式如下:

$$S = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n \text{Sgn}(x_j - x_i) \quad (2)$$

$$\text{其中}, \text{Sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1, & x_j - x_i > 0 \\ 0, & x_j - x_i = 0 \\ -1, & x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

S 为正态分布,均值为 0, 方差 $\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18$ 。当 $n > 10$ 时,标准的正态统计变量通过下式计算:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

若 $|Z| \geq 1.64$, 则表示时间序列数据变化趋势具有置信水平为 0.05 的显著上升或下降趋势;当统计变量 $Z \geq 1.64$ 时,呈上升趋势; $Z \leq -1.64$ 时,呈下降趋势^[17]。

2 结果分析

2.1 主要地质灾害变化特征

根据国土资源部发布的自然灾害通报,我国主要地质灾害包括滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷 4 类。2000 年至 2019 年,我国地质灾害共发生 401 295 起,年均发生 20 065 起,其中,4 类地质灾害总数达 393 502 起,占全部地质灾害的 98.1%。因此,本研究主要对这 4 类地质灾害进行分析。近 20 年间,滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷分别年均发生 14 415、3 674、1 226、361 起。按多年平均值(19 675 起)进行划分,4 类地质灾害发生起数有 13 年较低,7 年较高,其中 2006 年尤为明显。

2006 年,我国 4 类地质灾害总数达 102 498 起,是多年平均值的 5 倍,是最少年份(2018 年)的 35 倍。这是 2006 年我国大部分省(区、市)均出现强连续降雨天气所致。据统计,从 2006 年 6 月下旬开始,我国中东部地区出现大范围降水,南方部分地区遭受暴雨袭击,湖南、贵州等省部分地区发生滑坡、崩塌、泥石流灾害。7 月和 8 月,更是出现 7 月 14 日强热带风暴“碧莉斯”^[18]和 8 月 10 日超强台风“桑美”^[19]。这两次极端气候事件引起了大范围连续强降雨以及局地暴雨,导致广东、福建、浙江、广西、安徽等省多个地区发生滑坡、崩塌、泥石流等灾害。到 9 月,虽然降水量有所减少,但甘肃、广西等省部分地区再次因局地暴雨天气引发滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害。10 月上旬,云南部分地区的持续中到大雨、局地暴雨或大暴雨天气,致使红河、临沧、玉溪等地

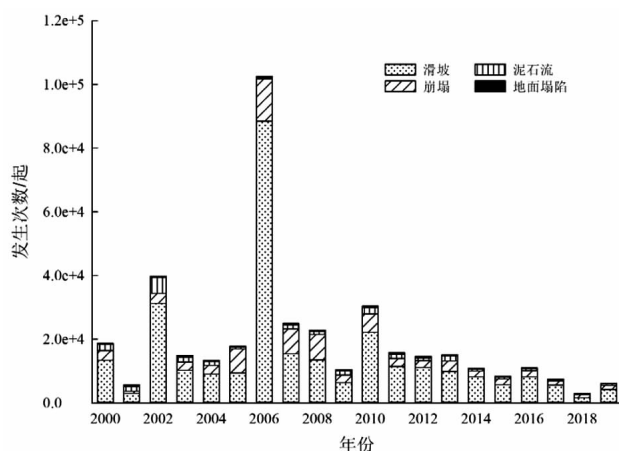


图1 2000—2019年全国主要地质灾害变化

Fig. 1 Changing of main geological disasters in China from 2000 to 2019

表 1 近20年我国4类地质灾害占比统计

Table 1 Proportion of four geological disasters in China from 2000 to 2019

地质灾害类型	最大值	最小值	平均值	CV
滑坡	86. 4%(2006)	52. 8%(2005)	68. 2%	130. 9%
崩塌	43. 2%(2005)	7. 8%(2002)	20. 5%	41. 4%
泥石流	27. 0%(2001)	0. 4%(2006)	8. 5%	65. 0%
地面塌陷	9. 7%(2001)	0. 4%(2006)	2. 7%	68. 6%

发生滑坡、泥石流等地质灾害^[20]。

从表 1 可以看出,在 4 类地质灾害中,滑坡占比最大,多年平均值为 68. 2%,其中 2006 年高达 86. 4%。其次为崩塌,多年平均值为 20. 5%。泥石流和地面塌陷多年平均值均较小,占比分别为 8. 5%和 2. 7%。因此,滑坡仍是现阶段最主要的地质灾害。虽然泥石流和地面塌陷在 2006 占比最小,均仅为 0. 4%,但二者数量并非历年最低值(分别为 417、398 起)。泥石流最少的年份为 2018 年,仅 339 起;地面塌陷最少的年份为 2019 年,仅 121 起(图 1)。这主要是由于 2006 年滑坡数量巨大,使得 4 类地质灾害总起数增加,从而导致泥石流和地面塌陷占比最小。

近 20 年来,滑坡占比变异系数为 130.9%,属于强变异;崩塌、泥石流、地面塌陷属于中等变异。这说明滑坡在主要地质灾害中不仅占比很高,而且年际变化很大。趋势检验结果显示,滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷的 Z 值分别为-2. 56、-2. 50、-2. 82、-3. 54,表明这四类地质灾害在 2000—2019 年间均呈下降趋势。

2.2 地质灾害损失特征

2.2.1 直接经济损失

近 20 年间,我国因地质灾害造成的直接经济损失共 8 495 433. 0 万元,年均损失 424 771. 6 万元。其中,2013 年直接经济损失最高,达 1 043 568. 0 万元,是多年平均值的 2. 5 倍;2018 年最低,为 147 128. 0 万元,仅为多年平均值的 0. 3 倍。趋势分析结果表明,自 2000 年至 2019 年,地质灾害造成的直接经济损失虽然出现波动变化,但整体呈缓慢下降趋势。

进一步分析图 2 发现,4 类地质灾害造成的直接经济损失的下降规律大致呈现

两个阶段:第一阶段为 2000—2009 年,该阶段年均经济损失为 381 963. 4 万元;第二阶段为 2010—2019 年,该阶段年均直接经济损失为 467 579. 9 万元。这主要与地质灾害的主要发生区域的经济水平发展水平密切相关。2000—2009 年间,地质灾害主要发生在西南、西北、中南等经济欠发达地区;而 2010—

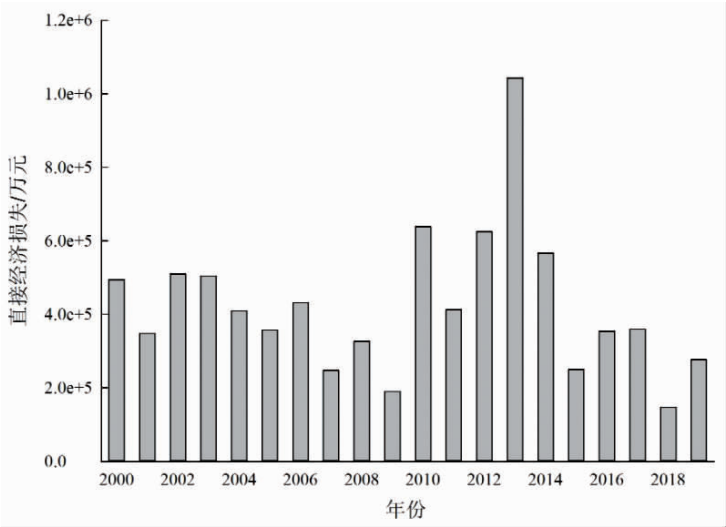


图 2 地质灾害造成的直接经济损失变化

Fig. 2 Changing of direct economic loss caused by geological disasters

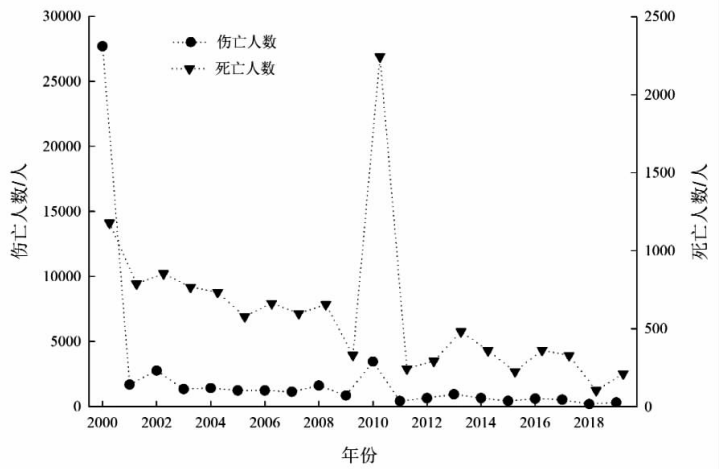


图 3 地质灾害造成的人员伤亡变化

Fig. 3 Changing of casualties caused by geological disasters

2019年间,发生在华东、华中、华南等地的地质灾害明显增加^[21]。

2.2.2 人员损失

2000年至2019年,全国因4类地质灾害造成的人员伤亡共计48 969人,其中死亡人数达12 003人(图3)。2000年的伤亡人数最多,达27 698人;2010年死亡人数最多,达2 244人。2000—2009年间,全国因4类地质灾害造成的人员伤亡总数达40 887人,死亡人数达7 147人;而2010—2019年间,人员伤亡总数为8 082人,死亡人数为4 856人。相较前10年,因地质灾害造成的伤亡人数与死亡人数在后10年分别下降了80.2%、32.1%。

据不完全统计,2000年,全国因暴雨集中引发大量崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害,造成较为严重的人员伤亡,尤其是西南、西北、东南沿海等地^[22]。而2010年,因全国范围内多次出现强降雨过程,有28个省(区、市)发生大量滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害,再次造成较大的人员伤亡,尤其以甘肃、陕西、云南三省最为严重^[23]。自2011年以来,随着我国地质灾害防治工作的深入开展,加上地质灾害气象预警预报能力的不断提升,以及防灾避险科普知识的宣传普及、群测群防建设和地质灾害评估、巡查、宣传、预案等建设,广大干部群众防灾避险意识逐步提高^[24]。至2019年,我国因地质灾害造成的人员伤亡已远低于近20年平均值。

2.3 地质灾害防治项目数及投资金额

从图4可以看出,近20年我国地质灾害防治的项目数和投资金额亦可大致分为两个阶段。2000—2009年,虽然我国地质灾害防治的项目数和投资金额逐年增加,但增加幅度均较为缓慢,10年平均值分别为5 004个、212 291.7万元。2010—2017年,地质灾害防治的项目数和投资金额的多年平均值分别为27 113个、1 342 540.0万元。进一步分析投资金额在GDP中的占比发现,2000—2009年,该占比在0.33~1.66范围内波动,平均值为0.91;而2010—2017年,该占比则在1.82~2.81范围内波动,平均值达到2.20。说明随着党和国家的重视,以及社会经济的快速发展,地质灾害防治工作进入良性发展阶段。

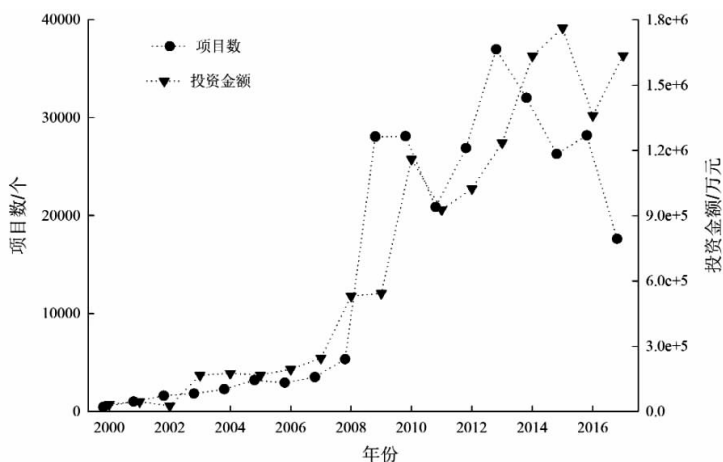


图4 地质灾害防治项目数及防治投资

Fig. 4 Changing of prevention projects and investment amount

进一步分析发现,我国地质灾害防治项目数在2013年达到最大值(36 984个),项目投资金额在2015年达到最大值(1 762 663.0万元)。这主要是由于2015年我国地质灾害分布较为广泛,涉及到28个省(区、市),其中经济发达的华东地区地质灾害发生数量最多,死亡及伤亡人数也相对较多^[25]。因此,为积极应对各地区地质灾害,国家财政投资金额也相应上调。

3 结论

(1)2000—2019年间,由强降雨引发的滑坡在4类地质灾害中的比例最大(68.2%),其次为崩塌(20.5%),泥石流和地面塌陷分别占8.5%和2.7%。滑坡仍是现阶段最需关注的地质灾害。

(2)近20年间,我国4类地质灾害造成的直接经济损失可划分成两个阶段:2000—2009年平均直接经济损失较小,2010—2019年平均直接经济损失相对较大。因地质灾害造成的伤亡人数与死亡人数,后10年较前10年分别下降了80.2%、32.1%。与2000—2009年相比,地质灾害防治的项目数和投资金额在2010—2017年有显著增加。

(3)随着社会经济快速发展,在党和国家的重视下,相关部门针对不同地区主要地质灾害造成损害的特征,增加防治项目和资金投入,因此我国因地质灾害引起的生命及财产损失均呈逐年下降趋势。在今后的地质灾害防治工作中,尤其要加强源头预防,做好气象预警,制定应急预案,全力保障人民生命财产安全。

参 考 文 献

- [1] 蒋承蕊. 中国地质灾害的现状与防治工作[J]. 中国地质, 2000(4):3-5
- [2] 刘传正. 我国地质灾害防治取得卓越成就[J]. 中国减灾, 2019(19):20-23
- [3] 钟永辉. 论我国地质灾害的现状及主要类型 [J]. 科技资讯, 2009(2):233
- [4] 刘传正, 陈春利. 中国地质灾害成因分析 [J]. 地质论评, 2020, 66(5): 1334-1348
- [5] 李振. 地质灾害形成条件及分布特征分析 [J]. 智能城市, 2020, 6(18):58-59
- [6] 盛宏文, 蒋常林. 甘肃清水县地质灾害类型、形成条件及发育规律分析[J]. 甘肃地质, 2014, 23(3): 67-72
- [7] 谢潇. 安康平利县地质灾害发育特征及形成条件分析 [J]. 海河水利, 2021(2):71-73+82
- [8] 宋一民, 贾少杰, 蒋同昌, 等. 陕西华州区地质灾害特征及其易发程度分区[J]. 西部探矿工程, 2018, 30(8):10-13+15
- [9] 刘博文, 许彦艳, 李华宏, 等. 云南不同类型地质灾害的天气诱因分析[J]. 高原山地气象研究, 2021, 41(3):95-102
- [10] 童纪伟. 广东省“十三五”期间地质灾害发育特征及影响因素分析[J]. 现代矿业, 2021, 37(10):219-221
- [11] 何永金. 福建省主要地质灾害的特点、成因及其对策[J]. 福建地质, 1995(04):263-271
- [12] 苏英, 黄娜娜, 刘宇峰. 2000—2015 年我国地质灾害年际变化与地区分布特征[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(35):92-95
- [13] 杨迁, 王雁林, 马园园. 2001—2019 年中国地质灾害分布规律

- 及引发因素分析[J]. 地质灾害与环境保护, 2020, 31(4):43-48
- [14] 王文森. 变异系数——一个衡量离散程度简单而有用的统计指标[J]. 中国统计, 2007(6):41-42
- [15] Nielsen DR, Bouma J. Soil spatial variability [M]. Pudoc Wageningen, 1985:2-30
- [16] 叶磊, 周建中, 曾小凡, 等. 水文多变量趋势分析的应用研究 [J]. 水文, 2014, 34(6):33-39
- [17] 章诞武, 丛振涛, 倪广恒. 基于中国气象资料的趋势检验方法对比分析[J]. 水科学进展, 2013, 24(4):490-496
- [18] 马蕴琦, 任福民, 冯恬, 等. 强热带风暴“碧利斯”(0604)极端降水研究回顾[J]. 海洋气象学报, 2020, 40(3):1-10
- [19] 中国气象局. 中国气象局发布 2006 年全国十大气象事件[J]. 气候变化研究进展, 2007(1):35
- [20] 金少华, 艾永智, 李学梅. 2006 年云南秋季连续暴雨过程分析 [J]. 贵州气象, 2009, 33(1):17-20
- [21] 梁高, 张晓蕾, 凌雪, 等. 2009—2019 年我国地质灾害时空特征分析[J]. 防灾减灾学报, 2021, 37(3):58-64
- [22] 国家环境保护总局. 2000 年中国环境状况公报[J]. 环境保护, 2001(7):3-9
- [23] 中国政府网. 国土资源部:2010 年全国 2246 人在地质灾害中死亡 [EB/OL]. (2011-02-06). http://www.gov.cn/jrzq/2011-02/06/content_1799419.htm
- [24] 冯建荣. 着力加强地质灾害防治能力建设 [N]. 中国应急管理报, 2021-09-21(003)
- [25] 中国政府网. 国土资源部公布 2015 年全国地质灾害情况[EB/OL]. (2016-01-05). http://www.gov.cn/xinwen/2016-01/07/content_5031219.htm

CHANGE AND PREVENTION CHARACTERISTICS OF MAIN GEOLOGICAL DISASTERS IN CHINA WITHIN RECENT 20 YEARS

HAN Yong¹, LI Xiao-yin¹, YANG Qian-nan², WU Xin-yi¹

(1. Ankang University College of Tourism and Environment Resources, Ankang 725000, China;

2. Key Laboratory of National Forestry Administration on Ecological Hydrology and Disaster Prevention in Arid Regions, Xi'an University of Technology, Xi'an Shanxi 710048)

Abstract: With the intensification of human activities and the frequent occurrence of extreme climate, the risk of geological disasters in China has increased, which has seriously affected the healthy and stable development of regional social economy. Based on the statistical data of geological disasters from 2000 to 2019, the study analyzed the change characteristics of landslide, collapse, debris flow and ground collapse, as well as the loss of life and property, prevention and control projects and investment amount. The results show that landslides caused by heavy rainfall account for 68. 2% in recent 20 years, which is the most important geological disaster in China; The direct economic losses caused by four types of geological disasters can be divided into two stages: 2000 ~ 2009 and 2010 ~ 2019. The direct economic losses and casualties caused by the two stages vary according to the main occurrence areas; The number of prevention and control projects and investment amount can also be divided into two stages, and the two indices increased by more than five times from 2010 to 2017 than from 2000 to 2009.

Key words: geological hazards; Direct economic loss; casualties; prevention and control projects; investment amount