

文章编号: 1006-4354 (2004) 04-0006-04

陕西历史最早暴雨成因初步分析

梁生俊, 宁志谦

(陕西省气象台, 陕西西安 710015)

摘 要: 利用天气学原理和 T213 提供的物理量场分析了 2004-02-20 发生在陕西历史上最早的暴雨过程, 发现此次暴雨是在新疆分裂冷空气、高原槽、低涡切变和地面倒槽的共同影响形成的, 环流形势为“东高西低”和“北槽南涡”, 西南低空急流、低涡切变是此次暴雨的直接影响系统, 动力结构为高层强辐散和低层强辐合, 能量场具有典型的“Ω”中尺度结构, 700 hPa 层 SW 低空暖湿急流是主要水汽和能量输送系统, 暴雨区水汽辐合强烈, 暴雨发生在水汽通量的最大梯度处, 与夏季暴雨水汽特征相似。

关键词: 最早暴雨; 成因分析; SW 急流

中图分类号: P458.121

文献标识码: B

2004-02-19—20 受新疆分裂冷空气、高原槽、低涡切变和地面倒槽的共同影响, 陕西出现了一次区域性大到暴雨降水过程, 陕西北部地区为小到中雨, 中南部为中雨以上, 共出现 37 mm 以上降水 13 县, 汉中洋县为暴雨(53.6 mm), 大降水雨带从汉中到关中东东部为 SW—NE 走向(图 1)。此次暴雨天气过程发生时间之早为历史之最, 预报难度大, 同时在地处西北干旱半干旱地区, 2 月为冬末春初, 强降水难以发生, 如此早出现强降水十分罕见, 有必要从环流演变特征和物理量分布上分析其成因。为认识此类暴雨提供科学参考。

1 天气尺度环流分析

1.1 暴雨发生前“东高西低”形势的建立

18 日 20 时 500 hPa 上, 亚洲中高纬地区维持纬向多短波槽环流, 南支系统相对转为活跃期, 东倾歪脖子高压脊位于河套地区, 华北南部存在一切断低压, 新疆到高原上为一个深厚高空槽, 槽后冷平流较强, 孟加拉湾为一个较强的南支槽。到 19 日 20 时, 在高原冷槽的冲击下, 河套地区的高压脊东移到华北西部, 原位于新疆东部高原槽东移到河西, 在新疆东部的 95°E 附近发展形成一个较强的温度槽, 等温度线与高度线几乎垂直, 强

冷平流促使低槽发展与南支槽合并加深, 槽前从孟加拉湾到河套南部的 SW 急流建立, 河套地

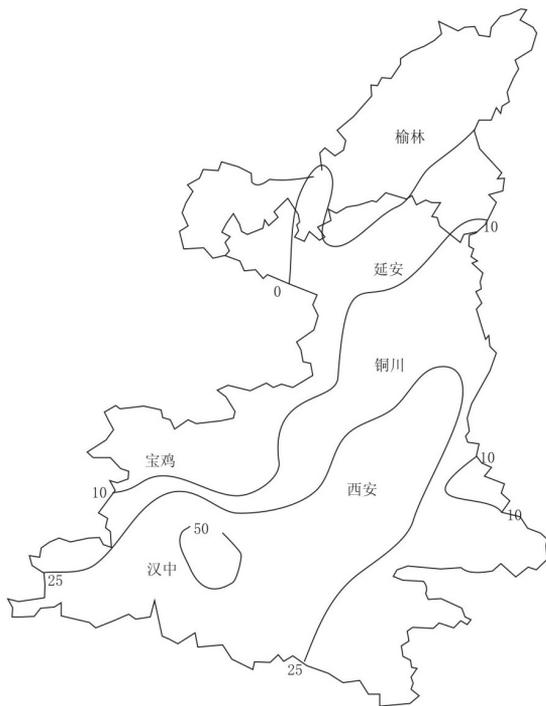


图 1 2004-02-19—20—20 降水实况

收稿日期: 2004-04-02

作者简介: 梁生俊 (1964-), 男, 山西运城人, 硕士, 高工, 从事天气预报和技术研究。

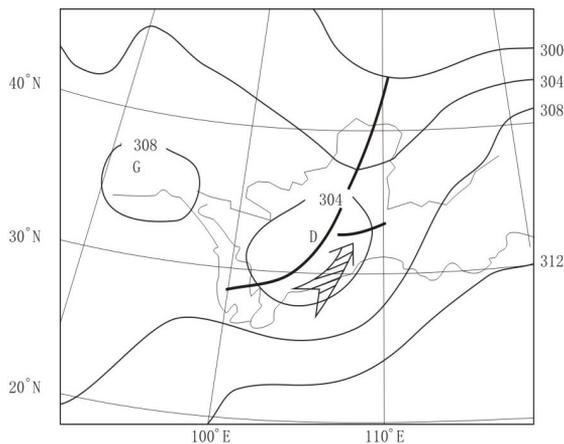
区处于高空槽前和华北高压脊后, 由于高压脊阻挡, 高空槽在河套地区发展加深, 移动缓慢, 有利的大降水形势建立。18日20时700 hPa图(图略)上, 华北有弱脊隆起, 高原东部到河套地区维持一宽广的高原槽, 槽线位于 100°E 附近, 青海东部形成一个西北涡, 槽前形成一支从四川到甘肃中部 $\geq 12\text{ m/s}$ 的SW暖湿急流, 华北西南部有一切断低涡, 其底部形成一支从山东到河套东部的 $\geq 8\text{ m/s}$ 偏东气流。温度场上, 河套西部有一温度脊, 华北弱脊后部暖平流强盛, 该弱脊将逐渐加强, 河套到川北低层增温增湿明显, 促使不稳定能量聚集。到19日20时, 受高原冷空气的冲击, 高原槽东移到河套上空, 低涡南压到四川北部和陕南, 华北高压脊明显隆起, 四川到河套中部形成低槽切变, SW低空急流加强东移, 在陇南的武都和汉中一带形成东南风与偏南风的横切变线, 高低空环流形势调整为典型的“东高西低”形势, 经向度加大。

1.2 暴雨发生时“北槽南涡”环流特征

20日08时500 hPa图(图2)上环流形势经向度明显加大, 华北东部的高压脊隆起加强, 脊线位于 120°E , 北支槽位于内蒙中部, 槽后有强的冷平流, 受高压脊的阻挡, 偏北移并向北收缩减弱; 四川到河套的低槽由于华北高压的阻挡和高原冷空气共同作用, 逐渐加深, 槽线位于 105°E , 在高原南侧从孟加拉湾到西藏发展形成一个明显的低槽, 槽线位于 90°E , 槽前建立了一支从孟加

拉湾经四川到河套南部SW急流; 温度槽发展东移到青海省, 槽后有强冷平流维持, 河西高空锋区加强。大降水发生在SW急流的左侧。

20日08时700 hPa图(图3)上为典型的“北槽南涡”型, 河套北部到内蒙中部为一高空槽, 槽线位于 108°E 附近, 低涡移到川北到陕南, 中心位于(107°E , 33°N), 河套中部的 106°E 形成一个南北向的偏北风和偏南风的切变线, 低涡底部到四川形成SW—NE走向的低空切变, 低涡前部有东西向的横切变存在, 此切变呈人字型; 高原上有较强的温度槽发展, 高原到河套地区冷平流强盛, 说明低涡切变的斜压性强, 有利于低涡切变的进一步发展维持; 南支槽位于孟加拉湾北部, 其前部的西南风与低涡前部 $\geq 12\text{ m/s}$ 的SW暖湿急流打通, 为大降水区输送了大量的水汽和不稳定能量, 由此可知, 此次暴雨的水汽源地为孟加拉湾。



箭头为低空急流

图3 2004-02-20-08 700 hPa 高度场

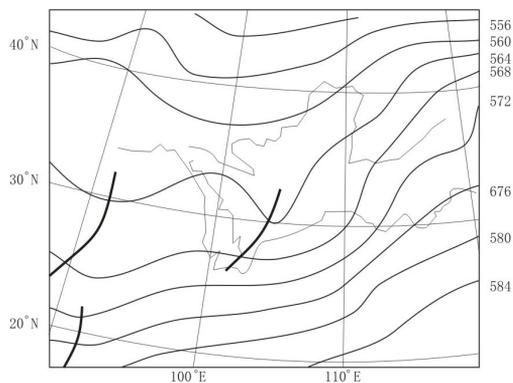


图2 2004-02-20-08 500 hPa 高度场

1.3 地面倒槽(气旋)和冷空气分析

18日20时的地面上, 青藏高原东部到河西地区有SW—NE走向的倒槽发展, 甘肃西南部有地面气旋发展维持, 地面冷空气从新疆分裂为两股, 一股爬上高原并东南移动, 在青海中部形成强大冷锋; 到19日20时倒槽东移到河套西部地区, 气旋南压到川北, 冷锋移到河套地区到四川呈SW—NE走向, 地面辐合中心位于川北到汉中一带, $T - T_d \leq 4^{\circ}\text{C}$ 湿舌从四川东北伸展到河套底部; 在川北

到陕南形成一条偏南风与东北风的横切变辐合线。到 20 日 08 时,冷空气前锋南压到河套西部,在冷空气的推动下,倒槽与冷锋东移了 1~2 经度,地面气旋位置变化不大,中心强度增大,其东北象限的气旋性曲率明显加大,东北风和东南风的切变辐合线位于陕南一带,对应有大面积的不稳定性降水产生。由此可知,大降水为锋前暖区降水,同时冷空气主体偏北移,高原冷空气势力相对弱,因此倒槽和气旋得以长时间维持,地面有利的降水形势不易破坏,从而产生暴雨。

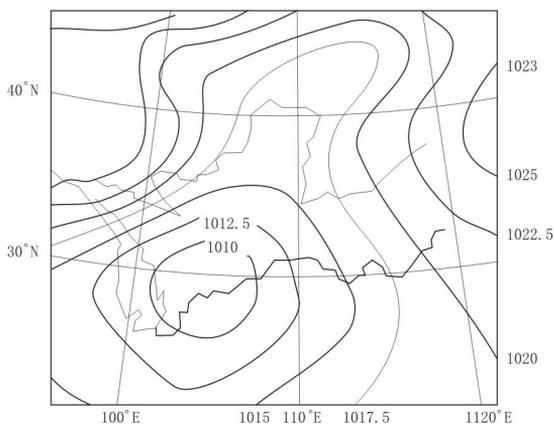


图 4 2004-02-20-08 地面气压场

2 物理量特征分析

暴雨总是在有利的大尺度环流背景下引起中尺度对流系统发生发展的结果^[1]。此次暴雨发生在冬末的 2 月份,其动力、热力、能量和水汽特征应有其特殊性。利用 T213 提供的各层物理量来分析揭示此次暴雨的动力、热力和水汽特征。

2.1 涡度和散度特征

18 日 20 时 700 hPa 层上,对应高空形势在河套地区到川东为负涡度区(图略),甘肃到川西为正涡度,随着高空槽和低涡切变的东移,19 日 08 时正涡度区东南压到河套西部和四川中部,中心值加大,19 日 20 时正涡度区控制河套到四川一带,与低涡对应应在川北到陕南西部有一个 $50 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 的正涡度中心。20 日 08 时暴雨开始时,川北到陕南西部的正涡度轴呈 SW—NE 走向, $60 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 的涡度中心位于川北到汉中附近,与暴雨区有较好的对应,说明暴雨区低层有气旋辐合。

分析 300 hPa 层的散度(图略)发现,18 日 20 时河套到四川为负散度,19 日 20 时正散度区控制陕南和川北,中心值为 $30 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$,20 日 08 时暴雨开始时,正散度区缩小控制陕南地区(暴雨区),中心值达 $60 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$,说明高层有强辐散;分析 700 hPa 散度可知,20 日 08 时在甘肃东南部和陕西西南部为负散度区,中心值为 $-40 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$,说明低层辐合明显。这样高层强辐散和低层强辐合为暴雨产生提供了有利的动力条件。

2.2 能量场特征

一般用 K 指数和假相当位温 (θ_{se}) 来表征大气的场特征。18 日 08 时 700 hPa 层的 θ_{se} 分布,高原东部到华北为低值区;19 日 08 时 θ_{se} 高值区控制了河套和四川,中心位于川北到汉中附近;20 日 08 时暴雨开始时,700 hPa 层 θ_{se} 大值区东南压,其最大梯度(能量锋)位于陕西西部到四川呈 SW—NE 走向,暴雨区位于能量锋里。分析 K 指数的演变发现,18 日 20 时开始逐渐增大,到 19 日 08 时四川到陕南出现 16°C 的大中心,最大梯度位于陕南西部的汉中;19 日 20 时大中心东北伸展到川北和汉中一带,最大中心为 28°C ,呈典型的“ Ω ”结构(图 5),到 20 日 08 时暴雨开始时,受高原冷空气冲击,大中心明显东南压,中心为 32°C ,大梯度位于汉中附近,与暴雨区对应。上述分析说明此次暴雨具有明显的中尺度特征, K 指数跃变升高。

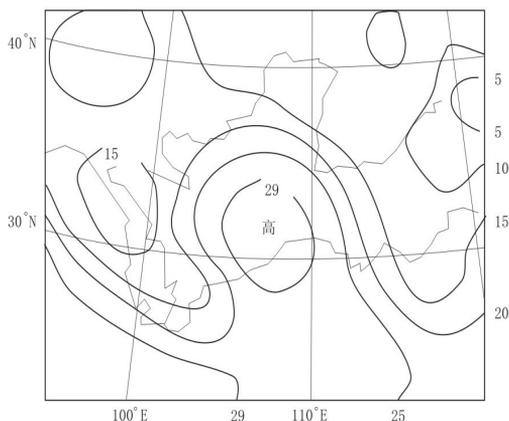


图 5 2004-02-19-20 K 指数分布(单位: $^\circ\text{C}$)

2.3 水汽输送分析

从比湿 (q) 演变来看,18 日 20 时大比湿区

位于长江以南, 19日08时在四川到甘肃南部出现了大值区, 中心值 $q=4\text{ g/kg}$; 19日08时 $q=4\text{ g/kg}$ 的大比湿区东北伸展到陕西西南的汉中, 呈“Ω”结构(图略)。分析700 hPa层的水汽通量可以清楚暴雨区的水汽输送通道, 19日08时在陇东南出现一个中心值达 $8\text{ g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 大值区, 从孟加拉湾东北伸展到河套, 大值轴线呈SW—NE走向, 与SW低空暖湿急流走向基本一致, 说明暴雨区水汽主要来自孟加拉湾, SW低空急流是水汽输送的主要系统, 到20日08时大水汽通量中心东南压(图6), 暴雨区处于水汽通量最大梯度里。从700 hPa层水汽通量散度分布上可以发现, 20日08时在暴雨区的汉中附近出现一个中心值达 $-10\times 10^{-7}\text{ g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 的水汽辐合中心, 与低涡和SW低空急流有较好的对应关系, 暴雨区与此中心对应, 说明暴雨区有强

烈的水汽辐合, 这与夏季暴雨的水汽特征基本一致。

3 小结

3.1 陕西历史最早暴雨过程发生在天气尺度环流从纬向平直西风气流调整为经向环流后, 环流经向度加大, 环流形势为“东高西低”和“北槽南涡”的有利形势下。

3.2 新疆冷空气分裂冲上高原形成高原低槽并东移出高原, 华北高压脊稳定少动, 西南低空急流建立发展北伸, 低涡切变加强且稳定少动是此次暴雨的直接影响系统。

3.3 高层强辐散和低层强辐合是此次暴雨的动力结构, 能量场具有典型的“Ω”结构中尺度结构, 暴雨开始时 K 指数跃升, 这与夏季暴雨的特点基本一致。

3.4 700 hPa层SW低空暖湿急流是此次暴雨的主要水汽和能量输送系统, 孟加拉湾是主要水汽来源, 暴雨区有强烈的水汽辐合, 暴雨发生在大水汽通量的最大梯度处, 与夏季暴雨水汽特征相似。

参考文献:

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨 [M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [2] 丁一汇. 中尺度天气和动力学研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1996: 145-152.
- [3] 赵玉春, 王仁乔, 郑启松, 等. 长江中游暴雨中尺度天气系统的观测分析 [J]. 气象, 2003, (11): 14-20.

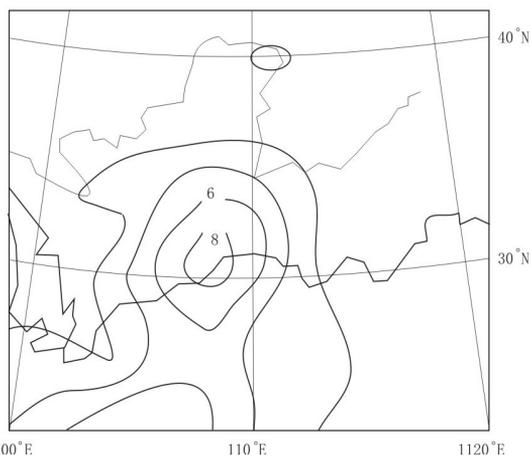


图6 2004-02-19-08 700 hPa水汽通量
(单位: $\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$)

第23届全国气象青少年夏令营8月在西安开营

陕西省气象学会承办的主题为“历史文化与生态气候”的第23届全国青少年气象夏令营, 将于8月1日至6日在西安举办。主要活动内容有: 气象科普教育; 参观革命圣地延安; 浏览黄河壶口瀑布; 拜谒黄帝陵; 参观游览秦兵马俑、华清池、乾陵、法门寺等名胜古迹。