

文章编号: 1006-4354 (2013) 01-0005-06

2011 年宁夏 2 次连阴雨天气对比分析

马筛艳^{1,2}, 沈跃琴³, 杨 婧², 辛尧胜³, 王丽婧²

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 银川 750002;

2. 宁夏气象服务中心, 银川 750002; 3. 宁夏气象台, 银川 750002)

摘 要: 利用 NCEP/NCAR 北半球逐日再分析和 T213 实况要素场资料, 对宁夏 2011 年 8 月 14—20 日和 9 月 14—19 日两次连阴雨过程从形成机理、降水落区、降水强度等进行对比分析。结果表明: 大范围持续降水的产生既要具备充足的水汽条件, 又要有深厚的动力条件与之配合; 相对湿度与垂直上升速度大值中心重叠区对预报连阴雨期间强降水出现的时段与落区有指示作用; 2011 年 8 月 14—20 日的连阴雨过程发生在纬向环流相对稳定时期, 副高脊线较常年偏南, 而 9 月 14—19 日连阴雨过程发生在经向环流相对稳定时期, 副高脊线较常年偏北。

关键词: 连阴雨; 形成机理; 对比分析; 宁夏

中图分类号: P458.1

文献标识码: A

连阴雨是在大尺度环流背景下, 关键地区天气系统影响的结果。国内对西北地区东部的连阴雨研究已做了不少工作, 林纾^[1]等分析总结了西北地区中东部连阴雨的候平均环流特征; 冯军^[2]等对甘肃省 2001 年 9 月和 10 月两次连阴雨过程的环流形势和影响系统进行了对比分析; 王秀文^[3]等分析指出阻塞高压形势且贝加尔湖附近伴有冷涡是造成北方连阴雨天气最主要的环流特征; 方建刚^[4]等分析了陕西 2003 年秋季连阴雨降水特征和形成特点; 沈跃琴^[5,7]等对 2007 和 2008 年宁夏两次连阴雨过程进行了对比分析; 辛尧胜^[8]等分析了 2009 年宁夏三次秋季连阴雨发生的环流形势及风场、动力热力和水汽条件等演变特征的异同; 刘天适^[9]等对西北地区秋季连阴雨过程做了较系统分析, 建立了秋季连阴雨的中期预报方法。

2011 年 8 月 14—20 日、9 月 16—19 日, 宁夏出现了两次连阴雨过程。本文试图从环流背景、地面气压场、温度、动力、热力、水汽等方面对两次过程进行对比分析, 揭示两次阴雨过程形成机理的异同。使用的格点资料为 1981—2010 年的

NCEP/NCAR 再分析资料, 分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$; T213 逐日客观分析场, 分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$; 物理量为 12 层等压面、温度、假相当位温、相对湿度和水汽通量散度。

1 降水实况

2011 年 8 月 14—20 日, 宁夏中南部地区出现了 6~7 d 的连阴雨天气 (简称过程 1)。全区累计降水量普遍在 15~150 mm, 银川以南大部地区超过 25 mm, 六盘山区降水量超过 100 mm, 其中最大降水量出现在泾源荷花沟为 204 mm。较强降水主要出现在 4 个时段, 分别为 14 日夜间到 15 日清晨、15 日夜间、17 日白天到夜间以及 19 日夜间到 20 日白天 (图 1a)。

9 月 16—19 日, 宁夏全区出现了 4 d 的连阴雨天气过程 (简称过程 2), 宁夏中南部地区累计降水量 10 mm 以上, 固原市部分地区超过 50 mm; 最大累计降水量出现在泾源县泾源河, 达 92.2 mm。较强降水主要集中在 16 日白天到夜间、17 日白天到夜间 2 个时段 (图 1b)。

比较两次阴雨实况发现, 虽然过程 1 只是出现在南部地区, 但从降水强度和大降水出现的范

收稿日期: 2012-05-25

作者简介: 马筛艳 (1977—), 女, 汉族, 陕西咸阳人, 本科, 天气气候工程师, 主要从事天气预报及研究。

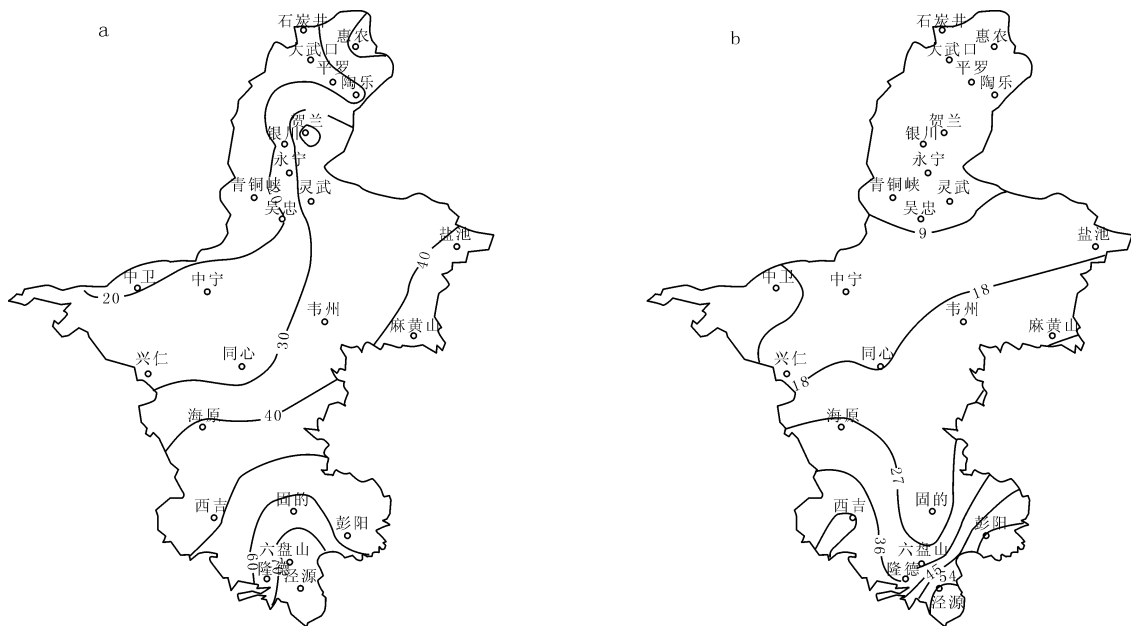


图1 2011-08-14T08—21T08 (a)、09-16T08—19T08 (b) 降水量分布图 (单位: mm)

围来看,明显强于过程2。

2 大尺度环流背景及影响系统

2.1 西风环流指数

从西风环流指数演变来看(图略),两次过程发生前后,亚洲地区中高纬度大气环流均发生了明显调整。过程1,亚洲中高纬地区由经向环流转为纬向环流,连阴雨发生在纬向环流相对稳定时期;过程2,亚洲中高纬地区由纬向环流转为经向环流,连阴雨发生在环流经向度最大且相对稳定时期。

2.2 500 hPa 环流特征及高度距平场

西太平洋副热带高压(以下简称“副高”)对宁夏天气变化有着重要影响,特别是在连阴雨形势下,副高为连阴雨过程提供有利的大尺度环流背景和源源不断的水汽。强降水落区随着副高的西伸北抬而向西、向北移动。

2.2.1 过程1环流形势特征——纬向型 500 hPa 平均高度场上(图2a),欧亚中高纬地区环流以纬向型为主。乌拉尔山至巴尔喀什湖北部及贝湖东部为宽低压槽,贝湖附近为弱高压脊,亚洲中纬度气流平直。副高脊线较常年同期偏南1~2个纬距,西脊点位于110°E附近;副高边缘的西南暖湿气流与东移南压冷空气持续交汇于宁夏南部地区,造成吴忠、中卫两市南部及固原市出现

了连阴雨天气,而中北部地区受分股东移冷空气影响出现间歇性降水。

2.2.2 过程2环流形势特征——经向型 500 hPa 平均高度场上(图2b),欧亚中高纬度环流稳定维持两槽一脊型,巴尔喀什湖到贝加尔湖之间为一强高压脊,乌拉尔山附近及贝湖东侧均有深低压槽,两低压槽分股扩散的冷空气分别从西路和东北方向在甘肃、宁夏上空汇集,使亚洲东部中纬度锋区得以维持。与此同时,副高较常年偏北偏强,西脊点位于100°E附近。高原以及印度半岛到孟加拉湾北部为一槽区,随着副高的西伸北抬,在90°E~110°E维持的西南气流与40°N~35°N附近的锋区形成稳定的辐合区,在冷空气与副高边缘的西南暖湿气流连续作用下产生了全区性连阴雨天气。

2.2.3 平均高度距平场 从500 hPa 平均高度距平场上可看到,过程1在巴尔喀什湖南部—青藏高原—印度半岛,孟加拉湾北部至中南半岛地区为正距平,巴尔喀什湖以北则被负距平控制(图3a)。过程2在30°N~50°N、60°E~110°E范围均为负距平区,在70°E~120°E、30°N~50°N范围内,为一较强的正距平区。副高较常年明显偏北,副高在西伸北抬的过程中与华北高压脊合并,在河套及以东地区形成了稳定的高压坝(图3b)。

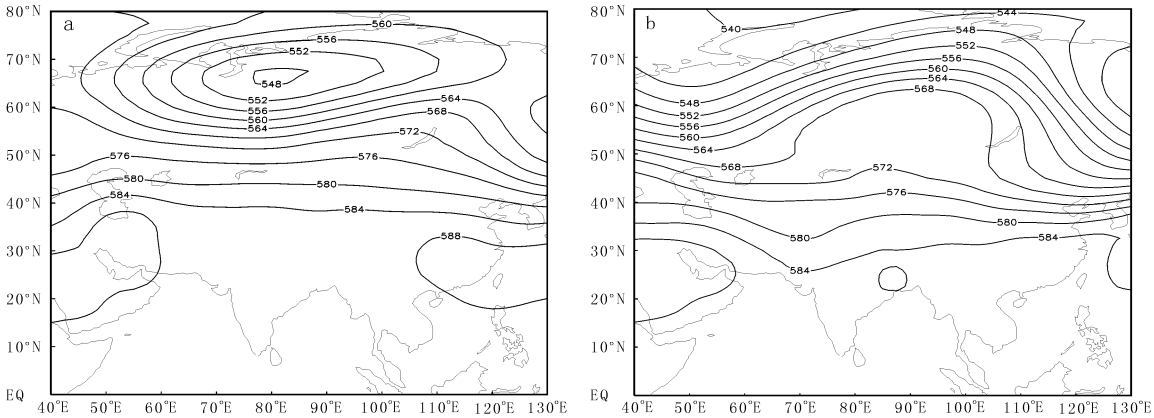


图 2 2011-08-14—21 (a)、09-16—20 (b) 500 hPa 平均高度 (单位: gpm) 图

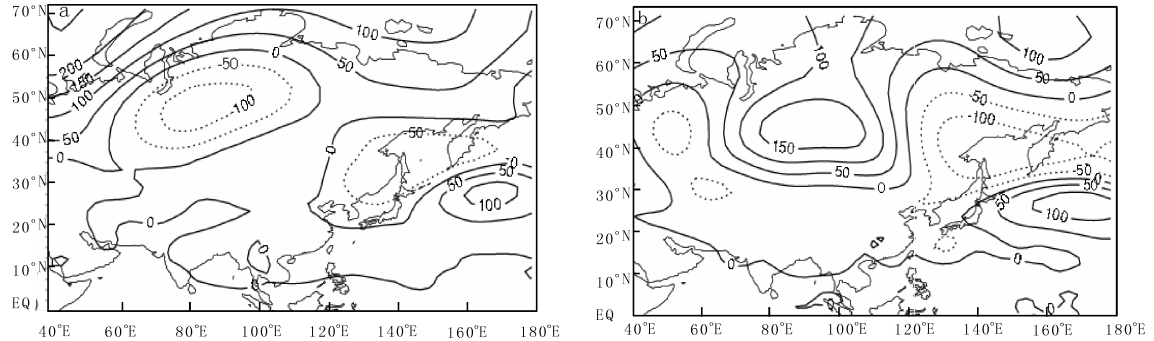


图 3 2011-08-14—21 (a)、09-16—20 (b) 500 hPa 高度距平 (单位: gpm) 图

2.3 低层 (700~850 hPa) 影响系统

通过 850 hPa 图分析过程 1 发现 (图略), 8 月 14—17 日 100°E~110°E、30°N~37°N 范围内均有高原低涡生成且维持, 700 hPa 上在 100°E 附近 (30°N~37°N 范围内) 也有低涡存在, 而在 500 hPa 上 14 日 20 时至 15 日 20 时、16 日 20 时至 17 日 20 时均有冷空气从巴湖附近低压槽中分股东移, 使得高原低涡东移, 配合副高影响, 造成了宁夏 15 日白天到夜间南北两头和 17 日白天到夜间大部地区出现了持续性较强降水。850 hPa 图上显示, 过程 2 在 9 月 16 日和 17 日, 100°E 附近 (30°N~37°N 范围内) 有高原低涡生成, 在 500 hPa 上 16 日从贝湖附近冷槽中有冷空气扩散南压; 17 日从乌山低压槽中有分股冷空气穿脊东移。在冷空气引导下, 高原低涡东移, 配合副高西伸北抬影响, 造成 16 日白天到夜间吴忠市东南部、中卫市大部及固原市出现了中雨, 固原局地大雨; 17 日白天到夜间固原市降中雨, 泾源大

雨。

2.4 地面影响系统

贵州省气象台熊方等分析研究认为: “热低压生成和发展初期, 大气层结处于稳定状态, 在热低压填塞时热低压控制区大气层结很不稳定, 最不稳定区域位于热低压中心偏南的位置”^[10-11]。过程 1 期间的地面影响系统起源是蒙古气旋 (图略), 东移南压过程中形成了西南东北向的河套热低压。8 月 11—12 日, 在锋前暖平流的作用下蒙古到我国新疆生成了热低压 (即蒙古气旋), 13 日热低压进入河套地区 (为西南东北向) 且缓慢南压, 14—18 日受不断扩散东移冷空气影响, 低压范围逐步缩小, 19 日地面热低压消失。由此可见, 8 月 14—18 日地面河套热低压天气系统的维持为过程 1 期间较强降水的产生积累了足够的不稳定能量。

另外, 分析 14—18 日逐日海平面气压图 (图略) 发现, 15 日、17 日分别有冷锋从新疆和蒙古

西部进入宁夏 (17 日锋面强于 15 日), 在冷空气及高空槽的共同作用下, 河套热低压在宁夏地区被逐步填塞 (减弱), 有不稳定能量释放, 18 日—19 日移至宁夏固原地区的热低压彻底被填塞消失, 不稳定能量被完全释放, 造成了 15 日贺兰山北段和固原市六盘山区、17 日全区大部、19 日固原市大部的强降水。过程 2 期间, 河套地区并无地面热低压建立维持, 宁夏则主要受地面冷锋东移南压影响。

2.5 温度分布

由图 4a 可看出, 在过程 1 期间, 温度 0°C 线均位于 500 hPa 附近, 9°C 线基本位于 700 hPa 附近, 而 850 hPa 基本受 21°C 线至 18°C 线控制, 500 hPa 与 850 hPa 之间温差达 18°C 以上, 700 hPa 与 850 hPa 之间温差达 9°C 以上, 这种上冷下暖的配置为此次连阴雨过程

提供了较好的热力不稳定条件。特别是 8 月 14—15 日, 低层 (800~900 hPa) 温度垂直递减率明显大于其他时间, 可以判断出低层暖平流较强, 且有明显冷空气东移影响, 热力不稳定条件强盛, 为此在过程 1 期间 14 日夜间到 15 日夜间全区出现了雷阵雨, 其降水强度最大。分析图 4b 可看出, 过程 2 期间 600~900 hPa 均处于冷温度槽中, 温度 0°C 线南压在 700 hPa 附近, 850~900 hPa 基本处于 $6\sim 9^{\circ}\text{C}$ 线之间。与过程 1 相比, 由于过程 2 属冷锋 (移速较慢) 影响产生降水天气, 宁夏长时间处在锋区中, 冷空气很快控制宁夏大部分地区, 因此在其温度垂直剖面图上体现出整层气温较低, 且冷空气由高层至低层近乎垂直入侵, 不具备不稳定条件。所以过程 1 降水强度明显大于过程 2。

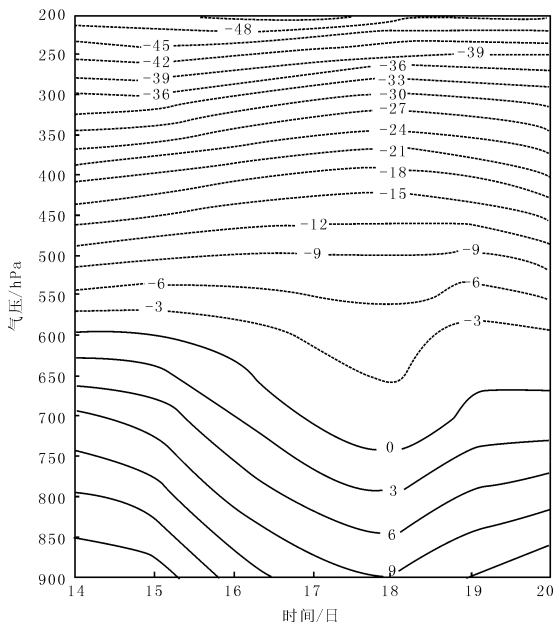
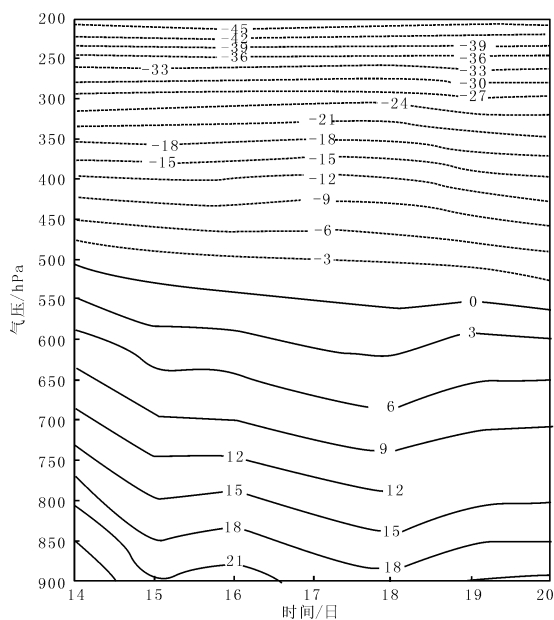


图 4 2011-08-14—21 (a)、09-16—20 (b) 106°E 、 38°N 平均温度 (单位: $^{\circ}\text{C}$) 时间垂直剖面图

2.6 物理量场

2.6.1 水汽通量散度 分析沿 107°E 的平均水汽通量散度垂直剖面发现, 过程 1 期间在 $35^{\circ}\text{N}\sim 36^{\circ}\text{N}$ (宁夏固原市) 从 500~750 hPa 维持 $(-1\sim -2)\times 10^{-8}\text{ g}/(\text{cm}^2\cdot \text{hPa}\cdot \text{s})$ 的辐合区, 750~850 hPa 维持 $(-1\sim 0)\times 10^{-8}\text{ g}/(\text{cm}^2\cdot \text{hPa}\cdot \text{s})$ 的辐合区; 在 $37^{\circ}\text{N}\sim 39^{\circ}\text{N}$ 从 500~750 hPa 有

辐合区, 但低层 (750~850 hPa) 却维持有弱辐散区 (图略), 即宁夏固原市上空从 500~850 hPa 整层均处在水汽辐合区, 而中北部地区在中层有水汽辐合, 低层水汽辐合条件不好。过程 2 期间在 $35^{\circ}\text{N}\sim 38^{\circ}\text{N}$ 从 500~750 hPa 维持辐合区, 750~850 hPa 则维持有弱辐散区。

分析可见, 两次连阴雨过程期间, 中层水汽

辐合条件好, 低层水汽辐合条件相对较差, 过程 1 的水汽辐合程度略强于过程 2, 水汽辐合强的区域, 降水量级较大。

2.6.2 垂直速度与相对湿度 分析 2 次连阴雨过程期间沿 107°E 的平均垂直速度和相对湿度剖面图发现, 2 次过程宁夏区域内存在深厚的湿层和强烈的上升辐合 ($850\sim 200\text{ hPa}$) 运动, 且相对湿度大值与垂直上升速度大值重叠区基本与 2 次过程的明显降水区域相对应。过程 1 相对湿度为 90% 的中心区位于 $33^{\circ}\text{N}\sim 37^{\circ}\text{N}$, 与垂直上升速度

中心区重合, 垂直速度为 $(-0.12\sim -0.16)\times 10^{-2}\text{ Pa/s}$ (图 5a、c), 此时两个物理量中心重叠区域与最大量级降水产生区域 (中南部地区) 相吻合。过程 2 相对湿度为 90% 的中心区位于 $30^{\circ}\text{N}\sim 36^{\circ}\text{N}$, 垂直上升速度大于 $-0.12\times 10^{-2}\text{ Pa/s}$ 区域位于 $30^{\circ}\text{N}\sim 35^{\circ}\text{N}$, 两个物理量中心重叠区域基本位于宁夏区外, 只有固原市南部处于中心重叠区外围, 垂直上升速度为 $-0.1\times 10^{-2}\text{ Pa/s}$ 左右 (图 5b、d), 配合 85%~90% 的高湿区, 固原市南部出现了大雨。

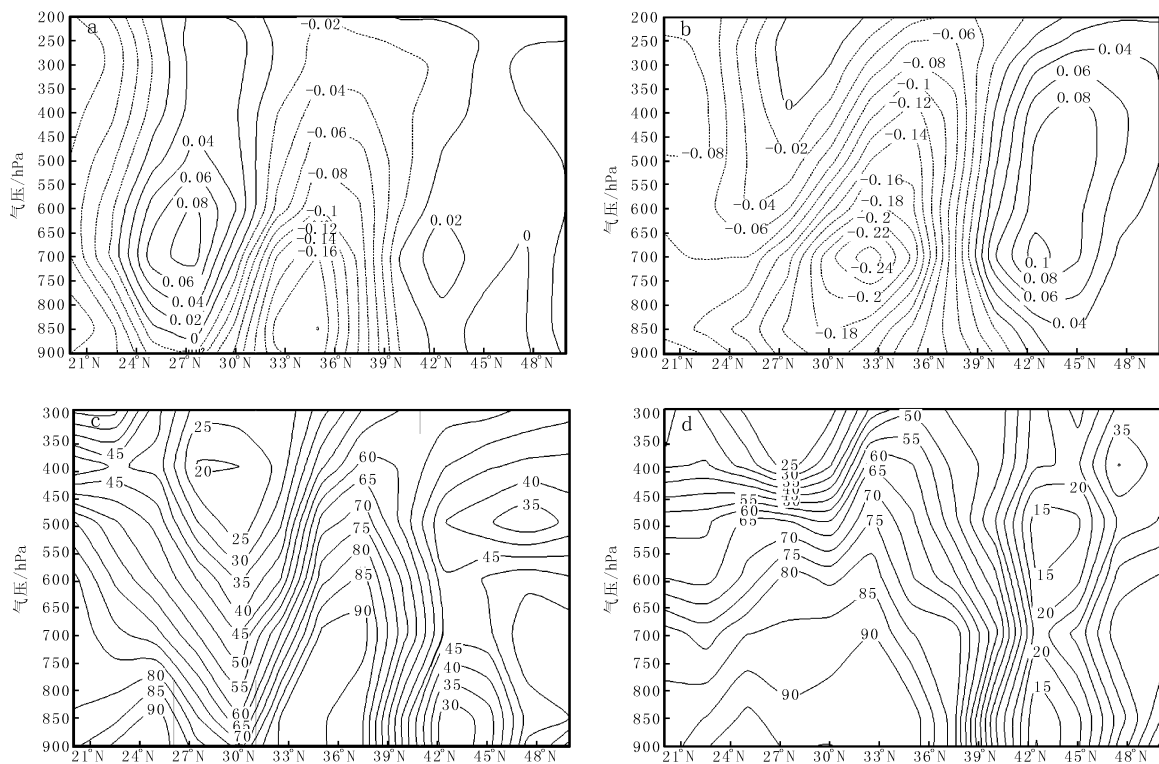


图 5 2011-08-14—21 (a、c)、09-16—20 (b、d) 沿 107°E 平均垂直速度 (单位: 10^{-2} Pa/s) 和相对湿度/%垂直剖面图

另外, 分析两次连阴雨过程银川站 (38°N 、 107°E) 和固原站 (36°N 、 107°E) 逐日垂直速度和相对湿度剖面图 (图略) 发现, 垂直上升速度与相对湿度 (90% 以上) 中心重合区域即与 8 月 15 日、17 日和 9 月 16 日强降水时段相对应。过程 1 期间两站在 15、17 日的中心相对湿度为 95%~100%, 中心垂直上升速度为 $(-0.12\sim -0.24)\times 10^{-2}\text{ Pa/s}$; 过程 2 期间两站在 16 日的中心相对湿度为 85%~90%, 中心垂直上升速度为 $(-0.12\sim -0.28)\times 10^{-2}\text{ Pa/s}$ 。

分析可见, 过程 2 相对湿度大于 90% 的区域较过程 1 偏小, 且到达的垂直高度比过程 1 偏低, 两个物理量重叠中心位置比过程 1 偏南, 因此过程 2 降水量级和强度比过程 1 明显偏小。相对湿度和垂直速度大值中心重叠区对预报强降水出现的时段与落区有指示作用。

2.6.3 热力学特征 由图 6a 可见, 过程 1 在 $32^{\circ}\text{N}\sim 38^{\circ}\text{N}$ 范围内 $500\sim 850\text{ hPa}$ 维持一高能舌, 最大中心位于 33°N 附近, 宁夏位于高能舌北侧的能量锋区内, 中南部地区 θ_{se} 值大于北部, 冷空气的

入侵促使了不稳定能量释放,对宁夏中南部较大量级降水的形成起着重要作用。过程2(图6b),在宁夏范围内无高能舌和能量锋区存在,说明宁夏上空大气处于相对稳定状态,此次过程基本以稳定性降水为主。

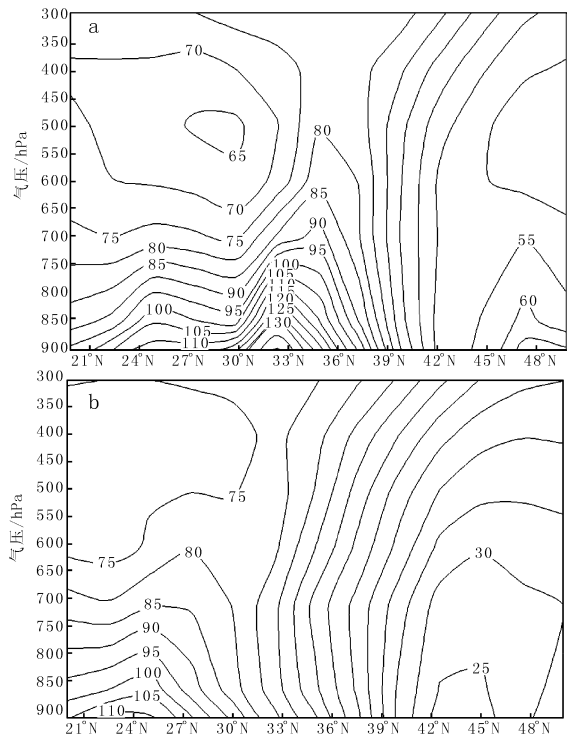


图6 2011-08-14—21 (a)、09-16—20 (b) 沿107°E 平均假相当位温 θ_e (单位: °C) 垂直剖面图

3 结论

3.1 过程1中,亚洲中高纬地区由经向环流转为纬向环流,连阴雨发生在纬向环流相对稳定时期;过程2中,亚洲中高纬地区则由纬向环流转为经向环流,连阴雨发生在环流经向度最大且相对稳定时期。

3.2 副高脊线,过程1中较常年偏南,而过程2中较常年明显偏北。副高脊线和北界位置的不同决定了连阴雨出现范围的不同。

3.3 两次连阴雨过程均具备了充足的水汽条件,并有深厚的动力条件与之配合,从而产生大范围

的持续降水。热力条件、水汽和动力条件的结合产生了局地强降水天气。

3.4 相对湿度与垂直上升速度大值中心重叠区对预报连阴雨期间强降水出现的时段与落区有指示作用。

参考文献:

- [1] 林纾,章克俭.西北地区东部2000年与2001年秋季连阴雨分析[J].气象,2003,29(2):34-38.
- [2] 冯军,尚学军,马敬霞.2007年秋季特长连阴雨过程分析[J].气象科学,2008,28(增刊):88-91.
- [3] 王秀文,李月安.北方麦收期间连阴雨天气环流特征[J].气象,2005,31(9):52-56.
- [4] 方建刚,自爱娟,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):509-517.
- [5] 沈跃琴,邵建,马筛艳,等.宁夏两次秋季连阴雨天气对比分析[J].宁夏工程技术,2009,8(3):201-207.
- [6] 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.
- [7] 沈跃琴,裴晓蓉,辛尧胜,等.“2009-09”宁夏连阴雨天气诊断分析[J].宁夏工程技术,2011,10(2):101-105.
- [8] 辛尧胜,裴晓蓉,聂晶鑫,等.宁夏三次秋季连阴雨天气对比分析[J].宁夏气象,2011,33(2):17-21.
- [9] 刘天适,周全瑞.1981年8月13~24日汉中、宝鸡地区连阴雨特大暴雨天气分析[J].陕西气象,1983(5):13-15.
- [10] 熊方,王华,杜正静,等.一次典型热低压填塞导致贵州暴雨天气过程能量条件分析[J].贵州气象,2008,32(4):6-8.
- [11] 熊方,王元.典型高影响天气系统之西南热低压研究I:统计分析[J].热带气象学报,2008,24(4):391-398.