

2011年华西秋雨特征及其成因分析

李莹 李维京 艾婉秀 陈峪

(国家气候中心, 中国气象局, 北京 100081)

摘要: 2011年入秋以来, 华西北部、黄淮、华北南部等地秋雨明显, 具有局地降水强度大、持续时间长的特点, 灾害影响重。形成此次秋雨异常事件的主要原因是受La Niña事件的影响, 赤道中东太平洋地区海温异常偏低, 在西北太平洋到我国沿海一带形成“异常气旋—反气旋对”的环流特征。在这样的环流配置下, 低纬地区经孟加拉湾北上的西南气流强盛, 与源自西太平洋偏强的东南气流汇合, 将来自海洋的暖湿空气源源不断地向北输送, 源自西太平洋的偏东水汽输送异常明显, 对降水异常偏多起主要作用; 在中高纬度地区, 贝加尔湖以东地区维持异常低槽区, 易引导冷空气持续频繁南下影响我国华西北部及其以北地区。同时, 副高主体偏北少动使得冷暖气流在华西北部至黄淮一带交汇并稳定维持, 从而形成较大范围的持续性降水。

关键词: 华西秋雨, 水汽输送, 拉尼娜事件

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2012.03.004

Analysis of Autumn Rainfall Characteristics and Its Causes in West China in 2011

Li Ying, Li Weijing, Ai Wanxiu, Chen Yu

(National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing)

Abstract: Since the autumn of 2011, there has been obvious precipitation in northern areas of West China, Huang-Huai and southern areas of North China, which is characterized by high local intensity, long duration and serious disasters. The formation of this precipitation is mainly due to the SST of the middle and east Pacific Ocean abnormally lower, which was effected by the La Niña events and results in anomaly cyclone and anticyclone gyre circulation pattern in the Northwest Pacific and offshore region. Under such conditions, southwest airflow which moves northward along the Bay of Bengal, keeps strong and joins southeast airflow from the Western Pacific, thus warm and moist air from the ocean is continuously transported northwards. The eastern water vapor transport from the western Pacific is significantly obvious and mainly contributes to the significantly more precipitation. In the meantime, abnormal trough maintains to the East of Lake Baikal, which guides the cold air frequently to the north of West China and its northern areas. The main subtropical high, located abnormally north and moving little, results in the cold and warm air converge and maintains from the northern part of the West China to the Huang-Huai area, causing the continuous precipitation.

Key words: autumn rainfall in West China, moisture transport, La Niña events

1 引言

华西秋雨是我国西部地区秋季多雨的一种气候现象, 主要出现在四川、贵州、重庆、云南、甘肃东部和南部、陕西关中和陕南、湖南西部、湖北西部一带。一般出现在9—11月, 主要降雨时段出现在9, 10两个月^[1]。2011年入秋以来, 华西北部、黄淮、华北南部等地秋雨明显。尤其在华西地区, 由于持续性的强降水, 出现了严重的暴雨洪涝及次生地质灾害。2011年9月17日, 陕西西安市灞桥区出现山体滑坡, 造成重大人员伤亡。长江流域的渠江、乌江下游、汉

江上游部分支流以及黄河流域渭河等14条河流发生超警以上洪水, 汉江、渭河流域出现2011年最大洪水, 持续秋雨天气还对秋收作物造成了很大影响^[2,3]。

早在1990年, 施能^[4]就指出我国秋季降水与ENSO有密切关系。龚道溢等^[5]研究表明, El Niño年江南地区降水偏多, 北方偏少; La Niña年情况相反。秋季降水与ENSO的关系远比夏季降水与ENSO的关系紧密, El Niño年我国秋季降水出现南多北少分布型的频率增加近20%, 而La Niña年出现南多北少型的频率减少20%^[6]。在El Niño年, 西北地区秋季大部分地区降水偏少, La Niña年则情况相反^[7]。不仅如此, 刘宣飞等^[8]认为, IOD(印度洋偶极子, Indian Ocean Dipole)对中国秋季降水也有显著影响, 主要影响区集中在中南和西南地区。进入21世纪以来, 华西秋雨有明显增多

收稿日期: 2011年11月22日; 修回日期: 2012年2月27日
第一作者: 李莹(1984—), Email: yingli@cma.gov.cn
资助信息: 国家科技支撑计划(2007BAC29B04)

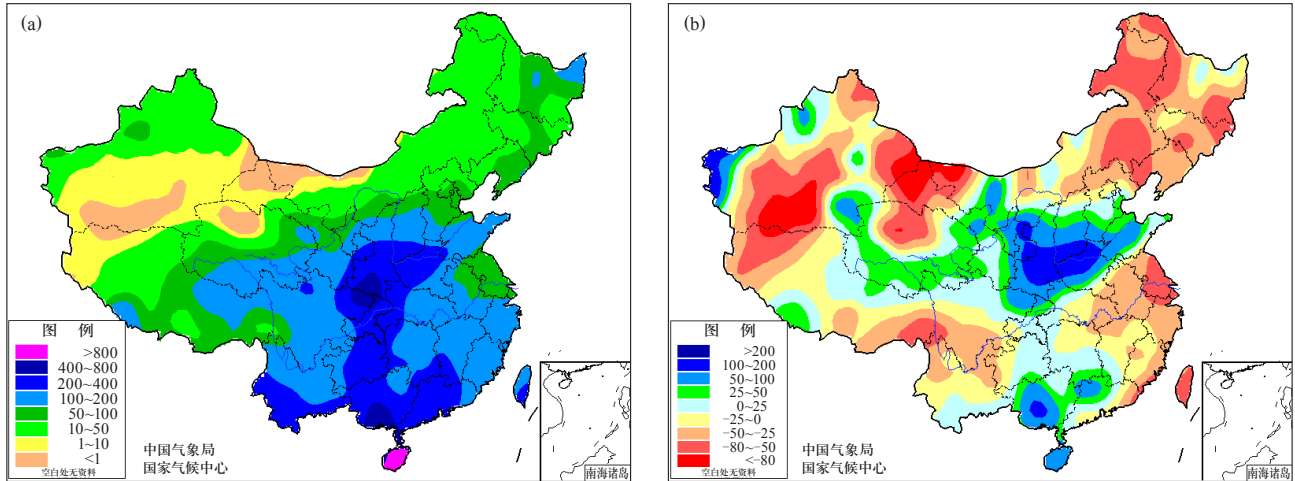


图1 2011年9—10月全国降水量 (a, 单位: mm) 和降水距平百分率 (b, 单位: %) 分布图

的趋势^[9]。鲍媛媛等^[10]、方建刚等^[11]、赵珊珊等^[12]、贾小龙等^[13]都针对华西秋雨进行过研究。最新监测显示^[14]，2010年7月—2011年3月的La Niña事件结束后，春末到夏初赤道中东太平洋海表温度整体上接近正常。8月份，赤道中东太平洋海表温度负距平又开始逐步加强扩大，并于9月份再次进入La Niña状态。

本文将针对2011年秋季华西的降水特点进行分析，并通过海温和大尺度环流异常进行诊断研究，以给出2011年秋季华西降水的特征和成因的初步分析。

2 资料

本文所用的资料有以下三部分：(1) NCEP/NCAR的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 的月平均再分析资料，包括高度场、风场、比湿场和海平面气压场；(2) 降水资料包括国家气候中心整编的160站月平均降水数据和2400多站逐日降水数据；(3) 1951—2011年哈德莱环流中心的月平均海表温度数据，空间分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 。

3 2011年秋季降水异常的时空特征

2011年9—10月，我国降水集中在中部和南方的部分地区，常年华西秋雨区的北部地区（陕西、四川东北部、重庆北部等地）、黄淮及华北西南部秋雨天气明显，西北东部、西南东北部、华北西南部、江汉西北部等地累积降水量一般在200mm以上，其中陕西中南部、河南西部、四川东北部、重庆北部等地达300~500mm（图1a），四川南江（779.9mm）、万源（603.1mm）、旺苍（552.5mm）、平昌（517.9mm）和陕西紫阳（590.8mm）等地超过500mm。降水距平呈现北多南少的分布特征，西北地区东部、黄淮大部、华北南部及四川东北部、湖北西北部等地降水量普遍偏多5成至1倍，其中陕西中部、河南西北部、山西南部等地偏多达1倍以上（图1b），宁夏盐池和陕西武功等地累积降水量较常年同期偏多

2倍以上。2011年秋雨区的降水量位列历史同期第三（图2），少于1964和1975年（以上两年均在夏秋季发生La Niña事件），从长期看，秋雨区降水量有减少的趋势，但就其年代际变化而言，自21世纪以来，华西秋雨又进入到偏多的时期，这同白志虎等^[9]和贾小龙等^[13]的研究结论相一致。

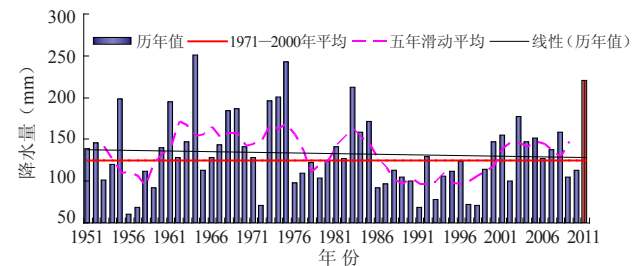


图2 2011年9—10月秋雨区降水量历年变化 (单位: mm)

陕西、河南、山西、四川、甘肃、青海、湖北的部分地区9—10月降水日数普遍有20~30d，青海南部、重庆大部、陕西南部、湖北西北部、四川大部等地局部超过30d（图3a）。甘肃中部、青海东部和南部、陕西南部、河南、山东东部、山西南部和河北南部等地降水日数较常年同期偏多4~8d（图3b）。秋雨区平均降水日数为25d，较常年同期偏多4d，尽管长期来看秋雨区降水日数有减少的趋势，但近10年的降水日数明显多于20世纪80年代中期到20世纪末（图4）。四川芦山（28d）、天全（27d）、名山（22d），青海班玛（24d）等地连续降水日数超过20d。总体来看，2011年华西北部、黄淮、华北南部等地秋雨明显，具有降水持续时间长和局地降水强度大的特点，灾害影响重。

4 大尺度环流特征

由2011年9—10月500hPa位势高度场可见（图5a），欧亚中高纬地区呈现典型的两槽两脊分布型，贝加尔湖以东地区有一深槽，有利于冷空气在贝湖以北地区

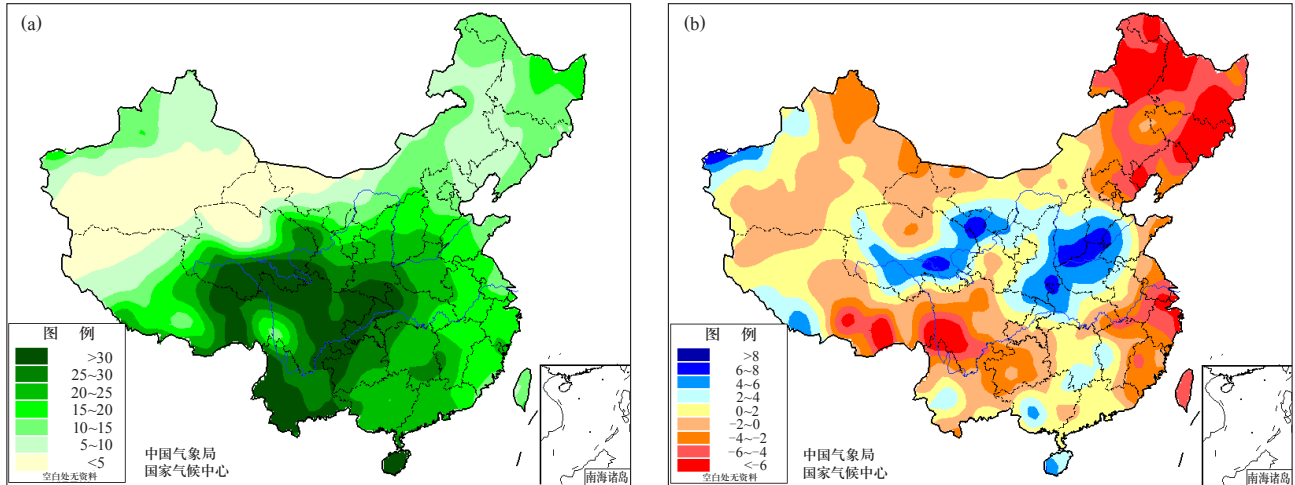


图3 2011年9—10月全国降水日数 (a) 和距平 (b) 分布图 (单位: d)

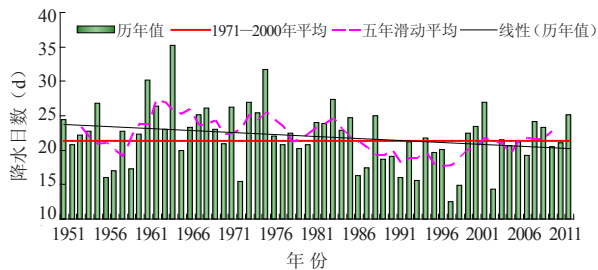


图4 2011年9—10月秋雨区降水日数历年变化 (单位: d)

堆积, 伴随着上游短波扰动, 槽后不断有冷空气分裂南下侵入我国。从500hPa位势高度距平场看(图5b), 欧亚地区中高纬度从西到东有一“负—正—负—正”的波列, 负距平中心一个位于乌拉尔山以西, 另一个位于贝加尔湖以东到鄂霍次克海地区。从大气环流型来看, 这属于大西洋欧洲环流E型分布(经向环流, 长波槽在大陆东部, 长波脊在大陆西部), 9月该环流型出现了18d, 10月出现6d。南海西部和中南半岛北部也为负距平区。以上形势表明, 副高位置偏北、强度偏强, 有利于将冷空气阻挡在四川

盆地及其以北地区, 副高偏北和印缅槽加深共同作用, 有利于来自孟加拉湾和西北太平洋的水汽向我国内陆输送, 使得冷暖空气稳定交汇于我国华西北部到华北南部一线, 有利于形成持续性降水。

图6给出了9—10月700hPa风场距平的分布图。在南海洋面有一气旋性异常中心, 其东南侧有东南风异常, 在我国华东地区上空为反气旋环流, 这样东部沿海就形成了一“异常气旋—反气旋对”环流系统, 其反气旋异常东侧来自东海的偏东气流与来自南海的气流辐合, 增强了自太平洋向内陆的东南水汽输送。同时在贝加尔湖有一异常的反气旋性环流, 加强了其东侧偏北风, 使得来自贝加尔湖的强冷空气向我国北方地区输送。冷暖气流在我国华西上空交汇, 形成一异常的气旋性辐合区。

为了详细分析水汽输送的情况, 图7进一步给出了整层积分的水汽输送场及其异常的分布, 图中有两条主要的水汽通道向华西地区输送水汽, 一条是经阿拉伯海—印度半岛—孟加拉湾进入我国的西南水汽输

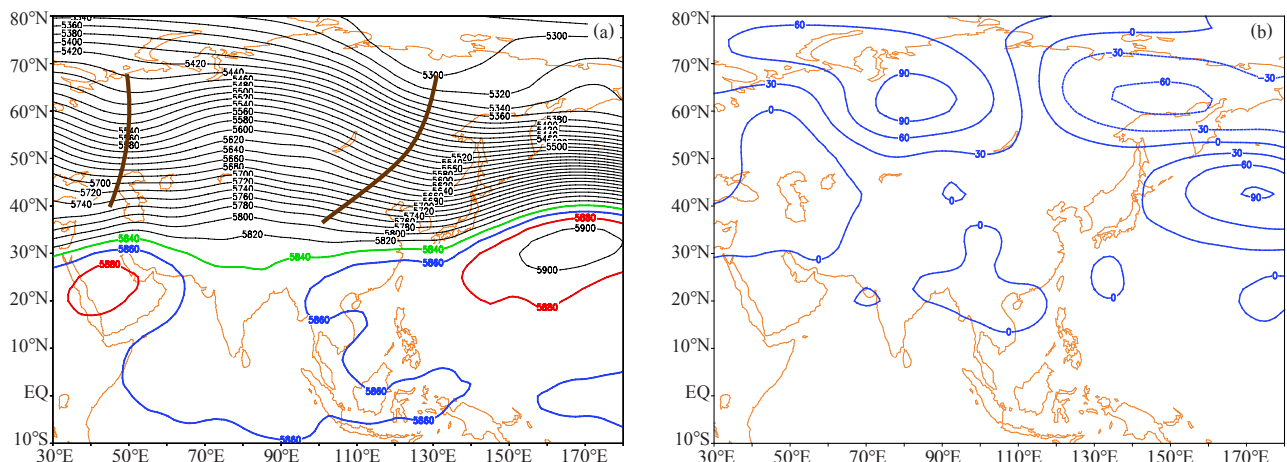


图5 2011年9—10月500hPa高度场 (a) 及其距平 (b) (单位: gpm)

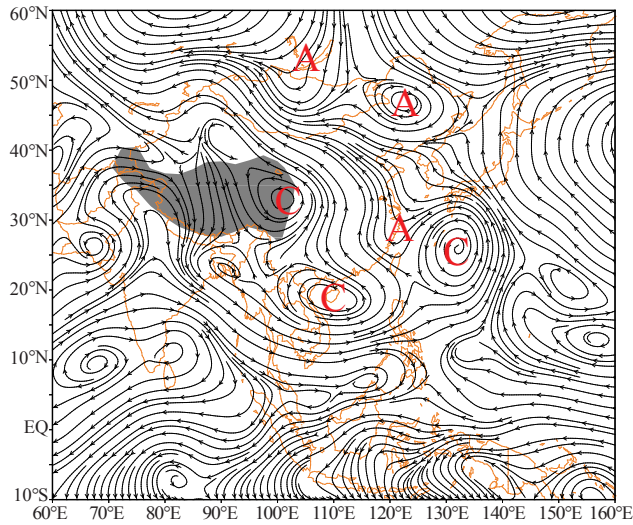


图6 2011年9—10月700hPa风场距平 (单位: $m \cdot s^{-1}$)

送通道; 另一条是源自太平洋的偏东水汽输送通道; 两者在西南地区汇合后继续北上将水汽一直输送到 $30^{\circ}N$ 以北地区, 西风带也有弱的水汽输送到华西地区, 水汽汇合形成强的辐合中心 (图略)。从水汽输

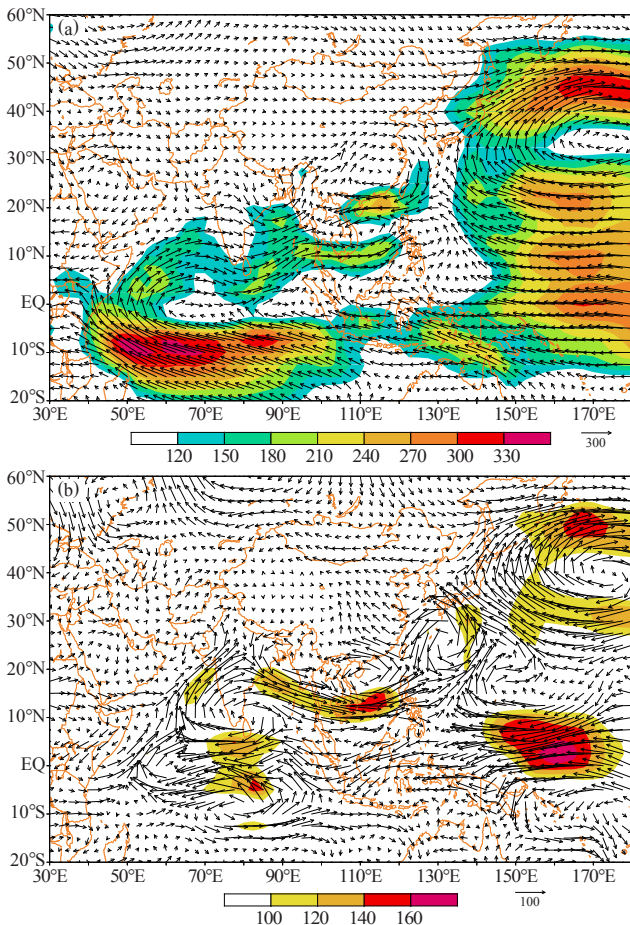


图7 2011年9—10月整层积分的水汽输送通量 (a) 和异常 (b) (单位: $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$)

送整层积分的异常场来看, 源自孟加拉湾上空强劲的西风水汽输送异常, 横跨中南半岛进入南海后转向为偏东水汽输送进入我国内陆。2011年秋雨降水异常的主因是由源自西太平洋偏东水汽输送的异常增多所造成的。

5 La Niña事件对2011年秋季降水和大尺度环流异常的影响机理分析

诸多研究表明, ENSO事件对我国秋季降水有显著影响。将1951—2010年9—10月Niño 3指数^①与我国160站降水做同期相关 (图8), 可以发现, 相关系数呈现北负南正的分佈特征, 负相关显著的区域位于江淮地区以及甘肃南部、宁夏南部、陕西北部、山西中部、青海东部、新疆东部和南部等地。由此表明, 赤道中东太平洋海温异常偏低时, La Niña事件发生, 此时华西北部降水易偏多。

将历史上夏秋季发生La Niña事件的年份 (1962, 1967, 1974, 1984, 1995, 1998和2007年) 合成9—10月的降水距平百分率分布, 如图9所示。La Niña事件发生时的降水异常偏少区域与图8中的负相关区域有很好的对应关系, 华西北部、西北大部、东北东部、华中西部等地降水偏多, 与相关系数的统计结果 (图8) 基本一致, 除西北地区的部分区域外, 也与2011年降水异常的情况 (图1b) 相似。

为了进一步分析La Niña事件对我国初秋降水影响的可能机制, 给出夏秋季发生La Niña事件年合成的9—10月500hPa位势高度场距平图 (图10), 乌拉尔山附近为异常高脊区、巴尔喀什湖—贝加尔湖一带为异常低槽区, 且东亚高度场有西高东低的异常分布, 均有利于北方冷空气不断分离南下, 甚至越过秦岭。在低纬度地区, 阿拉伯海到孟加拉湾一线均为负

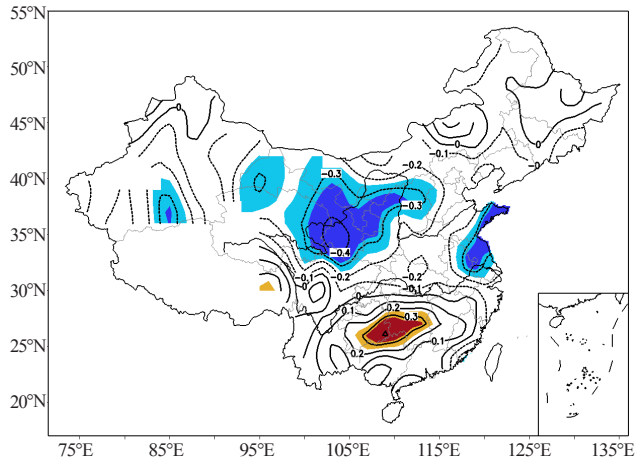


图8 2011年9—10月Niño 3指数与同期降水的相关分布图 (阴影区表征分别通过95%和99%显著性水平检验的区域)

① Niño 3指数用来表征赤道中海海温的异常情况, 由区域平均 ($5^{\circ}S-5^{\circ}N, 150^{\circ}-90^{\circ}W$) 的海表温度异常值计算得到, 当其大于 $0.5^{\circ}C$ 时表示厄尔尼诺事件发生, 当其小于 $-0.5^{\circ}C$ 时表示拉尼娜事件发生。

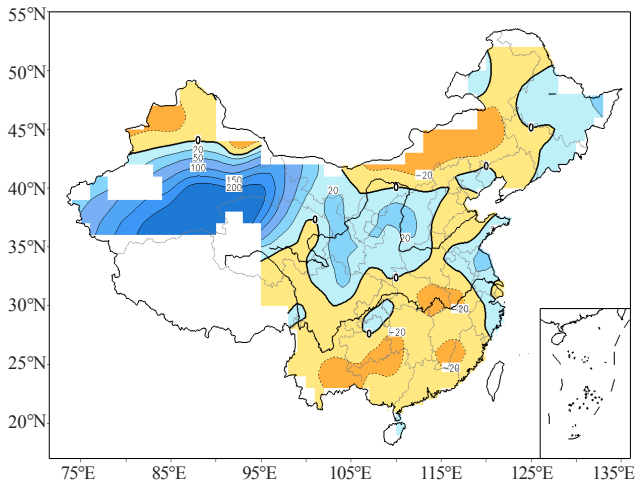


图9 夏秋季发生的La Niña事件合成的9—10月降水距平百分率 (单位: %)

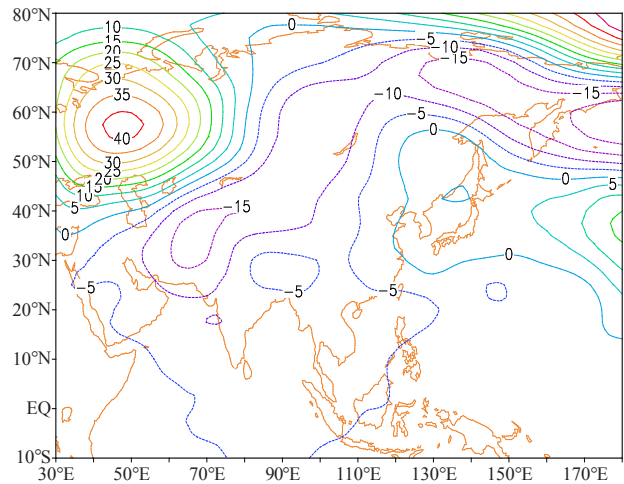


图10 夏秋季发生的La Niña事件合成的9—10月500hPa高度场距平 (单位: gpm)

异常区,表明La Niña发生时,印缅槽也是加深的,西南季风加强,有利于来自印度洋的西南暖湿气流向我国内陆输送。Wang等^[15]研究指出,当发生El Niño暖(La Niña冷)事件时,菲律宾海附近会出现异常反气旋(气旋)性环流,这是ENSO遥强迫、季风年循环和季风—暖洋面相互作用的结果^[16]。700hPa风场距平合成显示(图11a),在西太平洋20°N附近有一气旋性异常区,印证了上述观点。值得关注的是,在气旋性异常区的西北侧对应一反气旋性异常区,列举夏秋季发生La Niña事件且我国北方秋季降水异常偏多的2007, 1995, 1984, 1974, 1967和1962年的降水距平百分率分布图和700hPa环流异常场(图12),在西北太平洋到我国沿海一带都能找到这样的“异常气旋—反气旋对”环流系统,而这一对系统的相对位置和相对强弱对应了同期不同的降水强度和异常分布,一般来讲,异常系统偏北,雨带也随之偏北。由此说明,

这一“异常气旋—反气旋对”环流系统,是影响华西秋季降水异常的关键系统。

从水汽输送条件来看,经孟加拉湾的西南气流和副高西侧的偏南气流均偏强,有利于暖湿气流向我北方地区输送,两支气流在我国南方地区异常辐合,形成一条自副高西南侧北上,由西南向东北的水汽输送异常通道(图11b)。受副高位置偏北的影响(图10),冷空气受阻于华西北部及其以北地区,使冷暖空气持续交汇于华西北部、渭水流域和汉水流域一带,从而造成该地区连绵不断的秋雨天气。

6 结语

总的来说,2011年华西秋雨具有局地降水强度大、持续时间长的特点,灾害影响重。形成此次降水异常的原因有以下几个方面:

(1) 受La Niña事件的影响,赤道中东太平洋地区海温异常偏低,在西北太平洋到我国沿海一带形成“异常

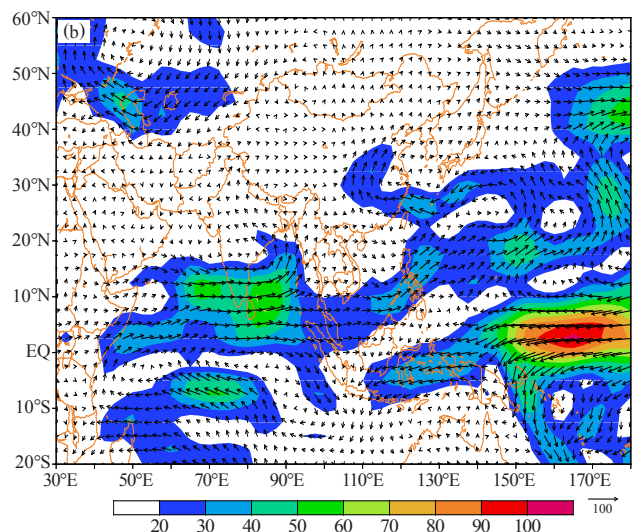
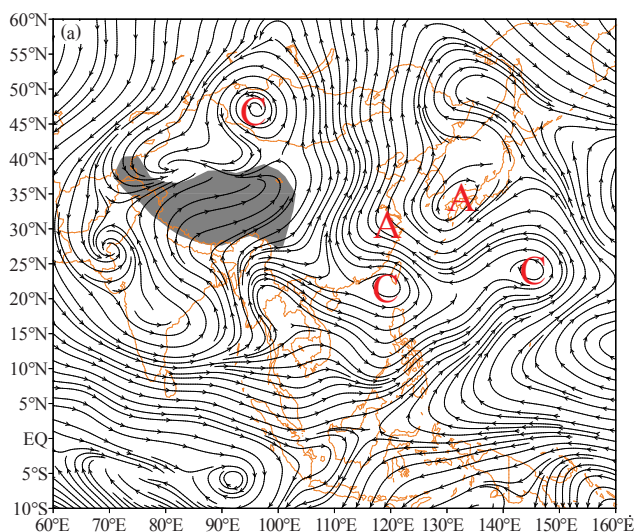


图11 夏秋季发生的La Niña事件合成的700hPa风场距平(a, 单位: m/s)和整层积分的水汽输送通量距平(b, 单位: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

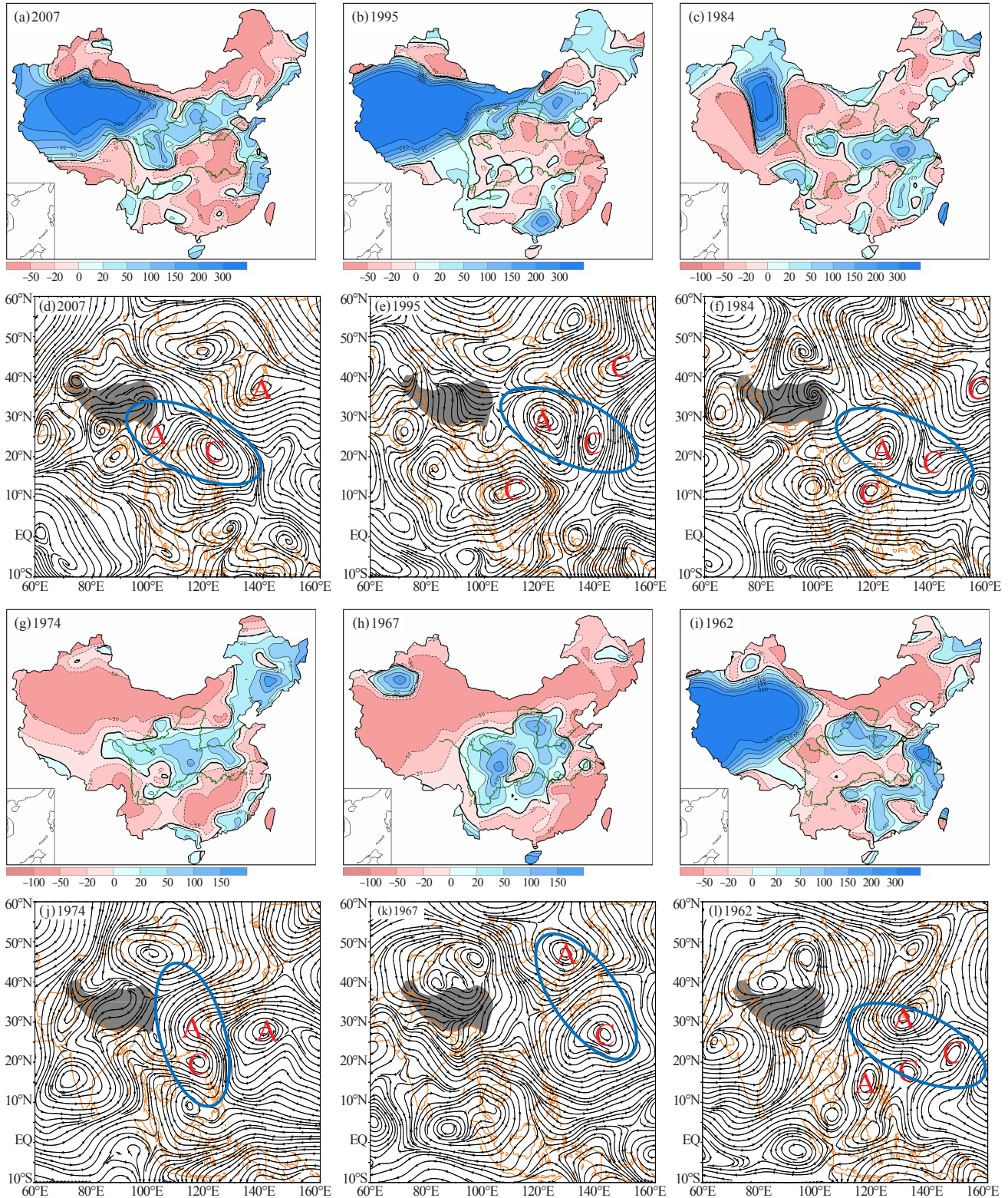


图12 典型La Niña发生年(2007, 1995, 1984, 1974, 1967和1962年), 全国降水距平百分率分布图(a, b, c, g, h, i, 单位: %)和700hPa风场距平(d, e, f, j, k, l, 单位: $m \cdot s^{-1}$)

气旋—反气旋对”环流系统,这是影响华西秋季降水的关键系统;(2)低纬地区,经孟加拉湾北上的西南气流强盛,与源自西太平洋偏强的东南气流汇合,将来自海洋的暖湿空气源源不断地向北输送,源自西太平洋的偏东

水汽输送异常明显,对降水异常偏多起主要作用;(3)中高纬地区,贝加尔湖以东地区维持异常低槽区,易引导冷空气频繁南下影响我国华西北部及其以北地区;(4)副高主体偏北少动使得冷暖气流在华西北部至黄淮一带交

汇并稳定维持,从而形成较大范围的持续性降水。

致谢: 本文成文过程中参考了国家气候中心的多期服务材料和产品, 谨致谢忱。

参考文献

[1] 国家气候中心. 重要气候信息2011年第119期(总第504期): 9月以来华西秋雨分析及未来趋势预测. 北京: 国家气候中心, 2011.

[2] 国家气候中心. 重要气候信息2011年第121期(总第506期): 9月以来西北东部、黄淮等地降水异常偏多. 北京: 国家气候中心, 2011.

[3] 国家气候中心. 重大气象信息专报: 9月以来我国西北东部、黄淮等地降水异常偏多 汉江渭河出现严重秋汛. 北京: 国家气候中心, 2011.

[4] 施能. 厄尔尼诺/南方涛动与我国秋季大尺度降水预报. 南京气象学院学报, 1990, 13(2): 174-183.

[5] 龚道溢, 王绍武. 近百年ENSO对全球陆地及中国降水的影响. 科学通报, 1999, 44(3): 315-320.

[6] 湛芸, 施能. El Niño/南方涛动与我国秋季气候异常. 热带气象学报, 2003, 19(2): 137-146.

[7] 李耀辉, 李栋梁, 赵庆云, 等. ENSO对中国西北地区秋季异常降水的影响. 气候与环境研究, 2000, 5(2): 205-213.

[8] 刘宣飞, 袁慧珍. 印度洋偶极子与中国秋季降水的关系. 南京气象学院学报, 2006, 29(5): 644-649.

[9] 白虎志, 董文杰. 华西秋雨的气候特征及成因分析. 高原气象, 2004, 23(6): 884-889.

[10] 鲍媛媛, 阿布力米提, 李峰, 等. 2001年华西秋雨时空分布特点及其成因分析. 应用气象学报, 2003, 14(2): 215-222.

[11] 方建刚, 白爱娟, 陶建玲, 等. 2003年陕西秋季连阴雨降水特点及环流条件分析. 应用气象学报, 2005, 16(4): 509-517.

[12] 赵珊珊, 张强, 陈峪, 等. 渭河、汉水流域秋季降水的变化特征. 气候变化研究进展, 2006, 2(4): 181-183.

[13] 贾小龙, 张培群, 陈丽娟, 等. 2007年我国秋季降水异常的成因分析. 气象, 2008, 34(4): 86-94.

[14] 国家气候中心. 重要气候信息2011年第126期(总第511期): 赤道中东太平洋进入拉尼娜状态. 北京: 国家气候中心, 2011.

[15] Wang B, Wu R, Fu X. Pacific-East Asia teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? J Climate, 2000, 13: 1517-1536.

[16] Wang B, Yang J, Zhou T, et al. Interdecadal changes in the major modes of Asian-Australian Monsoon variability: Strengthening relationship with ENSO since the late 1970s. J Climate, 2008, 21:1771-1789.

新书架

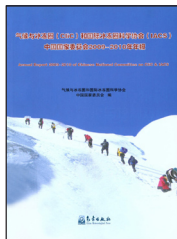
NEW BOOK

感兴趣的读者可以到中国气象局图书馆阅览室阅读或凭索书号借阅



《强对流天气分析与预报》

编著者: 章国材
 出版者: 气象出版社
 出版年: 2011
 索书号: P45/112



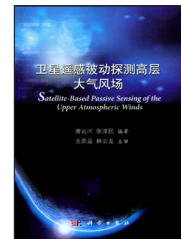
《气候与冰冻圈(CliC)和国际冰冻圈科学协会(IACS)中国国家委员会2009—2010年年报》

编著者: 气候与冰冻圈和国际冰冻圈科学协会中国国家委员会
 出版者: 气象出版社
 出版年: 2011
 索书号: P343.6/9/2009-2010



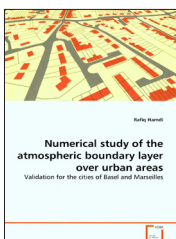
《地球的第二热源: 空间电磁感应加热》

编著者: 缪志先
 出版者: 气象出版社
 出版年: 2011
 索书号: P35/6



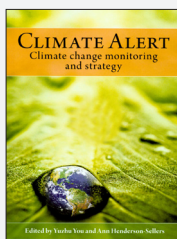
《卫星遥感被动探测高层大气风场》

编著者: 唐远河, 张淳民
 出版者: 科学出版社
 出版年: 2011
 索书号: P407/6



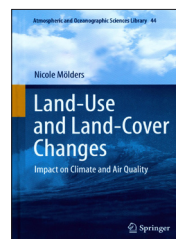
Numerical Study of the Atmospheric Boundary Layer over Urban Areas: Validation for the Cities of Basel and Marseilles
 《城市大气边界层的数值研究: 以巴塞爾和馬賽為例》

编著者: Rafiq Hamdi
 出版者: VDM Verlag Dr.Müller
 出版年: 2010



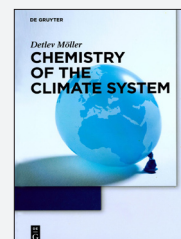
Climate Alert: Climate Change Monitoring and Strategy
 《气候预警——气候变化监测及战略》

编著者: Yuzhu You 等
 出版者: Sydney University Press
 出版年: 2010



Land-Use and Land-Cover Changes-Impact on Climate and Air Quality
 《土地利用/土地覆盖变化——对气候和空气质量的影响》

编著者: Nicole Mölders
 出版者: Springer
 出版年: 2012



Chemistry of the Climate System
 《气候系统化学》

编著者: Detlev Möller
 出版者: DE Gruyter
 出版年: 2010