

文章编号: 1006-4354 (2010) 01-0010-04

陕北一次秋季连阴雨过程的天气动力学分析

刘慧敏¹, 魏娜², 万宏卫¹

(1. 榆林市气象局, 陕西榆林 719000; 2. 陕西省气候中心, 西安 710014)

摘要:通过对2007年秋季陕北一次极端连阴雨过程的环流形势、动力结构、水汽输送等分析,结果表明:2007年秋季连阴雨具有雨日长、雨强大、面积广的特点;由于西太平洋副热带高压异常偏北偏西,其外围形成的西南低空急流把充足的水汽输送到陕北;当乌山有阻高建立时,北方冷空气沿脊前下滑,在巴湖形成切断低压,在贝湖形成低涡;贝湖底部分裂小槽南下,冷暖空气在陕北长时间交汇;由于高空西风急流稳定在38°N附近,陕北位于高空急流的出口区,高空急流与副高外围的西南低空急流耦合,提供了持续的上升运动和水汽辐合,从而形成了陕北长时间的连阴雨天气;登陆台风北侧的东风气流为陕北连阴雨期间发生暴雨提供了有利的水汽和不稳定能量。当阻高减弱崩溃,巴湖到新疆有高压脊建立,副热带高压东移南退,陕北上空转为西北气流控制,连阴雨天气结束。

关键词:连阴雨;环流背景;高低空急流耦合;水汽输送

中图分类号: P458.121

文献标识码: B

陕北地处西北内陆腹地,年雨量为400~500 mm,降水主要集中在夏秋季,7—9月降水量占年雨量的70%以上。秋季连阴雨是陕北降水的重要特征。关于我国秋季连阴雨的研究,高由禧^[1]早在20世纪50年代就我国秋雨和秋高气爽的气候特点以及成因作了详细的研究,指出华西秋雨的起迄日期与亚洲上空急流的进退和印度季风的进退有关。刘天适等^[2]对陕西20世纪80年代秋季连阴雨过程作了较系统的分析,建立了秋季连阴雨的中期预报方法。进入21世纪,西北地区西部总降水量趋于增多,极端降水事件趋于频繁。林纾^[3]对西北区中东部2000和2001年出现的连阴雨天气过程总结分析,认为西太平洋副热带高压和海温对西北区中东部秋季连阴雨有较大影响,并总结了西北地区中东部连阴雨的候平均环流形势特征。方建刚等^[4]对2003年陕西秋季连阴雨降水特点及环流条件作了详细分析。本文应用NCEP 2.5°×2.5°再分析资料和陕北连阴雨区域内24个气象站的逐日降水资料,分析这次陕北连阴雨

天气过程的时空分布和大气环流特点,探讨陕北秋季发生连阴雨的环流形势、影响系统、动力结构、水汽来源等特征,提供预报参考。

1 过程概述

2007年9月26日—10月13日,陕西省延安市洛川以北至榆林市24个气象站出现长达18 d的连阴雨,期间有1站暴雨,19站(次)大雨,106站(次)中雨,日最大降水量为50.9 mm,10月6日出现在佳县。这次连阴雨过程降水量占年雨量的30%。雨日分布特点是:延安以南各县较多为16~18 d,延安以北及榆林市较少为12~15 d。降水量单站分布特点是:清涧县降水量最多,雨量为200.5 mm;黄龙县降水量最少,雨量为68.7 mm。区域雨量分布特点是:榆林市平均降水量为145 mm,延安市平均降水量为123 mm,榆林市各县区降水量多于延安市各县区,最大降水中心位于榆林南部至延安北部。这次连阴雨是陕北1951年以来秋季持续性降雨日最长,雨量最大,范围最广的一次连阴雨天气。导致陕北黄河沿线

收稿日期: 2009-07-02

作者简介: 刘慧敏(1967—),女,陕西佳县人,高级工程师,从事天气预报工作。

红枣霉烂绝收, 经济损失惨重。

2 环流形势分析

2.1 500 hPa 环流形势

连阴雨期间 500 hPa 平均高空图上 (图 1), 乌山以东为阻塞高压, 伊朗高原到巴湖为低槽, 贝湖为低涡, 西太平洋副热带高压西脊点位于 90°E , 588 dagpm 北界位于 35°N , 比常年偏北偏西。中纬度大陆为典型的西低东高形势。

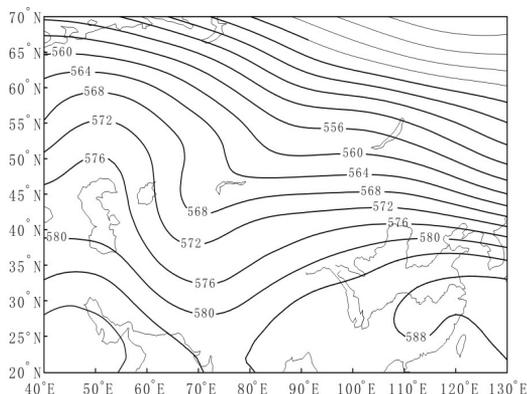


图 1 2007-09-26—10-13 500 hPa 平均环流形势 (单位: dagpm)

乌山阻高 9 月 25 日开始建立, 呈南北向, 脊线位于 50°E , 阻高建立后位置稳定少动, 10 月 10 日转为东北向, 并减弱东移。阻高维持期间, 不断有冷空气从极地沿脊前下滑, 在巴湖和贝湖堆积, 巴湖至贝湖为低槽区, 不断有小槽分裂东移, 携带冷空气从贝湖底部分裂南下。由于副高异常偏北偏西, 副高外围的偏南暖湿气流为雨区输送了大量的水汽, 冷暖空气在陕北长期交汇, 是长时间连阴雨天气的环流背景。

2.2 副热带高压

连阴雨期间, 副高偏西偏北, 但有南北摆动 (表 1), 影响雨带的分布。9 月 25 日, 副高西脊点为 98°E , 588 dagpm 线北界为 37°N , 比平均位置偏西、偏北。26 日, 副高向东南收缩, 同时贝湖底部分裂小槽携带冷空气南下, 陕北连阴雨天气开始。27 日, 随着副高继续南退, 西风带小槽东移, 陕北出现小到中雨。28—29 日, 副高再次西伸北抬, 西脊点为 93°E , 北界位于 36°N , 陕北出现中到大雨。9 月 30 日—10 月 2 日, 副高连续东退到 114°E 以东, 34°N 以南, 陕北大部分县为

表 1 2007-09-25—10-13 副高位置

日期	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5—8	9	10	11	12	13
北界/ $^{\circ}\text{N}$	37	35	35	36	36	35	34	34	34	36	副高 断裂	32	33	33	32	29
西脊点/ $^{\circ}\text{E}$	98	100	104	100	93	105	112	114	106	98		114	112	106	99	98

小雨天气。3—4 日, 副高第 3 次西伸北抬, 西脊点为 98°E , 北界 36°N , 陕北再次出现区域性中雨。5 日起, 受登陆台风北上影响, 副高断裂, 台风低压北上到 27°N , 115°E , 受其北侧外围东风气流的水汽输送, 陕北 6 日出现连阴雨区域性中到大雨, 局地出现暴雨, 是这次连阴雨过程中雨量最大的一天, 而且榆林市雨量明显偏大。

8 日起, 台风低压减弱, 副高第 4 次西伸北抬到 112°E , 北界位于 33°N , 陕北又出现小到中雨。10 日后, 副高虽然西伸到 106°E , 但北界南退到 34°N 以南, 陕北降水趋于结束。13 日后, 副高东退到 120°E 以东, 32°N 以南, 陕北完全为西北气流控制, 天气转晴, 连阴雨结束。

与方建刚等^[4]分析 2003 年陕西秋季多连阴雨期间, 西太平洋副热带高压脊线一直徘徊在 $25^{\circ}\text{N}\sim 29^{\circ}\text{N}$ 相比, 2007 年陕北秋季连阴雨期间, 副高脊线北抬到 $28^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}$, 表明陕北连阴雨期间副高稳定但位置偏北, 强度偏强。

2.3 700 hPa 低空急流

连阴雨期间 700 hPa 图上, 青藏高原为热低压, 河套为冷槽, 高原东侧与副高之间为一致的西南气流, 9 月 26 日 700 hPa 在陕西上空形成 $> 12\text{ m/s}$ 的西南风低空急流 (图 2a), 低空急流与冷槽在陕北形成切变线, 降水高值区位于低空急流的左前侧。由于长波系统稳定少动, 中小尺度系统活跃, 中低空切变线和急流在陕北地区不断

生消,降水得以持续。10日以后,急流南退减弱,陕北降水逐渐结束。

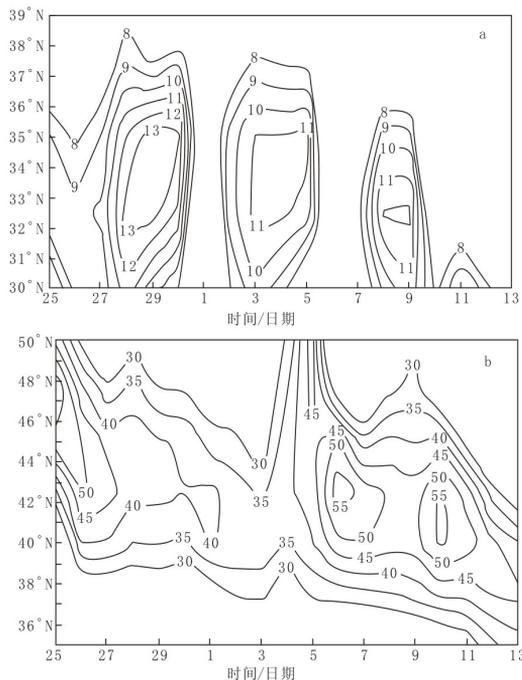


图2 2007-09-25—10-13 700 hPa (a) 和 300 hPa (b) 风速沿 109°E 时间剖面图 (单位: m/s)

2.4 300 hPa 高空急流

高空急流的辐散和抽吸作用以及高低空急流的耦合,使得连阴雨期间维持较强的垂直运动,提供了持久的上升气流,降水与急流位置和强度密切相关(图2b)。9月25日,高空西风急流建立,急流轴位于45°N~50°N,26日急流轴南压到43°N~45°N,风速达40 m/s,陕北开始出现降水,此后,急流一直稳定在该位置,陕北维持中到大雨。30日急流减弱南压到39°N,这时由于低空急流的作用,降水仍然持续,但强度减弱为小到中雨。10月5日,高空急流再次加强,急流轴位于43°N,中心风速达到55 m/s,陕北出现区域性大雨,局地暴雨。7日后,高空急流虽然存在,但700 hPa低空急流减弱,导致降水减小。11日后高空急流南压到39°N以南,陕北降水结束。

上述分析可知,连阴雨与高低空急流的共同作用密切相关,当高空急流稳定在40°N~45°N时,陕北位于高空急流左侧的辐散区,这时低空

急流较强时,高低空急流的耦合作用明显,辐合上升运动较强,有大到暴雨天气;若仅有高空急流,没有低空急流或切变线配合,则无明显降水,或仅为小雨;当高空急流较弱,但低空急流较强时,有中到大雨天气。

3 物理量分析

3.1 垂直运动

通过连阴雨期间垂直运动分析发现,陕北上空以上升运动为主,也有弱的下沉运动。连阴雨结束后,对流层整层转为较强的下沉气流。在榆林(39°N、109°E)9月25日—10月13日的垂直运动时间剖面图上(图3),25—30日、4—5日、9日800~200 hPa均为上升气流,最大上升区较高,位于500~400 hPa,最大上升速度为0.15 hPa/s。1—3日、6—8日、10日为弱下沉运动,下沉运动中心较低,位于700 hPa附近,与雨滴降落时对空气产生的拖拽作用有关。13日降水结束后整层均为强下沉运动,与连阴雨期间的弱下沉运动有明显的区别。

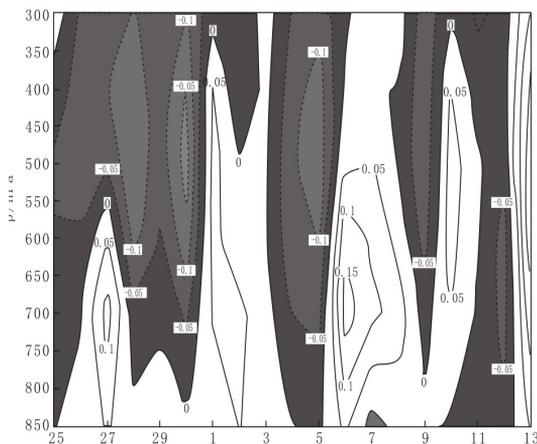


图3 2007-09-25—10-13 榆林(39°N, 109°E) 垂直运动时间空间剖面图(单位: hPa/s, 阴影区为上升运动)

3.2 水汽输送

水汽输送主要是700 hPa和850 hPa。对连阴雨期间水汽通量和水汽通量散度分析发现(图4),700 hPa有南海和孟加拉湾两支水汽向陕北输送,孟加拉湾水汽沿高原东侧向北输送,南海水汽沿副高外围西南气流向北输送,两支水汽在高原东侧汇合后通过西南低空急流输送到陕北,

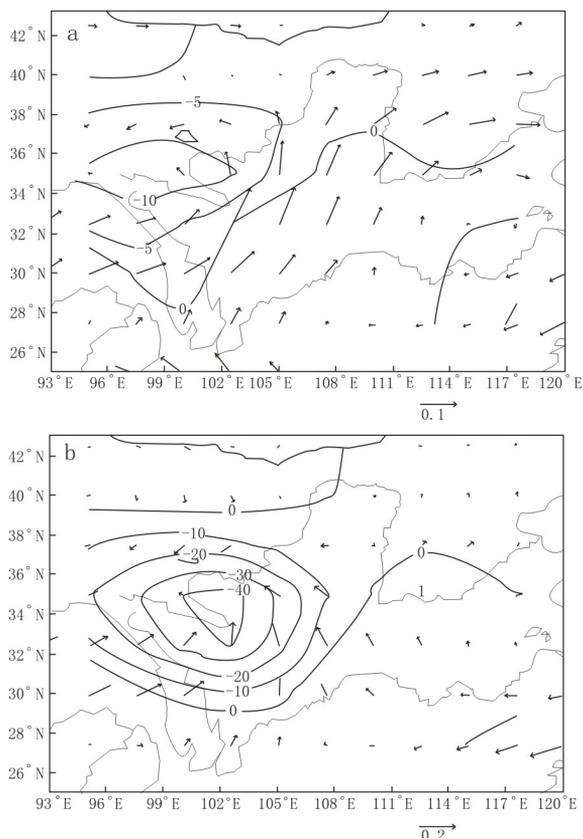


图4 2007-10-05 700 hPa (a) 和 850 hPa (b) 水汽通量(矢量, 单位: $10^{-1}g/(hPa \cdot cm \cdot s)$) 和水汽通量散度(等值线, 单位: $10^{-7}g/(hPa \cdot cm^2 \cdot s)$)

陕北的辐合强度 $< -6 \times 10^{-7}g/(hPa \cdot cm^2 \cdot s)$ 。同时, 850 hPa 来自南海的水汽在沿副高外围偏东气流的携带下, 在四川盆地形成水汽辐合, 陕北的辐合强度 $< -10 \times 10^{-7}g/(hPa \cdot cm^2 \cdot s)$ 。可见陕北秋季连阴雨期间 850 hPa 水汽辐合更强, 对连阴雨的贡献更显著。

在连阴雨后期即 10 月 5—9 日, 登陆台风北侧偏东气流为陕北连阴雨提供了来自东海的水汽输送, 3 股水汽的共同作用, 导致陕北 6 日出现连阴雨中的暴雨。在本次天气过程中登陆台风对陕北降水的影响, 与张弘等^[5]分析台风影响陕北暴雨的水汽来源结论一致。

4 小结

根据上述分析可知, 造成陕北秋季连阴雨的主要因子有乌山阻高建立、副热带高压偏北偏西、

高空低空急流在陕北形成耦合、高原东侧有水汽通量辐合区。

4.1 乌山阻高建立后, 冷空气不断沿脊前下滑, 并通过巴湖或贝湖分裂小槽东移, 为连阴雨提供了冷空气来源。

4.2 西太平洋副热带高压偏西偏北, 西伸到 $100^{\circ}E$ 以西, 北界位于 $35^{\circ}N$ 以北, 并且位置稳定, 副高外围的偏南暖湿气流为雨区输送了大量的水汽。

4.3 高空急流建立并稳定位于 $40^{\circ}N \sim 45^{\circ}N$ 附近, 低空急流在高原东侧建立, 陕北位于高空急流出口区右侧, 低空急流出口区左侧, 高空强辐散与低空强辐合在陕北地区形成耦合, 有利于垂直运动发展和水汽垂直输送。

4.4 中低层高原东侧有较大的西南气流和偏南气流, 在高原东侧形成水汽辐合, 陕北辐合强度达到 $-10 \times 10^{-7}g/(hPa \cdot cm^2 \cdot s)$, 是持续连阴雨重要的水汽和热量条件。

4.5 登陆台风北上, 其北侧外围的东风气流将大量水汽和不稳定能量输送到陕北, 是陕北出现连阴雨中暴雨的有利条件。

4.6 乌山阻高崩溃, 副热带高压减弱东移南退, 新疆高脊建立, 陕北受高空西北气流控制, 连阴雨天气结束。

参考文献:

- [1] 高由禧. 我国的秋雨现象 [J]. 气象学报, 1958, 29 (4): 264-270.
- [2] 刘天适, 周全瑞. 1981 年 8 月 13~24 日汉中、宝鸡地区连阴特大暴雨天气分析 [J]. 陕西气象, 1983 (5): 13-15.
- [3] 林纾, 章克俭. 西北地区中东部 2000 年与 2001 年秋季连阴雨分析 [J]. 气象, 2003, 29 (2): 34-38.
- [4] 方建刚, 白爱娟, 陶建玲, 等. 2003 年陕西秋季连阴雨降水特点及环流条件分析 [J]. 应用气象学报, 2005, 16 (4): 509-516.
- [5] 张弘, 陈卫东, 孙伟. 一次台风与河套低涡共同影响的陕北暴雨分析 [J]. 高原气象, 2006, 25 (1): 52-59.