

陕西省地质灾害实例分析及其致灾模式探讨*

王雁林

(陕西省国土资源厅, 陕西 西安 710082)

摘要: 对已发生的大量突发性地质灾害, 特别是对造成人员伤亡的地质灾害进行系统总结, 分析原因, 提出针对性的防治措施并指导实践, 是当前提高地质灾害防治管理水平面临的重要课题, 也是目前地质灾害防治研究中的热点问题。对陕西省2000~2007年发生的地质灾害进行了总结, 分析了地质灾害诱发因素, 初步系统地提出了陕西省地质灾害致灾模式, 并针对性地提出了防治对策。

关键词: 地质灾害; 实例; 致灾模式; 陕西

中图分类号: P642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)03-0057-05

0 引言

地质灾害造成的人员伤亡和经济损失, 日益引起社会的广泛关注。近年来通过采取建设群测群防体系以及开展预报预警等管理和研究, 地质灾害防治取得了一定成效。随着自然变异与人类工程活动影响, 地质灾害造成的损失呈加剧趋势^[1]。地质灾害的发生受到多种不确定因素的影响, 如何有效地防范地质灾害、特别是大量群发、突发性地质灾害, 是当前地质灾害防治管理面临的重要课题, 是各级国土资源部门组织指导地质灾害防治工作的难点, 也是地质灾害防治科技领域十分关注的问题^[2]。对大量的已发生的地质灾害进行系统分析研究, 前人虽已做了一定的研究工作, 但从研究深度和程度上, 仍十分薄弱。在现有防治水平和技术条件下, 对已发生的大量地质灾害进行系统分析, 从中发现规律, 总结经验, 对于现阶段提高地质灾害防治管理水平和预报预警能力, 做好区域地质灾害防灾减灾具有重要的实用价值。2007年12月25日国土资源部召开的全国地质灾害防治经验交流会暨监测预警工作会指出要充分总结现有的地质灾害实例, 从中总结经验教训, 指导地质灾害防治工作^[3]。2000年以来, 陕西省共发生地质灾害9 927起, 这些地质灾害实例是研究地质灾害监测预警、提高地质灾害防治管理水平的重要资料。本文在作者以往研究

工作^[4-7]基础上, 通过对陕西省地质灾害实例的分析和规律总结, 从中探讨提高地质灾害防治管理和技术水平的对策和措施。

1 地质灾害实例的时空规律及其诱发因素

1.1 陕西省地质灾害概况

依据地质灾害统计资料^[8-10], 2000~2007年陕西省共发生9 927起, 造成了较大的人员伤亡和经济损失, 其中2000年是地质灾害造成人员死亡最多的一年, 2003年是地质灾害造成直接经济损失最大的一年。与全国同期地质灾害相比, 2000~2007年陕西省因地质灾害造成的人员死亡和直接经济损失分别占全国的10%和7%; 陕西省因地质灾害造成的人员死亡全国序次总体在前10位(表1), 说明陕西省地质灾害较为严重的。

已发生的9 927起地质灾害, 按照地质灾害导致的结果分为3类, 即①灾害致人死亡, 没有经济损失; ②是灾害致人死亡的同时还造成直接经济损失; ③是灾害没有造成人员死亡, 但有经济损失。本文主要针对前2种情况的地质灾害进一步进行系统整理, 着重对其中致人死亡的172起地质灾害(以下称致人死亡性地质灾害)进一步分析研究。分析的基本思路是: ①分析了致人死亡性地质灾害实例的时空分布特征、类型和级别; ②分析灾害的发生诱因, 在此基础上归纳提出地质灾害致灾模式。

* 收稿日期: 2008-01-29

基金项目: 陕西省减灾协会和国土资源大调查项目(1212010640321)

作者简介: 王雁林(1975-), 男, 山西运城人, 博士, 从事地质环境保护管理和科研工作. E-mail: wangyanlin236@163.com

表 1 陕西省地质灾害造成的人员死亡和直接经济损失占全国比例

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007 ^②	2000 ~ 2007 年合计
陕西省因灾死亡人数占全国总数比例 ^[8-9]	29%	2%	2%	14%	3%	9%	3%	13%	10%
陕西省当年死亡人数在全国各省份序次 ^{①[10]}		9		2	10	5		3	
陕西省因灾损失占全国因灾总损失比例	15%	0.1%	0.2%	28%	0.2%	2%	0.2%	1%	7%

注：①陕西当年死亡人数在全国各省份序次，其中 2000、2002、2006 年缺乏数据；
②2007 年全国地质灾害数据据全国地质灾害灾情统计内部资料。

1.2 地质灾害实例的时空分布特征和类型、级别

1.2.1 时间分布特征

分别从年内分布特征和日内分布特征进行分析。从年份分布看(图 1)，近年来陕西省地质灾害主要发生在每年的 7 ~ 10 月，占全年的 80% 以上，其中 8 月份比例最高，达到 32%。从日内分布看，导致人员死亡的地质灾害主要发生在后半夜，即凌晨 00 ~ 06 时，这一时间段发生的致人死亡性地质灾害达到 56%；其次为 15 ~ 18 时和 21 ~ 24 时(表 2)。

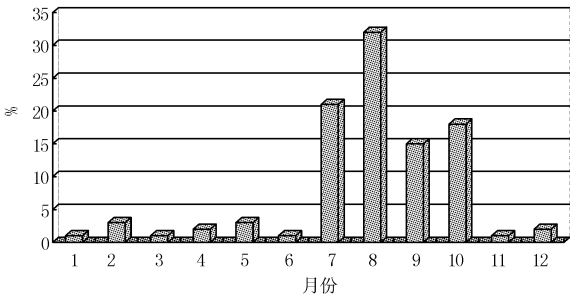


图 1 地质灾害实例的年内分布特征图(2000 ~ 2007)年

表 2 致人死亡性地质灾害在日内的分布特征

时间段	00 ~ 03 时	03 ~ 06 时	06 ~ 09 时	09 ~ 12 时	12 ~ 15 时	15 ~ 18 时	18 ~ 21 时	21 ~ 24 时
灾害起数	18	79	9	12	5	20	12	17
比例/%	10	46	5	7	3	12	7	10

1.2.2 空间分布特征

空间分布从行政区和地貌单元两方面分析。各行政区发生致人死亡性地质灾害分布不均，西安 5%、咸阳 2%、渭南 2%、宝鸡 2%、铜川 4%、延安 13%、榆林 7%、安康 36%、汉中 13%、商洛 16%，且延安、汉中连续每年都发生致人死亡性地质灾害。从各地貌单元发生比例来看，陕北为 20%，关中为 15%，陕南为 65%。说明陕南地区是陕西省地质灾害防治的重点区域。

1.2.3 地质灾害的灾害类型和级别

对致人死亡性地质灾害实例进行类型统计，

表明滑坡灾害占 40%，崩塌 39%，泥石流 21%。因此灾害类型以滑坡、崩塌灾害为主。对这些地质灾害级别进行统计，依据《地质灾害防治条例》分级规定，统计表明地质灾害级别以小型为主，占到 70%。

1.3 地质灾害的诱发因素分析

通过对上述致人死亡性地质灾害实例的发生条件及原因进行综合分析，表明地质灾害发生主要与下列因素有直接关系(表 3)。

表 3 不同诱发因素下致人死亡性地质灾害的比例

诱发因素	暴雨	冻融	采矿	修路	工民建	渠系渗漏
对应的致人死亡性地质灾害起数	125	16	11	7	11	2
比 例/%	73	10	6	4	6	1

1.3.1 自然因素

降水是诱发地质灾害的主要因素之一。致人死亡性地质灾害 80% 以上发生在汛期，集中在 7 ~ 10 月。降水诱发地质灾害表现在两个方面，一是降水量大的年份，致人死亡性地质灾害当年发生数相对也多，2000 和 2003 年是 2000 年以来陕西降水量较大的年份，当年发生的地质灾害灾情高达数千。二是汛期集中性降水尤其是局地暴雨对诱发地质灾害影响最大。据作者相关研究表明^[4]，地质灾害与暴雨强度和前期降雨量十分密切(图 2)。在不同暴雨强度下，地质灾害发生时间从立即发生到滞后 10 多天。暴雨强度越大，地质灾害发生的时间越短。如 2003 年 8 月下旬和 2007 年 7 月下旬 ~ 8 月上旬的大暴雨都集中诱发了大量滑坡、崩塌、泥石流。其次，冻融是诱发地质灾害的另一重要因素。陕北黄土土质疏松，在冬末春初季节，昼夜温差大的特殊条件下热胀冷缩，从而诱发了崩塌等地质灾害。如 2003 年 1 月 21 日 06:30 左右，子洲县老君殿镇石板沟村发生崩塌，村民 3 孔窑洞及院落被埋，造成 4 人死亡。2 月 18 日 22:40，子洲县马岔乡牛家沟村发生崩塌，村民

3 孔窑洞压毁，造成 2 人死亡。

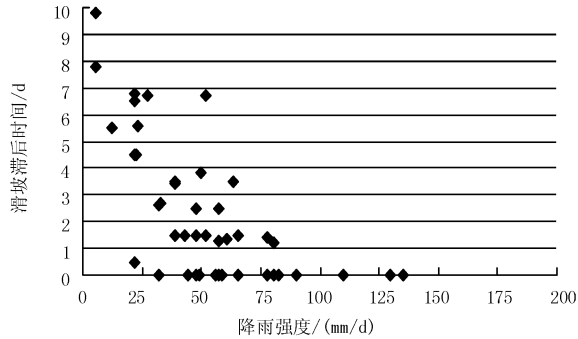


图2 滑坡发生时间与降雨强度关系曲线^[4]

1.3.2 人类活动

依据统计分析，人类活动诱发地质灾害的主要方式是采矿，修路、工民建以及渠系渗漏等 4 类主要人类工程活动(表 3)。具体分析如下：

(1) 采矿活动诱发地质灾害 据陕西省矿山地质环境调查报告^[11]，全省因采矿诱发地质灾害造成人员死亡 225 人，直接经济损失达到 6 亿多元。2003 年 9 月 23 日 13:30，宁强县东皇沟乡何家营村的陕西省锰矿矿区 845#坑口以下至 810#坑口滑坡。滑坡方量约 6~7 万 m³，造成 4 人死亡，7 人受伤，1 人重伤；造成公路中断，通信中断，河道堵塞。

(2) 修路工程建设诱发地质灾害 主要是公路、铁路等工程建设、运营中工程开挖等形成高陡边坡诱发地质灾害。2004 年 6 月 4 日 19:10 镇安县安冷路 K58 + 420 处，发生崩塌，造成 2 人死亡，3 人受伤。

(3) 工民建诱发地质灾害 主要以农村大量的削坡建房活动最为普遍和具有代表性。2006 年 7 月 29 日，子长县李家岔镇崖窑沟村发生黄土崩塌，造成 5 人死亡，崩塌体规模 4 m³。其主要原因是村民人工不合理切坡，修建窑洞。

(4) 渠系渗漏诱发地质灾害 2006 年 10 月 6 日 9:30 华县大明镇高楼村水泉河自然村村后山体发生黄土滑坡灾害，造成 12 人死亡。

2 致灾模式及其防治对策探讨

地质灾害的发生和一定的地质环境条件、人类活动相结合。在这三者关系中，地的因素相对固定，是地质灾害发生的基础。而天和人的因素构成了地质灾害致灾的主要诱发因素。依据地质灾害的主要诱发因素，归纳提出了陕西省地质灾害致灾的 6 种模式(表 4)，并提出了针对性的防治措施。

表 4 不同致灾模式特征及其防治对策表

模式	模式 1	模式 2	模式 3	模式 4	模式 5	模式 6
主要引发因素	暴雨	冻融	采矿	修路	工民建	渠系渗漏
致灾灾种	滑坡、泥石流、崩塌	崩塌	地面塌陷、泥石流、滑坡、崩塌	崩塌、滑坡	崩塌、滑坡	滑坡、泥流、裂缝、地面塌陷
空间分布	关中、陕南	陕北	陕北、铜川、渭北	道路沿线	山区	黄土塬灌区
时间分布	汛期	冬末春初	全年	全年	全年	全年
对策	预报预警， 群策群防	安全选址， 监测预警	搬迁避让， 工程治理	首选避让， 合理施工， 动态巡查， 清除隐患	安全选址， 控制坡比， 优选坡型， 工程治理	检查维护， 教育培训， 安全选址

2.1 暴雨致灾模式

该模式是导致陕西省地质灾害的主要模式。主要发生在汛期，该模式主要引发的地质灾害是滑坡、泥石流、崩塌等。范围分布全省，主要以陕南和关中为主。其致灾过程是：当累计降雨量或强降雨(如特大暴雨)达到地质灾害发生的临界降雨量时，就会诱发滑坡、崩塌、泥石流等，受威胁对象没有及时转移或没有觉察时，从而导致地质灾害发生，造成人员死亡。对这种致灾模式，采取的主要防治措施是：①加强地质灾害气象预报预警，特别是提高对暴雨的监测预警，在依据地质环境条件科学划定地质灾害易发区基础上，

合理确定区域地质灾害发生的临界降雨量，建立预报制度；②搞好群测群防体系建设，建立隐患点防灾预案，加强对地质灾害易发区地质灾害动态巡查工作。

2.2 冻融致灾模式

该模式主要发生在陕北，发生季节主要是每年的冬末春初。该模式主要引发的地质灾害是崩塌。其致灾过程是：陕北黄土土体土质疏松，在热胀冷缩反复作用下，近坡面的土体内形成破裂面，从而导致崩塌；而崩塌又往往发生在夜间，受威胁对象难以察觉，从而导致人员死亡。对冻融致灾模式，其主要防治对策是：①安全选址，

如选址时要避开黄土滑坡危险地段,避开正处于幼年期和中年期的谷坡,在高陡边坡下方不搞建设;②监测预警,对居住环境要定期或经常检查,要注意异常现象,裂缝、变形、掉块或者动物表现异常前兆现象,要采取避让措施。

2.3 采矿致灾模式

该模式主要和矿业开发活动密切相关,分布区域上以陕北地区、铜川、渭北最为突出。主要引发的地质灾害是地面塌陷、崩塌、泥石流。采矿诱发地质灾害,依据其致灾灾种不同,其致灾过程略有差异,分为以下情况:①井下采矿,形成采空区,诱发地面塌陷,造成地表居住的人员或工程受损,造成地质灾害;②矿山开采中,形成的采矿废石(土)、尾矿、煤矸石、生活垃圾等大量的固体废弃物堆放于沟坡,为泥石流的发生提供了丰富的物源,在强降雨的作用下极易形成泥石流(废渣流),威胁沟口居民或采矿人员,并形成灾害。采矿致灾模式的主要防治措施是:①搬迁避让,对矿区范围内的居民进行搬迁转移;②工程治理,对废弃矿山开展矿山环境恢复治理;③政府建立矿山环境恢复治理保证金制度,组织矿山企业对企业造成的地质环境问题进行及时治理。

2.4 修路致灾模式

该模式主要发生在交通沿线,引发的地质灾害主要是崩塌、滑坡。其致灾过程是:道路工程建设中人工开挖高陡边坡,埋下地质灾害隐患,在降水或其他因素影响下,边坡崩落或滑塌,对过往行人车辆造成危害。其前兆特征是道路两旁有危石滚下或者形成危岩体,则随后往往有崩塌或滑坡发生。对修路致灾模式,其主要防治措施是:①选线阶段采取避让措施,道路选线阶段要注意避开地质灾害高易发区或危险性地段;②工程实施阶段,要避免对山体进行大的改造,避免工程大开挖;③对道路进行巡查,尤其对道路两侧危岩体及时清除;④及时做好排水措施。

2.5 工民建致灾模式

该模式主要发生在广大山区的农村地区,主要以农村大量的削坡建房致灾最为普遍和具有代表性。该模式引发的地质灾害主要是崩塌、滑坡为主,其中陕北以黄土崩塌最为典型;陕南以堆积层滑坡最为典型。黄土崩塌致灾过程是:在建宅斩坡平基过程中,对边坡主体部分进行了削坡

处理,但忽视对上部谷沿坡体进行处理,形成坡度过大,坡比一般在0.4以下。据调查成果,凡谷沿坡比小于0.4的宅基地坡一般存在崩塌隐患^[12]。对这种致灾模式,主要防治措施是:①安全选址,通过评估或地质环境鉴定,避开地质灾害危险区;②控制坡比,优选坡型,消除隐患;③工程治理。

2.6 渠系渗漏致灾模式

该模式主要发生在关中黄土塬区,以灌区最为典型。该模式引发的地质灾害主要是滑坡、地裂缝、地面塌陷。其致灾过程是:渠系地处黄土土质疏松、湿陷性强的黄土塬区,由于长期行水渗漏,流水沿黄土节理、裂隙渗入,导致渠道两侧地面发生裂缝或地面塌陷,塬边高陡边坡土体饱和形成滑坡,对高陡边坡前缘居民形成灾害。对这种致灾模式,主要防治措施是:①对渠系、灌渠要进行检查,发现裂缝等情况及时进行修复和维护;②对渠系周围生活的常住人口进行防灾知识培训;③结合村庄规划,对居住在不稳定边坡威胁范围内的居民进行搬迁安置,以防产生新的灾害。

参考文献:

- [1] 李元.在全国地质灾害防治工作表彰会上的讲话[R].2007.
- [2] 吴树仁,周平根,雷伟志,等.地质灾害防治领域重大科技问题讨论[J].地质力学学报,2004,10(1):01-06.
- [3] 国土资源部地质环境司.全国地质灾害防治经验交流会暨监测预警工作汇报会材料[R].2007.
- [4] 王雁林.陕西省地质灾害成功预报实例分析及其模式探讨[J].灾害学,2006,21(4):71-74.
- [5] 王雁林.县级地质灾害防治评价指标体系探讨[J].灾害学,2005,20(2):115-119.
- [6] 王雁林.陕南地区滑坡灾害气象预报预警及其防范对策探析[J].地质灾害与环境保护,2005,16(4):345-350.
- [7] 王雁林.从评估项目角度试析陕西省地质灾害危险性评估[J].工程地质学报,2007,15(S0):151-154.
- [8] 陕西救灾年鉴编辑部.陕西救灾年鉴(2000~2002,2003,2004,2005,2006年)[M].西安:陕西人民出版社,2003-2007.
- [9] 陕西省地质环境监测总站.2007年地质灾害汛期工作总结[R].2007.
- [10] 国土资源部.中国地质环境公报[R].2003,2004,2005,2006,2007.
- [11] 陕西省地质环境监测总站.陕西省矿山地质环境调查与评估[R].2007.
- [12] 陕西省国土资源厅,陕西省地质学会.陕北黄土崩塌灾害形成机理及防治对策[R],2004.

Case Analysis of Geological Hazard and Discussion on Disaster Patterns in Shaanxi Province

Wang Yanlin

(1. Shaanxi Bureau of Land and Resources, Xi'an 710082, China)

Abstract: In order to improve the geo-hazard prevention and management, it is an important to summarize systematically sudden geological disasters occurred, especially the ones which resulted in casualties, analyze the causes and put forward corresponding preventive measures. This is also a hot issue in research of geo-hazard prevention. In this paper, geo-hazard cases from 2000 to 2007 are summarized and the causes are analyzed. A preliminary geological disaster patterns are worked out and the preventive measures are put forward. The results show that, in Shaanxi, geological disasters mainly occur in the period from July to October during the time interval from 00: 00 am to 06: 00 am. For spatial distribution, geological disasters, as landslides and collapses of small size, mainly take place in southern Shaanxi. The causes are rainfall, freeze-thaw action and engineering activities. The geological disaster patterns are divided into six types, each of which has its different characteristics. According to each pattern, some countermeasures such as monitoring and early warning, geo-hazard risk evaluation and choosing safe site are suggested.

Key words: geological hazard; case; geological hazard pattern; Shaanxi province

(上接第 56 页)

[3] 李亚春, 孙涵, 徐萌. 卫星遥感在大雾生消动态监测中的应用[J]. 灾害学, 2001, 16(1): 45-49.

[4] 曹鸿兴, 郑耀文, 顾今. 灰色系统理论浅述[M]. 北京: 气象出版社, 1988: 26-31

[5] 罗敬宁, 徐喆, 马岚, 等. 沙尘暴同一化监测模型与灾害评估研究[J]. 气候与环境, 2004, 9(1): 92-100.

[6] 陈亚宁, 杨思全. 自然灾害的灰色关联灾情评估模型及应用研究[J]. 地理科学进展, 1999, 18(2): 160-161.

Application of Grey Relational Grade in Fog Disaster Evaluation in Beijing Region

Zhang Shuli, Ding Deping, Fu Zhilong, Feng Tao and Li Hong

(Beijing Specialized Meteorological Observatory, Beijing 100089, China)

Abstract: According to the observed data of dense fog and data of secondary disasters of dense fog in the recent 20 years in Beijing, disaster evaluation index and grade classification of dense fog are analyzed by use of grey relational grade. A disaster evaluation model is established and 22 fog disaster cases are evaluated. The result shows that grey relational grade method, which does not require sample data amount or obey certain distribution rules, is of the characteristic of small calculation amount. It is a simple and effective method for disaster evaluation by qualitative analysis and quantitative estimation.

Key words: grey system; relational grade; fog disaster; disaster evaluation; Beijing region