

# 降水原因造成的舟曲县地质灾害分析

魏新功<sup>1</sup>,王振国<sup>2</sup>,包红霞<sup>1</sup>

(1. 甘肃省舟曲县气象局,甘肃 舟曲 746300;2. 甘肃省甘南州气象局,甘肃 甘南 747000)

**摘要:**舟曲县山高坡陡,水流湍急,在夏秋汛期发生的滑坡、崩塌、泥石流和地面塌陷等地质灾害中,雨水是一个关键性的诱因。充分认识降水诱发的地质灾害原因及其特点,对舟曲县科学防治地质灾害具有十分重要的意义。本文以滑坡、泥石流为重点进行论述。

**关键词:**自然降雨;地质灾害;形成原因;预防措施

**中图分类号:**P642.2

舟曲县由于山高沟深,地形起伏强烈,褶皱断裂发育,软岩分布广,岩体破碎,局地暴雨频繁,滑坡、泥石流等地质灾害十分严重。经调查统计,全县共有滑坡、泥石流灾害隐患点134处,其中滑坡43处,占灾害总数的32.1%,泥石流86处,占灾害总数64.2%,不稳定斜坡5处,占灾害总数的3.7%。仅两河口至县城17 km的路段两侧就分布着13处灾害性滑坡和12条灾害性泥石流沟道,方圆不足2 km<sup>2</sup>的舟曲县城就受到锁儿头、南桥、南山、泄流坡等10多个规模巨大的滑坡和寨子沟、硝水沟、三眼峪沟和罗家峪沟等高频泥石流的直接威胁,如此密集且活动频繁的滑坡、泥石流分布在全省乃至全国都是少见的。这些灾害点遍及全县19个乡镇的116个村社,共危及47 547人的生命和26 789.6万元财产的安全<sup>[1]</sup>。调查表明,舟曲县城段是县内滑坡、泥石流危害最严重的地区之一。

夏秋汛期,长时间的持续性降雨不但造成白龙江、拱坝河和博峪河等江河洪水泛滥成灾,而且还诱发滑坡等一系列的地质灾害。由雨水诱发的地质灾害突发性强,除严重破坏自然环境之外,还严重威胁着人民群众的生命和财产安全。充分认识降水诱发的地质灾害原因及其特点,对舟曲县科学防治地质灾害具有十分重要的意义。

## 1 舟曲县地貌特点及雨水分布概况

### 1.1 地貌特点

舟曲县山大沟深,地貌受地表水流的侵蚀、切割十分严重,形成以白龙江、拱坝河和博峪河为主干,

两侧支沟呈密集树枝状发育的河谷、沟谷地貌。白龙江、拱坝河自西向东呈蛇曲形延伸,河床纵比降87‰,谷时宽时窄,开阔地段发育有小型一、二级冲洪积阶地,两侧阶地不对称,呈条带状或半圆形,阶面宽一般在50—300 m之间,一级阶地高出河漫滩2—5 m,二级阶地高出一级阶地8—10 m。在支流与干流交汇处一般发育有扇形、锥形泥石流堆积体。干流河谷呈“U”字型,见图1所示,上游狭窄,下游宽阔,支流河谷呈“V”字型,河谷陡峻,侵蚀切割强烈。

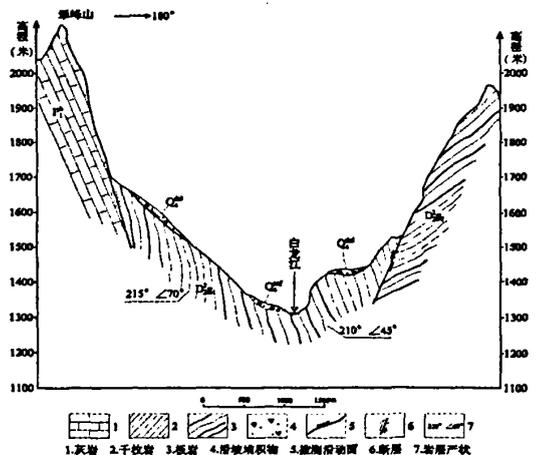


图1 舟曲县城白龙江河谷实测地质剖面图

### 1.2 雨水分布的时空特点

根据舟曲县气象局统计资料看,降水主要集中在5~10月份,见图2所示,县城范围多年平均降雨量为434.0 mm,日最大降雨量为62.9 mm,1h最大降雨量为40.7 mm,见表1。

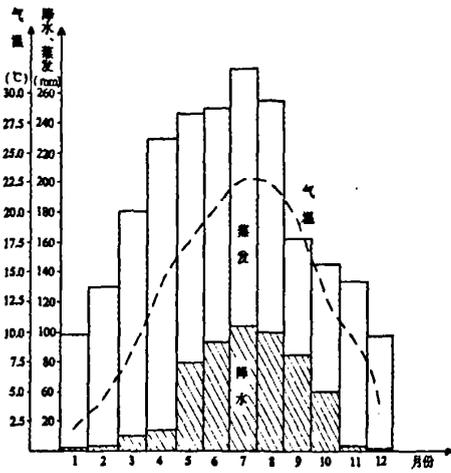


图 2 舟曲县气象要素图

表 1 舟曲县历年暴雨特征表

降水时段	10 min	30 min	1 h	3 h	6 h	24 h
最大雨量	24.0	38.1	40.7	46.7	46.8	62.9

境内降雨分布差异很大,西南多于东北,山区多于河谷,见图 3 所示。随着海拔的升高,降雨量亦增大。拱坝河流域降水量大于白龙江流域,两地 1 500 m 以上同等高度降水量差异越高越大,西南部高山年降水量 900 mm 以上,西北高山地区年降水量在 800 mm 左右,中部海拔 1 500 ~ 1 800 m 地区,年降水量 540 ~ 640 mm,东南部 1 100 ~ 1 400 m 同高度降水量的差异也很大,铁坝海拔 1 300 m,年降水量 526.9 mm。舟曲县城海拔 1 400 m,年降水量 434.0 mm,降水季节分布不均,春秋两季降水量相当,各占年降水量的 25.1% 和 24.7%,夏季平均 219.8 mm,占年降水量的 49.2%,冬季仅为 4.9 mm,占年降水量的 1.1%。

万方数据

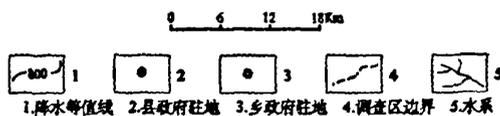
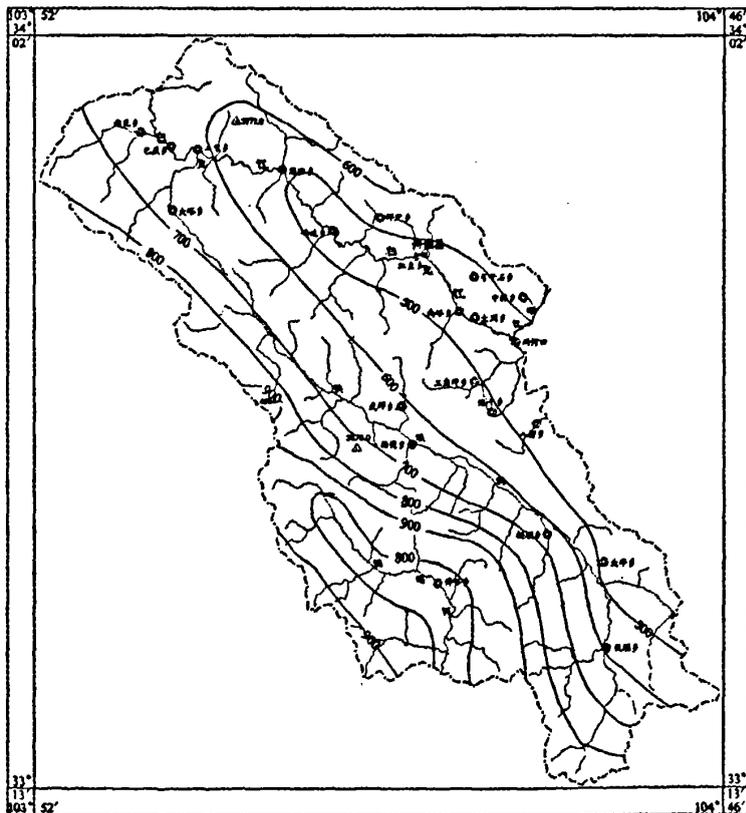


图 3 舟曲县多年降水量等值线图

## 2 降水对滑坡、泥石流的影响

### 2.1 暴雨

根据资料统计表明,舟曲县达到中雨(10.0~24.9 mm)的降水日数年均均为 11 d,大雨(25.0~49.9 mm)的降水日数仅有 4.3 d,大都集中在 7、8 两个月,暴雨(50.0~99.9 mm)的降水日数自有气象记录以来出现过 3 次。降水日数最多的是 5、6、7 月,连续降水日数最长为 14 d。调查统计表明,舟曲县境内共有大小灾害性滑坡、泥石流沟 86 条,其中发育密度 0.03 条/km<sup>2</sup>,滑坡、泥石流集中发生在每年的 6~9 月份,均由暴雨所诱发,爆发突然,危害极大。舟曲县的地形地貌特征是沟谷狭窄陡峻,各支沟切割强烈,特别利于降雨的迅速汇集和流通,因而滑坡、泥石流极易形成,且与短时强降雨具有明显的滞后相关性。

暴雨对滑坡的影响表现为对坡体的冲刷、侵蚀上,一些老滑坡的两侧冲沟往往在暴雨下发育,再经暴雨形成的洪水冲刷、掏蚀滑坡前缘两翼和坡脚,对滑坡稳定性影响很大;同样,暴雨也是舟曲滑坡发生的动力来源。舟曲县内滑坡泥石流均属暴雨型,暴雨是滑坡泥石流形成的主要因素,但由于泥石流沟的其它影响因素各不相同,如,流域面积,固体松散物质类型、地形等,因此,形成泥石流灾害的降雨强度也不尽相同。坡面型泥石流形成时的降雨强度低,沟谷型泥石流形成时的降雨强度就较高。县内的大川镇一带多为坡面型泥石流沟,所以,中雨就能引发泥石流并阻断乡境内 S313 公路。

### 2.2 连阴雨

连阴雨对滑坡的稳定性影响较大,这是因为降雨不断渗入坡体,使坡体含水量不断增加,甚至达到饱和,这样坡体自重及静水、动水压力相继增大,促使岩土体中的软弱夹层充分软化,泥化,抗剪强度降低,最终导致新滑坡的形成,老滑坡的复活。长江上游滑坡泥石流监测预警系统舟曲二级站的锁儿头、泄流坡两个监测点近十年的监测表明,连阴雨与滑坡的活动有明显的滞后相关性。

另外,舟曲县境内降雨极不平衡,西南山区最大,平均降水量达 800~900 mm,但由于植被覆盖好,滑坡、泥石流发生较少。白龙江下游的城关、江盘、峰迭、大川、中牌以及拱坝河下游的铁坝,大年等

乡镇年降水量不足 500 mm,但滑坡、泥石流灾害密集分布,这除了与当地特殊的地形地貌和地质构造有关外,还与当地植被覆盖差,人口密度大的社会现状密切相关。白龙江流域植被覆盖差,形成滑坡泥石流多发区。

### 2.3 雨水诱发的地质灾害原因分析

所谓雨水诱发的滑坡是指雨天斜坡上大量不稳定的土体和岩石在重力作用下,沿一定的滑动面整体向下滑动的地质灾害现象。总体来说滑坡的发生是由软质岩土或松软土质结构面的存在、地下水作用、人为活动、地震等诸多因素共同作用的结果,其中动力水是滑坡产生的重要条件,绝大多数滑坡都是沿饱含地下水的岩土软弱面产生的。自然降雨是地下水的主要补给来源,据调查统计,舟曲 90% 以上的滑坡都与降雨有关,故有“大雨大滑,小雨小滑,无雨不滑”之说。

#### 2.3.1 地下水的形成

自然降雨的强度和持续时间的长短,对地下水的形成和补给影响很大,地下水的多少对滑坡的形成又起着关键性的作用。一般来说,长时间持续性的连阴雨降水和阵发性的大暴雨,最有利于地下水的形成,可以说大面积的地下水是直接导致滑坡发生的罪魁祸首。

#### 2.3.2 地下水的力学作用特征

当雨水渗入到岩土层的孔隙、裂隙中形成的含水层达到一定程度时,就会削弱岩土颗粒间的摩擦阻力,破坏土的天然结构及其胶结作用,从而使土的黏聚力和内摩擦角大大降低,导致岩土的抗剪强度降低,通俗地说是降低了土的抗滑阻力;同时,大量雨水充填于岩土孔隙中,使之容重增大,重力增加,从而加大了斜坡上岩土的下滑力。此外,在含水层中,地下水的渗流将使岩土体产生动水压力,水位的升高将产生浮托力,这样进一步改变了斜坡的稳定性,大大降低了摩阻系数,从而加大了岩土体的下滑力。

## 3 地质灾害短期预报警报

### 3.1 地质灾害短期预报

笔者所在的舟曲县气象局从 2004 年 4 月开始,每年汛期与舟曲县水土保持局、长江上游滑坡泥石流预警系统舟曲二级站合作在舟曲县电视台联合播

出地质灾害气象等级预报。由于前期降水对土质的软化,使坡体含水量不断增加,甚至达到饱和,促使岩土体中的软弱夹层充分软化,泥化,抗剪强度降低,一遇较强降水,极易导致滑坡的发生和泥石流的形成。张天锋等<sup>[2]</sup>对庆阳市地质灾害状况及气象预报进行了探讨,指出滑坡的产生不仅与当日雨量有关,还与前期土壤含水量有着密切的关系。因此,前期降水和未来降水量是产生滑坡、泥石流等地质灾害的关键性诱发因素,因而,预报思路主要是考虑这两个方面,经过统计分析,初步提出了舟曲县地质灾害气象等级预报模型: $R_d = 0.3 \times R_y + 0.5 \times R_1 + R_{24}$ ,其中  $R_d$  为地质灾害综合预报指标,  $R_y$  为前一天日降水总量,  $R_1$  为昨日 20 时至当日 14 时降水量,  $R_{24}$  为未来 24 小时降水预报级别,24 小时如报有小雨取值为 5.0,小一中雨取 10.0,中雨取 15.0,中一大雨取 20.0,大雨及以上取 25.0,无降水取 0.0,然后,计算  $R_d$  值,根据计算值在表 2 中选对应的预报级别及预报用语。

表 2  $R_d$  值对应预报级别及预报用语

$R_d$	预报级别	预报用语
0.0 - 9.9	一级	滑坡泥石流多发 区正常生产生活
10.0 - 14.9	二级	滑坡泥石流多 发区注意预防
15.0 - 19.9	三级	滑坡泥石流多 发区提高警惕
20.0 - 24.9	四级	滑坡泥石流多 发区高度警惕
$\geq 25.0$	五级	滑坡泥石流多 发区严密监视

### 3.2 地质灾害临界雨量及警报

吴红等<sup>[3]</sup>指出降雨是导致山洪灾害的最主要因素,降雨量、降雨强度的控制指标即临界雨量或临界雨强,它们是实时山洪灾害预报预警业务中诊断山洪灾害是否可能发生,并及时采取相应预防措施的关键性指标。降雨是滑坡泥石流形成的最主要因素,但由于泥石流沟的其它影响因素各不相同,如,流域面积,固体松散物质类型、地形地貌、植被覆盖等,因此,形成泥石流灾害的降雨强度也不尽相同。坡面型泥石流形成时的降雨强度低,沟谷型泥石流形成时的降雨强度就较高。根据舟曲县气象局记录

的出现山洪灾害时的最小降雨量,结合暴雨的强度标准及其它相关研究确定了我县地质灾害临界雨量指标,见表 3。

表 3 舟曲县地质灾害临界雨量指标

时段 \ 类型	泥石流		滑坡
	坡面型	沟谷型	
10 min	5	6	10
30 min	7	8	15
1 h	10	12	18
3 h	18	20	20
6 h	24	25	25
24 h	25	30	30

如 10 min 实时雨量达到 5 mm,即可向相关监测点发出坡面型泥石流预警,如,10 min 实时雨量达到 10 mm,即可向相关滑坡监测点发出滑坡预警,相关监测点结合现场情况可向上级部门建议启动相应级别地质灾害应急预案。由于滑坡、泥石流等地质灾害的发生与短时强降雨具有明显的滞后相关性,因此,发布地质灾害短时临近警报仍然具有积极的作用。

## 4 预防措施

### 4.1 政府有关部门要密切配合

建议政府国土资源主管部门对管辖范围内的地形地貌进行勘测,掌握可能发生地质灾害的不良地质体的分布状况、构造、类型及其特点,特别是掌握已经发生过地质灾害的区域分布情况,并设立相应的监测点及预警标志。县气象局切实做好气象雨情的中短期预报及地质灾害气象等级预报,密切注意天气变化,做好雨情监测工作。

### 4.2 开展精细化地质灾害气象等级预报

距离县城较远的各乡如能与县气象局合作,积极装置雨量观测点,双方配合开展精细化地质灾害气象等级预报,构建一个自上而下、由面到点、从笼统到具体的预警信息系统,将会对指导防灾工作起到十分重要的作用。

### 4.3 植树种草,改善生态

舟曲县滑坡泥石流灾害频繁发生虽然受地质环境条件的控制,但人为因素的影响不容忽视。建议政府切实加强行政管理,杜绝乱砍滥伐林木、毁林种地等破坏生态环境的行为,封山育林,对牛羊实行舍饲圈养;再就是大力开展水保工程,退耕还林工程,

不断改善生态环境,从根本上改变已趋于恶化的自然环境条件,有效地防治滑坡、泥石流灾害的发生。

#### 4.4 加强防灾知识的学习与宣传

加强灾害防治力度,普及滑坡、泥石流灾害防治知识,提高人们的防灾减灾意识。尽管由雨水诱发的地质灾害往往事发突然,较难预测,但它总有一个由量变到质变的过程,在这个过程中往往会出现一些先兆或苗头。实践证明通过宣传与学习地质防灾知识,的确能让人们敏锐地捕捉地质灾害先兆信息,做到早预报、早预防。

## 5 结论

### 5.1 加强水土保持工作

舟曲县由于人多地少,群众为了生存,到处乱砍滥伐、开荒种地,顺坡陡坡耕种,山有多高,地就有多高。地质条件差再加上地表人为的破坏,导致生态系统十分脆弱,人为因素对滑坡、泥石流的生成起到促进作用,一遇暴雨,山坡沟谷中泥沙石块俱下,形成强烈的沟谷侵蚀和溯源侵蚀,为滑坡、泥石流灾害的形成和活动提供有利条件。同时,随着城镇建设和基础设施大量建设,诸如,挖矿、修路、电站等开发建设项目在境内大批上马,对水土资源造成严重的破坏,如不及时加以整治和保护,将为滑坡、泥石流

提供更加有利的温床。

### 5.2 增强公民的地质灾害防治意识和自救、互救能力

为确保群众生命财产安全,要加大宣传力度,引导迁移滑坡泥石流多发区住户,禁止农民建房时将房屋建造在滑坡体附近或泥石流沟口及边缘上。在全社会普及预防地质灾害科学知识,增强公民的地质灾害防治意识和自救、互救能力,最大程度地避免或减轻地质灾害所造成的损失。

### 5.3 全面规划,综合治理

滑坡、泥石流灾害的防治是一个系统工程,涉及到水保、国土、民政、气象、水利、农牧等多个部门,建议政府尽快成立并完善滑坡、泥石流灾害防治的综合治理机构,进行全面规划,统一协调,合理安排各项防治工作,将滑坡、泥石流灾害的发生和灾害损失降到最低限度。

#### 参考文献:

- [1] 乔俊明,王嗣琛,许寿恩,等.舟曲县滑坡、泥石流调查报告(内部资料,未出版)[Z].
- [2] 张天锋,王位泰,王锡稳,等.庆阳市地质灾害状况与气象预报探讨[J].干旱气象,2006,24(2):55-59.
- [3] 吴红,邵亮,陆登荣.兰州市区地质灾害与暴雨强度[J].干旱气象,2005,23(1):63-67.

(上接第 91 页) 北东向桃村断裂控制着本区斑岩体的分布,斑状花岗岩或花岗闪长岩集中分布于桃村断裂下盘,成北东向带状展布,为斑岩型矿床的形成提供了较好的岩浆岩条件。矿床成因类型为深熔中深成岩浆中高温热液矿床,多期次侵入的岩体或相带的内带具有较好的矿化。矿床容矿构造为张扭性裂隙构造,两组裂隙复合部位、两成矿阶段叠加部位形成了工业矿体。主矿化期发育硅化和绢云母化,尤其辉钼矿直接产于硅化石英脉中,说明钼矿与硅化最为密切。由于钼矿化与硅化相伴,形成了高阻高极化的地球物理场特征。

## 8 矿床远景评价

斑岩型矿床规模一般较大,尚家庄钼矿床总体上看,主要矿体沿走向由南东向北西、沿倾斜由浅到

深有厚度增加、品位增高的趋势。主要矿体③、④、⑨号在-200m中段、⑩、⑪、⑫号在-300m中段,向北西均未封闭,沿倾斜向深部亦未封闭,矿床远景较大。

桃村断裂倾向南东,主裂面断层泥屏蔽较好,贮矿条件优良。营盘单元岩体分异的含矿热液运移到断裂中沉淀富集,使矿床规模向南东大大增加,经钻孔验证在其碎裂岩中发现了较强的硅化和钼矿化,矿床向南东远景较好。

#### 参考文献:

- [1] 山东省地质矿产局.山东省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.
- [2] 孔庆友,张天祯,等.山东矿床[M].济南:山东科学技术出版社,2006.