

# “8.12”陇南市特大暴雨与落区和泥石流点预报

冯军

(甘肃省陇南市气象局,武都 746000)

**摘要:** 2010年8月11至13日,陇南市连续发生强降雨,引发暴洪、泥石流和滑坡等地质灾害。本文讨论暴雨的天气实况、环流背景和物理特征,从云图和降雨特征分析降雨机理。研究发现,副高边缘低槽东移形成低涡,在涡旋过程中单点降落,是形成暴雨的根本原因;又因单点的强度太大,短时形成灾害。

**关键词:** 陇南市;“8.12”特大暴雨;降雨特征;降雨机制

**中图分类号:** P458.1<sup>+</sup>21.1 **文献标识码:** A

暴雨是陇南频繁发生的自然灾害,平均每年都有2~3次或以上发生,甚至局地发生特大暴雨,因陇南境内高山林立,山谷陡峭,容易发生地质灾害,其发生规模大、爆发频繁,常堵江为患,为全国四大泥石流所在地之一。2000年“5.31”宕昌一次特大泥石流灾情占以前40 a的总和的68%<sup>[2]</sup>。王锡稳<sup>[3]</sup>等人对陇南地质灾害等级进行了研究;冯军<sup>[4]</sup>等对典型流域区域临界雨量作了研究。长江上游滑坡、泥石流预警陇南一级站对部分滑坡、泥石流点资料进行了汇编<sup>[5]</sup>。2008年7月21日、2009年7月14~17日两次特大暴雨相继发生,特大暴雨导致了滑坡、泥石流灾害的发生,损失超过历史上陇南暴雨损失之和,暴洪灾害共造成全市7县区、101个乡镇、1295个村受灾、11.88万户、53.29万人受灾。这次暴洪灾害造成直接经济损失29.2亿元。2010年8月11~13日,陇南市八县一区大部分乡镇连续发生强降雨,引发暴洪、泥石流、滑坡等地质灾害,致使多处交通路段严重损毁,电力通讯服务中断,机关单位、厂矿企业和居民住房进水或倒塌,大量群众遭洪水围困。此次洪涝灾害造成陇南市9个县区155个乡镇1612个村200781户936562人受灾,受灾区域和人口达全市的三分之一。造成37人遇难,11人失踪,受伤405人,农作物受灾面积52193.24hm<sup>2</sup>,造成直接经济损失731656.74万元。连年出

现的暴雨灾害迫使政府部门采取强有力的保障措施预防灾害,陇南市政府组织陇南市气象、水文、水务、国土、地震、滑坡泥石流预警站联合开发全市雨量共享系统建设,作为预报员,分析特大暴雨形成机制、机理,为防汛抢险提前时间和市政府进行决策成为当务之急。本文分析了暴雨发生过程中,天气系统的物理特征、图形图像特征,从逐步降雨的特征分析降雨机理,指出暴雨的发生根本原因是副高边缘低槽在东移的过程中形成低涡,在涡旋的过程中单点降落形成暴雨,因单点的强度太大,短时形成暴雨洪涝、泥石流、滑坡灾害。

## 1 天气概况和前期的环流背景

### 1.1 “8.12”特大暴洪灾害天气实况

8月11~13日全市多处突降大暴雨和特大暴雨,引发了自1943年有气象记录以来陇南市范围最广、强度最大、危害最重的突发性特大暴洪地质灾害,单点雨量特强,形成的灾害重、大,面雨量较小,灾害少。主要有8月11日礼县江口突降78.8mm降水,8月12日降水量成县黄渚261.8mm,武都汉王72.7mm,宕昌沙湾76.1mm,官鹅沟67.8mm,文县石坊63.9mm,这些降水几乎都降在6h以内(11日晚到12日凌晨),8月13日降水量武都洛塘

64.4 mm,文县碧口 79.4 mm。分布在除两当县之外的 8 县,和历年最大强度相比,成县黄渚 12 日 261.8 mm 的降水量,远超过成县气象站 1968 年 8 月 2 日出现的 180.7 mm 的历史日最大降水量记录。并且,12 日 5~6 时 1 h 68.4 mm 的降水量,也超过成县气象站 62.1 mm 的 1 h 历史最大降水量记录。同时,12 日 1~9 时 261.8 mm(9 时后雨量站被冲毁,无记录),5~9 时 177 mm 的降雨量实属历史罕见。武都汉王 12 日 72.7 mm 的降水量,仅

次于武都气象站 1984 年 8 月 3 日出现的 76.5 mm 的历史日最大降水量记录;宕昌沙湾 12 日 76.1 mm 的降水量,超过宕昌气象站 1984 年 7 月 22 日出现的 73.5 mm 的历史日最大降水量记录;文县石坊 12 日 63.9 mm 的降水量,接近文县气象站 1987 年 5 月 30 日出现的 73.0 mm 的历史日最大降水量记录。因此,这次特大暴洪灾害性天气短时雨量大、来势之猛、分布之广、危害之重,实属陇南市历史罕见(图 1)。

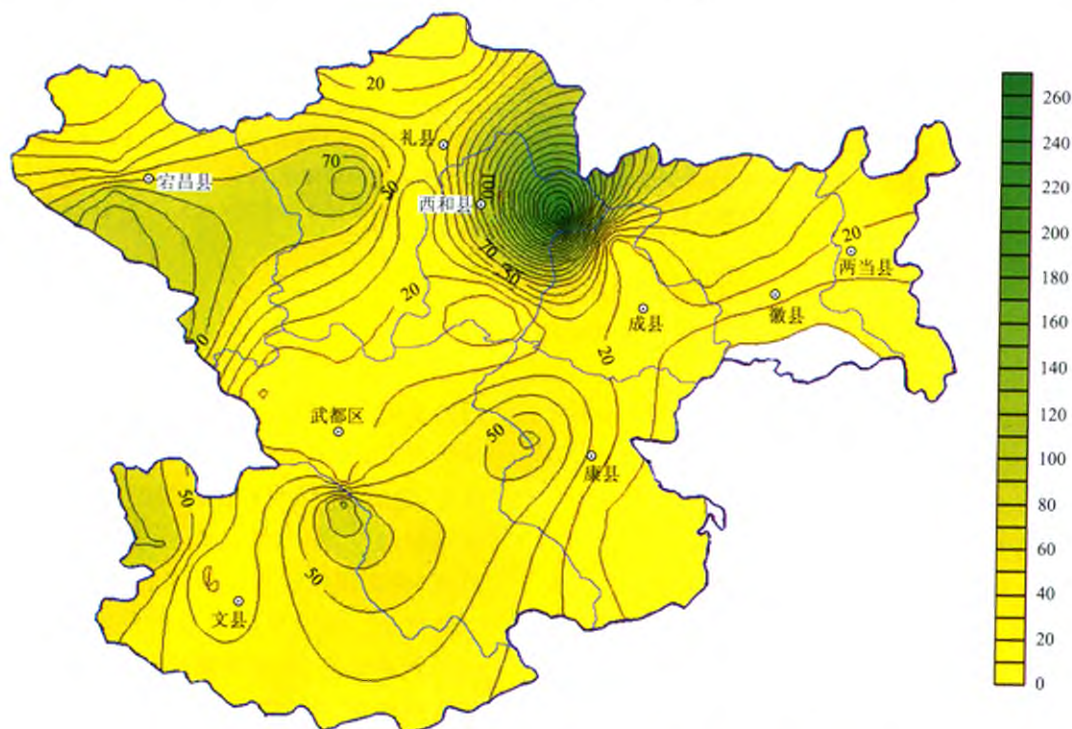


图 1 2010 年 8 月 11 日 08 时到 13 日 08 时陇南市降雨量分布图

Fig. 1 Precipitation distribution in Longnan from 8 o'clock of 11th to 8 o'clock of 13 th

## 1.2 前期的气候背景

2010 年 1~7 月盛行西北风,在西北气流的环流背景中有冷空气南压产生降水天气,天气比较平稳,降水过程雨势平缓、雨强弱,未形成明显的强降雨,降水量相对较小,武都、宕昌、文县,偏少 2~4 成,礼县、西和略偏少,徽成盆地略偏多。7 月中下旬副热带高压突然西伸北抬,其面积超过历史强值,强度形成 592 位势什米的闭合中心,西伸北抬到河套地区一带,并盘踞少动,在甘肃东南部形成高温天气,并在 22~25 日降雨暴雨,在陇东南产生严重暴洪灾害。7 月下旬末到 8 月初出现高温少雨天气时段,有 6 县出现伏旱。

## 2 高空环流形势

### 2.1 前期的环流特征

从 8 月 7 日 20 时的 500 hPa、700 hPa 高空图

(图 2)上分析,在甘南以西的西北地区,形成一个暖高压脊,且有暖中心与之配合,500 hPa 中心温度是 20℃,700 hPa 温度是 24℃,而 200hPa 是一个槽区,和冷区相对应,这样,陇南处于一个上冷下暖的暖高压前沿的层结,是暖高压的前沿面地带,这种结构因副高的进退,持续维持到 11 日 14 时未变,且在 8~10 日白天之间未有降水,而从 11 日下午到夜间,副高开始东撤,冷空气入侵,自将于 8 日最先从礼县开始,再到宕昌,再移到武都、成县。

### 2.2 “8.12”暴雨发生的环流形势及物理量特征

#### 2.2.1 环流形势

当天高空环流特征 8 月 11 日 08 时 500 pPa 图(图 3)上,新疆北部为长波槽,中纬度为西风环流带,到甘肃中部为西北气流区域,副高偏强,584 线西伸到河西走廊的张掖、酒泉一带,陇南处于 588 线的边缘地带,青海和西藏的交界处有 0℃的暖区域

中心,武都本站位于陕西略阳到川北的暖中心边缘,西藏到青海有西南暖湿气流发展,东北有冷涡存在,此形势是陇南处于副高 588 线边缘两个低值系统交界处的西风环流之中,没有明显的冷空气南压,不利于降水,700 pPa 形势 500 pPa 类似,也是处于副高边缘 312 线的西南气流带中,冷空气不强,不利于降水的发生,在甘肃南部有切变线存在,也算是最有利于降水的影响系统了。到 11 日 20 时 500 pPa 图

上,副高加强西进,592 线西伸到陕西东部边缘,588 线北抬到兰州一带,且陇南为 0℃的暖中心控制区域,但在兰州甘南有切变线存在。11 日 20 时 700 pPa 图上,青藏高原的暖气团加强,并形成 24℃的强暖中心,新疆冷槽底部边缘移到河西走廊的张掖、酒泉一带,700 pPa 位于陇南的切变线东退,西南气流北端到陕西汉中一带,312 线略有北抬。此种配置为上干下暖的不稳定层结。

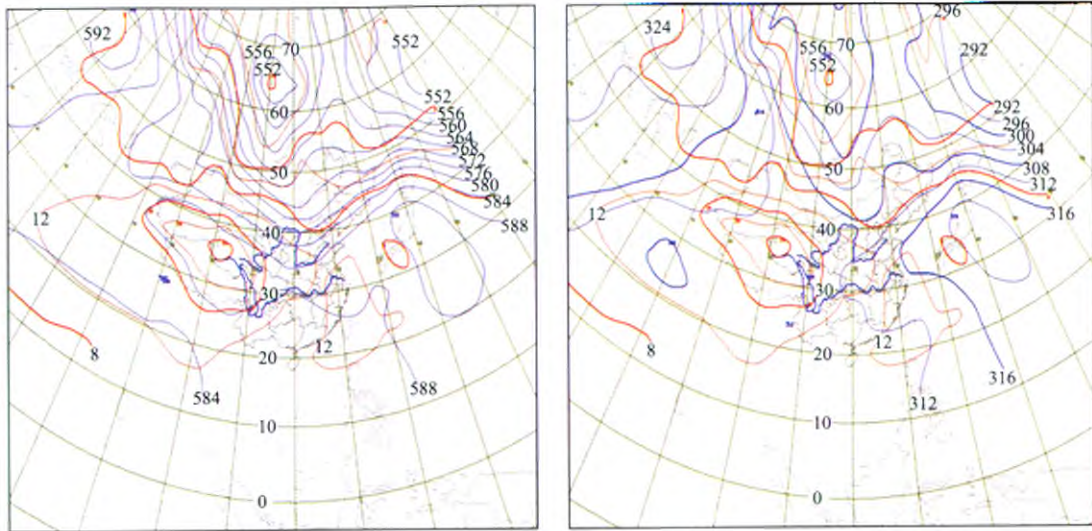


图 2 8 月 7 日 20 时的 500 hPa、700 hPa 高空图

Fig. 2 500 hPa and 700hPa upper-sky situation at 20 o'clock of August 7 th

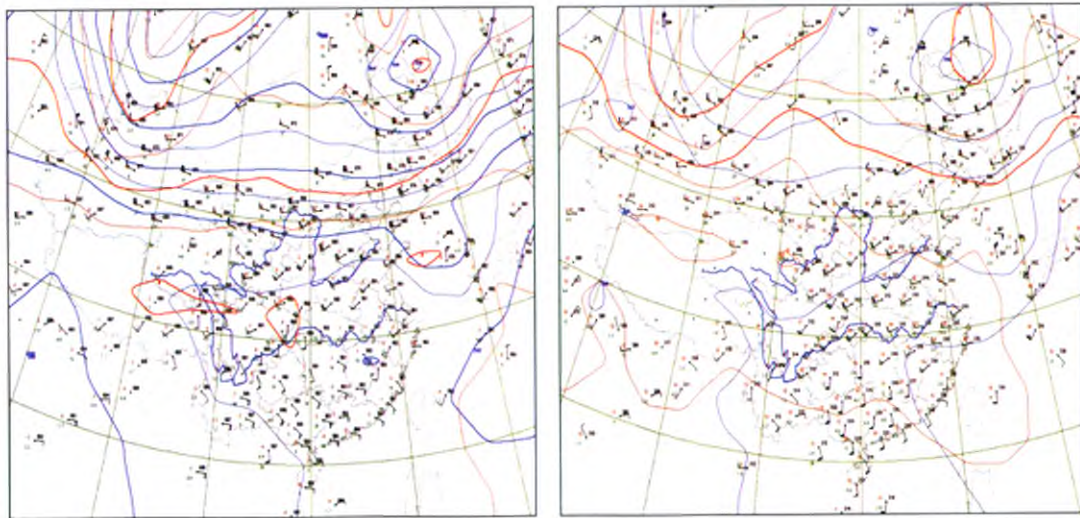


图 3 8 月 11 日 08 时 500 pPa、700 pPa 高空形势示意图

Fig. 3 500hPa and 700hPa upper-sky situation at 8 o'clock of August 11 th

分析此形势,可能得出此次降水为一次普通的切变线降水,量级为小到中。

2.2.2 物理量特征

(1) 垂直速度

11 日 08 时 700 pPa 垂直速度显示,青海东部

为弱的上升运动区,700 pPa 散度显示,兰州周围有较强的上升辐合区,11 日 08 时 500 pPa 涡度显示,甘肃南部为不太强的正涡度区,青海到新疆的部分为负涡度区,所有这些显示,陇南为一次普通的雷阵雨天气也不太强,为此,早间 10 时的天气会商,报小

到中雨,局地大雨,下午16时也发布同样的结论。但从我们16时发布完精细化预报后,注意到水汽通量图上显示,在陇南东部到陕西北部有区域为 $+14 \times 10^{-3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-1}, \text{pPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的水汽通团,在副高加强西伸北抬的过程中,陇南区域内的值为 $8 \sim 10 \times 10^{-3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-1}, \text{pPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ,根据我们以前总结的经验,此值大于 $10 \times 10^{-3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-1}, \text{pPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 后,很可能出现暴雨。尤红等2008年“7.02”滇中大暴雨的成因诊断分析与数值模拟中也分析了水汽通量值的变化来确定暴雨的发生区域,《气象》2010年第1期;易笑园等《长生命史冷涡影响下持续对流性天气的环流条件》也利用水汽通量值中的湿舌西伸的位置和数值大于 $6 \times 10^{-3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-1}, \text{pPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 对强

降水落区有一定的指导意义。根据此条件,我们确定陇南在夜间到12日,可能出现区域性暴雨,且在下午7时左右,在天空还是多云天的时候,连续发布了暴雨蓝色、橙色预警信号两次,并及时传送到市委、市政府应急办和有关领导的手中,且在电视台进行了插播,走出了防汛抗洪的第一步。

### (2) 本站 T-LOGP 图分析

2010年8月12日08时是陇南强对流天气发生的时候,也是最旺盛的时节,cape值为 $947.9 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ ,最大上升速度值为 $43.5 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,这个值正和陇南出现强对流天气时的值相当,08时显示整层处于不稳定能量之中,且在500 hPa以下湿度近于饱和(图4)。

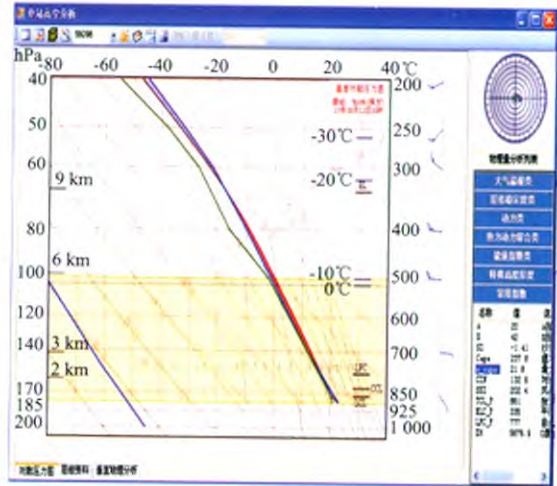
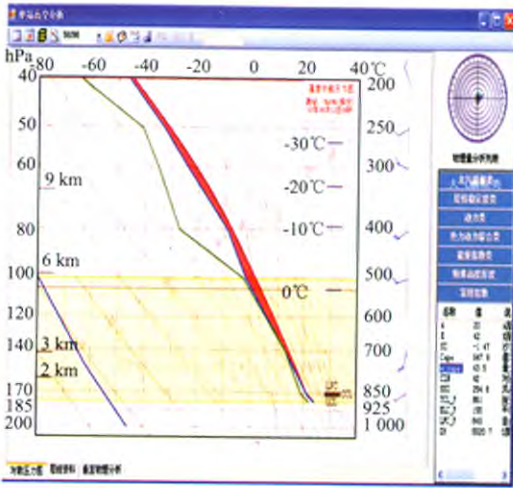


图4 2010年8月12日08时、20时武都本站探空层结曲线

Fig. 4 Wudu T-logp stratification curve at 8 and 20 o'clock of August 12 th

### 3 “8.12”天气系统的云图及降雨特征

暴雨的降雨是逐渐在过程中开始的,分3个阶段:

第一阶段:“8.12”天气系统云图特征显示主要对流云团在陇南北部的宕昌礼县一带,对流中心在宕昌、舟曲一带,在四川北部的北川和青海甘南的交界处有很强的对流云团,四川中部到甘肃有北上的对流云团(图5),两股势力在陇南北部汇合,降雨起始礼县,西向平移后南压到宕昌,以单点暴雨降雨为主,礼县的江口、宕昌的官鹅沟都达80 mm的暴雨,逐渐发展成面降雨,单点暴雨成灾,区域面降雨影响不大。8月11日18时,礼县境内普降中到大雨,白河镇、江口乡降水量分别达96.7 mm和81.4 mm。21时40分至23时,宕昌县出现持续强降雨过程。

第二阶段:云带在宕昌降雨结束后,东移南压在徽成盆地降雨(图6),8月12日0~10时,云团在陇

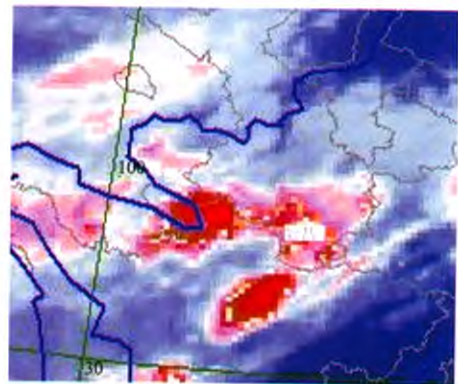


图5 2010年8月12日6时FY-D红外云图

南西和、成县形成卵圆形,成县的黄渚有密实的亮温低值核区域,单点出现特大暴雨,面降雨出现中到大雨,整体受灾,单点成灭顶之灾,主要集中在成县,成县普降中到大雨,其中,黄渚镇降特大暴雨,8月12日凌晨2时到10时,降雨量达261.8 mm。

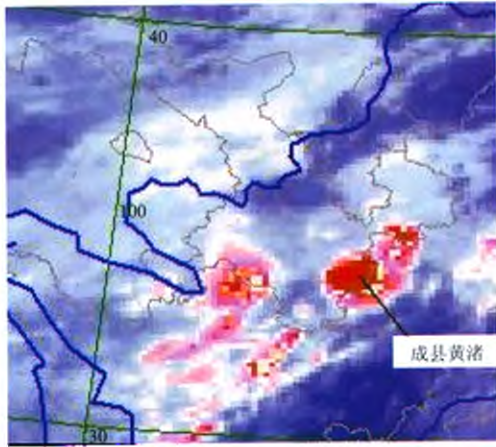


图 6 2010 年 8 月 12 日 6 时 FY2-D 红外云图

Fig. 6 FY-D infrared nephogram at 6 o'clock of August 12<sup>th</sup>

西和县 8 月 12 日凌晨突降暴雨,晒经乡早 6 时许引发山洪,与成县交界处的两条沟发生了山洪和泥石流,沿晒经河的村庄全部受灾,死亡 1 人,5 辆汽车被洪水冲入河中。西和县大桥乡郭坝村 50 m

护村河堤垮塌。

8 月 11 日晚 23 时左右,康县成康路毛垭山路段发生严重山体滑坡,塌方方量约  $3\sim 4\times 10^4\text{ m}^3$ ,县城至云台镇、大南峪乡、大堡镇方向交通中断,无人员伤亡。

第二阶段的降雨为“8.12”暴雨的核心,云图的特征为徽成盆地到天水的交界处有一有核的圆形暴雨云团稳定维持在其上空不动,从云顶亮温 TBB 的特征反应冷云一直在该处,和前几天高温加热后的地面暖空气不断扰动,产生强对流天气,直到高空水汽被完全转化成水在地面释放。TBB 图显示(图 7)冷空气从甘南高原入侵进入陇南境内,产生暴雨。

第三阶段:随着时间推移,雨带南压,8 月 12 日 13 时至 15 时,武都区汉王、玉皇、甘泉、佛崖等乡镇出现暴雨,汉王镇 3 h 降水量 30 mm,强降水引发罗寨佛堂沟、马坝小水沟、水子沟、老张沟等沟道出现泥石流,白龙江绸子坝段二分之一河面发生堵塞,但对行洪没有影响,兰海高速 5 标段项目部停放在在

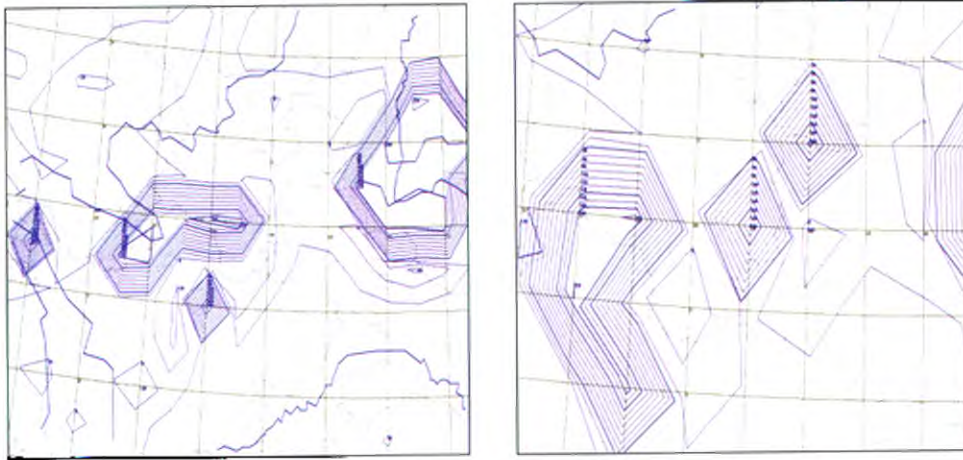


图 7 2010 年 8 月 12 日 0 时(左)、6 时(右)TBB 在陇南境内的分布

Fig. 7 TBB distribution at 0 (left) and 6 (right) o'clock of August 12<sup>th</sup> in Longnan

坝村小水沟附近的一辆翻斗车和一辆挖掘机被泥石流淤堵。

8 月 12 日 19 时至 21 时,文县石坊出现暴雨,2 h 雨量达 63.9 mm。强降雨引发石坊乡旧关村发生泥石流灾害,20 时 50 分左右,泥石流涌入白水江,造成白水江短时堵塞,21 时左右,江水冲散泥石流淤积物,江水顺流,石坊乡旧关村 9 户居民房屋进水,泥石流涌入旧关小学操场。铁楼乡演武坪发生泥石流冲毁了鹤铁公路,并使白马河短时堵塞。

#### 4 暴雨引发泥石流的机制特征

陇南是泥石流多发区,陇南地质灾害主要分布

在白龙江流域、白水江流域和西汉水流域,主要形式为泥石流、滑坡,每年灾多、灾重。公路、铁路、高等院校和科研部门曾对白龙江流域的泥石流进行考察<sup>[1]</sup>,并在武都区先后设立 3 处定位观测站,进行了 15 a(1963~1978 年)的研究工作,发现其分布密度比云南东川、大盈江及四川西昌等都大。其发生规模大、爆发频繁、常堵江为患,为全国四大泥石流所在地之一。根据以前上报的灾情和气象站雨量,白龙江流域 10 min 降雨 5 mm,并且持续,局地就有可能发生泥石流,徽成盆地 1 h 降雨超过 20 mm 就有可能发生泥石流。2007 年建立区域气象站之后,监测到了部分乡镇的雨量,当气象站的雨量不大的时候,而乡镇的雨量早达到暴雨以上的量级了,爆发泥

泥石流早就超过极限了。此次暴雨过程中,宕昌、礼县、成县、武都、文县个别乡镇都出现短历时强降水,远远超过临界雨量值,爆发泥石流成为必然,尤其是成县黄渚镇,在植被未破坏和矿渣未堆积之前(1980年以前)以洪水为主,后因植被破坏及矿渣堆放,导致多次暴发泥石流,由于降雨量相对小,泥石流规模比较小,只对农田不同程度的毁坏,造成了一定的经济损失。但该沟存在大规模泥石流暴发的可能。从1993年开始采矿以来,植被被大量破坏,爆发泥石流就在所难免了,成县的总损失超过30亿。

## 5 数值预报模式预报情况分析

数值预报对此次降水过程时间长度报得可以,从10日就开始预报,但量有些提前,量级预报降水在50~80 mm之间,趋势基本报对,对小范围内的降水在网格点范围内未报出,T213在雨量预报中,也预报有30~80 mm的降水,时间从11日开始到14日结束,相对恰当,最大点的预报从网格点的范围内未报出,个别乡镇如此大的降水监测陇南自2006年开始建区域气象站以来是第一次,和历史的降水相比,因本站未有如此大的降水而不敢轻下结论说发生了特大暴雨。

## 6 小结

(1) 陇南“8.12”特大暴雨是在副高边缘西南气流的大背景下,主要影响系统是700 pPa甘南和陇南交界处的切变线。

(2) 物理量特征表明,甘肃南部的特征利于降水,但不利于强降水发生,这和事后出现的面雨量不大的特征相应,暴雨的出现是个别乡镇,分析这种形势可能是圆型的暴雨云团中,可能存在小的涡旋,涡旋过程中水汽在一个地方形成巨大的过饱和水汽团,当重量超过云内强的上升运动的浮力后,从一个小区域地方降落,形成局地暴雨,造成泥石流灾害和人员伤亡。整体全市区域性降水倒不大。

(3) 水汽通量是一个很好的指标。

## 7 预报着眼点

8月是暴雨多发重发的季节,分析清楚有利的暴雨降雨环流背景和强降雨的物理条件,从防灾减灾的观点出发,宁空勿漏,是预报暴雨的一条很好的经验。

做好短临监测:关注在此种背景条件下的区域自动站的第一个10 mm雨量,是暴雨的落区,也是预报定量、定点的一个突破口,当出现此条件时,圈定第一个10 mm雨量点就是暴雨的落区,区域小,有利于抢险值班的安排。

对特大暴雨来说,从监测到第一个点10 mm降雨出现开始,连续两个小时有大于35 mm以上的强降雨出现时,开始发布预警信号,到有100 mm降雨点出现,抢险的时间是能争取到的,在这个思想的指导下,当第一个10 mm的站点出现后,该点可能就是出现暴雨的落区点,接下来可能会出现第二、三…个10 mm,累积量就是暴雨甚至特大暴雨。以此点为圆心,周围10个乡镇为半径划圆,所得出区域就是暴雨落区。误差为几个乡镇。

### 参考文献

- [1] 中国科学院兰州冰川冻土研究所,等. 甘肃泥石流[M]. 北京: 人民交通出版社,1982. 12.
- [2] 王锡稳,陶建红,冯军,等. 陇南“5.31”特大泥石流灾害成因分析[J]. 气象,2004,30(10):43-46.
- [3] 冯军,尚学军,樊明. 陇南地区典型区域流域临界雨量的确定及一次特大地质灾害天气成因分析[A]. 2004年全国地质灾害预报文集[C]. 气象出版社,2004:189-191.
- [4] 王锡稳,张铁军,冯军,等. 甘肃地质灾害气象等级预报研究[J]. 干旱气象,2004,22(1):8-12.
- [5] 陇南陕南片滑坡、泥石流历史灾害纪实[R]. 甘肃新闻出版社,(2000年)007号.
- [6] 尤红,等. 2008年“7.02”滇中大暴雨的成因诊断分析与数值模拟中也分析了水汽通量值的变化来确定暴雨的发生区域[J]. 2010,(1):7-16.
- [7] 易笑园,等. 长生命史冷涡影响下持续对流性天气的环流条件[J]. 气象,2010,(1):17-24.

## THE AUGUST 12TH SUPPER-RAINSTORM AND FORECASTING PRECIPITATION AREAS AND DEBRIS FLOW POINTS IN LONGNAN, GANSU

Feng Jun

(Longnan Meteorological Bureau of Gansu Province, Wudu 746000, China)

**Abstract:** From August 11 th to 13 th of 2001, continuous heavy rains occurred in Longnan, triggering flash floods, debris flows, landslides and other geological disasters. This article discusses the weather condition, atmospheric circulation background and their physical characteristics. The rainfall mechanism is also analyzed in terms of nephograms and precipitation characteristics. The low groove at the edge of the subtropical high pressure developed into low vortexes as it moved eastward, because of which storms formed; the vortexes and storms were so strong at certain points as to cause disasters.

**Key words:** Longnan; August 12 th supper-rainstorm; storm characteristics; precipitation mechanism

**作者简介:** 冯军(1968— ),男,甘肃秦安人,高级工程师,主要从事短期天气预报业务及研究工作。