

2004—07—05 云南德宏州山洪泥石流气象成因分析

陶 云^{1, 2}, 唐 川¹, 寸灿琼³, 杨向东²

(1. 云南大学大气科学系, 云南 昆明 650001; 2. 云南气象台, 云南 昆明 650034;

3. 云南省德宏州气象台, 云南 潞西 678400)

摘 要:应用气象资料, 卫星、雷达资料及带通滤波方法, 分析了引发云南德宏州 2004—07—05 特大山洪泥石流灾害的天气成因。结果表明, 除了德宏州区域地质、地貌等自然原因外, 德宏州入汛提前, 入汛后多低温阴雨是造成这次灾害的前期气候背景; 中尺度辐合天气系统、充沛水汽输送及辐合、低空急流的作用导致 07—04T20~07—05T20 发生特大暴雨, 是引发此次山洪泥石流灾害的直接天气原因。

关键词:山洪; 泥石流; 中尺度系统; 卫星雷达; 低空急流

中图分类号:P429.23 P642.23

文献标识码:A

云南德宏州地处横断山脉南部, 高黎贡山以西。地势东北高而陡峻, 西南低而宽缓, 处于缅甸中西部低海拔喇叭地形区东北端向滇西抬升的迎风斜坡地带, 地形条件极有利于降水云系的发展加强, 产生强降水。另外广泛分布于该区的花岗岩风化严重, 斜坡稳定性极差, 强降水过程易引发山洪、滑坡、泥石流等山地灾害, 因此德宏州是云南省山洪、滑坡、泥石流暴发最频繁、活动最强烈的地区之一^[1]。

2004—07—04 T20~05 T20 德宏州的盈江县、陇川县和瑞丽市普降特大暴雨, 24 h 雨量分别为: 盈江 117.3 mm(其中西部的昔马、铜壁关、那邦、卡场等乡镇达 350 mm 左右); 陇川 137.7 mm(其中北部的户撒乡达到 280 mm); 瑞丽 132.4 mm; 陇川、瑞丽及盈江部分乡镇的降雨量突破了历史极值。盈江县为 1981 年以来最大的一次特大暴雨, 陇川县和瑞丽市为建气象站以来最大的一次特大暴雨(陇川县 1958 年建站, 瑞丽市 1957 年建站)。造成了德宏州自 1980 年代以来较严重的一次山洪引发的区域性泥石流灾害, 致使盈江、陇川、瑞丽 3 个县市的 36 个乡镇 174 373 人受灾, 死亡 19 人, 失踪 23 人, 需要紧急转移安置灾民 28 304 人; 严重损坏民房 26

646 间, 倒塌民房 15 490 间; 农作物受灾面积 12 605 hm², 成灾面积 8 298 hm², 绝收面积 3 009 hm²; 并造成省道盈江至章风段、21 条县乡公路不同程度受损, 交通中断, 毁坏路面路基长 226.5 km、公路桥涵 622 座; 堤防决口 82 处, 长 3 770 m, 毁坏堤防 214 处, 总长 28 630 m, 毁坏灌溉沟渠 91 处, 总长 3 735 m, 部分供电、通信及城镇排水等设施也严重受损, 31 个工矿企业因停电而被迫停产。山洪、泥石流灾害共造成直接经济损失 48 900 万元^[1]。为了深入认识这次特大山洪泥石流发生的气象成因, 我们利用气象资料、卫星雷达资料进行了系统分析, 以期获得这场区域性山洪、泥石流发生的天气系统的成因, 为今后山洪、泥石流灾害预测预报提供科学依据。

1 资料与方法

用于山洪泥石流灾害气象成因分析的资料主要有: ①2004—05—11~07—05 盈江县、陇川县及瑞丽市 20 时~20 时逐日降水量资料, 逐旬的气温资料; ②2004—07—04~06 T08、T20 的 500 hPa、700 hPa 的高度场、温度场、风场及湿度场等探空资料,

收稿日期(Received date): 2004—08—11; 改回日期(Accepted): 2004—10—29。

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

作者简介(Biography): 陶云(1971—), 女, 云南个旧人, 博士研究生, 主要从事短期气候预测与山地灾害研究。[Tao Yun (1971—), born in Gejiu, Yunnan, Ph. D candidate. Mainly study on short-term climate forecast and mountain hazards. Email: cqtty@sina.com]

1) 灾情资料由德宏州气象台提供。

宏观分析为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的经纬网格点资料; ③2004—07—04 ~05 卫星云图和多普勒雷达资料。

采用尺度分离方法^[2], 即采用 Barnes 带通滤波方法, 对每一个原始网格点资料先使用式(1)过滤原始资料, 得到低通滤波场

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

式中 $W_n = \exp(-\frac{r_n^2}{4c})$ 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, 如可以取 $F_0(i, j)$ 周围 8 个格点。然后使用式(2)对其进行订正

$$F_1(i, j) = F_0(i, j) + \sum_{n=1}^N W'_n D_n(i, j) [\sum_{n=1}^N W'_n]^{-1} \tag{2}$$

式中 $D_n(i, j) = F_n(i, j) - F_0(i, j)$ 为余差, $W'_n = \exp(-\frac{r_n^2}{4Gc})$ 为修正的距离权重系数。

最后得到波长较短的中尺度带通滤波场

$$B(i, j) = F_n(i, j) - F_1(i, j) \tag{3}$$

其中取滤波常数 $c = 150\ 000$, $G = 0.3$, $\lambda = 800\ \text{km}$, $R = 0.10$ 。

2 山洪泥石流发生的前期气候特征

降水是山洪、泥石流发生的水源条件, 是诱发灾害形成的源动力。德宏 2004—07—05 特大山洪、泥石流灾害的发生不仅受当日的特大暴雨的直接影响, 同时与前期的降水有着密切关系。2004 年德宏州相继在 05—11 后进入雨季, 比正常年份提前了 10 d 左右, 全州各县市 5 月雨量特多, 气温偏低。图 1 给出了德宏州盈江县、陇川县和瑞丽市从 05—11 雨季开始到 07—05 发生特大滑坡泥石流逐日降水量的演变趋势。

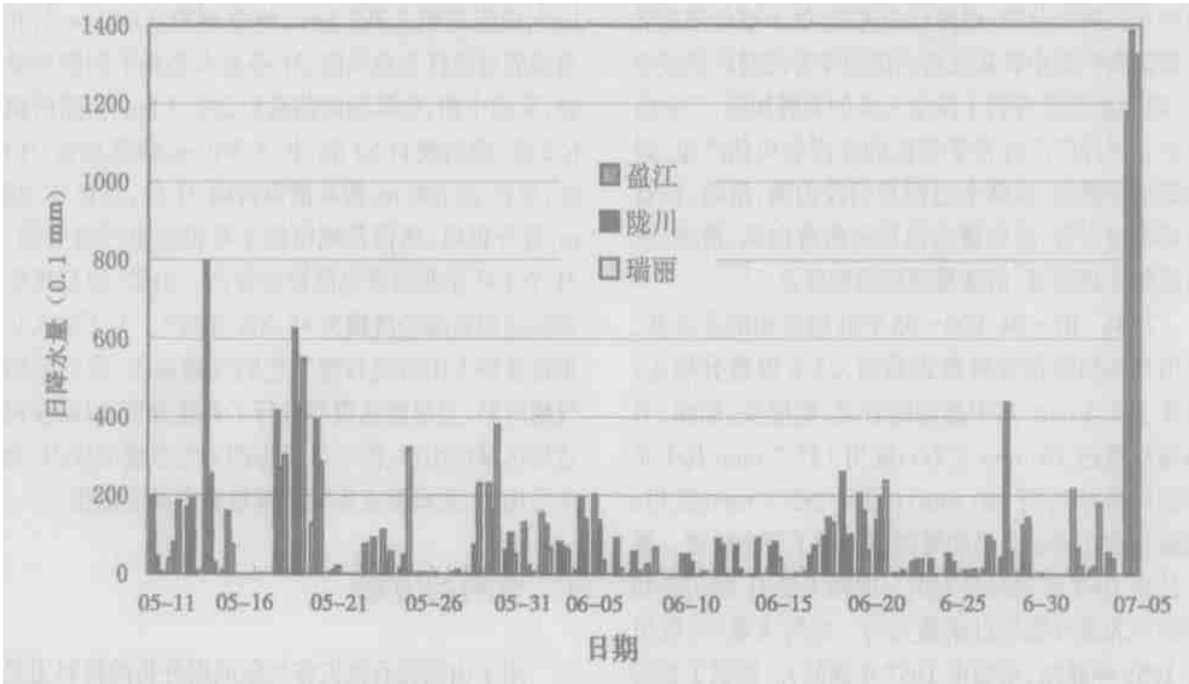


图 1 德宏州 05—11 至 07—05 逐日降水量的演变趋势

Fig. 1 The precipitation day by day in Dehong State from May 11 to July 5, 2004

从图 1 可看出, 德宏州盈江县、陇川县和瑞丽市从 05—11 雨季开始到 07—05 发生特大山洪、泥石流期间, 在 05—29 ~06—15 及 06—17 ~30 出现了两段连阴雨日数 $> 13\ \text{d}$ 的阴雨天气; 另外降水量 $> 0.0\ \text{mm}$ 的小雨日数分别为 48 d、47 d 和 43 d, 占总天数的 86%、84% 和 77%; $> 10.0\ \text{mm}$ 的中雨日数

为 16 d、17 d 和 13 d; $> 25.0\ \text{mm}$ 的大雨日数为 5 d、6 d 和 6 d; 同时在山洪、泥石流发生前 3 d, 3 个站的累积雨量分别为 27.7 mm、12.1 mm 和 19.7 mm。即德宏州进入雨季 50 多天来, 几乎天天有雨。前期的降水致使全州山区地表已呈充分饱和状态, 地面径流加大, 加之德宏有“三江四河”, 即大盈

江、瑞丽江(陇川江)、怒江、芒市大河、南畹河、户撒河、芒东河(萝卜坝河),有通向“三江四河”的各种小河流 37 条,地势基本上都是以一山一坝一河走势。虽然德宏州地表生态较好,森林覆盖率高,但是只要一有大的降雨,产生的山洪,汇集到大小江河,造成低洼地区出现洪涝灾害,而特殊的风化花岗岩又易产生山体滑坡和泥石流。再加之 2004 年雨季开始

以后,该地区气温除 6 月中旬瑞丽市偏高外,其余大部时间 3 个县(市)都处于正常到偏低趋势(表 1),其中 5 月中旬、下旬及 7 月上旬 3 个县(市)温度都比常年偏低 0.5~0.9℃,使得该地区水份蒸发量减少,这样的前期气候有利于山洪、泥石流灾害的发生。

表 1 德宏州 5 月中旬到 7 月上旬气温距平(℃)
Table 1 The temperature anomaly from second dekad of May to first dekad of July in Dehong State(℃)

地点	5 月中旬 温度距平	5 月下旬 温度距平	6 月上旬 温度距平	6 月中旬 温度距平	6 月下旬 温度距平	7 月上旬 温度距平
盈江	-0.9	-0.8	-0.1	0.4	-0.2	-0.6
陇川	-0.7	-0.7	-0.4	0.5	0.0	-0.7
瑞丽	-0.5	-0.9	-0.3	0.7	0.0	-0.6

3 山洪泥石流天气成因分析

德宏 2004—07—05 发生的特大山洪、泥石流,除了与该地区的地形地貌、地质构造及前期的气候特征有密切关系外,07—04T 20~07—05T 20 出现的特大暴雨,是造成这次特大山洪、泥石流灾害的直接原因。下面利用 07—04T 20~07—05T 20 的探空资料及中尺度滤波方法分析引起这次特大暴雨的环流及中尺度特征,以期对这次特大山洪、泥石流发生的天气成因有进一步的认识。

3.1 山洪泥石流发生的环流背景

造成山洪泥石流的强降水主要发生在 07—04T 20~07—05T 20,其中盈江县降水时段为 07—04T 22:27~05T 19:43,最大降水时段:07—05T 11~12,降雨 38.00 mm,其他时段相对均匀。陇川县降水时段为 04T 22:11~05T 20,最大降水时段:07—05T 09~10,降雨 21.8 mm, T12~13, 20.9 mm。瑞丽市降水时段为 04T 21:42~05T 19:36。最大降水时段:07—05T 10~11,降雨 13.6 mm, T13~14, 19.5 mm。在特大暴雨发生前(07—04 T20)500 hPa 高度场上,西太平洋副热带高压偏弱,主体位于洋面。在重庆、威宁、蒙自一线有一高空槽,另外在印缅之间有一中心数值为 5 890 gpm 小高压,德宏为该小高压东侧的偏北气流控制。低层 700 hPa 高度场上,川滇之间有一 3 080 的低涡,印缅之间也有一中心数值为 3 120 gpm 小高压。在特大暴雨发生过程中(07—05T08)500 hPa 高度场上,高空槽东南移,印缅之间的小高压位置少变,强度有所加强,德

宏处于小高压东侧和高空槽后部。700 hPa 高度场上,川滇之间的低涡快速东南移,印缅之间的小高压明显加强。从上分析看出印缅之间的小高压将低纬度的水汽带入德宏西部,而高空低槽东南移过程中又带来了冷空气,这两支气流在德宏西部交绥,在此造成强降水。为了进一步了解这次强降水的大尺度天气成因,我们分析了暴雨发生前、暴雨过程中及暴雨结束后 500 hPa、700 hPa 流场(图 2)。

在德宏特大暴雨发生前(07—04T20)500 hPa 流场上,在中高纬度青藏高原上空有一反气旋环流,川滇之间(27°~30°N, 102°~108°E)有高空槽,滇东位于高空槽前,滇西北位于槽后,在印缅之间有一反气旋环流,其东侧的偏北气流控制滇西的德宏州、保山市、临沧等地区。在特大暴雨发生期间(07—05T08)500 hPa 流场上,中纬度高空槽向东南方向移动,槽后冷空气控制云南大部地区,低纬度的反气旋东侧的偏北气流也向西南方向移动,在德宏、保山一带与中高纬度的偏北气流交绥。虽然,从局地看控制德宏的气流都为偏北气流,但其来源不同,决定了两种偏北气流性质不同——干冷、暖湿两支气流在德宏一带汇合,造成了较大降水。在德宏特大暴雨减弱后(07—05T20)500 hPa 流场上,中纬度高空槽继续东南移,云南全部为槽后偏北气流控制,低纬度北上的气流减弱,整个强降水过程结束。

从低层 700 hPa 也可看到与 500 hPa 相似的流场变化特征。在 07—04 T20 中高纬度滇东北有一低涡,从低纬度北上的西南气流在印缅地区转向为偏北气流控制云南西部。07—05 T08 中高纬度的低涡东南移,其后的偏北气流与低纬度转向的偏北

气流交绥于德宏、保山一带。07—05 T20 低涡减弱为槽，并东南移出云南，德宏一带转为偏西气流控制，强降水过程结束。

从上面的分析可得出，在实际预报中当局地为偏北气流控制时，还应该进一步分析气流的来源，分清控制气流是单一气流还是两种不同性质气流的交汇，这样有助于作出更准确的预测，提前作好山洪泥石流灾害的预防工作，最大限度减少损失。

3.2 山洪泥石流发生的中尺度天气系统分析

德宏 2004—07—05 特大暴雨是一次局地性很强的暴雨过程。从 07—04T20 到 07—05T20 的 24 h 降水量可以看出，虽然云南受高空槽影响全省出现了一次降水过程，但除了德宏出现特大暴雨外，其他大部地区仅为中雨或小雨。一般而言，局地暴雨的发生、发展与中小尺度的天气尺度系统有着密切关系。因此我们利用 Barnus 带通滤波方法分离出的中短波系统，分析了影响这次特大暴雨的中尺度天气系统。

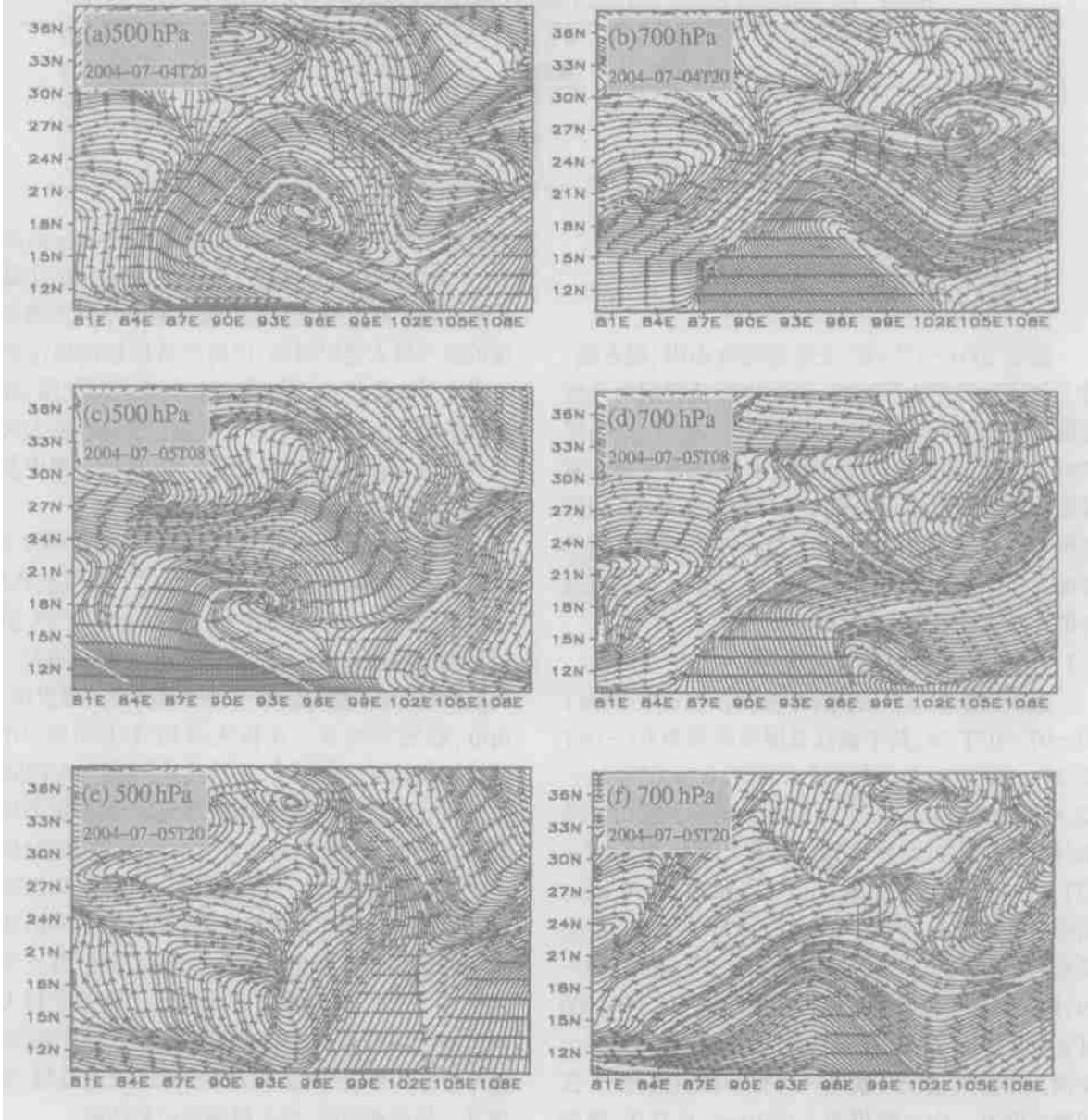


图 2 2004—07—04T20~07—05T20 的 500 hPa 和 700 hPa 流场图

(小长方框为山洪泥石流发生区, 单位: m/ s)

Fig. 2 The stream field of 500 hPa and 700 hPa from 20 BST July 4 to 20 BST July 5 in 2004
(the small pane; the region of mountain torrent and debris flow, Unit: m/ s)

从 07—04T20 的 500 hPa 滤波流场上, 在 $97^{\circ}30' \sim 99^{\circ}30'E, 23^{\circ} \sim 24^{\circ}N$ 分离出一中尺度辐合区, 07—05T08 辐合区向北移到 $97^{\circ}30' \sim 98^{\circ}30'E, 24^{\circ}30' \sim 25^{\circ}N$ 附近, 07—05T20 辐合区移到了 $98^{\circ}30' \sim 100^{\circ}E, 26^{\circ}N$ 附近。在低层 700 hPa 滤波流场图上造成这次特大暴雨的中尺度天气系统更为明显。07—04T20 在大尺度的偏北气流中德宏附近滤出了中尺度辐合系统, 07—05T08 辐合区维持, 07—05T20 辐合区北移出了德宏。从上面的分析可知, 对流层低层(700 hPa)上的中尺度扰动活动显著, 它在德宏

此次特大暴雨天气过程中扮演着十分重要的角色(图 3)。

由于云南地处高原, 相当多的地区地面高度已在 850 hPa 高度以上, 所以常以 700 hPa 的形势来代表近地层的情况。一般以 700 hPa 高度场的扰动来代表近地面的气压扰动情况³。对 07—04 T20 ~07—05 T20 的 700 hPa 高度场用上述方法进行中尺度滤波, 得到近地面气压扰动特征。从 07—04 T20 在北纬 $23^{\circ}30' \sim 24^{\circ}30'N, 97^{\circ} \sim 98^{\circ}30'E$ 间的区域内分离出一个中尺度低压扰动系统, 该系统的位

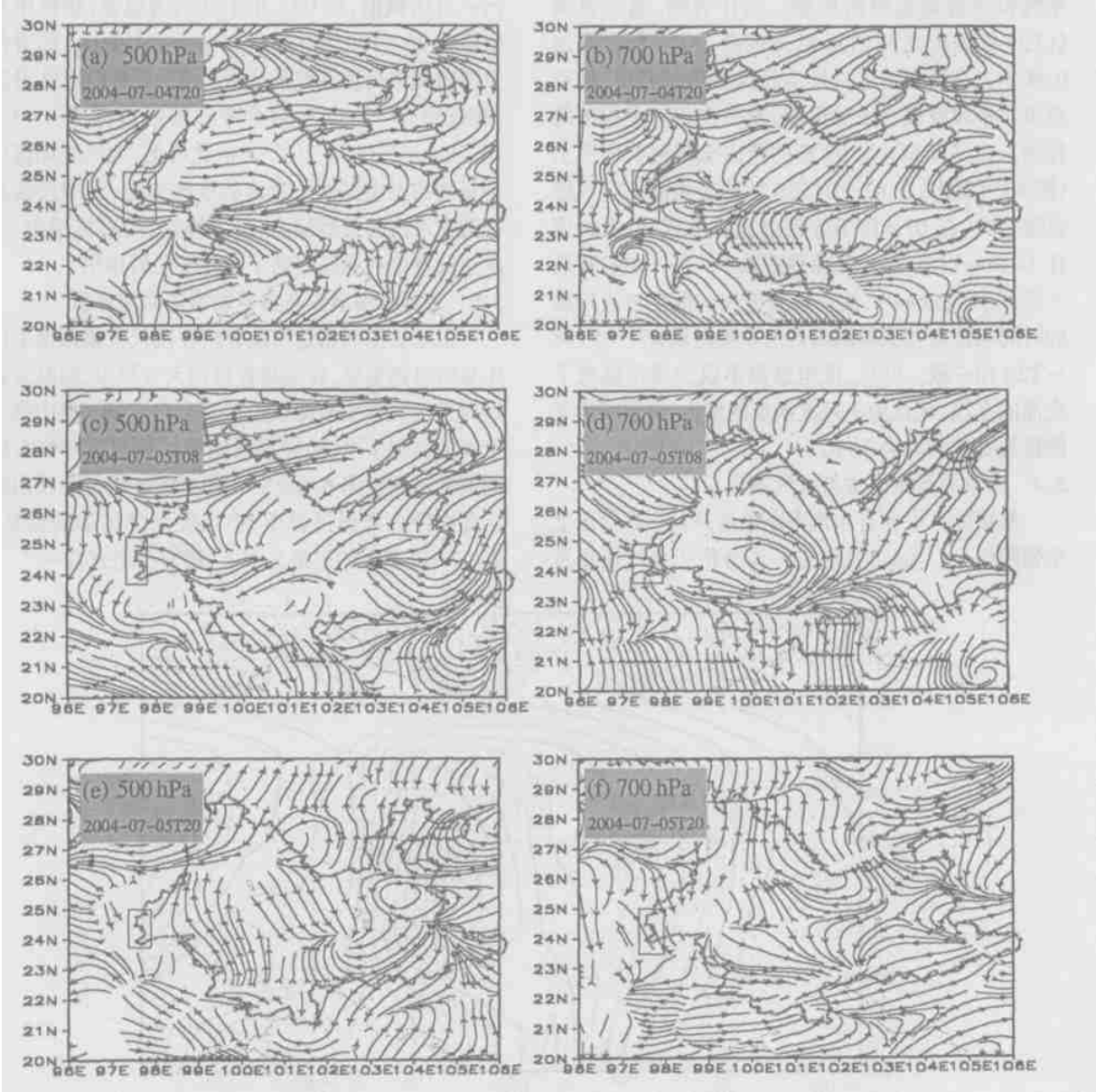


图3 2004—07—04 T20~07—05 T20 的 500 hPa 和 700 hPa 带通滤波后的扰动流场图
(小方框为山洪泥石流发生区, 单位: m/s)

Fig. 3 The disturbance stream field of 500hPa and 700hPa by band-pass filter from 20BST July 4 to 20BST July 5 in 2004

(the small pane, the region of mountain-torrent and debris flow. Unit: m/s)

置与德宏特大暴雨发生位置较为一致。该系统四周均为高压扰动区。07—05T08 扰动低压略南压, T20 扰动系统消失。同时分析了经带通滤波处理的 700 hPa 中尺度温度场、温度露点差场的特征, 发现在 700 hPa 高度场中分离出的中尺度扰动低压区具有冷性、高湿的特征。中尺度扰动负值区的温度较周围略低, 温度露点差数值也较小。

3.3 山洪泥石流发生与低空急流

低空急流 (LLJ) 是指风速最大值在 12 m/s 或 16 m/s 以上, 被认为是给中纬度暴雨和强风暴提供水汽和动量最重要的机制。统计表明, 低空急流 (LLJ) 与暴雨之间的正相关很高, 相关系数可达 0.80^[3]。在德宏的这次局地特大暴雨过程中, 低空急流对中尺度辐合区的形成、发展也起到了积极的作用。在 700 hPa 沿 98°E 的经向全风速剖面图上 (图 4) 可看出, 在 07—04T20 后德宏州的低空风速迅速增大, 在 07—05T08 低空急流形成, 最大风速在 14 m/s 以上, 此后风速逐渐减小。07—05T20 最大风速小于 11 m/s, 低空急流消失。低空急流持续的时间与德宏特大暴雨出现的主要时段 07—05T08 ~T20 相一致。可见, 低空急流不仅为暴雨输送了充沛的水汽, 而且为中尺度系统的发生、发展提供了能量及有利的动力条件。

3.4 山洪泥石流发生与水汽辐合

暴雨的产生要有水汽不断输送并且在暴雨区上空强烈辐合。为此, 我们进一步分析了水汽通量及

其通量散度与这次德宏特大暴雨的关系。在 700 hPa 沿 98°E 的经向水汽通量剖面图上 (图 5a), 暴雨发生时 (07—05T08) 水汽通量突然增加, 中心数值增强到 $1.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上。与图 4 对比不难发现, 水汽输送突然增强与低空急流的突然形成是一致的, 再次表明低空急流对于此次暴雨过程的水汽输送起到非常重要的作用。

虽然充沛的水汽输送是暴雨形成的重要条件, 但强烈的水汽辐合才能直接形成暴雨。图 5b 给出了水汽通量散度时间变化, 暴雨发生前德宏州的水汽一直为辐散, 到 07—04T20 仍为辐散, 辐散中心数值为 $20 \times 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上。随着低空急流和中尺度系统的生成, 水汽开始辐合并迅速增强, 到 07—05T08 辐合中心的数值低于 $-40 \times 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由此可见, 大尺度环流场为暴雨的发生提供了充沛的水汽来源, 而中尺度系统则在水汽的强烈辐合、向上输送、使对流层中、下层达到准饱和状态起到了十分重要的作用。

3.5 卫星云图演变与多普勒雷达回波分析

卫星云图和雷达回波分析在现代气象预报手段中显得日趋重要, 特别是在短期天气预报、短时及超短时天气预报中显得格外重要。它们是气象中最为直观的监测手段, 能够直观地反映强对流天气系统的演变过程。图 6 所示的卫星云图较好地反映出德宏此次特大暴雨过程中, 中尺度系统的演变特征。在 07—05T02 的卫星云图上, 德宏西北方有一

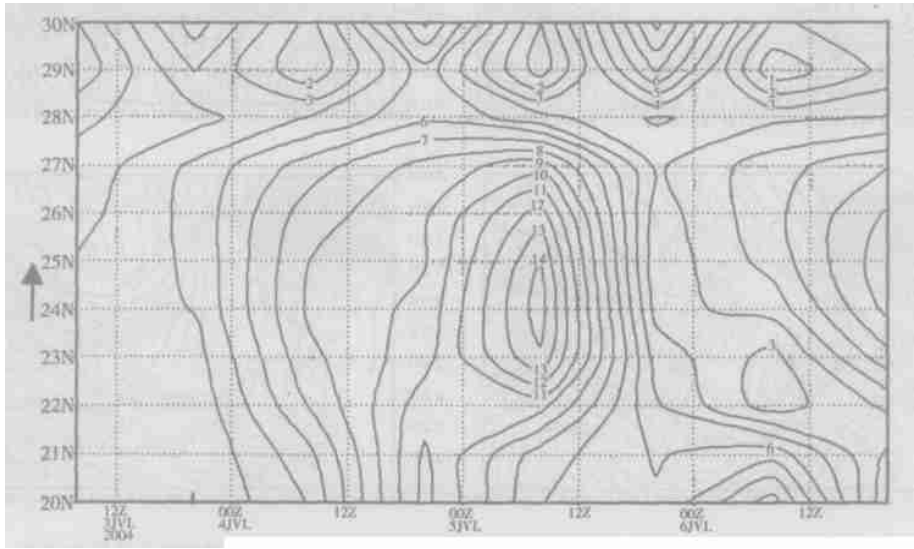


图 4 700 hPa 沿 98°E 的经向剖面全风速
(图左侧箭头指山洪泥石流区的经向跨度, 单位: m/s)
Fig. 4 The time latitude cross section of 700 hPa wind along 98°E
(the left arrowhead: the latitude of mountain torrent and debris flow, Unit: m/s)

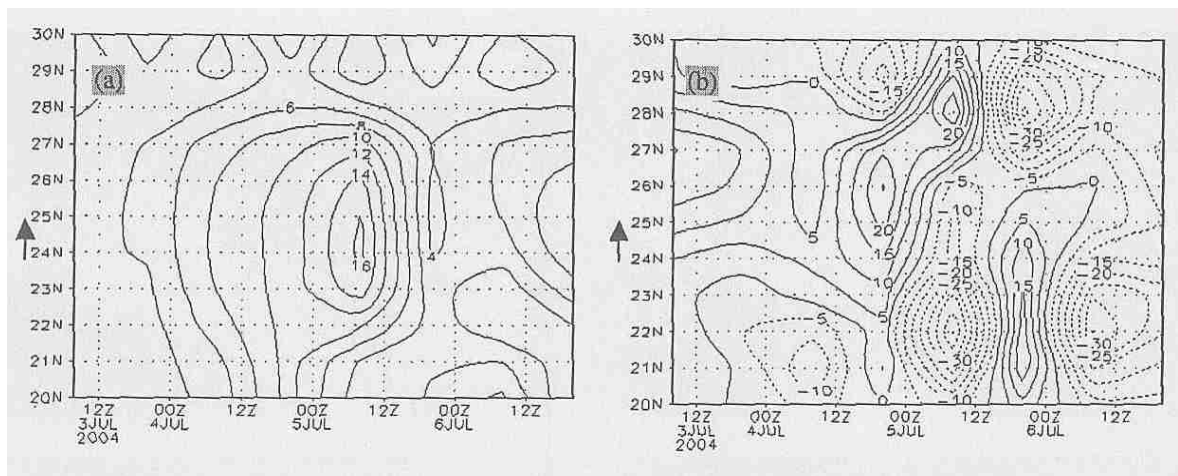


图5 700 hPa 沿 98°E 的经向剖面水汽通量(图左侧箭头指特大暴雨区的经向跨度,

a. 单位: $10^{-1}\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)和水汽通量散度(b. 单位: $10^{-7}\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

Fig. 5 The time-latitude cross section of 700 hPa water vapour flux(a. Unit: $10^{-1}\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) and water vapour flux divergence(b. Unit: $10^{-7}\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) along 98°E(the left arrowhead: the latitude of mountain torrent and debris flow)

中尺度对流云团,到07—05T06对流云团加强并向东南移动,靠近德宏西部,T07德宏西侧的对流云团进一步加强,但尺度有所减小;T08德宏西侧对流云团强度少变,但尺度进一步减小为中小尺度;T09后中小尺度对流云团强度开始减弱,但尺度基本少变,且一直位于德宏西部暴雨区内。由于缺少T11~T13的卫星云图资料,从T14的卫星云图上看,德宏西部的对流云团在T14前有所加强,造成有一次强降水过程:盈江县07—05T11~T12降水量38.00 mm;陇川县07—05T12~T13降水量20.9 mm;瑞丽市07—05T13~T14降水量19.5 mm。07—05T16后德宏西部的对流云团迅速减弱,T18后对流云团消失,德宏西部盈江、陇川、瑞丽的强降水过程结束。

另外,多普勒天气雷达提供回波强度、经向风速和风速谱宽资料,回波强度直接与降水量、云中含水量有关,经向风速是在雷达探测波束经向上的一个分量,可以直接反映大气流场的分布状况。但由于德宏州的多普勒雷达在暴雨发生时发生故障,所以我们仅采集到了一张暴雨快要结束时(07—05T16)的雷达回波图(图7),图中山洪、泥石流主要发生区大部为混合回波,最大回波强度位于德宏西侧107 km附近,强度达40 dBz左右,在瑞丽附近存在强度为38 dBz的雷达回波。在多普勒风速场上瑞丽到陇川西部有一中尺度辐合区,表明云内既有上升气流也有下沉气流,雷达的强回波区和中尺度辐合区与这次强降水引发的泥石流灾害区相一致。在暴雨

期间雷达回波强度会更加明显。这也说明雷达是有效的检测短时强降水影响系统,即中小天气尺度系统的一种有利手段,对于山洪、泥石流灾害的预测预报中也将起到积极的作用。

4 结论

通过对2004—07—05云南德宏州特大暴雨引发的山洪、泥石流灾害的气象成因分析,了解了这次灾害发生的环流背景以及中尺度天气系统发生和识别的机制,为今后山洪、泥石流灾害的临近预报业务提供一些思路和启示。

1. 德宏州2004年提前10 d左右进入雨季即汛期,并且入汛后多低温阴雨天气,加之德宏广泛分布的风化严重的花岗岩、区域地质构造复杂,山高坡陡,07—04T20~07—05T20的强降水引发的特大山洪、泥石流灾害是1980年代以来较为严重的一次成灾过程。

2. 通过带通滤波方法,07—04T20在700 hPa大尺度的偏北气流中德宏附近滤出了中尺度辐合系统,07—05T08辐合区维持,07—05T20辐合区北移出了德宏。在700 hPa高度场中分离出的中尺度扰动低压区具有冷性、高湿的特征。中尺度扰动负值区的温度较周围略低,温度露点差数值也较小。滤波后获得的低层中尺度辐合天气系统、负值扰动是此次引起特大山洪、泥石流灾害的直接天气系统。

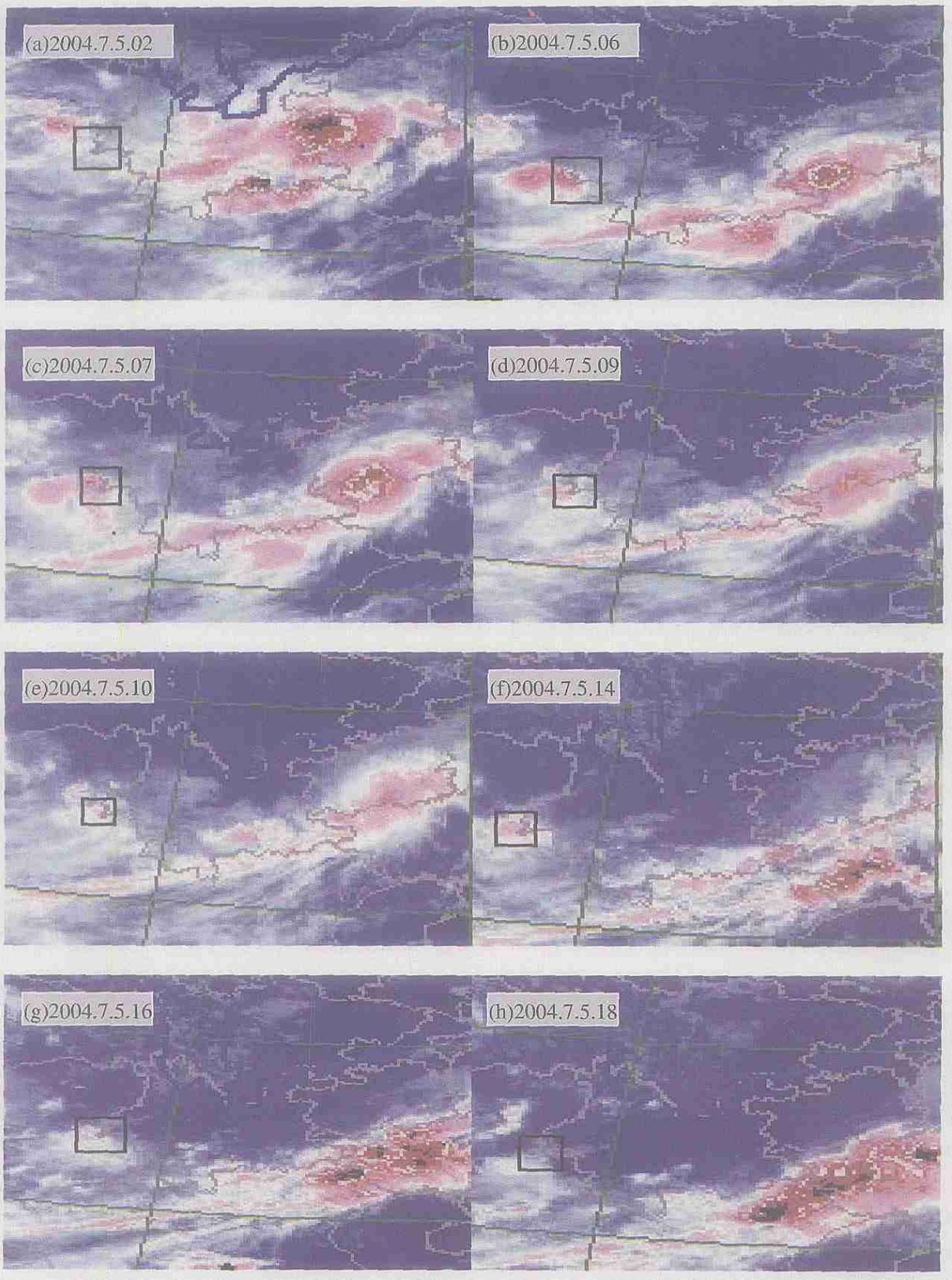


图 6 2004—07—05 卫星云图演变(小方框为山洪泥石流发生区)

Fig. 6 The satellite infrared picture at 02BST(a), 06BST(b), 07BST(c), 09BST(d), 10BST(e), 14BST(f), 16BST(g), 18BST(h) July 5, 2004(the small pane: the region of mountain torrent and debris flow)

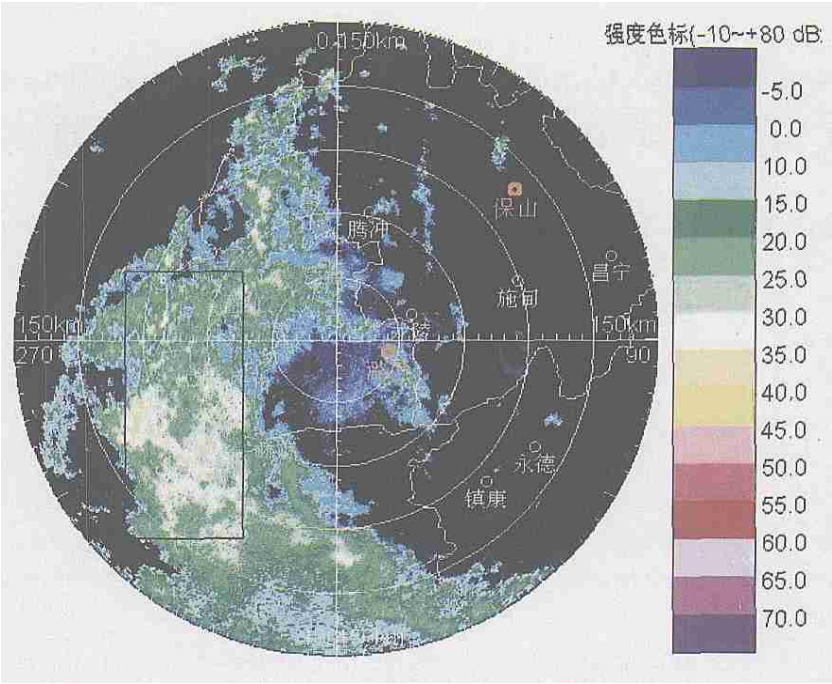


图 7 2004—07—05T16:02 雷达回波(方框为山洪泥石流发生区)
Fig. 7 The radar echo at 16: 02BST July 5, 2004(the pane; the region of mountain torrent and debris flow)

3. 低空急流为这次诱发山洪、泥石流灾害的中尺度天气系统的发生、发展、移动提供了有利的动力条件及能量。07—05T08 低空急流形成, 最大风速在 14 m/s 以上, 此后风速逐渐减小, 07—05T20 最大风速 $< 11\text{ m/s}$, 低空急流消失。低空急流持续的时间与德宏特大暴雨出现的主要时段 07—05T08 ~ T20 相一致。

4. 暴雨发生时 (07—05T08) 水汽通量突然增加, 中心数值增强到 $16\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上, 并在德宏州附近形成强烈水汽辐合。充沛的水汽输送及辐合是导致此次特大山洪、泥石流灾害的重要条件。

5. 卫星云图及雷达回波能够较清楚的反映造成强降水的中尺度对流天气系统及其演变特征, 对

于今后山洪、泥石流灾害的临近预报可以发挥主要的作用。

参考文献(References):

[1] Tang Chuan, Zhu Jing. Landslide and debris flow in Yunnan[M] . Beijing: The Commerce Press, 2003. 25~46. [唐川, 朱静. 云南滑坡泥石流研究[M] ., 北京: 商务印书馆, 2003. 25~46.]

[2] Ding Yihui. The diagnostic analysis method of the present synoptic meteorology[Z] . Beijing: The Atmospheric Physics Institute of Chinese Academy of Sciencer, 1984, 189~201. [丁一汇. 现代天气学中的诊断分析方法[Z] . 中国科学院大气物理研究所, 1984. 189~201.]

[3] Ding Yihui. The advanced synoptic meteorology[M] . Beijing: The Meteorological Press, 2001. 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 Flash Flood and Debris Flow on July 5, 2004 in Dehong Prefecture of Yunnan Province

TAO Yun^{1,2}, TANG Chuan¹, CUN Canqiong³, YANG Xiangdong²

(1. Department of Atmospheric Science, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. Meteorological Observatory of Yunnan Province, Kunming 650034, China;

3. Meteorological Observatory of Dehong Prefecture In Yunnan Province, Luxi 678400, China)

Abstract: Applied meteorological data, satellite infrared pictures, radar echo and the band—pass filter methodology, the synoptic causes for great flash flood and debris flow on July 5, 2004 in Dehong Prefecture of Yunnan Province is studied. The results indicated that the former climatic features, mesoscale synoptic system, water vapour transportation and convergence, as well as low tropospheric jet are the main direct meteorological causes besides the geological and geomorphological causes, for the flash flood and debris flow occurring in Dehong Prefecture on July 5, 2004.

In 2004, the flood period of Dehong Prefecture began earlier 10 days than usual, the rainy season started on May 11. The lower—temperature and rainfall days are much more. The low tropospheric jet was formed at 08BST July 5 and the biggest wind speed is above 14 m/s. The biggest wind speed is lower 11 m/s at 20BST July 5, the low tropospheric jet disappeared. The duration of the low tropospheric jet is accordant with heavy storm in Dehong Prefecture (at 08BST ~ 20BST July 5). The 700 hPa water vapour flux increased abruptly when heavy storm took place at 08BST July 5, the central value added to above $16 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, and there is stronger water vapour convergence in Dehong Prefecture. The abundant water vapour transportation and convergence were important conditions to trigger this flash flood and debris flow occurring in Dehong Prefecture on July 5, 2004. These unusual meteorological phenomenon is one of important aspects for triggering the mountain hazards.

On the other hand, satellite infrared and radar echo pictures can clearly reflect mesoscale synoptic system and its evolutive characteristics. The satellite infrared and radar echo pictures will play important role in the close forecast of flash flood and debris flow in the future.

Key words: flash flood; debris flow; mesoscale synoptic system; satellite infrared pictures and radar echo; low tropospheric jet