

李辑,房一禾,李菲,等. 2014. 辽宁初夏降水大尺度环流影响因子及 2012 年初夏异常多雨成因分析. 气象, 40(9):1114-1122.

# 辽宁初夏降水大尺度环流影响因子及 2012 年初夏异常多雨成因分析<sup>\*</sup>

李 辑<sup>1</sup> 房一禾<sup>2</sup> 李 菲<sup>2</sup> 胡春丽<sup>1</sup>

1 辽宁省气象科学研究所, 沈阳 110016

2 沈阳区域气候中心, 沈阳 110016

**提 要:** 利用辽宁省 50 站 1961—2012 年夏季逐日降水资料及 NCEP/NCAR 逐日再分析资料, 对辽宁初夏降水异常的大尺度环流特征进行了诊断分析。在此基础上对引起 2012 年辽宁初夏降水异常偏多的大尺度环流进行了研究。研究发现: 东亚地区对流层不同高度上大尺度环流系统相互配合是造成辽宁初夏降水异常的主要原因。2012 年辽宁初夏的 4 次主要降水过程对应的环流形势基本相同, 200 hPa 高空急流在东北以西上空出现气旋式分支现象; 500 hPa 上亚洲中纬地区受两槽两脊控制, 东北地区上空是槽区, 对应明显的位势高度负距平; 850 hPa 风场和整层水汽通量场上, 东北地区上空均为气旋式环流; 多雨年 200 hPa 高空急流出现分支现象, 副热带西风急流强度偏强; 500 hPa 亚洲中纬地区受两脊一槽控制, 东北地区上空是槽区, 对应位势高度负距平; 850 hPa 风场在东北地区上空表现为气旋式环流。这表明东北地区上空对流层从低到高, 都受一个深厚的低值系统控制; 各层环流情况均表明: 东北冷涡这一深厚的冷性涡旋系统是 2012 年辽宁初夏降水异常偏多的主要影响因素。

**关键词:** 辽宁, 初夏降水, 大尺度环流, 东北冷涡

**中图分类号:** P46

**文献标志码:** A

**doi:** 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2014. 09. 009

## Large-Scale Circulation Factors of Early Summer Precipitation in Liaoning Province and Causes Analysis of Heavy Precipitation in 2012

LI Ji<sup>1</sup> FANG Yihe<sup>2</sup> LI Fei<sup>2</sup> HU Chunli<sup>1</sup>

1 Institute of Meteorological Science of Liaoning, Shenyang 110016

2 Regional Climate Centre of Shenyang, Shenyang 110016

**Abstract:** Based on the daily rainfall data of 50 observational stations in Liaoning Province during 1961—2012, and NCEP/NCAR daily reanalysis data, the large-scale circulation characteristics of Liaoning rainfall and the causes of heavy precipitation during early summer in 2012 were analyzed. The results show that the cooperation of large-scale circulation system in different heights of troposphere in East Asia is the main cause for precipitation anomaly in Liaoning in early summer. The circulation features of the four main precipitation processes in Liaoning in early summer are almost the same. Upper-level jet stream shows the phenomenon of branch at 200 hPa over the west of Northeast. Two ridges and two troughs control Asia mid-latitude regions at 500 hPa, and one trough controls the Northeast, corresponding to negative geopotential height anomaly. 850 hPa wind field and the 1000—300 hPa moisture field show the cyclonic circulation feature over the Northeast. In rainy years, upper-level jet stream presents the phenomenon of branch at 200 hPa, and the strength of subtropical westerly jet is stronger than normal years. Two ridges and one

\* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306021)资助

2013 年 10 月 9 日收稿; 2014 年 5 月 19 日收修定稿

第一作者: 李辑, 主要从事气候预测及气候变化研究. Email: cqliji@sina.com

通信作者: 房一禾, 主要从事气候预测研究. Email: 4995470@qq.com

trough control Asian mid-latitude regions at 500 hPa, and the Northeast is controlled by trough, corresponding to negative geopotential height anomaly. 850 hPa wind field has the cyclonic circulation feature over the Northeast, which indicates that a deep low-pressure system controls the Northeast, from low to high levels in troposphere. Circulation features of every layer show that the deep Northeast cold vortex is the leading impact factor of anomalous rainfall over Liaoning Province in early summer in 2012.

**Key words:** Liaoning, early summer anomalous rainfall, large-scale circulation, Northeast cold vortex

## 引 言

辽宁省位于中国东北地区南部,濒临黄海和渤海。辽宁省的降水主要集中在夏季,并呈降水量自东南向西北迅速减少的分布特点。由于辽宁省初夏降水和盛夏降水对应的环流形势和影响因子都有较大差异。因此,分析辽宁夏季降水时,有必要将初夏降水和盛夏降水的情况区别分析。

降水和气温一直是气象学者们的研究重点,对于降水和气温的最新研究成果较多(常军等,2013;李想等,2013;王艳姣等,2013;房一禾等,2013;2014)。在东北或辽宁地区夏季降水异常特征及环流因子方面,石文静等(2013)曾对越赤道气流与中国降水的关系展开过研究;孙力等(2003)曾分析过影响中国东北地区夏季旱涝的大气环流特征;杨文艳等(2006)对影响辽宁地区汛期降水环流特征进行了分析,指出辽宁夏季异常降水与东亚夏季风强弱、副热带高压位置以及南亚高压的位置关系密切。其他学者也进行过类似的研究,并得到了有意义的结论(廉毅等,1997;卢娟等,2008;孙力等,2002;贾小龙等,2003;2006;李广霞等,2003;毛炜峰等,2013)。东北夏季降水的影响因子方面,兰明才等(2011)研究了东亚副热带急流与东北夏季降水异常的关系,结果表明:东北夏季降水异常偏多年,青藏高原上空200 hPa 西风急流中心强度偏强,东北地区上空急流轴向东北方向倾斜;降水偏少年,西风急流中心强度偏弱,急流轴向东南方向倾斜。何金海等(2006)、胡开喜等(2011)和刘英等(2012)分析了东北冷涡与我国东北夏季降水的关系,结果表明:夏季东北冷涡强度与降水呈正相关,但与辽宁地区正相关不显著。李辑等(2014)分析了辽宁省盛夏降水大尺度环流影响因子及2010年降水异常的原因指出:副热带西风急流位置偏北偏强、西太平洋副热带高压脊线西伸北抬以及低空偏南急流带来的水汽和动力抬升作用,是造成2010年盛夏降水异常偏多的大尺度环流

成因。

上述研究的时间段大都集中在整个夏季或盛夏,而对辽宁初夏降水及其大尺度环流影响因子的研究很少,对比初夏和盛夏降水大尺度环流影响因子差别的研究更不多见。然而,辽宁初夏降水的影响因子与整个夏季和盛夏都是不同的,初夏降水异常以冷涡活动的影响为主,而盛夏则以东亚夏季风和西太平洋副热带高压的影响为主(沈柏竹等,2011)。另外,大多数对影响辽宁夏季降水的研究主要是针对个别环流因子进行分析,而缺乏对影响辽宁初夏降水各层大尺度环流因子的综合分析。近年来,辽宁地区极端气候事件频繁发生,特别是2012年6月辽宁全省平均降水量为159 mm,比常年偏多约8成,是1951年有完整气象资料以来最大值。7月上旬也有一次接近暴雨量级的降水过程,导致了2012年辽宁初夏降水异常偏多,给社会经济和人民群众生命财产安全带来了严重影响。为此,本文通过诊断分析,研究辽宁初夏降水大尺度环流系统和影响因子,分析导致初夏与盛夏降水异常原因的区别,进一步明确各层之间大尺度环流系统的相互配置对辽宁初夏降水影响的原因,为辽宁地区初夏降水的预测提供一定依据。

## 1 资料和方法

本文所用资料主要包括:辽宁省50站1961—2012年夏季逐日降水量资料;NCEP/NCAR全球逐日再分析的500 hPa高度场、850 hPa风场、200 hPa风场和1000~300 hPa比湿场资料(分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ )。

文中辽宁省初夏时间段的定义考虑了两个方面的因素。

第一,陶诗言等(1965)曾在研究东亚夏季大气环流的调整过程时指出:东亚夏季大气环流演变要经历这样两个阶段:第一次变化出现在6月初,这时东海岸的上空急流突然北移,高空东风迅速扩张到

20°N 以北,这个时期(初夏的 6 月上中旬到 7 月上旬),往往是中国和日本的梅雨期阶段,辽宁降水主要受到高纬度环流因子的影响;第二次变化在 7 月中旬,副热带高压脊线移到 30°N 以北,梅雨结束,中国大陆盛夏开始,而盛夏辽宁降水主要受到副热带高压北侧副热带锋区的影响控制。

第二,结合对辽宁地区夏季逐日降水多年平均气候特征演变分析。图 1 给出了辽宁省 50 站 1961—2012 年平均的 5 月 1 日到 8 月 31 日降水量 EOF 第一时间系数及 11 d 高斯滤波曲线。可见,从 5 月中下旬到 6 月中旬,降水有微小的上升趋势;6 月中下旬到 7 月初,降水量有一个陡增趋势,但降水量本身并不大;7 月上中旬开始,降水又出现一个陡增趋势,降水量也有很大增加,到 7 月末达到峰值;7 月下旬开始属于盛夏降水阶段,之后降水趋势和量级均逐渐减少。前两个降水量的上升阶段主要体现的是降水量由春季向夏季转变的结果,降水量介于春末和盛夏之间,可以认为属于初夏降水阶段。

因此,综合以上两个原因,本文把辽宁省初夏的时间段定义为 6 月 1 日至 7 月 10 日。

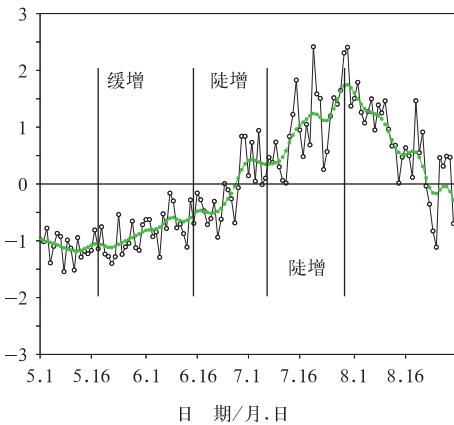


图 1 辽宁省 50 站 52 年平均的 5 月 1 日至 8 月 31 日降水量 EOF 第一时间系数及 11 点高斯滤波曲线  
(平滑曲线为 11 d 高斯滤波曲线)

Fig. 1 The first EOF mode's time coefficient and its 11 point Gaussian filtering curve (smooth curve) of 52 y mean 50 stations in Liaoning from 1 May to 31 August

本文主要采用经验正交函数分解(EOF)方法(魏凤英,1999)和合成分析方法对研究内容进行分析。辽宁初夏降水异常年份的定义方法为:对 1961—2012 年辽宁省 50 站 52 年初夏总降水量进

行 EOF 分解,得到的 EOF 第一模态空间型为全区一致的异常分布(图略),将第一模态标准化时间系数大于 1 的年份定义为多雨年,小于 -1 的年份定义为少雨年。由此得出 8 个多雨年:1962、1964、1966、1983、1989、2003、2010 和 2012 年;7 个少雨年:1969、1972、1973、1981、1991、1998 和 2008 年。

## 2 2012 年初夏降水特点

2012 年 6 月辽宁全省平均降水量为 159 mm,比常年偏多约 8 成,7 月 10 日辽宁省出现了接近暴雨量级的降水过程,2012 年辽宁初夏全省平均降水量约为 220 mm,是 1951 年有完整气象资料以来最大值。

为直观展现 2012 年辽宁初夏降水异常分布情况,图 2 给出了 2012 年辽宁省 50 站 6 月 1 日至 7 月 10 日降水距平百分率分布图。可见,2012 年辽宁绝大部分地区初夏降水距平百分率都为正,只有辽宁北部个别站点为负值。全省各站降水距平百分率在 -25%~140%,其中辽宁东部和辽宁西南部地区距平百分率达到 80%以上。辽宁北部西北部距平百分率较小。这种分布基本体现了沿海和内陆降水的差别。

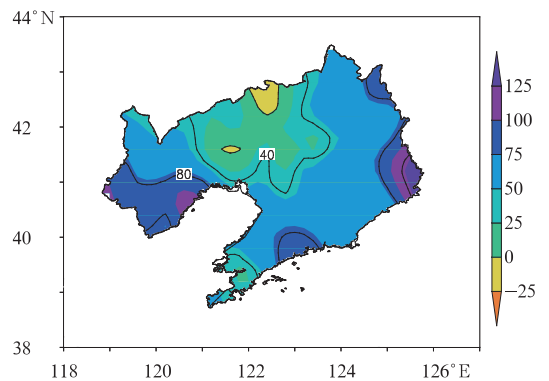


图 2 2012 年辽宁省 50 站 6 月 1 日至 7 月 10 日累积降水距平百分率分布图(单位:%)

Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage of 50 stations in Liaoning from 1 June to 10 July 2012 (unit: %)

图 3a 为 2012 年初夏 6 月 1 日至 7 月 31 日逐日降水量累计值与气候平均值差异曲线,可见:只有 6 月 1 和 2 日两日处于降水偏少阶段,比 1961—2012 年平均的累积值略偏小。从 6 月 3 日开始到 7

月中旬, 降水量持续比平均值偏多, 最多时偏多 100 mm 以上。而 7 月中下旬降水偏多趋势略有减小。

图 3b 给出了 2012 年 6 月 1 日至 7 月 31 日逐日降水量的时间变化图, 可见, 6 月 1 日至 7 月 31 日, 降水量达到中雨量级 ( $\geq 10$  mm) 以上的强降水

过程共有 6 次, 第一次为 6 月 3、4 日, 第二次为 6 月 14、15 日, 第三次为 6 月 29 日至 7 月 3 日, 第四次为 7 月 10、11 日, 第五次为 7 月 21、22 日, 第六次为 7 月 29 日。其中前 4 次过程发生在初夏, 之后对于 2012 年初夏降水的分析便围绕前四次过程展开。

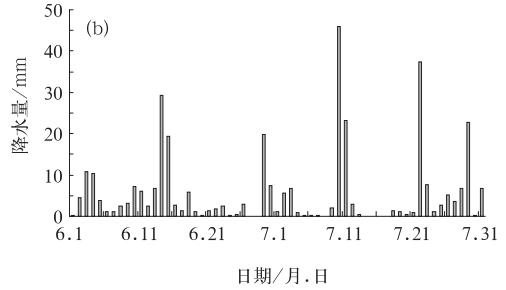
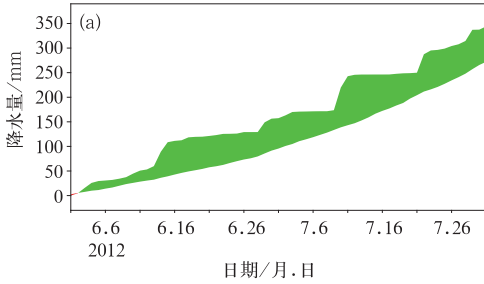


图 3 2012 年 6 月 1 日至 7 月 31 日逐日降水累计量与气候平均的差异曲线(a)和逐日降水量时间序列(b) (绿色: 大于平均值, 红色: 小于平均值)

Fig. 3 The difference between daily cumulative precipitation curve from 1 June to 31 July 2012 and climate mean precipitation (a) and daily rainfall time series (b) (green: above mean value, red: below mean value)

### 3 2012 年辽宁初夏降水异常成因分析

图 4 给出了 2012 年 6 月 1 日至 7 月 25 日 500 hPa 位势高度场沿 37.5°~52.5°N 平均的时间-经度剖面图。由图 4 可见, 4 次降水过程的日期恰好大致对应 4 个位势高度的低值中心, 这些位势高度低值中心可能是东北冷涡在 500 hPa 高度场上的

体现。其中前 3 次过程的低值中心较强, 说明东北冷涡强度较大。且前 3 次过程对应的低值中心均大致位于 100°~120°E, 即东北地区的西部, 辽宁地区恰好位于低值中心的东南部。这与降水常发生在东北冷涡中心东南部(陈力强, 2008)的事实吻合。第四次降水过程对应的低值中心比前 3 次偏东, 且冷涡强度偏弱。这说明从第四次降水过程开始, 东北冷涡的作用开始减弱, 盛夏降水的影响因子开始起作用。

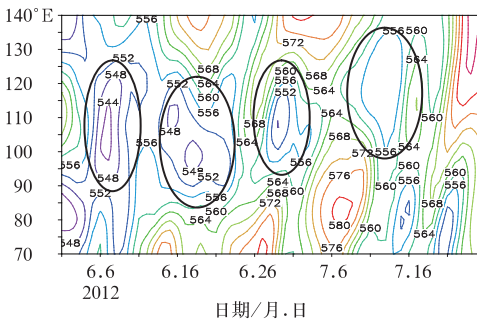


图 4 2012 年 6 月 1 日至 7 月 25 日 500 hPa 位势高度场沿 37.5°~52.5°N 平均的时间-经度剖面图 (单位: dagpm)

Fig. 4 Time-longitude cross-section diagram of 500 hPa height field across 37.5°~52.5°N from 1 June to 25 July in 2012 (unit: dagpm)

为考察 2012 年初夏辽宁降水异常偏多的原因, 我们分别对 2012 年初夏的 4 次降水过程对应的各层环流背景进行了分析。发现 4 次过程对应的各层环流形势均很相似, 因此, 这里仅给出第二次(6 月 14—15 日)降水过程的环流情况。

由图 5a 可见, 200 hPa 纬向风场上, 西风急流强度为明显的正距平, 说明急流轴偏强。急流轴位于 30°~40°N, 处在辽宁地区以南。这与胡开喜等(2011)的结论: 在东北冷涡活跃的夏季, 东亚高空急流向南偏移并略加强, 是一致的。

由图 5b 可见, 200 hPa 矢量风场上, 30°~40°N 存在一个大风速带, 辽宁地区上空为西南气流。大约在 55°N、110°E 处, 气流出现明显的分支现象, 气流从系统的南侧绕过东北冷涡向东运动, 这种气旋

性的分支(圆圈内)应该和初夏东北冷涡的频繁发生有关。

由图 5c 可见,500 hPa 位势高度场上,亚洲中纬度地区受两槽两脊控制,辽宁位于槽前,槽前的西南气流有利于将渤海的水汽输送到辽宁地区。辽宁及其以西地区上空为明显的位势高度负距平控制。其中第三次降水过程中,这个负距平区域出现了位势高度等值线闭合的情况(图略)。该位势高度负距平应该是东北冷涡在 500 hPa 位势高度场上的体现。

由图 5d 可见,辽宁及其以西地区上空(圆圈内)为一个闭合的气旋式风切变。大风区位于辽宁地区,风速最高达  $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,辽宁地区受偏南风控制,水汽充足。该闭合的气旋式风切变是东北冷涡

在 850 hPa 风场上的体现。

由图 5e 可见,整层水汽通量场上,辽宁地区上空(圆圈内)的水汽通量也为气旋式。偏南的水汽通量把渤海和黄海上的水汽带到辽宁地区,中心水汽通量达到  $10 \text{ g} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  以上,为辽宁初夏降水提供了充足的水汽。

综上所述,2012 年初夏第二次降水过程中,各高度层上东北地区上空,都受到气旋式环流控制,气旋式环流的中心随高度略微向西倾斜,这正是深厚的东北冷涡相当正压结构在各高度层的体现,与刘英等(2012)对于东北冷涡结构的描述相符。因此,可以认为:东北冷涡是影响 2012 年初夏辽宁降水异常偏多的主要因子。

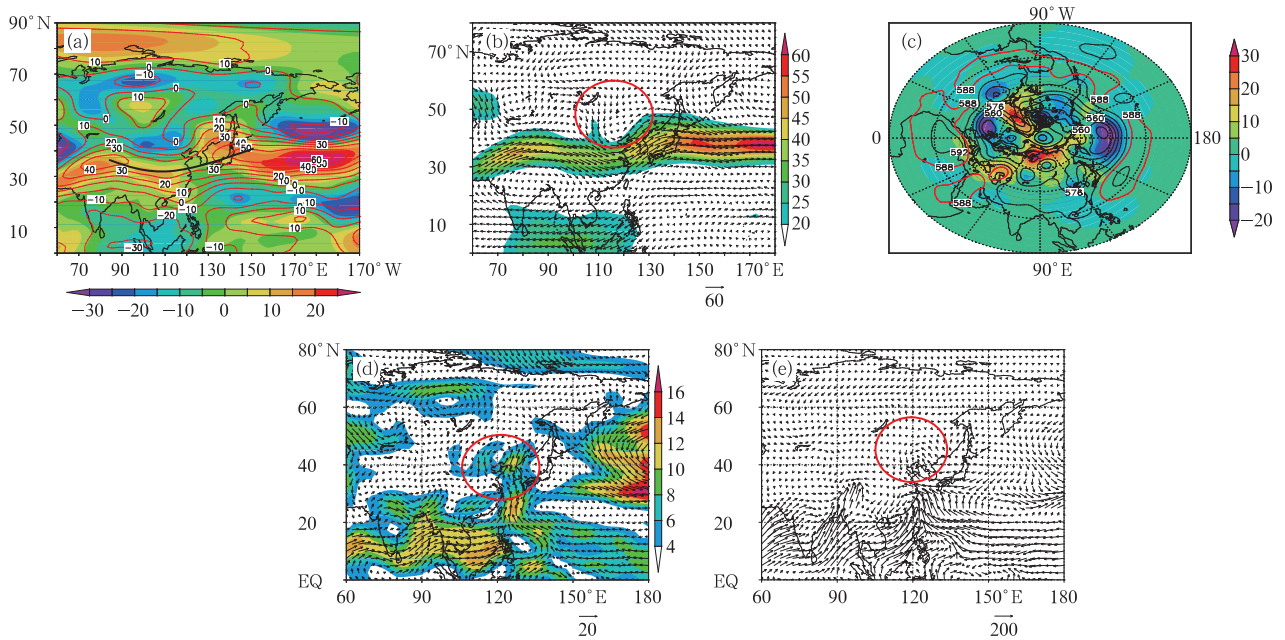


图 5 第二次降水过程对应的(a)200 hPa 纬向风场(等值线)和距平(阴影),(b)200 hPa 矢量风场,(c)500 hPa 位势高度场(等值线)和距平(阴影),(d)850 hPa 矢量风场,(e)1000~300 hPa 整层水汽通量场  
(风速单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;位势高度场单位:dagpm;水汽通量单位: $\text{g} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Fig. 5 (a) 200 hPa zonal wind field (contour line) and anomaly field (shaded area); (b) 200 hPa vector wind field; (c) 500 hPa height field (contour line) and anomaly field (shaded area); (d) 850 hPa vector wind field; (e) 1000-300 hPa water-vapor flux field of the second precipitation process  
(wind speed's unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; geopotential height, unit: dagpm; water-vapor flux, unit:  $\text{g} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

## 4 辽宁初夏降水大尺度环流影响因子分析

为验证导致 2012 年辽宁初夏降水偏多的环流特征是否具有普适性,下面对历史上辽宁初夏多雨

年和少雨年的环流特征进行分析。

### 4.1 200 hPa 纬向风场

200 hPa 层上,东亚地区上空为西风带,副热带西风急流对辽宁初夏降水的影响至关重要。

图 6 为 200 hPa 纬向风场多雨年(图 6a)、少雨



年(图 6b)及多雨年减少雨年差值检验(图 6c)的情况, 检验方法采用  $t$  检验。由图 6a 和 6b 可见, 多雨年和少雨年急流轴均出现在  $40^{\circ}\text{N}$  附近, 位于辽宁地区南侧。多雨年辽宁上空风速为正距平, 少雨年为弱的负距平。多雨年急流中心强度大于少雨年。这与辽宁盛夏多雨年副热带西风急流轴比少雨年位置明显偏北、中心强度偏强, 且急流轴位于辽宁地区北部(李辑等, 2014)不同。由差值图可见, 辽宁上空的纬向风差值通过了显著性检验, 说明多雨年辽宁

上空 200 hPa 风速比少雨年显著偏强。图 6d 是多雨年 200 hPa 矢量风场合成图, 可见, 急流轴位于  $40^{\circ}\text{N}$  附近。大致在  $55^{\circ}\text{N}$ 、 $110^{\circ}\text{E}$ , 气流出现分支的情况, 该位置在东北地区的西北侧, 这可能是由东北上空的低压系统阻挡形成的。分支后, 低压系统南侧的风速加大, 这也是多雨年辽宁上空 200 hPa 纬向风速大于少雨年的原因。综上所述, 多雨年 200 hPa 风场特征与 2012 年初夏类似, 说明导致 2012 年辽宁初夏多雨的环流特征是具有普适性的。

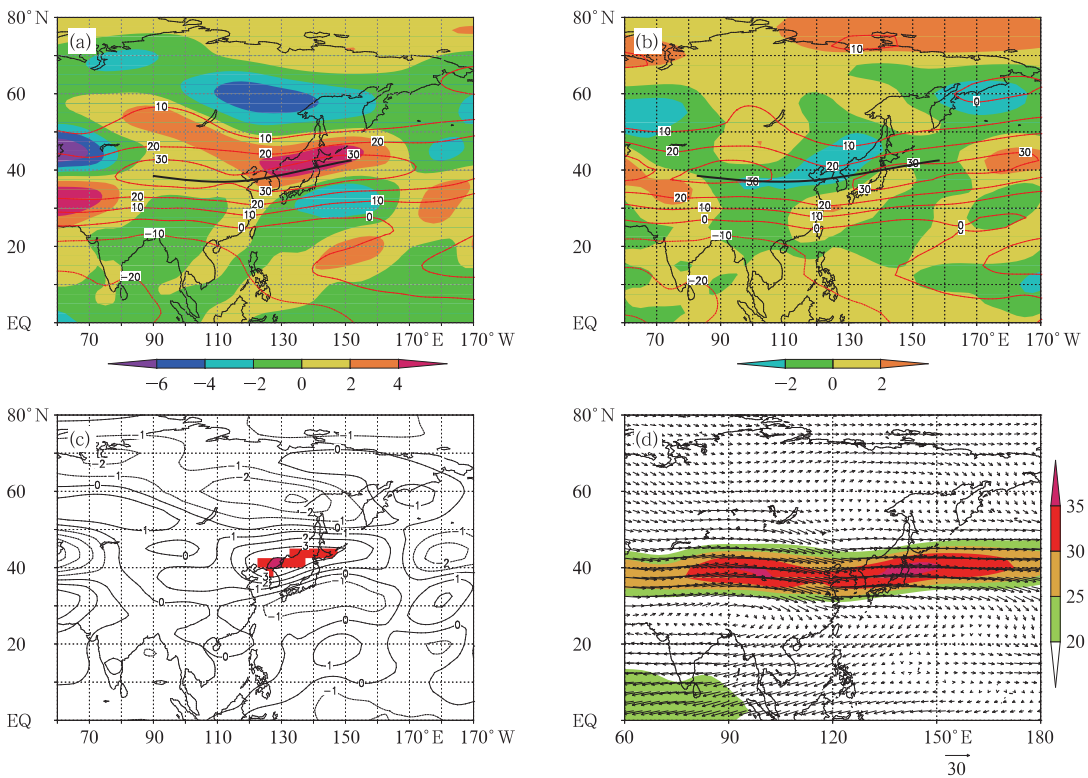


图 6 多雨年(a)、少雨年(b)200 hPa 纬向风速合成场、差值检验场(c)和 200 hPa 矢量风场合成场(d)  
 (a,b 中色标代表距平值,c 中阴影区域代表差值通过 0.05 的显著性检验, 单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 Fig. 6 200 hPa zonal wind composite and difference verification (c) of rainy (a) and drought (b) years and 200 hPa vector wind field (d)  
 (Color bars refer to the anomaly value for Figs. a and b; shaded region refers to the difference having passed the significance test of 0.05 level in Fig. c, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

#### 4.2 500 hPa 位势高度场

500 hPa 高度场环流异常是造成要素异常的直接原因, 西太平洋副热带高压和东北冷涡, 均在这一层体现得比较明显(朱乾根等, 2000)。图 7 给出了辽宁初夏多雨年和少雨年对应的 500 hPa 位势高度场合成图。

多雨年, 中高纬地区亚洲区受两脊一槽控制, 东

北地区上空对应两个脊之间宽广的槽区, 对应位势高度负距平, 距平值小于  $-40 \text{ gpm}$ , 说明槽比常年偏强。该负距平区北侧和南侧均存在正距平区域, 这种配置有利于该负距平区域稳定在东北地区上空, 造成初夏东北地区多雨。这个负距平也说明辽宁地区初夏降水偏多与局地的异常低气压相联系。副热带地区, 西太平洋副热带高压位于  $20^{\circ}\text{N}$  附近的西太平洋上空, 位置与常年同期比较接近, 但较盛

夏的位置明显偏东偏南,说明副热带高压对降水的贡献不大,这与辽宁盛夏降水在500 hPa上主要受副热带高压影响(李辑等,2014)不同。

少雨年,极为负距平,极涡强度较常年同期偏强,极涡位于极圈内,不利于冷空气南下。中高纬的

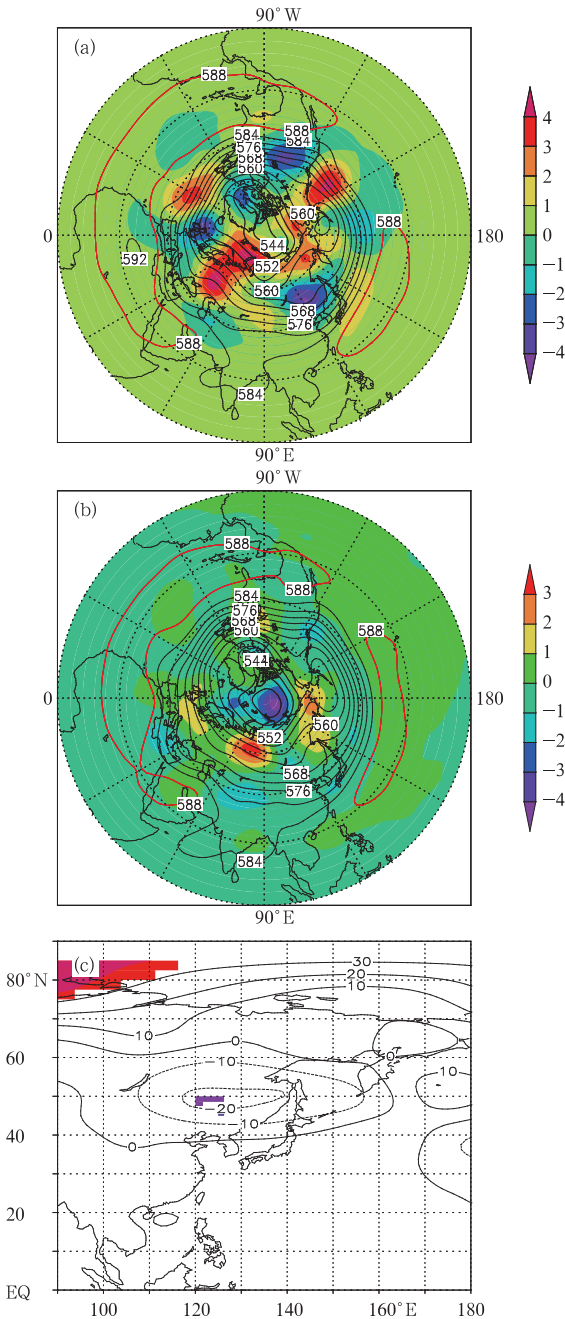


图7 多雨年(a)、少雨年(b)的500 hPa高度(等值线)和距平(阴影)合成场及差值检验图(c)(单位: dagpm)

Fig. 7 Composite and difference verification (c) of 500 hPa height (contour line) and anomaly (shaded area) in rainy (a) and drought (b) years (unit: dagpm)

亚洲地区受一浅一深两个脊和一个槽控制。与多雨年情况不同,辽宁上空位势高度值接近常年,不受明显的槽脊控制。

由差值图可见,东北地区上空的位势高度差值通过了0.05的显著性检验。说明多雨年较少雨年东北地区上空500 hPa位势高度值显著偏小。

多雨年500 hPa位势高度场特征与2012年的情况类似,但由于图7a是多年的平均情况,东北上空的负距平不如2012年初夏第二次降水过程那么明显。

### 4.3 850 hPa 风场

850 hPa风场能够很好地反映出对流层低层平均环流(朱乾根等,2000)及低空急流的特征。

图8给出了辽宁初夏多雨年和少雨年对应的850 hPa风场以及多雨年减少雨年风场的差值。由图8a和8b可见,多雨年和少雨年对流层低层均出现两条低空急流带,一条穿过印度半岛沿孟加拉湾和中南半岛,到达中国南海地区后转成西南气流北上;另一条来自西太平洋副热带高压南侧的偏东气流,沿西太平洋副热带高压西侧引导气流转成偏南气流北上,两条气流大致在中国东海附近汇合,到达朝鲜半岛后转为偏西气流。多雨年两条低空急流汇合北上位置较少雨年略偏南,且多雨年 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的风速区伸到辽宁地区,这有利于初夏水汽向辽宁地区的输送,而少雨年 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的风速区在辽宁地区出现断裂。此外,多雨年东北地区上空(图8a圆圈)存在气旋式环流。少雨年不存在这样的环流形势。

由差值图(图8c)可以看出,东北地区上空(圆圈)受气旋式环流控制,其中气旋的西部差值通过了显著性检验。这种气旋式风场说明辽宁地区初夏降水偏多年东北地区上空850 hPa受低压系统控制。这种形势同样与2012年初夏的形势类似。

初夏850 hPa风场的情况同样与盛夏不同,盛夏多雨年两个急流带汇合位置较少雨年明显偏西,汇合后的偏南低空急流把大量水汽输送到辽宁地区(李辑等,2014)。而且盛夏多雨年东北地区上空不受气旋式环流控制。

综上所述,初夏多雨年,200 hPa层上,副热带西风急流偏强,且出现分支的情况;500 hPa层上,

亚洲中纬地区两脊一槽控制,东北地区上空是槽区,对应位势高度负距平;850 hPa 层上,东北地区受气旋式涡旋控制。各层上的低值涡旋系统的作用都有利于初夏降水异常偏多。这正是东北冷涡在各层上的体现。

前述分析揭示了导致辽宁初夏多雨的环流特征,这里有必要分析导致环流异常的大气圈内部的可能原因。首先,在200 hPa 纬向风场上,2012年初夏和初夏多雨年平均情况,副热带西风急流轴均位于辽宁地区以南,且强度均偏强,较强的副热带西风急流轴北侧的辽宁地区上空便受到较强的气旋性

切变控制,该气旋性切变为东北冷涡高层部分的活跃提供了有利条件。其次,在500 hPa 位势高度场上,2012年初夏和初夏多雨年平均情况,东北地区均受明显负距平控制,上游的高纬地区均受正距平或阻塞形势控制,这有利于冷空气进入东北地区,为东北冷涡在中层的加强提供有利条件。最后,850 hPa 风场和水汽通量场的气旋式切变也对东北冷涡在低层的活跃有一定贡献。因此,各层环流配置综合作用,使初夏环流场发生异常,进而导致了辽宁初夏降水异常。

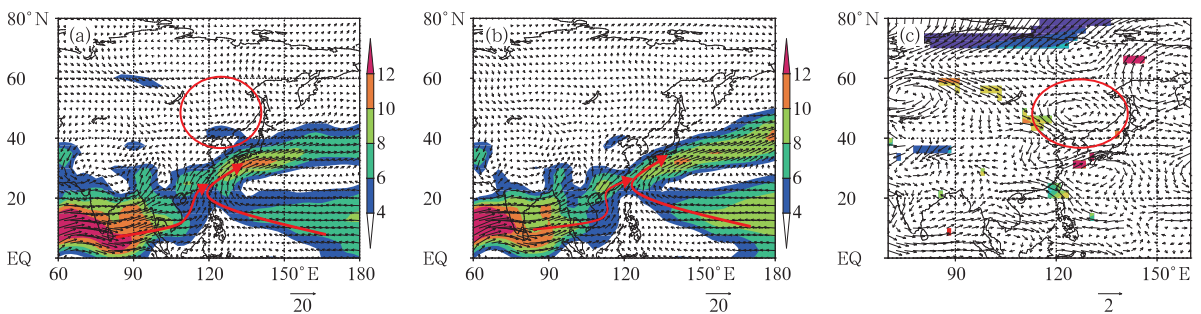


图8 多雨年(a)和少雨年(b)850 hPa 合成风场及差值场(c)

(a, b 中阴影区域为风速  $\geq 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的矢量风速, c 中阴影区域为差值通过显著性检验区域,单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Fig. 8 850 hPa composite wind in rainy (a) and drought (b) years and difference (c)

(Shaded regions in Figs. a and b refer to the wind speed  $\geq 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , shaded region in Fig. c refers to the difference having passed the significance test, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

## 5 结 论

(1) 2012年辽宁初夏降水比常年偏多8成左右,是1951年有完整气象资料以来降水最多的一年,主要有4次中雨量级以上的降水过程。

(2) 2012年辽宁初夏的4次主要降水过程所对应的各层环流形势基本相同,200 hPa 高空急流在东北以西上空出现气旋式分支现象;500 hPa 上亚洲中纬地区受两槽两脊控制,东北地区上空是槽区,对应明显的位势高度负距平;850 hPa 风场和整层水汽通量场上,东北地区上空均为气旋式环流。各层环流情况均表明:东北冷涡这一深厚系统是2012年辽宁初夏降水异常偏多的主要影响因子。

(3) 对流层不同高度上大尺度环流影响系统相互配合为东北冷涡的加强和活跃提供有利条件,这是造成辽宁初夏降水异常的主要原因。与2012年

初夏情况类似:多雨年200 hPa 西风急流出现分支现象,副热带西风急流强度偏强;500 hPa 上,亚洲中纬地区受两脊一槽控制,东北地区上空是槽区,对应位势高度负距平;850 hPa 风场在东北地区上空表现为气旋式环流。东北地区上空从低层到高层,都受一个深厚的低值涡旋系统控制。

## 参考文献

- 常军,王永光,赵宇. 2013. Nino3 区海温的变化对黄河流域夏季降水的影响. 气象, 39(9): 1133-1138.
- 陈力强,张立祥,周小珊. 2008. 东北冷涡不稳定能量分布特征及其与降水落区的关系. 高原气象, 27(2): 339-348.
- 房一禾,张运福,邵鹏程,等. 2014. 辽宁冬季气温变化特征及与东亚冬季风的关系. 气象与环境学报, 30(1): 1-7.
- 房一禾,周放,张运福,等. 2013. 东北冬季气温年际、年代际影响因子的比较. 地理科学, 33(7): 844-850.
- 何金海,吴志伟,祁莉,等. 2006. 北半球环状模和东北冷涡与我国东北夏季降水关系分析. 气象与环境学报, 22(1): 1-5.
- 胡开喜,陆日宇,王东海. 2011. 东北冷涡及其气候影响. 大气科学, 35



- (1):179-191.
- 贾小龙,王谦谦. 2006. 东北地区汛期降水异常的大气环流特征分析. 高原气象, 25(2):309-318.
- 贾小龙,王谦谦,周宁芳. 2003. 近 50 a 东北地区降水异常的气候特征分析. 南京气象学院学报, 26(2):164-171.
- 兰明才,张耀存. 2011. 东亚副热带急流与东北夏季降水异常的关系. 气象科学, 31(3):295-265.
- 李广霞,陈传雷,才奎志. 2008. 辽宁夏季降水变化特征分析. 气象与环境科学, 31(2):31-34.
- 李辑,李菲,胡春丽. 2014. 辽宁省盛夏降水大尺度环流影响因子及 2010 年降水异常. 高原气象, 33(4):1076-1085.
- 李想,高辉,赵振国,等. 2013. 东亚经圈环流年代际变化及对海河降水影响. 气象, 39(9):1119-1124.
- 廉毅,安刚. 1997. 吉林省近 40 年来气温和降水的变化. 应用气象学报, 8(2):197-204.
- 刘英,王东海,张中锋,等. 2012. 东北冷涡的结构及其演变特征的个例综合分析. 气象科学, 70(3):354-370.
- 卢娟,陈传雷,潘静. 2008. 2004 年辽宁夏季降水特点和环流形势特征分析. 辽宁气象, 25(1):7-8.
- 毛炜峰,刘长征,李维京. 2013. 因子的持续和转折对我国盛夏降水预测效果的影响. 气象, 39(9):1176-1181.
- 沈柏竹,林中达,陆日宇,等. 2011. 影响东北初夏和盛夏降水年际变化的环流特征分析. 中国科学, 41(3):402-412.
- 石文静,肖子牛. 近 60 年索马里急流越赤道水汽输送的变化特征及对中国初夏降水的影响. 气象, 39(1):39-45.
- 孙力,安刚. 2003. 北太平洋海温对中国东北地区旱涝的影响. 气象学报, 61(3):347-353.
- 孙力,安刚,廉毅,等. 2002. 中国东北地区夏季旱涝的大气环流异常特征. 气候与环境研究, 7(1):102-112.
- 陶诗言,叶笃正,谢义炳. 1965. 东亚夏季大气环流. 科学通报, (1):8-24.
- 王艳姣,周兵,司东,等. 2013. 2012 年夏季我国降水异常及成因分析. 气象, 39(1):118-122.
- 魏凤英. 1999. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京:气象出版社:115-122.
- 杨文艳,王谦谦. 2006. 辽宁汛期降水异常的环流因子分析. 高原气象, 25(5):969-974.
- 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 2000. 天气学原理与方法. 北京:气象出版社.