

# 陇南“5·31”特大泥石流灾害成因分析<sup>①</sup>

王锡稳<sup>1</sup> 陶建红<sup>1</sup> 冯 军<sup>2</sup> 张铁军<sup>1</sup> 刘治国<sup>1</sup> 伏晓红<sup>1</sup>

(1. 兰州中心气象台, 730020; 2. 甘肃陇南地区气象局)

## 提 要

2000年5月31日甘肃省岷县和宕昌县爆发了150年一遇的特大泥石流灾害,造成的损失是陇南地区近20年(1980年~1999年)滑坡、泥石流灾害总和的76%。利用陇南地区近20年资料研究发现:地质灾害与大气环流、降水强度等方面有密切的联系,降雨是造成滑坡、泥石流灾害的触发条件,不同地区、不同性质的降水造成的灾害不同。据此总结了陇南地区滑坡、泥石流灾害预报着眼点。

**关键词:** 地质灾害 暴雨 强对流 成因

## 引 言

甘肃省复杂的自然条件决定了境内致灾地质作用繁多、分布广泛、活动频繁、危害严重的特点。近年来,由于人类活动的不断加剧,地质环境质量趋于下降,地质灾害发生的频率有所提高,造成人员伤亡和财产损失越来越大。据统计,上世纪90年代,全省仅崩塌、滑坡、泥石流、水土流失四种灾害造成的经济损失平均每年达6~8亿元<sup>[1]</sup>。2000年5月31日陇南地区地质灾害造成了严重的财产损失和人员伤亡,因此开展地质灾害的气象预报和相关研究显得十分重要<sup>[2]</sup>。

### 1 “5·31”灾情概况

2000年5月31日晚19:00~22:00(北京时间),甘肃省岷县和宕昌县北部的阿坞乡、哈达堡等26个乡镇遭受了特大暴雨、泥石流袭击,此次暴雨阿坞乡50分钟最大降水量达到110mm(雨量点资料),水文部门根据岷江最大流量 $667\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ,估算出此次暴雨最大降水量为227mm,为清光绪年以来150年一遇的最大降水,而周围测站均为小雨。此次暴雨、泥石流造成39人死亡,183人受伤,淹

死、冲走大家畜1万多只,损坏房屋3641间,农作物受害面积 $1.4\times 10^4\text{hm}^2$ 。共造成直接经济损失达1.9亿元。

### 2 陇南地区滑坡、泥石流灾害时间分布

滑坡、泥石流虽然是发生在局地的小概率地质灾害事件,在预报上没有固定的规律可寻,对滑坡、泥石流警告的发布制造了一定的困难<sup>[3,4]</sup>,但是经大量资料统计分析表明,陇南地区滑坡、泥石流地质灾害的发生在时间分布上具有一定的规律性,图1就是我们利用陇南地区近20年(1980~1999年)滑坡、泥石流资料绘制的陇南地区滑坡、泥石流灾害频次月分布图。由图1可知,从月分布上来看:陇南地区滑坡发生时间分布明显长于泥石流,滑坡灾害除2、3、5月没有外,其它月份均有出现,但主要发生在每年的7~9月

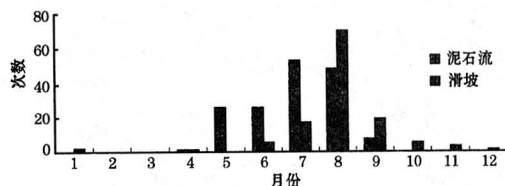


图1 陇南地区滑坡、泥石流灾害频次月分布图

① 资助项目:兰州中心气象台2003创新基金项目

份,高发期集中在8月份;而泥石流灾害发生在每年的4~9月份,但4月份发生相对较少,高发期集中在7、8月份。

陇南地区滑坡、泥石流灾害除了在月分布上具有一定的规律外,在日分布上也是与暴雨发生规律基本相似,存在明显的正相关(图略)。观测和统计表明,陇南山区暴雨一般有两个峰值,一个峰值出现在午后,另一个峰值出现在傍晚和半夜。峰值出现在午后的大雨和暴雨,诱发滑坡、泥石流的危害虽大,但因在白天,尚可提前防御。对于傍晚和半夜出现的大雨或暴雨、诱发滑坡、泥石流的危害最大,且防御和抢险都有很大困难,因此做好暴雨和大暴雨出现时段的预报,对于防御滑坡泥石流灾害具有十分重要的意义。

2000年5月31日甘肃省岷县和宕昌县爆发的特大泥石流灾害从月分布上看刚好发生在泥石流高发期,从日分布上看,又刚好发生在傍晚,危害最大,具有很好的代表性。

### 3 “5.31”地质灾害天气特征

#### 3.1 环流形势

2000年5月31日08:00,500hPa高空为两槽一脊形势,新疆受高压脊控制,蒙古、乌拉尔山为低压槽,甘肃省上空为较强西北风,风速 $10\sim 18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,在四川的南部和西藏的东部有较强的西南风暖湿气流,风速 $10\sim 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,这支西南气流为未来暴雨的发生提供了充沛的水汽来源(见图2)。

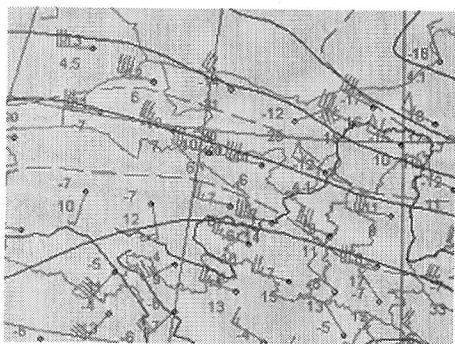


图2 2000年5月31日08时500hPa高空实况

700hPa高空图,在新疆同为高压脊,兰州、合作直到四川的甘孜有一狭长东北西南向的切变线,成都、武都、平凉有风速为 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风。平凉—武都—成都—汉中—宝鸡—延安一带有 $12^{\circ}\text{C}$ 的暖中心,在托托河—玉树—林芝一带有 $8^{\circ}\text{C}$ 的暖中心,西南暖湿气流顺四川的宜宾、成都、重庆到达武都,并沿着两个暖中心之间,在合作切变线和武都暖气团这一狭长的地带缓慢北上(如图3)。200hPa图上,新疆到甘肃、青海一带有风速为 $36\sim 48\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西北风高空急流,平凉有 $-60^{\circ}\text{C}$ 的冷温度中心,反映了高层冷平流很强。宝鸡以东为宽广深厚的低压槽,宕昌、武都处于高空槽的后部,为槽后辐散区。

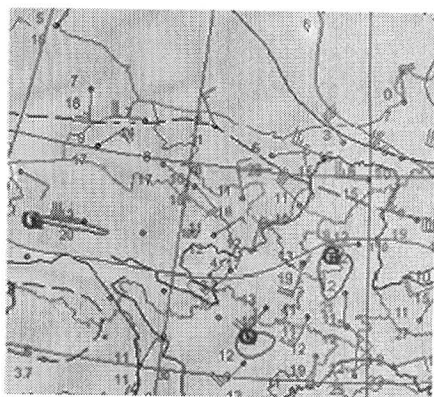


图3 2000年5月31日08时700hPa高空实况

傍晚17:00,宕昌等县出现暴雨,当时因无资料,雨后分析发现,到20:00500hPa高空图上(如图4),在酒泉、格尔木有清晰的切变线,同时甘肃南部由原来的西北风转为风速达 $12\sim 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风,副高外围的5840gpm线在武都、汉中向西伸,为大暴雨的发生积蓄能量。在17:00之前,由于原位于青海南部和西藏东北部的暖气团缓慢东移,武都处于暖气团的边缘,加之副热带高压维持少动,整个下午,冷空气移速缓慢,没有在东移时南压,而是夹在两个暖气团中间,缓缓移动,未移到武都,在宕昌一带停了下来。到17:00由于格尔木附近切变线的加强,产生

了剧烈的向上运动,并与高层的强冷空气和副高外围的西南风低空急流相遇,加之前边的天气系统由于长时间停滞不前,不断的储备能量,后边的又在强冷空气、低空急流和切变线的共同作用下,激发了强对流,一下子将整个云层的水汽倾泄在一个地方,所以引发宕昌特大暴雨。由此可见:在暴雨临近时,南方低空急流的加强北抬,北方高空急流的南压汇合及低值系统之间的相互作用,有利于暴雨区上空低层辐合、高层的辐散机制得到维持和加强,并触发对流不稳定能量的释放,为强对流天气的发生提供了动力条件。

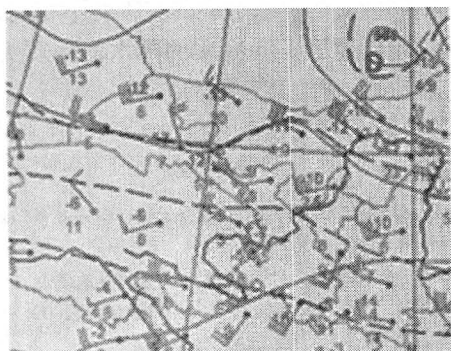


图4 2000年5月31日20时500hPa高空实况

### 3.2 云图特征

从5月31日13:00 GMS-5卫星云图上看,造成陇南强降水的主要云系为一边界不太规则的斜压叶片状云系,东西长约为9~10个经距,南北宽约5~6个纬距,云顶亮温中心位于西宁、兰州一带,北边边界清楚,南部边界模糊,在它的西南方,有“V”字型缺口。由高空图可看到,它北部的风场较强,发展趋势预示着将有一次强对流天气发生。15:00云型进一步发展,北边边界光滑,“V”字型缺口增大,其最白亮点集中在甘南、青海的交界处,上游边界的气旋部分开始消散,而反气旋维持且轮廓分明,地面锋生正沿着南部边界的西半部分发生。到17:00主体云系已移到兰州-岷县一带,气旋式北边界已消失,留下了即将形成的逗点云系尾部的转换

边界,随着它向逗点状转换、尾部变窄和狭口的形成,地面低压开始加深,反气旋式部分的云型逐渐呈现出逗点状。到19:00“V”型凹口(干狭孔)伸入云系的较宽部分变得更加显著,逗点云系形成,并进一步加强,于19:00~22:00,造成了岷县和宕昌26个乡的特大暴雨(图略)。

### 4 陇南地区地质灾害汇流原理与气象条件

引发滑坡、泥石流灾害需要充足的水源动力将泥土运走,这需要计算降水产生的汇集量才能作出相应的预报<sup>[5]</sup>。而产流、汇流和陡峭的地形、流域中堆积的大量松散固体、植被覆盖率有着直接关系。但对于一个固定的地区而言,在地质灾害中作为先决条件的地理、土质、植被等无法改变,因此滑坡、泥石流灾害预报实质是对产生滑坡、泥石流灾害触发条件的预报,利用陇南地区近20年地质灾害资料分析表明:气象条件是地质灾害的决定因素,降雨是造成滑坡、泥石流灾害的触发条件,在不同地区、不同性质的降水造成的灾害各不相同。因此,我们对陇南地区不同性质、不同地区的降水在滑坡、泥石流灾害预报中的应用作了初步分析,总结了陇南地区滑坡、泥石流灾害预报着眼点。

强对流天气引起滑坡、泥石流灾害:强对流天气降雨强度大,历时短,不同强度的降雨可造成轻、重不同的灾害,据统计:1小时降雨超过8mm可造成宕昌、武都、文县的部分地方产生滑坡、泥石流,大于12mm可引起西和、礼县出现滑坡、泥石流,超过15mm可造成成县、康县北部出现滑坡、泥石流;3小时降水超过15mm可引起武都、宕昌、文县出现泥滑坡、泥石流,大于20mm可引起西和、礼县出现滑坡、泥石流,大于40mm的降水可引起成县南部、康县北部出现滑坡、泥石流。

大(暴)雨可引发滑坡、泥石流灾害<sup>[6]</sup>:日降水量大于20mm的降水可引起宕昌、武都、文县等地出现滑坡、泥石流;大于25mm可造

成西和、礼县、康县北部、成县矿区的部分地方出现滑坡、泥石流,对于徽县、两当、成县大部、康县大部,因森林覆盖率高,地势平坦,一般出现地质灾害相对较少。多年来,大于50mm的暴雨可能产生较小地质灾害,有发生地质灾害的可能性。

连阴雨可造成滑坡灾害:小型的滑坡在陇南随处可见,大于5mm的持续降水且维持4天以上,可造成部分山体坍塌,交通中断,持续的降雨可造成山体滑坡,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)可引起武都、宕昌、文县、西和、礼县滑坡灾害。

2000年5月31日甘肃省岷县和宕昌县爆发的特大泥石流灾害从降水角度看,属于局地强对流天气引起的泥石流灾害,50分钟最大降水量达到110mm,远远超过预报指标,按照上述预报着眼点完全可以作出准确的预报,减小所造成的损失。

## 5 小 结

(1)陇南是一个地质灾害多发的地区,暴雨等气象条件是诱发地质灾害的关键因素,强对流暴雨天气是严重地质灾害发生的动力因子,雨量越大,则灾情越重;作好局地强对流暴雨精细化预报,开展地质灾害气象预报的监测预警业务工作已成为滑坡、泥石流等地质灾害防治的重要任务之一,意义深远。

(2)大面积细胞状云形具有旺盛的对流

特性,能产生强烈的对流天气,其产生的强降水可引发泥石流、滑坡等地质灾害。利用对细胞状云的监测可作3~6小时强对流天气的短时预报,关键时发布地质灾害预报。

(3)暴雨临近时,南方低空急流的加强北抬,北方高空急流的南压汇合及低值系统之间的相互作用,有利于暴雨区上空低层辐合、高层的辐散机制得到维持和加强,并触发对流不稳定能量的释放,为强对流天气的发生提供了动力条件。

(4)滑坡、泥石流灾害预报实质是对产生滑坡、泥石流灾害触发条件的预报,在不同地区,不同性质的降水造成的灾害各不相同,因此,对不同地区不同性质的降水的地质灾害预报应具体考虑其着眼点。

## 参考文献

- 1 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.
- 2 中央气象台.天气预报方法与业务系统研究文集.北京:气象出版社,2002.
- 3 李炳华,林超英等.临近预报在预测城市地质灾害中的应用.中国气象学会2003年年会特邀报告,2003,12,北京.
- 4 Li, P. W. and Edwin S. T. Lai, 2000: Applications of radar-based nowcasting techniques for mesoscale weather forecasting in Hong Kong, submitted to Meteorological Applications.
- 5 郁淑华.诱发泥石流灾害的四川盆地大暴雨过程分析.气象,2002,28(8).
- 6 Special Project Report, 1999: Review of Landslip Warning Criteria 1998/1999, Geotechnical Engineering Office Special Project Report No. 4/99, Civil Engineering Department, Hong Kong.

## Formation Cause of a Heavy Mud-rock Flow Calamity on May 31 in Southern Gansu Province

Wang Xiwen<sup>1</sup> Feng Jun<sup>2</sup> Zhang Tiejun<sup>1</sup> Liu Zhiguo<sup>1</sup> Fu Xiaohong<sup>1</sup>

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Gansu Lanzhou 730020;

2. The Meteorological bureau of Longnan Area, Gansu Longnan)

### Abstract

An enormous mud-rock flow calamity broke out in Min and Dangchang County, Gansu Province on May 31, 2000. The loss of the event are 76% of the total of the landslide and mud-rock flow calamity in Longnan in the last 20 years(1980—1999). The formation causes and climate conditions of geological calamity in Longnan are analyzed.

**Key Words:** geological calamity heavy rainfall strong convection formation cause