

文章编号 :1006-7639(2004)-01-0008-05

甘肃地质灾害气象等级预报研究

王锡稳<sup>1</sup>,张铁军<sup>1</sup>,冯 军<sup>2</sup>,王遂缠<sup>1</sup>,刘治国<sup>1</sup>

(1.兰州中心气象台,甘肃 兰州 730020 2.陇南地区气象局,甘肃 武都 746000)

摘 要 利用甘肃省近 40a 地质灾害相关资料,介绍了甘肃省地质灾害的现状、地理分布特征和发生地质灾害的特点,阐明暴雨等气象因素是诱导甘肃地质灾害的主要因素,研究了甘肃省地质灾害气象预报的方法,建立了地质灾害气象预报的初步模式,并利用甘肃省 2003 年地质灾害实况进行效果检验,发现准确率达到 73.3% 以上,证明其预报模式具有一定的预报能力。

关键词 :甘肃 地质灾害 气象预报  
中图分类号 :S165 文献标识码 :A

引 言

自然的变异和人为的作用都可能导致地质环境或地质体发生变化,当这种变化达到一定程度、其产生的后果便给人类和社会造成危害,称为地质灾害。在我国,主要的地质灾害包括崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷、岩爆、坑道突水、突泥、突瓦斯、煤层自然、黄土湿陷、岩土膨胀、砂土液化、土地冻融、水土流失、土地沙漠化及沼泽化、土壤盐碱化,以及地震、火山、地热害等<sup>[1]</sup>。甘肃省地处青藏高原、黄土高原、蒙古高原三大高原的交汇地带,地质结构复杂,地质灾害种类繁多,除了海岸带灾害、海洋地质灾害外,其它地质灾害均有出现。甘肃每年因为地质灾害造成的经济损失和人员伤亡惨重。据统计,上世纪 90 年代,甘肃省仅崩塌、滑坡、泥石流、水土流失 4 种灾害造成的经济损失平均每年达 6~8 亿元,成为直接影响国民经济发展和人民生命财产安全的重大灾害<sup>[2]</sup>,中国气象局局长秦大河在 2003 年汛期电视电话会议上,强调各地要做好地质灾害预报服务工作,加强各类技术总结和研究工作。目前,地质灾害预报服务工作,在我省乃至全国各地气象部门来说,均为一项全新的课题,也是扩展服务领域中不可或缺的内容。因此,开展地质灾害气象预报的监测、预警、预报和地质灾害预报方法的相关科学分析研究工作是极其有益的、必要的,具有十分

重要的现实意义。

1 甘肃地质灾害地理分布及发育现状

受区域地质构造、岩土结构、地形及气候等因素共同影响,境内发育的地质灾害主要有崩塌、滑坡、泥石流、土地沙漠化及土壤盐渍化等,按地域划分,东部地区以突发性滑坡、泥石流为主,河西地区以缓变性的土地沙漠化、土壤盐渍化为主<sup>[3]</sup>。下面主要对发生在甘肃省的滑坡、泥石流灾害进行介绍。

1.1 滑坡

甘肃省滑坡具有分布范围广、密度大、活动频繁、规模大、危害严重的特点<sup>[4]</sup>。据资料统计<sup>[2]</sup>,全省 81 个县(市、区)中,有 68 个不同程度的发育滑坡,其中灾害严重的达 42 个,全省滑坡分布面积达 18.58 万 km<sup>2</sup>,占全省总面积的 41%,甘肃省是全国滑坡最发育的省份之一,由表 1 可见。而陇南又是甘肃省滑坡最多的地区,数量占滑坡总数的 72.2%,其次为陇西、陇东,河西地区滑坡不发育,仅占

表 1 甘肃省滑坡统计表

Tab.1 The landslide statistical form in Gansu province			
地 区	滑坡数量(处)	所占比例(%)	滑坡类型
陇南、甘南	13 283	72.2	基岩滑坡为主
陇 东	2 569	14.0	黄土、粘土滑坡为主
陇 西	2 484	13.5	黄土、粘土滑坡为主
河西走廊	56	0.3	基岩、堆积层滑坡为主
合 计	18 382	100	

收稿日期 2003-02-08,改回日期 2004-01-17  
基金项目 2003 年兰州中心气象台科技创新基金项目资助。  
作者简介 王锡稳(1953-)女,河北束鹿人,高级工程师,首席预报员,主要从事短期预报工作。

0.3%。甘肃省地质灾害(滑坡)虽然密度大、活动频繁,但其地理分布由东南向西北出现递减趋势,与甘肃省降水地理分布基本一致。

1.2 泥石流

泥石流是一种含大量泥沙、石块等固体物质的洪流。具有来势迅猛、历时短暂、局地性强、破坏力大等特点<sup>[5]</sup>。甘肃是全国 4 大泥石流危害区之一,全省 81 个县(市)中,53 个发生过泥石流灾害。据现有资料统计,全省共有泥石流沟 6 260 条,大部分集中在甘肃东部,河西地区较少,其中河谷型和沟谷型泥石流共 4130 条,占总数的 66%,其余为山坡型泥石流。在河谷沟谷泥石流中(表 2),陇东占 35.1%,陇南、甘南占 35%,陇西占 29.9%,如果将山坡型泥石流统计在内,陇南地区泥石流在全省中占绝对优势。从表 2 中我们可以看出:虽然全省 1 个县(市)中有 53 个站发生过泥石流灾害,但是主要还是集中在东部,河西 5 市及甘南州分布却较少,出现一种东南—西北向递减趋势。

表 2 甘肃东部河谷、沟谷型泥石流统计表

Tab.2 River and ditch valley type mud-rock flow statistics in east of Gansu Province

类 型	陇 东	陇 西	陇 南	甘 南	合 计
河谷型	43	56	51	12	162
沟谷型	1 407	1 176	1 021	361	3 968
合 计	1 450	1 235	1 072	373	4 130
所占比例(%)	35.1	29.9	26.0	9.0	100

1.3 甘肃地质灾害易发区地理分布

根据地质灾害发生的难易程度和发生的频次,我们将其分为 4 个类别,分别为高易发区、中易发区、低易发区和不易发区<sup>[6]</sup>。利用甘肃省近 40a 地质灾害相关资料,绘制出了甘肃地质灾害易发区分布图(图 1),在图中不难发现:甘肃省地质灾害分布

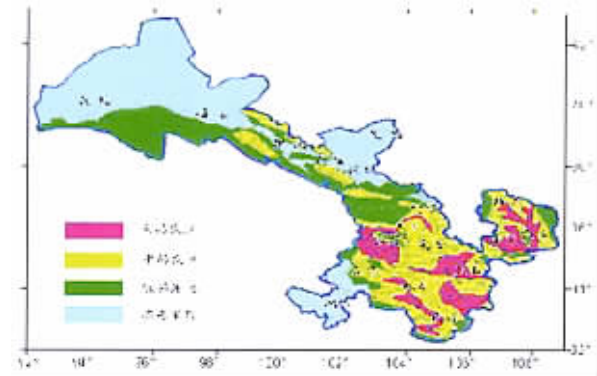


图 1 甘肃省地质灾害易发分区分布图

Fig.1 The sub-zone distribution of geological calamity in Gansu province

与甘肃省年降水量分布基本一致,存在明显的地域性,地质灾害主要发生在甘肃中、东部,河西 5 市相对较少,呈现出一种东南—西北向递减分布,甘肃中、东部地区除甘南州的大部分地方为不易发区以外,其余地方基本都为中易发区和高易发区。主要的易发区有 5 个,分别是:黄河干流及支流地质灾害易发区中心;白龙江流域地质灾害易发区;渭河流域地质灾害易发区;嘉陵江流域地质灾害易发区;泾河流域地质灾害易发区。

2 气象条件与地质灾害

2.1 地质灾害与强对流天气

强对流天气降雨强度大,历时短,不同强度不同地域的降雨,可造成轻、重不同的灾害,陇南地区是甘肃地质灾害最容易发生的地区和地质灾害影响最严重的地区,据统计陇南地区 1h 降雨>8mm,可造成宕昌、武都、文县、舟曲的部分地方产生泥石流,1h 降雨>12mm 可引起西和、礼县泥石流灾害,1h 降雨>15mm 可造成成县、康县北部泥石流灾害,大于此降雨可造成更严重的灾害。

2.2 地质灾害与大(暴)雨

泥石流、滑坡的发生除与特殊的地形和地质条件有关外,暴雨是诱发地质灾害的重要因素。暴雨所造成的危害较普通强降水更大。据统计,兰州每年发生的地质灾害明显多于暴雨日数,过程降水量中的大部分降水产生的时段比较集中,强度较大,一般灾害发生地的日总降水量在 20~50mm 之间,每小时的雨量至少在 7、8mm 以上。从强度标准来讲,接近或达到了暴雨。这种强度意义上的暴雨仍然可以造成山体滑坡、塌陷等灾害。

2.3 地质灾害与雷暴

观测事实发现,雷暴是积雨云强烈发展的产物,一般出现雷暴后,雨量较雷暴前突增 2~3 倍,强闷雷暴可使雨量突增 5 倍以上,10min 和 1h 最大雨量一般都发生在雷暴发生后的时段内。初步分析认为,雷暴产生的强大震动和冲击波可能对过饱和的陡坡发生泥石流起重要的促发作用。

2.4 地质灾害与连阴雨

连阴雨可造成滑坡灾害:在甘肃的陇南地区,一般>5mm 的持续降水且维持 4d 以上,就造成部分山体坍塌,山体滑坡,交通中断。典型的春、秋季连阴雨是造成滑坡的直接动力条件,整月的连阴雨(每天都有 2~3mm 降水或更大),即可引起武都、宕

昌、文县、西和、礼县滑坡灾害。

### 2.5 地质灾害与冻溶

冻溶是造成坍塌的一个直接因素,也会使泥石流发生的条件更加具备,在春季气温回升后,容易引起地质灾害。

## 3 地质灾害气象预报方法

(1) 首先进行地质条件普查,结合 40a 来甘肃(陇南)地质灾害资料确定出地质条件脆弱,容易发生地质灾害的地区。对这些地区按照一定的标准进行分类。

(2) 对地质灾害易发地区天气气候进行分析,

特别是与造成地质灾害的降水性质(如暴雨等)进行分析,确定造成地质灾害气象条件的时空分布规律。

(3) 分析地质灾害和气象条件的关系,确定出地质灾害气象预报的等级和范围,建立地质灾害气象预报模型。

## 4 甘肃地质灾害气象预报等级划分

根据业务需求,结合地址灾害发生的可能性和考虑其发生的影响程度,我们将甘肃省地质灾害气象预报划分了 5 个等级(表 3)。当预报将出现 3~5 级地质灾害时,对外发布预报或警报,并在当天天气预报电视节目中播出。

表 3 甘肃地质灾害气象预报等级:

Tab.3 The grade of weather forecast of geological calamity in Gansu province

预报等级	灾害发生的可能性	发生情况	防灾建议
一级	可能性很小	天气以无降水为主,或<5mm 的降水。	
二级	可能性较小	由 5~15mm 的稳定性降水引起,遇年久的房屋或工程,也可能引起地质灾害。	
三级(注意级)	可能性较大	由>15mm 混合性降水引起,造成交通中断,部分山体滑坡,造成一定的损失。	灾害易发区和危险区域内的人做好避让、撤离准备,加强对危险点的巡查。
四级(预警级)	可能性大	暴雨、强对流天气造成山体滑坡、局地引发泥石流等地质灾害,经济损失严重,有人员伤亡。	防灾应急队伍应该做好抢险救灾准备,危险点人员撤离,财产转移,重要设施加以保护。
五级(警报级)	可能性很大	由局地特大暴雨引发的巨大灾害,造成人员伤亡和特大的经济损失(发布 3~6h 的地质灾害天气警报)。	地质灾害危险体影响范围内的人员立即撤离,抢险救援队伍待命。

## 5 甘肃地质灾害气象预报预警初步模式

根据不同的降水量大小、降水性质、降水强度及地质资料的综合分析,我们建立了甘肃省地质灾害气象预报预警初步模式(表 4),在建立预报预警初

步模式中,尽可能考虑预报在时间精度、空间精度和量级精度上做到精细化;在预报内容上,更有针对性。由于甘肃南北气候差异大,降水分布极不均匀,所以在预报级别的划定上也因地域的不同有所差别。

表 4 甘肃省地质灾害气象预报预警初步模式

Tab.4 The geological calamity weather forecast and prewarning preliminary mode in Gansu province

降水级别	小雨	中雨	大雨	暴雨	大暴雨
R	(0,10)	(10,25)	(25,50)	(50,100)	100
ΣR					
0~10	一级	一级(陇南地区)	三级(注意)	三级(注意)	四级(预警)
10~20	一级	二级(陇南地区)	三级(注意)	三级(注意)	四级(预警)
20~30	一级	二级(陇南地区)	三级(注意)	三级(注意)	四级(预警)
30~40	一级	三级(注意)	三级(注意)	四级(预警)	五级(警报)
40~50	二级	三级(注意)	四级(预警)	四级(预警)	五级(警报)
≥50	二级	三级(注意)	四级(预警)	五级(警报)	五级(警报)

注 R 为 24h 预报降水量,ΣR 为前 3d 降水总量

## 6 地质灾害气象预报业务流程

见图 2,利用最新的气象资料综合分析结果,首先做出准确的降水量预报和重大天气预测,如果预报中某地降水量偏大,预计出现暴雨等强对流天气;其次考虑近期(3d)降水量的情况,一旦出现连续性

的降水,或者在地质灾害易发区已经出现了地质灾害,就应特别加以注意,最后根据甘肃省地质灾害气象预报预警初步模式做出初步预报,将预报结果和甘肃省国土资源厅进行会商,确定出甘肃省地质灾害气象预警预报等级,然后按照规定的方式发布。

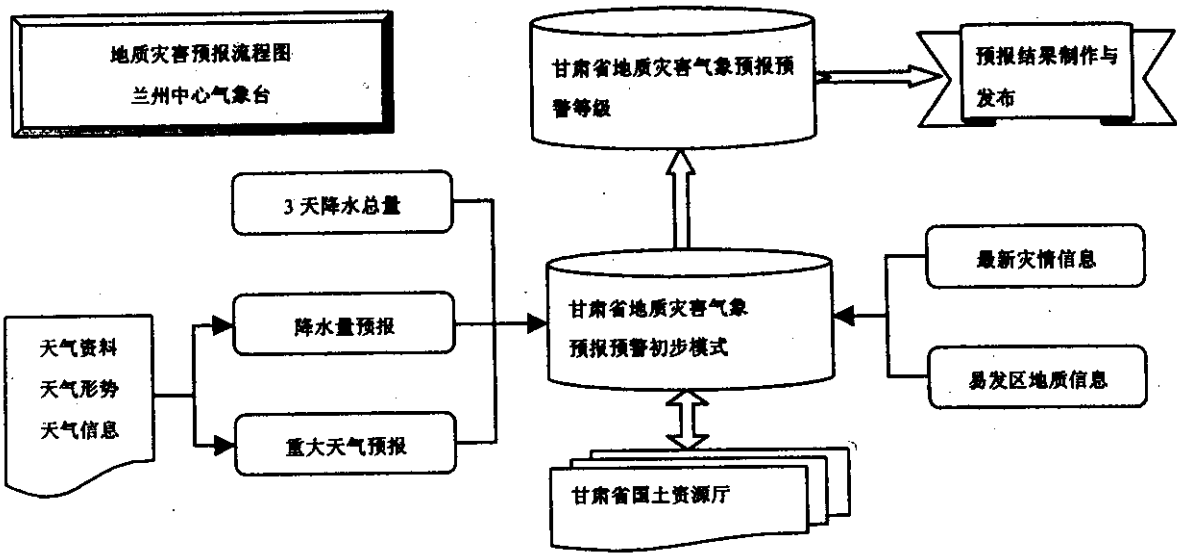


图 2 地质灾害预报流程图

Fig.2 The flow chart of the geological calamity forecast

7 2003 年地质灾害气象预报业务实施与检验

2003 年从 8 月 1 日开始 ,正式对外发布甘肃省地质灾害气象预报 ,先后共发布地质灾害气象预报 15 次(表 5)。其中有 10 次出现地质灾害记录 ,甘肃省平凉、庆阳、天水、定西等市都出现了包括山体滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害 ,另外 5 次现在还

不详(客观原因 ,由于气象部门灾情收集手段单一 ,不能确定每次灾情收集得及时准确、全面到位)。这对我们的预报效果检验带来了一定的难度。另外还有一次漏报 ,假定 5 次不详中有一次正确 ,其余都算是空报 ,预报准确率仍在 73.3% 以上 ,总体预报效果较好。甘肃省地质灾害气象预报 ,填补了甘肃此项工作的空白 ,为拓展服务领域 ,抗灾减灾做出了贡献 ,取得了一定的经济和社会效益。

表 5 8 月 1 日到 9 月 10 日发布地质灾害实况

Tab.5 Actual conditions of the geological calamity from August 1 to September 10 in 2003

编号	发布日期	发布时段	发布范围	等级	出现实况
1	8 月 1 日 17 时	夜间到 2 日	庆阳北部	三级 不祥	
2	8 月 14 日 17 时	夜间到 15 日	庆阳南部陇东	三级 不祥	
3	8 月 26 日 06 时	白天到夜间		三级	庆阳市境内出现 路面塌陷 ,大面积聚水 ,死亡 3 人。
4	8 月 28 日 11 时	下午到夜间	定西北部、天水、平凉、庆阳南部	三级	正宁、宁县、天水地基下陷房屋倒塌 ,死亡 5 人
5	8 月 28 日 17 时	夜间到 29 日	定西北部、天水、平凉及庆阳南部	三级	通渭、宁县、华池 华亭、秦安、山体塌方
6	8 月 29 日 11 时	下午到夜间	天水、平凉及庆阳南部	三级	平凉市、崆峒山、华亭、崇信、泾川山体滑坡 ,死亡 1 人。
7	8 月 29 日 17 时	夜间到 30 日	天水、平凉、庆阳南部 ,陇南南部	三级	宁县、灵台 崖面塌陷
8	8 月 31 日 11 时	下午到夜间	临夏、陇南、天水、平凉、庆阳	三级 不祥	
9	8 月 31 日 17 时	夜间到 9 月 1 日	临夏、定西、陇南、天水、平凉、庆阳	三级 不祥	
10	9 月 2 日 17 时	夜间到 9 月 3 日	陇南	3~4 级 不祥	
11	9 月 3 日 11 时	下午到明天	甘南、陇南、临夏	三级 崇信 滑坡	
12	9 月 3 日 17 时	夜间到 9 月 4 日	甘南、定西、临夏、陇南、天水、平凉、庆阳	三级 崇信 滑坡	
13	9 月 4 日 17 时	夜间到 9 月 5 日	平凉、庆阳	三级 崇信房屋倒塌	死亡 1 人
14	9 月 5 日 11 时	下午到 6 日	甘南、定西、陇南、天水、平凉、庆阳	3~4 级 北道 山体裂缝	
15	9 月 5 日 17 时	夜间到 9 月 6 日	定西、陇南、天水、平凉、庆阳	3~4 级 北道 山体裂缝	

地质灾害气象预报报服务工作 ,是国内近年发 展起来的预报服务新领域。作为一项全新的课题 ,

预报难度大。由于此项工作刚刚起步 ,有待今后进一步深入研究 ,不断提高预报准确率。从而为地方经济建设、防灾减灾、人民生活质量提高提供更好的气象服务。

参考文献：

[ 1 ] 段永侯 ,等主编. 中国地质灾害[ M ]. 北京 :中国建筑业出版社 ,1993. 7－8.

[ 2 ] 甘肃省国土资源厅. 甘肃省地质灾害防治规划( 2003—2020 年 ). 兰州 ,2003. 26.  
[ 3 ] 赵成 ,施孝. 甘肃地质灾害发育特征及防治对策[ J ]. 甘肃科学 , 2003 ( 15 ) 23－29.  
[ 4 ] 李鸿琰. 甘肃滑坡概要[ A ]. 滑坡文集[ C ]. 北京 :中国铁道出版社. 1986. 40.  
[ 5 ] 中国科学院兰州冰川冻土研究所 ,甘肃省交通科学研究所. 甘肃泥石流[ M ]. 北京 :人民交通出版社 ,37.  
[ 6 ] 王兆宽. 甘肃省地质灾害分布图说明书[ M ]. 兰州 :甘肃民族出版社 ,20.

Study of the Geological Calamity Meteorological Grade Prediction in Gansu Province

WANG Xi－wen<sup>1</sup> ,ZHANG Tie－jun<sup>1</sup> ,FENG jun<sup>2</sup> ,WANG Sui－chan<sup>1</sup> ,LIU Zhi－guo<sup>1</sup>

( 1. Lanzhou Central Meteorological Observatory ,Lanzhou 730020 ,China ;  
2. The Meteorological Bureau of Longnan ,Gansu Wudu 746000 ,China )

**Abstract** Based on the geological calamity relevant materials of the past 40 years in Gansu province , the current situations , geographical distribution characteristic of geological calamity and its happening characteristic in Gansu were introduced. It also demonstrated that the meteorological factors such as hard rain etc , are the main factors leading geological calamity in Gansu. The prediction method of geological calamity was given out and the preliminary prediction mode was set up as well , and its effect was examined by using geological calamity which was actually happening in 2003 in Gansu province , found that the rate of accuracy reaches more than 73% , it proved that the prediction mode has certain prediction ability.  
**Key word** Gansu province ;geological calamity ;weather forecast

期刊入网申明

本刊已被《中国期刊网》、《中国学术期刊( 光盘版 )》、万方数据—数字化期刊群、中国核心期刊( 遴选 )数据库全文收录 ,其作者著作权使用费( 含刊物内容上网服务报酬 )与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意文章被收录 ,请在来稿时声明 ,本刊将作适当处理。