

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2016.03.14

近十年中国地质灾害时空发育规律分析

薛凯喜^{1,2}, 胡艳香^{1,2}, 邹玉亮¹, Binod Tiwari², 魏永起¹, 顾连胜¹

- (1. 东华理工大学核资源与环境教育部重点实验室培育基地, 江西 南昌 330013;
2. 加州州立大学富尔顿分校土木与环境工程系, 美国 加利福尼亚州 92831)

摘要: 本文对中国国土资源部发布的历年《全国地质灾害通报》进行了全面梳理, 依托 2005–2014 年各类地质灾害记录数据详尽分析了研究区域内地质灾害的时空发育规律。六种灾害类别中山体滑坡和崩塌灾害的发育显著性最为明显, 泥石流次之, 且具有群发性和伴发性特征; 地质灾害发育的区域差异性非常显著, 文中分别给出了地质灾害高度发育与因灾损失最为严重的省级区域, 并分析了各省区域因灾损失程度和灾害发育总量的关系, 但其相关性并不明显; 除四川省外, 重大地质灾害多发的省份并非灾害总量居高的省份, 重大地质灾害的集中发育时间与极端降雨频发月份基本相符, 且统计显示其诱因主要为强降雨; 近年来中国地质灾害成功避让起数、灾害避让率和避免死亡人数等预警预报成效逐步提高, 但避免直接经济损失的规律性不强, 一定程度上突显出遭遇地质灾害时对房屋及基础设施等不动产的保护能力尚显不足。本文的相关结论源自统计数据的直观分析, 可为地质灾害防治及预警预报工作提供客观的咨询依据。

关键词: 地质灾害; 灾情分级; 损失程度; 预警预报

中图分类号: P642

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2016)03-0090-08

Temporal-spatial distribution discipline of geological disaster in China in recent ten years

XUE Kaixi^{1,2}, HU Yanxiang^{1,2}, ZOU Yuliang¹, Binod Tiwari², WEI Yongqi¹, GU Liansheng¹

- (1. State Key Laboratory Breeding Base of Nuclear Resources and Environment, East China University of Technology, Nanchang, Jiangxi 330013, China; 2. Civil & Environmental Engineering Department, California State University, Fullerton, USA, CA 92831, USA)

Abstract: In this paper, annual “National Geological Disaster Bulletin” issued by Ministry of Land and Resources of the People’s of China from 2005 to 2014a were comprehensive arranged, then the temporal-spatial distribution discipline of geological disasters was analyzed according to all kinds record data. Landslides and collapse develop most significantly in all six kinds of hazard categories, the following is Mudslides, clustering and associated with each other are the common characteristic for them. Regional differentiation in geological disaster occurrence is very significant, high frequency areas and particularly serious loss regionals are given in this paper, the relationship between the occurrence number and losses tolls of disasters were analyzed, but their relevance is not remarkable. In addition to Sichuan Province, the major geological disaster-prone provinces are not the provinces which have the bigger occurrence number of geological disasters, and

收稿日期: 2015-12-10; 修订日期: 2016-01-04

基金项目: 国家自然科学基金(41462011); 江西省科技计划项目(20123BBG70214; 20122BAB216002); 江西省数字国土重点实验室开放基金(DLLG201112)

第一作者: 薛凯喜(1981-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事地质灾害防灾减灾相关领域的研究工作。E-mail: Xkx1257@foxmail.com

通讯作者: 胡艳香(1982-), 女, 硕士, 讲师, 主要从事地质灾害防灾减灾相关领域的研究工作。E-mail: hyx3461@foxmail.com

centralized development time of major geological disasters is consistency with the occurrence of extreme rainfall events. In recent years, a number of geological disasters have been to predict in advance, disaster avoidance rate, avoid deaths and other warning and forecasting results gradually improved, but the improvement of avoid direct economic loss is not very well, Reflecting that the protection for housing, infrastructure and other real estate is insufficient when encounter geological disasters to a certain extent. Intuitive analysis of relevant conclusions from statistical data in this paper, it can provide an objective basis for geological disaster early warning and forecasting work.

Keywords: geological disasters; disaster situation division; damage extent; disaster warning

0 引言

中国境内地形地貌起伏变化大、地质构造复杂,具有极易发生地质灾害的环境基础,由此决定了地质灾害呈长期高发态势。据预测,本世纪前期全球气候变化背景下致使中国极端天气气候事件发生的频率、强度和区域分布变得更加复杂、中小尺度天气系统孕育暴雨的不确定性因素加大,局地突发性强降水和台风等极端气候事件增多,地震趋于活跃,强降雨过程和地震引发地质灾害发生的概率增大,造成地质灾害的总体形势可能更加严重,未来5-10年仍是地质灾害的高发期^[1]。同时,近年来中国中西部山地丘陵区经济发展迅速,大规模的基础设施建设对当地脆弱的地质环境造成的影响极为剧烈,部分不合理的人类工程活动更是对地质环境造成巨大的损伤,这难免导致或加剧地质灾害的发育,使之进一步呈现上升趋势。

长期以来,国内外科研工作者在地质灾害防治领域开展了众多卓有成效的研究工作,包括剖析各类地质灾害的生成、发展与演化机理,探索宏观地质灾害发育及分布规律、并构建了部分行之有效的地质灾害风险评价体系等。其中,依托全国及地方性地质调查、重大地质灾害实时上报等常态化工作机制,对地质灾害的时空发育规律进行探索一直是该领域的研究重点。李玉生^[2]、强菲^[3]等分别对华蓥山和秦巴山区的地质灾害发育规律进行了研究,并统计了区内地质灾害的数量、规模及物质组成;除全国地质灾害发育规律与损失程度的研究成果^[4-7]外,以省市地域为研究对象的研究成果也大量出现,如重庆市^[8-9]、陕西省^[10-11]、江西省^[12-13]、山东省^[14]、云南省^[15-16]、辽宁省^[17]、甘肃省^[18-19]、福建省^[20]、四川省^[21]、贵州省^[22]、河南省^[23]、北京市^[24]、及天津市^[25]等;内河库区或海洋地质灾害发育规律亦是该领域的研究热点,巴仁基等^[26]、王垚等^[27]、刘颖利等^[28]分别研究了大渡河流域、三峡库区、色普水库库区地质灾害的特征及分布规

律,陈俊仁等、刘锡清等^[29]、刘杜鹃等^[30]分别研究了海洋地质灾害的发育情况。

综上,上述专家学者对地质灾害发育规律的研究主要集中在地质灾害发育的特殊地质构造条件、地质灾害类型、地质灾害发育的区域性差异、地质灾害的时间发育情况等方面。然而,囿于地质灾害具有隐蔽性、突发性和破坏性,预警预报难度大,防范难度大,社会影响大等特点,其发育规律随着时间的延续存在一些规律性的变化,即时效性很强。基于此,本文以2005年~2014年国土资源部发布的地质灾害通报为数据来源,分析了近十年来中国(暂不包括台湾、香港和澳门地区)地质灾害的类型构成、时空分布及重大地质灾害的发育情况,以其为地质灾害的预警预报提供客观咨询依据。

1 地质灾害规模及其发育总量

1.1 类别构成与发育比例

按照中国《地质灾害防治条例》(国务院令 394号),中国地质灾害包括由自然因素或者人类活动所引发的山体滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝和地面沉降等与地质作用相关六种灾害类型。其中,地面沉降和地裂缝为缓变性地质灾害,其它为突发性地质灾害。图1给出了中国各类地质灾害发育数量的占比情况,由图可知,发育数量最多的灾害类型为滑坡,占比高达72.6%;崩塌灾害次之,占比达20%;前两种灾害是中国境内发育数量最多,最为显著的灾害类型;按照占比排序,后续依次为泥石流、地裂缝、地面塌陷和地面沉降。

1.2 发育总量的变化规律

图2给出了近十年中国各类地质灾害的年度发育总量变化情况,其中2006年和2010年是地质灾害高发年份,发育数量显著高于其他年份,高发年份过后地质灾害总量在一定时间内呈现递减趋势;山体滑坡及崩塌灾害的年度发育规律与地质灾害总量的发育

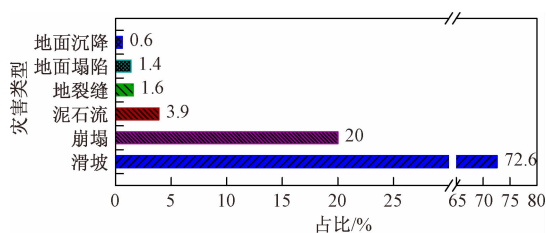


图1 中国地质灾害类型及其发育数量占比情况 (2005-2014年)

Fig. 1 The proportion of six kinds of geological disasters in China (2005-2014a)

规律基本相符,前者与灾害总量的发育规律一致性较强,但后者一致性略差;2008年是地裂缝高发育年份,发育总量超过了近十年其它年份的总合,总数量达到将近3000起,其它年份的发育数量变化规律不明显,但2008年后的四年内呈现出总体衰减趋势;泥石流在

2010年出现高发态势,时间上与滑坡灾害较为同步,原因在于滑坡为泥石流的发育提供了物质基础,而当年频发的极端降雨事件是其驱动力;地面塌陷在发育数量上的年际差异性不大,但年度发育数量相比于2005年均有提升;地面沉降是发育数量最少的地质灾害类型,2005年后年度发育数量逐年提升,直至2008年发育数量超高1000起并达到历史峰值,后续年度发育数量相对较低。

总体而言,不同类型地质灾害的年度发育规律并不相同,但究其灾害孕育机理,滑坡、崩塌灾害的孕育条件较为接近,且同为泥石流灾害提供物质基础,因此图2显示了上述三种类型地质灾害具有大致接近的年度发育规律;地裂缝和地面沉降的年度发育规律同样呈现出较强的一致性,具体伴发性机理还有待进一步探索。

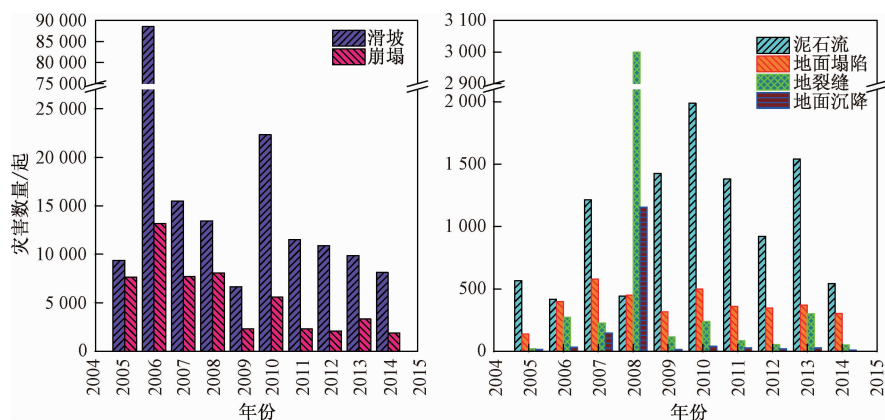


图2 中国各类地质灾害年度变化情况 (2005-2014年)

Fig. 2 Annual occurrence number of different kinds of geological disasters (2005-2014a)

2 地质灾害损失程度

2.1 灾情分级

根据中国《地质灾害防治条例》(国务院令第394号)第四条对地质灾害灾情分级的规定,地质灾害按灾情可分四种类型:(1)特大型 因灾死亡和失踪30人以上或者直接经济损失1000万元以上的;(2)大型 因灾死亡和失踪10人以上30人以下或者直接经济损失500万元以上1000万元以下的;(3)中型 因灾死亡和失踪3人以上10人以下或者直接经济损失100万元以上500万元以下的;(4)小型 因灾死亡和失踪3人以下或者直接经济损失100万元以下的。图3给出了各等级地质灾害的年度发育情况,因小型地质灾害发育占比达到灾害总规模的90%以上,图中显示小型灾害的发育规律与灾害总量的年度发育规律基本一

致;中型地质灾害的年度发育数量在2006年出现历史极大值,与灾害总量的发育规律相符,但在2010年地质灾害总量高发年度其数量并未高于其他年份,反而近两年的中型灾害数量出现显著提高;中型和大型地质灾害的年度发育数量具有很强的统计正相关性,2008年高发并在2009年回落后,近年来一直处于逐步增多的发展态势。

2.2 人员伤亡及其财产损失程度

图4给出了2005-2014年间历年直接经济损失及死亡、失踪、受伤人数统计情况,由图可知,2006年因灾受伤人数高达2002人,之后年度受伤人数下落至900人以下,但近年来受伤人数又呈现增长趋势;因灾失踪和死亡人数在2008年达到历史峰值,由前述分析可知,该年度发生的中大型地质灾害数量同样达到历史峰值,据此可基本断定中大型地质灾害是中国

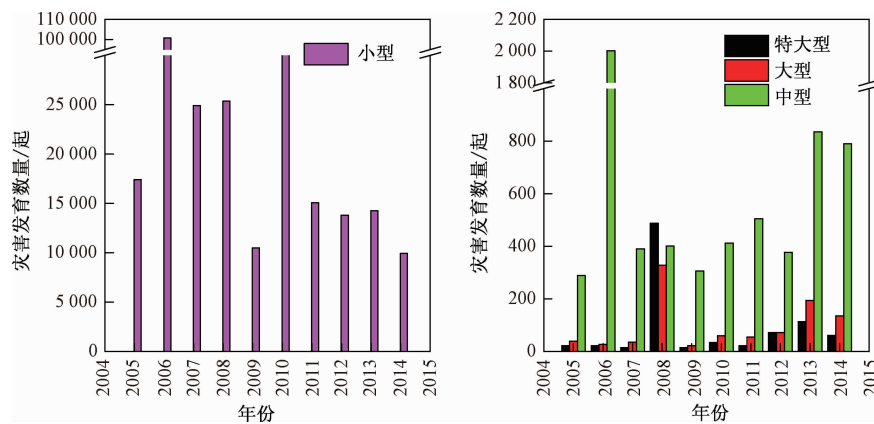


图 3 中国各等级地质灾害年度发育情况 (2005 - 2014 年)

Fig. 3 Grade division of geological disasters and the annual occurrence number of them (2005 - 2014a)

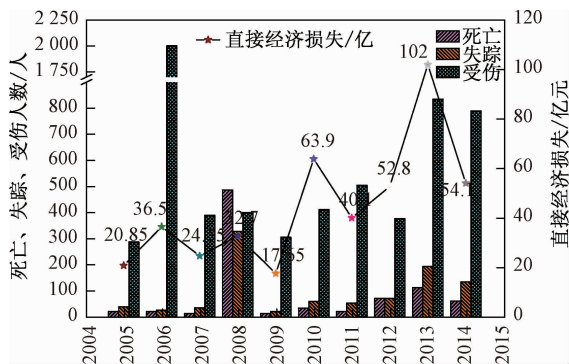


图 4 中国地质灾害年度损失程度变化情况 (2005 - 2014 年)

Fig. 4 Annual loss degree of geological disasters in China (2005 - 2014a)

地质灾害的主要致损类型;因灾死亡和失踪人数在 2009 年相对回落后,近年来持续增长;由直接经济损失曲线图可观察到近十年来因灾直接经济损失呈总体

增长态势,一方面的原因是中大型地质灾害的发育数量逐年增长,另一方面中国经济总量的提升造成了单位国土面积经济价值的增长,故此规律可得到合理性解释。

3 地质灾害的区域分布

图 5 给出了中国 31 个省、市、自治区地质灾害的区域分布情况示意图,从地质灾害的发育数量可知湖南省、四川省和辽宁省属于地质灾害高发省份,其中前两个省份的发育数量远超其他省级区域的发育数量总和,可见地质灾害的群发特性非常明显;因灾死亡人数方面,四川、云南和陕西三个省份死亡人数最多,四川省高达 416 人,其他因灾死亡较多的省份依次为贵州、广西、西藏、甘肃、山西和新疆,上述省份的死亡人数均高于 50 人;因灾造成的直接经济损失方面,相对较高的省级区域依次为甘肃、四川、辽宁、湖南、重庆和贵州,

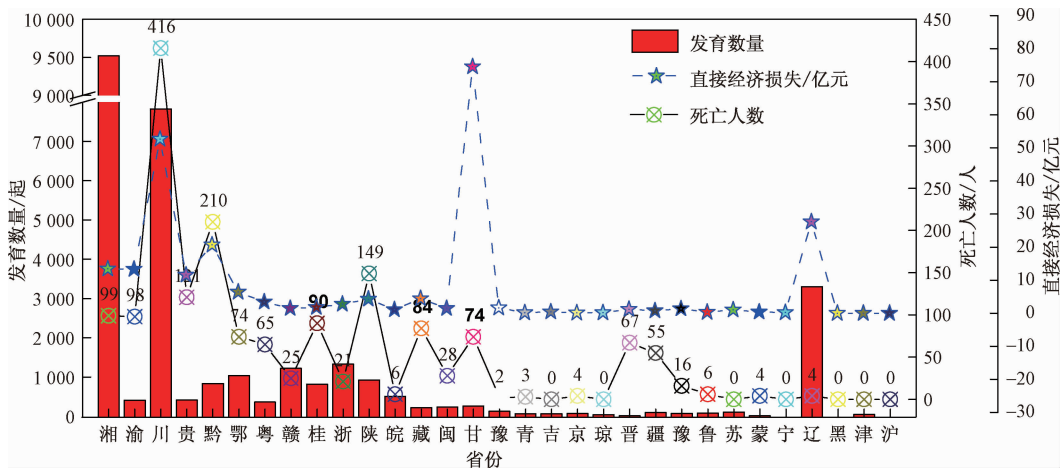


图 5 中国地质灾害发育的区域分布情况 (2005 - 2014 年)

Fig. 5 Areal distribution of geological disasters in China (2005 - 2014 年)

其他省级区域相对于上述四省普遍较低;灾害发育总量和直接经济损失及人员伤亡并不存在正相关的关系,由此可见各省地质灾害危险性和易损性具有较大差异,紧靠单项指标并不能判断各省的地质灾害风险强度;从图示的直观反映可看出,四川省、甘肃省和湖南省的地质灾害损失程度指标普遍较高,应在上述区域着重加强相应地质灾害防治工作。

4 重大地质灾害事件的时空分布特征

近十年来,国土资源部历年地质灾害通报详细记录了具有强烈社会影响的重大地质灾害事件累计 71 次,图 6 给出了上述各类重大地质灾害的区域分布情况。图 6 显示,大型山体滑坡事件显著高发的省份依

次是贵州、安徽、湖南、四川和陕西,且存在重大山体滑坡事件记录的省份共计 15 个,接近所有省级区域数量的一半;重大泥石流灾害事件显著高发的省份依次是四川、贵州和浙江,且存在该类重大地质灾害事件的省份仅有 7 个,可见泥石流灾害发育的区域差异性明显大于山体滑坡灾害;其它类型重大地质灾害高发的省份依次为四川、湖南、陕西和安徽,主要发育类型为地面塌陷和地裂缝等;尤其值得注意的是,安徽省和浙江省在地质灾害发育总量上并非显著高发省份,但安徽省在重大滑坡灾害和其它类型灾害方面均高于大部分省级区域,浙江省在重大泥石流灾害和重大滑坡灾害方面也显著高发,由此可知,在地质灾害防控领域,上述两省应加强重大灾害的防控举措。

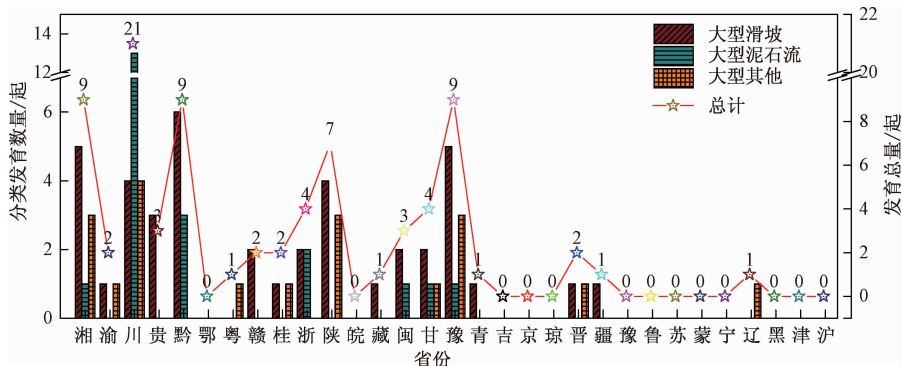


图 6 中国重大地质灾害区域分布情况 (2005-2014 年)

Fig. 6 Areal distribution of serious geological disasters in China (2005-2014 年)

研究发现,重大地质灾害在月度发育上存在明显的规律性,图 7 给出了统计年间地质灾害月际发育数量统计曲线,6~9 月为重大地质灾害高发月份,发育数量数倍于其他月份之和,其中尤以 7 月份最为显著;上述月际发育规律与中国境内极端降雨频发的月份基本一致,统计结果显示 71 次重大地质灾害记录中,2 次

由工程施工等人为因素引发,2 次为人为因素与天然降雨共同作用引发,其余 67 次均为强降雨引发,可见降雨仍为诱发地质灾害的主要因素。

5 地质灾害预警预报

目前,中国已形成地质灾害预警预报常态化机制,图 8 给出了统计年间中国地质灾害预警预报成效的年度变化情况,图中显示近年来地质灾害预警预报成效呈现逐步提高的态势。其中,灾害避让起数和灾害避让率(该年度避让起数与总发育起数的比值)在 2012 年达到历史峰值,近两年又有所回落,由此可一定程度上判断当前地质灾害发展演化进一步趋于复杂化,预警预报难度有所提升;避免人员伤亡人数近年来显著提高,但避免经济损失的规律性不强,主要原因在于造成的经济损失通常为居民房屋和其它基础设施等不动产,在地质灾害发生前无法对其快速采取避险措施所造成。

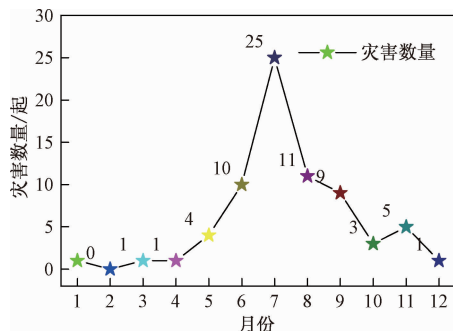


图 7 中国大型地质灾害发育月际变化情况 (2005-2014 年)

Fig. 7 Monthly occurrence number of different kinds of geological disasters (2005-2014a)

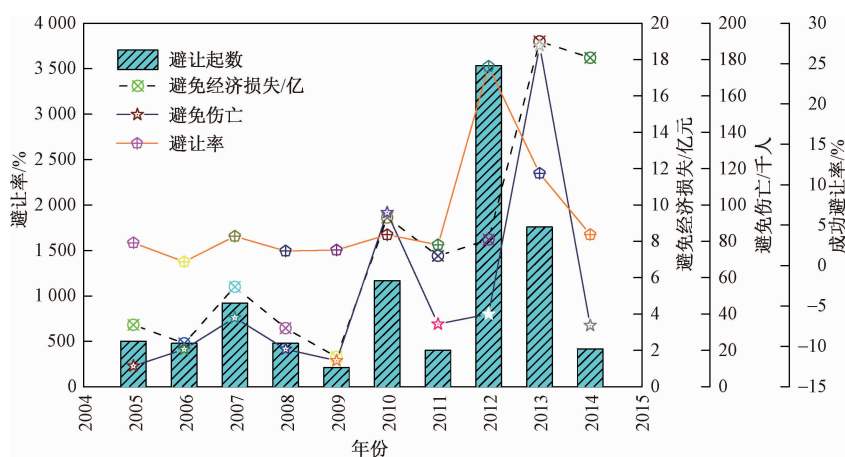


图8 中国地质灾害预警预报成效年度变化情况(2005-2014年)

Fig. 8 Early warning forecast results of geological disasters in China(2005-2014a)

6 结论与建议

本文以近十年国土资源部发布的《全国地质灾害通报》(2005-2014年)为数据来源,进一步统计分析了中国地质灾害的类别构成及其发育比例,剖析了灾害发育总量的年度变化规律,依托灾情分级情况研究了各等级人员伤亡及财产损失程度,给出了地质灾害发育的区域分布规律,并着重分析了各类重大地质灾害的时空分布特征,最后分析地质灾害预警预报成效情况。上述分析得到的研究结论如下:

在中国《地质灾害防治条例》所界定的山体滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝和地面沉降等六种灾害类型中,山体滑坡和崩塌仍是发育数量最多、且最为显著的灾害类型。2006年和2010年为统计年间地质灾害发育最高年份,研究结果显示高发年份后灾害发育数量次年显著降低,后续呈现逐年多发的趋势。山体滑坡、崩塌和泥石流的伴发性非常明显,地裂缝和地面沉降亦然。

灾情分级与其对应的损失程度分析显示,各灾情等级的地质灾害年度发育规律并不一致,且近年来中型和大型地质灾害呈高发态势。人员伤亡和直接经济损失分别在2006年和2013年达到历史峰值,结果显示近年来因灾损失程度持续攀升的规律较为明显。

地质灾害的区域差异性非常明显,但因灾损失程度与发育总量相关性不显著,尤其是大型灾害发育的区域差异性问题,因此,各省级区域在灾害风险防控方面应根据各自特点因地制宜。重大地质灾害的高发月份为6月、7月、8月和9月,与中国境内极端降雨频发的月份基本相符,统计显示重大地质灾害的诱因主要

是强降雨。

近年来中国地质灾害成功避让起数、灾害避让率和避免死亡人数等预警预报成效逐步提高,但避免直接经济损失的规律性不强,一定程度上突显出遭遇地质灾害时对房屋及基础设施等不动产的保护能力尚显不足。

当前我国地质灾害防治领域的科技成果仍滞后于防灾减灾事业的迫切需求,下一步广大科研工作者应重点加强地质安全隐患识别探测技术、地质灾害成因机制与破坏模式分析和灾害风险判别等方面的研究,并整合集成地质灾害信息平台、监测预警与应急处置集成和防治工程组合化技术。本文的研究分析成果基于对统计数据的直观分析,欠缺理论性,下一步建议借助统计学工具更为透彻的分析地质灾害时空发育规律的深层次信息,通过数据挖掘对区域地质灾害损失程度实施聚类分析,为属地化灾害防治工作提供更为精准的理论支撑。

参考文献:

- [1] 国土资源部. 国土资源部关于印发《全国地质灾害防治“十二五”规划》的通知[J]. 国土资源通讯, 2012(21): 21-31.
Ministry of Land and Resources of the People's of China. Annual "National Geological Disaster Bulletin" issued by Ministry of Land and Resources of the People's of China[J]. National Land & Resources Information, 2012(21): 21-31.
- [2] 李玉生. 华蓥山区地质灾害发育规律[J]. 地质灾害与防治, 1990, 1(1): 35-44.
LI Yusheng. Huayingshan area geological disaster development pattern [J]. Geotechnical Hazard and

- Control, 1990, 1(1): 35-44.
- [3] 强菲, 赵法锁, 段钊. 陕南秦巴山区地质灾害发育及空间分布规律[J]. 灾害学, 2015(2): 193-198.
- QIANG Fei, ZHAO Fasuo, DUAN Zhao. Development and spatial distribution of geological disasters in Qinling-Daba mountains of south Shaanxi [J]. Journal of Catastrophology, 2015(2): 193-198.
- [4] Lv J, Li M, Hou J, et al. A Super-efficiency DEA model based study: assessment on the vulnerability to geological disasters and efficiency in prevention and management in China[J]. Disaster Advances, 2012, 5(4): 843-848.
- [5] 李媛, 曲雪妍, 杨旭东, 等. 中国地质灾害时空分布规律及防范重点[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2013, 25(4): 71-78.
- LI Yuan, QU Xueyan, YANG Xudong, et al. Research of mountain flood geological disasters characteristic s and distribution in Liaoning province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2013, 25(4): 71-78.
- [6] 徐海云, 涂雄苓, 罗付岩. 中国突发性地质灾害分布的统计规律[J]. 数理统计与管理, 2010(6): 951-960.
- XU Haiyun, TU Xiongling, LUO Fuyan. An empirical law of distribution of abrupt geological hazards in China[J]. Application of Statistics and Management. 2010(6): 951-960.
- [7] 薛凯喜, 刘东燕, 袁传鹏, 等. 基于模糊聚类的地质灾害损失程度评价数学模型研究[J]. 地球与环境, 2010(4): 428-433.
- XUE Kaixi, LIU Dongyan, YUAN Chuanpeng, et al. Mathematical model for fuzzy clustering evaluation of loss extent of geological hazards [J]. Earth and Environment, 2010(4): 428-433.
- [8] 殷坤龙. 重庆市崩塌滑坡地质灾害规律[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1994(S1): 18-23.
- YIN Kunlong. Law of collapse landslide geological disasters in Chongqing [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 1994(S1): 18-23.
- [9] 李东林, 王骏, 张伟. 重庆涪陵区地质灾害发育特征与发生规律分析[J]. 重庆三峡学院学报, 2012(3): 84-89.
- LI Donglin, WANG Jun, ZHANG Wei. Geological disasters in Chongqing Fuling district development characteristics and occurrence regularity analysis[J]. Journal of Chongqing Three Gorges University, 2012(3): 84-89.
- [10] 徐继刚, 程谦恭, 杨铭君, 等. 陕西省地质灾害区划及活动规律统计分析[J]. 地球科学与环境学报, 1995(1): 34-42.
- XU Jigang, CHENG Qiangong, YANG Mingjun, et al. Shaanxi province geological disaster regionalization activity rule and statistical analysis [J]. Journal of Earth Science and Environment, 1995(1): 34-42.
- [11] 陈练武, 邱勇. 陕西省合阳县地质灾害发育规律及气象预警方法研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005(3): 119-121.
- CHEN Lianwu, QIU Yong. Research on the geo-hazards development rule and early warning in the raining forecast in Heyang county, Shanxi province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2005(3): 119-121.
- [12] 曾昭华. 江西省地质灾害的形成及其分布规律[J]. 地质与勘探, 1997(4): 17-20.
- ZENG Zhaohua. The formation of geological disasters in Jiangxi province and its distribution law [J]. Geology and Exploration, 1997(4): 17-20.
- [13] 龙得莲, 李东红, 李福生. 江西省九江市地质灾害发育规律[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(4): 125-126.
- LONG Xunlian, LI Donghong, LI Fusheng. Development law of gedsgical hazards in Jiujiang of Jiangxi province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 18(4): 125-126.
- [14] 武羽晓, 张中祥, 梁凤英, 等. 济南市地质灾害基本规律与发展态势[J]. 山东国土资源, 2005(11): 35-38.
- WU Yuxiao, ZHANG Zhongxiang, LIANG Fengying, et al. Basic rule and developing trend of geological hazards in Jinan city [J]. Land and Resources in Shandong Province, 2005(11): 35-38.
- [15] 蒋顺德, 龙莎莎, 陈启良, 等. 云南省武定县地质灾害发育规律及其防治对策研究[J]. 云南地理环境研究, 2007(3): 31-35.
- JIANG Shunde, LONG Shasha, CHEN Qiliang, et al. Some prevention measures on geological disaster development law and Yunnan Wuding study [J]. Journal of Yunnan Geography Research, 2007(3): 31-35.
- [16] 周松林, 谈树成, 蒋顺德, 等. 云南省保山市隆阳区地质灾害空间分布规律及易发性分区与评价[J]. 地球与环境, 2010(03): 351-356.
- ZHOU Songlin, TAN Shucheng, JIANG Shunde, et al. Research on the developing laws and countermeasures

- of the geological hazards in wuding county Yunnan province [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2010(3): 351 – 356.
- [17] 陈殿强, 王来贵, 郝哲. 辽宁省山洪地质灾害特点及其分布规律研究[J]. 渤海大学学报(自然科学版), 2008(2): 105 – 112.
- CHEN Dianqiang, WANG Laigui, HAO Zhe. Research of mountain flood geological disasters characteristic s and distribution in Liaoning province[J]. Journal of Bohai University (Natural Science Edition), 2008(2): 105 – 112.
- [18] 梅海, 张纪勋. 兰州市地质灾害类型及其分布规律[J]. 南水北调与水利科技, 2010(4): 53 – 57.
- MEI Hai, ZHANG Jixun. Types and distribution of geological hazards in Lanzhou city[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2010(4): 53 – 57.
- [19] Miao F, Yuan Q. A WebGIS-Based Information System for Monitoring and Warning of Geological Disasters for Lanzhou City, China[J]. Advances in Meteorology, 2013.
- [20] 陈刚, 张慕远, 胡丽, 等. 福建省宁化县地质灾害发育规律及其影响因素[J]. 安全与环境工程, 2011(5): 15 – 19.
- CHEN Gang, ZHANG Muyuan, HU Li, et al. Development regularities and influencing factors of geological disasters in ninghua county of Fujian Province[J]. Safety and Environmental Engineering. 2011(5): 15 – 19.
- [21] Fan W, Sun J, Sun K. A Synthetic Analysis on the Effective Protection and Management of World Heritage Sites in the Geological Disaster Area: A Case Study of Sichuan, China[M]//2012: 2702 – 2711.
- [22] 石潭, 黄晓宇. 贵州省安龙县重大地质灾害成因分析与分布规律[J]. 低碳世界, 2014(11): 122 – 124.
- SHI Tan, HUANG Xiaoyu. Enron county in Guizhou the origin and distribution of major geological disasters [J]. Low Carbon World, 2014(11): 122 – 124.
- [23] 曾琳洁, 张涛, 冯文凯. 河南南召县地质灾害形成条件与分布规律[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2014, 25(1): 82 – 89.
- ZENG Linjie, ZHANG Tao, FENG Wenkai. Formation conditions and distribution law about geological disasters in Nanzhao county, Henan province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2014, 25(1): 82 – 89.
- [24] 任凯珍, 韩建超, 季为. 北京地区突发地质灾害分布规律研究[J]. 城市地质, 2015(S1): 46 – 49.
- REN Kaizhen, HAN Jianchao, JI Wei. Study on the distribution regularity of the sudden geological calamity happened in Beijing[J]. Urban Geology, 2015(S1): 46 – 49.
- [25] Hu B, Zhou J, Xu S, et al. Assessment of hazards and economic losses induced by land subsidence in Tianjin Binhai new area from 2011 to 2020 based on scenario analysis[J]. Natural Hazards, 2013, 66(2): 873 – 886.
- [26] 巴仁基, 王丽, 郑万模, 等. 大渡河流域地质灾害特征与分布规律[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2011(5): 529 – 537.
- BA Renji, WANG Li, ZHENG Wanmo, et al. Characteristics and distribution of the geology disasters of the Dadu River in Sichuan, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2011(5): 529 – 537.
- [27] 王焱, 李述靖, 王学佑, 等. 长江三峡库区崩滑地质灾害的形成与分布规律研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(2): 27 – 32.
- WANG Yao, LI Shujing, WANG Xueyou, et al. Study on the formation and distribution of landslide geological hazard in the Three Gorges Reservoir area [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2000, 11(2): 27 – 32.
- [28] 刘颖利, 杨子荣, 裴磊. 色普水库库区地质灾害发育规律[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2009(S2): 82 – 84.
- LIU Yingli, YANG Zirong, PEI Lei. Soup reservoir regional geology disaster development rule [J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition), 2009(S2): 82 – 84.
- [29] 刘锡清, 刘守全, 王圣洁, 等. 南海灾害地质发育规律初探[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(1): 14 – 18.
- LIU Xiqing, LIU Shouquan, WANG Shengjie, et al. Preliminary study on the distribution of hazardous geology in south China sea and its formation regulations[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2002, 13(1): 14 – 18.
- [30] 刘杜娟, 胡涛骏, 黄潘阳, 等. 舟山海域海洋灾害地质因素分类及其分布规律[J]. 海洋湖沼通报, 2014(3): 153 – 160.
- LIU Dujuan, HU Taojun Hu, HUANG Panyang, et al. Classification and distribution of marine geohazards factors in Zhoushan islands [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2014(3): 153 – 160.