

文章编号: 1008-2786-(2006)6-678-06

1998-07-06云南境内金沙江流域暴雨 泥石流的气象成因

周春花¹, 唐川², 陶云³

(1 四川省气象台, 四川 成都 610071; 2 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 四川 成都 610059;
3 云南省气象台, 云南 昆明 650034)

摘要: 1998-07-06昭通地区发生了不同程度泥石流灾害, 以此为例, 应用气象资料及其带通滤波方法, 分析了引发此次暴雨泥石流的天气成因。结果表明: 此次暴雨泥石流发生的引发因素除了地面因素和前期降水使地面达到饱和外, 中尺度辐合天气系统——西南涡以及充分的水汽输送是直接造成此次暴雨泥石流灾害的天气系统。

关键词: 暴雨泥石流; 中尺度滤波分析; 西南涡

中图分类号: P624.23

文献标识码: A

云南境内金沙江流域是长江的上游段, 位于青藏高原、云贵高原向四川盆地过渡的横断山区, 这里是全球新构造运动及现代地壳活动最强烈的地区之一, 流域内有30多条大规模活动断裂带分布, 地震活动频繁。流域内地形以高山深谷为主, 山地面积约占95%, 盆地仅占5%^[1]。由于山高坡陡、雨季降水集中且强度大、岩性软弱破碎、断裂发达等自然因素使得区域内河流的侵蚀、切割剧烈, 山地及高原边缘地带形成为山谷相间、地表破碎的中山地形, 地形条件十分复杂, 为暴雨引发山洪、泥石流、滑坡等山地灾害提供了地质条件^[2]。加上人们长期以来毁林开荒、顺坡种植、乱开滥挖等诸多不合理土地利用活动的共同影响, 使得流域内暴雨泥石流发生频率高、分布广、危害面广、规模较大、经济损失严重, 严重制约了当地的农业生产发展和经济建设^[2-3]。

1998-07-06昭通地区有4个县降暴雨, 其中盐津县154 mm, 大关县83 mm, 彝良县68 mm, 全区大部分县都发生了不同程度的洪涝及泥石流灾害, 盐津县的泥石流灾害最为严重, 全县18个乡镇的22 598户受灾, 受灾人数达87 130人, 死亡6人, 受

伤28人, 房屋倒塌92间, 受损705间, 农作物受灾3 603 km², 绝收426 km², 冲毁沟渠602条, 部分小型电站通讯等水利电力工程受损, 冲毁乡村公路134 km, 直接经济损失达4 100万元。通过昭通地区1998-07-06暴雨引发的泥石流灾害为例, 对引发该地区泥石流的气象成因进行分析, 力求找出流域内泥石流的气象成因和发生规律, 为今后金沙江流域暴雨泥石流的研究和预警预报及灾害防治规划提供科学依据。

1 资料和方法

本文所研究的范围在103°~104°E, 27°~28°N。选用的降水资料来源于云南省气象台提供的1961~2003年的逐日降水资料。¹⁾所用的高空资料取自于国家气象中心的T106数值预报产品80°~120°E, 10°~40°N范围内格点资料, 分辨率为1.125°×1.125°经纬度。尺度分离采用Bames^[4,5]带通滤波方法进行, 对每个原始网格点 $F_0(i, j)$ 过滤原始资料, 即

收稿日期 (Received date): 2006-05-08; 改回日期 (Accepted): 2006-08-30.

基金项目 (Foundation item): 云南省“十五”科技攻关项目 (2001NG44)。[Yunnan province Tenth-five Scientific and technology project No. 2001NG44]

作者简介 (Biography): 周春花 (1982-), 女, 云南大理人, 主要从事气候预测研究。[Zhou Chunhua (1982-), born in Dali Yunnan, Mainly study on climate forecast. Email: zch0728@sina.com]

1) 灾情资料由云南省气象台提供。

$$F_0(i,j)=\sum_{n=1}^N W_n F_n(i,j) [\sum_{n=1}^N J^{-1}] \quad (1)$$

然后使用下式 (2) 对其进行订正

$$F_1(i,j)=F_0(i,j)+\sum_{n=1}^N W_n' J^{-1} \quad (2)$$

最后得到中尺度带通滤波场

$$\begin{aligned} B(i,j) &= F_n(i,j) - F_1(i,j) \\ W_n(i,j) &= \exp(-\frac{r_n^2}{4c}) \\ W_n'(i,j) &= \exp(-\frac{r_n^2}{4Gc}) \end{aligned} \quad (3)$$

式中 $W_n(i,j)=\exp(-\frac{r_n^2}{4c})$ 为距离权重系数, $F_n(i,j)$ 是 $F_0(i,j)$ 周围的原始格点值, N 是 $F_0(i,j)$ 周围的格点数, 如本文取 8 个格点, $D_n(i,j)=F_n(i,j)-F_0(i,j)$ 为余差, $W_n'(i,j)=\exp(-\frac{r_n^2}{4Gc})$ 为修正的距离权重系数。其中 $c=150000$, $G=0.3$, $\lambda=800$ km, $R=0.1Q$

2 泥石流发生的天气成因分析

2.1 泥石流发生前的气候特征

降水是暴雨泥石流发生的动力条件,也是诱发泥石流的主要因素之一^[4]。在一定条件下暴雨泥石流灾害的发生不仅与当日的降水有关系,还与前期的降水有一定的关联。图 1 是泥石流灾害发生前 15 d 昭通地区的降水情况,从图 1 中可以看出昭通地区在泥石流发生前 15 d 几乎都有降水,累积降水盐津、大关和彝良分别为 81.4 mm、84.32 mm 和 104.71 mm,使昭通地区的地面达到饱和状态,在泥石流发生当天盐津、大关和彝良的降水分别为 153.7 mm、82.6 mm 和 67.8 mm,为泥石流的发生提供了相当充裕的水动力。

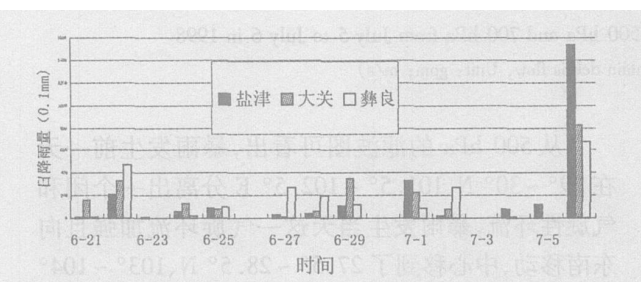


图 1 昭通地区 06-21 至 07-06 的逐日降水演变图

Fig 1 The precipitation day by day in Zhaotong

2.2 环流形势分析

从图 2 可以看出造成泥石流的强降水主要出现在 07-05T23:00 到 07-06T4:00,其中盐津最大 1 h 降水为 38.2 mm,大关的为 42.1 mm,彝良的为 18.2 mm。

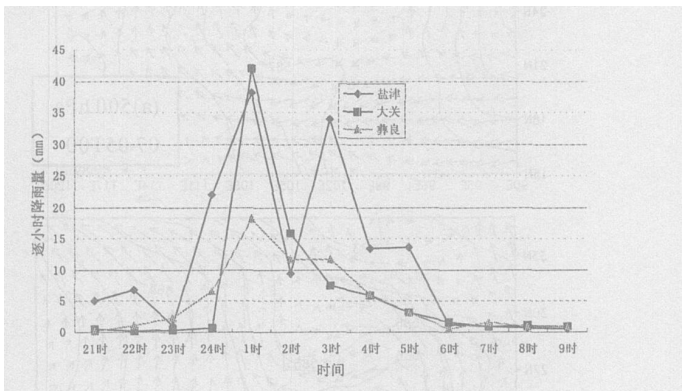


图 2 昭通地区 07-05T21:00 至 07-06T9:00 的降雨量

Fig 2 The precipitation by hour in Zhaotong State from 21 BST July 5 to 9 BST July 6

在暴雨发生的前一天 (07-05T00) 500 hPa 的高度场和风场图上,西太平洋副热带高压偏强,主体西伸到 110°E,在四川和云南交界一带 (26°~33°N, 99°~107°E) 有一高空槽,昭通地区位于槽前,受西南气流控制;在低层 700 hPa 的高空场和风场图上可看到类似的特征,在川滇之间也有一闭和的气旋性环流,昭通地区在这一闭和性环流的前部被西南气流控制,中心数值为 307 gpm。在暴雨发生的当天 (07-06T00) 500 hPa 西太平洋副热带高压主体仍偏强维持在 110°E,川滇之间的高空槽向东移动,槽加深,昭通地区位于槽前被西南气流控制;低层 700 hPa 高空场上川滇之间也有一闭和性环流,环流加深;在暴雨过后 (07-07T00) 500 hPa 的高空场上高空槽消退,从流场上可看出云南大部分被西风控制,暴雨结束;低层 700 hPa 上川滇之间这一闭和性环流减弱。

从上面的分析可知,造成昭通地区降水的主要原因是西南涡,西南涡是造成大到暴雨的主要中尺度系统之一^[5]。西南涡一旦移出涡源,绝大部分都有降水,雨区主要分布在低涡的中心区和低涡移向的右前方,在暴雨发生当天研究区位于西南涡的右下方,刚好在副高边缘的低空急流所在,有充分的水汽供应,有利于降水。

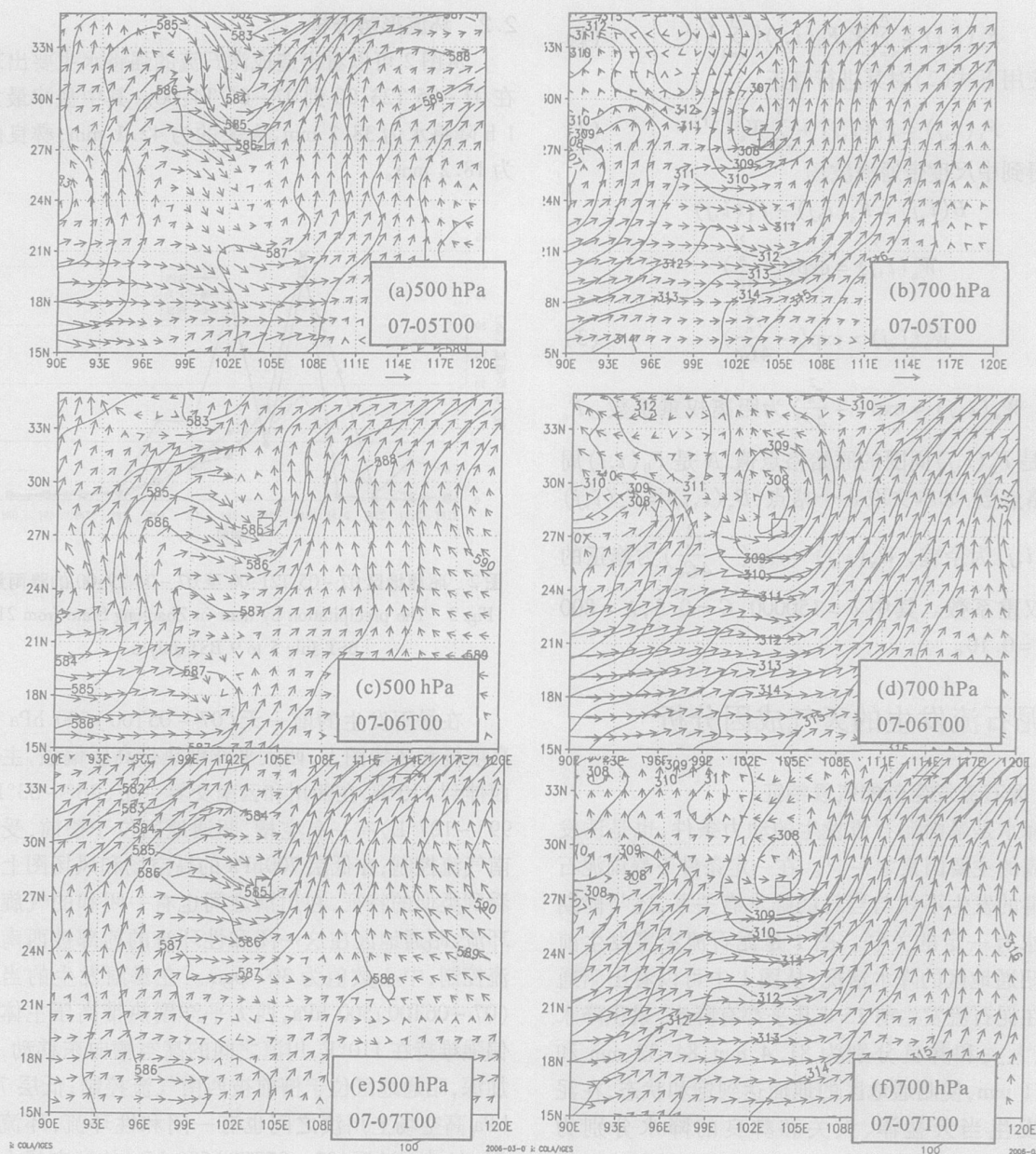


图 3 1998-07-05~07 的 500 hPa 和 700 hPa 流场图 and 高度场

(小方框为暴雨泥石流发生区, 单位: gpm; m/s)

Fig 3 The stream field and geopotential height of 500 hPa and 700 hPa from July 5 to July 6 in 1998

(The small pane theregion of mountain debris flow, Unit gpm; m/s)

2.3 中尺度滤波分析

暴雨天气的发生是大尺度和中小尺度天气系统相互作用的结果, 而暴雨是中小尺度系统直接作用下所产生的^[5], 根据定义, 西南涡是 700 hPa 上的中尺度天气系统。因此, 我们利用 Barnes 带通滤波的方法分离出 700 hPa、600 hPa 和 500 hPa 中小尺度系统来分析造成这次暴雨的中尺度天气系统。

从 500 hPa 的滤波图可看出, 暴雨发生前一天在 $29^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $101.5^{\circ}\sim 102.5^{\circ}\text{E}$ 分离出一个闭和气旋性环流, 暴雨发生当天这一气旋环流加强且向东南移动, 中心移到了 $27.5^{\circ}\sim 28.5^{\circ}\text{N}$ 、 $103^{\circ}\sim 104^{\circ}\text{E}$, 昭通地区位于气旋环流右下侧, 主要为偏南气流控制, 水汽充沛, 有利于降水。暴雨结束后中心移到了 $27.5^{\circ}\sim 28.5^{\circ}\text{N}$ 、 $103.5^{\circ}\sim 104.5^{\circ}\text{E}$, 昭通地区位

于底部略偏西南侧, 受偏西气流控制。在低层 600 hPa 滤波流场图是相似的特征, 但是这一中尺度系统更加明显, 600 hPa 涡旋位置可以比较好的代表西南涡的位置^[5], 因此, 我们选用 600 hPa 来分析昭通地区暴雨发生前后西南涡的变化形势, 从降雨当天

的 600 hPa 滤波场来看, 昭通地区位于气旋性环流的右侧, 受西南气流控制, 水汽充沛。从暴雨发生前到暴雨结束这一过程中, 西南涡快速向东南移动, 暴雨结束后昭通地区为偏西气流控制, 降水结束。

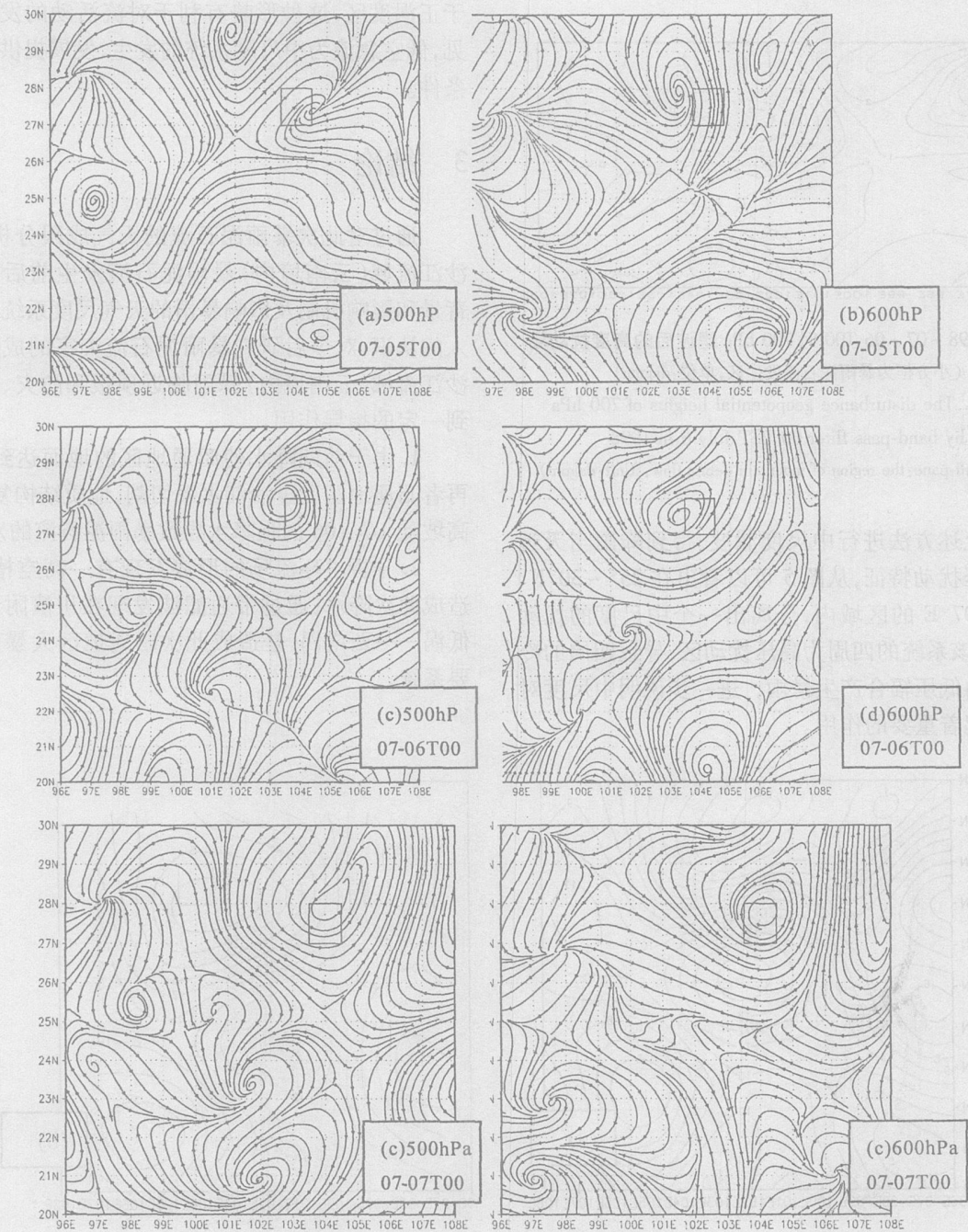


图 4 1998-07-05~07 500 hPa 600 hPa 滤波后的流场图
(小方框为暴雨泥石流发生区, 单位: m/s)

Fig. 4 The stream field of 500 hPa and 600 hPa by band-pass filter from July 5 to July 6 in 1998
(The small pane the region of mountain debris flow, Unit m/s)

从上面的分析可知,在 500 hPa和 600 hPa滤波流场上有明显的闭和性气旋环流,我们分析了 07-06 涡度沿 103°E 的垂直剖面图,其正涡度区在垂直方向上达到 400 hPa 说明西南涡是深厚的,深厚的西南涡是造成云南昭通全区特大暴雨的主要影响系统,导致了昭通地区严重的泥石流灾害。

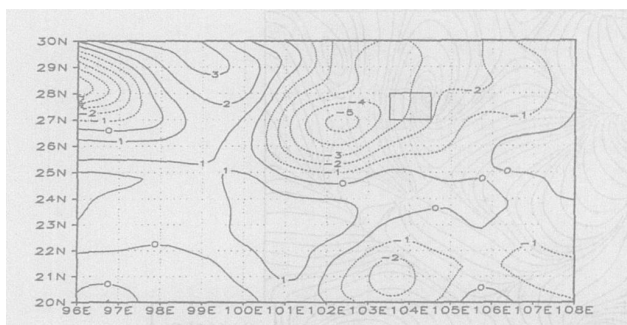


图 5 1998-07-06 T00 时 700 hPa 滤波后的高度扰动场 (小方框为暴雨泥石流发生区,单位: dagpm)

Fig 5 The disturbance geopotential heights of 700 hPa by band-pass filter 00 BST July 6 in 1998

(The small pane: the region of mountain debris flow, Unit: dagpm)

用上述方法进行中尺度滤波,得到降雨当天近地面气压扰动特征,从图 5 可以看出在 25°~30°N、101°~107°E 的区域内,分离出一个中尺度的扰动低压,在该系统的四周为高压扰动区,导致四周的冷暖空气向低压辐合产生暴雨,进一步说明中尺度对流活动起着重要的作用。

2.4 泥石流的发生与低空急流

低空急流对强天气的发生发展有重要的作用,统计表明^[6],70%~80%的暴雨发生与低空急流有关。在昭通地区的这次特大暴雨中,低空急流起到的积极的作用,从图 6(a)中可以看出昭通地区位于急流轴的左前方,从图 6(b)中发现昭通地区位于正涡度区,这种形势有利于对流活动的发展。可见,低空急流为中尺度系统的发生、发展提供了有利条件。

3 结论

通过此次暴雨泥石流的天气成因分析,对金沙江流域(云南境内)暴雨泥石流发生前后的环流背景和影响机制及影响暴雨的天气尺度系统有了深入的认识,对今后研究暴雨泥石流灾害的成因和金沙江流域(云南境内)暴雨临近预报和防灾、减灾起到一定的指导作用。

1 由于前期降水使昭通地区的地面达到饱和,再者昭通地区受金沙江水系切割,地质结构复杂、山高坡陡,07-06 的强降水导致暴雨泥石流的发生。

2 分析了环流场的形势发现有一高空槽东移,造成此次降水,通过带通滤波发现在川滇附近有一低涡——西南涡,是造成此次昭通地区大暴雨的主要系统。

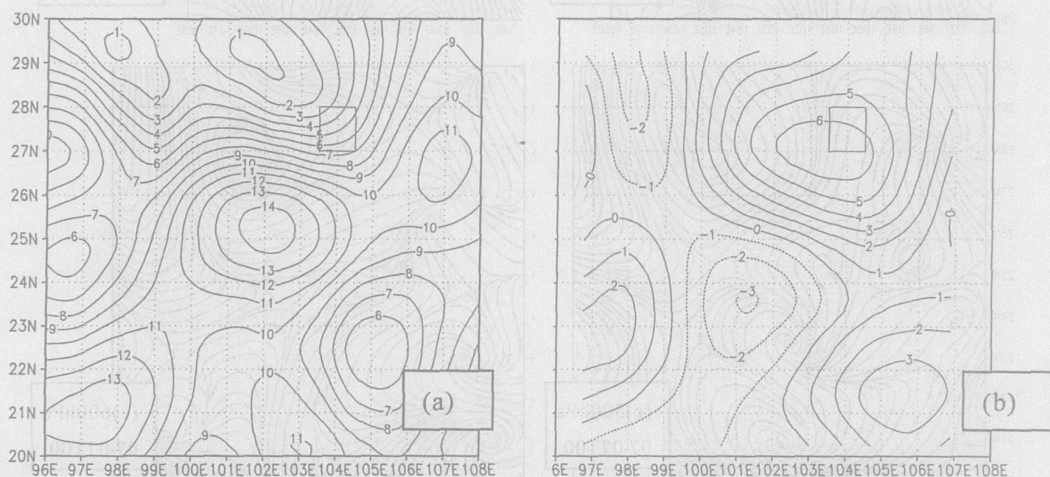


图 6 1998-07-06 T00 时 700 hPa (a) 全风速 (单位: m/s), (b) 涡度场 (单位: 10^{-6} s^{-1}) (小方框为暴雨泥石流发生区)

Fig 6 The wind and vortex field 00 BST July 6 in 1998

(The small pane: the region of mountain debris flow, Unit: 10^{-6} s^{-1})

3 造成此次暴雨的西南涡是深厚的, 涡度的在垂直方向上达到 400 hPa 以上。通过滤波分离出一个中尺度低压扰动系统, 该系统的位置与暴雨发生区的位置比较一致, 在该系统周围都为高压扰动场, 正是由于周围的冷暖空气向中心辐合、交汇产生暴雨。

参考文献 (References)

- [1] Tang Chuan Assessment of mountain disaster in the Jinsha river watershed of Yunnan [J]. *Journal of Mountain Science*, 2004 22(4): 451~460 [唐川. 金沙江流域(云南境内)山地灾害危险性评价 [J]. 山地学报. 2004 22(4): 451~460]
- [2] Tang Chuan, Zhu Jing Landslide and Debris Flow in Yunnan [M]. Beijing: The Commerce Press, 2003. 20~41 [唐川, 朱静. 云南滑坡泥石流研究 [M]. 北京: 商务印书馆, 2003 20~41]
- [3] Yang Zisheng Study on landslide and debris flow hazard regionaliza-

- tion in Jinsha river basin of Yunnan province [J]. *Journal of Mountain Science*, 2002 20(suppl): 88~94 [杨子生. 云南省金沙江流域滑坡泥石流灾害区划研究 [J]. 山地学报. 2002 20(增刊): 88~94]
- [4] Tao Yun, Tang Chuan, Cun Canqiong et al. The meteorological causes for flash flood and debris flow on July 5, 2004 in Dehong prefecture of Yunnan province [J]. *Journal of Mountain Science*, 2005 23(1): 53~62 [陶云, 唐川, 寸灿琼, 等. 2004-07-05 云南德宏州山洪泥石流气象成因分析 [J]. 山地学报. 2005 23(1): 53~62]
- [5] Duan Xu, Li Ying, Xu Meiling Analysis and forecasting of mesoscale helicity over low latitude plateau [M]. Beijing: The Meteorological Press, 2004 [段旭, 李英, 许美玲. 低纬高原地区中尺度天气分析与预报 [M]. 北京: 气象出版社, 2004]
- [6] Ding Yuhui The Advanced Synoptic Meteorology [M]. Beijing: The Meteorological Press, 1991. 573~586 [丁一汇. 高等天气学 [M]. 北京: 气象出版社, 1991. 573~586]

The Meteorological Causes for Rainfall Debris Flow in Jinsha River Basin of Yunnan Province on July 6, 1998

ZHOU Chunhua¹, TANG Chuan², TAO Yun³

(1 Sichuan Meteorological Bureau, Chengdu 650091, China;

2 National Specialty Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu 610059, China;

3 Yunnan Meteorological Bureau, Kunming 650034, China)

Abstract Debris flow calamity broke out in Zhaotong area on July 6, 1998, take it as example. Applied meteorological data and scale separated method, the synoptic causes for the rainfall debris flow is studied. The result indicated that climatic features, mesoscale synoptic system—southwest China vortex and water vapor transportation is the main meteorological causes besides the geological and the former rainfall causes. The rainfall days are much more on July, and connectivity rainfall more than 15 days. The west Pacific subtropical high was strong at 00BST July 6, there was the upper trough in the between Yunnan and Sichuan, the debris flow before this upper trough. At this day when the debris flow broke out, we applied the meteorological and scale separated a low disturbances system, and in this system neighbor was high disturbances area. Which lead to cold and warm air convergence to low area, and finally The Zhaotong area had heavy rainfall.

Key words rainfall debris flow; scale separated method; southwest China vortex