

郭大梅, 陈小婷, 刘勇. 西北气流控制下陕西两次大范围降水分析 [J]. 陕西气象, 2015 (3): 6-11.

文章编号: 1006-4354 (2015) 03-0006-06

西北气流控制下陕西两次大范围降水天气分析

郭大梅, 陈小婷, 刘勇

(陕西省气象台, 西安 710014)

摘要: 利用 MICAPS 实况观测资料对 2013 年陕西两次降水过程进行了诊断分析, 结果表明: 前期有系统性降水, 虽然低层转为西北气流, 但 500 hPa 陕西及其上游位势高度均较低且有低槽存在时, 会继续产生大范围降水或局地强降水; 850 hPa、700 hPa 的北风或西北风之间的风向或风速辐合, 为后期降水提供了有利的动力条件; 由于前期降水, 近地面湿度较大, 为后期大范围降水提供了较好的水汽条件; 500 hPa 低槽附近较强的上升运动, 使近地层较暖的暖湿空气得以抬升, 为后期降水提供了有利的动力条件。

关键词: 低层偏北风; 低槽; 上升运动; 水汽条件

中图分类号: P458

文献标识码: A

水汽条件是形成降水的重要条件之一。低层受暖湿气流控制有利于降水的产生。我国大部地区降水的水汽来源主要为来自沿海低层的偏东气流、偏南气流和孟加拉湾的西南气流^[1-5]。从理论上讲, 西北气流带来的是干冷空气, 当低层为西北气流控制时, 不利于系统性降水的产生。但是在预报实践中发现, 在某些特定条件下, 如前期有系统性降水天气出现, 后期低层虽然由偏南气流转为西北气流, 但 500 hPa 陕西及其上游地区位势高度均较低且有低槽存在, 此时尽管低层受西北气流控制, 有时也会产生系统性降水, 甚至局地出现强降水。此类降水一般不会带来较大的灾害, 但经常会造成降水结束时间预报的失误。由于对此类降水形成原因研究较少, 因此通过分析 2013 年 6 月 8—9 日、11 月 22—24 日陕西两次降水过程的降水机理, 试图找出此类天气发生的原因并给出预报着眼点, 为预报此类天气提供参考。

1 降水实况

2013 年 6 月 8 日 08 时—9 日 08 时陕西全省出现降水天气, 以中到大雨为主。9 日 08—20

时除榆林地区外, 大部分地区仍有明显降水。关中中东部部分地区、陕南东南部出现中到大雨。

11 月 22 日 20 时—23 日 20 时陕北南部、关中、陕南出现降水天气, 关中大部分地区、陕南中部为中雨天气。23 日 20 时—24 日 08 时全省大部分地区仍出现小雨天气。

两次天气过程类似, 都是前期出现系统性降水, 后期低层为偏北风的情况下出现了较明显的降水。24 h 降水预报预报员均能较准确的把握, 之后 12 h 的降水预报由于 700 hPa 和 850 hPa 均转为偏北风, 考虑到低层为偏北风时水汽条件不足, 很容易漏报。

2 高空天气形势

2013 年 6 月 8 日 08 时欧亚中高纬度呈两脊一槽型, 500 hPa (图略) 西西伯利亚至巴尔喀什湖地区、渤海湾附近分别有一高脊, 贝加尔湖至蒙古国西部有一深厚的低槽, 其底部分裂出两个西风槽, 一个位于新疆中东部地区, 另一个位于内蒙古西部至甘肃中部地区, 同时甘肃中南部有高原槽移出。700 hPa 在甘肃中南部、内蒙古

收稿日期: 2014-12-12

作者简介: 郭大梅 (1978—), 女, 江苏邳州人, 硕士, 高工, 从事天气预报及研究工作。

中部至甘肃中部分别有一切变线，850 hPa 在河套地区及陕西关中西部地区也有一切变线。8 日 20 时整个大的环流形势变化不大，上述各系统略有东移，新疆中东部的西风槽东移至新疆东部，高原槽和北部的西风槽在河套至甘肃中南部结合，陕西位于 500 hPa 槽前，700 hPa 在陕西有一切变线，850 hPa 在陕西中南部也有一切变

线。这种高低空系统配置很容易出现降水天气。9 日 08 时高空系统继续缓慢东移，500 hPa (图 1a) 蒙古国为一宽广的槽区，甘肃至陕西位于槽底部位势高度的低值区中，700 hPa (图 1b)、850 hPa 延安、西安已转为北风、西北风。此时地面除陕北西部无降水外，全省大部分地区仍有降水。

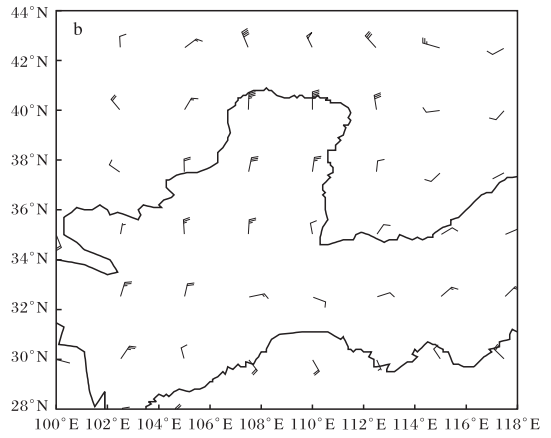
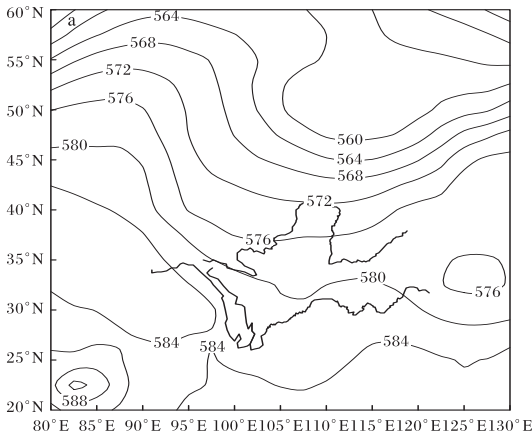


图 1 2013-06-09T08 500 hPa 高度场 (a, 单位为 dagpm) 和 700 hPa 风场 (b)

2013 年 11 月 22 日 08 时 500 hPa (图略) 亚洲中纬度地区以纬向气流为主多短波槽活动，日本海至我国东南沿海有一低槽，河套以西有一短波槽，青海东部也有一浅槽，新疆中部有一低涡；700 hPa 在甘肃中南部有一切变线，850 hPa 陕北也有一切变线。20 时，500 hPa 整个环流形势变化不大，河套以西的短波槽及青海东部短波槽东移到陕西西部，新疆中部低涡缓慢东移至新疆东部，高原上有偏南风，700 hPa 在陕西中西部仍有

切变线存在。23 日 08 时 500 hPa 亚洲中纬度地区气流更为平直，新疆低涡东移与高原低槽同位相叠加，在内蒙古中西部、甘肃、青海地区形成多短波槽的位势高度低值区，700 hPa 与 850 hPa 陕西地区仍有切变线存在。20 时 500 hPa (图 2a) 在河套西部至甘肃中南部有一低槽，陕西位于 500 hPa 槽前。但此时 700 hPa (图 2b)、850 hPa 陕西地区均转为北风或西北风，地面上除陕北北部大部分地区仍有降水。

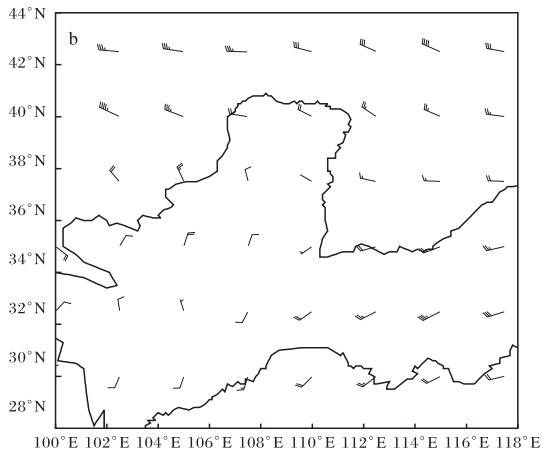
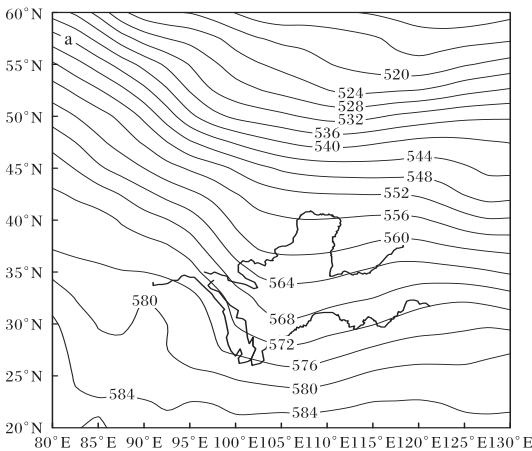


图 2 2013-11-23T20 500 hPa 高度场 (a, 单位为 dagpm) 及 700 hPa 风场 (b)

两次天气过程具有一个共同特征, 虽然后期低层大气由偏南风转为西北风, 但是500 hPa 陕西仍然位于槽前。只有当500 hPa 高空槽东移, 陕西位于500 hPa 高空槽后, 降水才完全结束。

3 地面图分析

2013年6月8日08时地面图上, 我国西部至蒙古国被冷高压控制, 蒙古国西北部附近有一1 027.5 hPa冷高压中心, 青海地区处于冷高压的前部, 气压为1 015 hPa, 在四川中部有一1 000 hPa闭合低压中心。内蒙古中东部至四川有一较狭长的低压区, 蒙古国中东部—河套西部—甘肃中东部—青海南部有一冷锋, 此时地面降水区在冷锋及其后部, 陕西基本没有降水天气。8日17时, 与蒙古国西北部接壤的俄罗斯地区仍有一1 022.5 hPa的闭合冷高压, 在青海西北部也形成了一个1 020 hPa的闭合冷高压中心, 青海地区冷高压加强, 说明其北部冷高压有冷空气向南补充, 冷锋东移至山西西部、陕西中西部

地区。此时, 陕西大部分地区出现降水天气。9日08时地面图(图3a)上, 我国西部至蒙古国仍被冷高压控制, 在蒙古国中北部及其以东地区仍有一1 022.5 hPa的冷高压中心, 青海西部至甘肃西部冷高压中心值增大到1 022.5 hPa, 可见其北部一直有冷空气南下补充, 冷锋东移至山西东部—陕西中部地区。此时陕西大部分地区仍在降水。9日14时, 陕西关中位于青海冷高压的前部, 等压线仍较为密集, 青海冷高压不断有冷空气东移, 造成地面上关中大部分地区仍有降水天气。以上分析可知, 本次降水天气过程地面上有较强的冷高压、暖低压, 在冷高压前侧有明显的冷锋, 冷空气迫使暖空气爬升造成降水天气; 此外, 降水开始时, 青海高压较弱, 北部高压中心不断有冷空气南下使得青海地区的冷高压加强维持, 冷高压前部不断有冷空气东移, 抬升其前侧的暖湿空气, 造成地面较长时间降水, 这也是低层转为偏北风后陕西降水仍维持的原因之一。

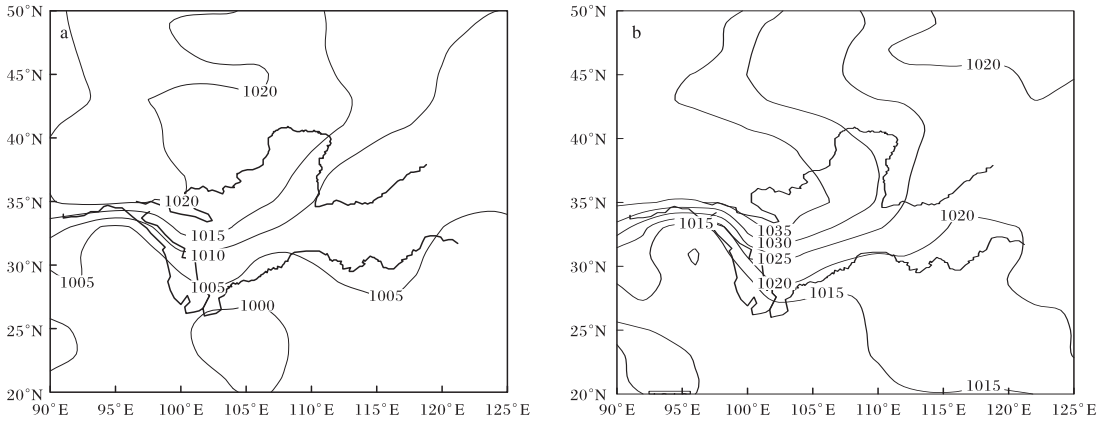


图3 地面气压场(单位为hPa; a 2013-06-09T08, b 2013-11-23T20)

2013年11月22日14时地面图上, 巴尔喀什湖至新疆西北部有一1 042.5 hPa冷高压中心, 冷锋位于陕北西部、甘肃东南部, 冷空气抬升其前侧暖湿气流, 陕西西部开始出现降水天气。23日08时, 冷高压东移南压至新疆南部, 中心值达到1 045 hPa, 冷锋已东移至河北西部、山西中东部地区, 陕西位于锋后的等压线密集区中。23日20时低层700 hPa、850 hPa已转为偏北风, 但地面冷高压东移南压

至青海东部地区, 中心气压值为1 037.5 hPa(图3b), 此时陕西地区的等压线仍非常密集, 除陕北北部外, 位于等压线密集区的陕北南部、关中东部、陕南东部仍维持降水天气。可见从青海冷高压不断有冷空气东移抬升其前侧降水区的湿空气, 造成陕西大部分地区仍维持降水天气。

地面分析表明, 新疆地区不断有冷空气补充青海地区冷高压, 使得青海地区的冷高压不断加

强，冷高压不断有冷空气东移，冷空气在陕西抬升暖湿空气产生降水，当低层转为偏北风时，地面仍然湿度较大，在陕西地区气压梯度较大，说明青海冷高压东移南压的冷空气势力仍较强，冷空气抬升陕西地区相对较暖的暖湿空气，仍能产生降水。地面较暖的暖湿气流为本次降水提供了水汽条件。

4 物理量诊断分析

4.1 散度

从6月8日20时沿107.5°E纬向散度剖面图(图略)可以看到，在35°N附近500 hPa以下均为辐合区，在850 hPa有一辐合中心，中心值为 $-3.5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ；在300 hPa附近为辐散区，中心值为 $1.5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ，此时对降水十分有利，陕西大部分地区有降水天气。

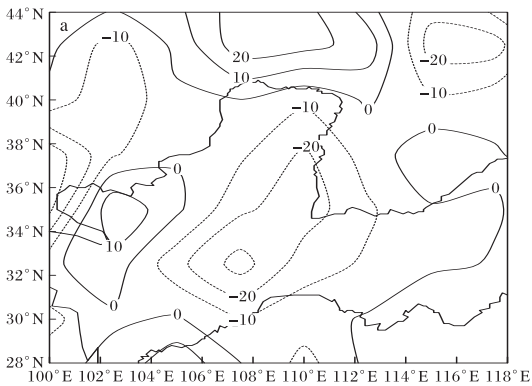
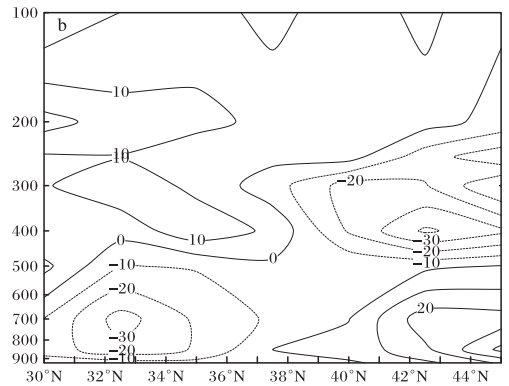


图4 2013-06-09T08 散度场(单位为 10^{-5} s^{-1} ；a 700hPa, b 沿107.5°E纬向剖面)

从11月22日20时沿107.5°E纬向散度剖面图(图略)可以看到，在35°N附近400 hPa以下均为辐合区，在850 hPa有一辐合中心，中心值为 $-1.0 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ；在300 hPa附近为辐散区，其值为 $1.5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ，此时对降水较为有利，陕西大部分地区有降水天气。23日08时，低层仍有辐合，降水持续。23日20时，低层850 hPa、700 hPa转为西北风，850 hPa散度场(图略)在关中中东部、陕南中东部为辐合区。平凉、延安为8 m/s西北风，西安10 m/s西北风，由于西安风速较大，关中、陕南西部地区为辐散，西安以东为辐合区。700 hPa散度场(图5a)，陕西大部分地区为辐合区，散度达 $-1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ；延安为10 m/s西北风，平凉14 m/s

9日08时，低层850 hPa、700 hPa陕西转为偏北风或西北风，850 hPa散度场(图略)上，除陕北北部外，陕西大部分地区均为辐合区，中南部散度达 $-2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 。此时探空站点资料显示，延安为12 m/s偏北风、平凉10 m/s西北风、西安8 m/s西北风，延安与西安之间有风向和风速的辐合，平凉与西安之间也有风速的辐合。700 hPa散度场上(图4a)陕西地区均为辐合区，陕北南部到陕南的散度达 $-2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 。此时，延安为8 m/s偏北风、平凉16 m/s偏北风、西安4 m/s西北风，仍存在风向和风速的辐合。沿107.5°E纬向散度剖面图(图4b)上仍可以看到，35°N附近850~700 hPa辐合区的散度值小于 $-1.0 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ，中高层400~300 hPa为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 的辐散区。



西北风，西安8 m/s西西北风，延安和平凉分别与西安存在风向和风速上的辐合。低层偏北风之间的辐合为降水提供了必要条件。沿107.5°E纬向散度剖面图(图5b)上可以看到，35°N附近850 hPa散度值在0线附近，700~400 hPa为辐合区，在500 hPa附近有一辐合中心，其值为 $-2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 。300~200 hPa为辐散区，在250 hPa有 $2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 的辐散中心，中低层辐合，高层辐散，仍有利降水。

以上分析可知，两次降水天气过程中，当低层由南风转为偏北风或西北风时，北风与西北方之间仍然有风向或风速的辐合，850 hPa、700 hPa辐合较强。由于低层仍维持较大的湿度，对出现降水比较有利。

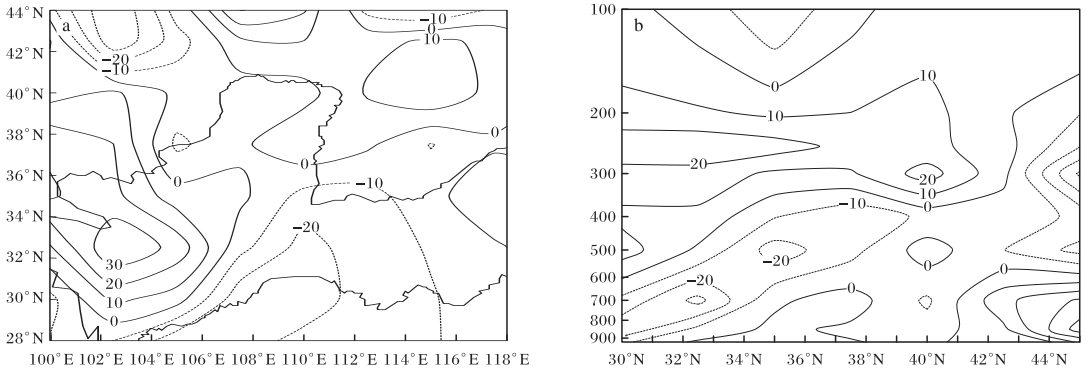


图5 2013-11-23T20 散度场 (单位为 10^{-4} s^{-1} ; a 700 hPa, b 沿 107.5° E 纬向剖面)

4.2 垂直速度

从6月8日20时沿 107.5° E 纬向垂直速度剖面图(图略)可以看到, $33^\circ \text{ N} \sim 37^\circ \text{ N}$ 均为上升区, 500 hPa 垂直速度在 35° N 附近为 $-3.5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, 较强的上升运动为降水的发生提供了有利条件。从9日08时沿 107.5° E 纬

向垂直速度剖面图(图6a)上仍可以看到, 850 hPa 以上 $33^\circ \text{ N} \sim 37^\circ \text{ N}$ 均为上升区, 在400~500 hPa附近上升运动达最大, 其值为 $-5 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ 。850 hPa、700 hPa 西北风区域仍有着较强的上升运动, 为降水的发生提供了有利条件。

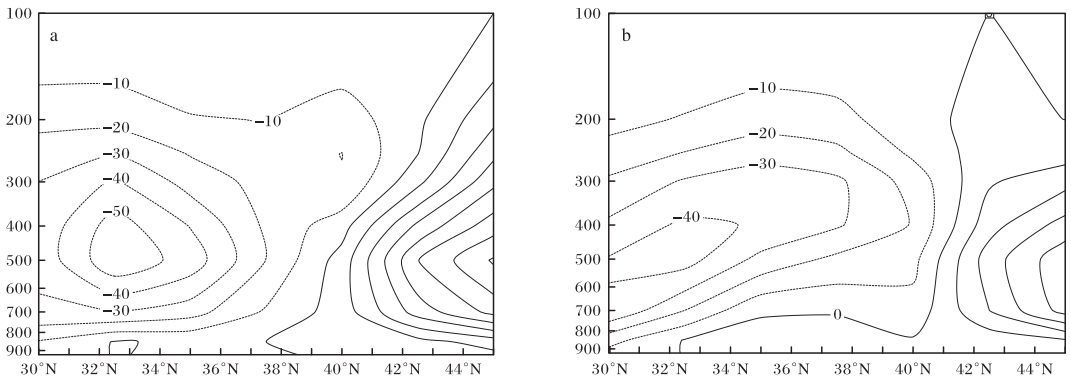


图6 沿 107.5° E 纬向垂直速度剖面图 (单位为 $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$; a 2013-06-09T08, b 2013-11-23T20)

从11月22日20时沿 107.5° E 纬向垂直速度剖面图(图略)可以看到, 35° N 附近整层均为上升运动, 在400 hPa附近垂直速度为 $-2 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ 。从23日08时沿 107.5° E 纬向垂直速度剖面图(图略)仍可以看到, 35° N 附近整层为上升区, 陕西降水天气持续。20时(图6b), 35° N 附近850 hPa垂直速度在0线附近, 700~200 hPa均为上升区, 在400~500 hPa附近上升运动达最大, 为 $-3 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ 。850 hPa、700 hPa 西北风区域仍存在较强的上升运动, 对降水非常有利。

分析表明, 两次天气过程在低层西北风区域

及其上空均有着较强的上升运动, 为降水提供了有利的动力条件。

4.3 水汽条件

2013年6月8日08时700 hPa关中西部、陕南除东部商洛外比湿大于 $6 \text{ g} \cdot \text{ kg}^{-1}$, 20时陕西全省比湿均在 $6 \text{ g} \cdot \text{ kg}^{-1}$ 以上, 地面上大部分地区出现降水, 9日08时(图7a), 700 hPa陕北、关中已转为偏北风, 但在陕北等比湿线较为密集, 说明此处为干湿的交汇区, 关中大部分地区、陕南比湿仍在 $6 \text{ g} \cdot \text{ kg}^{-1}$ 以上。8日08时850 hPa比湿场中除陕北西部地区外陕西大部分地区的比湿在 $8 \text{ g} \cdot \text{ kg}^{-1}$, 20时, 全省比湿均增大到 $8 \text{ g} \cdot \text{ kg}^{-1}$

以上, 9日08时850 hPa (图略) 陕北、关中转
为转为偏北风, 比湿有所下降, 陕北北部等比湿

线较密集, 但陕北东部、关中大部分地区、陕南
仍超过 $8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

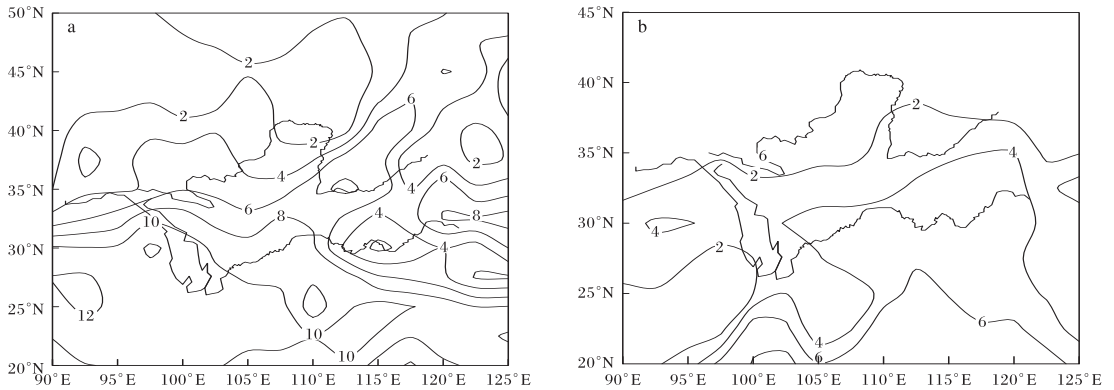


图7 700 hPa比湿场 (单位为 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; a 2013-06-09T08, b 2013-11-23T20)

2013年11月22日08时700 hPa比湿场关
中大部分地区、陕南比湿为 $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 22日20
时陕北南部以南比湿为 $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 23日20时
(图7b) 陕西均转为北风或西北风, 但除陕北北
部外, 陕西大部分地区比湿仍在 $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以
上; 22日08时850 hPa 关中中南部比湿为 $4 \text{ g} \cdot$
 kg^{-1} , 22日20时关中以南比湿在 $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以
上, 23日20时850 hPa (图略) 陕西均转为北
风或西北风, 关中中部以南比湿仍在 $3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$
以上。

以上分析可知, 这两次过程虽然陕西转为偏
北风时比湿有所减小, 但低层仍维持较大的
湿度。

5 结论与讨论

(1) 此类天气的特点是500 hPa 高空陕西地
区及其上游位势高度较低, 上游有低槽或冷槽;
前期一直有降水; 低层700 hPa 或850 hPa 前期
为偏南风, 后期为偏北风; 地面在新疆地区有较
强的冷高压存在。若满足上述条件可考虑降水
持续。

(2) 低层为偏北风或西北风, 北风与西北方
之间有风向或风速的辐合, 850 hPa、700 hPa 仍
有着较强的辐合, 仍然维持较强的上升运动, 为
降水提供了有利的动力条件。由于前期一直降

水, 近地面层湿度较大, 低层为偏北风时, 还保
持一定的湿度, 为大范围降水提供了有利的水汽
条件。

(3) 地面分析表明, 新疆地区不断有冷空气
补充青海地区冷高压, 使得青海地区的冷高压不
断加强, 冷高压不断有冷空气东移, 冷空气在陕
西抬升暖空气产生降水天气。

参考文献:

- [1] 郭大梅, 李萍云, 胡浩, 等. 一次春季暴雨与盛夏暴雨物理量对比分析 [J]. 陕西气象, 2014, (6): 8-10.
- [2] 牛乐田, 崔钜胜, 胡伟, 等. 2013-05-25 陕西中南部区域性暴雨天气解析 [J]. 陕西气象, 2014, (1): 4-8.
- [3] 纪凡华, 徐娟, 韩风军. 鲁西北西部一次大暴雨过程成因诊断分析 [J]. 陕西气象, 2014 (4): 24-28.
- [4] 刘慧敏, 高维英, 李爱华, 等. 陕西北部一次对流性特大暴雨的中尺度分析 [J]. 陕西气象, 2014 (4): 1-6.
- [5] 司东, 柳艳菊, 马丽娟, 等. 2011年初夏我国长江中下游降水的气候特征及成因 [J]. 气象, 2012, 38 (5): 601-607.