

不同分布型厄尔尼诺事件及对中国次年夏季降水的可能影响^{* 1}

袁媛¹ 杨辉² 李崇银^{2,3}
YUAN Yuan¹ YANG Hui² LI Chongyin^{2,3}

- 1. 国家气候中心,北京,100081
 - 2. 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室,北京,100029
 - 3. 解放军理工大学气象学院,南京,211101
 - 1. *National Climate Center, CMA, Beijing 100081, China*
 - 2. *LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*
 - 3. *School of Meteorology, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China*
- 2010-07-06 收稿,2011-03-07 改回.

Yuan Yuan, Yang Hui, Li Chongyin. 2012. Study of El Niño events of different types and their potential impact on the following-summer precipitation in China. *Acta Meteorologica Sinica*, 70(3):467-478

Abstract According to the SSTA distribution during the peak phase of the El Niño event, the paper classified all the El Niño events since 1950 into Eastern Pacific type (EP), Central Pacific type (CP), and Mixed type. Different types of El Niño showed dissimilar developing features of SSTA, also with distinct responses of the Outgoing Longwave Radiation (OLR) anomalies and the anomalous Walker Cell over the tropical Indian-Pacific Ocean. In the following summer of an El Niño event, through influencing 850 hPa wind, water vapor transport, and 500 hPa western Pacific subtropical High, EP El Niño, CP El Niño, and Mixed El Niño would possibly induce Type III, Type II, and Type I of the summer rainfall pattern in China.

Key words Different types, El Niño, Summer rainfall pattern

摘 要 利用 1951—2009 年线性最优插值全球海温资料,NCEP/NCAR 再分析大气资料,以及中国 160 个站的降水资料等,重点分析了不同分布型厄尔尼诺事件的海温演变特征及对应的热带大气的响应情况,并进一步探讨了不同分布型厄尔尼诺事件对次年夏季中国降水的可能影响。根据厄尔尼诺事件发展达到盛期时海温距平的分布特点,将 1950 年以来的厄尔尼诺事件分为东部型、中部型和混合型。不同分布型厄尔尼诺事件的海温演变及后期的发展都表现出较为明显的差异,对应的热带太平洋上空向外长波辐射距平分布及热带印度洋-太平洋上空的沃克环流异常也表现出明显的不同。在厄尔尼诺的次年夏季,通过影响 850 hPa 风场、水汽输送及 500 hPa 西太平洋副热带高压系统,东部型、中部型及混合型厄尔尼诺事件可能分别导致中国雨带呈现南方型(III 类)、中间型(II 类)和北方型(I 类)的分布特点。

关键词 不同分布型,厄尔尼诺事件,夏季降水类型

中图法分类号 P426.6

1 引言

关于 ENSO 事件分布型的研究是近几年非常

热门的话题,主要原因可能是 2000 年以来发生的厄尔尼诺事件基本都不同于传统的厄尔尼诺事件,最大海温正距平分布的区域不在传统定义 ENSO 事件的

^{*} 资助课题:国家自然科学基金项目(41005038)、公益性行业专项(GYHY200906016)、国家科技支撑计划项目(2007BAC29B04、2009BAC51B01、2009BAC51B02)。
作者简介:袁媛,主要从事短期气候预测研究。E-mail: yuany@cma.gov.cn

Nino3 区,而是向西移动到日界线附近,由此带来的气候影响也与传统 ENSO 事件的影响有着明显的差异,因此,这一现象引起了科学家们广泛的关注。

事实上,早期的研究已经注意到厄尔尼诺事件的发生过程包括两类,一类主要在太平洋东部(秘鲁沿岸)增暖再向西扩展,另一类则主要在赤道中太平洋出现大范围增暖并自西向东扩展(Rasmusson, et al, 1983; Fu, et al, 1986; Wang, 1995; 李崇银, 2000)。但直到最近几年科学家们才意识到在 ENSO 事件的发展过程中,受海表温度异常分布形态的影响,热带对流加热场的分布特征表现出显著的差异,由此提出应该依据海表温度异常的空间分布形态将厄尔尼诺分为不同分布型来研究其发生机理及气候影响。并将这些主要在赤道中太平洋增暖的厄尔尼诺事件称为日界线厄尔尼诺(Larkin, et al, 2005)、或厄尔尼诺 Modoki(Ashok, et al, 2007)、或暖池厄尔尼诺(Kug, et al, 2009)、或中部型厄尔尼诺(Kao, et al, 2009),而在太平洋东部秘鲁沿岸增暖的厄尔尼诺事件相应被称为典型厄尔尼诺、或冷舌厄尔尼诺、或东部型厄尔尼诺。为便于理解,本文将用中部型和东部型的命名方式来区分不同分布型的厄尔尼诺事件。

Yeh 等(2009)指出中部型厄尔尼诺事件在 20 世纪 90 年代后发生的频率显著增加。由此,国际上频频发表关于不同分布型厄尔尼诺事件对气候异常的影响的文章,例如中部型厄尔尼诺对南美、北美西海岸、甚至日本和新西兰气候的影响可能会与东部型厄尔尼诺的影响完全相反(Larkin, et al, 2005; Ashok, et al, 2007)。中部型厄尔尼诺还会导致美国西部冬季经常出现北干南湿的“跷跷板”式气候分布特征,而当东部型厄尔尼诺发生时美国西部大部分地区冬季都以偏湿的气候特征为主(Weng, et al, 2007)。然而,关于不同分布型厄尔尼诺事件对东亚尤其是对中国气候异常影响的研究目前还非常有限。

中国位于东亚季风区,东亚夏季风和冬季风的异常直接导致中国气候的异常,ENSO 正是通过大气环流以“遥相关”的形式影响东亚季风系统的每个成员,并由此间接影响中国的气候异常。在厄尔尼诺(拉尼娜)发生的次年夏季,菲律宾附近的对流活动偏强,西北太平洋副热带高压偏北偏强(偏弱),从而导致长江流域和江南北部降水偏多(少),而江淮流域降水偏少(多)(符淙斌等,1988; Huang, et al,

1989;金祖辉等,1999;陈文,2002)。但进入 21 世纪后,先后在 2002、2004、2006 年发生了 3 次厄尔尼诺事件,每次事件发生次年夏季中国的主要雨带并未出现在长江流域而是发生在淮河流域至黄淮地区(宗海峰等,2010)。最近的一些相关分析指出,20 世纪 80 年代后 ENSO 不同位相与次年夏季中国雨带的对应关系较难成立,作为中国夏季降水的主要预测指标,ENSO 的指示意义已相应减弱(高辉等, 2007;宗海峰等,2010)。然而,值得注意的是这些相关分析利用的都是 Nino3 指数,20 世纪以来的 3 次厄尔尼诺事件都不典型,最大的海温正距平并不在 Nino3 区,而是在 Nino4 区。Yeh 等(2009)也指出,20 世纪 80 年代以后 Nino3 指数与 Nino4 指数的正相关关系已明显减弱。由此可见,单一的利用 Nino3 指数所做的相关分析并不一定能客观地反映 ENSO 事件对中国夏季降水的影响,厄尔尼诺事件的分布型在最近几十年已发生明显变化,研究不同分布型厄尔尼诺事件对中国气候异常的影响确实具有非常重要的意义。

2 数据来源

本文所用数据为 1951 年 1 月—2009 年 12 月 NCEP/NCAR 提供的月平均风场、位势高度场以及用于计算水汽通量的绝对湿度资料,网格点分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ (Kistler, et al, 2001);美国 NOAA 提供的 1951 年 1 月—2009 年 12 月线性最优插值(OIV2)全球海温数据,网格点分辨率是 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (Reynolds, et al, 2002);美国 NOAA 系列极轨卫星高分辨率辐射仪的 1974 年 6 月—2009 年 12 月的月平均向外长波辐射(OLR)资料(Liebmann, et al, 1996),由于 1978 年的大部分数据缺测,为研究方便,本文只选取 1979 年 1 月—2009 年 12 月的资料。中国气象局国家气候中心提供的中国 160 个站 1951 年 1 月—2009 年 12 月的月平均站点降水资料(Gemmer, et al, 2004)。除向外长波辐射资料的距平计算所对应的是 1979—2000 年的平均外,其他资料的距平计算所对应的都是 1971—2000 年的平均。

本文将厄尔尼诺发生的当年称为厄尔尼诺当年,而发生年的第二年称为厄尔尼诺次年。

3 厄尔尼诺事件的分类

1950—2009 年所有发生厄尔尼诺事件的年份有:1951、1957、1963、1965、1968、1969、1972、1976、

1977、1979、1982、1986、1990、1991、1994、1997、2002、2003、2004 和 2006 年。其中,1977 和 1979 年这两次厄尔尼诺事件持续不足 6 个月,Larkin 等(2005)将这两次称为厄尔尼诺季,本文也将其算在内用于分析,而 2009—2010 年的厄尔尼诺事件因资料原因暂未考虑在内。关于厄尔尼诺的分类方法,早期的一些研究多数是按照厄尔尼诺事件发生时增温首先出现的位置来划分(Rasmusson, et al, 1983;符淙斌,1985;Fu, et al, 1986;林学椿等,1993;Wang, 1995;李崇银,2000),也有的按照厄尔尼诺事件发生的时间来分类(臧恒范等,1991),而最近几年国际上的一些研究多是按照厄尔尼诺事件达到峰值时海温距平的分布进行划分(Larkin, et al, 2005;Ashok, et al, 2007;Weng, et al, 2007;Kug,

et al, 2009;Kao, et al, 2009;Yeh, et al, 2009)。为清楚对比热带大气对不同分布型厄尔尼诺事件的响应状况,更为了说明不同分布型厄尔尼诺事件对次年中国夏季降水的影响,本文按照厄尔尼诺事件发展到盛期时海温距平的分布来进行划分。

从厄尔尼诺事件发展到盛期时的海温距平分布可以清楚地看出,有些厄尔尼诺事件发展到盛期时最大海温正距平主要分布在赤道东太平洋及靠近南美沿岸,也即是 Nino3 区,本文将此类事件定义为东部型厄尔尼诺(图 1);而另一些厄尔尼诺发展到盛期时最大海温正距平主要分布在赤道中太平洋日界线附近,也即是 Nino4 区,将其归类为中部型厄尔尼诺(图 2);还有一些事件发展到盛期时最大海温正距平的分布介于这两者之间,基本位于Nino3.4

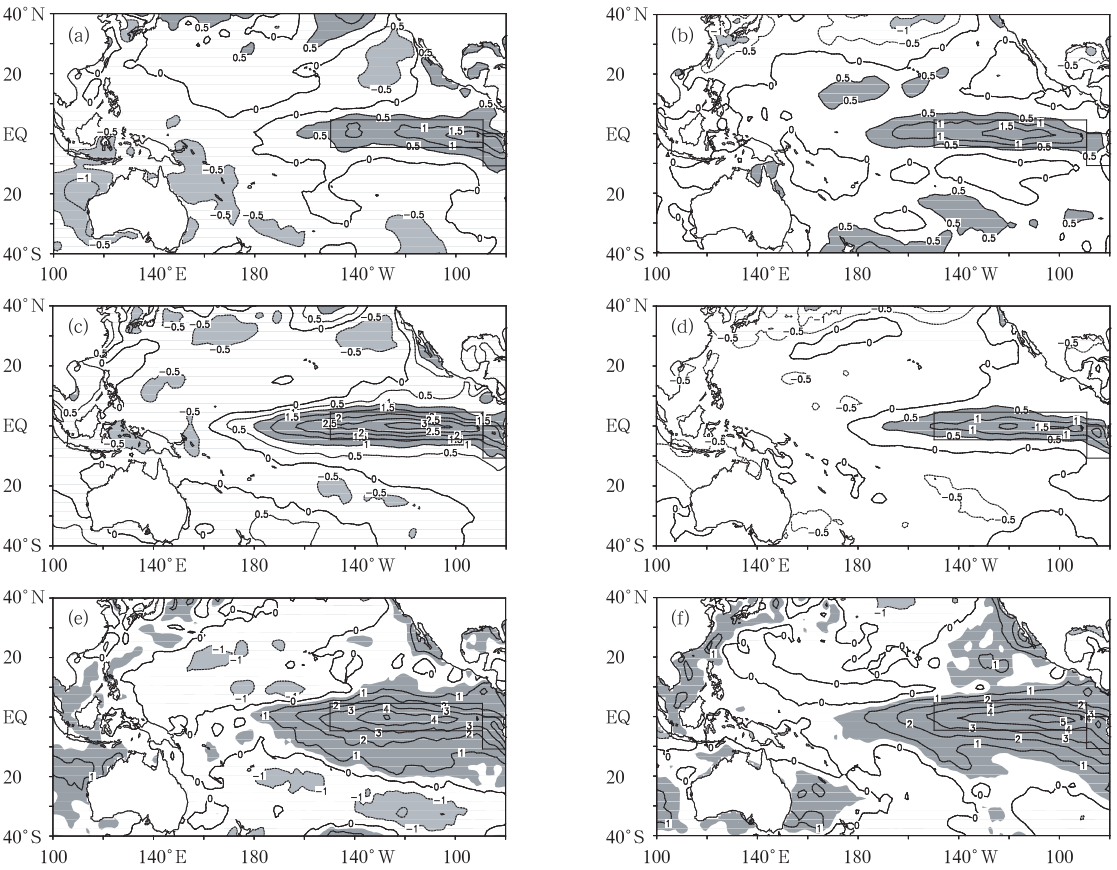


图 1 1950—2009 年东部型厄尔尼诺发展到盛期时的海温距平分布

(a. 1951 年, b. 1969 年, c. 1972 年, d. 1976 年, e. 1982 年, f. 1997 年;阴影区表示海温距平超过(低于)0.5℃(-0.5℃),黑色方框分别为 Nino3 和 Nino1+2 区)

Fig. 1 SSTA distribution of East Pacific (EP) El Niño events from 1950 to 2009 during the peak phase (a. 1951, b. 1969, c. 1972, d. 1976, e. 1982, f. 1997; Shadings indicate SSTA over (below) 0.5°C (-0.5°C), and black boxes indicate Nino3 or Nino1+2 regions)

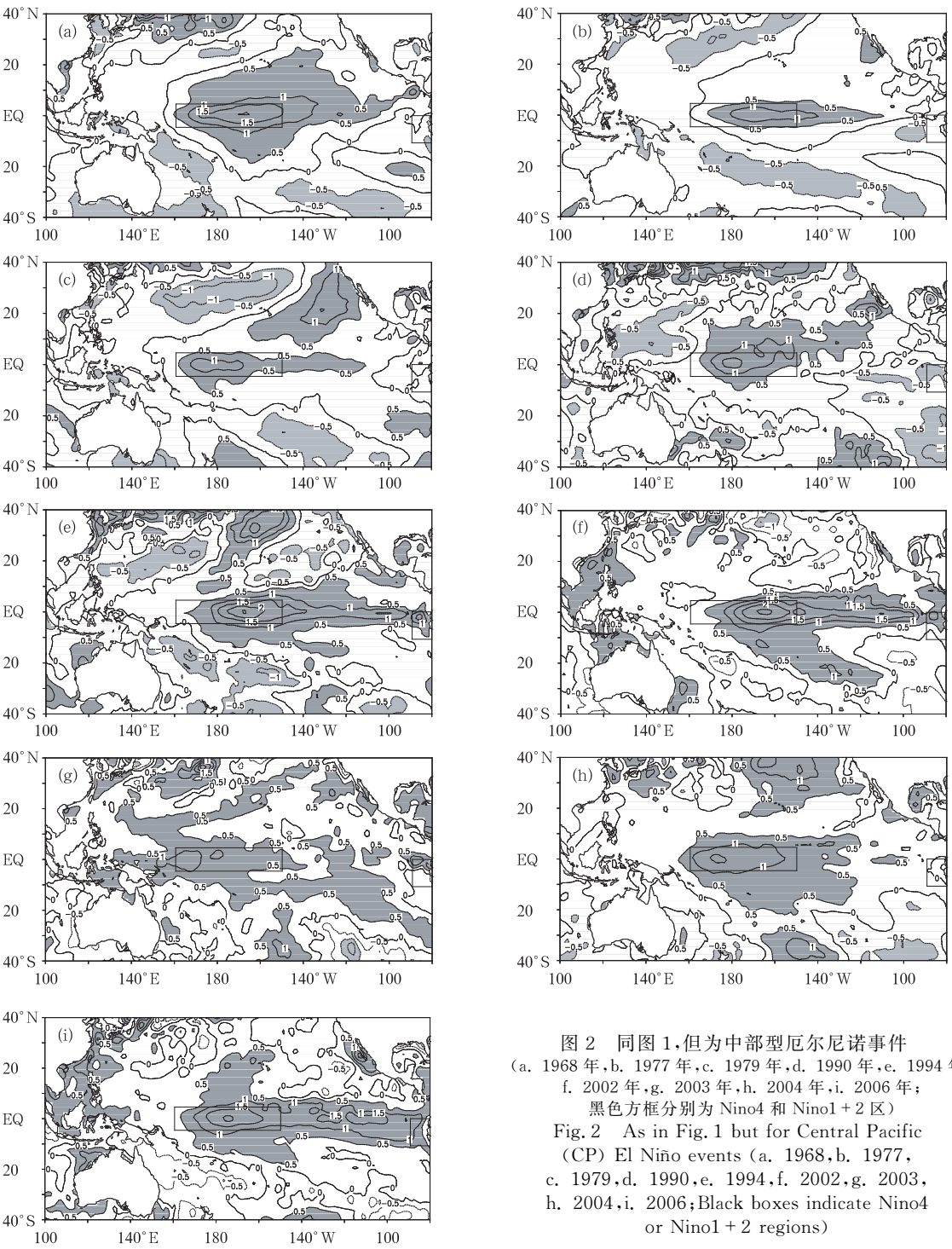


图2 同图1,但为中部型厄尔尼诺事件
(a. 1968年,b. 1977年,c. 1979年,d. 1990年,e. 1994年,
f. 2002年,g. 2003年,h. 2004年,i. 2006年;
黑色方框分别为 Niño4 和 Niño1+2 区)
Fig. 2 As in Fig. 1 but for Central Pacific
(CP) El Niño events (a. 1968,b. 1977,
c. 1979,d. 1990,e. 1994,f. 2002,g. 2003,
h. 2004,i. 2006;Black boxes indicate Niño4
or Niño1+2 regions)

区,根据 Kug 等(2009)的研究,将其定义为混合型厄尔尼诺(图3)。

因此,根据厄尔尼诺事件发展到盛期时最大海温正距平所在的 Niño 区域,将 1950—2009 年的厄尔尼诺事件分成 3 类,东部型厄尔尼诺包括 1951、1969、1972、1976、1982 和 1997 年;中部型厄尔尼诺

包括 1968、1977、1979、1990、1994、2002、2003、2004 和 2006 年;混合型厄尔尼诺包括 1957、1963、1965、1987 和 1991 年。这一分类方法与 Kug 等(2009)的研究结果一致,但其只分析了 1970—2005 年的厄尔尼诺事件,而且,未分析混合型厄尔尼诺事件的发展演变规律。另外,张志华等(2008)也将历史上的

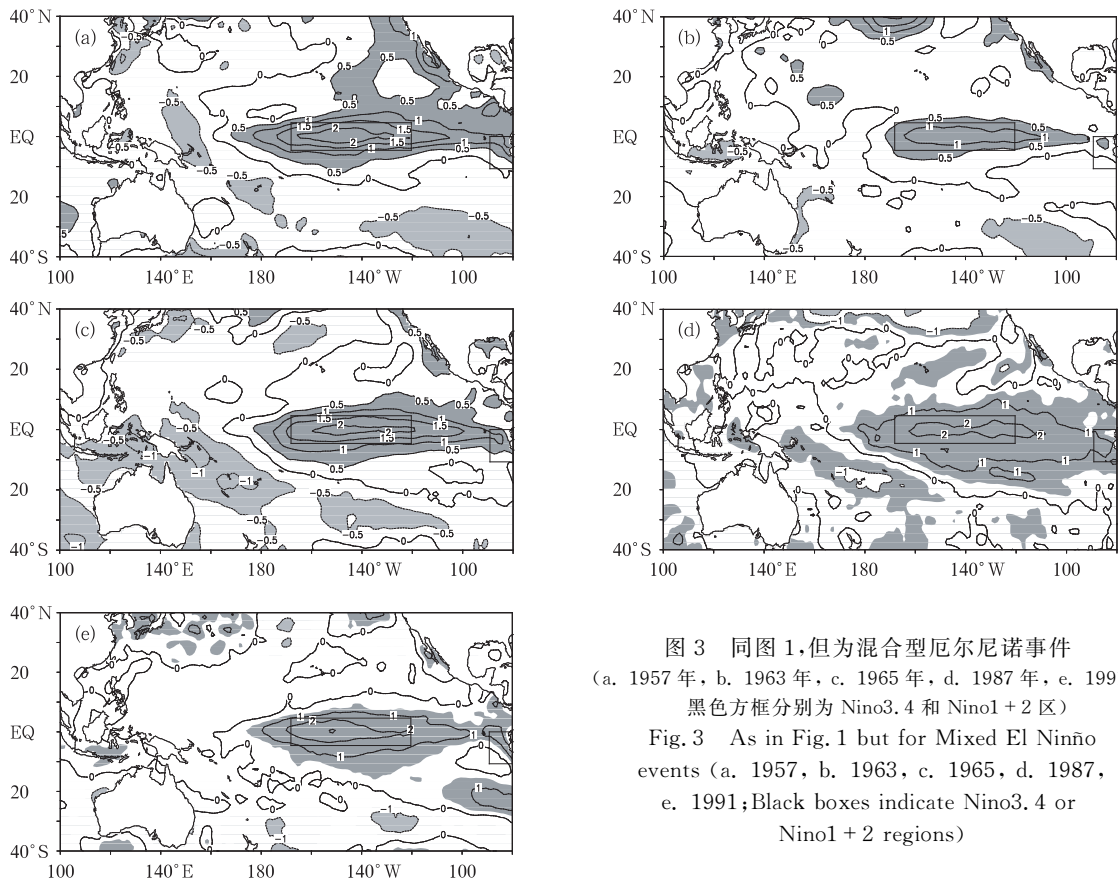


图 3 同图 1,但为混合型厄尔尼诺事件
(a. 1957 年, b. 1963 年, c. 1965 年, d. 1987 年, e. 1991 年;
黑色方框分别为 Niño3.4 和 Niño1+2 区)
Fig. 3 As in Fig. 1 but for Mixed El Niño
events (a. 1957, b. 1963, c. 1965, d. 1987,
e. 1991; Black boxes indicate Niño3.4 or
Niño1+2 regions)

厄尔尼诺事件分为东部型、西部型和驻波型,但其是针对厄尔尼诺事件的传播特征来分类的,因此,分类结果与本文有所差别,暂不作对比考虑。

分析各厄尔尼诺事件的起止年月、持续时间、达到峰值的月份以及达到峰值时的 Nino 指数的数值(表 1)可以看出,绝大多数的东部型和混合型厄尔尼诺都能持续较长的时间,除 1951、1963 和 1976 年持续时间不足 10 个月外,其他的东部型和混合型厄尔尼诺事件都能持续 10 个月以上。而中部型厄尔尼诺持续时间相对较短,多数都在 10 个月以下。这与 Kao 等(2009)所提到的东部型厄尔尼诺一般都持续在 15 个月以上而中部型厄尔尼诺一般只能持续 8 个月左右的结论稍有一些差别,可能是因为本文没有对海温指数做 3 个月的滑动平均。但中部型厄尔尼诺事件一般持续时间较东部型短的结论是一致的。

另外,东部型厄尔尼诺多在春季爆发,而中部型和混合型厄尔尼诺爆发略偏晚,基本都在夏季或更晚。绝大多数的东部型和混合型厄尔尼诺都在 12 月一次年 2 月达到峰值,而多数的中部型厄尔尼诺

则在 11 月达到峰值。注意到历史上最强的 3 次厄尔尼诺事件 1972、1982、1997 年都为东部型,而历史上相对较弱的厄尔尼诺事件都为中部型,混合型厄尔尼诺的强度介于两者之间(此处强度是指达到峰值时的 Nino 指数)。而 20 世纪 90 年代以后的厄尔尼诺事件绝大多数都属于中部型,尤其 2000 年以来的厄尔尼诺事件全部都是中部型,这进一步证明了 Yeh 等(2009)的结论。

4 热带大气海洋特征对比分析

根据图 1—3 和表 1,以每个厄尔尼诺事件的峰值为基准进行合成,具体分析此 3 类厄尔尼诺事件的海温距平分布、海温距平演变特征以及对应的热带大气环流的响应情况。从海温距平分布(图 4)可以看出,东部型厄尔尼诺发展到盛期时最大的海温正距平主要分布在赤道东太平洋 Niño3 区,同时 Niño1+2 区也有较大的海温正距平(图 4a)。而混合型和中部型厄尔尼诺发展到盛期时海温正距平中心都较东部型偏西,同时 Niño3 区和 Niño1+2 区的海温正距平都相对较弱(图 4b、4c)。翟盘茂等

表1 1950—2009年东部型、中部型和混合型厄尔尼诺事件的起止年月、持续时间、达到峰值的月份及对应的 Nino3、Nino4 和 Nino3.4 指数的峰值

类型	起止年月	长度(月)	Nino 指数峰值	峰值月份
东部型	1951 年 7 月—1951 年 12 月	6	1.1	1951 年 8 月
	1969 年 3 月—1970 年 1 月	11	1.2	1969 年 12 月
	1972 年 4 月—1973 年 2 月	11	2.4	1972 年 12 月
	1976 年 6 月—1977 年 2 月	9	0.9	1977 年 1 月
	1982 年 5 月—1983 年 8 月	16	3.3	1983 年 1 月
	1997 年 5 月—1998 年 5 月	13	3.7	1997 年 12 月
中部型	1968 年 11 月—1969 年 5 月	7	1.3	1969 年 2 月
	1977 年 11 月—1978 年 1 月	3	0.7	1977 年 11 月
	1979 年 12 月—1980 年 3 月	4	0.7	1980 年 2 月
	1990 年 8 月—1991 年 3 月	8	0.9	1991 年 1 月
	1994 年 6 月—1995 年 4 月	11	1.2	1994 年 11 月
	2002 年 1 月—2003 年 4 月	16	1.4	2002 年 11 月
	2003 年 7 月—2004 年 2 月	8	0.9	2003 年 11 月
	2004 年 6 月—2005 年 5 月	13	1.1	2004 年 11 月
混合型	2006 年 8 月—2007 年 2 月	7	1.2	2006 年 11 月
	1957 年 7 月—1958 年 4 月	10	1.9	1958 年 1 月
	1963 年 7 月—1964 年 1 月	7	1.1	1963 年 12 月
	1965 年 6 月—1966 年 4 月	11	1.8	1965 年 12 月
	1986 年 9 月—1988 年 2 月	18	1.9	1987 年 8 月
	1991 年 5 月—1992 年 5 月	13	1.9	1992 年 2 月

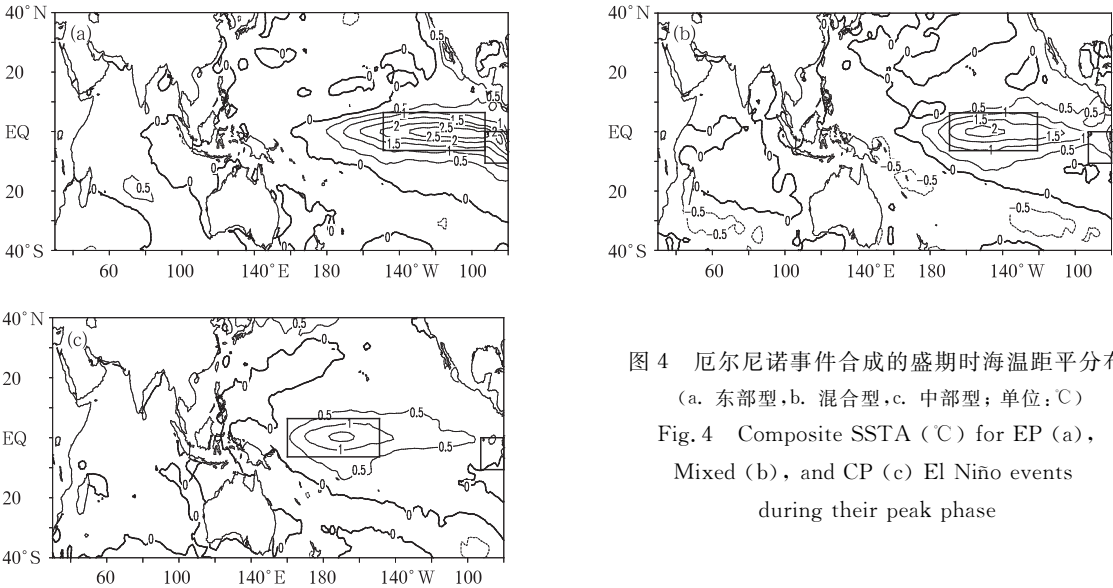


图4 厄尔尼诺事件合成的盛期时海温距平分布
(a. 东部型,b. 混合型,c. 中部型;单位:℃)
Fig.4 Composite SSTA (°C) for EP (a),
Mixed (b), and CP (c) El Niño events
during their peak phase

(2003)指出,厄尔尼诺现象最初被发现时是由于南美秘鲁沿海岸海温异常升高并持续很长时间,导致常年干旱少雨的地区突然暴雨不断甚至洪水泛滥。但从图4中可以看出,中部型和混合型的厄尔尼诺与最初发现的这些厄尔尼诺现象在海温距平分布上有着很大区别,最强的海温正距平并不是集中在秘鲁沿岸,而是向西移动到赤道中太平洋地区。尤其是

中部型厄尔尼诺,在 Nino3 区海温指数没有超过 0.5℃定义标准的情况下,仍然会发生较强的厄尔尼诺事件,并对全球气候异常产生重要影响。因此,如果仍然按照传统的 Nino3 指数来定义厄尔尼诺事件,那么可能很多的中部型厄尔尼诺事件都无法达到定义标准,比如 1977、1994、2002、2004 年等,这样在短期气候预测中将可能失去很多重要的信息。可能正

是因为这个原因,中国气象局国家气候中心从 2001 年开始决定用 Nino 综合区(Nino Z)海温指数作为厄尔尼诺和拉尼娜事件的定义标准(李晓燕等, 2000),而美国国家气候中心(CPC)也从 2003 年开始改用 Nino3.4 指数作为判别标准。

对比这 3 种不同分布型厄尔尼诺事件的海温距平演变情况(图 5),可以看出以下几个不同点和相同点。(1)从厄尔尼诺事件的持续时间和强度上来看,中部型厄尔尼诺比东部型和混合型的持续时间都短,中部型厄尔尼诺不仅爆发偏晚,而且结束偏早。中部型厄尔尼诺在强度上也比东部型和混合型要弱一些,这与表 1 中总结出的结论是一致的;(2)从海温增暖的发生地来看,对于东部型的厄尔尼诺事件,超过 0.5℃的海温正距平是从赤道东太平洋南美沿岸开始发展,并不断向赤道中太平洋扩展。

而对于中部型和混合型厄尔尼诺,超过 0.5℃的正海温距平并没有从赤道东太平洋南美沿岸开始发展,而是从赤道中太平洋(大约 180°—160°W 区域)开始发展,并有向东扩展的发展趋势;(3)从海温距平的东西分布来看,在中部型厄尔尼诺事件的发展过程中,整个赤道太平洋基本均由正海温距平所控制,但东部型和混合型厄尔尼诺事件的发展过程中,赤道西太平洋海温明显偏低,整个赤道太平洋海温距平基本呈现西低东高的分布特征;(4)从海温距平后期的发展演变来看,东部型和混合型的厄尔尼诺在次年春夏季都向厄尔尼诺的反位相拉尼娜状态发展,而中部型厄尔尼诺不具有这样的循环演变特征,这与 Kao 等(2009)的结论是一致的,其认为东部型厄尔尼诺可以被称为一次 ENSO 循环,而中部型厄尔尼诺只能被称为一次事件。

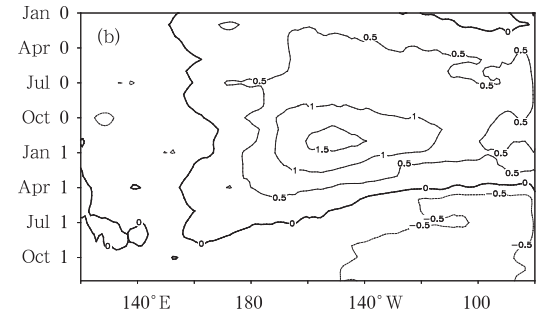
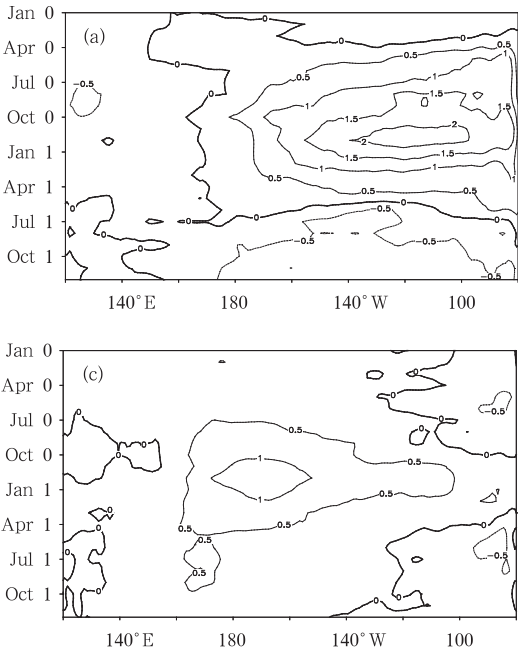


图 5 同图 4,但为赤道(5°S—5°N)平均的海温距平随时间的演变
(纵坐标末尾数字 0 表示当年,1 表示次年)
Fig. 5 As in Fig. 4 but for the longitude-time section for the variation of the equatorial (5°S—5°N) SSTA
(On the y-axis 0 is for the onset year, and 1 for the following year)

以下将从热带对流活动的发展及沃克环流的异常等方面具体分析热带大气对这样不同分布型海温的响应。考虑到向外长波辐射数据的连续性和完整性,1979 年之前的厄尔尼诺未进行向外长波辐射距平场的分析。从图 6 可以看出,东部型厄尔尼诺发展到盛期时,日界线以东的赤道中东太平洋大部分海区上空的对流活动都明显偏强,而暖池区—日界线以西上空的对流活动则明显偏弱(图 6a)。混合型厄尔尼诺达到峰值时,较强的对流活动(向外长波辐射负距平)主要分布在 160°E—120°W 的赤道中

太平洋海区(图 6b),与东部型的情况相比明显西移,同时赤道西太平洋暖池区上空仍为向外长波辐射正距平所控制,也即是较弱的对流活动。而中部型厄尔尼诺达到峰值时,较强的对流活动主要分布在日界线附近,另外在印度洋上空也有较强的对流活动,而东印度洋—海洋性大陆上空为向外长波辐射正距平所控制,对流活动较弱(图 6c)。对比这 3 幅图可以看出,从东部型到混合型再到中部型,对应着赤道中东太平洋最大海温正距平的不断西移(图 4),较强的对流活动中心也依次西移,同时较弱的对

流活动(向外长波辐射正距平)中心也相应有所西移。从图 6 还可以看出,中部型厄尔尼诺对应的对流活动异常中心的强度较东部型和混合型厄尔尼诺都明显偏弱,这一方面可能是因为合成个例的差异,东部型厄尔尼诺中只有 1982 和 1997 年有向外长波辐射数据,而它们是 20 世纪以来最强的两次厄尔尼诺事件;另一方面可能因为本身在强度上中部型厄尔尼诺就比东部型和混合型偏弱(图 4、5);第三,还

有可能是异常的对流活动中心不断西移所导致的。赤道西太平洋是暖池区,海温本身就较高,对流活动也较强,因此即使海温有所上升其上空对流活动的加强也不会特别明显;而赤道东太平洋地区为冷舌区,对流活动本身就非常弱,因此海温只要稍微上升一点就可能使对流活动的加强非常明显。

再进一步分析不同分布型厄尔尼诺所对应的沃克环流的异常分布情况(图 7)。对于东部型厄尔尼

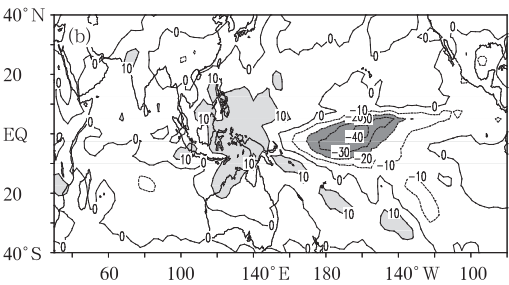
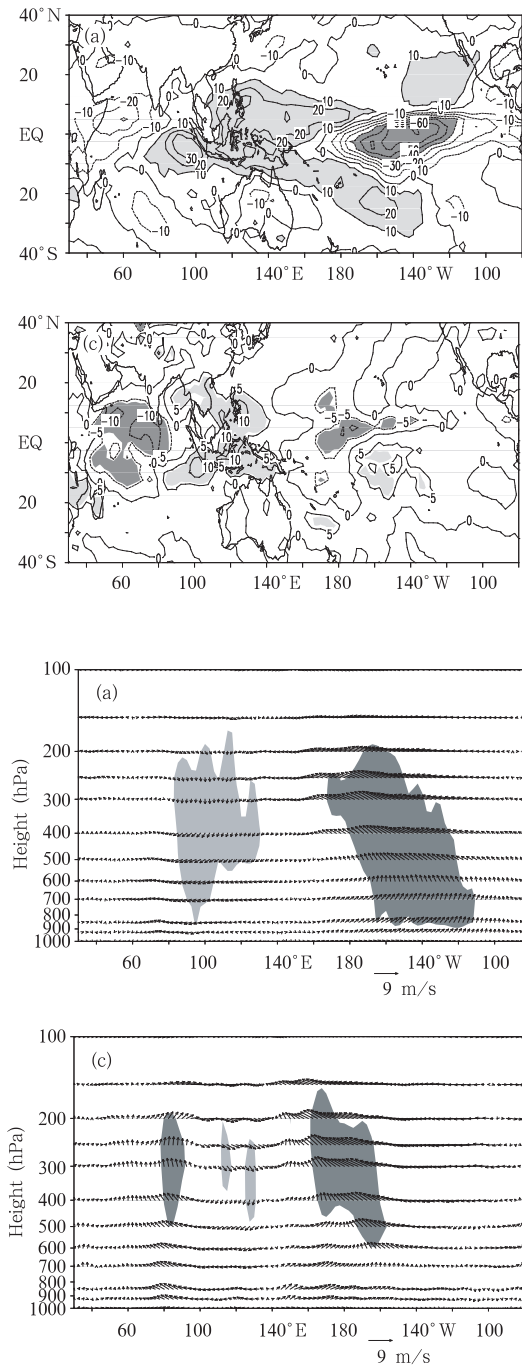


图 6 同图 4,但为向外长波辐射距平分布
(深(浅)阴影区表示异常偏强(偏弱)
的对流活动;单位:W/m²)

Fig. 6 As in Fig. 4 but for the OLR anomalies, with dark (light) shadings for the anomalously enhanced (suppressed) OLR (W/m²)

图 7 同图 4,但为 5°S—5°N 平均的
沃克环流距平分布
(深(浅)阴影区表示异常上升(下沉)运动,
为便于分析垂直速度已被放大 100 倍)

Fig. 7 As in Fig. 4 but for the longitude-height section for the anomalous Walker Cell averaged over 5°S–5°N, with dark (light) shadings for anomalous upward (downward) motion (m/s). The vertical velocity has been magnified by 100 times

诺,赤道中东太平洋上空为较强的异常上升运动,而在赤道东印度洋上空为异常的下沉运动所控制,从而在热带印度洋—太平洋形成一个异常的反沃克环流圈(图 7a),这也清楚地反映出典型的厄尔尼诺事件在发展达到盛期时热带大气的响应特征。混合型厄尔尼诺对应的异常沃克环流圈与东部型的情况比较相似,但强度明显偏弱,异常的上升运动区的范围明显变小,主要控制在赤道中太平洋海区,而异常的下沉运动区也较东部型东移到暖池区上空(图 7b)。中部型厄尔尼诺对应的赤道上空异常沃克环流圈与前两者明显不同:(1) 无论异常的上升运动还是下沉运动都不是特别强;(2) 在赤道印度洋—太平洋上空形成两个异常反沃克环流圈,一个位于印度洋上空,另一个位于太平洋上空,共同的下沉支在暖池区上空;(3) 赤道太平洋上空的异常上升运动比东部型和混合型厄尔尼诺对应的情况明显西移,主要位于日界线附近,这与海温距平的分布和对流活动中心的分布对应得很好(见图 4c、6c)。

通过以上分析可以看出,正是由于不同分布型厄尔尼诺所对应的最大海温正距平中心的位置不

同,热带大气的响应也有明显的差异。中部型和混合型厄尔尼诺达到峰值时,赤道太平洋上空的异常上升运动区较东部型的情况明显西移,较强的对流活动中心也依次西移;中部型厄尔尼诺对应在赤道印度洋—太平洋上空为两个异常的沃克环流圈,而东部型和混合型厄尔尼诺主要对应一个异常的沃克环流圈。由此也可以推断出印度洋的海温异常对太平洋不同分布型厄尔尼诺的响应可能也会有所不同,这点还需要进一步深入分析。

5 不同分布型厄尔尼诺事件对次年夏季中国雨带的可能影响

已有研究指出,厄尔尼诺主要是通过西北太平洋的反气旋异常来影响东亚气候(Zhang, et al, 1996, 1999; Wang, et al, 2000),本文将通过分析 500 hPa 高度场的异常以及 850 hPa 风场异常和水汽输送情况来进一步探讨不同分布型厄尔尼诺对次年夏季中国主要雨带的影响。

中国国家气候中心的业务系统将中国夏季的主要雨带分为3种类型:I类雨型(北方型),主要的多

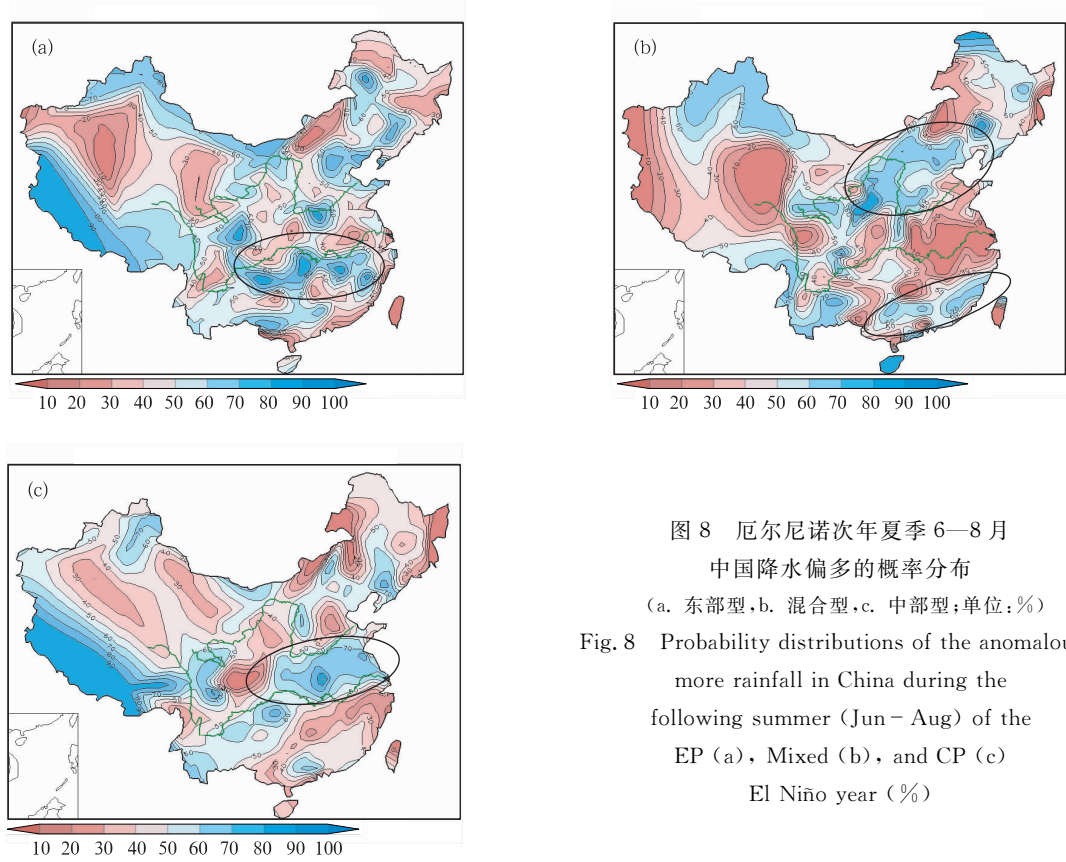


图 8 厄尔尼诺次年夏季 6—8 月中国降水偏多的概率分布
(a. 东部型, b. 混合型, c. 中部型; 单位: %)
Fig. 8 Probability distributions of the anomalously more rainfall in China during the following summer (Jun – Aug) of the EP (a), Mixed (b), and CP (c) El Niño year (%)

雨带位于黄河流域及其以北地区,江淮流域大范围少雨,江南南部至华南为另一次要多雨区;II类雨型(中间型),主要多雨带位于黄河至长江之间,雨带中心一般在淮河流域一带,黄河以北及长江以南大部分地区少雨;III类雨型(南方型),主要多雨带位于长江流域或江南一带,淮河以北大部分地区及东南沿海地区少雨(赵汉光等,1988)。

首先分析东部型厄尔尼诺,其次年夏季中国东部地区长江流域及江南地区降水偏多的可能性较大,而东南沿海降水偏多的可能性较小(图 8a),它比较类似于 III 类雨型的分布特点。相应的在 850 hPa,东亚夏季风偏弱,中国东部地区为较弱的西南风距平,长江流域为风场的辐合区,从而有利于西太

平洋和南海的水汽输送到长江流域及江南地区(图 9a);另外,西太平洋副高明显偏西,但强度和脊线位置都接近常年(图 9d),因此降水主要分布在中国长江流域及江南地区。

混合型厄尔尼诺,其次年夏季中国有两条雨带,主要的降水雨带位于黄河流域及其以北地区,另一条雨带位于华南,而江南至黄河以南地区降水偏多的可能性较小(图 8b),它非常类似于典型的 I 类雨型分布特征。相应的在 850 hPa,中国东部为较强的西南风距平控制,有利于西太平洋地区和南海的水汽向北推进(图 9b),有利于中国北方地区的降水偏多;同时西太平洋副热带高压明显偏弱偏东(图 9e),热带扰动常可以影响华南地区,从而有利于中

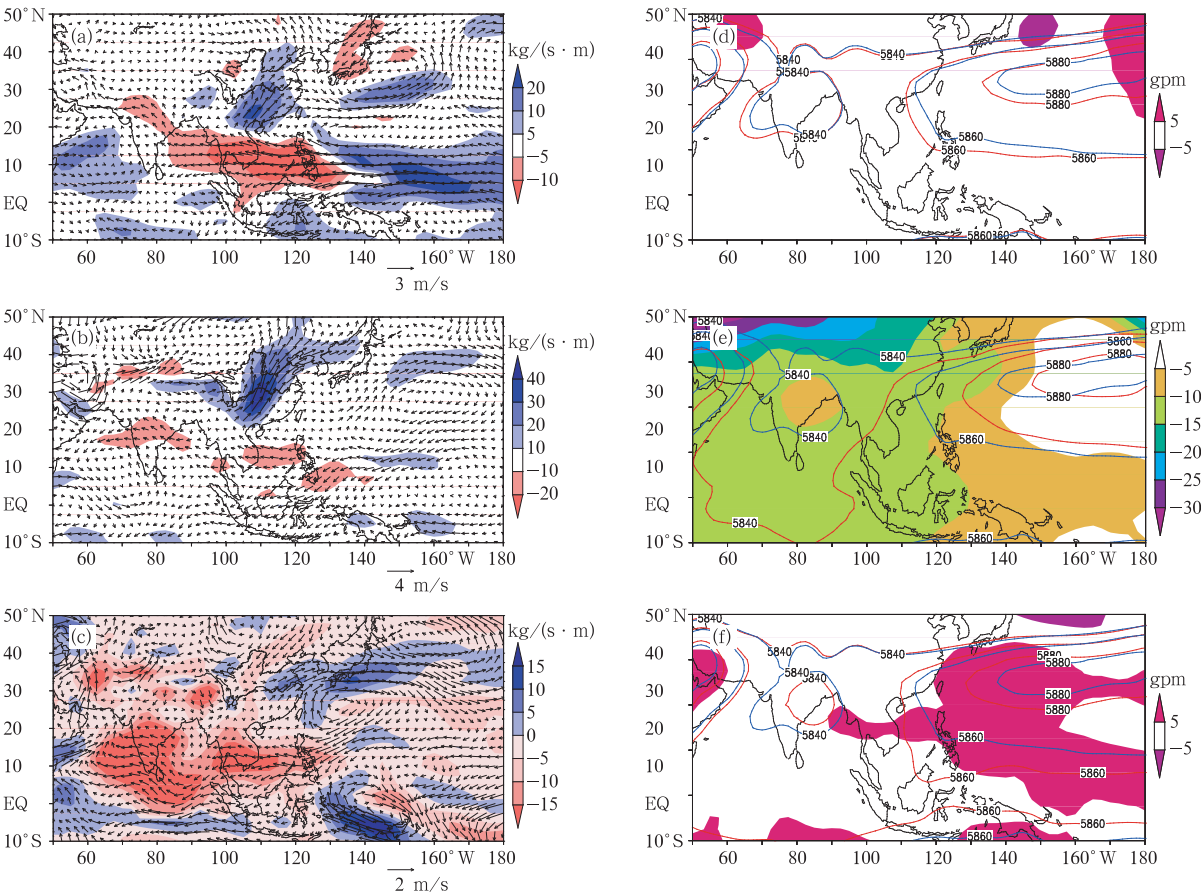


图 9 厄尔尼诺次年夏季合成的 850 hPa(a,b,c)风场距平(矢量)和水汽输送距平(阴影区)

以及 500 hPa(d,e,f)位势高度场(等值线)和距平(阴影区)分布

(a,d. 东部型,b,e. 混合型,c,f. 中部型;右图中红色等值线为合成结果,蓝色等值线为 1971—2000 年的气候值)

Fig.9 Composite 850 hPa (a, b, c) wind anomalies (vectors) and water vapor transport anomalies (shdngs), and 500 hPa (d, e, f) geopotential height (contours) and anomalies fields (shadings)

(a and d for EP El Niño, b and e for mixed El Niño, c and f for CP El Niño; red contours in the right panel for composite, and blue contours for the climate averaged over 1971–2000)

国华南的降水偏多。

中部型厄尔尼诺,其次年夏季中国长江和黄河之间降水偏多的可能性较大,而黄河以北和长江以南大部分地区降水偏多的可能性较小(图 8c),它非常类似于 II 类雨型的分布特征。在 850 hPa,中国东北至华北一带为东北风距平控制,而长江中下游地区为西南风距平控制,在中国东部沿海为一异常反气旋控制,这样的环流特征不仅使得江淮流域为低层风场的辐合区,而且有利于西太平洋水汽在江淮流域的汇合(图 9c),从而有利于中国江淮地区的降水偏多;同时在 500 hPa,西太平洋副热带高压明显偏强偏西,脊线位置明显偏北(图 9e),比东部型对应的副高情况更加显著,因此主要的雨带也比东部型偏北,主要分布在长江和黄河之间的淮河流域。这里西太平洋副高的异常情况与已有的研究结论一致(Zhang, et al, 1999)。

由此可见,不同分布型厄尔尼诺所对应的次年夏季中国主要雨带的分布可能会完全不同,东部型、中部型和混合型的厄尔尼诺恰好分别对应了次年夏季中国可能出现典型的 III 类、II 类和 I 类雨型,这对于中国汛期气候预测必将有着重要的指示意义。

6 结论及讨论

利用 1951—2009 年多种大气和海洋资料,根据厄尔尼诺事件发展达到盛期时海温距平的分布特点,将 1950 年以来的厄尔尼诺事件分为东部型、中部型和混合型,并重点分析了不同分布型厄尔尼诺事件的海温演变特征及其对应的热带大气的响应情况,最后进一步探讨了不同分布型厄尔尼诺对次年夏季中国降水的可能影响。主要得出以下结论:(1) 由于海温最大正距平所在的区域不同,热带大气对不同分布型厄尔尼诺事件的响应也表现出显著的差异。中部型厄尔尼诺在达到峰值时其上空的异常对流活动和异常上升运动比混合型和东部型厄尔尼诺都相对较弱。东部型和混合型厄尔尼诺都可能使得赤道太平洋上空形成一个异常的反沃克环流圈,异常的上升支在赤道中东太平洋,异常的下沉支在暖池附近。但受中部型厄尔尼诺的影响,在赤道印度洋—太平洋上空会形成两个异常的反沃克环流圈,共同的下沉支位于暖池区上空,而赤道太平洋上空

的上升支比东部型和混合型对应的上升支明显偏西,主要位于日界线附近上空。(2) 在不同分布型厄尔尼诺的次年夏季,通过影响 850 hPa 风场、水汽输送及 500 hPa 西太平洋副热带高压系统,东部型、中部型及混合型厄尔尼诺可能分别导致中国雨带呈现南方型(III 类)、中间型(II 类)和北方型(I 类)雨型的分布特点。

需要指出的是,目前有关不同分布型厄尔尼诺事件的划分标准还没有一个统一的客观方法,本文所用的方法主要是参考 Kug 等(2009)的工作。因此,较为客观的划分标准可能将成为下一步工作的重点。

参考文献

- 陈文. 2002. El Niño 和 La Nina 事件对东亚冬、夏季风循环的影响. 大气科学, 26:595-610
- 符淙斌. 1985. El Niño 时期赤道增暖的两种类型. 科学通报, 30 (8): 596-599
- 符淙斌, 腾星林. 1988. 我国夏季的气候异常与埃尔尼诺/南方涛动现象的关系. 大气科学, 12(特刊): 133-141
- 高辉, 王永光. 2007. ENSO 对中国夏季降水可预测性变化的研究. 气象学报, 65 (1): 131-137
- 金祖辉, 陶诗言. 1999. ENSO 循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究. 大气科学, 23 (6): 663-672
- 李崇银. 2000. 气候动力学引论. 北京: 气象出版社, 240-260
- 李晓燕, 翟盘茂. 2000. ENSO 事件指数与指标研究. 气象学报, 58 (1): 102-10
- 林学椿, 于淑秋. 1993. 厄尔尼诺与我国汛期降水. 气象学报, 51 (4): 434-441
- 臧恒范, 王绍武. 1991. 1854—1987 年期间的埃尔尼诺与反埃尔尼诺事件. 海洋学报, 13 (1): 26-34
- 翟盘茂, 李晓燕, 任福民. 2003. 厄尔尼诺. 北京: 气象出版社, 1-21
- 张志华, 黄刚. 2008. 不同类型 El Niño 事件及其与我国夏季气候异常的关系. 南京气象学院学报, 31 (6): 782-789
- 赵汉光, 张先恭, 丁一汇. 1988. 厄尔尼诺与我国气候异常. 长期天气预报研究通讯, 第 8805 号(总第 43 期): 21-42
- 宗海峰, 陈烈庭, 张庆云. 2010. ENSO 与中国夏季降水年际变化关系的不稳定性特征. 大气科学, 34 (1): 184-192
- Ashok K, Behera S K, Rao S A, et al. 2007. El Niño Modoki and its possible teleconnection. J Geophys Res, 112: C11007, doi: 10. 1029/2006JC003798
- Fu C B, Diaz H, Fletcher J. 1986. Characteristics of the response of sea surface temperature in the central Pacific associated with the warm episodes of the Southern Oscillation. Mon Wea Rev, 114: 1716-1738

- Gemmer M, Becker S, Jiang T. 2004. Observed monthly precipitation trends in China 1951–2002. *Theor Appl Climatol*, 77: 39–45
- Huang R H, Wu Y F. 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism. *Adv Atmos Sci*, 6: 21–32
- Kao H Y, Yu J Y. 2009. Contrasting eastern-Pacific and central-Pacific types of ENSO. *J Climate*, 22: 615–632
- Kistler R, Kalnay E, Collins W, et al. 2001. The NCEP-NCAR 50-year reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation. *Bull Amer Meteor Soc*, 82: 247–268
- Kug J S, Jin F F, An S I. 2009. Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. *J Climate*, 22: 1499–1515
- Larkin N K, Harrison D E. 2005. Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter. *Geophys Res Lett*, 32: L13705, doi: 10.1029/2005GL022738
- Liebmann B, Smith C A. 1996. Description of a complete (interpolated) outgoing longwave radiation dataset. *Bull Amer Meteor Soc*, 77: 1275–1277
- Rasmusson E M, Wallace J M. 1983. Meteorological aspects of El Niño/Southern Oscillation. *Science*, 222: 1195–1202
- Reynolds R W, Rayner N A, Smith T M, et al. 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J Climate*, 15: 1609–1625
- Wang B. 1995. Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades. *J Climate*, 8: 267–285
- Wang B, Wu R, Fu X. 2000. Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? *J Climate*, 13: 1517–1536
- Weng H Y, Ashok K, Behera S K, et al. 2007. Impacts of recent El Niño Modoki on dry/wet conditions in the Pacific Rim during boreal summer. *Climate Dyn*, 29: 113–129
- Yeh S W, Kug J S, Dewitte B, et al. 2009. El Niño in a changing climate. *Nature*, 461: 511–514
- Zhang R, Sumi A, Kimoto M. 1996. Impact of El Niño on the East Asian monsoon: A diagnostic study of the '86/87 and '91/92 events. *J Meteor Soc Japan*, 74: 49–62
- Zhang R, Sumi A, Kimoto M. 1999. A diagnostic study of the impact of El Niño on the precipitation in China. *Adv Atmos Sci*, 16: 229–241