

赵玉春,崔春光.2010年8月8日舟曲特大泥石流暴雨天气过程成因分析[J].暴雨灾害,2010,29(3):289-295

2010年8月8日舟曲特大泥石流暴雨天气过程成因分析

赵玉春,崔春光

(中国气象局武汉暴雨研究所,武汉 430074)

摘要:利用地面加密雨量站、常规探空资料、卫星云图黑体辐射亮温(T_{bb})资料以及每 6 h 一次的 $1^\circ \times 1^\circ$ NCEP 再分析资料,使用天气学诊断方法,初步剖析了 2010 年 8 月 7—8 日引发舟曲特大泥石流暴雨天气过程的降水特征、天气背景、对流暴雨中尺度系统演变特征及其成因。结果表明:引发舟曲特大泥石流暴雨的是一具有长生命史的移动性中尺度对流系统;暴雨前期的水汽积累与热带低压“电母”外围的偏东偏南气流将西太平洋的水汽远距离地输送到舟曲及其以北地区密切相关;热带低压外围向西北方向传播的东风波扰动和大陆高压北侧东移南压的西风带短波槽共同作用导致前期控制我国长江以北大部地区的副热带高压带断裂,为舟曲暴雨发生提供了必要的动力条件;高原地形对北方冷空气阻挡绕流迫使其与西进北上的暖湿气流交汇在甘南地区形成辐合、东风气流下高原东坡动力强迫抬升以及高原东坡热力作用在舟曲强降雨形成过程中也可能起到重要作用。

关键词:暴雨;泥石流;中尺度对流系统;热带低压;东风波

中图分类号:P458.1+21.1 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2010)03-0289-07

1 引言

我国西北地区地形复杂,属干旱和半干旱气候带,暴雨尤其是区域性暴雨发生概率小。西北地区东部属季风降雨过渡带,暴雨时有发生,但其强度大、局地性强,往往造成山体滑坡、坍塌以及山洪泥石流等地质灾害^[1],给人民生命财产和国民经济造成巨大损失。研究发现,西北地区暴雨发生的主要天气流型为^[2-4]副热带高压北侧的西南气流型,其主要特点是“东高西低”,西北太平洋副热带高压 588 dagpm 特征等值线到达 110°E 附近;二是副热带高压南侧的偏南气流型,其特点是西北太平洋副热带高压与青藏高原势力相当,“两高”之间槽线或切变线造成暴雨;三是副热带高压西南侧的偏东气流型,其特点是副高脊线达 35°N 以北,副高南侧东风带中的扰动影响西北地区东南部。在这三种天气流型下,东移南压的西北冷空气往往与副热带高压西侧北上的暖湿气流交汇形成辐合,是造成强降水的主要原因。同时,暴雨往往由低槽云系和其它云系结合造成,单一低槽云系一般很难造成暴雨^[5-6]。突发性暴雨往往还与远距离台风的影响有着重要联系^[7]。另外,一些研究通过数值模拟探讨了地形、地面热通量、降水凝结潜热以及水汽含量多寡等对暴雨的影响^[8-9],揭示了这一地区暴雨发生发展的主要物理原因,加深了对这一地区暴雨形成机理上的认

识。然而,这一地区的暴雨往往具有一定的局地性和突发性,且水汽相对匮乏,暴雨预报难度大,短时强降水的形成机制还有待进一步研究。

2010 年 8 月 7—8 日,甘肃南部的舟曲($33^\circ49'\text{N}$ 、 $104^\circ22'\text{E}$)及其周边地区出现了一次局地性强降水天气过程,短时强降水引发了罕见的特大泥石流灾害,造成 1 456 人死亡、309 人失踪,直接经济损失逾亿元。本文利用地面加密雨量站、常规探空资料、卫星云图资料以及每 6 h 一次的 $1^\circ \times 1^\circ$ NCEP 再分析资料,使用天气学诊断方法,对此次舟曲特大泥石流暴雨天气过程的降水特征、天气背景以及对流暴雨中尺度系统演变特征进行分析,着重探讨暴雨发生发展的主要天气学成因,以期对这一地区暴雨成因深入研究和暴雨预报提供若干有益线索和科学依据。

2 降水概况与天气背景

2.1 降水概况

2010 年 8 月 7 日 08 时至 8 日 08 时(北京时,下同),甘肃南部出现一次暴雨天气过程。图 1 给出 8 日 08 时 24 h 累积降水量分布图。从中可见,强降水带沿青藏高原东北坡呈西北—东南向分布,降水中心位于甘肃境内的定西、岷县以及临洮等县(市)。历时短、强度大、局地性强、降水分布不均此次降水过程的主要特点。国家基本气象站实况资料显示,7 日 08 时至

收稿日期:2010-09-04;定稿日期:2010-09-12

资助项目:科技部公益性行业科研专项(GYHY200906010)、国家自然科学基金项目(40975025)、中国气象局武汉暴雨研究所科研业务专项(1001)

作者简介:赵玉春,男,1972 年生,副研究员,主要从事暴雨机理研究。E-mail: zhaoych@cma.gov.cn

8 日 08 时 24 h 累积降水量,甘肃定西最大(55 mm),岷县次之(50.9 mm)。甘肃省加密自动气象站观测资料表明,7 日 23 时舟曲县境内三眼峪沟和罗家峪沟 1 h 降水量达 96.7 mm,0.5 h 瞬时降水量达 77.3 mm。上述 24 h 累积降水量和 1h 降水强度均突破当地气象记录以来的极值。正是这一突发性强降水引发了该地区罕见特大山洪泥石流。

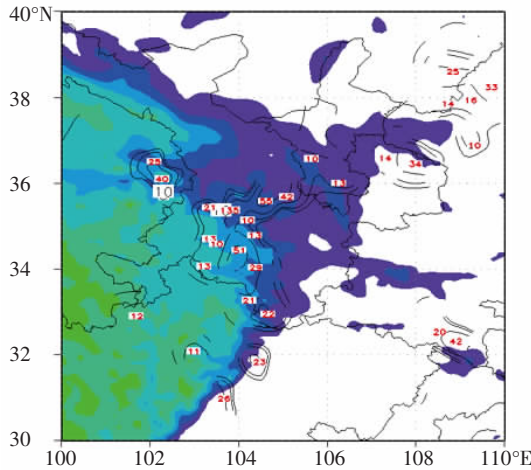


图 1 2010 年 8 月 7 日 08 时至 8 日 08 时 24 h 累积降水量分布图(单位: mm)
阴影区为 1 500 m 以上地形(15 km×15 km),粗体数字为国家基本气象站 10 mm 以上雨量

2.2 天气背景

2010 年 8 月 6 日 20 时 500 hPa 天气图上(图略),副热带高压主体位于西北太平洋,脊线在 35°N 附近;青藏高原上为一大陆高压,并与西太平副热带高压相

连,形成一控制我国大部地区的高压带;40°—50°N 为平直西风带气流,其上有短波槽活动;20°N 以南地区为热带辐合带,热带低压“电母”在南海及菲律宾以东洋面上发展,其北部有一东风波扰动,并影响华南地区。同时,100 hPa 上(图略),南亚高压主体位于青藏高原以北地区,脊线位于 35°N,南亚高压 1676 dagpm 特征等值线控制我国北方大部分地区,并与西北太平洋上空高压主体相连。200 hPa 上(图略),西风带急流轴位于 45°N 附近,110°E 以西的急流带近乎呈东西向,30 m·s⁻¹ 以上风速大值区位于 40°N 以北地区。850 hPa 上(图略),热带低压北侧的偏东偏南气流直达舟曲及周边地区,为该地区强降水发生提供了水汽输送。

7 日 20 时,500 hPa 热带辐合带逐渐演变成东北—西南向,热带低压“电母”增强并向东北方向移动,热带低压北侧的东风波扰动向西北方向移至四川盆地中部,大陆高压北侧西风带上一短波槽东移南压至河套及其以北地区,西太平洋副热带高压东撤,控制我国大部分地区的高压带断裂,舟曲位于两高之间的鞍形场中。200 hPa 西风带急流逐渐东移南压并呈西北—东南向,30 m·s⁻¹ 以上风速大值区南压至 38°N 附近。100 hPa 上南亚高压少动,脊线仍位于 35°N 附近。700 hPa 上,河套至甘南为一切变线和正涡度带(图 2a)。850 hPa 上,热带低压北侧外围的偏东偏南气流携带暖湿气流仍向北输送至舟曲及其周边地区。甘南至陕北、内蒙古东部一带在高空 200—100 hPa 为一强辐散带(图 2b)。

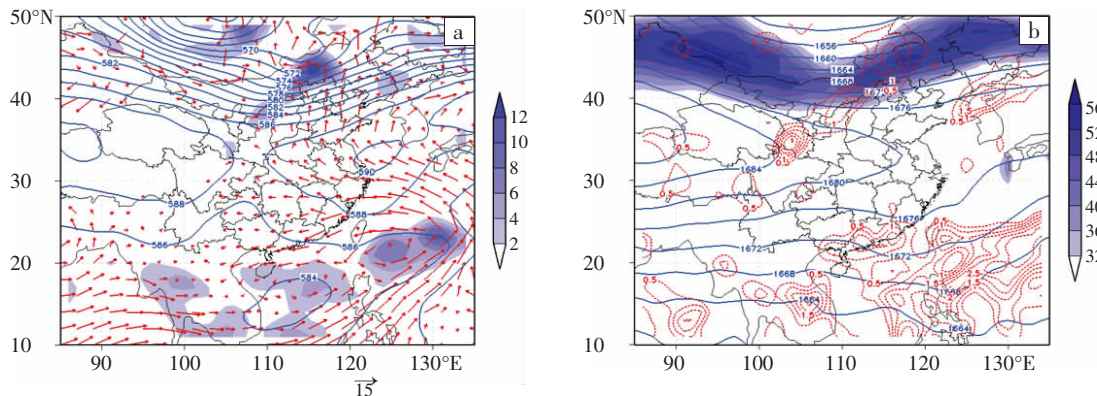


图 2 2010 年 8 月 7 日 20 时天气形势图
(a) 500 hPa 高度场(实线,单位: dagpm),850 hPa 风场(箭头,单位: m·s⁻¹)和 700 hPa 相对涡度(阴影,单位: 10⁻⁵ s⁻¹); (b) 100 hPa 高度场(实线,单位: dagpm),200—100 hPa 平均散度(点线,单位: 10⁻⁵ s⁻¹)和 200 hPa >30 m·s⁻¹ 全风速(阴影,单位: m·s⁻¹)

在上述天气背景下,沿青藏高原东坡的甘南地区出现了少有的短时强降水天气。可见,引发甘南(舟曲)暴雨的主要天气尺度系统为热带低压“电母”及其北侧向西北方向移动的东风波扰动、西风带短波槽及低层切变线。

3 中尺度特征分析

3.1 中尺度环境场特征

计算此次局地强降水发生前后舟曲附近的合作(35°00'N、105°54'E,位于舟曲西北侧)和武都(33°24'N、

104°55'E,位于舟曲东南侧)探空站物理量发现:1)在局地强降水发生前的7日08时,大气可降水量较低,合作、武都分别为20、42 mm;对流不稳定能量(CAPE)较小,合作、武都分别为4、3 J·kg⁻¹;而对流抑制能量(CIN)大,合作、武都分别为643、870 J·kg⁻¹;合作700 hPa上、武都850 hPa上为1~2 m·s⁻¹的偏南风;反映大气热力作用的K指数也不高,合作、武都分别为33、38 °C;这表明强降水发生前,大气动力和热力条件均不利于强降水发展。2)在局地强降水发生发展期间(7日20时,舟曲上游开始有中尺度对流系统活动,地面

有中尺度雨团发生发展),CAPE值增大,武都为654 J·kg⁻¹;CIN值减小,合作、武都分别为44、34 J·kg⁻¹;两站地面抬升指数均转为负值,有利于对流发展;武都K指数增至43 °C;整层大气可降水量增加;合作700 hPa转为10 m·s⁻¹西北风,即有冷空气南下侵入舟曲西北侧;武都850 hPa气流增强,为6 m·s⁻¹偏东风,高原东坡地形动力强迫增强。3)在舟曲强降水结束后(8日08时),对流不稳定能量被消耗,武都CAPE值降为208 J·kg⁻¹,其K指数减小;合作700 hPa、武都850 hPa风速减小,分别为1 m·s⁻¹的偏南风 and 偏东风。

表1 2010年8月7日08时至8日08时舟曲东南、西北两侧探空站点物理量参数表

站点	时间/ (日-时)	CAPE/ (J·kg ⁻¹)	CIN/ (J·kg ⁻¹)	P _{LD} /hPa	L _i /K	K _i /°C	P _w /mm	WS/ (m·s ⁻¹)	WD/°
合作	7-08	4	643	697	3	33	20	1	195
	7-20	3	44	636	-1	31	27	10	330
	8-08	0	0	656	6	30	19	1	185
武都	7-08	3	870	790	4	38	42	2	195
	7-20	654	34	654	-1	43	43	6	120
	8-08	208	15	863	-1	37	48	1	45

注:1)合作、武都的海拔高度为2 910、1 079 m;2)CAPE为对流有效位能,CIN为对流抑制能量,P_{LD}为抬升凝结高度,L_i为地面抬升指数,K_i为K指数,P_w为大气整层可降水量,WS为风速,WD为风向;3)合作、武都的风向风速分别为700、850 hPa上的观测值。

综上所述可知,舟曲局地强降水发生发展期间,大气逐渐转为相对高的CAPE值、低的CIN值、高的大气整层可降水量值和高的K指数值等有利于暴雨发生的环境场,暴雨区低层南(北)侧的偏南(北)风加大、辐合增强。

3.2 中尺度对流系统活动特征

分析2010年8月7—8日不同时次2 h间隔的风云2E卫星T_{BB}资料可知,7日14时,沿青藏高原东坡的甘南、夏河和刚察等地上空开始有零散对流发生发展;宁北和陕北开始形成弱的对流云带。7日15时,这些零散对流快速增强,逐渐发展成β中尺度对流云团,其中舟曲西北侧的临潭和卓尼一带形成一β中尺度对流云团(图3a),同时宁北和陕北的对流云带略东移南压。7日17时,沿高原东坡零散分布的β中尺度对流云团快速发展增强,沿高原东坡形成一条对流云带(图3b)。7日19时,高原东坡北段的对流云团东移南压,而南段的云带少动(图3c)。7日21时,对流云带演变成东北—西南向,逐渐与陕北东移南压的对流云带相连(图3d),云带上主要有3个中尺度对流系统,分别位于陕西北、甘东南和川宁交界地区。之后,对流云带缓慢东移南压,对流强度逐渐减弱。7日23时,甘南的对流云团影响舟曲及其周边地区,并带来短时强降水(图3e)。8日01时,对流云团东移南压,强度进一步减

弱(图3f)。8日04时,给舟曲带来强降水天气的中尺度对流系统减弱成β中尺度对流云团,之后继续减弱消失。

可见,造成甘南局地强降水的中尺度对流系统活动可分为三个阶段,即:零散对流启动和组织阶段(7日14—16时)、中尺度对流系统快速增强阶段(7日17—21时)以及对流系统逐渐减弱阶段(7日22时至8日05时),引发舟曲短时强降水的是一具有长生命史的中尺度对流系统,它从启动、组织发展到减弱消失,持续约14~15 h,舟曲短时强降水发生在该中尺度对流系统减弱东移南压阶段。

3.3 中尺度雨团活动特征

7日14—16时,随着高原东坡临潭、夏河和刚察等地上空零散对流的发展,地面开始出现零星降水。7日17时,随着高原东坡对流云团快速增强,地面开始形成中尺度雨团,其一位于青海东北部的海东至化隆一带,另一个位于甘肃西南部的合作至临潭地区,2个雨团均位于青藏高原东坡地形过渡带(图略),其中海东和化隆一带的地面1 h雨量达25 mm。7日18—19时,甘肃西南地区的中尺度雨团范围增大,强降雨团少动,降雨增强,临洮地区自动站监测1 h降水达40 mm;而青海东北部的雨团有所减弱,且东移南压至甘肃和青海交界地带(图4a)。7日20—21时,随着中尺度对流系统快速增强和东移南压,地面中尺度雨团范

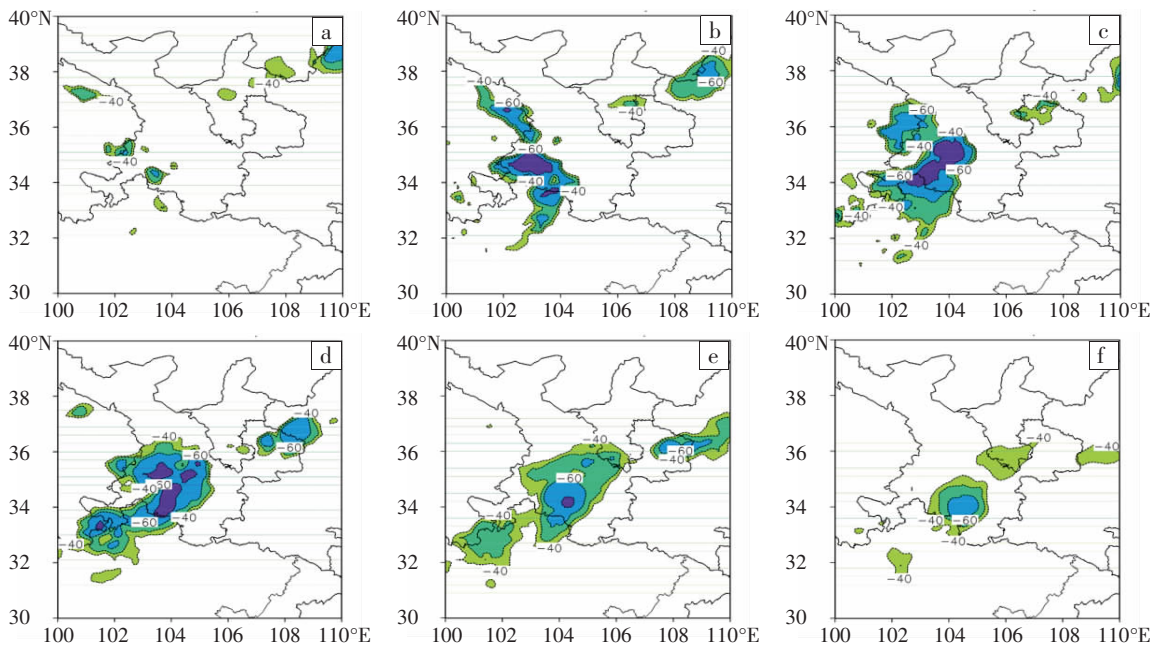


图 3 2010 年 8 月 7—8 日不同时段 2 h 间隔的风云 2E 卫星 T_{BB} 资料演变图(单位: $^{\circ}C$)
(a) 7 日 15 时; (b) 7 日 17 时; (c) 7 日 19 时; (d) 7 日 21 时; (e) 7 日 23 时; (f) 8 日 01 时

围增大,降水强度随之增大,并向偏东方向移至渭源至岷县一带,白龙江舟曲上游地段 1 h 降水达 55 mm (图 4b)。7 日 22 时,随着中尺度对流系统减弱和东移南压,地面中尺度雨团范围开始逐渐减小,强降水中心移近舟曲(图略)。7 日 23 时,强降水中心移至舟曲及其周边地区,舟曲县境内三眼峪沟和罗家峪沟站 1 h

降水量达 96.7 mm(图 4c)。之后,中尺度雨团东移南压,降水强度逐渐减弱(图 4d)。

由此可见,引发舟曲特大泥石流的强降水由一移动性地面中尺度雨团造成,该雨团在高原东坡的临潭地区生成后缓慢向东南方向移动,雨团影响舟曲的时间仅 2~3 h,但降水强度大,降水时段极为集中。

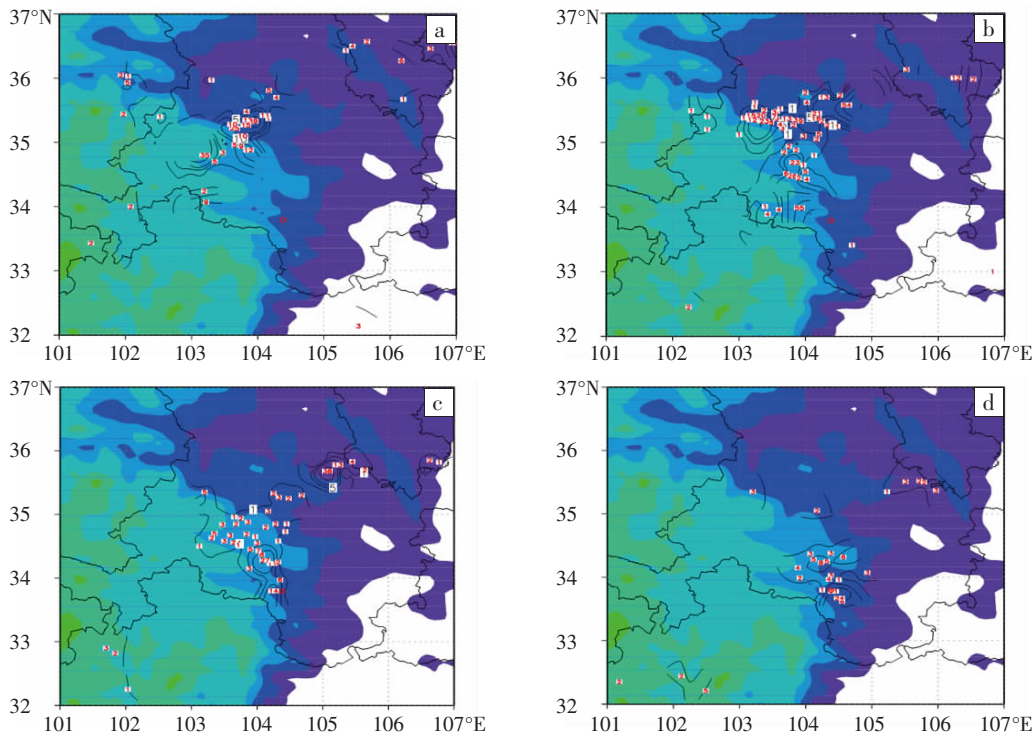


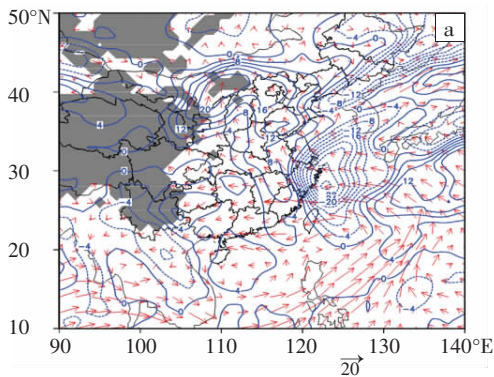
图 4 2010 年 8 月 7 日 19 时(a)、21 时(b)、23 时(c)与 8 日 01 时(d)
2 h 间隔的地面 1 h 降水量分布图(单位:mm)

阴影区为 1 500 m 以上地形(15 km \times 15 km),粗体数字为国家基本气象站 1 mm 以上的 1 h 雨量

4 暴雨成因分析

4.1 热带低压的影响

分析结果表明,8月6日热带低压“电母”在菲律宾及其以东洋面上逐渐发展增强,其北侧外围盛行强劲的偏东、偏南气流,并将水汽输送到我国内陆地区。图5a是7月7日08时(舟曲强降水发生前)850 hPa水汽通量和整层大气可降水量的24 h变化量分布。从中可见,热带低压外围一支强劲的偏东、偏南气流将西太平洋的水汽输送至我国内陆的甘南、陕北、河南、河北及内蒙古中部地区。另外,由大气整层可降水量24 h变化量分布可见,处于热带低压外围偏东、偏



南气流水汽输送路径上的华东、华北及西北地区东部的大气可降水量明显增加,水汽增量最大中心位于内蒙古中部地区,24 h内大气可降水量增加近20 mm。图5b是7日20时(舟曲上游强降水发展期)850 hPa水汽通量和整层大气可降水量的6 h变化量分布。从中可见,热带低压外围的偏东、偏南水汽通量仍直达舟曲及其周边地区,此时内蒙古中部一带的大气可降水量开始减小,甘南、陕南以及河南和河北境内的大气可降水量略有增加,但增量明显减小。8日02时(舟曲及其上游地区强降水结束),850 hPa水汽通量到达河南后转向北输送,甘南地区及其以北地区大气可降水量开始减小(图略)。

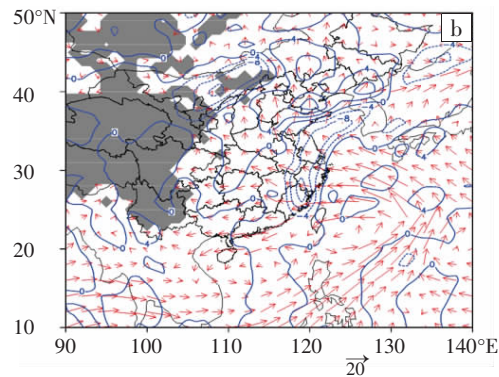


图 5 2010 年 8 月 7 日不同时段 850 hPa 水汽通量(单位: $g \cdot cm^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$)和整层大气可降水量变化(单位: mm)叠加图

(a) 08 时水汽通量与整层大气可降水量 24 h 变量;(b) 20 时水汽通量与整层大气可降水量 6 h 变量。阴影区为 1 500 m 以上地形

由上可见,热带低压“电母”外围偏东偏南气流将西太平洋的水汽输送至舟曲及其周边地区,它在舟曲强降水形成中起重要作用,且水汽积累主要发生在舟曲强降水发生前,即热带低压“电母”提供的远距离水汽输送为舟曲及其周边地区强降水发生提供了有利的水汽条件。

4.2 东风波扰动的影响

8月6日热带低压“电母”在热带辐合带中发展增强,热带辐合带北侧形成一东风波扰动系统,它沿副热带高压向西北方向传播,与副热带高压北侧西风带短波系统相配合,将长时间驻留在我国大陆上的副热带高压切断,造成西太平洋副热带高压东退和大陆高压西撤,使舟曲及其周边地区免受副高控制,为该地区强降水发生提供了有利的动力条件。图6所示为2010年8月6日08时和7日20时的500 hPa位势高度场。从中可见,6日08时,热带低压北侧的东风波扰动(倒槽)位于华南沿海地区,此时高原上的大陆高压和西北太平洋副热带高压打通为一整体,舟曲及其周边地区在高压带控制下。之后,位于华南沿海的东风波扰动逐渐向西北方向传播;7日20时,它移至川

黔交界地区;与此同时,高压北侧的西风带恰好有一短波槽东移南压。在东风波扰动和西风带短波槽共同作用下,控制舟曲及其周边地区的高压带被切断,该地区正好位于两高之间鞍形场内。因此,热带低压北侧东风波扰动对舟曲及其周边地区强降水形成可能有重要影响。

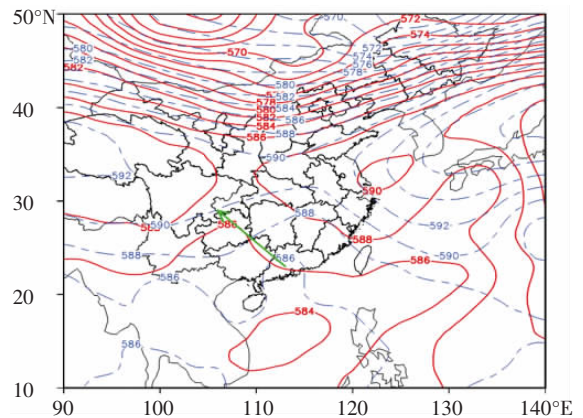


图 6 2010 年 8 月 6 日 08 时(虚线)和 7 日 20 时(实线)的 500 hPa 位势高度场(单位: dagpm) 绿色箭头指示热带低压北侧东风波扰动传播方向

4.3 高原地形的作用

首先,8月7日08时,甘肃北部有一地面高压系统携带冷空气由西北方向逐渐东移南压,冷空气在青藏高原大地形阻挡作用下沿高原东北侧下滑至甘南地区(图7a);7日14时,地面冷高压沿高原东坡逐渐向东南方向扩散,西北气流南下至甘南以北地区,它

正好与西太平洋副热带高压和热带低压共同作用下形成的偏东、偏南暖湿气流相遇,两支气流在舟曲上游地区形成辐合(图7b)。可见,高原地形的阻挡效应使北面冷空气沿高原东坡下滑,迫使冷空气与西进北上的暖湿气流正好在甘南地区相遇,为对流在该地区发展提供动力条件。

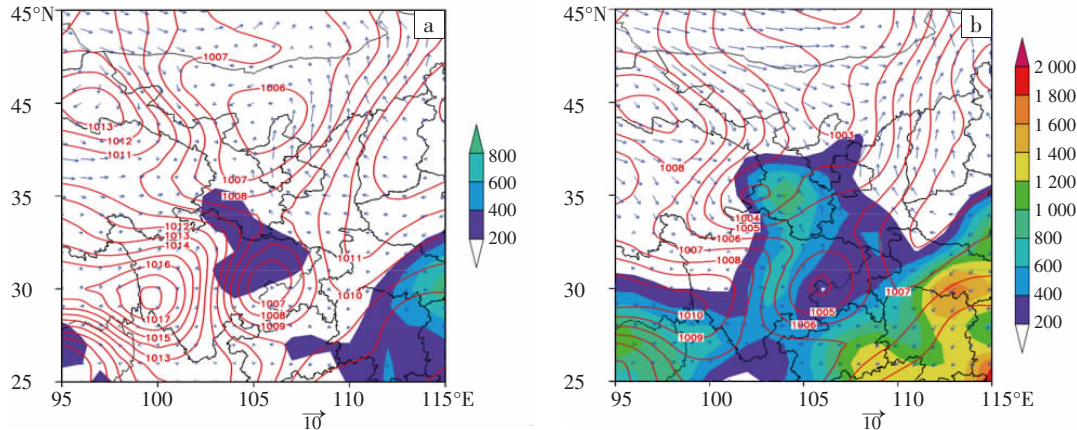


图7 2010年8月7日08时(a)、7日14时(b)的海平面气压(实线,单位:mb)、CAPE值(阴影,单位: $J \cdot kg^{-1}$)与地面10m高度风场(箭矢,单位: $m \cdot s^{-1}$)叠加图

其次,7日08时,一地面低压系统从内蒙古中部向南伸至甘肃西南地区的舟曲上游(图7a);一条对流不稳定带正好位于甘南和四川盆地北部地区,CAPE值约 $200 \sim 400 J \cdot kg^{-1}$ 。7日14时,在高原地面热通量(太阳辐射加热)作用下地面气压有所下降,此低压系统的南部(甘南地区)形成一地面中尺度低压系统(图7b);同时,该地区对流不稳定度明显加大,CAPE值增至 $1000 \sim 1200 J \cdot kg^{-1}$ 。零散的对流随后在此中尺度低压系统内激发出来。因此,高原东坡的热力作用在对流发展和形成中也可能起重要作用。

再次,舟曲及其周边地区位于青藏高原东坡,地形坡度呈东西向。7日08时,舟曲及周边地区盛行弱的东南风(图7a);7日14—20时,该地区逐渐转受偏东风影响,且气流强度有所增大(图7b)。因此,高原东坡地形的动力强迫在局地强降水的形成中也可能起一定作用。

5 结论和讨论

2010年8月7—8日舟曲及其周边地区发生了一次突发性特大泥石流暴雨天气过程,在其生发展过程中,热带低压“电母”、热带低压北侧东风波扰动以及大陆高压北侧西风带低槽均起到重要作用。本文对此次过程的发生发展特点及短时强降水成因等进行了初步剖析,主要得到以下结论:

(1)此次过程具有一定的突发性,降水局地性强、强度大,降水时间短、时段集中,表现为明显的中尺度

特征。舟曲局地短时强降水是由一移动性长生命史(约14h)中尺度对流系统活动造成,它从高原东坡甘南至青海东北部一带的零散对流快速组织发展而来,之后逐渐东移南压影响舟曲及其周边地区;伴随中尺度对流系统活动,地面具有明显的中尺度雨团活动。

(2)舟曲局地强降水发生期间,大气逐渐转为相对高的CAPE值、低的CIN值、高的大气整层可降水量值和高的K指数值,即强降水发生在较为有利的热力和水汽环境中。

(3)舟曲强降水发生前,热带低压“电母”外围的偏东、偏南气流将西太平洋的水汽输送至舟曲及其周边地区,造成该地区出现明显的水汽积累过程,这为舟曲强降水发生提供了有利的水汽条件。

(4)热带低压“电母”北侧外围的东风波扰动(倒槽)由西北方向传播至四川盆地北部,并与大陆高压北侧的西风带短波槽共同作用,导致控制我国长江以北大部地区的副热带高压断裂,使舟曲及其周边地区免受副热带高压的控制,为舟曲强降水过程发展提供了有利的动力条件。

(5)高原地形的动力作用在舟曲暴雨过程形成中起到不可忽视的作用。一方面,地形对甘肃北部南下冷空气的阻挡使其沿高原东坡下滑与西南暖湿气流交汇在舟曲及其周边地区形成辐合;另一方面,暴雨发展期间高原东坡盛行较强的偏东气流,高原地形的动力强迫抬升有利对流降水发展。另外,高原东坡地形的热力作用导致甘南地区形成地面中尺度低压系

统,同时随着午后太阳辐射加热效应累积,该地区对流不稳定能量明显增加,有利于对流系统在该地区组织和发展。

需要指出的是,本文利用观测和再分析资料,使用天气学诊断方法,初步剖析了舟曲特大泥石流暴雨的成因,其中各因子(尤其是热带低压和其北侧的东风波扰动以及高原地形)在局地暴雨形成中究竟起到何种作用,起主导作用的因子又是什么,还有待数值模拟和敏感性试验予以验证。另外,分析中发现,舟曲局地强降水发生期间,水汽、不稳定能量条件与区域性暴雨存在一定差异,主要表现为:1)水汽条件并不十分充分,舟曲附近两个探空站点的物理量计算表明,暴雨发生期间,舟曲处于水汽过渡带上,整层大气可降水量仅30~35 mm(合作和武都插值),这与大范围暴雨带的形成条件不同;2)不稳定能量的范围并不大,NCEP再分析资料表明,暴雨发生前,一条对流不稳定能量带正好位于舟曲及其周边地区,对流暴雨也正好

在这一地区组织发展。

参考文献:

- [1] 王毅荣,林纾,张存杰.中国黄土高原区域性暴雨时空变化及碎形特征[J].高原气象,2007,26(2):373-379.
- [2] 李春虎.西北干旱和暴雨研究综述[J].干旱气象,2003,21(1):1-7.
- [3] 白肇烨,徐国昌,孙学筠,等.中国西北天气[M].北京:气象出版社,1988:250-254.
- [4] 郭清台.高原东北部盛夏西南气流型暴雨的天气尺度演变特征[J].甘肃气象,1984(2):9-13.
- [5] 陈添宇,陈乾,付双喜,等.西北地区东部一次持续性暴雨的成因分析[J].气象科学,2009,29(1):115-120.
- [6] 井喜,李栋梁,李明娟,等.青藏高原东北侧一次突发性大暴雨环境综合综合[J].高原气象,2008,27(1):46-57.
- [7] 井喜,贺文彬,毕旭,等.远距离台风影响陕北突发性暴雨成因分析[J].应用气象学报,2005,16(5):655-662.
- [8] 王劲松,李耀辉,康风琴,等.西北区东部一次暴雨的数值模拟试验[J].高原气象,2002,21(3):258-266.
- [9] 任余龙,寿绍文,李耀辉.西北区东部一次大暴雨过程的湿位涡诊断与数值模拟[J].高原气象,2007,26(2):344-352.

A Study of Rainstorm Process Triggering Zhouqu Extremely Mudslide on 8 August 2010

ZHAO Yu-chun, CUI Chun-guang

(Institute of Heavy Rain, China Meteorological Administration, Wuhan 430074)

Abstract: With intensive surface rain gauge data, conventional sounding data, satellite-sensed temperature of black body (T_{BB}) and 6-hourly $1^\circ \times 1^\circ$ NCEP reanalysis data, synoptic diagnosis method was used to investigate the rainfall characteristics, weather background, mesoscale systems of convective rainstorms and its formation causes. The results indicated that the rainstorm was triggered by a long-lived moving mesoscale convective system. The moisture accumulation was closely related to the long-range moisture transported from the west Pacific Ocean to Zhouqu and its north area by south flow sometimes and east flow sometimes in the outside of tropical depression "Dianmu". The combined action of a north-west moving easterly wave perturbation on the north side of tropical depression and a south-east moving westerly short wave on the north side of the subtropical high led to the breaking of the subtropical high, which controlled the most part of north China in early days, and provided necessary dynamic condition for the rainstorm formation. The convergence in the south of Gansu province formed by the bypassing flow of north cold air due to the Plateau blocking and the north-moving warm and moist air, the dynamic lifting and thermodynamic effect of the Plateau east slope under easterly flow may also play an important role in the formation of Zhouqu heavy rainfall.

Key words: Rainstorm; Mudslide; Mesoscale convective system; Tropical depression; Easterly wave