

福建省长汀县地质灾害的形成条件与防治对策

李 进, 万军伟, 黄 琨, 肖 攀

(中国地质大学 环境学院, 武汉 430074)

摘 要:长汀县地质灾害类型有滑坡、不稳定斜坡、崩塌等,其中以滑坡为主。多数地质灾害点个体规模小,稳定性差,活动频繁,地质灾害发育具有明显的地域性与季节性分布的特点。该文主要阐述了长汀县地区地质灾害的类型、发育特征、时空分布规律,详细地分析了长汀县地质灾害的形成条件,得出了以下结论:地形地貌是该地区地质灾害形成的外在主要控制因素;地层岩性在一定程度上决定着地质灾害的发育程度,是其形成的内在主要控制因素;降雨和人类工程活动是地质灾害形成与发生的主要诱发因素。同时,提出了监测、避让搬迁、工程治理等防治措施,为当地的防灾减灾提供了科学的依据。

关键词:长汀县; 地质灾害; 形成条件; 防治对策

中图分类号:P694

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)01-0192-05

The Formation Conditions and Countermeasures of the Geological Hazards in Changting County, Fujian Province

LI Jin, WAN Jun-wei, HUNAG Kun, XIAO Pan

(School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The principal types of the geological hazards in Changting County are: landslide which is predominant disaster, unstable slope, collapse and slumping. Most geological hazards are on small scale resulting from poor stability and frequent impact. It also reflects obvious regional and seasonal characteristics. This paper expounds the types of geological hazards in this region, their development characteristics and the discipline of spatial and temporal distribution, the detailed analysis of the formative conditions for geological hazards in Changting County. Conclusions were summarized as following: topography is the main controlling external factor in the formation of geological hazards in this region; in order to ascertain the extent, formation lithology is applied to determine the development degree of the geological hazards and is the main controlling internal factor in the formation of the geological hazards; rainfall and anthropogenic activities are the main precipitating factors on the formation and the occurrence of the geological hazards. Meanwhile, this paper proposes the control measures for monitoring, mitigation and relocation, engineering treatments in order to provide a sound scientific basis for the prevention and reduction of localized geological hazards.

Key words: Changting County; geological hazard; forming condition; countermeasure

长汀县位于福建省西部,东接连城县,南连上杭县、武平县,西毗江西省瑞金县,北邻宁化县、清流县,为龙岩市通往赣南各县的交通要道。其地理位置为东经 $116^{\circ}00' - 116^{\circ}39'$,北纬 $25^{\circ}18' - 26^{\circ}02'$,面积 $3\,099.5\text{ km}^2$,下辖 18 个乡镇,290 个行政村,人口约 49.3 万。长汀县属武夷山脉南段,区内支脉纵横交错,形成本县东面、西面、北面三面高,中部、南面低,自北向南倾斜的地势,相对高差近 1 200 m。区内属亚热带

海洋性季风气候,多年平均降雨量为 1 702.87 mm,年最大降雨量为 2 128.1 mm,年最小降雨量 1 092.7 mm。降雨多集中在 3—9 月,占全年的 80%以上。

随着地质灾害危害性的日益显现,防治地质灾害、保护生态环境,已成为全社会的共同呼声^[1-2]。本次调查共确定长汀县地质灾害隐患点 100 处,其中滑坡 77 处、潜在不稳定斜坡 12 处、崩塌 11 处,分别占地质灾害总数的 77%,12%,11%^[3]。地质灾害已毁

收稿日期:2011-05-27

修回日期:2011-09-27

资助项目:闽国土资综[2009]132号;福建省地质环境监测中心长汀县地质灾害详细调查项目

作者简介:李 进(1987—),男,安徽芜湖人,研究生,主要从事水文地质、地质灾害等方面的研究工作。E-mail:lijin04005113@gmail.com

通信作者:万军伟(1964—),男,上海人,教授,博士生导师,主要从事水文地质、工程地质等方面的研究工作。E-mail:wanjw@cug.edu.cn

坏房屋 160 间,死亡 8 人,直接经济损失 105.26 万元;目前仍有 934 人的生命受到威胁,受威胁资产高达 1 181.4 万元^[3]。通过分析长汀县地质灾害的发育特征、时空分布规律及其形成条件,将有利于提高长汀县国土开发和整治工作的科学性、安全性,减轻地质灾害的经济损失,减少所造成的人员伤亡,促进当地社会经济的发展。

1 地质灾害的基本特征

1.1 主要类型

长汀县地处闽西山区,地质灾害不仅较为发育,而且类型亦较齐全,滑坡、潜在不稳定斜坡、崩塌等地质灾害均有发育。

1.2 发育特征

区内滑坡主要为土质滑坡,数量多,规模小,其形态特征典型,滑坡体厚度大都小于 6 m,目前多数处于基本稳定状态,占总数的 71.8%,不稳定的仅占 16.7%;不稳定斜坡均为土质斜坡,坡顶多发育有拉张裂缝,潜在危害大,目前绝大多数处于不稳定状态,占总数的 91.7%;崩塌以岩质崩塌为主,仅有 1 处土质崩塌,坡度大都大于 60°,均为小型崩塌,目前大都处于基本稳定状态,占总数的 63.6%,不稳定的占 26.5%。

1.3 时空分布特征

(1)从时间域上来看,长汀县地质灾害发生具有明显的季节性,集中降雨是该地区滑坡、不稳定斜坡发生的主要诱发因素。从图 1 可以看出长汀县降雨主要集中在 2—8 月,有时间记录的地质灾害的发生时间也全部发生于 2—8 月,并且降雨量较大的月份地质灾害发生的数量也越多,可见滑坡、不稳定斜坡等突发性地质灾害发生时间与灾害性暴雨产生时间基本同步,并且集中发生。

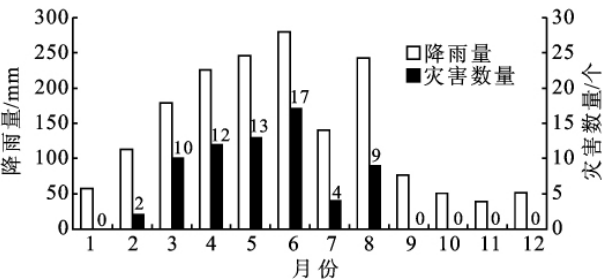


图 1 长汀县地质灾害数量与降雨量关系

(2)从空间域上来看,长汀县地质灾害在海拔较高、深切河谷(沟谷)区相对集中分布,主要包括古城镇、馆前镇、童坊镇等地区;在人类活动强度大的乡镇集中,主要包括濯田镇、大同镇等地区;而在海拔较低、地形平缓区,地质灾害较少,主要包括策武乡、新桥镇等地区,详见图 2。



图 2 长汀县地质灾害分布

2 地质灾害的形成条件

地质灾害的形成是一个复杂的变化过程,既决定于内在因素即控制因素,包括地形地貌、地层岩性、地质结构、构造等因素;同时又受外在因素即诱发因素的影响,如当强降雨、人类工程活动等破坏地质体内部的平衡状态时,容易诱发地质灾害^[4-6]。

2.1 地质灾害的主要控制因素

(1)地形地貌。地形地貌是形成地质灾害的首要条件,是其形成的外在主要控制因素,不同的地质灾害形成于不同的地形地貌之中。如滑坡崩塌多与山体斜坡的外形及坡度相关;泥石流多为滑坡所伴生并与溪河沟谷的发育关系密切;地面岩溶塌陷产生于山间浅覆盖型岩溶盆地之中。从局部来看,地质灾害与不同条件下地貌单元的关系也各不相同,统计如下:

①地面高程。区内的滑坡崩塌类地质灾害多发生于低山及丘陵台地之上。一般在海拔 500 m 以下的丘陵台地范围内灾害发生频率较高,占总数的 67%;海拔在 500~1 000 m 的低山范围内灾害发生频率亦较高,占总数的 33%,这主要是因为区内丘陵台地、低山为长汀县主要人口聚集地,人类工程活动较频繁,详见表 1。

表 1 地质灾害与地面高程关系统计

项目	丘陵台地 (<500 m)	低山(500 ~1 000 m)	低中山(1 000 ~1 500 m)	合计
滑坡/处	55	22	0	77
潜在不稳定斜坡/处	5	7	0	12
崩塌/处	7	4	0	11
小计/%	67	33	0	100
百分比/%	67	33	0	100

②坡面形态。全区的滑坡、潜在不稳定斜坡、崩塌多发生于山体局部呈凹、凸坡的地段,两者合计占灾害总数的 83%,这主要是因为低山、丘陵地区的凹凸地段前部适于建房,后部又需进行削坡,从而形成

高陡临空面后易于产生崩滑地质灾害;对于平直状的坡形其后方削坡不会产生太高的临空面,故产生崩滑地质灾害的可能性不大,详见表 2。

表 2 地质灾害与坡面形态关系统计

项目	坡面形态			合计
	凸形	凹形	平直	
滑坡/处	36	26	15	77
潜在不稳定斜坡/处	4	6	2	12
崩塌/处	9	2	0	11
小计/%	49	34	17	100
百分比/%	49	34	17	100

③自然坡度。滑坡、崩塌、潜在不稳定斜坡绝大多数分布于自然坡度为 25°~60°的陡坡地段,灾害点计 93 处,占总数的 92%。这是因为斜坡自然坡度为 25°~60°的地段比较适宜山区居民削坡建房,而自然坡度大于 60°的过陡地段建房空间过小,削坡后的空间可利用率太低,削坡的工程量大,不经济。而自然坡度小于 24°的缓坡,平台地段削坡后边坡高度较低,坡度较缓,一般也不易发生地质灾害,详见表 3。

表 3 地质灾害与自然坡度关系统计

项目	自然坡度			合计
	缓坡(8°~24°)	陡坡(25°~60°)	陡崖(>60°)	
滑坡/处	3	72	2	77
潜在不稳定斜坡/处	0	10	2	12
崩塌/处	0	10	1	11
小计/%	3	92	5	100
百分比/%	3	92	5	100

(2)岩土体性质。岩土体性质在一定程度上决定着地质灾害的发育程度与类型,是其形成的内在主要控制因素。岩土体的类型、性质、结构决定着致灾体的物质来源,并控制着地质灾害的发育类型和生成规模^[7]。①岩土体类型。滑坡、崩塌、潜在不稳定斜坡等多发生于坡残积土体中。其中土质的计 62 处,占灾害总数的 62%;属碎块石的计 22 处,占 22%;属岩质的计 16 处,占 16%。②土层厚度。土层厚度控制着地质灾害的发生规模,是形成滑崩类地质灾害的主要致灾体。区内侵入岩中以花岗岩为主,其风化层厚度最大,坡残积层最大厚度可达 15 m;而变质岩、沉积岩的风化层厚度均较小,一般为 2~6 m。全区的滑崩类地质灾害绝大部分发生于风化土层厚度小于 6 m 的浅土层之中,占灾点总数的 94.9%,故区内滑崩类地质灾害多为小型地质灾害;而土层厚度大于 6 m 的地质灾害点相对较少,仅占灾点总数的 5.1%,主要是因为土层越厚,坡度则逐渐趋缓,人为削坡土方量越大,越不经济。③母岩岩性。由于区内地质灾害致灾体多为表层残坡积土层,而残坡积土层的特性与其母岩的分布范围以及风化程度有着直接的联系,

因此母岩岩性对地质灾害的发生有着重要的影响。

不同岩性的地层,其岩石力学性质、抗风化能力相差较大,区内地质灾害主要发生于母岩为砂岩—粉砂岩类和变质岩类,分别占总数的 43%和 36%,而发生于石英砂砾岩类和花岗岩类的仅占 13%和 8%,详见表 4。究其主要原因为砂岩—粉砂岩类和变质岩类工程地质特性较差,岩体力学特性不均一,呈薄层状或互层状,层间多存在软弱夹层,节理、裂隙发育,在降雨及其它不利因素的综合作用下,易沿层面、软弱夹层等发生崩塌、滑坡等地质灾害,而花岗岩类和石英砂砾岩类容易风化,且分化层多成块状,容易垮塌,一般不易形成大的致灾体。

表 4 地质灾害与母岩关系统计

项目	母岩岩性				合计
	砂岩—粉砂岩类	变质岩类	花岗岩类	石英砂砾岩类	
滑坡/处	30	30	9	8	77
潜在不稳定斜坡/处	7	2	3	0	12
崩塌/处	6	4	1	0	11
小计/%	43	36	13	8	100
百分比/%	43	36	13	8	100

形成于不同时代的岩性相似的地层,由于在不同的沉积环境中形成,岩石的矿物成分、沉积结构不同,岩石力学强度及工程地质性质也相差甚远。如侏罗系下统梨山组 and 上统漳平组,地层岩性均以砂岩、粉砂岩为主,但梨山组地层以厚层块状粉砂岩—砂岩为主,岩石强度相对较高,抗风化能力强,残坡积层较薄,发生该地层中的地质灾害点相对较少;漳平组地层则以砂岩—粉砂岩—页岩的沉积韵律为特点,该地层顶部的紫红色粉砂岩—页岩极易风化,且风化层厚度大,强度低,因此该地层中发生的地质灾害点较多。

区内出露的变质岩主要为震旦系与寒武系的变质石英砂岩—千枚岩,但区内地质灾害点主要集中分布在震旦系地层中,共 18 处,如古城镇的丁黄村、南岩村;羊牯乡的百坪、百丈、余家地村等,地质灾害点分布较多,很多村民都已搬迁。这主要是因为震旦系上统地层经历的构造活动复杂,变质程度较高,地层分布区山势陡峻,自然坡度 30°~50°,且残坡积层厚度较大(2~6 m),易沿岩土体的分界面发生滑坡;而寒武系林田组主要以变质石英砂岩为主,岩石的风化程度较低,岩体完整性较好,且风化层厚度较小(一般为 1~2 m),因此地质灾害点相对较少,但由于区内寒武系地层出露面积很大,地质灾害点数量也达 11 处。

区内出露的侵入岩均为花岗岩类,主要分加里东期、华力西期—印支期、燕山期侵入,不同时期侵入的花岗岩,性质差别较大。燕山期的花岗岩分布面积大,风化程度最高,风化后已看不出原岩结构,岩石中除石英外其他矿物均已风化,风化层为土包石英颗

粒,厚度可达 20 m,土体结构松散,经常发生溜方滑坡,但该类岩体主要分布在河谷—丘陵地带,主要为低缓残丘,山体坡度较小,所以地质灾害的特点是规模小且多,危害性较小。华力西—印支期的花岗岩,形成时代较早,岩体强度较高,一般为中风化—强风化,原

岩的结构基本保留,上覆的土层厚度一般为 1 m,所以发生在该类岩体中的地质灾害点较少,但由于岩体强度高,一般山体相对挺拔,自然坡度较大,因此在自然坡遭到削坡破坏后,易诱发沿岩土界面的土质滑坡,如红山乡的赤土村,地质灾害隐患较大,详见表 5。

表 5 地质灾害与地层时代关系统计

地层时代	Z ₂	Z ₁ l	Є ₁₋₂ l	D	C	J ₂ z	J ₁ l	γ ₅ ^{2(3)c}	γ ₅ ¹
灾害量数/处	14	4	11	5	2	19	10	7	1
百分比/%	19.2	5.5	15.1	6.8	2.7	24.7	15.1	9.6	1.4

注:Z₂——震旦系上统;Z₁l——震旦系下统楼子坝组;Є₁₋₂l——寒武系中下统林田组;D——泥盆系;C——石炭系;J₂z——侏罗系中统漳平组;J₁l——侏罗系下统梨山组;γ₅^{2(3)c}——燕山早期;γ₅¹——印山期—华力西期

(3)地质构造。地质构造所形成的破碎带和结构面是形成地质灾害的充分条件;一般较大的滑坡、崩塌、地面塌陷、山体裂缝等地质灾害体都与构造带控制有关。这是因为雨水入渗后总是寻找构造通道,使构造带土体充分湿润成软弱状态,当裂隙面倾向与斜坡倾向同方向时,则易产生顺向不利结构面,从而形成灾害。由于长汀县内发育的地质灾害都是小型土质滑坡,主要是受土层中顺向的裂隙影响。

总之,区域空间上局部若满足上述地形地貌、地层岩性、构造裂隙这种三维形成条件,则为地质灾害的形成提供了前提基础,在地质进化过程中一旦受到外部诱发因素如降水、人类工程活动等,就可能产生地质灾害,区内所发生的地质灾害也是如此。

2.2 地质灾害的诱发因素

区内地质灾害的诱发因素主要有人类工程活动和降雨两种,此外如地震、干旱、新构造运动等诱发问题因缺乏资料,故不在本文探讨之列。

(1)人类工程活动。人类工程活动是影响地质灾害成与发生的最主要、最直接的诱发因素^[8]。人类工程活动的强度决定地质灾害的发育程度。人类工程活动包括削坡建房、修建道路、矿产开采及地下水开采等。调查区的广大山区农村,因受地块限制和相信风水迷信,建房要背靠“龙脉”,在斜坡坡脚处削坡并贴近削坡体建房,因此长汀县内老百姓削坡建房是诱发地质灾害最主要的人类工程活动。这些活动改变了地质环境条件,破坏了原有地质体的稳定性,在降雨等外力因素的综合作用下容易产生地质灾害。地面塌陷则是由于过量开采地下水或不合理开采矿产造成的,泥石流与不合理堆放矿渣等有关,但长汀县内除第一轮调查中发现 2 个地面塌陷和 1 个泥石流灾害点外,本次调查中并未发现新的地面塌陷和泥石流灾害点。

(2)降雨。降雨是地质灾害形成与发生的重要诱发因素,决定着地质灾害发生的速度和时间。地质灾害发生频率随汛期降雨量大小而相应变化见图 1,这

是因为降雨形成地表水或地下水流后进入松散土层,通过各种构造裂隙渗入岩土体的层内错动带或土岩接触面,一方面增加了岩土体的荷载容重、浸泡湿润了滑动面,另一方面抬高了地下水位,加大了孔隙水的压力,降低了岩土体的抗剪能力及不利结构面的抗剪强度,从而影响斜坡的稳定性,导致了滑坡、崩塌等地质灾害的发生。

调查区内滑坡、崩塌地质灾害的发生与降雨密切相关。滑坡、崩塌等多发生在强降雨或连续降雨且降雨量比较大的时段内。根据长汀县最大日降雨量资料分析,当连续降雨时日最大降雨量达到一定值时,当天或其后几天内发生滑坡、崩塌地质灾害的次数较多,见图 3。

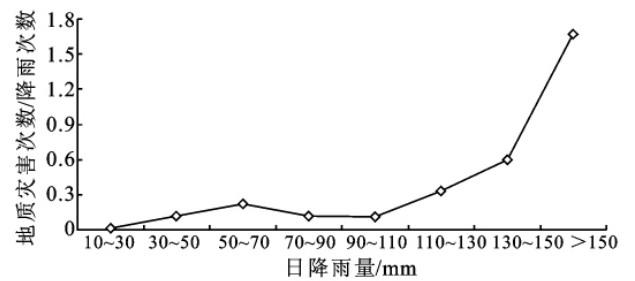


图 3 地质灾害次数与日降雨量次数比值

3 地质灾害的防治对策

3.1 地质灾害的防治原则

(1)坚持以人为本,按客观规律办事,因地制宜,讲求实效的原则。

(2)坚持以防为主、避让与治理相结合的原则。

(3)遵循开发规划并重、环境保护优先,地质灾害防治与经济发展相协调,避让搬迁防治与移民新村建设、造福利民工程相结合的原则。

(4)遵循信息化、规范化、制度化的原则。由政府统一领导、行政主管部门统一管理,对地质灾害防治经费和防治责任实行各级政府按一定比例分担,各级政府对辖区内地质灾害实行防治负责制。

3.2 地质灾害的防治措施

(1) 预防性措施。预防性措施是针对地质灾害发生、发展、危害程度等情况制定的具有长期性效益的措施,包括对城镇建设、学校、厂矿、水利建设、道路选择等建设项目的地质灾害防治规划措施,目的是按地质灾害的形成条件,限制或减少人类工程活动对地质环境破坏,达到防灾减灾的目的。预防性措施主要有:①建设项目应进行地质灾害危险性评估,并采取切实可行的工程防护措施;对于分散居民,尤其是依山切坡建房的居民应选择地质环境条件较好的稳定山体,应尽量避免切坡,必须切坡时,放坡坡度应达到相关建筑规范要求及采取相应防护措施。②已经建成的公路或者新建的公路沿线的地质灾害点应采取工程措施进行治理;矿山应进行全面整顿,避免无序开采;位于斜坡上的水渠应采取防渗措施。③对已经发生的地质灾害点附近应采取必要的限制工程活动措施,防止引发或加剧地质灾害危害。

(2) 监测措施^[9]。监测是一种广泛的、适应性广的防灾措施,对各类地质灾害均适用。通过对灾害体的变形监测取得的资料进行分析,可以及时预测灾害的发展趋势,指导下一步防灾工作。由于地质灾害的发生与汛期降雨量有密切的关系,所以监测工作除监测地质灾害点区的变形外,还应加强降雨量的观测,通过对灾害点区的变形动态及其它异常情况进行综合分析,确定灾害点区进入何种状态,视不同状态发布灾害预报,以便采取相应的防灾减灾措施。

监测内容主要包括斜坡开裂变形、实体整体变形、建筑物变形、地下水、泉流量、汛期降雨量等。

每次观测都要详细记录有关数据及相关情况,并计算观测点的变形量及累计变形量,绘制变形历时曲线、降雨量历时曲线,分析地质灾害的发展状态,为地质灾害预报提供依据。

根据本次调查结果,按地质灾害点的危险性、危害性程度划分为重要点及一般监测点。鉴于长汀县目前的财政经济状况,灾点监测工作应以宏观观测为主,对少数危害严重、危险性大的重要灾点可设立较精密的专业监测,以取得相关资料,为长汀县地质灾害监测预报提供资料。

(3) 避让搬迁措施。避让措施是一种有效的、经济的预防性措施。选择避让的灾害点主要是规模较大,危害性较大,发生原因较复杂的灾害点;目前工程措施治理难以彻底消除隐患的灾害点;虽然采取工程措施可以治理,但治理费用大于搬迁费用的灾害点。

避让可分为临时避让和永久搬迁。临时避让是指在汛期或危险期内,人员、设备不得进入受地质灾害威胁的区域内。永久搬迁是指从地质灾害危险性、

危害性较大的区域内实行人员、财产较远距离的永久性迁移,且转移地不受地质灾害或其它灾害的威胁。实施搬迁的地质灾害点一般危害范围较广,性质较严重,涉及的户数、人员较多。地质灾害点未治理之前,在汛期或危险期内,应采用汛期临时避让措施,以避免受到危害,在危险区设立醒目的警示标志,提请当地居民或其它有关人员注意。道路交通、水利工程或其它重要工程设施,应尽量避免开地质灾害易发区或地质灾害危险地段,难于避开时,应采取相应的工程措施,确保安全。

(4) 工程治理措施。地质灾害的工程治理措施,我国已积累了丰富的经验和行之有效的办法。目前较为常用的治理滑坡的工程措施主要有清除滑坡体;治理地表水如在滑坡体周围修筑截水沟、在滑坡范围内修筑各种排水沟进行拦截、疏干地表水;治理地下水如修筑各种排水沟、盲沟、盲洞、平孔、集水井进行拦截、疏干、排除地下水或降低地下水位;减重和反压;抗滑挡土墙、抗滑桩、锚杆挡墙等。治理小崩塌的工程措施有修筑拦截、疏导地表水、地下水的排水系统,在裂缝、空洞中采用片石填补、混凝土灌浆勾缝、建档墙等^[10]。

针对区内地质灾害的分布特征,建议工程治理措施如下:①长汀县的地质灾害点多为房前屋后的滑坡、崩塌、潜在不稳定斜坡,且多处于不稳定状态,宜采用清除滑坡体、削坡减载、合理削坡如分级放坡等方式,对于土层厚度 $>2\text{ m}$ 的边坡,土层部分的削坡坡度宜小于 45° 。②地质灾害发生与降雨关系密切,地表排水是治理地质灾害工程措施的首选方法,具有方法简单、经济适用、效果显著的特点,尤其适宜山区小型土质滑坡的治理,如在滑坡后缘设防渗排水沟,产生的裂缝用透水性差的材料如黏土进行回填压实,防止雨水入渗,从而达到减小岩土体的水压力和重度,提高斜坡的稳定性。③对房前屋后的人工边坡或天然斜坡可采取必要的工程防护措施,防止地质灾害进一步发展,将危害程度降到最低状态。④原有公路或新建公路沿线应合理削坡,采取支档、坡面防护等工程防护措施。

4 结论

(1) 地形地貌、地层岩性、地质构造共同组合关系构成了地质灾害形成的基本条件;人类工程活动则破坏了地质体的原始平衡状态,是引发地质灾害的最主要外部因素;降雨则降低了岩土体的力学强度,增加了地质体的附加应力,是发生地质灾害的最主要的触发因素。

(下转第201页)

的生态承载力将被低估。第二,笔者在本次计算中发现,统计数据较为笼统,将导致计算结果因数据的简单相加产生偏大的估算。第三,由于化石能源消耗而排放的气体具有扩散性,化石能源足迹产生的生态压力虽然大部分都作用在当地的生态环境中,但不应该由该地区完全独自承担。因此,通过上述讨论,可以认为 9 个城市得到的生态足迹是偏大的,对当地的生态压力并不如数据看到的那么悲观。但是不管怎样,基于生态足迹理论得到的结果仍然反映出西部资源型城市目前的可持续发展状况,表现出化石能源的消耗对当地的生态系统带来了巨大压力的这一严峻事实,应值得我们认真对待并制定相关的发展政策。

参考文献:

- [1] 万会,沈镭.我国东西部地区矿业城市经济转型的差异分析:以阜新市和白银市为例[J].资源产业,2005,7(6):79-81.
- [2] 陈东景,徐中民,程国栋,等.中国西北地区的生态足迹[J].冰川冻土,2001,23(2):164-169.
- [3] 牛钰平,石长春,封斌,等.陕西省榆林市 2006 年生态足迹计算与分析[J].西北林学院学报,2009,24(6):212-215.
- [4] 金丹,卞正富.采煤业生态足迹与地区间的差异[J].煤炭学报,2007,32(3):225-229.
- [5] 陈秋计,刘昌华,王广军.矿业城市生态足迹变化[J].辽宁工程技术大学学报,2007,26(6):944-946.
- [6] 白钰,曾辉,魏建兵.关于生态足迹分析若干理论与方法论问题的思考[J].北京大学学报:自然科学版,2008,44(3):493-500.
- [7] 王青云.资源型城市经济转型研究[M].北京:中国经济出版社,2003.
- [8] 熊德国,鲜学福,姜永东.生态足迹理论在区域可持续发展评价中的应用及改进[J].地理科学进展,2003,22(6):618-626.
- [9] 顾晓薇,王青.可持续发展的环境压力指标及其应用[M].北京:冶金工业出版社,2005.
- [10] 李广军,王青,顾晓薇,等.调整的生态足迹方法在辽宁省的应用研究[J].冰川冻土,2006,28(2):299-306.
- [11] 顾晓薇,王青,王军.本国生态足迹指标的构建及其实证研究[J].东北大学学报:自然科学版,2006,27(10):150-153.
- [12] 谢鸿宇,叶慧珊.中国主要农产品全球平均产量的更新计算[J].广东大学学报:自然科学版,2008,7(1):76-80.
- [13] 李泽红,董锁成,李斌,等.基于生态足迹模型的石嘴山市生态经济可持续性评价[J].中国地质大学学报:社会科学版,2008,8(3):41-45.
- [14] 童亿勤.基于本地生态足迹模型的浙江省可持续发展评价[J].长江流域资源与环境,2009,18(10):896-902.
- [15] 许丽萍.基于生态足迹模型的鄂尔多斯市可持续发展研究[D].呼和浩特:内蒙古大学,2010.
- [16] 杨海真,李爱梅,叶田.基于修正的生态足迹区域可持续发展评价[J].同济大学学报:自然科学版,2010,38(8):1188-1193.
- [17] 高吉喜.可持续发展理论探索:生态承载力理论、方法与应用[M].北京:中国环境科学出版社,2001.
- [18] Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO statistical database: Agricultural data[DB/OL]. [2005-03-08]http://faostat.fao.Org/faostat/collections? Version = ext& hasbulk = 0& subset = agriculture.
- [19] World Wildlife Fund. Living planet report. 2002[EB/OL]. [2002-06-10]. http://www.panda.org/downloads/general/LPR_2002.

(上接第 196 页)

(2)地质灾害的发生时间绝大多数集中在在雨季,尤其是强降雨或过程降雨量大的时间段内,其在月份上的分布规律性也十分明显,月降雨量与地质灾害发生频数成正比关系。

(3)地质灾害分布范围较广,空间上具有不均一性,主要分布在河谷(沟谷)、丘陵、盆地边缘等地带。

(4)地质灾害与人类工程活动密切相关,主要是由于不合理切坡且未采取防护措施而引发的。

参考文献:

- [1] 李克.地质灾害[M].北京:未来出版社,2005.
- [2] 杜春兰,陆文凤,李剑锋,等.地质灾害危险度研究:以重庆市渝北区为例[J].地下空间与工程学报,2008,4(6):35-40.
- [3] 福建省地质环境监测中心.福建省长汀县地质灾害详查报告[R].福州:福建科技出版社,2010.
- [4] 余小军,何淑芳.江西省奉新县地质灾害调查与防治[J].国土资源科技管理,2008,29(4):28-31.
- [5] 冯华锋,张志明,钱江澎.四川省理县地质灾害特征及防治对策[J].中国地质灾害与防治学报,2007,18(4):111-114.
- [6] 孙占法.山西省岢岚县地质灾害形成的致灾因素与防治[J].山西水利科技,2010(3):88-90.
- [7] 刘岁海,刘爱平.四川省康定县地质灾害特征及其形成机理研究[J].水土保持研究,2006,13(2):226-229.
- [8] 罗迎新.广东省五华县地质灾害形成特征及防治对策[J].中国地质灾害与防治学报,2008,19(3):96-101.
- [9] 庞国兴,李金轩,陈军锋.山西省太谷县地质灾害及防治[J].中国地质灾害与防治学报,2008,19(2):22-25.
- [10] 韦京莲,董桂芝.北京市地质灾害的危害及防治对策[J].水文地质工程地质,2001(3):31-34.