

引用格式:章诗芳,王玉芬,贾蓓,等.中国2005–2016年地质灾害的时空变化及影响因素分析[J].地球信息科学学报,2017,19(12):1567–1574.
[Zhang S F, Wang Y F, Jia B, et al. 2017. Spatial-temporal changes and influencing factors of geologic disasters from 2005 to 2016 in China. Journal of Geo-information Science, 19(12):1567–1574.] DOI:10.3724/SP.J.1047.2017.01567

中国2005–2016年地质灾害的时空变化及影响因素分析

章诗芳¹,王玉芬²,贾蓓^{1*},赵尚民¹

1. 太原理工大学矿业工程学院,太原 030024; 2. 太原市环境监测中心站,太原 030002

Spatial-temporal Changes and Influencing Factors of Geologic Disasters from 2005 to 2016 in China

ZHANG Shifang¹, WANG Yufen², JIA Bei^{1*} and ZHAO Shangmin¹

1. Department of Earth Sciences, College of Mining Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Taiyuan Environmental Monitoring Center, Taiyuan 030002, China

Abstract: China is a geological disaster-prone country. Frequent geological disasters cause a lot of casualties, and lead to serious economic losses and the damage of ecological environment. Therefore, it is of great scientific significance and practical value to acquire the occurrence characteristics and the loss status of geological disasters. Based on the "National Geological Disaster Bulletin" issued by Chinese Institute of Geo-environmental Monitoring, we analyze spatial-temporal changes and influencing factors of geological disasters in China from 2005 to 2016 in five aspects: the change of occurring types of geological disaster, the spatial distribution of geological disaster, the cause of geological disaster, the loss caused by geologic disaster and the avoidance situation of geological disasters. The results show that: (1) Landslide and collapse are the main types of geologic disaster, which account for 70% and 10% of total geologic disasters, respectively. The total number of disasters is obviously reduced, especially the collapse is obviously reduced; meanwhile, the number of the landslide disasters has some reduction. (2) For the spatial distribution, geologic disasters mainly distributed in Hunan province and Sichuan province and so on, and they are also the provinces with the highest economic losses. Sichuan is also the province with the largest number of deaths and missing. Serious geological disasters mainly occur in Sichuan province, then Hunan province, Guizhou province and Anhui province. (3) For the cause of disaster situation, the geological disasters caused by natural factors decreased from 96.6% to 92.0%. Compared to natural causes, the proportion of geological disasters caused by human is increased, which is about 0.5% annually through regression equation analysis. With successful transformation of Chinese economy and the method improvement of disaster prediction and prevention, geologic disaster caused by human factors may gradually be stable and few slowly. (4) For the event of disaster losses, direct economic losses have reduced from 4.09 billion Yuan to 3.17 billion Yuan, and the number of dead and missing people has also significantly reduced,

收稿日期 2017-07-30;修回日期:2017-08-31.

基金项目 国家重点研发计划项目(2017YFB0503603);国家自然科学基金项目(41631179、41771443);科技基础性工作专项项目(2011FY110400-2);测绘地理信息公益性行业科研专项项目(201512033);太原理工大学引进人才科研启动经费项目(tyut-rc201221a)。

作者简介 章诗芳(1982–),福建宁德人,硕士生,主要从事地质灾害研究。E-mail: zhangshifangbupt@163.com

*通讯作者 贾蓓(1960–),女,北京,副教授,主要从事GIS与空间数据库研究。E-mail: jiahuli1000@foxmail.com

about 75 persons per year. Geologic disasters of super-huge types only account for 0.5% of total number, which cause 25.7% of total number of injury and dead people and 47.7% of total direct economic loss. (5) In terms of the avoidance of geological disasters, the percentage of the avoidance number of geological disasters to the total number of geological disasters increased from 2.8% in 2005 to 7.0% in 2016, and the percentage of avoidance economic losses to direct economic losses was increased from 9.3% in 2005 to 22.4% in 2016. The percentages of the avoidance number of geological disasters and avoidance economic losses are about 0.7% and 1.5% annually perceptively using regression equation. Through the analysis of the long term dynamic monitoring results of Chinese geological disasters, it is found that Chinese disaster prevention and mitigation has made remarkable progress.

Key words: geologic disaster; spatial-temporal changes; influencing factors; disaster loss; disaster degree; disaster avoidance

***Corresponding author:** JIA Bei, E-mail: jiahuli1000@foxmail.com

摘要: 基于中国地质环境监测院发布的《全国地质灾害通报》,本文从时空分布及影响因素2个方面,对2005–2016年的地质灾害发生类型变化、空间分布、成因、损失和避让情况进行了统计分析。分析结果表明:① 滑坡与崩塌是主要的地质灾害类型,分别占地质灾害总数的70%与10%左右,地质灾害总数、滑坡与崩塌均呈明显减少趋势;② 在空间分布上,地质灾害主要分布在湖南省和四川省,它们也是直接经济损失最大省份,四川省同时为死亡失踪人数最多的省份;③ 自然因素造成的地质灾害从96.6%降低到92.0%,人为因素造成的地质灾害则呈整体增加趋势,通过回归方程,每年平均增加量约为0.5%;④ 地质灾害造成的死亡、失踪和受伤的总人数逐渐递减,每年约减少75人左右;特大型地质灾害占总数的0.5%,却造成人员伤亡总数的25.7%和直接经济损失总量的47.7%;⑤ 避免的地质灾害与经济损失占地质灾害总数与直接经济损失总量的百分比,分别从2005年的2.8%与9.3%提高到2016年的6.9%与22.4%。通过回归方程,避免地质灾害数目与避免经济损失的百分比每年增长为0.7%与1.5%左右。通过对中国地质灾害的长时间动态监测结果进行分析,说明中国的防灾减灾工作取得了明显进展。

关键词: 地质灾害;时空变化;影响因素;灾情损失;灾害等级;灾害避让

1 引言

根据中华人民共和国国土资源部发布的行业标准《地质灾害分类分级》,地质灾害被定义为“地球在内动力、外动力或人类工程活动作用下,发生的危害人类生命财产、生产生活活动或破坏人类赖以生存与发展的资源与环境的的地质灾害事件”^[1–4]。

作为世界上地质灾害最严重的国家之一^[5–6],中国地质灾害的发生种类、活动强度和爆发规模均居世界前列^[7–8]。频发的地质灾害严重危害着国民经济发展和人民生命财产安全,并对灾害发生地区的基础设施和生态环境具有极大破坏作用^[9–11]。

为了降低地质灾害带来的破坏,对地质灾害的发生发展情况进行调查与动态监测对防灾减灾具有重要意义^[9,12],并产生了众多的地质灾害风险评价与减灾研究^[6,13],遥感与地理信息系统方法的出现为地质灾害监测与分析提供了新的手段^[14–16]。

国土资源部则从1999年开始,在地质灾害严重的县(市)进行了地质灾害调查^[9]。中国地质灾害环

境监测院则从2005年开始,在中国地质环境信息网中公布了2004年以来每年、每季度和重要月份不同时间尺度的《全国地质灾害通报》^[17]。

这些地质数据的免费发布,为了解中国地质灾害的发生发展过程中的重要特征提供了基础数据源。因此,本文旨在基于下载获取的历年《全国地质灾害通报》,对中国地质灾害近10多年来的时空变化及影响因素进行深入分析,从而为了解中国地质灾害调查及变化情况和减灾防灾工作提供基础。

2 时空变化分析

中国地质灾害环境监测院主办的地质灾害环境信息网发布了2004年以来的《全国地质灾害通报》。由于2004年的《全国地质灾害通报》与后面的在内容上很难统一,因此本研究主要基于2005–2016年的《全国地质灾害通报》,在时空变化分析方面,不仅分析不同类型的地质灾害发生数目的长时间序列变化,同时获取地质灾害的空间分布特征,并对其进行深入分析。

2.1 不同类型地质灾害的发生数目长时间变化

地质灾害有多种类型^[8],比较重要的有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝与地面沉降6种类型。基于2005–2016年的《全国地质灾害通报》,获取的这6种地质灾害的长时间发生数目如表1所示。

表1 2005–2016年不同地质类型的发生数目
Tab. 1 Occurring number of different geologic disaster types from 2005 to 2016

年份	滑坡	崩塌	泥石流	地面塌陷	地裂缝	地面沉降	总数
2005	9359	7654	556	137	20	15	17 751
2006	88 523	13 160	417	398	271	35	102 804
2007	15 478	7722	1215	578	225	146	25 364
2008	13 450	8080	443	451	–	–	26 580
2009	6657	2309	1426	316	115	17	10 840
2010	22 329	5575	1988	499	238	41	30 670
2011	11 490	2319	1380	360	86	29	15 664
2012	10 888	2088	922	347	55	22	14 322
2013	9849	3313	1541	371	301	28	15 403
2014	8128	1872	543	302	51	11	10 907
2015	5616	1801	486	278	27	16	8224
2016	7403	1484	584	221	12	6	9710

注:2008年《全国地质灾害通报》中没有给出地裂缝和地面沉降的数目

从表1可看出,从2005–2016年,除了个别年份(如2006年)地质灾害总数突变外,地质灾害总数整体呈下降趋势,从2005年的17 751降低到2015年和2016年的10 000以下;滑坡是最重要的地质灾害类型,发生灾害数量占地质灾害总数的约70%左右,个别年份(如2006年)超过85%;其次为崩塌,它是除滑坡外最重要的地质灾害类型,发生数量约占地质灾害总数的10%左右;然后依次是泥石流、地面塌陷、地裂缝和地面沉降,发生数目整体来讲依次减少。

基于表1中数据可以获取地质灾害总数、滑坡与崩塌2005–2016年的数量变化趋势,如图1所示。

在图1中,由于崩塌灾害的数量与地质灾害总数和滑坡出入较大,因此将其设置了副坐标轴。从图1可看出:地质灾害总数、滑坡与崩塌的数量从2005–2016年保持了相近的变化趋势,即整体下降,个别年份有突变。

2.2 地质灾害空间分布

分析地质灾害的空间分布特征,是预测其发展趋势、进行防灾减灾的基础^[18]。张春山等^[19]大致以长白山–燕山–贺兰山–巴颜喀拉山–念青唐古拉山为界,将中国地质灾害分为西部和东部2大区域。基于

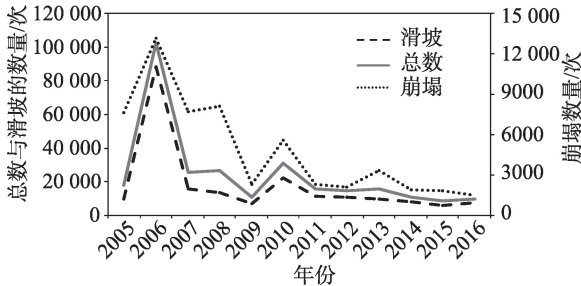


图1 2005–2016年地质灾害总数、滑坡与崩塌的数量变化趋势

Fig. 1 Changing tendency of total different geologic disasters, landslides and collapses during 2005–2016

2005–2016年的《全国地质灾害通报》,整理获得的全国地质灾害在不同省份的分布情况如表2所示。

表2 2005–2016年地质灾害在不同省份的分布情况
Tab. 2 Distribution status of geologic disasters in different provinces from 2005 to 2016

年份	发生数量最多省份	数量/次	死亡失踪人数最多省份	人数/人	直接经济损失最大省份	损失/亿元
2005	福建		福建		安徽	
2006	广东		广东		福建	
2007	四川		四川		四川	
2008	湖南		云南		云南	
2009	四川		四川		湖南	
2010	江西		甘肃		陕西	
2011	湖南	8800	四川	70	四川	18
2012	湖南	3400	四川	135	辽宁	23.5
2013	甘肃	3900	四川	225	甘肃	66.8
2014	湖南	4750	云南	120	重庆	18.5
2015	江西	2480	陕西	69	陕西	5.1
2016	湖南	4480	贵州	60	湖南	8.8

注:2011年之后的一些数据是根据《全国地质灾害通报》中的图片提取

从表2可看出,在发生数量上,湖南省有5次全国居首,四川省和江西省各有2次;在死亡失踪人数上,四川省有5次最多,其次为云南省,有2次;在直接经济损失上,四川省、湖南省、陕西省各有2次,为经济损失最大省份。

研究表明,死亡失踪人数及直接经济损失主要取决于重大地质灾害。中国大陆各省份2005–2014年重大地质灾害的发生情况如图2所示^[20]。从图2可看出,四川省是发生重大地质灾害次数最多的省份,达21次;其次为湖南省、贵州省和安徽省,均为9次;然后是陕西省7次;其他省份发生重大地质灾害次数均不超过5次,还有近一半省份该时间段内没有发生重大地质灾害。

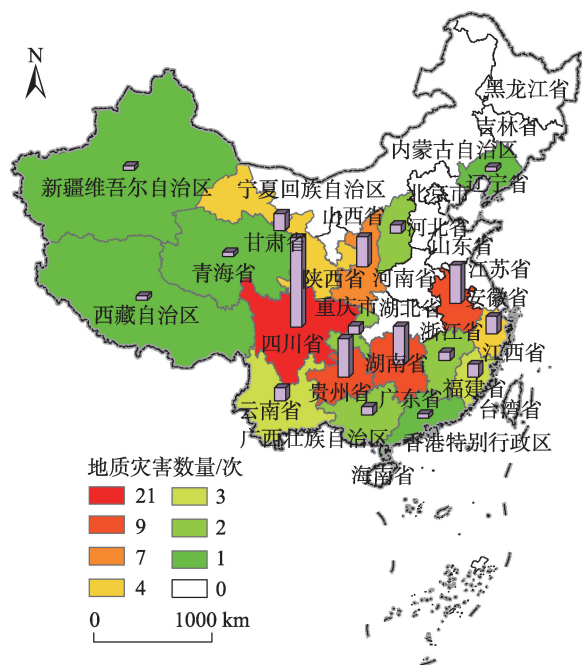


图2 2005–2014 中国大陆重大地质灾害空间分布^[20]
Fig. 2 Spatial distribution of serious geologic disasters in mainland of China from 2005 to 2014

由此可知,地质灾害最严重的地区位于青藏高原东缘,这主要是由于这一地区地质活动强烈、降雨丰富且处于地形突变的山地地区;在中国中部、北部和东北地区重大地质灾害则很少,可能与此地区地形相对平坦且处于半干旱区的气候条件有关。

3 影响因素分析

在中国地质灾害的影响因素分析方面,首先分析地质灾害的形成因素,包括自然因素与人为因素;然后分析地质灾害造成的各种损失,包括人员伤亡与经济损失;最后对地质灾害的成功避让情况进行统计和分析。

3.1 地质灾害成因分析

分析地质灾害的成因可以为获取地质灾害空间分布特征、减少地质灾害损失和成功防灾减灾提供依据。例如,强降雨作为重要的自然因素,它是引发滑坡、崩塌和泥石流等地质灾害的主要原因,这些地质灾害则进而导致严重的人员伤亡和经济损失;同时,由于强降雨多发生在6–9月,因此6–9月同时是地质灾害多发期。

通过整理中国2005–2016年的《全国地质灾害通报》,获得地质灾害成因分布情况如表3所示。自

表3 2005–2016年地质灾害成因分布
Tab. 3 Causes distribution of geologic disasters from 2005 to 2016

年份	自然因素	百分比/%	人为因素	百分比/%	总数
2005	17 148	96.6	603	3.4	17 751
2006	97 870	95.2	4934	4.8	102 804
2007	24 350	96.0	1014	4.0	25 364
2008	25 517	96.0	1063	4.0	26 580
2009	10 189	94.0	651	6.0	10 840
2010	29 285	95.5	1385	4.5	30 670
2011	13 902	89.0	1718	11.0	15 620
2012	13 677	95.5	645	4.5	14 322
2013	14 847	96.4	556	3.6	15 403
2014	10 328	94.7	579	5.3	10 907
2015	7047	85.7	1177	14.3	8224
2016	8937	92.0	773	8.0	9710

注:2011年的《全国地质灾害通报》中给出成因的地质灾害总数与地质灾害类型中的地质灾害总数有出入

然因素指由于降雨、冰雪冻融、地震等自然原因造成的地质灾害,人为因素则指由于人工采矿和切坡等引发的地质灾害;同时,由于不同年份地质灾害总数的变化较大,进而影响自然因素和人为因素造成的地质灾害的数量,因此表3给出了自然因素和人为因素造成的地质灾害占地质灾害总数的百分比。从表3可看出,自然灾害占的百分比呈逐渐下降趋势,而人为灾害占的百分比整体上呈上升趋势。

为了对2005–2016年人为因素造成的地质灾害百分比进行定量分析,绘制了人为灾害占百分比变化曲线(图3中实线)的趋势线(图3中虚线),并给出了回归方程和回归系数。从图3可看出,从2005–2016年,人为因素造成的地质灾害占地质灾害总数的百分比呈逐渐上升趋势,年平均增加量约为0.5%。

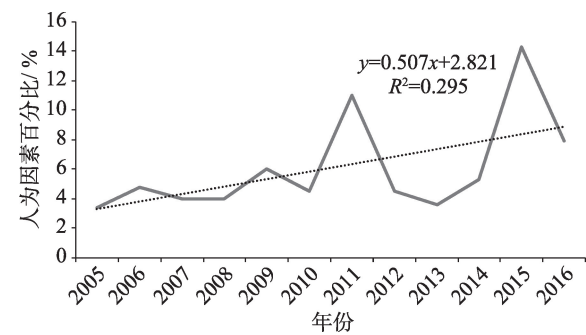


图3 2005–2016年人为因素造成的地质灾害百分比变化分析
Fig. 3 Analysis of the changes to the percentage between geologic disasters due to human factors and total geologic disasters from 2005 to 2016

人为因素造成的地质灾害比例持续升高主要是由于近些年中国快速发展的经济需要大量的能源消耗和物质供应,引起不断增加的采矿、建设及开发等生产活动,从而造成持续增多的地质灾害。随着中国经济的成功转型,调查、监测与预防手段的不断提高,相信经过一段时期,人为因素造成的地质灾害比例应该会趋向稳定并逐渐变小。

3.2 地质灾害造成的损失分析

对地质灾害造成的损失进行分析,不仅分析2005–2016年每年地质灾害造成的总损失,同时将地质灾害破坏程度分为不同等级,分析各等级地质灾害造成的损失状况。

3.2.1 不同年份地质灾害造成的损失

在《全国地质灾害通报》中,地质灾害造成的损失主要包括死亡人数、失踪人数、受伤人数以及直接经济损失4个方面。通过归纳、整理,获得的中国地质灾害2005–2016年造成的损失状况如表4所示。

表4 2005–2016年地质灾害造成的损失
Tab. 4 Total loss due to geologic disasters from 2005 to 2016

年份	死亡人数 /人	失踪人数 /人	受伤人数 /人	直接经济 损失/亿元
2005	578	104	339	36.5
2006	663	111	453	43.2
2007	598	81	446	24.8
2008	656	101	841	32.7
2009	331	155	315	17.65
2010	2246	669	534	63.9
2011	277	0	138	40.1
2012	375	0	259	52.8
2013	481	188	264	102
2014	349	51	218	54.1
2015	229	58	138	24.9
2016	370	35	209	31.7

注:在《全国地质灾害通报》中,将2011年和2012年的死亡与失踪人数合并统计

从表4可看出,对于直接经济损失,除了在个别年份突变外,整体变化不大,考虑到物价一直在贬值,因此直接经济损失实质上处于明显下降状态;对于死亡人数、失踪人数和受伤人数,则呈较为明显的下降趋势。

为了对死亡、失踪和受伤人数的变化趋势进行量化,结果如图4所示。在图4中,由于2010年死亡、失踪和受伤人数极多,属于异常年份,本研究统计了2010年之外2005–2016年的死亡、失踪和受伤总人数的变化。从图4可看出,死亡、失踪和受伤的

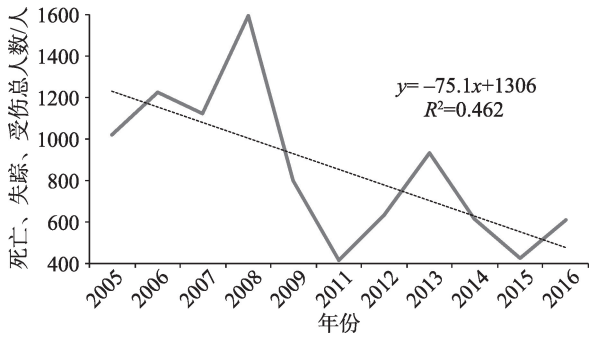


图4 2005–2016年由地质灾害造成的死亡、失踪与受伤总人数变化趋势

Fig. 4 Changing tendency of dead, missing and injured people due to geologic disasters from 2005 to 2016

总人数从2005–2016年逐渐递减,每年约减少75人左右,由此可看出进行地质调查和减灾措施后对于人民生命安全所起到的重要作用。

3.2.2 不同年份各等级地质灾害造成的损失

地质灾害按照造成人员伤亡、经济损失程度可分为特大型、大型、中型和小型4个等级^[21]。在《全国地质灾害通报》中,只有2012–2016年不同等级地质灾害造成的损失情况,结果如表5所示。在表5中,特大型指因灾死亡30人以上或者直接经济损失1000万元以上的地质灾害,大型指因灾死亡10人

表5 2005–2016年不同等级地质灾害造成的损失
Tab. 5 Loss due to geologic disasters at different degrees from 2005 to 2016

年份	灾害等级	灾害数目/次	死亡人数/人	失踪人数/人	受伤人数/人	直接经济损失/亿元
2016	特大型	21	97	10	29	12.7
	大型	41	25	5	7	2.8
	中型	307	107	11	64	6.4
	小型	9341	141	9	109	9.8
2015	特大型	18	72	56	9	9
	大型	26	22	0	15	2
	中型	257	43	1	21	5.5
	小型	7923	92	1	93	8.4
2014	特大型	61	56	21	44	17.7
	大型	135	85	8	20	5.7
	中型	790	68	6	39	14.9
	小型	9921	140	16	115	15.8
2013	特大型	113	312	0	14	57.3
	大型	194	63	0	48	13.5
	中型	835	157	0	82	17.9
	小型	14 261	137	0	120	13.3
2012	特大型	72	73	0	36	29.9
	大型	71	52	0	0	4.6
	中型	377	133	0	45	7.2
	小型	13 802	117	0	178	11.1

以上30人以下或直接经济损失500万元以上1000万元以下的地质灾害,中型指因灾死亡3人以上10人以下或者直接经济损失100万元以上500万元以下的地质灾害,小型指因灾死亡3人以下或者直接经济损失100万元以下的地质灾害。从表5可看出,2012–2016年特大型地质灾害数量较少,只有285起,占地质灾害总数的不到0.5%,却造成严重的人员伤亡(829人),占同期人员伤亡总数的25.7%,造成的直接经济损失为126.6亿元,占直接经济损失总量的47.7%。因此,减少地质灾害造成的损失应以预防、治理特大型地质灾害为主。

3.3 地质灾害成功避让分析

国土资源部门每年都在进行地质灾害的防灾减灾工作,通过预报预警,取得了较好的防灾减灾效果。根据2005–2016年的《全国地质灾害通报》,地质灾害的成功避让情况如表6所示。

表6 2005–2016年地质灾害成功避让情况
Tab. 6 Successful avoidance of geologic disasters from 2005 to 2016

年份	避免地质 灾害数目 /次	地质灾害 总数/次	百分 比/%	避免 经济损失 /亿元	直接经济 损失总量/ 亿元	百分 比/%
2005	500	17 751	2.82	3.41	36.5	9.34
2006	478	102 804	0.46	2.39	43.2	5.53
2007	920	25 364	3.63	5.5	24.8	22.18
2008	478	26 580	1.80	3.2	32.7	9.79
2009	209	10 840	1.93	1.64	17.65	9.29
2010	1166	30 670	3.80	9.3	63.9	14.55
2011	403	15 664	2.57	7.2	40.1	17.96
2012	3532	14 322	24.66	8.1	52.8	15.34
2013	1757	15 403	11.41	19	102	18.63
2014	417	10 907	3.82	18.1	54.1	33.46
2015	452	8224	5.50	5	24.9	20.08
2016	676	9710	6.96	7.1	31.7	22.40

由于每年的地质灾害数目和经济损失状况不一样,故采用避免的地质灾害数目与发生的地质灾害总数、避免的经济损失与直接经济损失总量进行对比,通过比率来分析地质灾害的避让情况及变化。从表6可看出,2005–2016年避让地质灾害的百分比明显提高,从2005年的2.82%提高到2016年的6.96%;在经济损失避让方面,状况也明显好转,从2005年的9.34%提高到2016年的22.40%。

为了确定2005–2016年地质灾害避让情况的年均变化,绘制的2005–2016年地质灾害避让情况变化趋势图如图5所示。

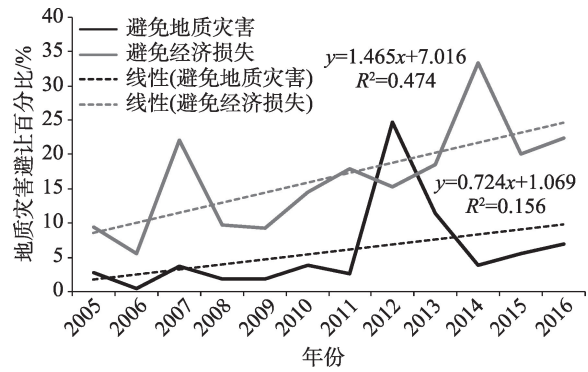


图5 2005–2016年地质灾害成功避让百分比变化趋势
Fig. 5 Percentage changing tendency of successful avoidance of geologic disasters from 2005 to 2016

从图5可看出,避免的地质灾害与经济损失占地质灾害总数与直接经济损失总量的百分比,从2005–2016年呈持续上升趋势,避免地质灾害数目的百分比每年增长0.7%左右,避免经济损失的百分比则每年增长约1.5%。避免的地质灾害与经济损失的持续增加说明国土资源部的防灾减灾及预报预警工作取得了良好的效果。

4 结论

基于2005–2016年的《全国地质灾害通报》,从时空变化及影响因素2个方面,对中国地质灾害的发生类型变化、空间分布、成因、损失与避让情况进行了统计与分析,得到如下结论:

(1)地质灾害总数呈整体下降趋势,个别年份有突变。滑坡是最重要的地质灾害类型,占地质灾害总数的70%左右;其次为崩塌,占地质灾害总数的10%;其他类型的地质灾害数量较少。

(2)湖南省是地质灾害发生数量最多的省份,四川省则是死亡失踪人数最多的省份,四川省、湖南省和陕西省则是经济损失最大的省份;重大地质灾害主要发生在四川省,其次为湖南省、贵州省和安徽省。

(3)自然因素造成的地质灾害呈整体下降趋势,从2005年的96.6%降低到2016年的92.0%;人为因素造成的地质灾害则呈整体增加趋势,从2005年3.4%提高到2016年的8.0%。通过回归方程,人为因素造成地质灾害年平均增加量约为0.5%。随着中国经济成功转型,以及预测、减灾手段的提高,人为因素造成的地质灾害将会逐渐稳定并慢慢变小。

(4)地质灾害造成的死亡、失踪和受伤的总人数从2005-2016年逐渐递减,每年约减少75人左右;经济损失变化不大,但考虑到货币贬值,则有明显的减少;地质灾害造成的损失主要由特大型地质灾害造成,它占地质灾害总数的0.5%,却造成人员伤亡总数的25.7%和直接经济损失总量的47.7%。

(5)地质调查和防灾减灾工作取得了明显的效果:避免的地质灾害与经济损失占地质灾害总数与直接经济损失总量的百分比,分别从2005年的2.82%与9.34%提高到2016年的6.96%与22.40%。通过回归方程,避免地质灾害数目与避免经济损失的百分比每年增长为0.7%与1.5%左右。

参考文献(References):

- [1] 中华人民共和国国土资源部.地质灾害分类分级[S]. 2000. [Ministry of Land Resources of the People's Republic of China. Classification and gradation to geologic disaster[S]. 2000.]
- [2] 奚晓青,杨新宝.地质灾害国内外研究现状浅析[J].中国水运, 2007,7(9):98-100. [Xi X Q, Yang X B. Preliminary analysis to overseas and domestic research status of geo-hazards risk[J]. China Water Transport, 2007,7(9):98-100.]
- [3] 张春山,张业成,胡景江,等.中国地质灾害时空分布特征与形成条件[J].第四纪研究,2000,20(6):559-566. [Zhang C S, Zhang Y C, Hu J J, et al. Spatial and temporal distribution characteristics and forming conditions of Chinese geological disasters[J]. Quaternary Sciences, 2000,20(6): 559-566.]
- [4] 齐信,唐川,陈州丰,等.地质灾害风险评价研究[J].自然灾害学报,2012,21(5):33-40. [Qi X, Tang C, Chen Z F, et al. Research of geo-hazards risk assessment[J]. Journal of Natural Disasters, 2012,21(5):33-40.]
- [5] 王哲,易发成.我国地质灾害区划及其研究现状[J].中国矿业,2006,15(10):47-50. [Wang Z, Yi F C. Regionalization and research status of geological hazards in China[J]. China Mining Magazine, 2006,15(10):47-50.]
- [6] 殷跃平.中国地质灾害减灾战略初步研究[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(2):1-8. [Yin Y P. Initial study on the hazard-relief strategy of geological hazard in China [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2004,15(2):1-8.]
- [7] 刘传正,刘艳辉.论地质灾害防治与地质环境利用[J].吉林大学学报(地球科学版),2012,42(5):1469-1476. [Liu C Z, Liu Y H. Some discussion on geo-hazards control and geo-environment sustainable development[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2012,42(5): 1469-1476.]
- [8] 殷跃平,张颖,康宏达,等.全国地质灾害趋势预测及预测图编制[J].第四纪研究,1996(2):123-130. [Yin Y P, Zhang Y, Kang H D, et al. Nation-wide main geologic hazard forecast and mapping[J]. Quaternary Sciences, 1996,2:123-130.]
- [9] 李媛,孟晖,董颖,等.中国地质灾害类型及其特征——基于全国县市地质灾害调查成果分析[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(2):29-34. [Li Y, Meng H, Dong Y, et al. Main types and characteristics of geo-hazard in China: Based on the results of geo-hazard survey in 290 counties [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2004,15(2):29-34.]
- [10] 石菊松,吴树仁,张永双,等.应对全球变化的中国地质灾害综合减灾战略研究[J].地质论评,2012,58(2):309-318. [Shi J S, Wu S R, Zhang Y S, et al. Study on integrated landslide mitigation strategies for global change in China [J]. Geological Review, 2012,58(2):309-318.]
- [11] 徐继维,张茂省,范文.地质灾害风险评估综述[J].灾害学, 2015,30(4):130-134. [Xu J W, Zhang M S, Fan W. An overview of geological disaster risk assessment[J]. Journal of Catastrophology, 2015,30(4):130-134.]
- [12] 刘传正,刘艳辉,温铭生,等.中国地质灾害气象预警实践: 2003-2012[J].中国地质灾害与防治学报,2015,26(1):1-8. [Liu C Z, Liu Y H, Wen M S, et al. Early warning for regional geo-hazards during 2003-2012, China[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2015,26(1):1-8.]
- [13] 张春山,吴满路,张业成.地质灾害风险评价方法及展望[J].自然灾害学报,2003,12(1):96-102. [Zhang C S, Wu M L, Zhang Y C. Method and prospect of geological disaster risk assessment[J]. Journal of Natural Disasters, 2003,12(1):96-102.]
- [14] 陈述彭.中巴地球资源卫星数据的推广应用[J].地球信息科学,2008,10(3):356. [Chen S P. Satellite remote sensing and development of a geological hazard monitoring system[J]. Geo-information science, 2008,10(3):356.]
- [15] 黄安徽.地质灾害卫星遥感监测系统建设方案[J].地球信息科学,2007,9(6):116-119. [Huang A H. Satellite remote sensing and development of a geological hazard monitoring system[J]. Geo-information Science, 2007,9 (6):116-119.]
- [16] 牛宝茹,马贺平,吕录仕,等.川藏公路海竹段地质灾害的遥感分析[J].地球信息科学,2000,2(4):29-31. [Niu B R, Ma H P, Lv L S, et al. Remote sensing analysis of geological hazards in Haizhu section of Sichuan-Tibet highway [J]. Geo-information Science, 2000,2(4):29-31.]
- [17] 中国地质灾害环境监测院.全国地质灾害通报[W].中国地质环境信息网(<http://www.cigem.gov.cn/auto/db/explorer.aspx?db=1006&type=1&fd=16&fv=49&showgp=Fa>

- lse&prec=False&md=15&pd=210&msd=11&psd=5&mdd=11&pdd=5&count=20&start=0). [China Institute of Geo-environmental Monitoring, National geologic disaster bulletin[W]. China geological environment information site (<http://www.cigem.gov.cn/auto/db/explorer.aspx?db=1006&type=1&fd=16&fv=49&showgp=False&prec=False&md=15&pd=210&msd=11&psd=5&mdd=11&pdd=5&count=20&start=0>).]
- [18] 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,2013,24(4):71-78. [Li Y, Qu X Y, Yang X D, et al. The spatial and temporal distribution of Chinese geo-hazard and key prevention area[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2013,24(4):71-78.]
- [19] 张春山,张业成,胡景江,等.中国地质灾害时空分布特征与形成条件[J].第四纪研究,2000,20(6):559-566. [Zhang C S, Zhang Y C, Hu J J, et al. Spatial and temporal distribution characteristics and forming conditions of Chinese geological disasters[J]. Quaternary Sciences, 2000,20(6): 559-566.]
- [20] 薛凯喜,胡艳香,邹玉亮,等.近十年中国地质灾害时空发育规律分析[J].中国地质灾害与防治学报,2016,27(3):90-97. [Xue K X, Hu Y X, Zou Y L, et al. Temporal-spatial distribution discipline of geological disaster in China in recent ten years[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2016,27(3):90-97.]
- [21] 中华人民共和国国务院.地质灾害防治条例[R].2003. [State Council of the People's Republic of China. Prevention and Controlling Regulation of Geologic Disasters [R]. 2003.]