

ENSO 事件对我国季节降水和 温度的影响

刘永强 丁一汇

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

对近 40 年来 ENSO 当年和次年我国季节降水和温度异常进行了合成分析和信度检验。结果表明, ENSO 当年我国以少雨、低温为主, 次年则相反。降水和温度异常季节变化也基本呈相反趋势, 长江中下游地区显著降水异常并不发生在夏季, 而在 ENSO 当年春、秋季和次年春季; 东北地区最显著的低温也不在夏季, 而在 ENSO 当年秋季至次年春季。根据本文结果对目前 ENSO 影响研究中的有关问题提出了看法。

关键词: ENSO; 降水和温度异常; 季节变化; 合成分析。

一、引 言

ENSO 事件通常在春季开始形成, 年底发展到盛期, 此后逐渐衰减, 持续约一年时间。伴随着这一过程, 我国天气气候异常的特征也不断变化。以往 ENSO 对我国天气气候影响的研究多集中在夏季降水及温度异常, 这对于了解我国重要的一些气象灾害(如长江流域和华北夏季旱涝, 东北夏季低温冷害等)的成因无疑是十分必要的。如果在此基础上进一步研究 ENSO 与其他季节我国天气气候异常的联系, 则可对 ENSO 影响的整个过程有一较清晰的认识, 同时也可了解我国其他一些气象灾害(如华北春旱、南方春季低温阴雨等)与 ENSO 是否有一定的联系。

降水和温度异常变化之间的对应关系也是天气气候异常的一个重要特征, 它对于了解 ENSO 影响的性质和天气气候变化的局地特征有一定的意义。过去有关 ENSO 影响的研究对此注意不多。

ENSO 是影响我国夏季降水的主要因子之一。许多观测研究已建立了两者之间的一些联系。然而, ENSO 的影响由于其性质(包括 ENSO 的强度、出现的时间和地点、发展阶段等)的不同而可能存在明显的差异, 加上其他影响因子的干扰, 难以仅根据 ENSO 信号就能对我国汛期降水异常作出较为满意的预测。为此, 有必要对 ENSO 的影响进行信度检验, 以确定 ENSO 造成的降水和温度异常在哪些季节、哪些区域具有一定程度的统计意义。

本文将在以往研究的基础上, 对 ENSO 导致的我国不同季节降水和温度异常的分

布特征和变化过程, 降水异常和温度异常之间的联系, 异常显著区等作进一步的探讨。

二、方法和资料

根据近 40 年来 10 次 ENSO 事件 (1951、1953、1957、1963、1965、1969、1972、1976、1982 和 1986 年) 分别进行 ENSO 当年和次年逐季降水和温度合成分析。降水和温度为 1951 至 1990 年我国 160 个气象站观测资料 (测站分布见图 1)。

合成分析的信度根据

$$t = [(M - m) / s] \sqrt{n - 1}, \quad (1)$$

进行检验。这里 t 为服从自由度为 $(n-1)$ 的 t 分布随机变量, n 为 ENSO 事件次数, M 和 S 分别为 n 次 ENSO 事件合成分析时某一季降水或温度均值和标准差, m 为相应的降水或气温序列母体均值 (以 40 年均值近似表示)。

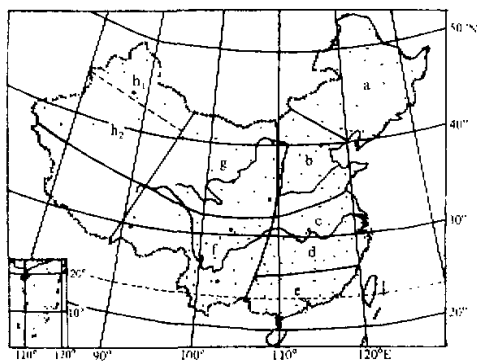


图 1 测站分布和分区

三、结 果

1. 降水异常

图 2 和图 3 分别为 ENSO 事件出现年 (即当年) 和次年季降水相对距平百分率。

从图中可以看出降水异常的一个基本特点则以偏多为主。ENSO 当年冬、春、夏季全国绝大部分地区降水为负距平, 秋季负距平的范围也在一半以上。从 ENSO 次年冬季开始, 转为全国以多雨为主, 春、夏季维持这一分布特征, 秋季负距平范围扩大, 但仍未超过正距平区的范围。

ENSO 当年各季降水距平之间的差异, 除了偏少的范围和强度外, 一个明显的特征是降水偏多区的区域不同。冬季多雨区在西北地区东部和华北, 春季移致华北南部, 夏季又移致黄河下游和江淮地区, 秋季长江以南为大范围多雨区。可见多雨区具有从西北向南或东南方向移动的特征。到了次年冬季, 原 ENSO 当年秋季北方大范围负距平区已收缩至西北地区东部、华北及东北部分地区, 而西北部分地区已由少雨转为多雨。春季该负距平区继续向东南方向移动, 且范围变得很小。这时, 除西南和东北部分地区外, 全国已形成多雨的异常降水型。夏季江淮为负距平区, 秋季长江以南普遍为少雨区。上述负距平区移动方向似乎与 ENSO 当年距平移动方向类似, 但不如后者清楚。

图 2c 和图 3c 所示的夏季异常降水型与过去一些研究所得结果基本一致。从图中可

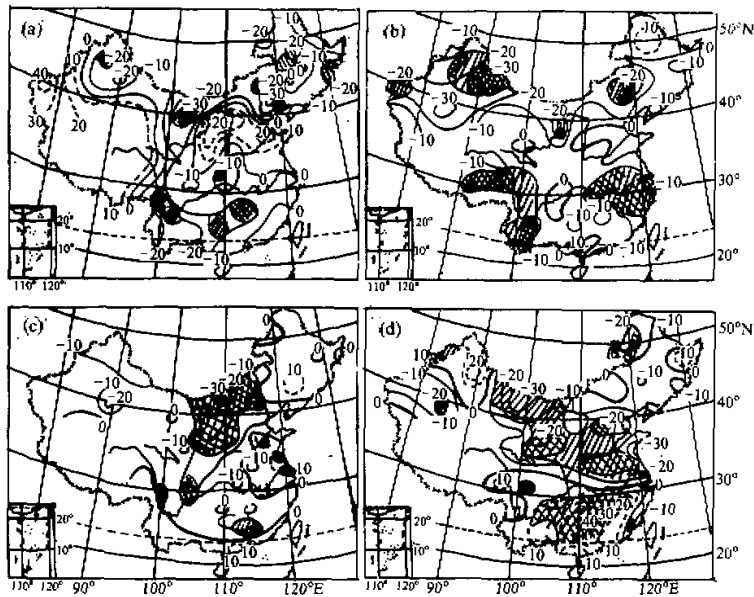


图 2 ENSO 当年降水异常相对百分率分布

(a)~(d)依次为冬、春、夏、秋季,粗实线为 0 线,细实线和虚线分别为负值和正值,间隔为 10%,斜线和交叉线分别为达到 0.1 和 0.05 的区域

以看出, ENSO 当年夏季全国降水以偏少为主, 其中西北和华北地区北部偏少量明显, 达到 -10% 至 -30% 。东北、江淮和黄河下游, 华南沿海及西南部分地区多雨。但强度不大 (通常不到 10%)。 ENSO 次年夏季降水异常分布几乎完全相反, 只不过异常强度偏弱。上述 ENSO 当年和次年夏季降水异常型分别与 ENSO 发展位相和减弱位相赤道东太平洋海温与我国汛期降水之间相关系数分布型类似^[1], 分别与张先恭等定义的我国第 II、I 类型降水异常对应^[2]。若按陈菊英等划分的我国汛期降水异常型^[3], 则分别近似于淮河类雨带和两支 B 类雨带。

2. 温度异常

图 4 和图 5 是与图 2 和图 3 对应的温度异常合成结果, 图中数值为温度距平值, 单位为 0.1°C 。

ENSO 当年以全国大范围低温为主要特征, 尤以冬季最为明显。冬季除东北地区北部和新疆南部有弱增暖外, 其余地区均偏冷, 其中江淮、华北、东北地区南部和新疆西北部程度最强。春、夏季偏冷程度减弱, 且从新疆至西北地区, 长江流域等部分地区已转为偏暖, 秋季除新疆外, 从华北地区南部至华南大部分地区也为偏暖区, 但强度较弱, 而东北和西南的偏冷程度很强。

ENSO 次年除夏季外, 其他季节全国大部分地区以偏暖为主。冬季为一暖冬。不

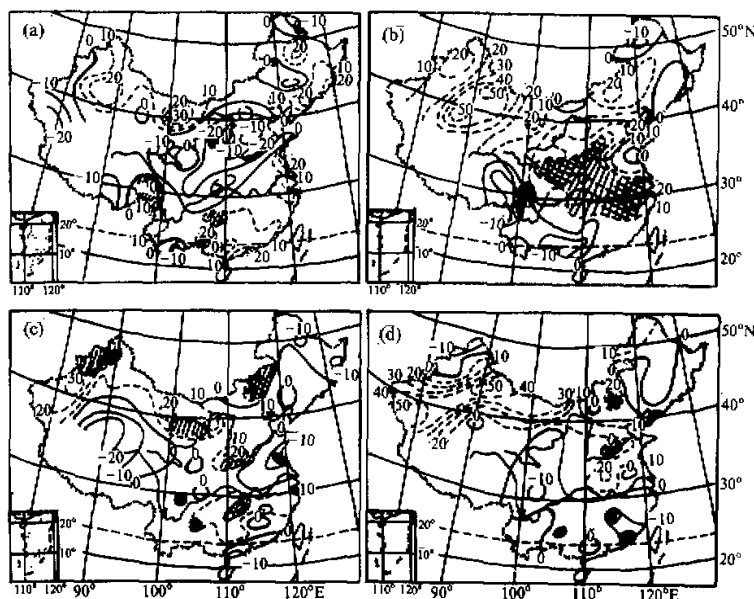


图3 ENSO 次年降水异常相对百分率分布

说明同图2

过并不很强。春季西南地区偏暖程度明显加强,而华北和新疆低温有所发展。夏季低温区南移,我国东部地区以低温为主,其中长江中下游和黄河中上游为显著降温区。秋季则出现相反变化,东部又以正距平为主。

可见与降水异常一样,ENSO 当年和次年温度异常也有明显的差异。不过这两年夏季气温均以偏低为主,这与夏季降水异常几乎相反的特征不同。

温度异常的另一特征值得一提。过去一些研究已表明,ENSO 事件易导致我国东北夏季低温冷害的出现^[4]。从这里的结果还可以进一步看出,除了夏季外,ENSO 当年和次年东北地区几乎一直以低温为主(次年秋季是个例外,该季东北地区南部显著偏暖)。此外,最明显的低温并不出现在夏季,而是在 ENSO 当年夏季和次年夏季之间的 3 个季节,即 ENSO 当年秋季,次年冬季和春季。

3. 季降水和温度距平变化趋势之间的联系

将全国分为 8 个区(见图 1):东北、华北、江淮、江南、华南、西南、西北和新疆,依次记为 a 至 h。图 6 为每个区一个测站(大致位于区域中部)季节降水距平(实线)和温度距平(虚线)值随时间变化的趋势(8 个测站依次为长春、德州、蚌埠、南昌、梧州、西昌、兰州和乌鲁木齐(见图 1 中带黑圈的测站)。达到 0.1 信度部分已用斜线标出。从图中可以看出,除长春外,其他 7 个测站的季降水距平和温度距平随时间近似呈反位相变化。换言之,从变化趋势来说,ENSO 期间我国大部分地区呈降水

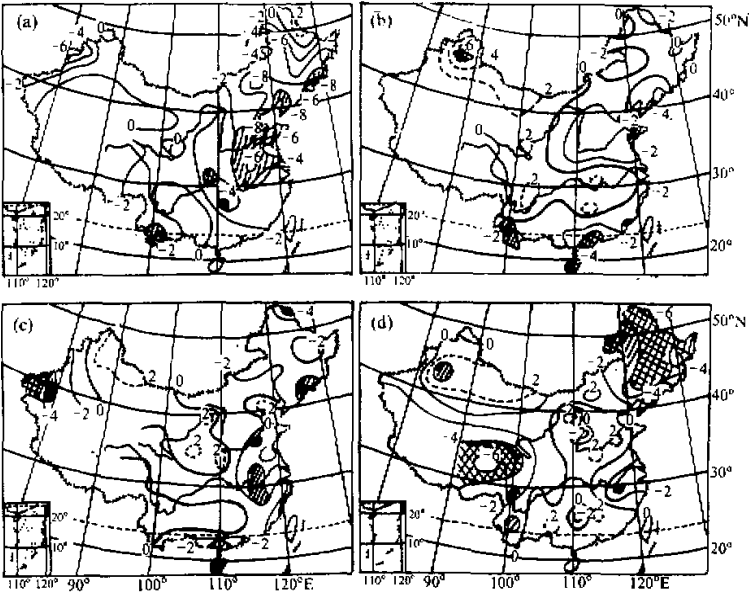


图 4 ENSO 当年温度异常分布
0.1℃, 说明同图 2

增加、气温变低趋势, 或降水减少、气温增加趋势。

然而, 某个季节降水距平和温度距平符号却可能相同, 也可能相反。表 1 为每个季节各区降水和温度距平符号表 (h_1 和 h_2 分别为新疆北部和南部)。其中 P 和 T 分别为降水和温度距平, “0”表示区域正、负距平范围及强度大致相当。可见 ENSO 当年和次年 8 个季节降水距平与温度距平同号数为 27 次, 异号数为 30 次, 两者相当。这表明就

表 1 ENSO 当年和次年各区域季降水和温度距平符号

区域	ENSO 当年								ENSO 次年							
	冬		春		夏		秋		冬		春		夏		秋	
	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
a	-	-	-	-	+	-	-	(-)	+	(-)	+	(-)	-	-	-	(+)
b	+	(-)	+	-	(-)	-	(-)	+	-	+	(+)	-	+	(-)	+	0
c	-	(-)	(-)	-	+	-	(-)	0	+	+	(+)	0	-	(-)	-	+
d	-	-	(-)	+	-	-	(+)	-	+	+	(+)	+	+	(-)	-	+
e	0	-	-	-	0	-	+	+	+	+	0	(+)	+	0	-	0
f	-	-	(-)	0	-	0	+	(-)	+	+	-	(+)	+	0	-	+
g	0	-	-	0	(-)	+	(-)	+	0	+	(+)	+	+	-	+	+
h_1	-	-	(-)	+	-	+	+	+	+	+	+	(-)	+	-	+	-
h_2	+	-	-	+	-	(-)	-	-	-	+	+	-	0	+	+	-

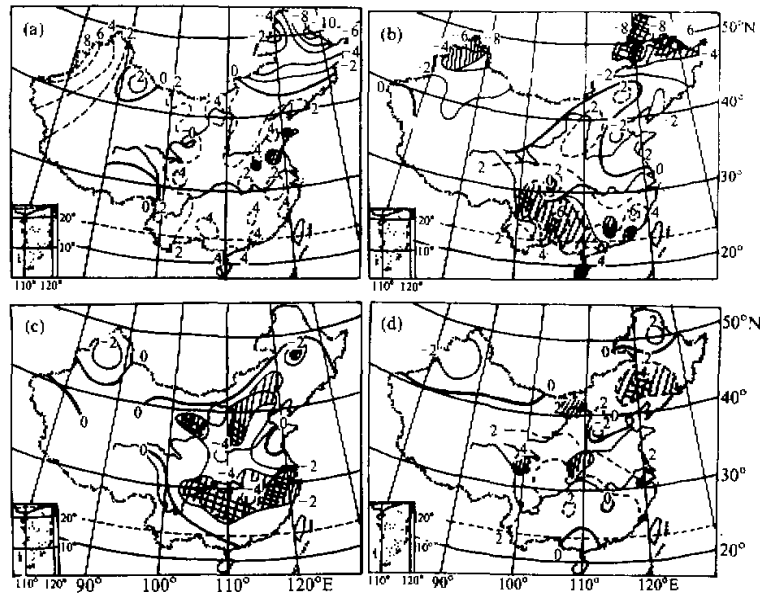


图 5 ENSO 次年温度异常分布
0.1℃, 说明同图 2

全国各季节平均而言, 季降水异常与温度异常符号之间不存在明确的对应关系。

不过, 如果单独考虑气候环境较干的华北、西北和新疆 3 区, 则异号数多于同号数 (两者之比为 16/6), 其余 5 区相应的比值为 12/22。可见较干气候环境中出现降水和温度距平相反的可能性较大, 而较湿环境中出现降水和温度距平相同的可能性较小。这一差异意味着干、湿气候区降水和温度变化之间相互作用的机理可能不同。

4. 信度检验

从图 2 至图 5 标出的到达 0.1 信度的降水和温度显著异常区 (斜线及交叉线部分) 的分布可以看出以下几个基本特征。首先, 除了个别季节天气异常 (如 ENSO 当年秋季降水异常) 全国大部分地区均较为显著外, ENSO 的影响只在某些区域 (如 ENSO 当年夏季西北地区降水异常) 较为显著, 而大部分地区异常达不到 0.1 的信度水平。其次, 在前面提到的我国几种主要的气象灾害中, 东北低温与 ENSO 关系较为密切, 华北、江淮和江南地区汛期旱、涝与 ENSO 也有一定的联系, 而华北春旱、南方春季低温阴雨天气与 ENSO 关系不大。此外, ENSO 当年冬、春、夏季几乎不存在显著多雨区, 而 ENSO 当年 4 季不存在显著增暖区。ENSO 次年降水异常显著区则以多雨区为主, 而显著增暖区和变冷区均存在。

表 1 以括号的形式列出了出现显著降水和温度异常的季节和区域。

四、讨 论

(1) ENSO 与我国长江中下游地区汛期降水之间的联系是 ENSO 影响研究的一个重要内容。对此已进行了广泛的研究并提到了许多有意义的结果^[5]。不过有些研究结果之间存在一定的差异。例如,符淙斌^[6]认为 ENSO 当年长江中下游地区夏季风时期(6至8月)降水偏少,而陈菊英^[7]则认为该地区(长江中下游至江淮地区)夏季(6至8月)是多雨中心区。许多因素能够导致上述差异的产生。从这里的结果似乎可以提出两个可能的因素。其一, ENSO 当年和次年夏季长江中下游地区(包括江淮和江南区域)降水异常的信度都不高(大部分地区未达到 0.1 信度)。因此,如果研究中选取的 ENSO 样本和降水资料有所不同,所得结果就可能有所差异。其二,无论是 ENSO 当年还是次年,长江中下游地区夏季降水异常的分布大致以长江为界,江南和江淮之间几乎相反。因此,将长江中下游地区作为一个整体考虑与分别讨论江淮和江南的降水异常就有可能得出不同(甚至相反)的结果。

不过,无论长江中下游地区汛期降水如何,我国大范围的降水异常与东亚季风的变化是一致的^[8],这就是 ENSO 当年全国以降水负距平为主。

(2) 过去的研究指出了 ENSO 与我国东北地区温度之间相互联系的两个方面的意义。一是由 ENSO 信号预测东北冷夏^[4],二是东北冬季偏冷可能是 ENSO 出现的征兆之一^[9]。这里的结果证实了 ENSO 当年冷冬和冷夏的存在。不过有两点差异。一是 ENSO 当年秋季至次年春季东北低温比夏季低温更显著,因而预报的统计意义更大;二是 ENSO 当年冬季低温最显著的信号不在东北,而在华北和江淮区域,因而后一地

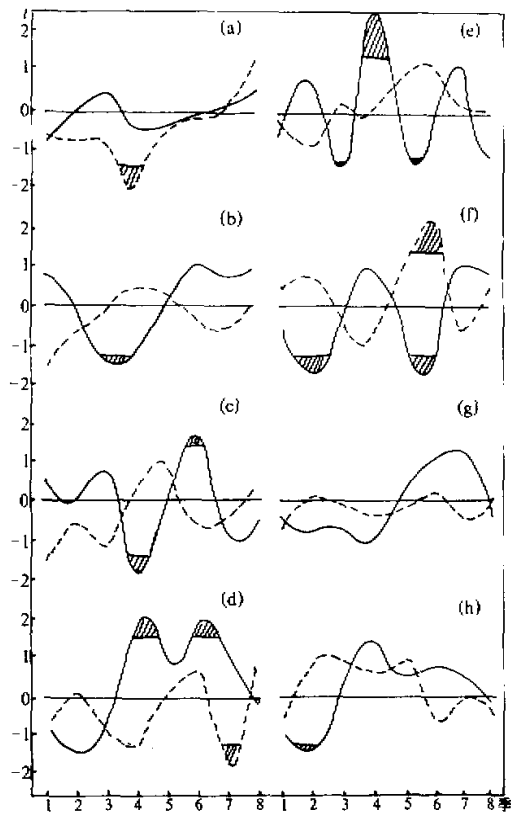


图 6 ENSO 当年和次年各区域降水和温度异常的季节变化趋势

实线和虚线分别为降水和温度距平,斜线区达到 0.1 信度

季节 1 至 8 依次表示当年 4 季和次年 4 季

区寒冬对于预兆 ENSO 的出现也许是更为理想的指标。

此外, 本文还得到另一个对预测 ENSO 影响有一定意义的关系, 这就是降水和温度异常的季节变化趋势几乎相反。

(3) 尽管 ENSO 是影响我国长江流域和华北汛期降水的主要因子之一, 有些研究还进一步建立了不同类型 ENSO 与这些地区汛期降水异常之间的联系, 但由于信度不高, 因而仅仅根据 ENSO 信号难以作出较准确的预测。

(4) 目前已有的一些物理机制的设想, 主要从低纬状况(如西北太平洋副高、赤道暖池等)变化的过程解释 ENSO 期间我国汛期天气气候异常。从这里的结果可知, 除了夏季外, 其他季节的天气气候也受 ENSO 的影响。可以认为不同季节异常产生的机制可能有所不同。例如, 冬季天气气候异常可能与中高纬大气状况的变化关系更为密切。为此有必要进一步研究 ENSO 与东亚中高纬环流变化之间的联系。

不同季节天气气候异常之间除了存在一定程度的差异外, 也有着内在的联系。实际上, 不同季节异常型往往与某种异常区(如 ENSO 当年降水正距平区、ENSO 次年降水负距平区等)的不断移动有关。此外, 无论哪个季节, 全国大部分地区降水异常和温度异常的季节变化趋势是类似的(即近似呈反位相变化)。不同季节异常之间的相互联系意味着, 为了全面地了解 ENSO 对我国各季天气气候的影响, 似有必要从整体上考虑 ENSO 与低纬和中、高纬环流的关系及其变化的物理过程。

五、结 语

本文主要结果可归纳如下:

(1) ENSO 当年我国大范围天气气候异常以少雨、偏冷为基本特征, 次年几乎与之相反。

(2) ENSO 导致的降水异常和温度异常的季节变化趋势几乎反相。

(3) ENSO 导致的长江中下游降水异常在汛期并不显著, 而在当年春、秋季和次年春季却较为显著; 东北地区最显著的低温异常也不发生在夏季, 而在 ENSO 当年秋季至次年春季。

我国季降水和温度异常是许多因子共同作用的结果, 只有当 ENSO 样本足够多时, 才能较好地地区分出 ENSO 的影响。因此, 采用更长 ENSO 序列及相应的我国降水和温度资料是增加结果可信度的途径之一。

ENSO 与我国气候异常关系的复杂性还由于 ENSO 本身的类型有显著不同。根据海表温度最先出现地区划分, 可有 3 种类型的厄尔尼诺事件。由于每种类型厄尔尼诺对应不同的海温分布, 对大气环流的影响以及相应的遥相关过程可能也不同, 这是必须考虑的一个因素。由于本文只有 10 次个例, 如果分类研究, 将会因样本数减少而缺乏代表性, 对于更长的序列, 应对不同类型的 ENSO 分类进行合成, 分析其对中国气候异常的影响。

参 考 文 献

- [1] Huang Ronghui and Wu Yifang, 1987, The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism, Proceedings in Japan-U.S. Workshop on the ENSO Phenomenon, Tokyo.
- [2] 张先恭、赵汉光, 1986, 1986—1987 年的厄尔尼诺及厄尔尼诺对中国夏季雨带和演变的影响, *气象*, 14, No.4, 3—7.
- [3] 陈菊英、罗勇, 1990, 中国夏季雨带和旱涝的分类及超长期预测, 全国减轻自然灾害研讨会论文集, 中国科学技术出版社, 178—185.
- [4] Wang Shaowu, 1984, El Nino and summer temperatures in Northeast China, 1860—1980, *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 25, No.4.
- [5] Liu Yongqiang and Ding Yihui, 1992, Influence of El Nino on weather and Climate in China, *Acta Meteor. Sinica*, 6, No.6, 117—131.
- [6] 符添斌、滕星林, 1988, 我国夏季的气候异常与厄尔尼诺/南方涛动现象的关系, *大气科学 (特刊)*, 133—141.
- [7] 陈菊英, 中国春夏降水与厄尔尼诺的互相关分析及对 1986—1987 年厄尔尼诺的预测效果检验, 长期天气预报论文集, 气象出版社, 174—181.
- [8] Fu C.B. and Fan H.J., 1983, Proceedings of the 8th annual climate diagnostic workshop, Toronto, 169—186.
- [9] Li Chogyin, 1989, Frequent activities of stronger troughs in East Asia in wintertime and the occurrence of the El Nino event, *Science in China, Series B*, 32, 976—985.

Reappraisal of the Influence of ENSO Events on Seasonal Precipitation and Temperature in China

Liu Yongqiang and Ding Yihui

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

This paper describes the composite analyses of seasonal precipitation and temperature in China during ENSO events in last 40 years and test of confidence level. It is shown that both the rainfall and temperature are lower than normal on the whole in the ENSO year and almost opposite anomalies occur in the following year in most part of China. The seasonal rainfall and temperature departures evolve with almost opposite phases. The seasonal rainfall anomalies in the middle and lower reaches of the Yangtze River with certain level of statistical confidence occur in spring and autumn of the ENSO year and in spring of the following year, rather than in springs of both year. The most significant cooling in Northeast China also appears in autumn of the ENSO year through spring of the following year, rather than in the summers. Finally, some results on ENSO influence previously obtained are reappraised based on the present analyses.

Key words: ENSO; precipitation and temperature anomaly; seasonal variation; composite analysis.