

# 2011/2012 年我国冷冬与中部型 La Niña 事件的联系\*

高 川<sup>1,2,3</sup>, 陈锦年<sup>1,2</sup>, 王宏娜<sup>1,2</sup>, 汪 洋<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 海洋环流与波动重点实验室,  
山东 青岛 266071; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:**应用中国气象局国家气候中心提供的 160 个站逐月气温观测资料以及 74 项环流特征量中西太平洋副热带高压资料、TAO 实测资料以及美国国家海洋和大气局提供的 OI-SST 海表温度资料和 NCEP-NCAR 再分析资料,采用合成分析、相关分析等统计诊断方法,对 2011/2012 年我国冬季的天气状况,以及大气环流异常及其对我国气候产生影响的可能机理进行了分析,为我国气候变化预测提供参考。结果表明,2011/2012 年我国冬季(DJF)出现异常寒冷的天气状况可能与 2011/2012 年赤道太平洋海表温度冷异常最大值出现在中部太平洋的 La Niña 事件(简称中部型 La Niña 事件)的爆发存在一定联系。赤道太平洋海表温度的异常分布对北半球大气环流形势产生重要影响,它直接影响着赤道地区 Walker 环流和 Hadley 环流的异常,导致西太平洋副热带高压的异常偏弱、偏东。由于西太平洋副热带高压偏弱、偏东,对冬季的经向环流产生重要影响,最终导致我国 2011/2012 年冬季出现冷冬现象。

**关键词:**冷冬;中部型 La Niña 事件;大气环流异常;西太平洋副热带高压

**中图分类号:**P732

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-6647(2014)03-0306-10

在全球变暖的大背景下,我国乃至全世界却连续遭遇严冬的袭击,造成了诸多灾害性的气候事件<sup>[1-3]</sup>。一方面,全球变暖成为不争的科学事实<sup>[4]</sup>,并且仍在继续并有加剧的趋势<sup>[5]</sup>,同样,我国近 100 a 来的气温也呈现明显的变暖趋势<sup>[6]</sup>;另一方面,与全球变暖相矛盾的现象却层出不穷,例如:1999—2008 年全球变暖的停滞<sup>[5,7]</sup>,2008 年我国南方出现的罕见的低温冻雨灾害天气<sup>[1]</sup>等等。极端天气日益增多甚至频繁出现,有悖于全球变暖命题的冷冬现象,引起了人们对全球变暖现象更多的质疑及反思。这固然提高了人们对公共气候问题的关注程度,同时也说明,在全球变暖这样的背景下,更加需要关注和警惕气候异常事件,并迫切需要发展现有理论框架,为这一现象寻求合理的解释。

ENSO(El Niño & Southern Oscillation,厄尔尼诺和南方涛动)循环是热带太平洋地区海气耦合系统大尺度相互作用的结果,是一种年际时间尺度上的海洋和大气变化现象<sup>[8-10]</sup>,决定着地球气候年际尺度变化<sup>[11]</sup>。它的发生不仅对海洋环流、大气环流本身以及环太平洋地区的社会经济活动等方面产生直接影响,而且对全球气候异常变化和极端天气事件的发生都有着重要影响。同样,我国复杂多变的天气和气候变化也会受到 ENSO 事件的影响。例如,上个世纪我国长江流域发生的 2 次(1982/1983,1997/1998)重大洪涝灾害事件<sup>[12]</sup>,就分别与当年发生的目前为止最强的两次 El Niño 事件有着密切的联系。此外,2008 年冬季,我国南方发生罕见的低温冻雨天气<sup>[2,13]</sup>,La Niña 事件是当时显著的气候背景态,对冷冬出现有重要影响。李崇银<sup>[14-15]</sup>的研究同样也表明我国东部地区的暖冬现象与 El Niño 事件有关,而我国南方雨雪冰冻异常天

\* 收稿日期:2013-07-08

资助项目:中国科学院战略性先导科技专项 A 类——热带西太平洋海洋系统物质能量交换及其影响(XDA11010102);国家自然科学基金青年基金项目——暖池 El Niño/La Niña 变化特征及其对中国气温的影响(41206017);国家重点基础研究发展计划——热带太平洋海洋环流与暖池的结构特征、变异机理和气候效应(2012CB417402);国家海洋局海洋-大气化学与全球变化重点实验室开放基金课题——暖池 El Niño/La Niña 事件对我国气温变化的影响(GCMAC1203)

作者简介:高 川(1988-),女,河北唐山人,硕士研究生,主要从事大尺度海气相互作用方面研究。E-mail:gaochuan1@163.com

(李 燕 编辑)

气与 La Niña 事件有关。

我国地处亚欧大陆和太平洋交界的区域,气候主要受中高纬和低纬大气环流相互作用的影响<sup>[16]</sup>。孙丞虎等<sup>[17]</sup>的研究已表明,我国 2011/2012 年冬季气温异常偏低,并认为东亚冬季风异常偏强是造成我国气温大范围异常偏低的一个主要原因。此外,他们还提出,赤道中东太平洋地区出现的 La Niña 事件可能是造成上述环流异常的原因之一,但并没有针对这一问题进行研究。本文的目的就是以 2011/2012 年爆发的中部型 La Niña 事件为背景,探讨其与我国出现冷冬天气的关系,并初步揭示它们之间的影响过程以及可能机理,为深入研究两类 El Niño(La Niña)事件对我国气候异常的影响提供参考。

## 1 资料与方法

本文应用的资料有中国气象局国家气候中心提供的 160 个站逐月气温观测资料,时间是 1951-01—2012-12;中国气象局国家气候中心提供的 74 项环流特征量中西太平洋副热带高压面积指数、强度指数和西伸脊点资料,时间是 1951-01—2012-12;TAO 实测海温资料,时间是 1981-01—2012-12;美国国家海洋和大气局提供的 OI-SST 海温资料,网格距为  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ,时间是 1981-01—2012-12;NCEP-NCAR 再分析资料,网格距为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ,时间是 1948-01—2012-12。其中异常值为相应资料减去该资料所选时段的平均值。

所采用的资料分析方法有合成分析、相关分析等,均为海洋气象领域广泛应用的统计诊断方法。

## 2 2011/2012 年我国冬季异常寒冷天气特征

图 1 为 1951—2011 年冬季我国 160 个站平均的地表气温异常时间序列,从图中可以明显看出,20 世纪 80 年代中后期,发生了气候突变,我国冬季温度异常的平均值前后有明显变化,由冷异常态转变为暖异常态。气候突变发生前,我国冬季地表气温异常的平均值为  $-0.513^{\circ}\text{C}$ ,而气候突变后我国冬季地表气温异常的平均值为  $0.726^{\circ}\text{C}$ ,相较于气候突变发生前温度平均升高达  $1.2^{\circ}\text{C}$ 。此外,2011/2012 年冬季我国平均地表气温异常为  $-0.66^{\circ}\text{C}$ ,从图 1 中也清晰可见,2011/2012 年冬季为我国近 30 a 来最寒冷的一个冬季。正如中国气象局国家气候中心提供的 2011/2012 年冬季我国 160 个站平均的地表气温异常分布图(图 2,中国气象局国家气候中心—气候系统诊断预测资料)所示,除西藏部分地区及云南地区外,我国 2011/2012 年冬季大部分地区都出现了异常寒冷的天气状况,新疆的西部地区、内蒙古东北部地区尤为显著,温度偏低甚至高达  $4^{\circ}\text{C}$ 。

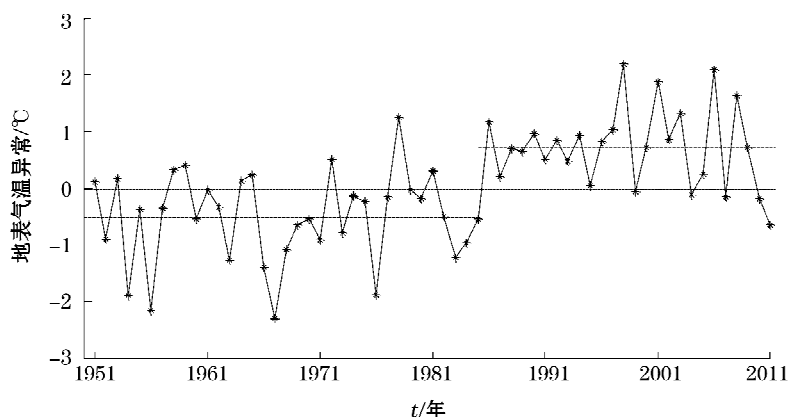


图 1 1951—2011 年冬季我国 160 个站平均的地表气温异常( $^{\circ}\text{C}$ )时间序列

Fig. 1 The time series of the averaged surface temperature anomaly( $^{\circ}\text{C}$ ) of China 160 stations in winter for the period of 1951—2011

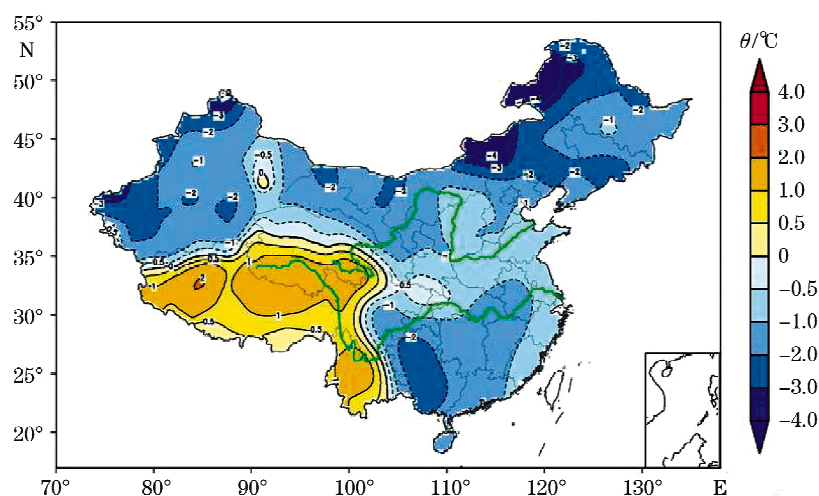


图 2 2011/2012 年冬季我国地表气温(°C)异常分布

Fig. 2 The Distribution of surface temperature anomaly(°C) in 2011/2012 winter in China

### 3 2011/2012 年中部型 La Niña 事件爆发及其影响

影响我国冬季气温的因素非常复杂,除了受来自高纬的经向环流影响外,低纬大气环流和天气系统亦起着非常重要的作用。低纬热带海洋特别是热带太平洋地区是海气相互作用最为强烈的区域,热带太平洋的海表温度异常将直接影响其上空对流活动的异常,进一步导致 Walker 环流和 Hadley 环流的异常,从而影响到副热带高压的强弱与位置变化,最终会影响冬季的经向环流并对我国冬季气候产生影响。近年来中部型 El Niño 和 La Niña 事件<sup>[18-19]</sup>的爆发增多,特别是强而持续时间较长的中部型 La Niña 事件很可能加剧了我国冬季气候的寒冷状态。

#### 3.1 2011/2012 年中部型 La Niña 事件爆发

2011/2012 年爆发的 La Niña 事件为显著的中部型事件<sup>[19]</sup>。ENSO 作为典型的大尺度海气相互作用现象,其季节循环具有锁相的特征,即 ENSO 事件一般在北半球冬季异常达到最大值的成熟阶段<sup>[20]</sup>,因此,根据美国国家海洋和大气局提供的 OI-SST 海表温度资料,对 2011/2012 年冬季赤道太平洋海表温度异常做合成分析(图 3)。从图 3 可以看出,2011/2012 年冬季,赤道太平洋地区大部分由异常冷水控制,并且最大冷异常中心相较于赤道太平洋海表温度冷异常最大值出现在东部太平洋的 La Niña 事件(简称传统型 La Niña 事件或东部型 La Niña 事件)偏西,集中在日界线附近。这一海温异常的出现,势必会对北半球大气环流场造成影响。

#### 3.2 北半球大气环流异常

为了进一步分析赤道太平洋海表温度异常对北半球大气环流造成的可能影响,我们根据 NCEP-NCAR 再分析资料,给出了 2011/2012 年北半球冬季 500 hPa 位势高度异常图(图 4)。从图中可以看出我国及西北太平洋地区由负的位势高度异常控制,55°N 以北由正的位势高度异常控制,这将造成 55°N 附近欧亚大陆脊的加强和东亚大槽的加深,这种环流形势有利于西伯利亚冷空气活动加强并频繁南下,从而使得我国冬季气温偏低。研究表明冬季西伯利亚高压在近几年呈增强的趋势,并伴随着亚洲中高纬度地表温度的降温趋势<sup>[21]</sup>,这是有利于冷冬出现的。而事实上,正如图 1 所示,我国近几年频繁遭遇冷冬的气候现象,与此不无关系。

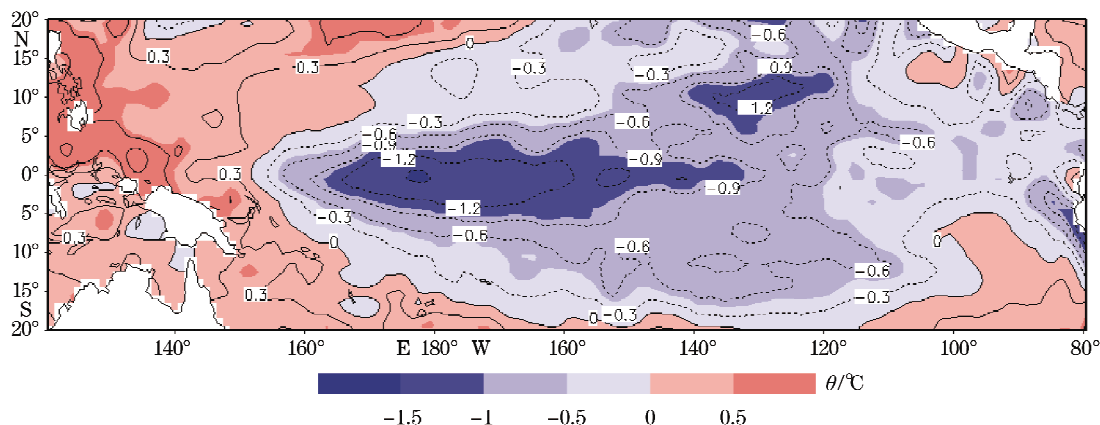


图 3 2011/2012 年冬季赤道太平洋海表温度异常(°C)合成图

Fig. 3 The composite tropical Pacific sea surface temperature anomaly (°C) in the winter of 2011/2012

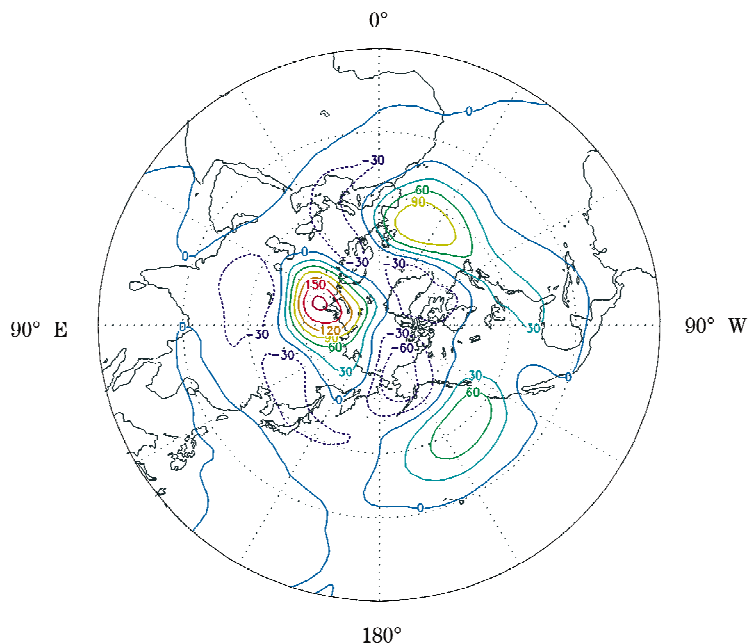


图 4 2011/2012 年冬季北半球 500hPa 位势高度异常场(位势米)

Fig. 4 The composite northern hemisphere 500hPa geopotential height anomaly (gpm) in 2011/2012 winter

### 3.3 纬向环流变化

为了探讨中部型 La Niña 事件对大气环流异常的三维结构所造成的影响,利用 NCEP-NCAR 再分析资料中的风场数据,选取了  $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$  平均的赤道太平洋低纬地区风场资料来分析纬向环流的分布(图 5)。分别对赤道太平洋地区纬向环流 1 月气候态场(图 5a),以及 2012-01 的纬向环流异常场(图 5b)进行分析。由图 5a 的气候态分布图中可以看出,赤道地区日界线以西为上升气流,而以东为下沉气流,这样构成了一个西部气流上升东部气流下沉的垂直 Walker 环流圈。而图 5b 的异常态的分布则表明,2012-01 赤道地区纬向环流以  $180^{\circ}$  为中心,出现显著的异常下沉气流,其东( $120^{\circ}\text{W}$  以东)、西( $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ )两侧均为异常上升气流,并且西部异常上升气流相对明显,这样就构成两个异常垂直 Walker 环流圈。这一纬向环流异常现象的

出现是由于中部型 La Niña 事件爆发导致的赤道太平洋地区海温加热场的重新分布所引起的。此外,赤道地区垂直运动的变化必然会对经向环流场产生影响。

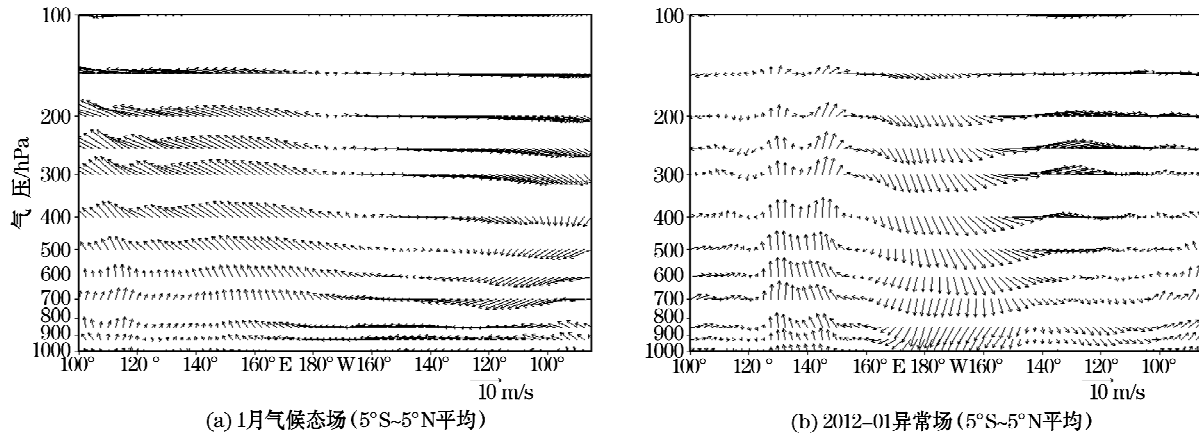


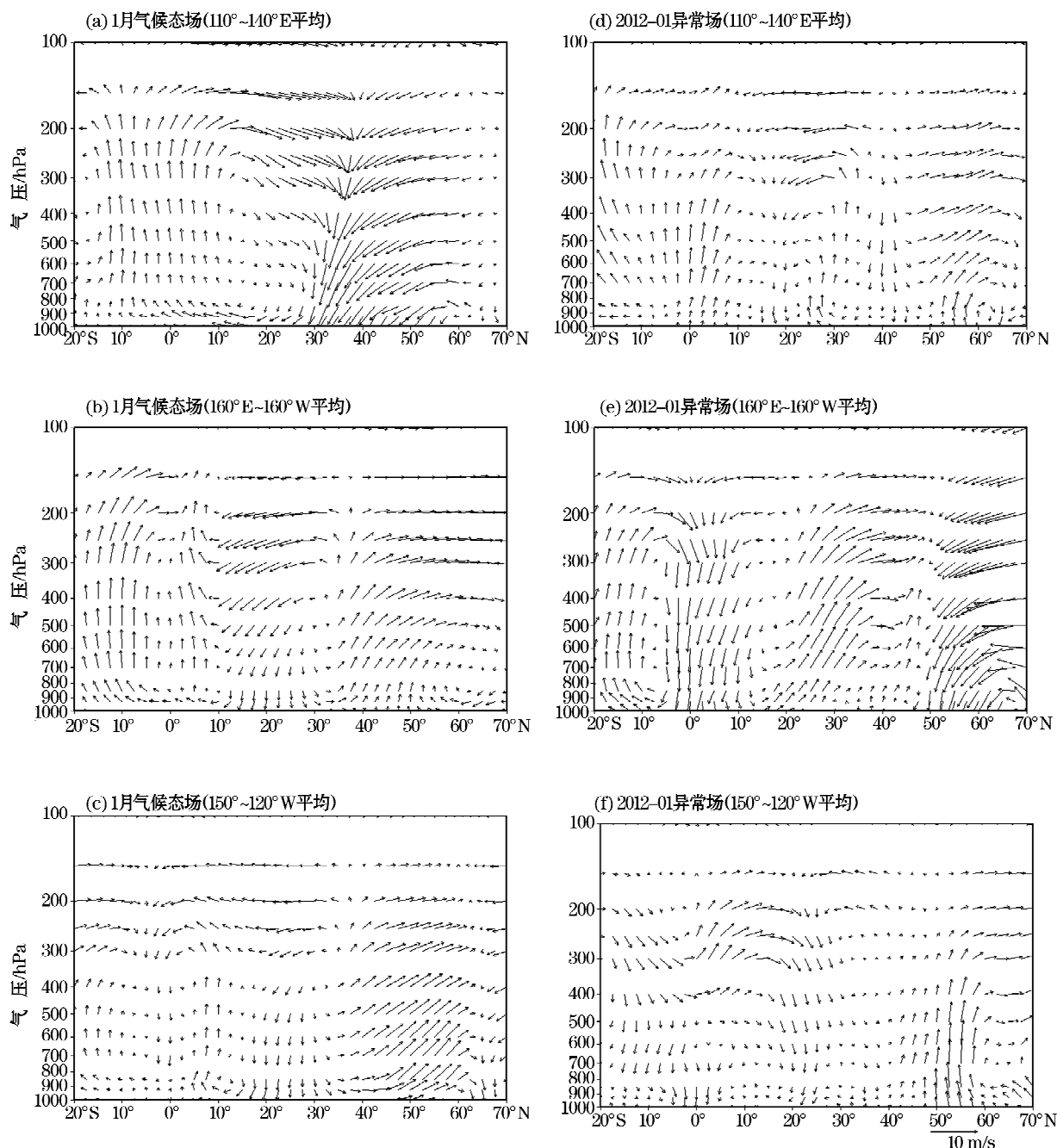
图5 赤道太平洋地区(5°S~5°N 平均)纬向环流场( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,垂直速度扩大 100 倍)

Fig. 5 Zonal circulation field( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) in the equatorial Pacific region (5°S~5°N averaged, the vertical velocity has been multiplied by 100 times)

### 3.4 经向环流异常

根据上述对纬向环流异常分布的讨论,采用其划分的 110°~140°E(称为西环流)、160°E~160°W(称为中环流)及 150°~120°W(称之为东环流)的平均经向环流(图 6),来说明中部型 La Niña 事件爆发对经向环流异常的影响。为了对比,分别以气候态场(图 6a,6b,6c)和 2012-01 的异常场(图 6d,6e,6f)给出。由经向环流的气候态场可以看出,东环流(图 6c)由于赤道东太平洋冷舌的存在,赤道地区则出现相对较弱的下沉流,相对较弱的上升气流位于 10°N 附近,20°N 及 30°N 附近则为相对较强的下沉流。与之不同的是,西环流(图 6a)赤道地区常年盛行上升气流,30°N 以北的中纬度地区盛行北风并在 30°N 到 50°N 之间下沉。中环流(图 6b)与西环流大致类似,赤道地区也是常年盛行上升气流,20°~30°N 以下沉气流为主;冬季 30°N 以北为显著的上升辐散流,这是和西环流在 30°N 以北通常为下沉气流并在冬季达到极盛所不同的。因此由上面的分析可知,西、中环流在中低纬都存在着明显的 Hadley 环流。

再由图 6d,6e,6f 中 2012-01 经向环流的异常场可以看出,2011/2012 年冬季经向环流同气候态存在着显著差异,这是由其热带太平洋海表温度全年都几乎受冷异常控制所造成的。东环流(图 6f)在赤道附件异常下沉气流区域扩大,中低纬地区无明显的异常上升气流。而西环流(图 6d)赤道附近为异常上升气流,15°~20°N 附近出现较弱的异常下沉,30°N 附近则为异常上升气流,这使得 2012-01 实际赤道地区气流上升加强,而中纬下沉气流减弱。然而中环流(图 6e)却呈现相反的环境圈,在 30°N 附近有明显异常上升气流,而赤道附近为异常下沉气流,且异常强度较大,使得 2012-01 实际出现赤道地区为下沉气流,而 30°N 附近出现上升气流的相反的环境圈结构,这一现象与中部型 La Niña 事件引起的环流形势存在密切联系。由于 2011/2012 年冬季中部型 La Niña 事件爆发,赤道中太平洋呈现冷水异常,并且最大异常中心集中在日界线附近,这使得 Walker 环流下沉支移到赤道中太平洋地区,构成了中环流的下沉支,从而形成相反的 Hadley 异常环流圈。这样的经向异常环流场的分布,体现了中部型 La Niña 事件所造成的 Hadley 环流场的异常分布。

图 6 经向环流场( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 垂直速度扩大 100 倍)Fig. 6 Meridional circulation field( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , the vertical velocity has been multiplied by 100 times)

综合上述对经圈环流和纬圈环流的分析可以看出,由于 2011/2012 年冬季纬向海表温度异常的梯度差异,使得 Walker 环流出现异常,同时使太平洋上空 Hadley 环流表现出显著的异常,下沉中心较气候态明显的偏东、偏弱。这样的局部环流异常势必会对副热带高压的位置及强度产生影响。

### 3.5 西太平洋副热带高压异常

为了进一步探讨 2011/2012 年冬季爆发的 La Niña 事件对西太平洋副热带高压产生的影响,对 2010-01

—2012-03 的西太平洋副热带高压面积和西伸脊点以及相对缺测较少的  $170^{\circ}\text{W}$  海表温度的变化(图 7)进行分析。西太平洋副热带高压资料为中国气象局国家气候中心提供的 74 项环流特征量中西太平洋副热带高压面积指数、强度指数和西伸脊点资料。从图 7 可以看出,在经过了 2009/2010 年的一次强的中部型暖事件(即赤道太平洋海表温度暖异常最大值出现在中部太平洋的 El Niño 事件)<sup>[18]</sup>之后,连续发生了两次冷事件,分别起始于 2010-07 终止于次年 4 月的冷事件和起始于 2011-09 并持续到次年春季的 4 月份的冷事件。受持续的冷事件的影响,2011 年西太平洋副热带高压位置全年处于偏东的状态,强度上除了夏季中东太平洋的短暂增暖后而稍有增强外也无一例外是低于正常值的。

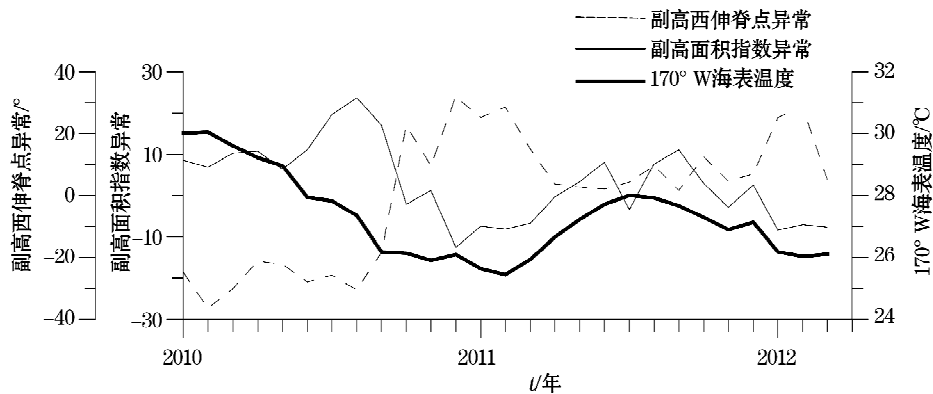


图 7 2010-01—2012-03 西太平洋副热带高压的变化

Fig. 7 Variation of the Western Pacific Subtropical High (WPSH) from January 2010 to March 2012

无独有偶,在热带太平洋经历了 1997/1998 年上世纪最强的一次 El Niño 事件之后出现的 1998/1999、1999/2000 年的 2 次具有显著中部型特征的冷事件期间,西太平洋副热带高压变化与本次过程有着一致的变化形势。西太平洋副热带高压的偏东偏弱将会造成冷空气失去与沿副高西北侧北上的气流的阻挡,而影响到全国的大部分地区,尤其是东部沿海地区,并且在华南形成低温冻雨天气。而且西太平洋副热带高压的这一变化,使得南下的寒冷空气与北上的暖湿空气在韩国和日本汇合,造成韩国和日本的大雪天气。

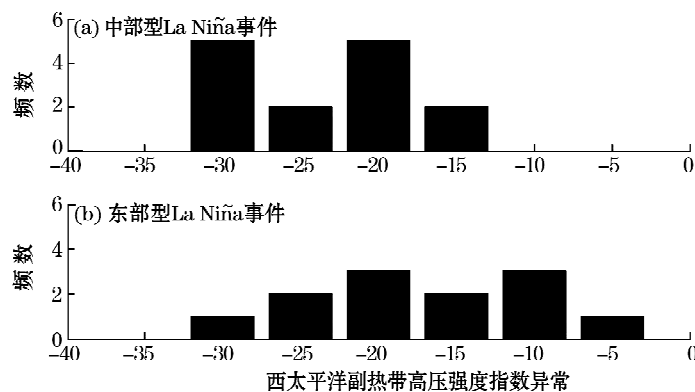


图 8 不同类型 La Niña 事件冬季西太平洋副热带高压强度指数异常的概率分布对比

Fig. 8 Comparison of the probability distribution of winter Intensity Index Anomalies for the Western Pacific Subtropical High (WPSH) from two types of La Niña event

为了探讨中部型 La Niña 事件与东部型 La Niña 事件对气候的影响的差异,按照 Yu 等<sup>[22]</sup>的方法,同时根据冬季 La Niña 事件形态,将冷事件进行分类,其中共选择了 26 个事件作为样本,中部型 La Niña 事件有 14 个(包括 1954, 1955, 1964, 1970, 1971, 1973, 1975, 1983, 1988, 1998, 1999, 2008, 2010 和 2011, 所示均为

La Niña 事件开始年份),东部型 La Niña 事件有 12 个(1959,1960,1961,1962,1967,1974,1984,1985,1995,2000,2005 和 2007,所示均为 La Niña 事件开始年份)。根据所选择的 26 个样本事件,做出两类 La Niña 事件发生时北半球冬季西太平洋副热带高压强度异常的概率分布(图 8)。从图中可以看出,无论是东部型 La Niña 事件还是中部型 La Niña 事件的发生过程中,西太平洋副热带高压的强度均偏弱。在 14 个中部型 La Niña 事件中,西太平洋副热带高压强度指数偏弱 $\leq -20$  共 12 次,偏弱 $-15$  为 2 次;东部型 La Niña 事件中,西太平洋副热带高压强度指数异常分布较为均匀,偏弱 $\leq -20$  共 6 次,偏弱 $-15$  的为 6 次。这说明中部型 La Niña 事件对应的西太平洋副热带高压强度较东部型偏弱,这也表明两类 La Niña 事件对西太平洋副热带高压的影响是有一定差异的,相比之下中部型 La Niña 事件对西太平洋副热带高压的影响更为显著,导致西太平洋副热带高压更加偏弱、偏东。同时,由时滞相关分析表明,海表温度超前西太平洋副热带高压面积指数和西伸脊点一个月时的相关系数分别为 0.57 和 $-0.79$ ,同期相关系数分别为 0.44 和 $-0.71$ (均通过 99%信度检验)。由此可以看出西太平洋副热带高压面积变化和西伸脊点变化与热带中太平洋海表温度变化之间存在密切的联系。

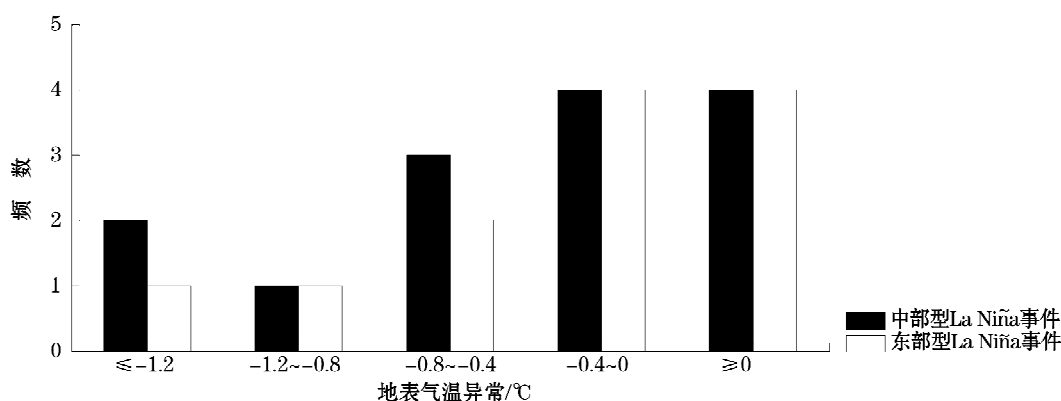


图 9 不同类型 La Niña 事件对应同年冬季我国地表气温异常的概率分布对比

Fig. 9 Comparison of the probability distribution of surface temperature anomalies of China in winter from two types of La Niña event

此外,对所选取的样本数据年份同期冬季我国地表温度异常的概率分布(图 9)进行分析,当 La Niña 事件爆发时,同期冬季我国约 70% 的年份基本处于一个温度异常偏低的状态,但也不排除个别特殊年份的存在。在 14 个中部型 La Niña 事件中,同期冬季我国地表温度异常 $\leq -1.2$  °C 有 2 次, $-1.2 \sim -0.8$  °C 为 1 次, $-0.8 \sim -0.4$  °C 为 3 次,同期冬季我国地表温度异常 $\leq -0.4$  °C 的年份占 42.9%;在东部型 La Niña 事件中,同期冬季我国地表温度异常 $\leq -1.2$  °C 有 1 次, $-1.2 \sim -0.8$  °C 为 1 次, $-0.8 \sim -0.4$  °C 为 2 次,同期冬季我国地表温度异常 $\leq -0.4$  °C 的年份占 33.3%。这种现象充分说明,相较而言,强的中部型 La Niña 事件可能会造成我国冬季寒冷状况的加剧。

## 4 结 论

1)20 世纪 80 年代中期以前,我国冬季平均温度异常较 20 世纪 80 年代中期以后有显著差异,由冬季的冷异常态突变为暖异常态。然而 2011/2012 年我国大部分地区却出现冬季异常寒冷的天气状况,部分地区甚至较平均温度偏低达 4 °C。

2)2011/2012 年我国冷冬的出现与中部型 La Niña 事件存在密切的联系,其机理是中部型 La Niña 事件爆发导致赤道太平洋海温异常分布,从而对北半球大气环流形势产生影响。通过对纬向和经向环流的影响,进而导致西太平洋副热带高压更加偏东、偏弱,这是造成我国 2011/2012 年冷冬出现的重要原因之一。

3)初步分析了两种类型的 La Niña 事件对西太平洋副热带高压的影响,发现两者具有明显的差异。相比之下中部型 La Niña 事件对西太平洋副热带高压的影响更大,更容易导致副高的偏弱、偏东,对我国冬季气候影响的作用也越显著。所揭示的现象应引起注意,即强的中部型 La Niña 事件可能引起西太平洋副热带高压更加异常的偏弱、偏东,进而对我国冬季气候异常产生更大的影响。

#### 参考文献(References):

- [1] DING Y H, WANG Z Y, SONG Y F. Causes of unprecedented freezing disaster in January 2008 and its possible association with the global warming [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2008, 66(5): 808-825. 丁一汇,王遵亲,宋亚芳. 中国南方 2008 年 1 月罕见低温雨雪冰冻灾害发生的原因及其与气候变暖的关系[J]. *气象学报*, 2008, 66(5): 808-825.
- [2] CHEN H B, FAN X H. Some extreme events of weather, climate and related phenomena in 2008[J]. *Climatic and Environmental Research*, 2009, 14(3): 329-340. 陈洪滨,范学花. 2008 年极端天气和气候事件及其他相关事件的概要回顾[J]. *气候与环境研究*, 2009, 14(3): 329-340.
- [3] CHEN H B, FAN X H. Some extreme events of weather, climate and related phenomena in 2010[J]. *Climatic and Environmental Research*, 2011, 16(6): 789-804. 陈洪滨,范学花. 2010 年极端天气和气候事件及其他相关事件的概要回顾[J]. *气候与环境研究*, 2011, 16(6): 789-804.
- [4] QIN D H, CHEN Z L, LUO Y, et al. Updated understanding of Climate Change Sciences[J]. *Advances in Climate Change Research*, 2007, 3(2): 63-73. 秦大河,陈振林,罗勇,等. 气候变化科学的最新认知[J]. *气候变化研究进展*, 2007, 3(2): 63-73.
- [5] WANG S W, LUO Y, TANG G L, et al. Does the global warming pause in the last decade: 1999-2008? [J]. *Advances in Climate Change Research*, 2010, 6(2): 95-99. 王绍武,罗勇,唐国利,等. 近 10 年全球变暖停滞了吗? [J]. *气候变化研究进展*, 2010, 6(2): 95-99.
- [6] TANG G L, DING Y H, WANG S W, et al. Comparative analysis of the times series of surface air temperature over China for the last 100 years[J]. *Advances in Climate Change Research*, 2009, 5(2): 71-78. 唐国利,丁一汇,王绍武,等. 中国近百年温度曲线的对比分析[J]. *气候变化研究进展*, 2009, 5(2): 71-78.
- [7] KERR R A. What happened to global warming? Scientists say just wait a bit [J]. *Science*, 2009, 326: 28-29.
- [8] BJERKNES J. Atmospheric teleconnections from the equatorial pacific[J]. *Monthly Weather Review*, 1969, 97(3): 163-172.
- [9] RASMUSSEN, EUGENE M, THOMAS II, et al. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño[J]. *Monthly Weather Review*, 1982, 110: 354-384.
- [10] MICHAEL J, MCPHADEN, XURI Y. Equatorial waves and the 1997-1998 El Niño[J]. *Geophysical Research Letters*, 1999, 26(19): 2961-2964.
- [11] PICAUT J, MASIA Y, PENHOAT D Y. An advective-reflective conceptual model for the oscillatory nature of the ENSO[J]. *Science*, 1997, 277(5326): 663-666.
- [12] HONG R H, XU Y H, WANG P F, et al. The features of catastrophic flood over the Changjiang river basin during the summer of 1998 and cause exploration[J]. *Climatic and Environmental Research*. 1998, 3(4): 300-313. 黄荣辉,徐予红,王鹏飞,等. 1998 年夏长江流域特大洪涝特征及其成因探讨[J]. *气候与环境研究*, 1998, 3(4): 300-313.
- [13] LI C, ZHANG L P, WU Y C, et al. Circulation Characteristic of east Asia winter monsoon of extremely low temperature and snow-ice weather in southern China and its correlation with El Niño/La Niña events[J]. *Torrential Rain and Disasters*, 2010, 29(2): 142-147. 李灿,张礼平,吴义城,等. 南方极端雨雪冰冻过程东亚冬季风环流特征及与 El Niño/La Niña 事件的关系[J]. *暴雨灾害*, 2010, 29(2): 142-147.
- [14] LI C Y. El Niño and warm winter over eastern China[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1989, 34(4): 283-286. 李崇银. 中国东部地区的暖冬与 El Niño[J]. *科学通报*, 1989, 34(4): 283-286.
- [15] LI C Y, YANG H, GU W. Cause of severe weather with cold air, freezing rain and snow over south China in January 2008[J]. *Climatic and Environmental Research*. 2008, 13(2): 113-122. 李崇银,杨辉,顾薇. 中国南方雨雪冰冻异常天气原因的分析[J]. *气候与环境研究*, 2008, 13(2): 113-122.
- [16] ZHOU G Q, LIN J R, SHOU S W, et al. Principles and methods of synoptics (Version 4) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007, 266-319. 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理与方法(第 4 版) [M]. 北京: 气象出版社, 2007, 266-319.
- [17] SUN C H, REN F M, ZHOU B, et al. Features and Possible causes for the low temperature in winter 2011/2012[J]. *Meteorological Monthly*, 2012, 38(7): 884-889. 孙丞虎,任福民,周兵,等. 2011/2012 年冬季我国异常低温特征及可能成因分析[J]. *气象*, 2012,

- 38(7): 884-889.
- [18] CHEN J N, WANG H N, WANG D X, et al. Variational characteristics analyses of the El Niño event in 2009/2010[J]. *Acta Oceanica Sinica*, 2011, 33(6):29-38. 陈锦年,王宏娜,王东晓,等. 2009/2010 年 El Niño 事件变化特征及其机理[J]. *海洋学报*, 2011, 33(6): 29-38.
- [19] CHEN J N, WANG Y, WANG H N, et al. The formation mechanism of the central Pacific pattern La Niña event in 2010/2011 and its anomalous vertical circulation[J]. *Advances in Marine Science*, 2012, 30(3):305-316. 陈锦年,汪洋,王宏娜,等. 2010/2011 年中部型 La Niña 事件形成机理及其垂直环流异常[J]. *海洋科学进展*, 2012, 30(3):305-316.
- [20] WANG C, PICAUT J. Understanding ENSO physics—A review[J]. *Earth's Climate: The Ocean-Atmosphere Interaction*, Geophys. Monogr, 2004, 147:21-48.
- [21] WU B Y, SU J Z, ZHANG R H. Effects of autumn-winter Arctic sea ice on winter Siberian High[J]. *Chinese Sci. Bull.*, 2011, 56: 3220-3228.
- [22] YU J Y, Kao H L, LEE T, et al. Subsurface ocean temperature indices for Central-Pacific and Eastern-Pacific types of El Niño and La Niña events[J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2011, 103(3):337-344.

## The Relationship Between the Cold Winter of 2011/2012 in China and the La Niña Event in Central Pacific

GAO Chuan<sup>1,2,3</sup>, CHEN Jin-nian<sup>1,2</sup>, WANG Hong-na<sup>1,2</sup>, WANG Yang<sup>1,2,3</sup>

(1. *Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;*

2. *Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;*

3. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)*

**Abstract:** Based on the monthly observed air temperature from 160 stations and western Pacific subtropical high datasets among the 74 circulation characteristics provided by National Climate Center, China Meteorological Administration, datasets from the Tropical Atmosphere Ocean (TAO) project, and the OI-SST data and NCEP-NCAR Reanalysis provided by National Oceanic and Atmospheric Administration, the composite analysis and correlation analysis are used to study the Chinese weather in the winter (DJF) of 2011/2012 and atmospheric circulation anomaly as well as its possible mechanism influencing the climate in China, providing a theoretical basis for the prediction of China's climate variation. The results show that the cold winter of 2011/2012 in China is related to the occurrence of the central Pacific La Niña event in 2011/2012, whose maximum cold sea surface temperature (SST) anomaly occurs in the central Pacific. The anomalous SST in equatorial Pacific has great impact on northern hemisphere atmospheric circulation, which leads to anomalous Walker circulation in equatorial region and anomalous Hadley circulation, resulting in a weaker and more eastward western Pacific subtropical high. This weaker and more eastward western Pacific subtropical high can have significant influence on meridional atmospheric circulation in winter, resulting in a cold winter in 2011/2012.

**Key words:** cold winter; central Pacific La Niña event; atmospheric circulation anomalies; western Pacific subtropical high

**Received:** July 08, 2013