

2015年4月我国降水异常特征及成因分析

吴林荣¹, 王艳姣², 乔丽³, 杜莉丽¹, 邱丽⁴ (1. 陕西省气象局, 陕西西安 710014; 2. 中国气象局国家气候中心, 北京 100081; 3. 陕西省西安市气象局, 陕西西安 710016; 4. 陕西省安康市气象局, 陕西安康 725000)

摘要 利用 NCEP 再分析资料和我国 2 425 个台站月降水量等资料, 系统分析了 2015 年 4 月我国降水异常特征和成因, 并重点研究了 2014~2016 年厄尔尼诺事件对我国降水和大气环流异常的可能影响。结果表明, 受赤道太平洋—印度洋暖海温的影响, 在赤道印度洋—太平洋地区形成了印—太海气系统齿轮式耦合, 使得西太平洋副热带高压出现了明显的加强西伸, 受其影响, 西南季风水汽和副高外圈的暖湿水汽均无法输送到我国长江以南地区, 造成我国江南和华南地区降水持续偏少。相关分析表明, 2014~2016 年厄尔尼诺事件的发生对欧亚中高纬度地区环流也产生了一定的影响, 并通过影响环流进而对我国降水异常产生影响。

关键词 降水异常; 厄尔尼诺; 大气环流; 成因

中图分类号 S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)09-216-05

Analysis of Rainfall Anomalies in China in April 2015

WU Lin-rong¹, WANG Yan-jiao², QIAO Li³ et al (1. Shaanxi Provincial Meteorological Bureau, Xi'an, Shaanxi 710014; 2. National Climate Center, CMA, Beijing 100081; 3. Xi'an Meteorological Bureau, Xi'an, Shaanxi 710016)

Abstract Based on the NCEP reanalysis data and the monthly precipitation data from 2425 stations of China, the characteristics and causes of rainfall anomalies in China in April 2015 were analyzed, the probable effect of El Nino in 2014-2016 on rainfall anomalies and atmospheric circulation anomalies in China were mainly studied. Results showed that under the influence of warm temperature of the equatorial Pacific ocean and the equatorial Indian ocean, the GIP (Gearing of circulation over equatorial Indian and Pacific) was formed in the equatorial Indian-Pacific ocean area, which made a distinct westward extension of the western Pacific subtropical high. This extension produced a negative effect on the delivery of warm-wet water vapor from southwestern Monsoon and the ambient subtropical high to the south side area of the Yangtze River, which caused a continuous rainfall reduction in South China and southern Yangtze area. Related analysis indicated that the El Nino in 2014 and 2016 also had some negative influences on the circulation in middle-high latitude area in Europe and Asia, and then had impacts on the precipitation anomalies in China.

Key words Rainfall anomalies; El Nino; Atmospheric circulation; Cause

2015 年 4 月我国降水分布出现了“北多南少”的异常分布特征, 特别是我国华南地区平均降水量较常年同期异常偏少, 广东和广西平均降水量为 1951 年以来历史同期第 5 低值。国家气候中心监测显示, 2014 年 9 月赤道中、东太平洋海温开始进入厄尔尼诺状态, 并在随后不断持续发展。已有研究指出, 赤道中东太平洋的 ENSO 事件作为气候系统最强的年际异常信号之一, 对我国的气候异常有重要的影响^[1-6]。崔童等^[6]分析 2014 年我国气候异常的原因指出, 东亚夏季风强弱及西北太平洋副高位置、印度洋海温异常及厄尔尼诺状态是造成夏季降水异常的重要外强迫条件。王艳姣等^[7]从大尺度环流异常、海温和季风对我国夏季降水影响的角度, 分析了 2012 年夏季我国北方地区降水异常偏多的成因。根据国家气候中心的监测, 截止到 2016 年 1 月, 2014~2016 年厄尔尼诺事件已持续了 16 个月, 达到中等强度, 且强度仍在持续发展。全球多地气候均对此次厄尔尼诺事件表现出了显著的响应^[8-10], 如 2014 年巴西发生了 1985 年以来最严重的旱灾, 2014 年登陆我国台风明显偏少, 2014/2015 年我国出现了暖冬等。2015 年 4 月我国降水也出现了明显的异常特征, 笔者利用 NCEP 再分析资料和我国 2 425 个台站月降水量等资料, 从大气环流和海温外强迫影响等方面详细分析了 2015 年 4 月我国降水异常特征和成因,

并重点研究了 2014~2016 年厄尔尼诺事件对我国降水和大气环流异常的可能影响。

1 资料来源

所用资料有 NCEP/NCAR 的 2.5°×2.5°月平均再分析资料, 包括 500 hPa 高度场、各层风场和比湿场资料。此外, 还有国家信息中心提供中国地区 2 425 个台站 1951~2015 年月降水量资料等。各要素气候平均值为 1981~2010 年平均值。

2 2015 年 4 月我国降水异常特征

2015 年 4 月我国降水呈现“北多南少”的异常分布特征。从空间分布看, 内蒙古大部、新疆东南部、西藏中部和南部、青海东部、陕西北部、宁夏、华北东部、黄淮等地降水偏多 1 倍以上; 而江南南部至华南、重庆、贵州东部、新疆西部、黑龙江北部降水较常年同期偏少 2~5 成, 局部偏少 5 成~1 倍以上(图 1a), 特别是我国华南地区降水持续偏少, 4 月广东和广西累计平均降水量为 70.7 mm, 较常年同期(157.2 mm)偏少 55%, 为 1951 年以来同期第 5 低值(图 2)。由于 4 月华南地区降水持续偏少, 使得该地区干旱异常发展(图 1b)。同期, 2015 年华南前汛期开始时间较常年(4 月 6 日)明显偏晚。根据国家气候中心监测, 2015 年华南前汛期于 5 月 5 日在广东省首先开始, 较常年偏晚 29 d, 为 1978 年以来最晚入汛日期, 也是历史第 3 晚, 仅早于 1963 年(6 月 1 日)和 1977 年(5 月 9 日)。

3 成因分析

3.1 大尺度环流的异常

环流异常是导致我国降水异常的

基金项目 国家重点基础研究发展计划项目(973 计划)(2013CB430201); 陕西省气象局科技创新基金项目(2013M-39)。

作者简介 吴林荣(1975-), 男, 陕西汉中, 高级工程师, 硕士, 从事气候资源开发及决策气象服务工作。

收稿日期 2016-03-04

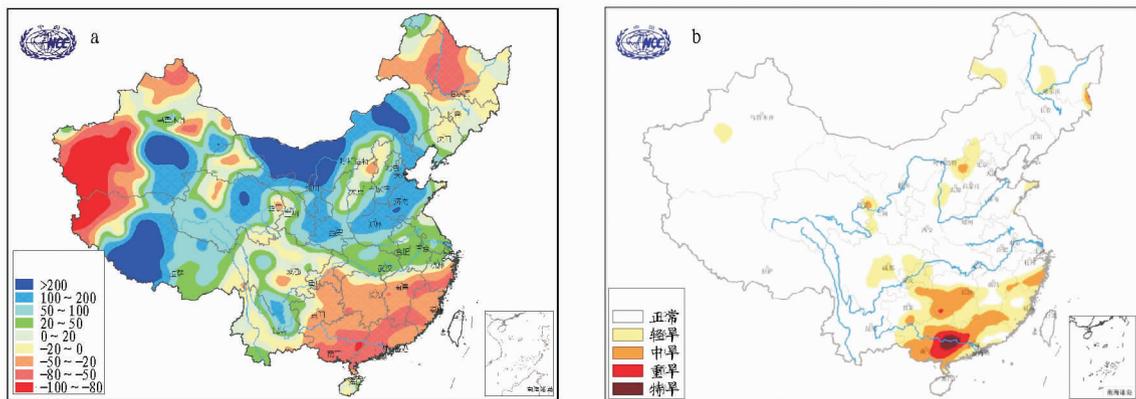


图1 2015年4月全国降水量距平百分率(a,%)和干旱监测(b)分布

Fig. 1 Distribution of precipitation anomaly percentage(a) and drought monitoring(b) over China in April 2015

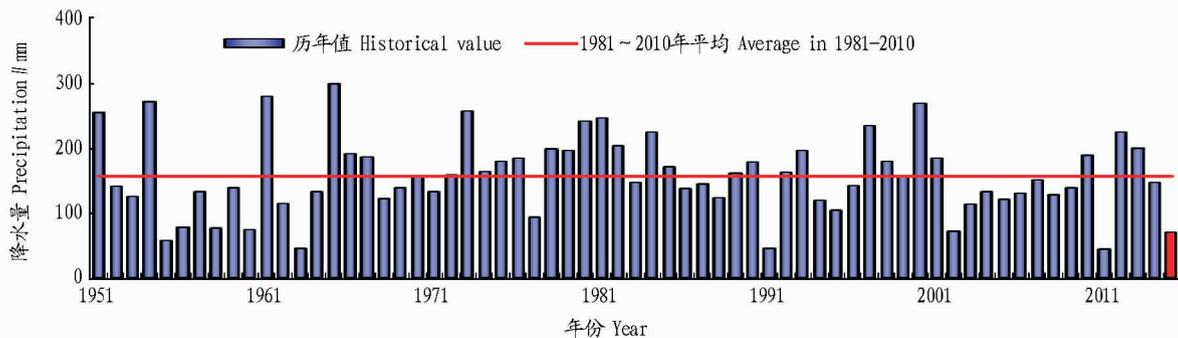


图2 1951~2015年4月全国平均降水量历年变化

Fig. 2 Variations of average precipitation in China from 1951 to 2015

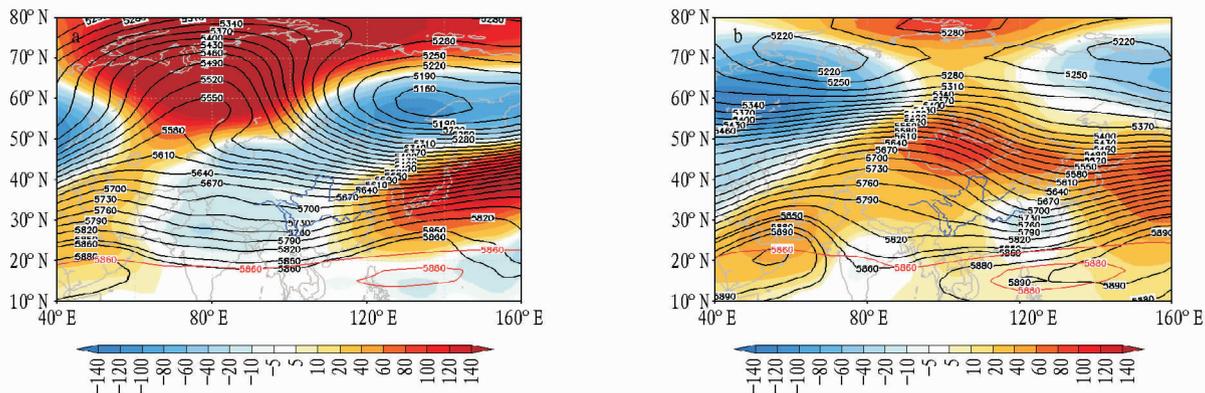
最直接原因。2015年4月上旬,500 hPa 高度场上(图3a),欧亚中高纬呈现“西高东低”的分布型,乌拉尔山地区阻塞高压发展并维持,这种环流型有利于高纬度地区的冷空气南下影响我国;对应850 hPa 低层风场上(图4a),在西北太平洋上空维持一强大的异常反气旋式环流,其西侧偏西南和偏南气流将暖湿水汽不断向长江中下游及其以北的地方输送。由于这期间乌拉尔山阻塞不断引导冷空气南下,冷暖气流在长江中下游及以北地区频繁交汇,造成该地区降水异常偏多,而这一段时间降水基本决定了4月我国北方降水偏多的形势。2015年4月中下旬,欧亚中高纬地区500 hPa 高度场环流发生了明显的调整,乌拉尔山地区阻塞明显东移减弱,我国大部地区受正高度距平控制,冷空气活动也明显减弱(图3b);850 hPa 低层风场上(图4b),西北太平洋上空的异常反气旋环流也明显减弱东移,向我国输送的暖湿水汽也明显减弱。由于冷空气和暖湿水汽输送均减弱,使得4月中下旬我国长江流域及其以北地区降水明显减少。

低纬度地区,4月上旬西北太平洋地区高压异常偏强,控制我国华北东南部至华南大部的我国东部沿海地区,受高压控制,我国江南和华南地区降水偏少;4月中下旬,西太平洋副热带高压出现了明显的加强西伸,从而使西风带和副热带高压外围的水汽均无法输送到我国长江以南地区,造成江南和华南地区降水持续偏少,干旱发展。

3.2 海温对降水的可能影响 国家气候中心监测显示,2015年3月以来赤道中东太平洋暖海温出现了显著增强,异

常暖海温控制赤道中东太平洋大部地区,同期赤道印度洋海温也开始异常增暖(图5)。受赤道太平洋和赤道印度洋异常暖海温的影响,大气做出了明显的响应,对应赤道中东太平洋和赤道印度洋暖海温的区域对流活动异常活跃,而在西太平洋地区对流活动明显受到抑制(图6)。从 $0^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 地区高度-经度平均垂直速度剖面(图7)也可以看出,在赤道中东太平洋地区出现了明显的上升气流,同时在东印度洋地区也有一明显的上升气流,2支上升气流均在西太平洋地区产生明显的下沉气流,这就是赤道印度洋-太平洋地区海气系统的齿轮式耦合(印-太齿轮组)。吴国雄等^[1]研究指出在厄尔尼诺期间,印尼群岛和西太平洋附近地区的对流显著减弱,而赤道中东太平洋和印度洋地区的对流均明显加强,齿轮组反向转动,齿轮组的啮合点位于印尼群岛及西太平洋附近地区。可见受厄尔尼诺和印度洋暖海温的影响,西太平洋附近地区为异常下沉气流控制区,对流活动受到抑制,受其影响,副热带高压出现了明显的加强和西伸,从而使西风带和副热带高压外围的水汽均无法输送到我国长江以南地区,造成江南和华南地区降水持续偏少,干旱发展。

为了进一步分析厄尔尼诺事件对我国降水的可能影响,选取与2014~2016年厄尔尼诺相似年的次年进行分析,包括1958、1998和2007年,这三年分别是1957/1958年、1997/1998年和2006/2007年3次厄尔尼诺年的次年,且厄尔尼诺的暴发类型与2014~2016年类似。对比分析2015年4月和3次厄尔尼诺次年4月合成的平均500 hPa 高度场和850 hPa



注:细线为 500 hPa 等高线,粗线为气候态下 5 880 gpm 线。阴影为 500 hPa 高度场距平,单位为 gpm。

Note: Thin lines were 500 hPa geopotential height;thick lines was 5 880 gpm of climatology;shaded area was 500 hPa anomalies;and unit was gpm.

图3 2015年4月上旬(a)和中下旬(b)500 hPa 高度场及距平

Fig.3 The 500 hPa geopotential height and anomalies in early (a) and mid-late (b) ten days of April 2015

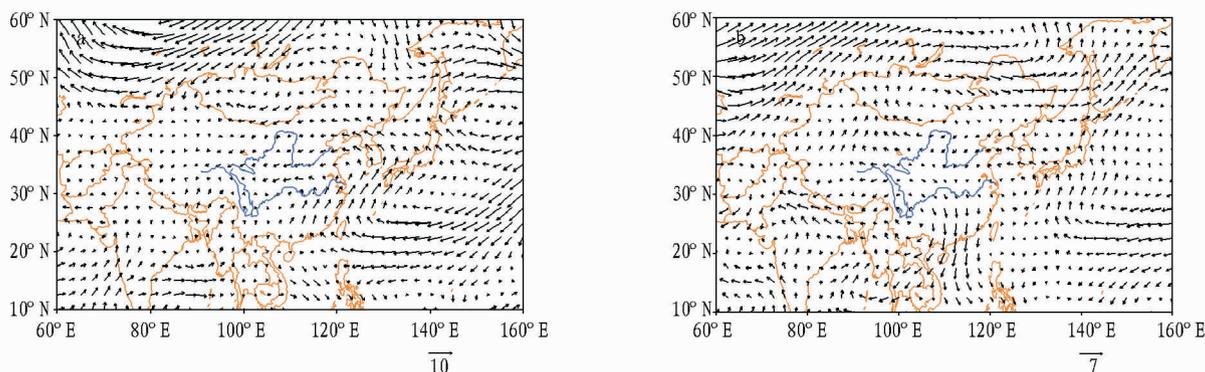


图4 2015年4月上旬(a)和中下旬(b)850 hPa 风场距平(单位:m/s)

Fig.4 The 850 hPa wind anomalies in early (a) and mid-late (b) ten days of April 2015

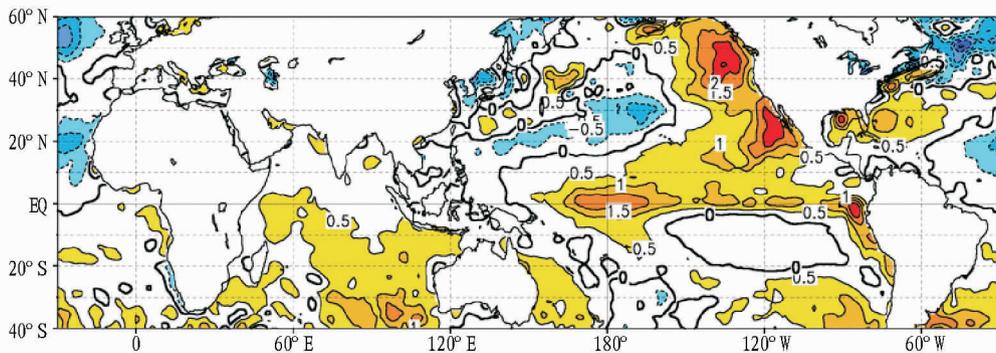


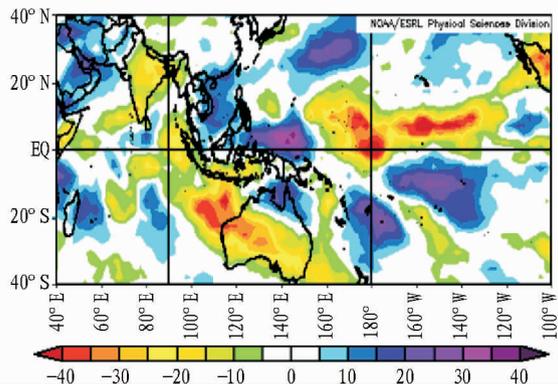
图5 2015年4月赤道太平洋和印度洋平均海表温度距平(单位:℃)

Fig.5 Distribution of sea surface temperature anomalies in the equatorial Pacific and Indian Ocean in April 2015

风场表明,2015年4月和相似年4月合成的500 hPa高度场上(图8a),自欧洲上空至西北太平洋地区均存在“负-正-负-正”的波列分布;对应的850 hPa低层风场上(图8b),自欧洲上空至西北太平洋地区也均存在异常“气旋-反气旋-气旋-反气旋”波列的分布,特别是在西北太平洋中纬度地区均存在异常反气旋环流,该反气旋式环流将西北太平洋的暖湿水汽向我国内陆输送,对我国北方地区降水偏多具有较大的影响。可见,2015年4月和相似年4月合成的500 hPa高度场和850 hPa风场具有相似的分布型,说明厄尔尼诺事件可能通过影响欧亚中高纬度地区环流进而对我国降水产

生一定的影响。

由于2014~2016年厄尔尼诺事件前期主要表现为中部型特征,暖海温中心主要位于日界线(180°)附近,即NINO4海区,因而进一步分析了前期3月NINO4海区海温指数与500 hPa高度场的相关性。从图9可以看出,自欧洲上空至西北太平洋的中高纬度地区也存在“负-正-负-正”的相关波列分布,最大相关中心均通过 $\alpha=0.05$ 的显著性t检验,说明NINO4海区海温的异常增暖对欧亚中高纬度地区环流也产生一定的影响。此外,在赤道印度洋至赤道西太平洋地区有一大片显著的正相关区,说明厄尔尼诺的发生对赤道印

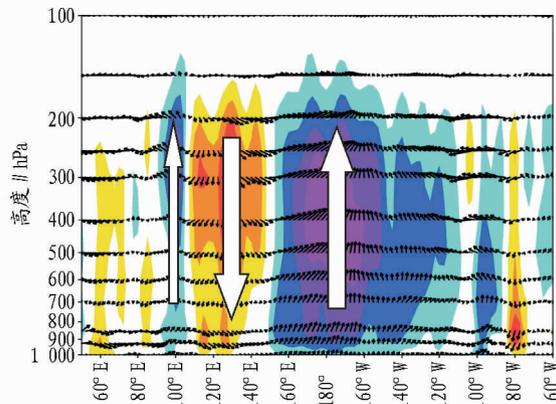


注:负值表示对流活跃,正值表示对流活动受到抑制。
 Note: The negative values indicated active convections, and positive values indicated suppressed convections.

图 6 2015 年 4 月赤道太平洋和印度洋长波辐射距平(单位:W/m²)
 Fig. 6 Distribution of outgoing long wave radiation(OLR) anomalies in the equatorial Pacific and Indian Ocean in April 2015

度洋和赤道西太平洋地区高度场正异常发展具有显著的影响,这一影响主要表现为有利于副高的增强和西伸。可见,2014~2016 年厄尔尼诺事件的发生对欧亚中高纬度和低纬

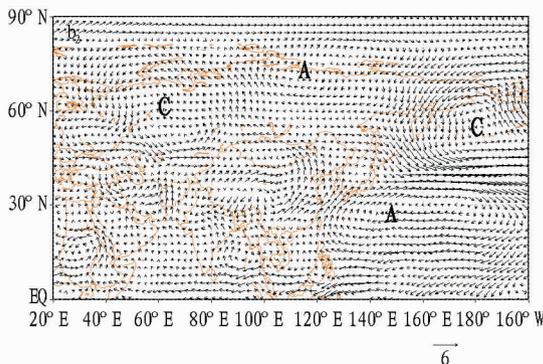
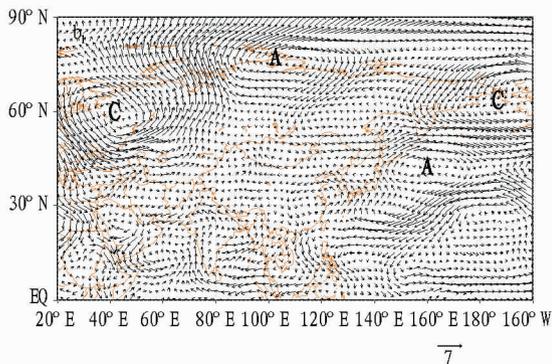
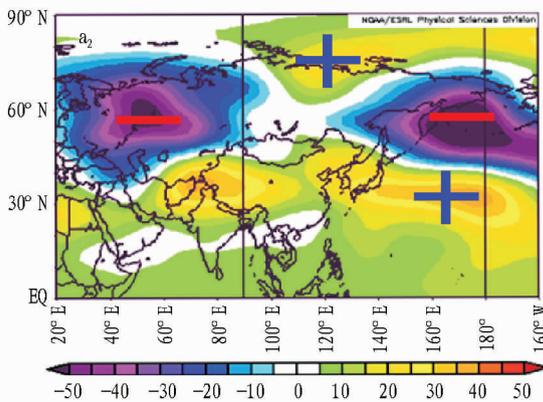
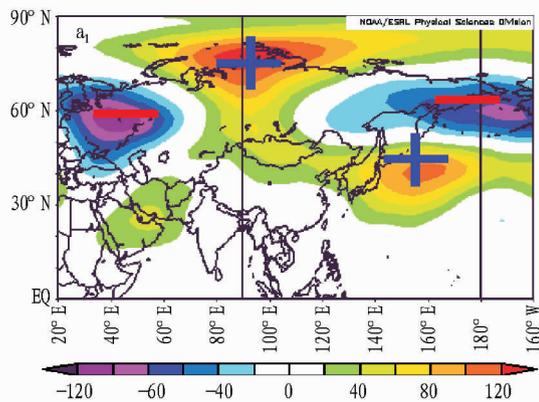
度地区环流均有一定的影响,并通过影响环流进而对我国降水的异常产生影响。



注:箭头表示垂直速度方向和大小,阴影表示异常上升和下沉区域。
 Note: The arrows displayed the values and directions of vertical velocity, the shadows indicated the abnormal rise and fall regions.

图 7 2015 年 4 月 0°S~20°N 地区平均高度-经度垂直速度剖面(单位:hPa/s)

Fig. 7 The mean altitude-longitude vertical velocity-cross-section in region of 0°S-20°N in April 2015



注:a₁、b₁ 为 2015 年 4 月;a₂、b₂ 为相似年 4 月合成。
 Note:a₁ and b₁ were April 2015; a₂ and b₂ were April in composition years.

图 8 2015 年 4 月和相似年合成 500 hPa 高度场距平(a, gpm)和 850 hPa 风场距平(b, m/s)

Fig. 8 The 500 hPa geopotential height anomalies(a, gpm) and 850 hPa wind anomalies(b, m/s) in April 2015 and composition years

4 小结

该研究利用我国 2 425 个台站月降水量资料,结合 NCEP 再分析等资料,对 2015 年 4 月我国降水异常特征及其成因进行了分析,得出如下结论:

(1)2015 年 4 月我国降水呈现“北多南少”的异常分布特征。降水异常偏多的地区主要位于内蒙古大部、新疆东南部、西藏中部和南部以及华北东部等地;而江南南部至华南等地降水较常年同期明显偏少,特别是我国华南地区降水持

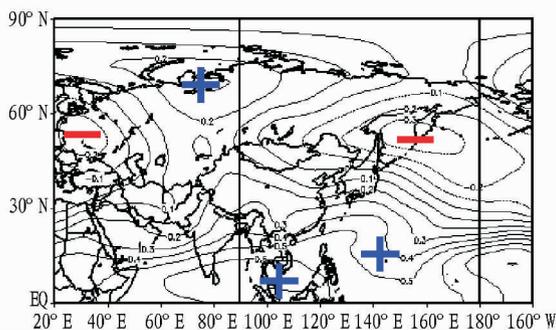


图9 1961~2015年4月NINO4海区指数和500 hPa高度场相关分析

Fig.9 Correlation analysis between NINO4 sea area index and 500 hPa height field in April from 1961 to 2015

续偏少,干旱发展,华南前汛期开始时间较常年明显偏晚。

(2)环流异常是导致我国降水异常的最直接原因。2015年4月上旬,500 hPa高度场上欧亚中高纬环流呈“西高东低”的分布型,有利于高纬度地区的冷空气南下影响我国。相应850 hPa低层风场上,在西北太平洋上空维持一强大的异常反气旋式环流,其西侧偏西南气流不断将暖湿水汽向我国长江中下游及其以北的地区输送,冷暖气流频繁交汇,造成我国长江中下游及以北地区降水异常偏多。

(3)4月上旬我国江南和华南地区受高压控制,降水偏少;4月中下旬,受副高加强西伸的影响,使得西南季风水汽和副热带高压外围的暖湿水汽无法输送到我国长江以南地

区,造成江南和华南地区降水持续偏少,干旱发展。

(4)受赤道太平洋和印度洋暖海温的影响,在赤道印度洋—太平洋地区形成印—太齿轮组,使得2015年4月中下旬副热带高压出现了明显的加强西伸,进而对江南和华南地区降水持续偏少产生影响。此外,相关分析表明2014~2016年厄尔尼诺事件的发生对欧亚中高纬度地区环流也有一定的影响,并通过影响环流进而对我国降水异常也产生影响。

参考文献

[1] 陶亦为,孙照渤,李维京,等. ENSO与青藏高原积雪的关系及其对我国夏季降水异常的影响[J]. 气象,2011,37(8):919-928.
 [2] 宗海锋,陈烈庭,张庆云. ENSO与中国夏季降水年际变化关系的不稳定性特征[J]. 大气科学,2010,34(1):184-192.
 [3] 薛峰,刘长征. 中等强度 ENSO 对中国东部夏季降水的影响及其与强 ENSO 的对比分析[J]. 科学通报,2007,52(32):2798-2805.
 [4] 王艳姣,闫峰. 2011年11月我国降水异常特征及成因分析[J]. 自然灾害学报,2014,23(1):100-106.
 [5] 赵强,严华生,程路. ENSO发展和衰减阶段的陕西夏季降水异常特征[J]. 应用气象学报,2013,24(4):495-503.
 [6] 崔童,王东轩,李多,等. 2014年夏季我国气候异常及成因简析[J]. 气象,2015,41(1):121-125.
 [7] 王艳姣,周兵,司东,等. 2012年夏季我国降水异常及成因分析[J]. 气象,2013,39(1):118-122.
 [8] 侯威,邹旭凯,王朋岭,等. 2014年中国气候概况[J]. 气象,2015,41(4):480-488.
 [9] 李清泉,王安乾,周兵,等. 2014年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,2015,41(4):497-507.
 [10] 王朋岭,周兵,柳艳菊,等. 2014年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响[J]. 气象,2015,41(4):489-496.
 [11] 吴国雄,孟文. 赤道印度洋—太平洋地区海气系统的齿轮式耦合和 ENSO 事件:1资料分析[J]. 大气科学,1998,22(4):470-480.

(上接第215页)

参考文献

[1] FISHER E L,CAPLAN P,FISHER E L,et al. An experiment in the numerical prediction of fog and stratus[J]. Journal of the atmospheric sciences, 1963,20(5):425-437.
 [2] ROACH W T,BROWN R,CAUGHEY S J,et al. The physics of radiation fog. I:a field study[J]. Quarterly journal of the royal meteorological society, 1976,102:313-333.
 [3] DUYNKERKE P G. Radiation fog:A comparison of model simulation with detailed observation[J]. Mon Wea Rev,1991,119:324-341.
 [4] BOTT A. On the influence of the physico-chemical properties of aerosols on the life cycle of radiation fogs [J]. Boundary layer meteorology, 1991, 56(1/2):1-31.
 [5] 尹球,许绍祖. 辐射雾生消的数值研究(I):数值模式[J]. 气象学报, 1993,51(3):351-360.
 [6] 尹球,许绍祖. 辐射雾生消的数值研究(II):生消机制[J]. 气象学报, 1994,52(1):60-67.
 [7] 孙旭东,徐华英,李桂忱,等. 二维平流辐射雾的数值模拟[J]. 大气科

学,1991,15(6):99-109.
 [8] 石春娥,曹必铭,李子华,等. 复杂地形上三维局地环流的模拟研究[J]. 南京气象学院学报,1996,19(3):320-328.
 [9] 王益柏,梅娜,范磊,等. WRF模式对2013年1月华北一次大雾的数值模拟对比试验[J]. 气象,2014,40(12):1522-1529.
 [10] 刘汉卫,潘晓斌,臧增亮,等. 华东地区一次辐射雾的数值模拟分析[J]. 干旱气象,2011,29(2):174-181.
 [11] 崔强,王春明,岳甫璐,等. 南京2013年12月一次大雾天气过程的数值模拟及诊断分析[C]//第31届中国气象学会年会S11第三届城市气象论坛—城市与环境气象. 中国气象学会,2014.
 [12] 李耀孙. MM5和WRF对华东地区冬季边界层廓线和雾模拟效果的对比研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2012:14.
 [13] 周昆,郝元甲,姚晨,等. 6种数值模式在安徽区域天气预报中的检验[J]. 气象科学,2010,30(6):801-805.
 [14] OTTE T L. The impact of nudging in the meteorological model for retrospective air quality simulations. Part I:Evaluation against National Observation Networks [J]. Journal of applied meteorology and climatology, 2008,47(7):1853-1867.