

聂羽, 孙冷, 李清泉, 等. 2016. 2015 年秋季我国气候异常及暖湿成因分析. 气象, 42(4): 507-513.

2015 年秋季我国气候异常及暖湿成因分析^{* 1}

聂 羽 孙 冷 李清泉 马丽娟

国家气候中心, 北京 100081

提 要: 2015 年秋季, 全国平均气温较常年同期偏高, 降水量偏多明显, 为 1951 年以来同期第三高值, 我国总体呈现“暖湿”的特征, 但南北方降水特征有明显差异。受水汽条件不同的影响, 华南地区为持续性降水, 而华北表现为阵性降水。诊断分析表明, 华南的持续性降水偏多与超强厄尔尼诺和赤道印度洋偏暖的共同作用有关。赤道东太平洋和赤道印度洋地区海温偏高, 加强了西太平洋地区低层的反气旋环流异常, 造成西太平洋副热带高压偏强偏西。受副热带高压西侧异常南风的引导, 来自南海和西太平洋的异常水汽向华南输送, 造成了秋季华南持续降水偏多。而受中高纬度环流经向度偏大的影响, 冷空气在华北活跃, 配合东路和南路水汽的阶段输送, 则造成了华北的降水偏多。

关键词: 暖湿, 西太平洋副热带高压, 超强厄尔尼诺

中图分类号: P461

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.04.015

Possible Causes for the Warmer and Wetter Autumn in 2015 in China

NIE Yu SUN Leng LI Qingquan MA Lijuan

Beijing Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: During the autumn of 2015, the averaged surface air temperature in China was above normal. The mean precipitation in China was much more than normal, ranked as the 3rd since 1951. Thus, the autumn 2015 in China generally featured “warm and wet”. However, the temporal evolution of the precipitation of South and North China exhibited different characteristics. Driven by the different water vapor conditions, the South China was characterized by persistent precipitation, while North China featured several heavy rainfall events. By diagnosing the circulation anomaly, it was found that, the persistent anomalous rainfall over South China was associated with the forcing of the super strong El Niño and warmer tropical Indian Ocean. The continued anomalous warming over the tropical eastern Pacific and Indian Ocean together strengthened the western Pacific subtropical high and pushed it westward. The anomalous southerlies along the western side of western Pacific subtropical high guided more water vapor from the South China Sea and the western Pacific to South China, causing the wetter autumn there. Meanwhile, the amplitudes of ridges and troughs in mid-latitude regions were larger than normal, causing several strong cold air processes over North China, along with the water vapor transport from the East China Sea and South China Sea, and further leading to the anomalous precipitation in North China.

Key words: warm and wet, the western Pacific subtropical high, super powerful El Niño

* 中国气象局气候研究开放实验室开放课题青年基金 2015 年度资助项目和中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2015Z11)共同资助

2015 年 12 月 28 日收稿; 2016 年 3 月 15 日收修定稿

第一作者: 聂羽, 主要从事中纬度气候动力学与气候变化研究. Email: nieyu@cma.gov.cn

引 言

中国地处亚洲季风区,季风气候显著。秋季是夏季风环流向冬季风环流转变的过渡期。秋季,热带暖湿气流继续北上,中高纬度的冷空气活动开始活跃,干冷气团和暖湿气团在不同地区的交汇造成我国天气和气候的变化。不同强度的冷暖气团在某些区域持续的对峙甚至可以带来一些极端天气事件。近几年的秋季,我国降水总体偏多(柳艳菊等, 2013;王朋岭等, 2014;侯威等, 2015;司东等, 2015)。2015年秋季,我国气候总体呈现“暖湿”的特征。在华南、江南等地,强降水事件频发,部分地区出现泥石流等地质灾害。

气候特征的异常通常是大气环流异常与外强迫因子异常的组合变化造成的。本文拟利用台站观测和再分析资料,结合前期海表温度的观测资料,首先揭示 2015 年秋季我国的气温和降水的异常状况,然后通过诊断大气环流异常、水汽输送的异常、外强迫异常等因子,分析造成 2015 年秋季我国呈现“暖湿”特征的可能原因。

1 资料和方法

本文使用了 1951—2015 年的中国逐日气温和降水观测资料。数据来源于中国气象局国家气象信息中心整编的中国地区 2400 台站观测气候数据集。此外,本文还使用了 1948—2015 年美国气象环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)提供的 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 水平分辨率的位势高度场、水平风场、水汽场的逐日再分析资料(Kalnay et al, 1996)和美国国家海洋大气署(NOAA)提供的 1981—2015 年逐月的海温资料(Reynolds et al, 2007)。文中部分图形出自国家气候中心开发的“亚洲气候诊断系统”。文中的气候常年值为 1981—2010 年的平均值。

2 2015 年秋季我国主要气候异常特征

2.1 2015 年秋季我国总体气候异常特征

2015 年秋季,全国平均气温为 10.6°C ,较常年同期(9.9°C)偏高 0.7°C (图 1),为 1961 年以来同期

第七高值。秋季,全国平均降水量为 151.0 mm ,较常年同期(119.8 mm)偏多 26.0% (图 2),为 1951 年以来同期第三高值,仅次于 1951 年(158 mm)和 1961 年(156.4 mm)。我国总体呈现“暖湿”的特征。

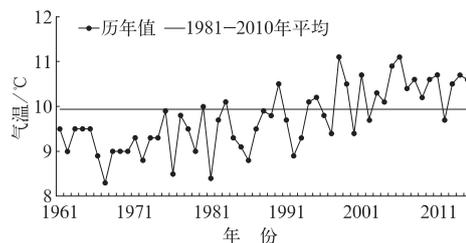


图 1 1961—2015 年秋季全国平均气温历年变化
Fig. 1 Time series of autumn mean temperature over China during 1961—2015

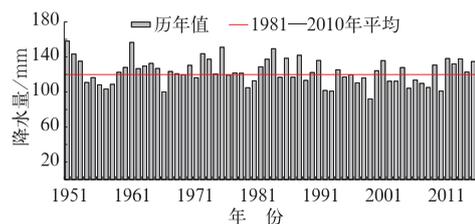


图 2 1951—2015 年秋季全国平均降水量历年变化
Fig. 2 Time series of autumn mean rainfall over China during 1951—2015

从空间分布看,全国大部分地区气温接近常年同期或偏高,其中青藏高原大部、甘肃中部和南部、陕西北部、四川大部、贵州西部、云南东部、华南南部等地偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$,青海中南部等地偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$;仅新疆中部局地、内蒙古东南部局地和辽宁西部局地偏低 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ (图 3a)。

降水场上,我国大部分地区降水接近常年同期或偏多,其中西北地区大部、内蒙古中西部、华北北部、黄淮东部、江淮东部、江南大部和华南大部等地降水偏多 5 成至 2 倍,广西北部、新疆南部、内蒙古西部等地偏多 2 倍以上;而西藏大部、新疆西部、青海西南部、内蒙古东北部局部、黑龙江东部、吉林东北部、辽宁西部、河南南部、广东东南部和海南西部等地降水偏少 2~8 成,西藏西部、新疆西南部等地偏少 8 成以上(图 3b)。

图 4 给出了华南和华北地区平均的秋季平均降水量的逐年演变。从图中可以看出,2015 年秋季,华南平均的降水量为 456.9 mm ,较常年同期(273.3 mm)偏多 67.2% ,为 1951 年以来历史同期

最多。华北秋季平均降水量为 95.1 mm,较常年同期(57.7 mm)偏多 64.8%,为 1951 年以来历史同

期第三高值,仅次于 2012 年(108.5 mm)和 2003 年(97.3 mm)。

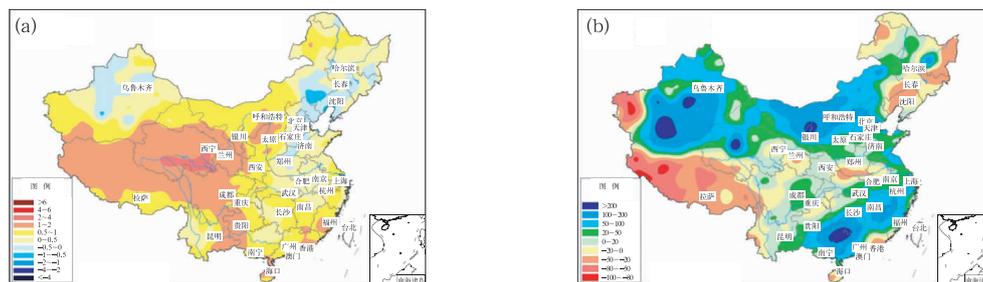


图 3 2015 年秋季全国气温距平(a,单位: °C)和降水距平百分率(b,单位: %)分布图

Fig. 3 Distribution of temperature anomalies (a, unit: °C) and precipitation anomaly percentage (b, unit: %) of China during autumn 2015

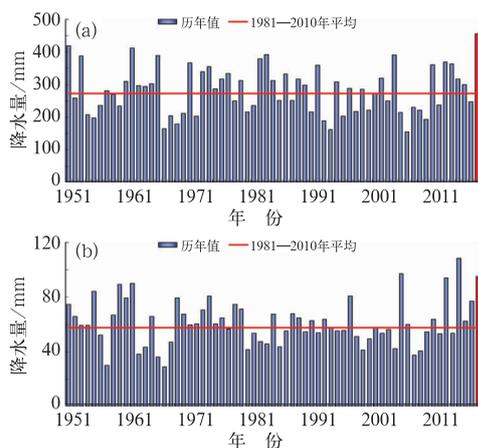


图 4 1951—2015 年秋季(a)华南和 (b)华北地区的平均降水量历年变化
Fig. 4 Time series of autumn mean rainfall over (a) South China and (b) North China during 1951—2015 (unit: mm)

2.2 2015 年秋季我国南北气候异常差异

尽管 2015 年秋季我国华南和华北地区降水都异常偏多,但是两地的降水演变特征不同。为了更清楚地描述两地降水特征的差异,本文在华南和华北分别选取一个地区作为代表进行分析。图 5 给出了 2015 年秋季广西壮族自治区和北京地区日平均降水量的逐日演变图。从图中可以看到,华南的降水属于持续性降水,而华北地区的降水特征表现为过程性降水。

3 2015 年秋季中国气候异常成因分析

3.1 全国大部地区气温偏高

2015 年秋季,在 500 hPa 环流场上,如图 6 所

示,欧亚中高纬度地区呈现“西低东高”的分布型,我国大部地区为正高压脊控制,入侵我国的冷空气势力总体偏弱。在副热带地区,副热带高压(以下简称副高)较常年同期偏强偏西,面积偏大,青藏高原位势高度场异常偏高,南方的暖气团势力强。这些都有利于我国大部地区气温偏高。

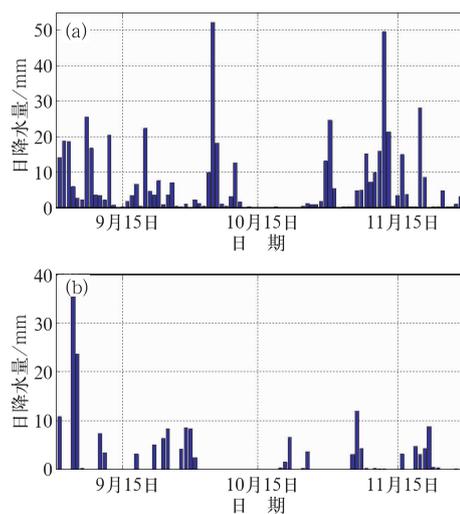


图 5 2015 年秋季广西壮族自治区(a)和北京(b)日平均降水量的逐日演变
Fig. 5 Time series of daily mean rainfall in (a) Guangxi and (b) Beijing during autumn 2015

3.2 华南多雨

3.2.1 大气环流异常和水汽输送

从西太平洋副高各项指数的逐日演变来看,2015 年秋季,西太平洋副高持续偏强、面积偏大、西伸脊点偏西。副高脊线在 9—10 月总体偏南,到 11

月之后,脊线阶段性略偏北(图 7)。从季节平均的角度来看,西太平洋副高总体偏强、偏西、偏南。

水汽条件上,受西太平洋副高西侧异常南风气流的引导(图 8),来自西太平洋和南海的水汽向我国华南输送(图 9),造成我国秋季降水偏多。

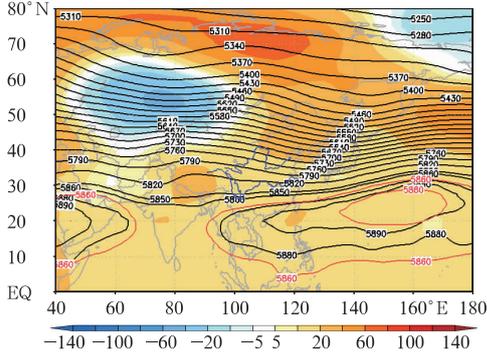


图 6 2015 年秋季 500 hPa 位势高度场及其距平 (等值线,黑线为 500 hPa 等高线,红线为气候态下 5860 和 5880 gpm 等高线;阴影,单位:gpm)

Fig. 6 The distributions of geopotential height (contour) and its anomaly (shaded area) at 500 hPa during autumn 2015 (The red line denotes the 5860 and 5880 contours of climatological means, unit: gpm)

3.2.2 外强迫的作用

超强的厄尔尼诺和印度洋全区一致偏暖是造成西太平洋副高持续偏强、偏西的主要原因。超强厄尔尼诺条件下,赤道东太平洋的海温异常偏高(以 10 月为例,图 10),在该地区产生异常的上升运动,赤道西太平洋地区产生异常的下沉运动(图 11),在低层激发异常的反气旋环流(Chou, 2004; Matsuno, 1966; Gill, 1980)从而加强西太平洋副高。此外,赤道印度洋地区的全区一致偏暖(图 10),也会导致赤道印度洋地区产生异常上升运动,而西太平洋地区产生异常下沉运动,加强西太平洋副高(图 11)。

3.3 华北降水偏多成因简析

2015 年秋季,华北、西北等地的降水多为过程性降水。本文选取了 4 次典型过程,从大气环流异常和水汽条件两个方面进行成因分析。

第一次典型过程发生在 2015 年 9 月 4—5 日。在 500 hPa 环流场上,欧亚中高纬度呈“两槽一脊”型分布(图 12a),华北处在低槽后部,冷空气较为活跃。此外,受东北冷涡活跃的影响,对流层低层的异

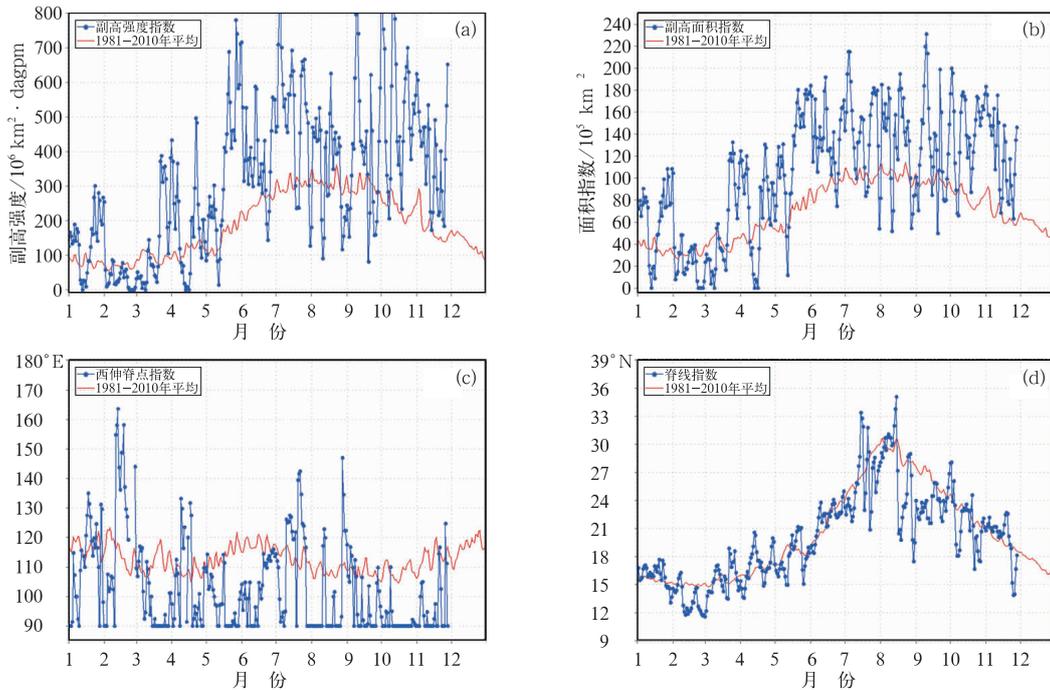


图 7 2015 年西太平洋副高强度(a)、面积(b)、西伸脊点(c)、脊线(d)的逐日演变
Fig. 7 Daily evolutions of the indexes of (a) intensity, (b) area, (c) ridge point and (d) ridge line of the western Pacific subtropical high during autumn 2015

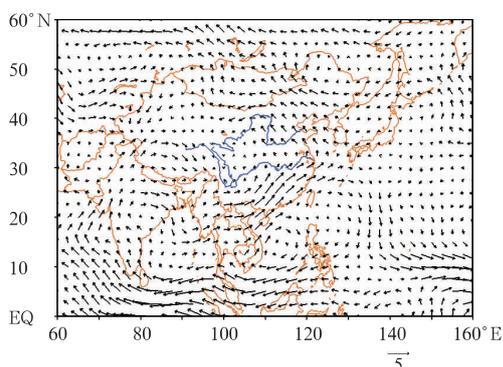


图 8 2015 年秋季 850 hPa 风场距平场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
Fig. 8 The distribution of wind anomaly at 850 hPa (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

常气旋将水汽带向我国华北东部(图 13a),造成此次异常降水。

第二次典型过程发生在 2015 年 9 月 28 日至 10 月 1 日。在 500 hPa 环流场上,欧亚中高纬度呈现“西脊东槽”型分布,东亚大槽偏深(图 12b)。我国华北地区处在东亚大槽后部,冷空气活跃。水汽场上,受台风杜鹃的影响,异常的水汽从南海一路向北输送至我国华北(图 13b),造成此次降水过程。

第三次典型过程发生在 2015 年 11 月 5—8 日。从环流形势图上看,在对流层中层,亚洲中高纬度呈现“西低东高”的形势,河套以西地区为低槽控制(图 12c),而对流层低层,低槽向东扩展至河套以东、

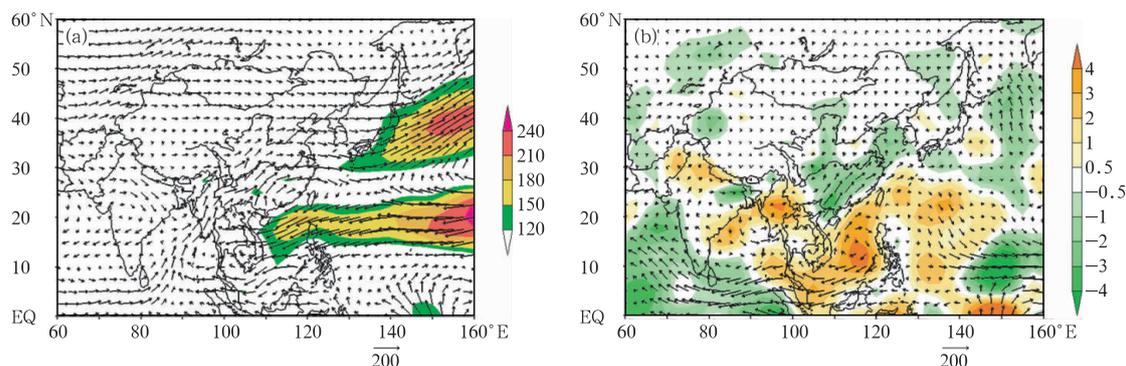


图 9 (a)2015 年秋季整层水汽通量(箭头,单位: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)及其散度(阴影,单位: $10^{-5} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)分布;
(b)整层水汽通量和散度的距平场(绿色代表辐合,红色代表辐散)

Fig. 9 (a) Distributions of the integrated moisture flux (arrow, unit: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$) and its divergence (shaded area, unit: $10^{-5} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) in China during autumn 2015;
(b) the same as (a), but for their anomalies

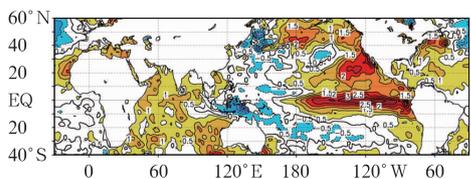


图 10 2015 年 10 月海表温度距平(单位: $^{\circ}\text{C}$)
Fig. 10 Sea surface temperature anomalies in autumn 2015 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

河北等地(图略)。这样的环流形势有利于华北的冷空气活动。水汽场上,西太平洋副高西侧的异常偏南气流将南海的水汽不断向北输送至我国华北(图 13c),此外,华北以东的异常偏东风将日本海的水汽也输送至华北地区,两股水汽在华北汇合,造成华北地区此次的雨雪天气过程。

第四次典型过程发生在 2015 年 11 月 19—24 日,我国发生了一次全国性寒潮过程,中东部大部地区降温超过 10°C 以上。在 500 hPa 环流场上,中西

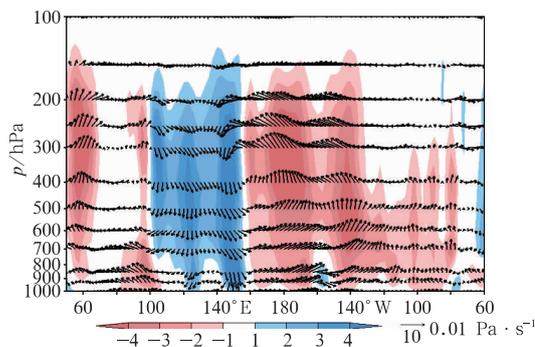


图 11 2015 年 10 月赤道地区 $5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ 的异常沃克环流(箭头)

(阴影区代表垂直速度异常,单位 $0.01 \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 11 Anomalous Walker circulation (vector) along the equator ($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$) in October 2015 (Shaded area is for anomalous vertical velocity, unit: $0.01 \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

伯利亚地区出现阻塞高压,南侧为切断低压(图 12d)。

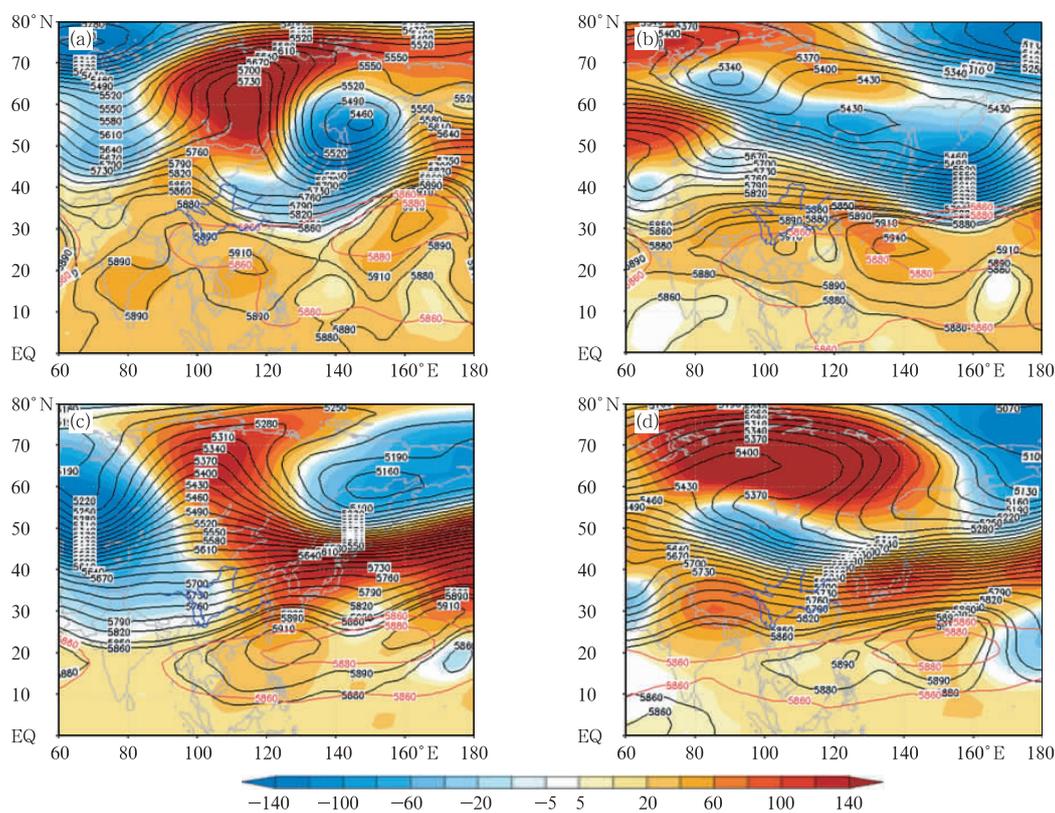


图 12 同图 6, 但为 2015 年(a)9 月 4—5 日,(b)9 月 28 日至 10 月 1 日,(c)11 月 5—8 日,(d)11 月 19—24 日
 Fig. 12 Same as Fig. 6, but for (a) 4—5 September, (b) 28 September to 1 October,
 (c) 5—8 November and (d) 19—24 November in 2015

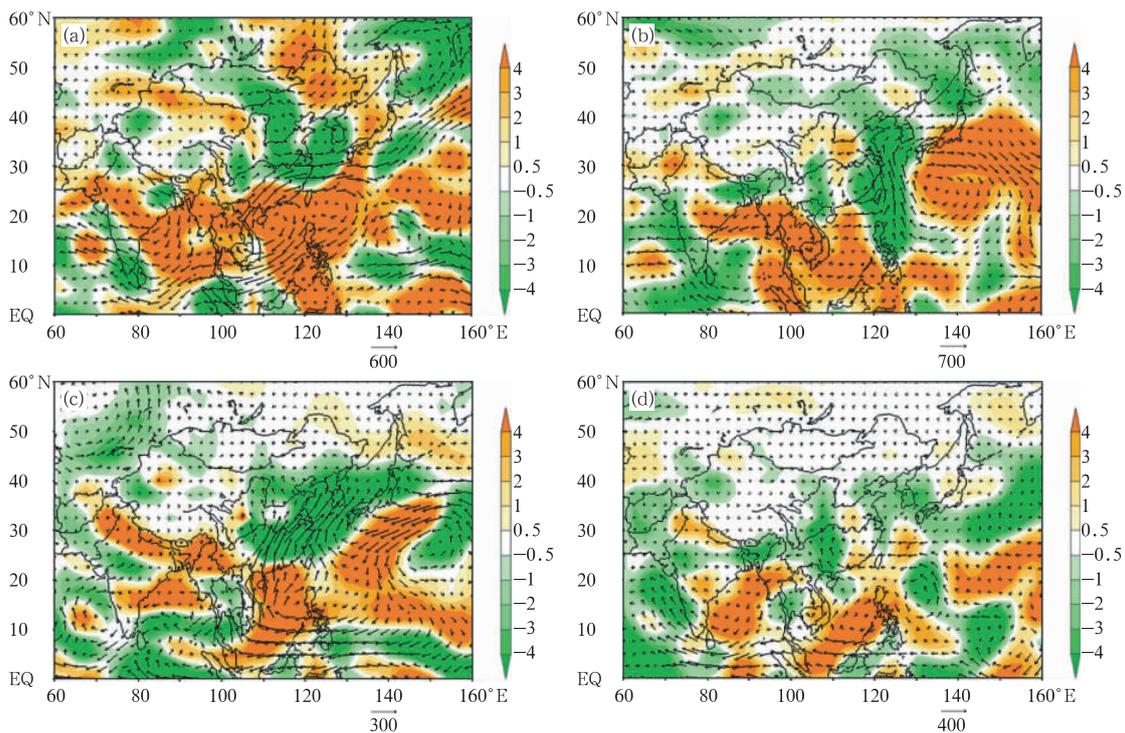


图 13 同图 9b, 但为 2015 年(a)9 月 4—5 日,(b)9 月 28 日至 10 月 1 日,(c)11 月 5—8 日,(d)11 月 19—24 日的情况
 Fig. 13 Same as Fig. 9b, but for (a) 4—5 September, (b) 28 September to 1 October,
 (c) 5—8 November and (d) 19—24 November in 2015

近地面西伯利亚高压异常偏强(图略),冷空气异常活跃。水汽场上,西太平洋副高西侧的异常偏南气流将南海的水汽不断向北输送至我国河套地区(图13d),造成此次的寒潮降温和雨雪天气过程。

综上,2015年秋季,北方的过程性多雨,主要归因于大气环流的阶段性调整。在整个秋季,欧亚中高纬地区纬向型环流占优势,西太平洋副高总体偏南。由于西风带经向环流的阶段性发展和冷空气的阶段性增强,以及西太平洋副高的阶段性北抬,致使我国华北等地出现几次明显的降水过程,呈现多雨的趋势。

4 结论和讨论

本文利用中国台站的气温降水资料、NCEP/NCAR逐日的再分析资料和NOAA的月平均海温资料,首先揭示了2015年秋季中国气候异常的主要特征,然后分析了造成异常的可能原因,主要结论如下:

(1)2015年秋季,全国气温普遍偏高,降水量偏多。全国平均温度为 10.6°C ,较常年平均偏高 0.7°C 。全国平均降水量为 151 mm ,较常年同期偏多 26% ,为1951年以来历史同期第三高值。华南的降水体现为异常持续性降水,位列1951年以来同期最高值;而华北的降水是过程性降水,造成两地降水偏多的成因不同。

(2)华南的异常持续性降水与热带海洋的外强迫息息相关。2015年,赤道中东太平洋海温和赤道印度洋海温持续偏高。截至2015年11月,赤道东太平洋累计海温距平已达到 20.7°C ,发展为超强厄尔尼诺事件。受超强厄尔尼诺和赤道印度洋海温偏高的共同影响,季内,西太平洋副高偏强偏西。副高

西侧的异常偏南气流将西太平洋和南海的暖湿水汽输送至我国华南广大地区,造成华南秋季降水偏多。

(3)秋季,亚洲中高纬度环流以纬向型环流为主,但阶段性的经向环流发展,有利于槽脊的发展和冷空气活动,配合东路和南路水汽的输送,引起华北的过程性降水偏多。然而,引起这种环流异常的外强迫因子有待进一步分析。

综上,2015年秋季我国总体呈现“暖湿”特征,但是受到水汽条件及中高纬度环流的差异,华南表现为持续性降水,而华北表现为几次典型的过程性降水。

参考文献

- 侯威,邹旭凯,王朋岭,等. 2015. 2014年中国气候概况. 气象, 41(4): 480-488.
- 柳艳菊,王艳姣,司东,等. 2013. 2012年秋季气候异常及其成因分析. 气象, 39(4): 526-530.
- 司东,邵懿,孙冷,等. 2015. 2014年秋季我国华西地区降水异常的成因分析. 气象, 41(4): 508-513.
- 王朋岭,李多,柳艳菊,等. 2014. 2013年秋季东北地区气候异常及成因分析. 气象, 40(4): 510-514.
- 王朋岭,周兵,柳艳菊,等. 2015. 2014年海洋和大气环流异常及对对中国气候的影响. 气象, 41(4): 489-496.
- Chou C. 2004. Establishment of the low-level wind anomalies over the west North Pacific during ENSO development. J Climate, 17(11): 2195-2212.
- Gill A E. 1980. Some simple solutions for heat-induced tropical circulation. Quart J Roy Meteor Soc, 106(449): 447-462.
- Kalnay E, Kanamitsu M, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull Amer Meteor Soc, 77(3): 437-471.
- Matsuno T. 1966. Quasi-geostrophic motions in the equatorial area. J Meteorol Soc Japan, 44(1): 25-43.
- Reynolds R W, Smith T M, et al. (2007). Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. J Climate, 20(22): 5473-5496.