

刘菊菊,滕杰,许东蓓,等. 河西走廊东部一次罕见的春季暴雨成因分析[J]. 干旱气象, 2015, 33(4): 651-658, [LIU Jujū, TENG Jie, XU Dongbei, et al. Analysis on the Cause of a Rare Rainstorm in Spring in Eastern Hexi Corridor [J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(4): 651-658], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-04-0651

河西走廊东部一次罕见的春季暴雨成因分析

刘菊菊¹,滕杰¹,许东蓓²,乔丫芸³

(1. 甘肃省武威市气象局,甘肃 武威 733000; 2. 兰州中心气象台,甘肃 兰州 730020;
3. 兰州大学大气科学学院,甘肃 兰州 730107)

摘要:利用常规观测、红外云图、T639资料和区域自动站资料,对2014年4月15~16日发生在河西走廊东部罕见春季暴雨的成因进行分析。结果表明,500 hPa天气系统为此次暴雨的主要影响系统。500 hPa东移短波槽是这次暴雨天气的触发系统,700 hPa偏南暖湿气流在低涡作用下不断向北输送水汽,为降水的维持提供了源源不断的水汽条件,下游高压脊的阻挡作用使降水持续时间较长;强水汽辐合、强上升运动出现时间比降水集中时间滞后3~4 h;K指数大值区、 θ_{se} 高能舌区与暴雨落区相符合;强冷空气的入侵,是降水量级增大的直接原因;变温对春季强降水的反应比变压更敏感;过程前期的高温高湿对降水的预报有一定的指示意义;锋前中尺度对流云团和锋面云带的合并是造成此次暴雨的直接原因。

关键词:强降水;古浪;冷锋;上升运动

文章编号:1006-7639(2015)-04-0651-08 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-04-0651

中图分类号:P458.1⁺21.1

文献标识码:A

引言

暴雨是指短时间内出现的大量降水现象,它是我国夏季多见的一种灾害性天气。中国气象局把日降水量 ≥ 50.0 mm的降水定义为暴雨,但是西北地区是我国年降水量较少的地区,以干旱著称,特别是河西地区,地表多以沙漠戈壁为主,降水量更少,建筑物、排洪设施防雨能力差,只要稍微出现大的降水就会成灾。因此,兰州中心气象台把日降水量 > 30.0 mm的降水定义为河西地区的暴雨标准^[1]。

古浪县地处河西走廊东南端,祁连山横贯古浪县境南部,中部为绿洲平原,北部为沙漠区。古浪县地势南高北低,平均海拔2 500 m,属祁连山高寒亚干旱区和河西冷温干旱区。年均气温4.9℃,年降水量300 mm左右。之前许多气象工作者对西北地区暴雨成因及预报做了诸多研究,取得了许多有意义的成果^[1-6]。河西地区的暴雨一般出现在夏季^[2],4月降水量能达到河西暴雨标准的极少见。然而,2014年4月15~16日发生在河西走廊东部古浪县罕见暴雨的日降水量突破1964年以来的同

期极值。因此,有必要对这次降水过程进行细致的分析,以期为该地区春季暴雨预报提供一定的依据。

1 天气实况

2014年4月15日16:00至16日04:00(北京时间,下同),甘肃古浪出现了一次强对流暴雨天气过程。强降水中心出现在古浪县城,过程降水量达43.2 mm,打破有气象记录以来同期最大值。古浪21个观测站中有5站降水量达到河西的暴雨量级(日降水量 ≥ 30.0 mm);强降水时段主要集中在15日16:00~20:00,此时段内有7站3 h雨量 > 10 mm,其中有3站 > 20 mm;1 h雨量超过10 mm的有3站次,分别为15日16:00~17:00古浪县古丰17.7 mm、新堡11.4 mm;15日17:00~18:00古浪16.2 mm;16日01:00~02:00,古浪降水再次增大,小时雨量为5.2 mm(图1)。

2 环流形势特征

2.1 高空环流形势

与常年同期相比,2014年2月下旬至4月上旬

收稿日期:2014-10-23;改回日期:2014-12-23

基金项目:2014年中国气象局气象关键技术集成与应用面上项目“甘肃斜压锋生类强降水预报技术及应用(CMAGJ2014M54)”资助

作者简介:刘菊菊(1991-),女,陕西榆林人,助理,主要从事短期天气预报及其研究工作. E-mail:wwqxjij@163.com

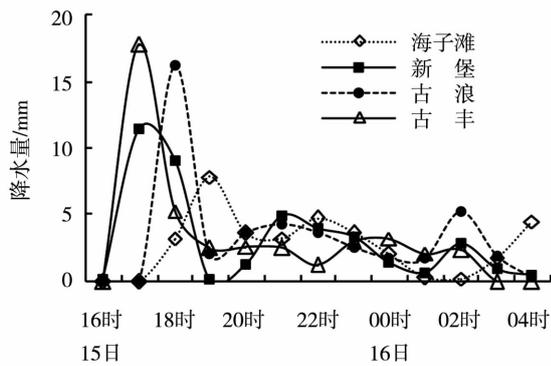


图1 2014年4月15日16:00至16日04:00
海子滩、新堡、古浪、古丰逐小时降水量
Fig. 1 The hourly change of precipitation
in Haizitan, Xinpu, Gulang, Gufeng from
16:00 April 15 to 04:00 April 16, 2014

古浪气温异常偏高,降水显著偏少。4月13日14时至15日14时,青藏高原东部有地面热低压维持,受其影响古浪的最高气温均在 16°C 以上(13日 20.1°C ,15日 19.3°C);低层有低涡存在,其前部偏南暖湿气流的输送,使大气中水汽含量增加同时,温度也进一步升高。前期的高温高湿为此次强降水蓄积了一定的能量^[7]。配合天气系统的抬升作用,触发了不稳定能量的释放,从而形成此次暴雨天气过程。

2014年4月15日08时(图2a),500 hPa 巴尔喀什湖东部有一冷低压维持,低压底部到新疆西南部为低压槽,低槽东南象限分裂出的短波槽位于河西走廊西部至青海西部一带,短波槽后冷平流较强,短波槽中携带的冷空气南下,与高原槽同位相叠加。低槽上游贝加尔湖西部到内蒙北部为西北—东南向高压脊。低层700 hPa上(图2c),锋区位于新疆中北部,河西走廊为一致的西北风,冷平流明显,河套地区到甘肃南部形成一冷式切变线。河西走廊西部到青海西部的短波槽是这次暴雨天气的触发系统,高原槽前的西南急流自孟加拉湾一带向东北方向不断输送大量的水汽和能量^[8-9],同时西北—东南向高压脊阻挡了冷低压的东移,致使源源不断的强冷空气南下,造成降水持续时间较长,长达 12 h ^[10]。20时(图2b),500 hPa上的短波槽已东移至武威以西到青海东部一带,高原槽强度减弱,槽前转为偏西气流。受高、低层西南暖湿气流输送及午后升温的影响,700 hPa低层在青海东南部形成一暖性低涡(图2d)。另外,随着锋区的东移,河西走廊上空的西北风发展成一支西北风急流,最大风速达 16 m/s ,冷平流显著加强。偏南暖湿气流在低涡作用下不

断向北输送,为之后降水的维持提供水汽条件,偏南风与偏北风在古浪附近汇合形成弱切变。可见,暴雨发生过程中,15日20时前主要影响系统为中层(500 hPa)系统,雨强较大;20时后转为低层(700 hPa)系统,雨强减小。

2.2 地面天气形势

降水过程中,四川南部到内蒙西部一直维持有大范围的低压区,呈东低西高的形势,低压轴呈南北向,低压区位置稳定少动,低压中心和锋面沿西北—东南向移动。15日08时(图3a),地面冷锋主体位于新疆中部,冷锋前缘已东移到张掖西部,锋后冷高压中心位于巴尔喀什湖附近,气压值达 $1\ 035\text{ hPa}$,锋前热低压受地形影响分裂为2个中心,分别位于河西西部、四川中部,气压值相应为 $1\ 006.3$ 、 $1\ 005\text{ hPa}$ 。之后冷锋前缘继续东南移,于15日17时(图3b)到达甘肃武威东部,且受高空槽后大气的辐散下沉及强冷空气南下的影响,在该前缘后有气压值达 $1\ 013.8\text{ hPa}$ 的冷高压生成。古浪处于冷锋后气压梯度大值区,有利于降水天气的产生^[11]。这与古浪大部分自动站16时开始出现降水,古浪本站也相继于17时出现雷阵雨相吻合。15日20:00冷锋前缘已东移到河套西部到河东地区,古浪的降水强度相应地有所减弱。

3 物理量场分析

3.1 水汽条件

3.1.1 相对湿度

4月15日08时(图略),500 hPa上,酒泉到青海北部有100%的高湿区,武威市处于干区,这与500 hPa酒泉有一短波槽、武威市受弱脊控制相符合。700 hPa上,河西中东部相对湿度 $>80\%$,山西南部有100%的高湿区。15日20时(图略),受低层偏南暖湿气流影响,中心位于山西南部的高湿区明显西扩南压,受其影响古浪的相对湿度在 $60\% \sim 70\%$ 之间。随着500 hPa短波槽及冷空气的东移,武威市大部地区500 hPa相对湿度 $>70\%$,古浪相对湿度达 89.4% 。可见,强降水发生前的暴雨落区为上干下湿,这种对流不稳定的大气层结对短时强降水的出现极为有利^[12-15]。这也是15日午后古浪出现小时降水量 $>15\text{ mm}$ 的原因之一。强降水发生后,受降水降温影响,暴雨落区转为上湿下干。

3.1.2 水汽通量散度

形成暴雨的必要条件之一是要有足够多的水汽^[14-17]。甘肃河西地区地处干旱半干旱区,单靠当地水汽是无法形成暴雨的。因此,必须要有源源不

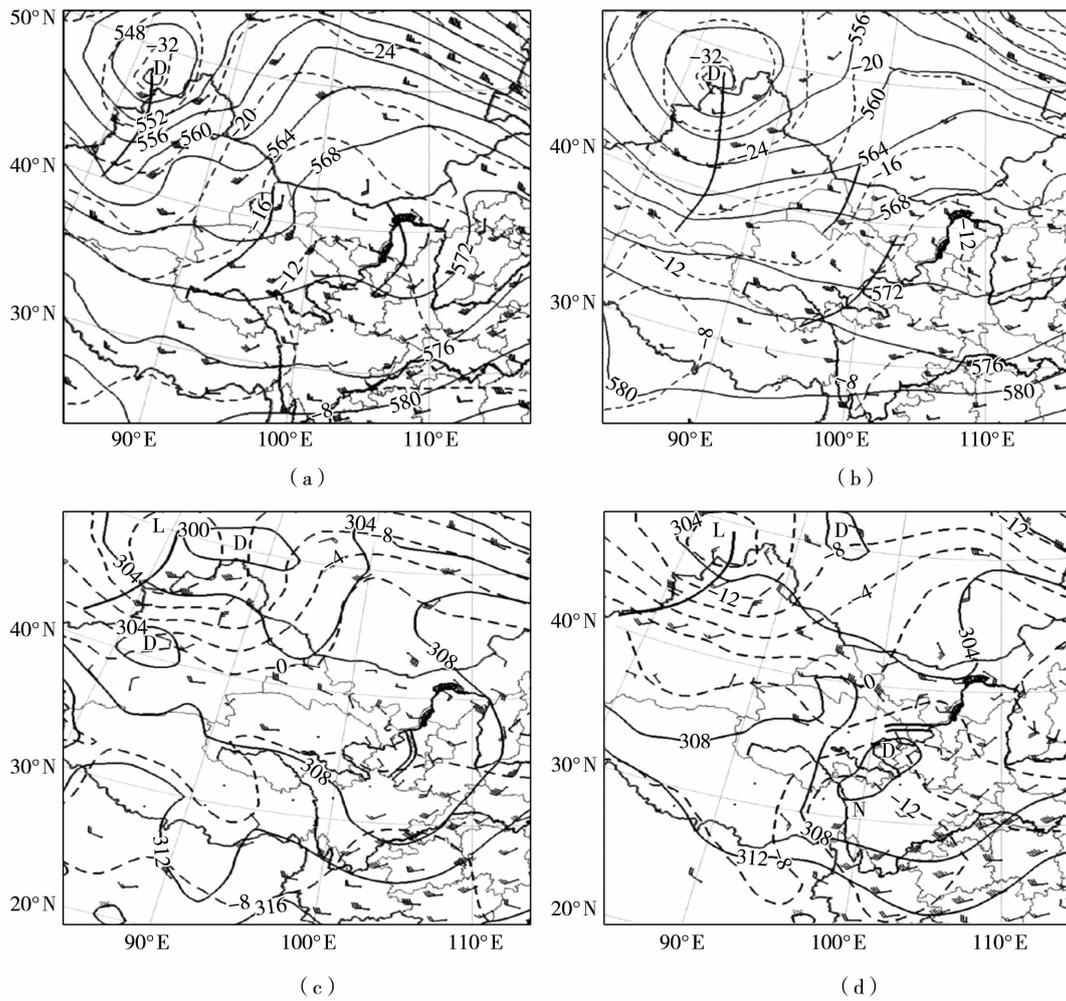


图2 2014年4月15日08:00(a, c)、20:00(b, d)500 hPa(a, b)和700 hPa(c, d)环流形势场(单位:dagpm)

Fig. 2 The 500 hPa (a, b) and 700 hPa (c, d) circulation situations at 08:00 (a, c) and 20:00 (b, d) April 15, 2014 (Unit:dagpm)

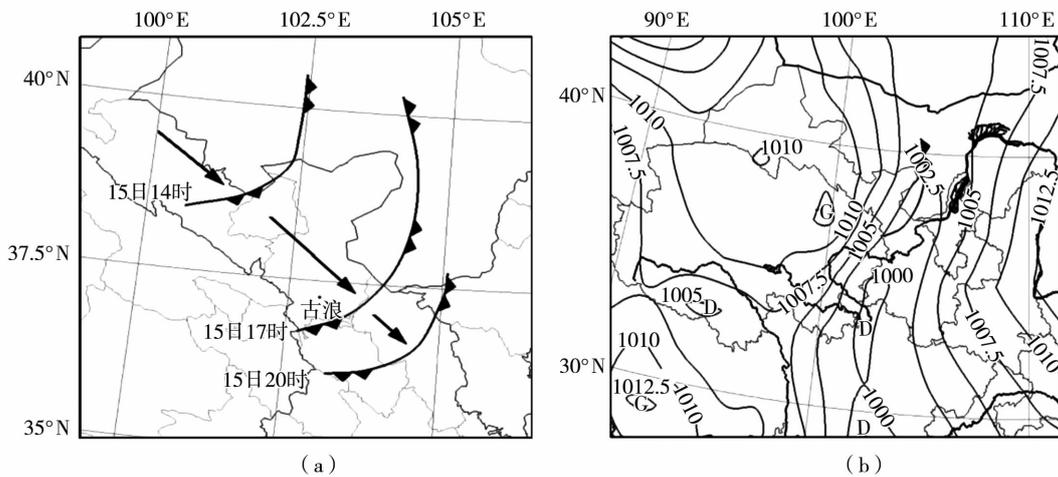


图3 2014年4月15日14:00~20:00地面冷锋演变(a)及17时地面形势场(b,单位:hPa)

Fig. 3 The evolution of surface cold front from 14:00 to 20:00 (a) and the ground situation at 17:00 (b, Unit:hPa) April 15, 2014

断的水汽输送到此地。图4是2014年4月14~16日沿102.5°E、37.3°N点的水汽通量散度时间—高度剖面。可知,15日09时,700~500 hPa由水汽通量辐散转为辐合,至16日08时暴雨区上空中低层一直维持水汽辐合,其中15日20时,辐合强度达到最强,其伸展高度达到300 hPa,辐合中心位于700 hPa附近,中心值达 $-10 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,水汽辐合较强降水出现时间提前8 h,辐合中心增幅最大的时间比雨量增幅最大的时间滞后3~4 h。

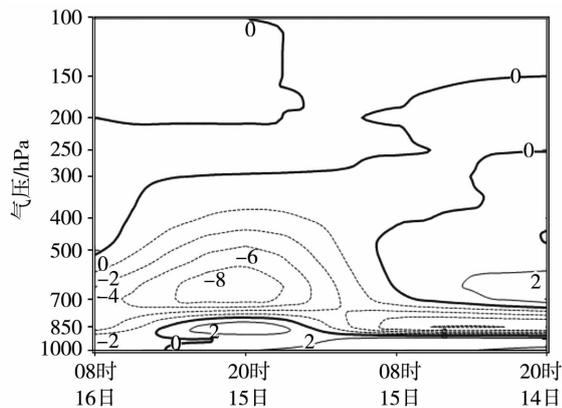


图4 2014年4月14~16日沿102.5°E、37.3°N点的水汽通量散度时间—高度剖面
(单位: $10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 4 The vertical section of the moisture flux divergence along 102.5°E, 37.3°N from 14 to 16 April 2014
(Unit: $10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

3.2 动力条件

3.2.1 散度场

15日08时,700 hPa河西走廊中部至青海东部为辐合区,辐合中心位于青海东部,强度达 $-2.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图略);500 hPa内蒙西部至青海东部为辐散区,辐散中心位于青海东部,强度为 $2.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图略)。随着500 hPa短波槽东移发展,700 hPa高原低涡生成,青海东部高层辐散中心、低层辐合中心东移的过程中逐渐加强并影响到甘肃古浪。从4月15日20时暴雨落区内102.5°E、37.5°N的散度垂直剖面(图5)上可看出,700~400 hPa为辐合上升运动,辐合最强出现在700~600 hPa;400 hPa以上至对流层顶的大气为辐散下沉运动,辐散随高度而加强。高层辐散、低层辐合为古浪强降水提供了充分的动力条件^[18]。

3.2.2 垂直速度场

图6是以102.5°E、37.5°N为基点的垂直速度时间—高度剖面。可看出,15日14时至16日02时,古浪上空整层都为上升运动,且15日20时左右

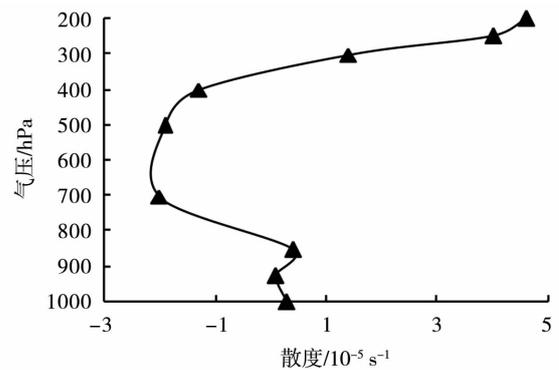


图5 2014年4月15日20时沿102.5°E、37.5°N点的散度垂直剖面图

Fig. 5 The vertical profile of divergence along 102.5°E, 37.5°N at 20:00 April 15, 2014

上升运动最强,600~500 hPa、400~300 hPa有2个强上升运动中心,其强度分别为 $-3.9 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-5.4 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。可见,强降水发生时古浪上空整层均为上升气流,这种强的上升运动不仅使暖湿空气辐合抬升,而且气流在上升过程中不断释放潜热,加热大气,进而造成垂直运动增强,形成正反馈^[1,19]。

由上述分析可知,垂直运动强度的时间变化与水汽通量散度一致,滞后于降水强度随时间的变化。强烈的上升运动将水汽不断地向上空输送的同时触发不稳定能量的释放,有利于强降水天气的发生发展。

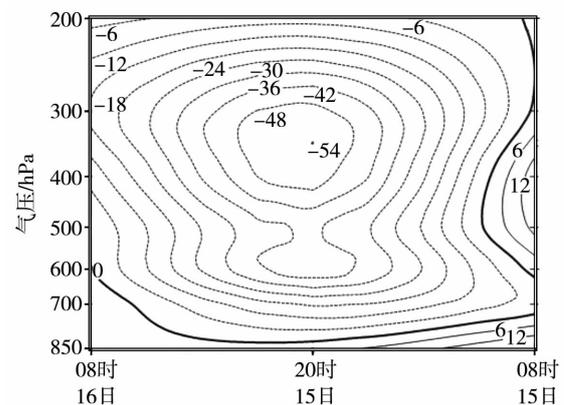


图6 2014年4月15~16日102.5°E、37.3°N点上的垂直速度时间—高度剖面(单位: $10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 6 The vertical section of vertical velocity along 102.5°E, 37.3°N from 15 to 16 April 2014 (Unit: $10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

3.3 稳定度

3.3.1 K指数

分析T639资料的K指数实况场(该实况场资料部分站为14时加密观测的探空资料,其他为插值

得到的资料,下同)显示:15日14时(图7a),甘肃武威以东 K 指数均 $>32\text{ }^{\circ}\text{C}$,且在武威长城附近有一 K 指数 $>36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的中心。根据甘肃省本地预报经验, K 指数 $>35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时可考虑有强降水天气出现,这与古浪强降水出现时段相一致。15日20时(图略),甘肃中南部有 K 指数 $>32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的中心,古浪也在其范围内。较强的 K 指数为此次强降水天气提供了不稳定条件。

3.3.2 θ_{se}

由 T639 资料的 θ_{se} 场得知,15日14时(图7b),

850~700 hPa 有南北向高能舌自甘肃南部伸至内蒙古西部,其中心强度 $>56\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。暴雨区位于高能中心的北侧。15日20时(图略),700 hPa 高能舌南移加强,古浪处于能量锋区,表明低层为高能气团控制,为强对流发展提供了良好的环境^[20]。由暴雨落区内 102.5°E 、 37.3°N 点上的 θ_{se} 时间剖面(图略)可看出,15日08~20时,对流层中低层 θ_{se} 随高度减小, $\Delta\theta_{se}(700-500\text{ hPa})$ 达 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$,说明对流层中低层大气处于对流不稳定状态。15日20时后,降水强度减弱,气层逐渐处于对流稳定状态。

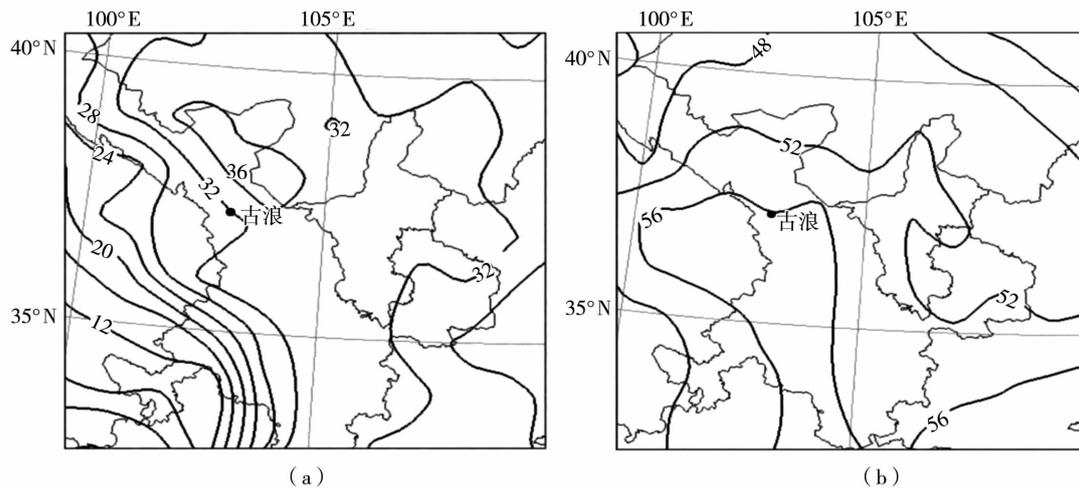


图7 2014年4月15日14时 K 指数(a)、700 hPa假相当位温(b,单位: $^{\circ}\text{C}$)
Fig. 7 K index (a) and θ_{se} on 700 hPa (b, Unit: $^{\circ}\text{C}$) at 14:00 April 15, 2014

3.4 单站要素演变

受日变温、日变压和强冷空气的影响,15日17~20时强降水集中时段3h变温达 $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (图8),

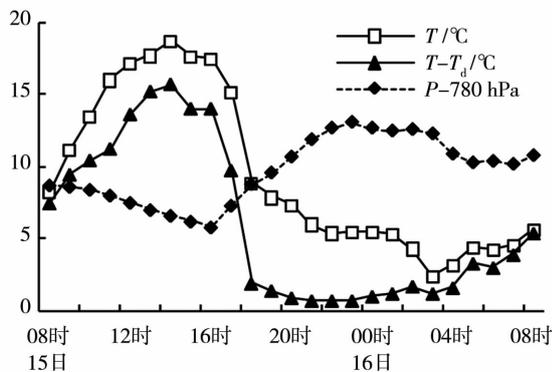


图8 2014年4月15日08时至16日08时逐小时温度、气压、地面温度露点差演变
(图上气压值为实际气压减去780 hPa)

Fig. 8 The hourly evolution of temperature, pressure, difference of temperature dew point from 08:00 April 15 to 08:00 April 16, 2014

(the pressure value is the actual pressure minus 780 hPa)

3 h 变压为 3.4 hPa,可见变温对春季强降水的反应比变压更敏感。15日17~18时,随着冷空气的南压、水汽的汇合,古浪气温、温度露点差骤降,降温达 $6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T-T_d$ 由 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 降为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$,冷暖空气的汇合产生强上升运动,不稳定能量释放,导致古浪小时雨量达 16.2 mm 。降水时段内,低层一直维持负变温、正变压、 $T-T_d \leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,随着降水逐渐减弱,16日03时后转为正变温、负变压、 $T-T_d$ 逐渐增大。

4 云图分析

4月15日08时,青海中东部有多个细胞状积云^[4]生成发展。随着细胞状积云的发展合并东移,14:30(图9a)张掖到青海东部形成由5个对流单体南北向排列组成的锋面云带^[8],且青海中部有强烈发展的对流云团B东移。15:30,受低层偏南暖湿气流辐合上升影响,锋面云带A不断加强发展,5个对流单体逐渐合并,云带强中心的范围也随之增大,其南部对流云团已东扩到古浪上空,该对流云团范围扩大至中 α 尺度,对流中心 TBB 达 $-77.04\text{ }^{\circ}\text{C}$,

古浪部分乡镇开始出现降水。15 日 16:00 ~ 18:00, 对流云 A 爆发性发展, 其范围、强度明显增大; 17:00 (图 9b), 云团 A 与 B 开始合并, A、B 中心 TBB 分别增至 $-88.32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-85.78\text{ }^{\circ}\text{C}$, A 云团水平尺度由 206 km 增加到 358 km, 造成古丰、新堡 2 站的小时雨量 $> 10\text{ mm}$; 18:00 (图略), 影响古浪的云团 A 发展最强烈, 范围最大, 冷云中心 TBB 达 $-91.06\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。与古浪 17:00 ~ 18:00 的小时雨量达 16.2 mm 一致。此时, 强对流中心位于 500 hPa 槽前西南气流中, 且中心 K 指数 $> 32\text{ }^{\circ}\text{C}$, 云团位于 Ω 高能舌范围

内, 对流层低层 700 hPa 相对湿度 $> 80\%$ 的强上升运动区。可见, 对流层低层暖湿空气的强辐合上升及对流不稳定是 A 云团爆发性发展的有利条件。20:00 之后, 随着降水云系的东移减弱, 云团 A 对流中心逐渐移出古浪, 降水相对减弱。16 日 01:30, B 云团的对流中心到达古浪上空, 对应降水强度再次增大; 03:00, 降水云系的强中心基本移出古浪, 高原上也无明显发展东移的对流云系补充, 古浪降水强度减弱。综上可见, 古浪的暴雨是由锋前对流云团与锋面云带合并, 同时配合低层水汽的强辐合上升而形成。

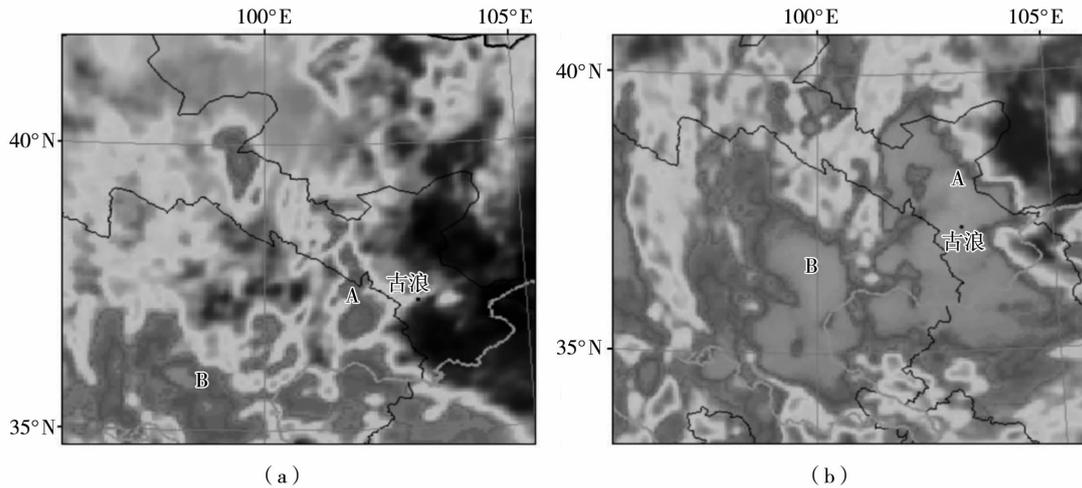


图 9 2014 年 4 月 15 日 14:30(a) 和 17:00(b) 红外云图

Fig. 9 Infrared cloud image at 14:30 (a) and 17:00 (b) April 15, 2014

5 中尺度分析

4 月 15 日 08 时 (图 10a), 地面冷锋前锋、辐合线均位于甘肃张掖东部, 500 hPa 低压槽位于河西西部至青海西部。20 时 (图 10b), 地面冷锋东南移到

河套至甘肃河东地区, 地面辐合线也随之东移到白银至兰州一带, 500 hPa 高空槽位于青海中东部, 武威市处于地面冷锋后部、高空槽前; 700 hPa 上, 青海东部至甘肃武威南部有一横切变。

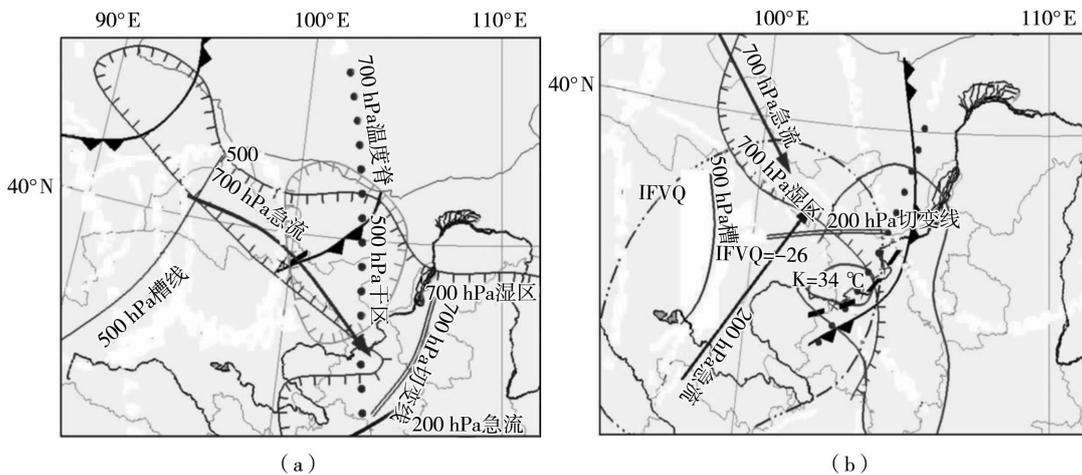


图 10 2014 年 4 月 15 日 08 时(a) 和 20 时(b) 中尺度分析

Fig. 10 Mesoscale analysis at 08:00 (a) and 20:00 (b) April 15, 2014

另外,河西走廊处于 700 hPa 湿区内,青海东部至甘肃中部 700 hPa 水汽辐合明显;700 hPa 温度脊呈东北—西南向,自甘肃陇南伸到河套地区,甘肃武威以南大部的 K 指数 >30 °C,中心最大值为 34 °C。对流层低层的水汽条件及强 K 指数对此次强降水的发生极为有利。位于地面冷锋前部的河西走廊东部为上干下湿,高层干层的存在有利于对流有效位能在高层产生、积聚和释放,最终触发了强对流的发生。

综上所述,高空低压槽、低层偏南风与偏北风形成的切变线、地面冷锋为此次暴雨提供了触发条件;低层水汽条件好,大气层结不稳定,对此次强对流的爆发极为有利。

6 小 结

(1)500 hPa 东移短波槽是这次暴雨天气的触发系统,700 hPa 偏南暖湿气流在低涡作用下不断向北输送水汽,为降水的维持提供了源源不断的水汽条件;同时,配合地面冷高压和冷锋加强发展东移,使降水持续时间长达 12 h。15 日 20 时后,随着 500 hPa 影响系统减弱东移,700 hPa 影响系统加强发展,降水强度减弱。可见,春季强降水主要受 500 hPa 天气系统影响。

(2)水汽辐合比强降水出现时间提前 8 h,辐合中心值增幅最大的时间比雨量增幅最大的时间滞后 3~4 h。上升运动强度的时间变化特征与水汽通量散度的一致,滞后于降水强度的时间变化。 K 指数大值区、 θ_{se} 高能舌区与暴雨落区相符。

(3)暴雨发生前,不稳定能量积累充足,强冷空气的入侵,触发不稳定能量强烈释放,产生暴雨,也是降水区降水量级增大的直接原因。3 h 变温可作为春季降水预报的重要指标。中高层干冷、低层暖湿对强降水的发生具有重要作用。

(4)锋前中尺度对流云团与锋面云带的合并是造成此次强降水的直接原因,低层的强水汽辐合及大气的对流不稳定进一步加强了降水量级。

致谢:感谢赵庆云首席、杨晓玲高工在稿件修改过程中给予的指导与帮助。

参考文献:

- [1] 李江林,段海霞,荣裕良. 甘肃河西西部一次大到暴雨过程诊断分析[A]. 第 29 届中国气象学会年会:SI 灾害天气研究与预报分会场论文[C]. 2012.
- [2] 李玲萍,陈雷,罗小玲,等. 河西走廊东部大到暴雨特征分析[J]. 资源科学,2013,35(6):1277-1278.
- [3] 李江林,余晔,王宝鉴,等. 河西西部一次大到暴雨过程诊断及数值模拟[J]. 高原气象,2014,33(4):1034-1044.
- [4] 王田田,高晓清,高艳红,等. 酒泉地区 20120604 暴雨的诊断分析[J]. 高原气象,2014,33(2):504-514.
- [5] 刘勇,郭大梅,胡启元. 2012 年 7 月 27 日陕北佳县特大暴雨天气的成因[J]. 干旱气象,2014,32(3):424-430.
- [6] 侯建忠,李明娟,赵兵科,等. 陕西早春一次罕见暴雨过程的环流演变及水汽输送分析[J]. 热带气象学报,2009,25(2):251-256.
- [7] 董平,刘锋. 辽阳市一场春季透雨过程分析[J]. 现代农业科技,2013,20:231-234.
- [8] 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. 230-240.
- [9] 孙建华,赵思雄,傅慎明,等. 2012 年 7 月 21 日北京特大暴雨的多尺度特征[J]. 大气科学,2013,37(3):706-717.
- [10] 李文莉,王宝鉴,吉惠敏,等. 河西干旱区短时强降水过程的中尺度分析[J]. 干旱气象,2013,31(2):319-325.
- [11] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法[M]. 北京:气象出版社,2007. 387-430.
- [12] 徐娟,纪凡华,韩风军,等. 2012 年盛夏山东西部一次短时强降水天气的形成机制[J]. 干旱气象,2014,32(3):439-445.
- [13] 阎凤霞,寿绍文,张艳玲,等. 一次江淮暴雨过程中干空气侵入的诊断分析[J]. 南京气象学院学报,2005,28(1):117-124.
- [14] 陈豫英,王秀文,陈楠,等. 2008 年宁夏久旱转雨天气过程诊断分析[J]. 高原气象,2010,29(3):737-743.
- [15] 俞晓鼎. 强对流天气临近预报[Z]. 中国气象局培训中心,2010. 4-6.
- [16] 寿绍文,励申申,王善华,等. 天气学分析[M]. 北京:气象出版社,2002. 140-143.
- [17] 宁和平,韩莹,王建兵,等. 甘南州 2011 年 7 月 2—5 日持续性暴雨天气成因分析[J]. 中国农学通报,2014,30(23):218-223.
- [18] 程锦霞. 2013 年 5 月河南一次大暴雨成因分析及数值预报检验[J]. 气象与环境科学,2014,37(2):42-45.
- [19] 陶诗言. 有关暴雨分析预报的一些问题[J]. 大气科学,1977,1:64-72.
- [20] 德勒格日玛,李一平,韩经纬,等. 2012 年 7 月下旬河套地区 4 次切变暴雨的对比分析[J]. 中国沙漠,2014,34(1):234-239.

Analysis on the Cause of a Rare Rainstorm in Spring in Eastern Hexi Corridor

LIU Juju¹, TENG Jie¹, XU Dongbei², QIAO Yayun³

(1. Wuwei Meteorological Bureau of Gansu Province, Wuwei 733000, China; 2. Lanzhou Center Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China; 3. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730107, China)

Abstract: Based on the conventional observation data, infrared cloud images, T639 data and regional automatic station data, the causes of a rare in spring in Eastern Hexi Corridor from 15 to 16 on April 2014 were analyzed. The results showed that the weather systems on 500 hPa were main influence systems of the rainstorm. The short wave trough on 500 hPa moving eastward triggered the rainstorm, the southwest jet in front of Plateau trough provided incessant and enough vapor for the rainstorm, and the precipitation lasted for a longer time combined with the blocking of the upstream high pressure ridge. The strong vapor convergence and upward motion appeared about 3 – 4 hours later than the concentrative precipitation. The high value areas of K index and the high energy tongue areas of θ_{se} were coincided with the rainstorm area. The intrusion of strong cold air was the direct cause of precipitation increasing. The response of temperature to spring strong precipitation was more sensitive than air pressure. High temperature and high humidity in earlier stage of precipitation could afford some indication significance to precipitation forecast. The superposition between prefrontal mesoscale convective cloud cluster and frontal cloud band was the direct cause of the heavy rain.

Key words: strong precipitation; Gulang; cold front; ascending motion



(上接第 625 页)

Numerical Simulation and Analysis of a Typical Heavy Rainfall in East of Northwest China

ZHANG Xiaolu¹, LI Zhaorong², ZHOU Yunjun^{1,3}, CHU Xiaoju⁴

(1. Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Gansu Provincial Meteorological Service Centre, Lanzhou 730020, China; 3. Nanjing University of Information Science and Technology, Meteorological Disaster Warning and Evaluating the Collaborative Innovation Center, Nanjing 210044, China; 4. Longnan Meteorological Bureau of Gansu, Wudu 746000, China)

Abstract: Based on the hourly precipitation from weather stations, NCEP FNL reanalysis data with $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ resolution, products of FY-2E satellite and output results from Weather Research and Forecasting Model (WRF), the heavy rainfall from 7 to 9 July 2013 in east of northwest China was diagnosed. The results showed that the rainstorm was a typical southwesterly airflow rainfall process which located in northwest of subtropical high system. The development and movement of the westerly trough and plateau trough, cooperating with the southwesterly airflow and the vortex shear line in low level, were main influence systems of heavy rainfall. The coupling of upper and lower jets, the abundant water vapor together, the stronger dynamic effect and the instable atmospheric stratification facilitated the development of the heavy rainfall. The hourly evolution of TBB from FY-2E was consistent with that of rainfall intensity, when the rainfall increased dramatically at 14:00 BST on 8 July 2013, the TBB reduced to below -45°C in east of northwest China. The model of WRF had a better capacity to simulate the weather process of rainstorm under complicated terrain. The evolution and magnitude of rainfall simulated by WRF from 08:00 BST 8 to 08:00 BST 9 July 2013 was similar to the observation, and the centre rainfall located in Qingyang of Gansu Province. The simulated physical quantities of wind field, specific humidity, vorticity, CAPE and vertical velocity could well reflect the process of the heavy rainfall event. The low-level airflows were lifted and converged via the trumpet-shaped topography, which caused the increasing of cyclone and enhancing of vertical motion, cooperated with abundant water vapor, eventually caused the enhancement of heavy rainfall. Therefore, the simulated results by WRF model could be used to analyze the structure of β -scale rainfall system under rough topography, which could fill the lack of observation data.

Key words: heavy rainfall in east of northwest China; shear line; diagnostic analysis; numerical simulation; topographic effect