

曲晓波,张涛,刘鑫华,等. 舟曲“8.8”特大山洪泥石流灾害气象成因分析[J]. 气象,2010,36(10):102-105.

# 舟曲“8.8”特大山洪泥石流灾害气象成因分析<sup>\*1</sup>

曲晓波 张 涛 刘鑫华 周庆亮 张小雯

国家气象中心, 北京 100081

**提 要:** 本文利用气象监测数据分析了 2010 年 8 月 8 日凌晨发生在甘肃省舟曲县的特大山洪泥石流灾害的气象成因。经过分析表明,造成此次特大山洪泥石流的主要气象触发因素是一场局地性强、短时强度大、突发性强的短历时强降雨型的强对流天气过程;经过雷达、卫星资料分析,其天气系统具有明显的中尺度特征;这种中尺度天气系统的发生、发展是在高空有冷空气东移南下的大尺度环流背景下,由低层切变线天气系统强迫作用造成的。

**关键词:** 舟曲, 山洪泥石流, 气象成因

## Analysis on the Meteorological Causes for the 8 August 2010 Massive Mudslide in Zhouqu, Gansu Province

QU Xiaobo ZHANG Tao LIU Xinhua ZHOU Qingliang ZHANG Xiaowen

National Meteorological Center, Beijing 100081

**Abstract:** By using the meteorological monitoring data, the meteorological causes for the massive mudslide in Zhouqu which occurred on 8 August 2010 are analyzed. Results demonstrate that the severe convective weather process with heavy precipitation is the main cause for this massive mudslide. The characteristics of this heavy precipitation are local, large intensity in short time and paroxysmal. The data of radar and satellites suggest that the weather system has obviously mesoscale characteristics. This kind of mesoscale weather system is produced by the forcing of the shear line in the low level, when the cold air in the high level is moving eastward and southward.

**Key words:** Zhouqu, massive mudslide, meteorological causes

## 引 言

泥石流是指发生在沟谷和坡地上的包含小至粘土、大至巨砾的固液两相流,也是山区介于挟沙水流和滑坡之间的土(泛指固体松散物质)、水、气混合流。其具有爆发突然、搬运冲击淤埋能力强的特点,有很大的破坏力<sup>[1]</sup>。中国大陆约占 2/3 的山区都有泥石流活动,其中尤以青藏高原周边山地、秦岭山脉、太行山区、燕山山脉等地最为严重<sup>[2]</sup>。因此,中国是受泥石流危害最为严重的国家之一,每年由泥石流造成的直接经济损失达 20 亿元,死亡 300~600 人<sup>[3]</sup>。

许多研究<sup>[4-8]</sup>表明,降水是诱发泥石流灾害的主要因素,研究降水与泥石流的关系是开展泥石流预报、区划和灾害防治的重要步骤。分析我国不同区域降水和泥石流的关系,可以将小流域定量研究与大范围应用研究结合起来,有利于揭示在特定的地理、地质和气候条件下前期降水引发泥石流的可能性,为开展大区域乃至全国泥石流预报提供有价值的信息。

2010 年 8 月 8 日凌晨,甘肃省甘南藏族自治州南部舟曲县(位于白龙江流域)发生特大山洪泥石流灾害(图 1)。据甘肃舟曲抢险救灾指挥部新闻中心通报<sup>[9]</sup>,截至 2010 年 9 月 1 日,舟曲“8·8”特大山洪地质灾害中遇难 1471 人,失踪 294 人。本文通过

\* 公益性行业(气象)科研专项“中尺度对流性天气诊断分析方法研究”(200906003-01)资助

2010 年 9 月 8 日收稿; 2010 年 9 月 16 日收修定稿

第一作者:曲晓波,主要从事天气预报与服务研究. Email:quxb@cma.gov.cn

分析当时的气象监测数据,来探究这次特大山洪泥石流灾害的气象成因。



图 1 舟曲特大山洪泥石流灾害示意图

Fig. 1 Sketch map of the massive mudslide in Zhouqu

## 1 降雨实况

8月7日20时至8日05时,甘肃省南部出现分布极不均的降雨天气,降雨量一般在5~30 mm之间,舟曲的主要降雨发生在7日20时至24时,降雨量在1~97 mm之间(图2)。

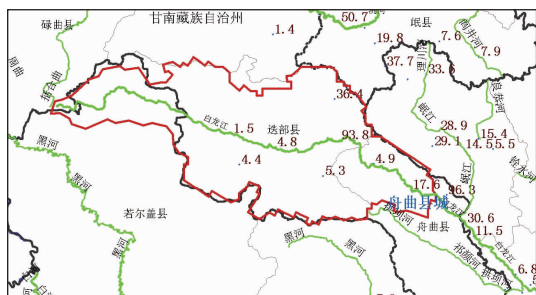


图 2 2010年8月7日20时至8日05时甘肃省甘南地区降雨量实况

Fig. 2 Observed precipitation (unit:mm) from 20:00 BT 7 August to 05:00 BT 8 August 2010 in Gannan Tibetan Autonomous Prefecture of Gansu Province

分析这次舟曲天气过程,其降雨过程具有3个特点:

第一,局地性强。此次降雨是强对流天气引发的局地强降雨,最大降雨量出现在舟曲县城东南部10 km的东山镇,8月7日20时至8日05时的累积降雨量为96.3 mm,舟曲县西北方向上游的迭部县代古寺为93.8 mm。但降雨极不均匀,除了上述两个测站外,其他地区并未观测到强降雨。

第二,短时强度大。舟曲县东山镇最大小时雨量达77.3 mm,超过舟曲县城8月平均降雨量(74.7 mm),迭部县代古寺最大小时雨量达55.4 mm,两站均超过24小时的暴雨级别。

第三,突发性强。舟曲县东山镇降雨集中发生在7日23时至24时,由之前的降雨量每小时1 mm

左右猛增到每小时77.3 mm,之后的降雨量迅速减小;迭部县代古寺由7日20时之前的无雨突然增至每小时55.4 mm,之后降雨明显减弱;而舟曲县城的最大小时降雨量仅为6.8 mm(图3)。

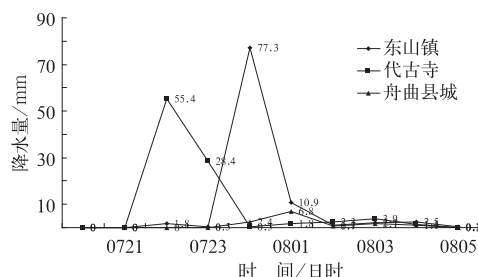


图 3 2010年8月7日20时至8日05时东山镇、代古寺、舟曲县城逐小时降雨量  
Fig. 3 Time series of the hourly precipitation from 20:00 BT 7 August to 05:00 BT 8 August 2010 in sites Dongshan Town, Daigu Temple and Zhouqu

## 2 雷达资料分析

从甘肃天水雷达回波图上看,强降水回波从西北方向移入舟曲,向东偏南方向移动,强回波在舟曲境内停留约1.5小时(图4)。2010年8月7日20至21时,雷达观测到舟曲北面有降水回波,舟曲无降水;21至22时,降水回波开始进入舟曲境内并增强,22时后达到45 dBz;23时后,强降水回波面积增大,强度超过50 dBz(降水强度相当于每小时50 mm);8日00时30分后,降水回波明显减弱。从雷达回波来看,大于30 dBz的对流云团范围大约40 km×20 km,属于γ中尺度。

## 3 卫星资料分析

风云二号卫星等效黑体亮温(TBB)显示,8月7日18时,在青海省东部及甘肃西南部有数个对流云团活动,舟曲西北方向有新生对流云团快速发展。随后,云团合并并向东移动,7日20时开始影响白龙江上游地区。云团在7日23时左右达到最强,最低云顶亮温约为-65℃。此时,舟曲县位于云团亮温低值中心区,对流发展较为剧烈(图5)。

## 4 强对流条件分析

从大气环流背景分析,本次过程是在高空有冷空气东移南下的背景下,由低层切变线上产生的中尺度强对流暴雨云团造成的短时强降雨。8月7日20时西北地区东部有高空槽过境,地面有冷锋东移

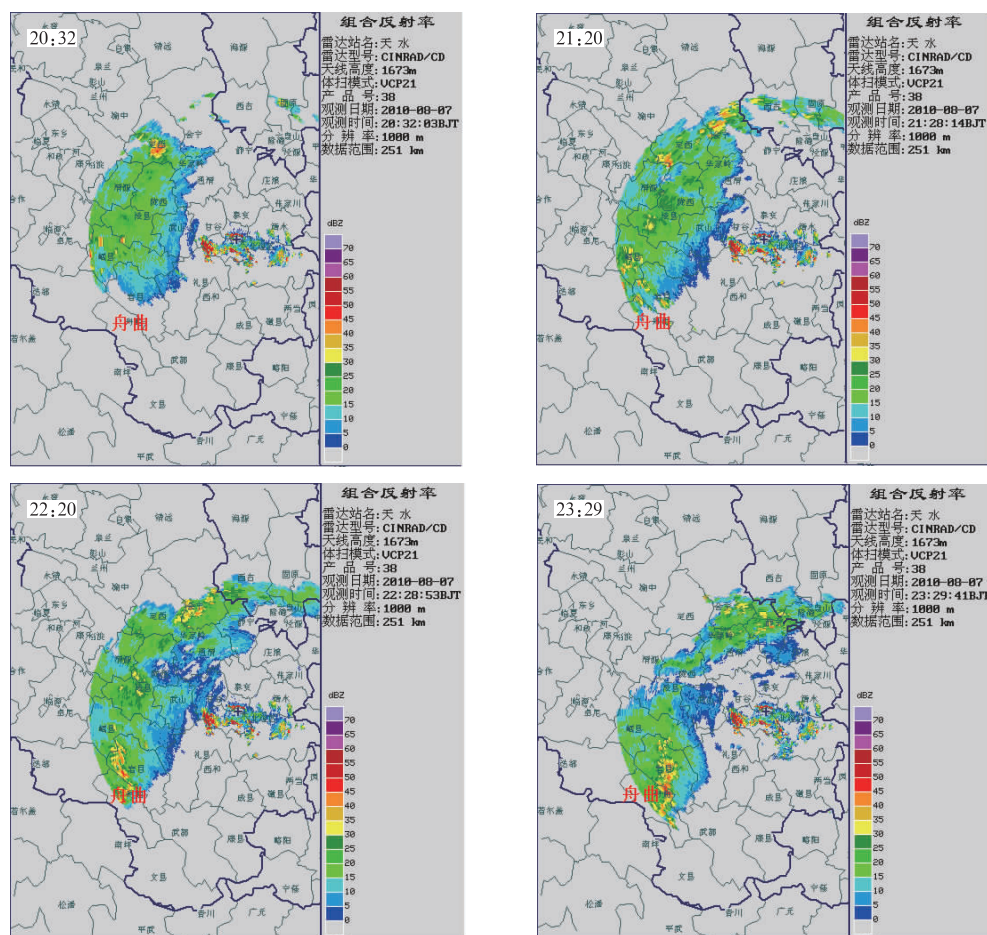


图 4 2010 年 8 月 7 日夜间甘肃天水雷达观测舟曲降雨回波图  
Fig. 4 Radar reflectivity pictures in the nighttime of 7 August 2010  
observed by Tianshui Radar Station of Gansu Province

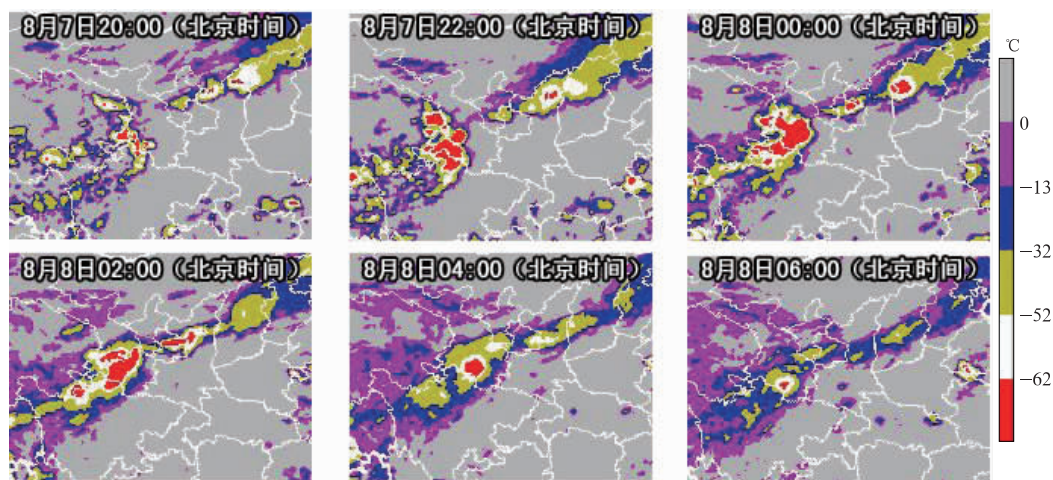


图 5 2010 年 8 月 7 日夜间舟曲 FY-2E 气象卫星 TBB 图像  
Fig. 5 TBB images of FY-2E meteorological satellite in Zhouqu in the nighttime of 7 August 2010

南下,低层 700 hPa 上有切变线,甘南地区位于槽底后部、冷锋尾部和切变线上(图 6)。

从强对流条件分析,以最靠近舟曲的武都探空站 8 月 7 日 08 时和 20 时资料对比分析(图 7a、7b),甘南舟曲等地区低层 08 时受偏南气流控制,有暖湿

平流,层结是稳定的。由于白天的地面辐射增温,导致低层不稳定能量积蓄,而舟曲又位于河谷地区,20 时这种不稳定能量积蓄较为集中。到 8 月 7 日午后到夜间高空槽过境后高空有冷空气东移南下,表现在 500 hPa 上有一 2℃ 的降温,冷平流覆盖在暖湿



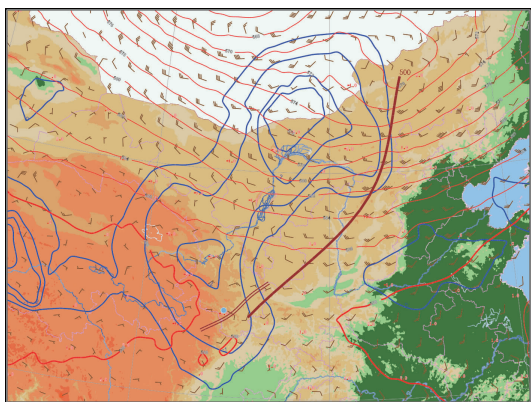


图 6 2010 年 8 月 7 日 20 时高空环流形势  
(红色等值线:500 hPa 高度;蓝色等值线:500 hPa  
变温场;风杆:700 hPa 风场;褐色线:槽线)  
Fig. 6 The synoptic chart at 20:00 BT 7 August 2010  
(red line: 500 hPa geopotential height; blue line: 500 hPa  
isotherm; wind: 700 hPa; brown line:trough)

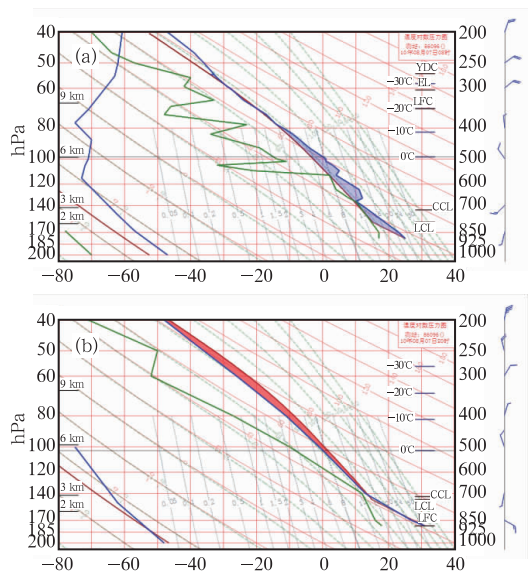


图 7 2010 年 8 月 7 日 08 时(a)和  
20 时(b)甘肃武都站探空分析  
Fig. 7 T-log p diagrams at 08:00 BT  
(a) and 20:00 BT (b) 7 August 2010  
in Wudu Station of Gansu Province

的下垫面,加剧了层结的位势不稳定,由低层切变和地面锋面的强迫抬升下,触发了对流云团生成,而高层 200 hPa 位于强的辐散区域,这种高空辐散、低层辐合的系统配置有利于对流强度的发展,最终形成了暴雨云团。

## 5 预报难点分析

预报难点主要集中在以下几个方面:

一是大气环流形势发生突然变化。虽然从 7 日 20 时高空监测信息分析,舟曲的强降水具有比较有

利的环流形势,但从实时业务中能够得到的 7 日 08 时高空监测信息来看,底层层结稳定。由于对流抑制较强,使得对流不稳定能量得以聚集,到 7 日晚上 20 时后夜间突然释放,造成局地强对流天气,预报反应时间有限。

二是强降雨天气系统空间尺度小、时间短。此次强降水开始于迭部县代古寺(7 日 20 时至 21 时)到舟曲东山镇(7 日 23 时至 24 时),两地相距 46 km,历时仅 2 个小时,两地之间现有其他测站中最大小时降雨量分别为 4.9 mm 和 13.8 mm,难以判断和预报泥石流发生区域的强降雨。

三是雷达监测覆盖区域不够。由于舟曲地处山区,位于现有气象多普勒雷达监测网的边缘,因此临近的强降雨监测受到了很大局限,影响了短时的预警发布。从前面分析表明,天水雷达监测到的回波处于其雷达有效探测范围之外,虽然事后分析通过该雷达资料可以看到在舟曲附近有强回波停留,但在实时预报业务中使用的难度很大。

四是短时降雨强度之强非常罕见。这次强对流天气过程中,分别出现了每小时 55.4 mm(迭部代古寺)、77.3 mm(舟曲东山镇)的短历时降雨,其降雨强度之大,在我国西部地区非常罕见(目前在美,把每小时超过 80 mm 短历时降雨,称作超级强对流天气,十分罕见),在实际业务预报中通过卫星资料估测的难度很大。

## 参考文献

- [1] 潘懋,李铁锋. 灾害地质学[M]. 北京:北京大学出版社,2002, 112-121.
- [2] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 中国泥石流[M]. 北京:商务印书馆,2000.
- [3] 张国平,许风雯,赵琳娜. 中国降水型泥石流研究现状[J]. 气象,2010,36(2):81-86.
- [4] 李媛,孟晖,董颖,等. 中国地质灾害类型及其特征——基于全国县市地质灾害调查成果分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004,15(2):29-34.
- [5] 段旭,陶云,刘建宇,等. 云南省不同地质地貌条件下滑坡泥石流与降水的关系[J]. 气象,2007,33(9):33-39.
- [6] 齐丹,田华,徐晶,等. 基于 WRF 模式的云贵川渝地质灾害气象预报系统的应用[J]. 气象,2010,36(3):101-106.
- [7] 韦方强,汤家法,钟敦伦,等. 区域和沟谷相结合的泥石流预报及其应用[J]. 山地学报,2004,22(3):321-325.
- [8] 谭炳炎. 暴雨泥石流预报的研究[J]. 水土保持学报,1990,4 (4):14-20.
- [9] 新华网. [http://news.xinhuanet.com/politics/2010-09/02/c\\_12511786.htm](http://news.xinhuanet.com/politics/2010-09/02/c_12511786.htm).