

El Niño 和 La Niña 事件对东亚 冬、夏季风循环的影响*

陈文

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

P425 A

摘 要 通过合成的 El Niño 和 La Niña 的分析发现, 一般一个 El Niño 或 La Niña 事件大致可以分成爆发前的冬季、发展期的夏季、盛期时的冬季和衰亡期的夏季四个阶段。在此基础上利用 NCEP 再分析环流资料和中国降水资料分析了东亚冬、夏季风对 El Niño 和 La Niña 的响应, 结果发现, El Niño 和 La Niña 事件显著地影响了东亚冬、夏季风的循环。El Niño 爆发前的冬季在东亚地区往往有异常强的北风; El Niño 发展期的夏季, 西太平洋副热带高压偏弱, 同时影响我国的西南气流偏弱, 从而江淮地区和南方沿海地区多雨, 长江中游和华北地区少雨; El Niño 盛期的冬季东亚地区则出现异常的南风; 而 El Niño 衰亡期的夏季, 西太平洋副热带高压偏强, 同时影响我国的西南气流偏强, 从而江淮地区少雨, 华北、东北以及洞庭湖、鄱阳湖地区多雨。La Niña 对东亚冬、夏季风循环的影响则与 El Niño 大致相反, 但它的影响不如 El Niño 的影响显著。对强、弱东亚冬季风后的夏季中国降水异常的分析则表明, 正是由于与 El Niño 或 La Niña 事件有关的海温异常对东亚冬、夏季风循环的影响才导致了东亚冬季风与随后的夏季风存在着紧密的联系; 当冬季风异常不是由与 El Niño 或 La Niña 事件有关的海温异常所引起时, 两者之间就缺少显著的联系。

关键词: El Niño; La Niña; 东亚冬季风; 东亚夏季风; 季风循环

1 引言

亚洲冬、夏季风环流是全球大气环流系统的重要组成部分, 它们都具有明显的年际变化^[1]。特别是东亚季风的年际变化与我国的严重气候灾害有直接的联系, 异常的季风变化会产生严重的旱涝灾害, 造成很大的经济损失。El Niño / Southern Oscillation (ENSO) 是热带地区年际变化的一个强信号, 但它的影响是全球性的。对东亚夏季风而言, 符淙斌和滕星林^[2]、黄荣辉等^[3]和张人禾等^[4]都指出东亚夏季风降水异常可能与 ENSO 循环的阶段有关, 在 El Niño 发展阶段, 我国江淮流域常常出现洪涝灾害, 而华北地区容易出现干旱; 相反在 El Niño 衰减阶段, 我国的江淮流域易出现干旱而我国华北地区的降水可能正常或偏多, 江南地区的洞庭湖与鄱阳湖流域降水偏多, 往往发生洪涝。对于东亚冬季风, 李崇银^[5]、陶诗言和张庆云^[6]以及陈文等^[7,8]都指出东亚冬季风的年际变化与 ENSO 现象有很好的联系。El Niño 年冬季往往伴随着弱的东亚冬季风, La Niña 冬季则常常出现强的东亚冬季风, 而且在 El Niño 爆发前的冬季往往也有异常

2000-11-06 收到, 2001-02-12 收到修改稿

* 国家重点基础研究发展规划项目 G1998040900 第 I 部分资助

的东亚冬季风。但是已有的部分研究由于个例的稀少而缺乏统计上的显著性检验,而且由于 El Niño 或 La Niña 事件往往持续超过 1 年,因此东亚冬、夏季风对 El Niño 和 La Niña 事件的响应应该联系在一起进行研究。所以本文的第一个目的就是研究东亚冬、夏季风循环的异常上揭示它们对 El Niño 和 La Niña 事件的响应,并从统计上给以显著性检验。

孙柏民和孙淑清^[9]通过分析江淮流域夏季旱、涝年的前冬的大气环流异常揭示了东亚夏季风与前面的冬季风之间的联系,进一步对强冬季风年的分析也揭示了冬季风异常可以对后期环流产生影响^[10]。陈文等^[8]则从东亚冬季风年际变化的基础上指出了冬季风与随后夏季风之间的密切关系。在强东亚冬季风后的夏季,西太平洋副高往往北移,造成长江中游、华北降水偏少以及淮河流域降水偏多,弱东亚冬季风后的夏季情况正相反。但是这种联系,特别是降水异常上的统计显著性不高^[8]。既然一个 El Niño 或 La Niña 事件常常既影响冬季风,也影响夏季风,那么分析 El Niño 和 La Niña 事件在东亚冬、夏季风之间联系的作用就成为亟待研究的问题,这也正是本文的第二个目的。

本文第 2 节将给出使用的资料及选择的 El Niño 和 La Niña 事件,东亚冬、夏季风循环对 El Niño 事件和 La Niña 事件响应的分析分别在第 3 和第 4 节给出,第 5 节将揭示 El Niño 和 La Niña 事件在东亚冬、夏季风之间联系的作用,结论在第 6 节。

2 资料及 El Niño 和 La Niña 事件的选择

本文使用的资料有:(1) NCEP 月平均海温资料,网格点为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 时间从 1958 年 1 月至 1998 年 12 月。(2) NCEP 月平均 850 hPa 风场和地表面 (10 m) 风场资料,时间从 1958 年 1 月至 1998 年 12 月。(3) 中国气象局提供的中国 160 个站的月平均降水资料,时间为 1951 年 1 月至 1998 年 12 月。

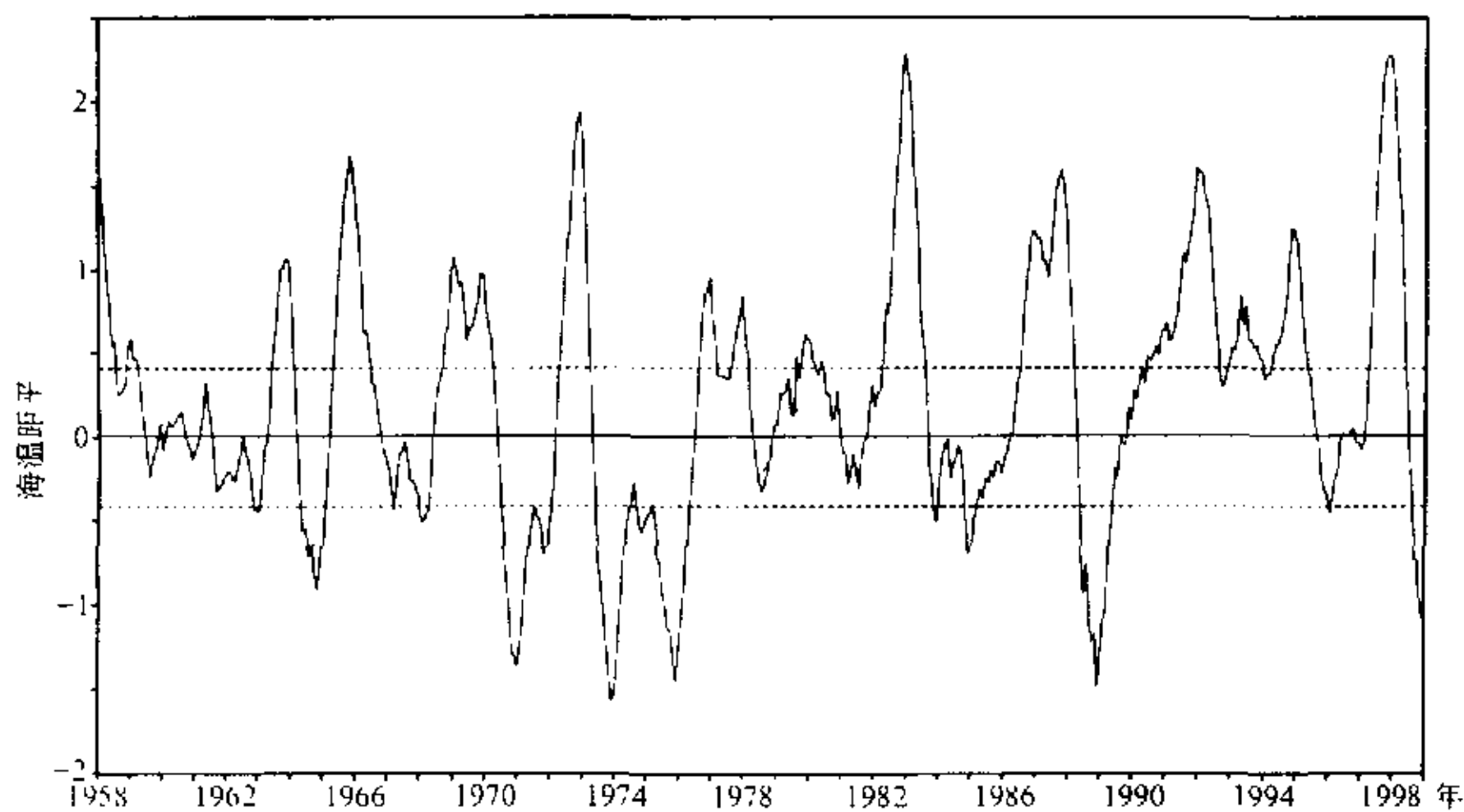


图 1 Niño 3.4 区域 5 个月滑动平均的 SST 异常值演变图 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

按照 Trenberth^[11]的定义, 如果 Niño 3.4 区域 ($5^{\circ}\text{N}\sim 5^{\circ}\text{S}$, $120\sim 170^{\circ}\text{W}$) 的海表面温度 (SST) 异常的 5 个月滑动平均超过 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 达 6 个月或以上就分别定义为 El Niño 和 La Niña。图 1 给出了 Niño 3.4 区域的月平均 SST 异常值从 1958 年 1 月至 1998 年 12 月的 5 个月滑动平均值的演变图。正如 Trenberth^[11]指出的那样, 图中几乎所有的 El Niño 事件都在北半球春季或夏季开始, 大约从 11 月到 1 月到达盛期, 由此我们可以把一个 El Niño 事件大致分成爆发前的冬季、发展期的夏季、盛期时的冬季以及衰亡期的夏季。同样与 Trenberth 的划分一样, 我们把 SST 的异常维持同样符号的 1976~1978 年和 1991~1995 年分别看成一个耦合的 El Niño 事件, 类似地把 1973~1976 年看成一个耦合的 La Niña 事件。这样定义的 El Niño 事件有 9 个, 分别是 1963~1964 年、1965~1966 年、1968~1970 年、1972~1973 年、1976~1978 年、1982~1983 年、1986~1988 年、1991~1995 年和 1997~1998 年; La Niña 事件有 5 个, 分别是 1964~1965 年、1970~1972 年、1973~1976 年、1988~1989 年和 1998~2000 年。

3. 东亚冬、夏季风循环对 El Niño 事件的响应

根据上一节对一个 El Niño 事件的不同阶段的划分, 我们首先给出了 El Niño 演变过程中冬季 (12 月~2 月平均) 和夏季 (6 月~8 月平均) 的海表温度异常值 (SSTA) 的分布。图 2a 是 El Niño 爆发前冬的 SSTA 的分布, 可以看到赤道东太平洋地区海温还为负异常, 但西太平洋暖池地区为正异常海温, 而这正是 El Niño 爆发的一个必要条件, 中国南海及台湾以东海温 SSTA 也为负异常。为了检验这些异常的统计显著性, 通过比较 El Niño 爆发前冬的 SSTA 的平均值与其余年份冬季的平均值计算了 t 检验, 图 2a 中的阴影就是统计信度超过 95% 的区域。很显然上面提到的异常 SST 分布在统计上都是显著的。图 2b 是处于 El Niño 发展阶段的夏季 SSTA 的分布。此时最显著的海温异常就是赤道东太平洋地区的正异常, 最大值达到了 1.6°C ; 而统计信度超过 95% 的区域还包括菲律宾以东的海洋直至南海的负海温异常, 根据黄荣辉和孙凤英^[12]的研究该区域海洋的热力状态及其上空的对流活动对东亚夏季风的年际变化起着重要的作用。到了 El Niño 盛期时的冬季 (见图 2c), 赤道东太平洋显著的正异常海温明显的向南、北和西部扩大, 从东海、南海直至几乎整个印度洋也为明显的正异常海温所控制, 热带西太平洋暖池区有弱的负异常海温。一般而言, El Niño 衰减的速度是比较快的 (见图 1), 到了衰亡期的夏季 (见图 2d), 赤道东太平洋已为明显的负海温异常, 西太平洋暖池区包括南海及菲律宾附近的海温为正异常。由此可见, 图 2 中热带东太平洋海温异常的演变基本上反映了一个 El Niño 事件从准备阶段到结束后的不同位相期, t 检验也证实了将 El Niño 事件分成爆发前冬、发展期夏季、盛期冬季、衰亡期夏季的可靠性。同时, El Niño 爆发前冬与 El Niño 盛期冬季的 SSTA 分布基本上是相反的, 而 El Niño 发展期的夏季与 El Niño 衰亡期的夏季 SSTA 分布也大致相反。具体而言, El Niño 爆发前冬赤道东太平洋和南海及台湾以东海洋为负海温异常, 热带西太平洋为正海温异常; El Niño 盛期冬季海温异常与此相反。El Niño 发展期的夏季, 赤道东太平洋为正海温异常, 热带西太平洋及南海附近的海温为负异常; 而 El Niño 衰亡期

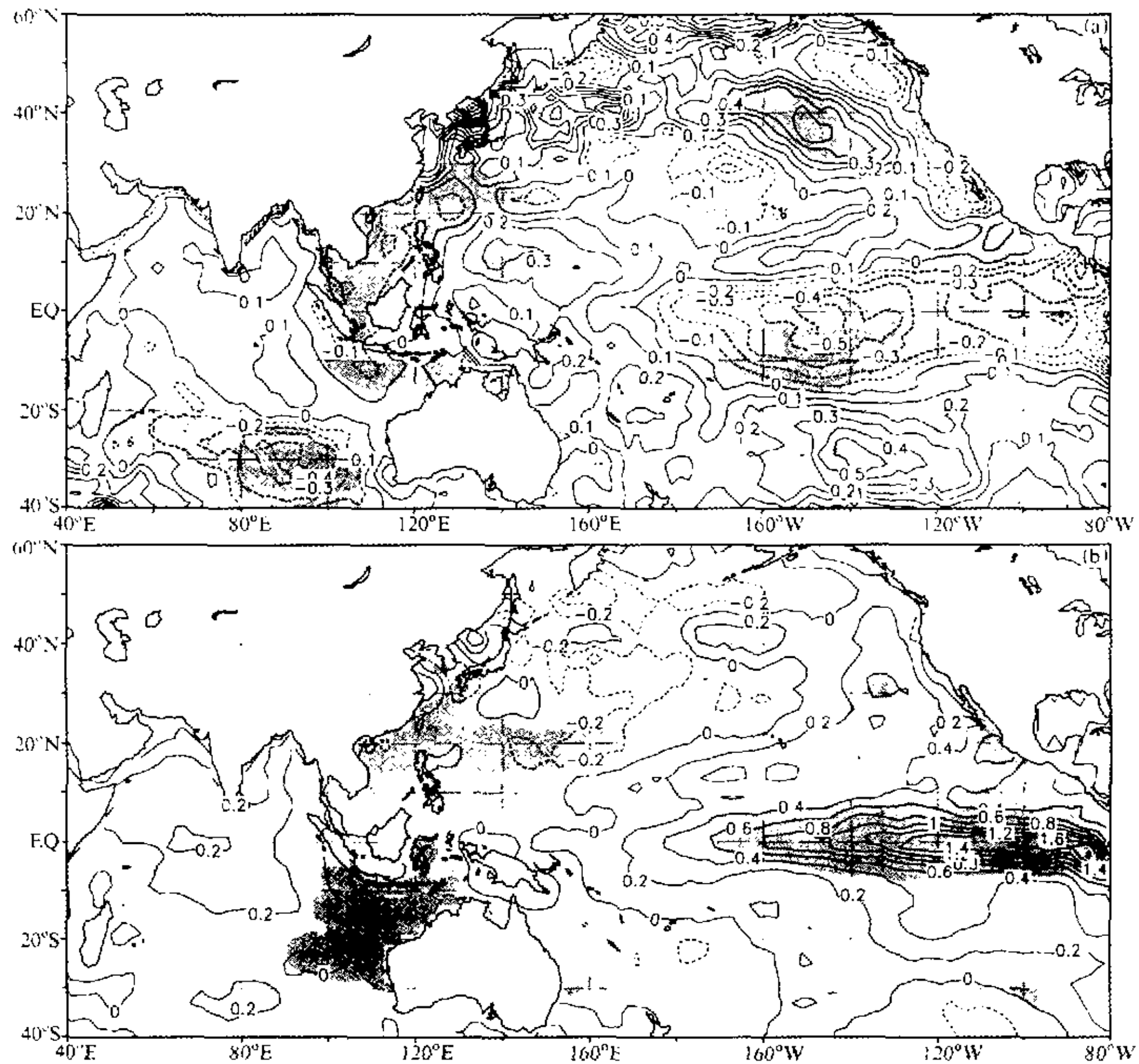


图2 合成的 El Niño 事件不同阶段中平均的 SSTA 分布 (单位: $^{\circ}\text{C}$),
阴影区表示海温异常的 t 检验超过了 95% 的统计信度
(a) 爆发前冬; (b) 发展期夏季;

的夏季与此也相反。有意思的是图 2 中合成的 El Niño 事件的不同阶段中印度洋 SSTA 的变化, 吴国雄和孟文的研究^[13]曾指出赤道印度洋和东太平洋 SST 年际变化有显著的正相关。从图 2 可以看出, 在 El Niño 事件的不同阶段中印度洋 SSTA 的变化并不完全与东太平洋 SSTA 的变化一致, 它们只是在 El Niño 的盛期冬季有显著的联系。很显然它们两者之间的关系还需要进一步的深入研究。

为了考察东亚冬、夏季风对 El Niño 事件的响应, 我们分析了 850 hPa 风场冬季 (12 月~2 月平均) 和夏季 (6 月~8 月平均) 的异常。由于纪立人等^[14]以及陈文等^[8]都采用经向风异常强度表征冬季风强弱, 因此在表征冬季风的响应时也只给出了经向风的异常。图 3 分别给出了 850 hPa 风场对 El Niño 不同位相期的异常分布。在 El Niño 爆发前冬 (见图 3a), 经向风的异常表明中国沿海至南海地区有异常的北风, 并且该异常

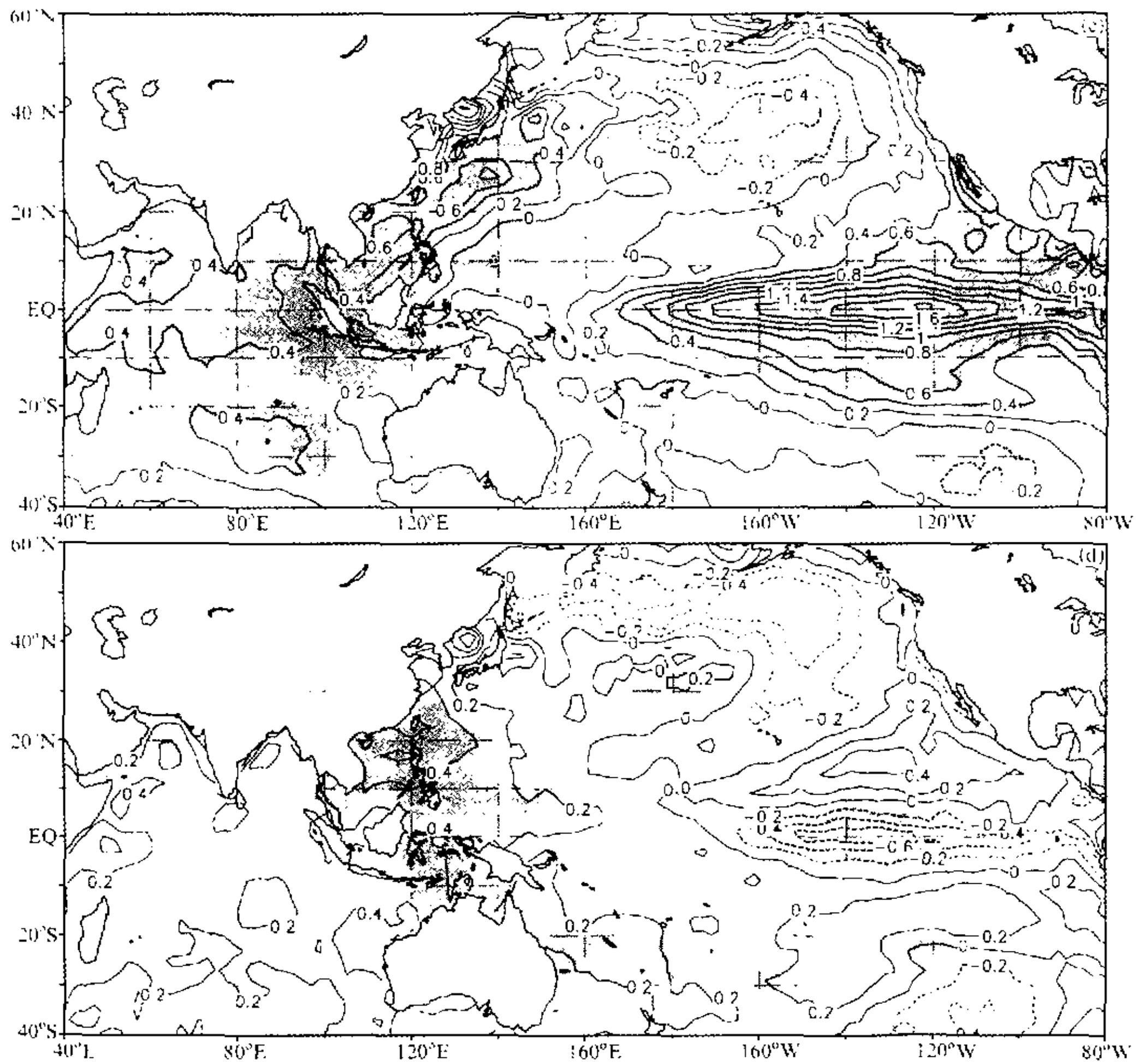


图 2 (续) 合成的 El Niño 事件不同阶段中平均的 SSTA 分布 (单位: $^{\circ}\text{C}$),
阴影区表示海温异常的 t 检验超过了 95% 的统计信度
(c) 盛期冬季; (d) 衰亡期夏季

的 t 检验超过了 95% 的信度, 从而东亚冬季风偏强。图 3b 则给出了 El Niño 发展期夏季 850 hPa 风场的异常, 阴影区表示 u 分量的异常的 t 检验超过了 95% 信度的区域, 显然西太平洋地区有异常的气旋式风场, 表明西太平洋副热带高压偏弱, 从江淮到江南的异常东北风表明影响我国的西南气流偏弱, 从而东亚夏季风偏弱。El Niño 盛期的冬季 (见图 3c), 中国沿海及南海地区为异常南风, 说明东亚冬季风偏弱。而 El Niño 衰亡期的夏季 (见图 3d), 西太平洋地区为异常的反气旋式风场, 表明西太平洋副热带高压偏强, 从我国南方到江淮的异常西南风也说明影响我国的西南气流偏强, 东亚夏季风偏强。从图 3b、d 中也可看到印度夏季风也受到了 El Niño 事件的影响, 在 El Niño 发展期的夏季印度季风有所加强, 而在 El Niño 衰减期的夏季印度季风减弱, 并且 El Niño 衰减期夏季印度季风的响应更显著。可见 El Niño 事件不仅影响了东亚季风, 而且影响

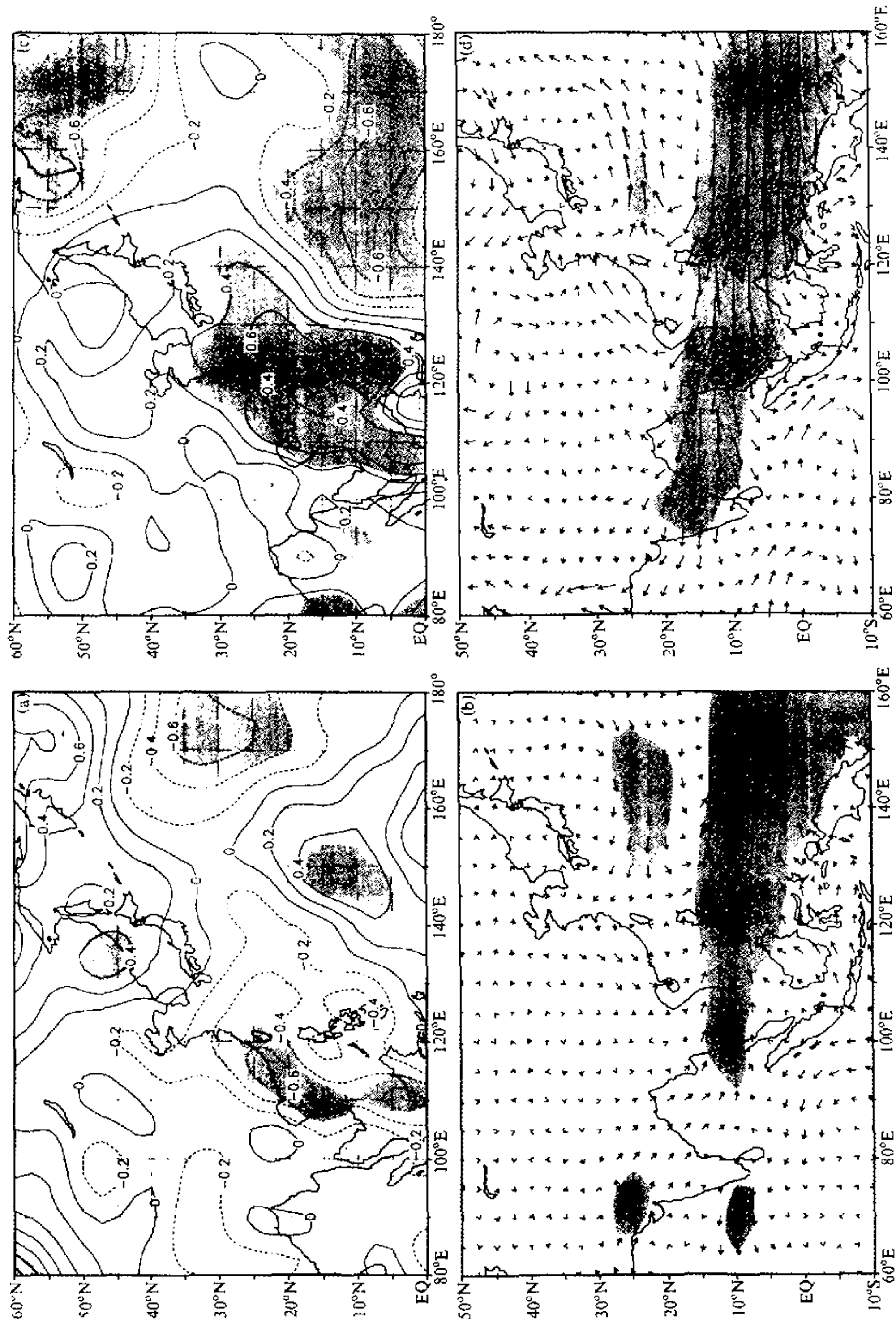


图3 合成的 El Niño 事件不同阶段中平均的 850 hPa 风场异常分布 (单位: ms^{-1}), 其中 (a), (c) 只为经向风异常
 阴影区分别表示 (a), (c) 中的 u 分量异常的 t 检验超过了 95% 的统计信度
 (a) 爆发前冬; (b) 发展期夏季; (c) 盛期冬季; (d) 衰亡期夏季

了整个亚洲季风系统。而对东亚季风而言, 一个 El Niño 事件至少可以影响 2 年的东亚季风循环, El Niño 爆发前冬对应于强的东亚冬季风; El Niño 发展期的夏季则往往为弱的东亚夏季风; 当 El Niño 发展到盛期时, 东亚冬季风明显偏弱; El Niño 衰亡的夏季东亚夏季风又偏强。

我国地处东亚季风区, 东亚夏季风的异常严重影响我国东部旱涝的发生, 从而给工农业生产带来严重损失。因此对我国旱涝成因和预测的研究一直是一个重要的科学问题。图 4 分别给出了中国夏季降水(6 月~8 月平均)对 El Niño 发展期和衰亡期的不同响应, 图中深、浅阴影区则分别表示降水异常的 t 检验达到了 95%、90% 的信度。可以看出 El Niño 发展期和衰亡期我国降水有显著的差异。当 El Niño 处于发展期时, 异常多的降水出现在我国南方沿海地区及江淮地区, 而华北、东北地区及长江流域则明显少雨, 其中华北地区、长江中游及南方沿海地区的降水异常均达到了 95% 的信度检验。El Niño 衰亡期的夏季我国华北、东北以及洞庭湖、鄱阳湖地区有异常多的降水, 而江淮地区则异常少雨, 并且这种异常基本上都达到了 95% 的信度检验。图 4 所显示的我国降水对 El Niño 的响应与图 3 中风场的响应也是对应的^[1]。当处于 El Niño 发展期夏季时, 影响我国的西南气流偏弱, 因此长江中游降水偏少, 南方沿海地区则多雨, 同时西太平洋副高偏弱, 因此江淮地区往往多雨而华北少雨。而处于 El Niño 衰亡期夏季时情况正好相反。

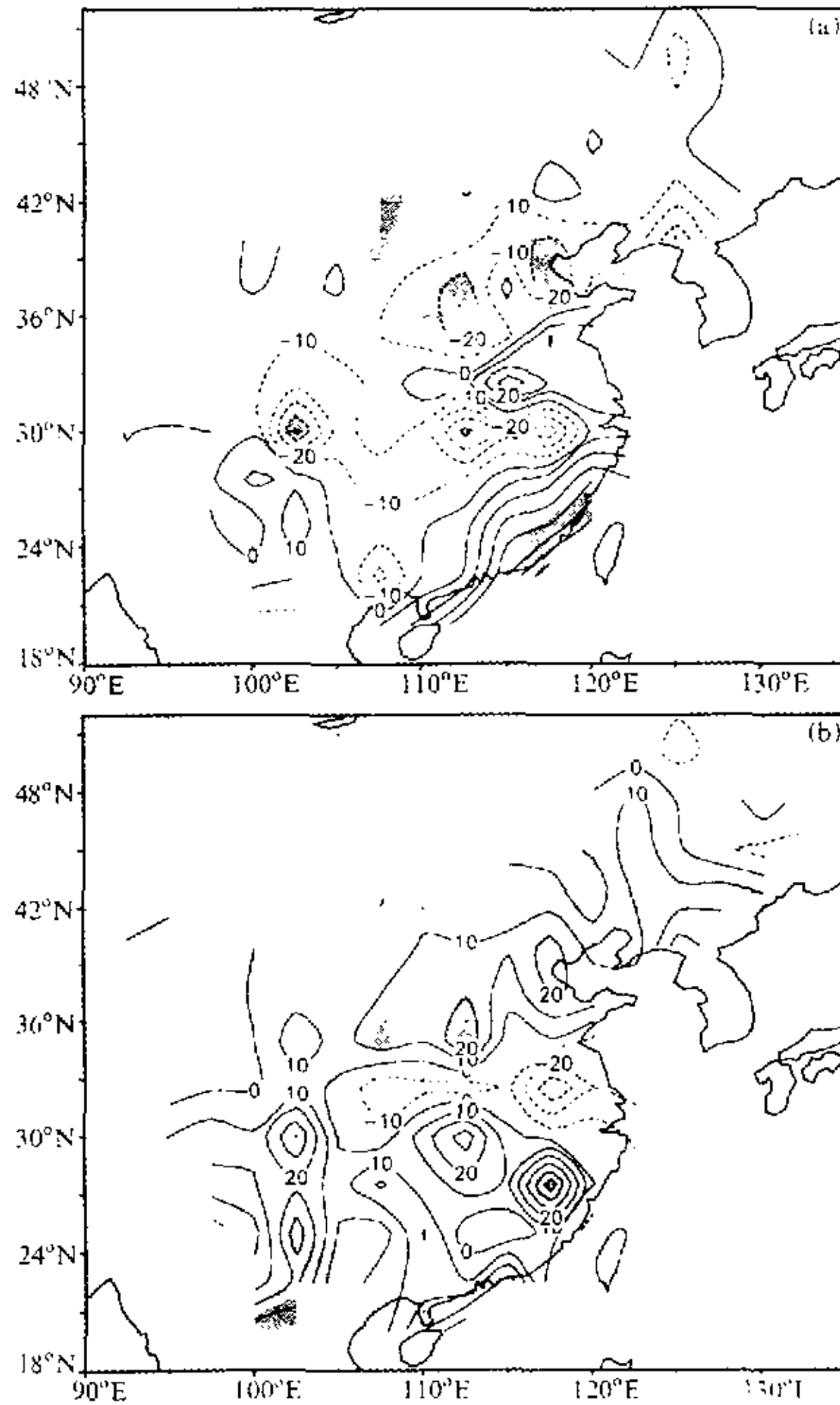


图 4 合成的 El Niño 事件不同阶段的中国夏季降水的异常分布(单位: mm/月), 深、浅阴影区分别表示降水异常的 t 检验超过了 95%、90% 的统计信度 (a) 发展期; (b) 衰亡期

4 东亚冬、夏季风循环对 La Niña 事件的响应

与上一节类似, 本节讨论了东亚冬、夏季风循环对 La Niña 事件的响应。图 5 表

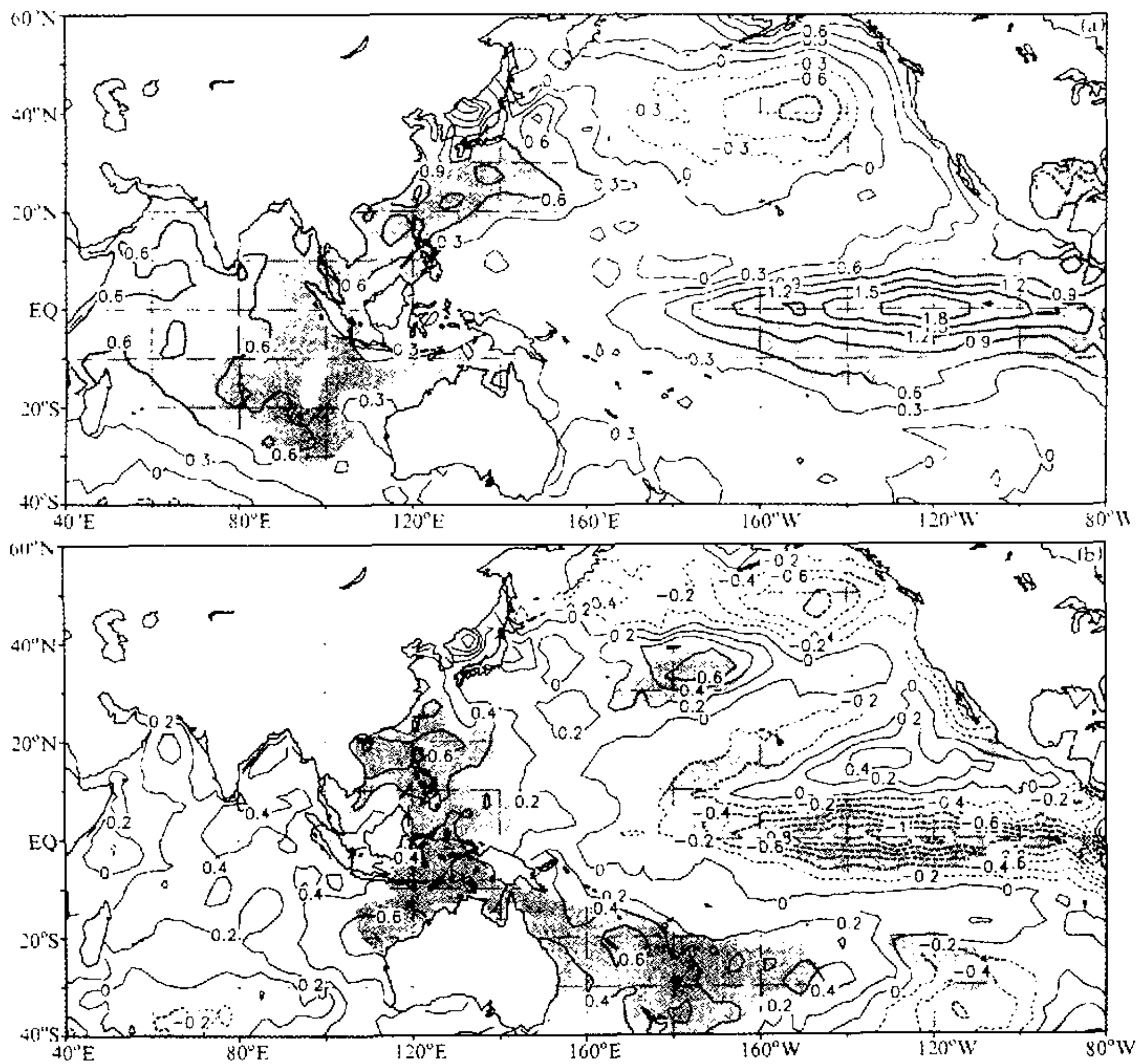


图5 同图2. 但为合成的 La Niña 事件

示了 La Niña 演变过程中冬季 (12月~2月平均) 和夏季 (6月~8月平均) 的 SSTA 分布。如图 5a 所示, 在 La Niña 爆发前冬, 赤道东太平洋地区海温为正异常, 此外正 SSTA 还出现在我国东海、南海至印度洋的广大区域, 事实上, 从图 1 可以看出, 这 5 个 La Niña 事件的前冬均为 El Niño 盛期的冬季, 因此 La Niña 爆发前冬的 SSTA 分布与 El Niño 盛期冬季 SSTA 分布是非常相似的。同时通过比较 La Niña 爆发前冬的 SSTA 的平均值与其余年份冬季的平均场计算的 t 检验表明这些海温异常的统计信度超过了 95%。在 La Niña 发展阶段的夏季 (图 5b), 可以看到赤道东太平洋地区已为大片负海温异常所控制, 而西太平洋暖池区的海温为正海温异常。当 La Niña 发展到盛期的冬季时 (见图 5c), 赤道东太平洋地区负海温异常进一步扩大, 最大值达到了 -1.2°C , 并且从南海到印度洋也为负海温异常, 但菲律宾以东的海面上为显著的正海温异常。La Niña 衰亡期夏季的 SSTA 分布如图 5d 所示, 赤道东太平洋已出现了明显的正海温异常, 西太平洋暖池区则为显著的负海温异常。因此图 5 中热带东太平洋海温

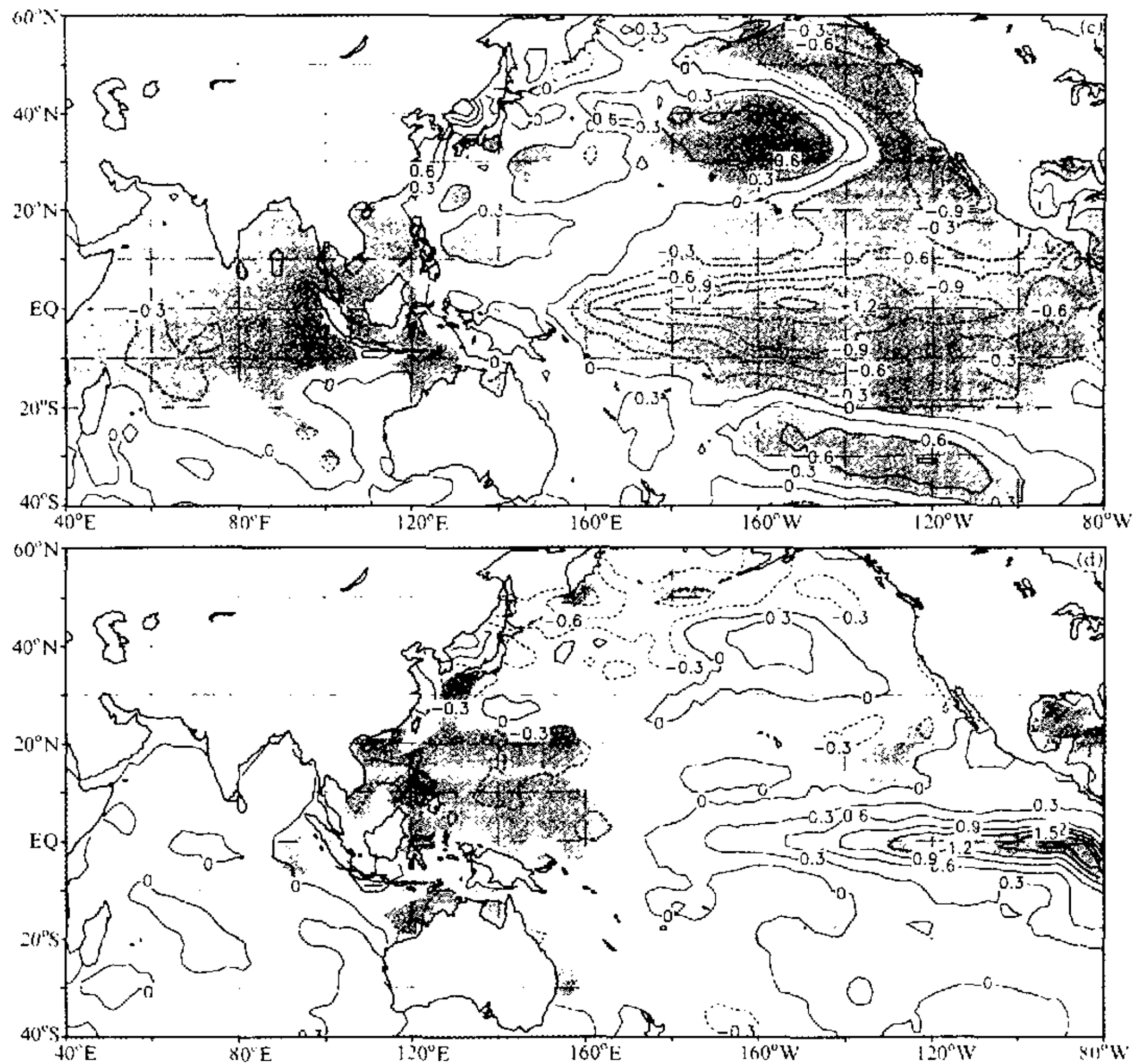


图 5 (续) 同图 2, 但为合成的 La Niña 事件

异常的演变基本上反映了 La Niña 事件从准备到结束的整个过程。与合成的 El Niño 事件类似的是, 在 La Niña 发展期 (图 5b) 和衰减期 (图 5d) 的夏季印度洋的 SSTA 并没有显著的异常。

图 6 给出的是 850 hPa 风场对 La Niña 事件不同位相的响应, 同样在这里冬季风场只给出了经向风的异常。如图 6a 所示, 在 La Niña 爆发前冬, 中国沿海地区盛行南风异常, 而且该异常的 t 检验也超过了 95% 的信度, 因此东亚冬季风偏弱。对于处于 La Niña 发展期的夏季, 西太平洋地区有异常的反气旋式风场, 说明西太平洋副热带高压偏强, 从我国东部盛行的西南风异常也表明影响我国的西南气流偏强, 从而东亚夏季风偏强, 这些特征与 El Niño 衰亡期夏季的东亚夏季风异常是一致的。到 La Niña 盛期的冬季 (见图 6c), 中国大部分沿海地区及南海为异常北风, 并且 500 hPa 等压面上的位势高度异常分析也说明东亚冬季风偏强。图 6d 中 La Niña 衰亡期的夏季, 西太平洋地区为异常的气旋式风场, 说明西太平洋副热带高压偏弱, 但是这个异常的统计检验没有

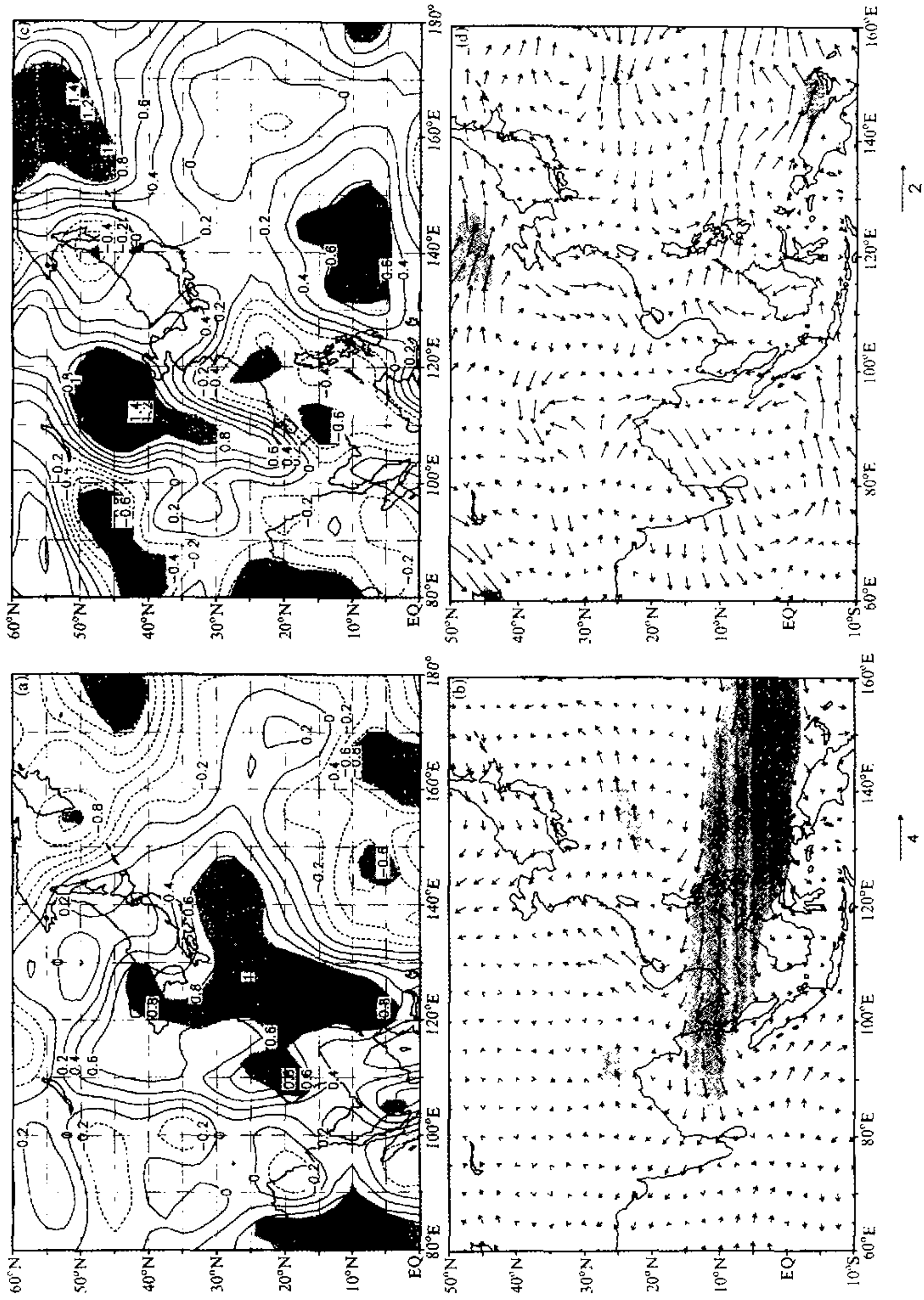


图6 同图3, 但为合成的 La Niña 事件

明显超过 95% 的信度, 可见 La Niña 对东亚季风的影响没有 El Niño 那样显著。另外合成图上我国东部地区盛行异常的东北风, 表明影响我国的西南气流偏弱, 因此东亚夏季风是偏弱的。由此可见, La Niña 爆发前冬往往是 El Niño 的盛期, 东亚冬季风是弱的; La Niña 发展期的夏季则往往是 El Niño 的衰亡期, 从而东亚夏季风是强的; 当 La Niña 发展到盛期冬季时, 东亚冬季风是偏强的; 而当 La Niña 衰亡时, 东亚夏季风又偏弱。但总体而言, La Niña 事件对东亚季风的循环演变不如 El Niño 事件的影响显著; 同时从图 6b、d 也可看出, La Niña 事件对印度夏季风的影响也没有 El Niño 那样显著。

图 7 分别给出了中国夏季降水 (6 月~8 月平均) 对 La Niña 发展期和衰亡期的不同响应。如图 7a 所示, La Niña 发展期的夏季降水异常与 El Niño 衰亡期的夏季降水异常也是十分相似的, 华北、东北以及中国中部到江南的大部分地区都有异常多的降水, 而江淮地区及南部沿海部分地区为少雨, t 检验显示其中华北及江南的异常基本上达到了 90% 的信度。而 La Niña 衰亡期的夏季降水异常则大致与此相反, 华北、东北以及中国中部到江南的大部分地区为少雨, 江淮及南部沿海部分地区为多雨, 其中华北、东北及江南和江淮的部分地区的异常都超过了 90% 的信度。La Niña 情形下的降水异常与图 6 中风场的异常也是对应的。

5 东亚冬、夏季风之间的联系与 El Niño 和 La Niña 事件的关系

尽管已有研究揭示了东亚冬季风与随后的夏季风之间的密切联系^[8,9], 但这种联系仍需进一步从统计上加以检验, 并且这种联系的原因仍不清楚。罗会邦^[15]和陈文等^[8]都指出了南海海温异常及其海气相互作用可能起了重要作用, 而陈隽和孙淑清^[16]则认为

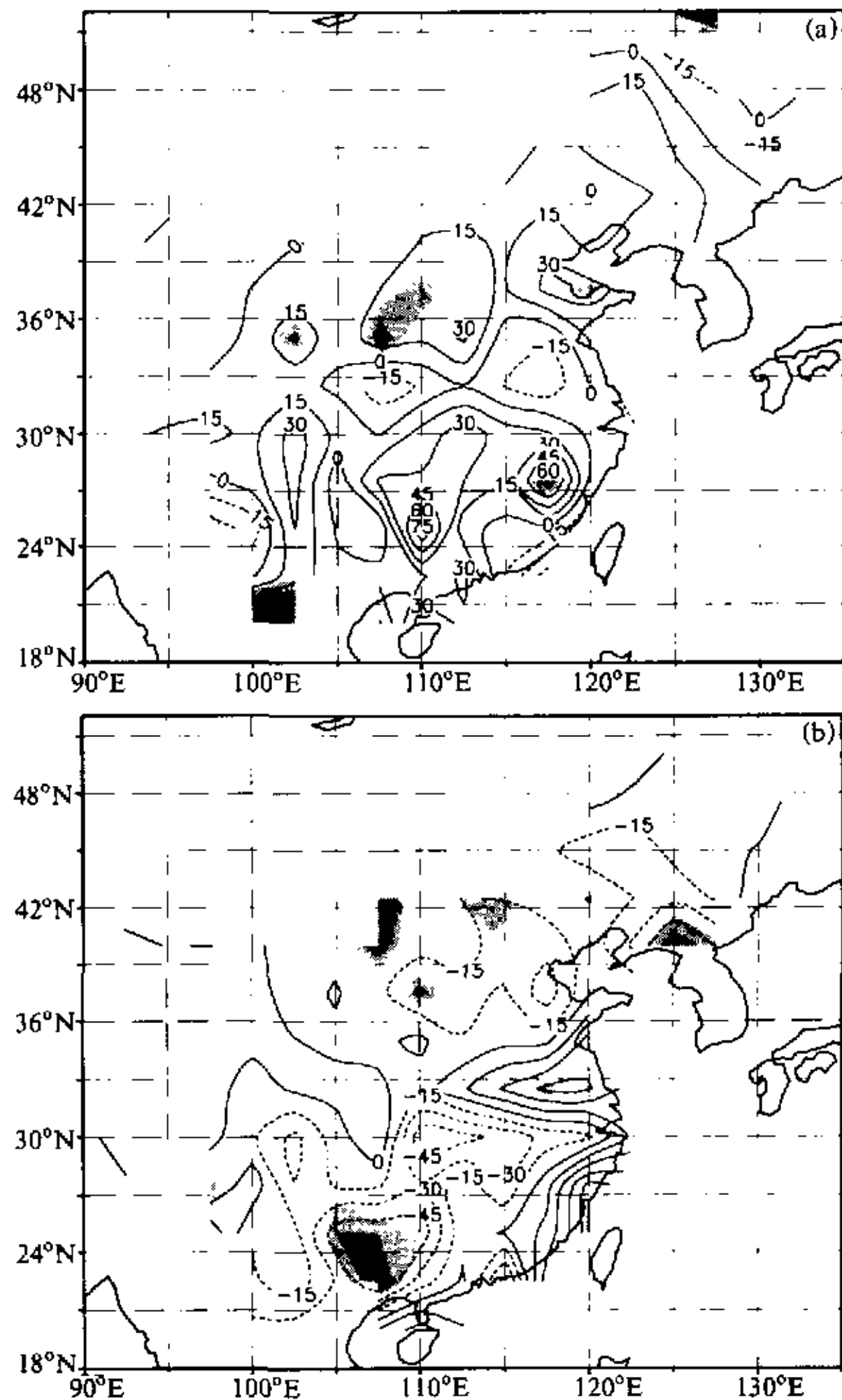


图 7 同图 4, 但为合成的 La Niña 事件

冬季风异常可能影响了热带海温, 热带海温的持续异常在隔季相关中起了重要作用。既然上面两节的分析表明一个 El Niño 或 La Niña 事件从它的爆发到结束显著地影响了东亚冬、夏季风循环, 因此很有必要分析一下 El Niño 和 La Niña 事件在东亚冬、夏季风联系中的作用。

我们仍从东亚冬季风的年际变化出发, 按照陈文等^[8]的定义, 图 8 给出了标准化的从 1958/1959~1997/1998 共 40 年的冬季 11 月~3 月 (NDJFM) 平均的东亚冬季风强度指数的年际变化。这里要注意的是当指数为负时, 东亚冬季风偏强; 而指数为正时, 冬季风偏弱。为了使选择的强、弱和正常冬季风年大致均匀分布, 我们选取 $\pm 0.25\sigma$ 为标准, 这样 40 个冬季共分成 16 个强年、12 个弱年和 12 个正常年份。在强、弱季风年中我们又将其分成与 El Niño 或 La Niña 事件有关及无关的强、弱季风组, 前者分别称之为与 El Niño 或 La Niña 事件有关的强季风年和弱季风年, 后者分别称之为与 El Niño 或 La Niña 事件无关的强季风年和弱季风年。与 El Niño 或 La Niña 事件有关的强季风年包括 La Niña 盛期冬季和 El Niño 爆发前冬, 共计 10 个冬季, 为 1962/1963、1964/1965、1967/1968、1970/1971、1971/1972、1973/1974、1975/1976、1981/1982、1985/1986 和 1988/1989, 与 El Niño 或 La Niña 事件有关的弱季风年包括 El Niño 盛期冬季和 La Niña 爆发前冬, 共计 8 个冬季, 为 1963/1964、1965/1966、1968/1969、1972/1973、1982/1983、1986/1987、1991/1992 和 1997/1998。余下的强弱季风年分别组成与 El Niño 或 La Niña 事件无关的强、弱季风年。

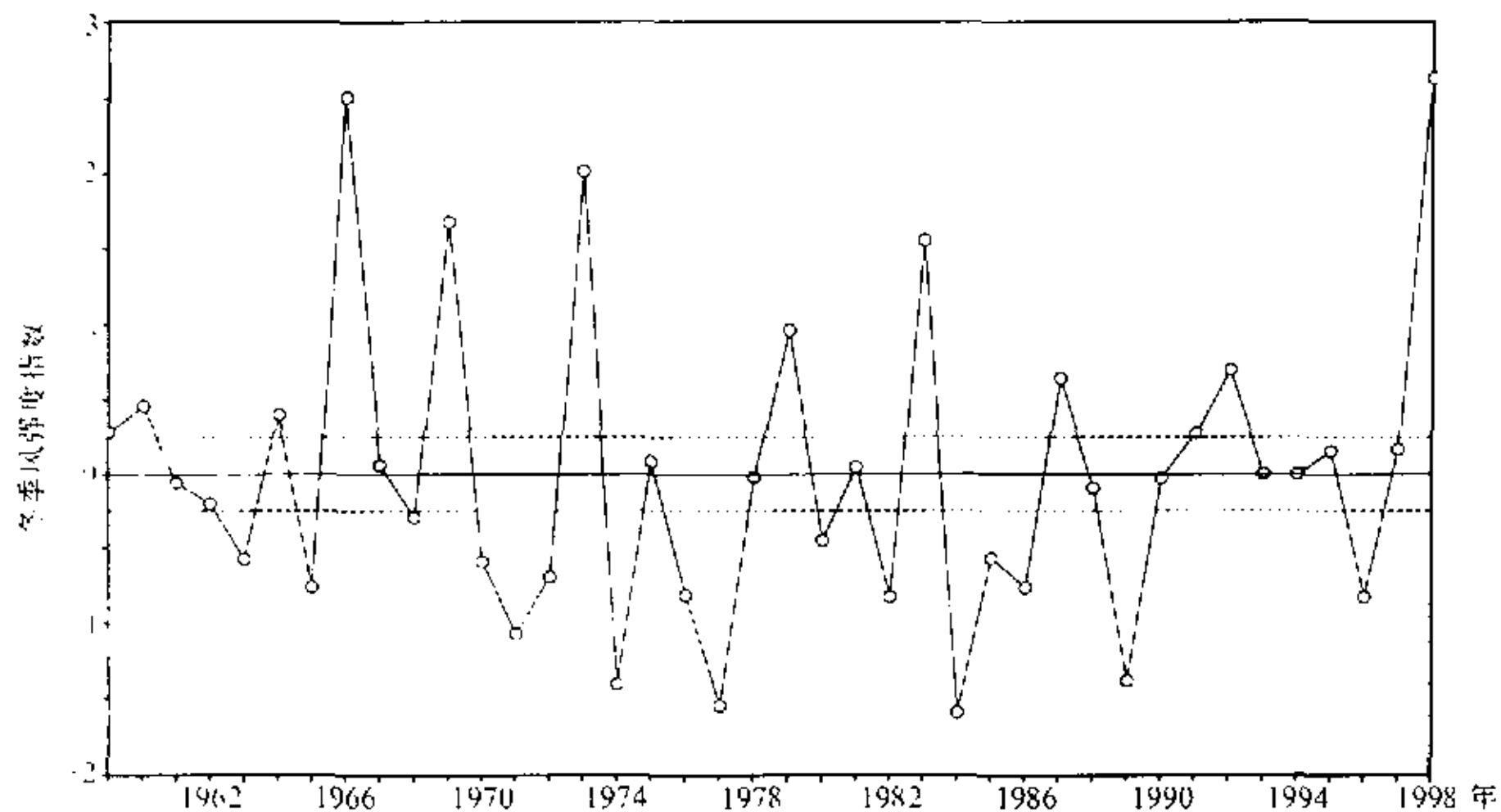


图 8 标准化的从 1958/1959~1997/1998 共 40 年的冬季 11 月~3 月平均的东亚冬季风强度指数的年际变化

为了分析东亚冬季风与随后的夏季风的联系, 我们考察了强东亚冬季风后夏季 (6 月~8 月) 平均中国降水与弱东亚冬季风后的夏季平均中国降水的差异, 并用 t 检验来考察它们差异的显著性。图 9 分别给出了全部强和弱东亚冬季风、与 El Niño 或

La Niña 事件有关的强东亚冬季风和弱东亚冬季风以及与 El Niño 或 La Niña 事件无关的强东亚冬季风和弱东亚冬季风后夏季降水的差异图, 深、浅阴影区分别表示差异值超过了 95%、90% 的信度。从图 9a 可以看出, 全部强和弱东亚冬季风后夏季中国降水的差异表现为江淮地区及江南中部的正异常和华北、东北、长江中游及华南沿海的负异常, 但是只有华北及东北的异常超过了 90% 的信度。图 9b 中与 El Niño 或 La Niña 事件有关的强冬季风和弱冬季风后夏季中国降水的差异分布与图 9a 是十分相似的, 并且差异值都不同程度有所增加; 此外不仅华北及东北的降水异常, 而且长江中游和江淮地区的降水异常的差异也都超过了 90% 的信度, 因此可以认为, 与 El Niño 或 La Niña 事件有关的强冬季风后的夏季, 长江中游、华北及东北地区降水往往偏少, 而江淮地区降水往往偏多; 与 El Niño 或 La Niña 事件有关的弱冬季风后的夏季降水异常与此相反。从图 9c 则可以看出, 与 El Niño 或 La Niña 事件无关的强冬季风和弱冬季风后夏季降水的差异与图 9a、b 有所不同, 特别是江淮地区和长江中游的降水差异都与图 9a、b 中的差异正好相反, 只是华北和东北地区的差异还和图 9a、b 中的差异比较一致; 而且图 9c 中绝大部分的统计信度不高。由此可见, 只是在与 El Niño 或 La Niña 事件有关的强冬季风和弱

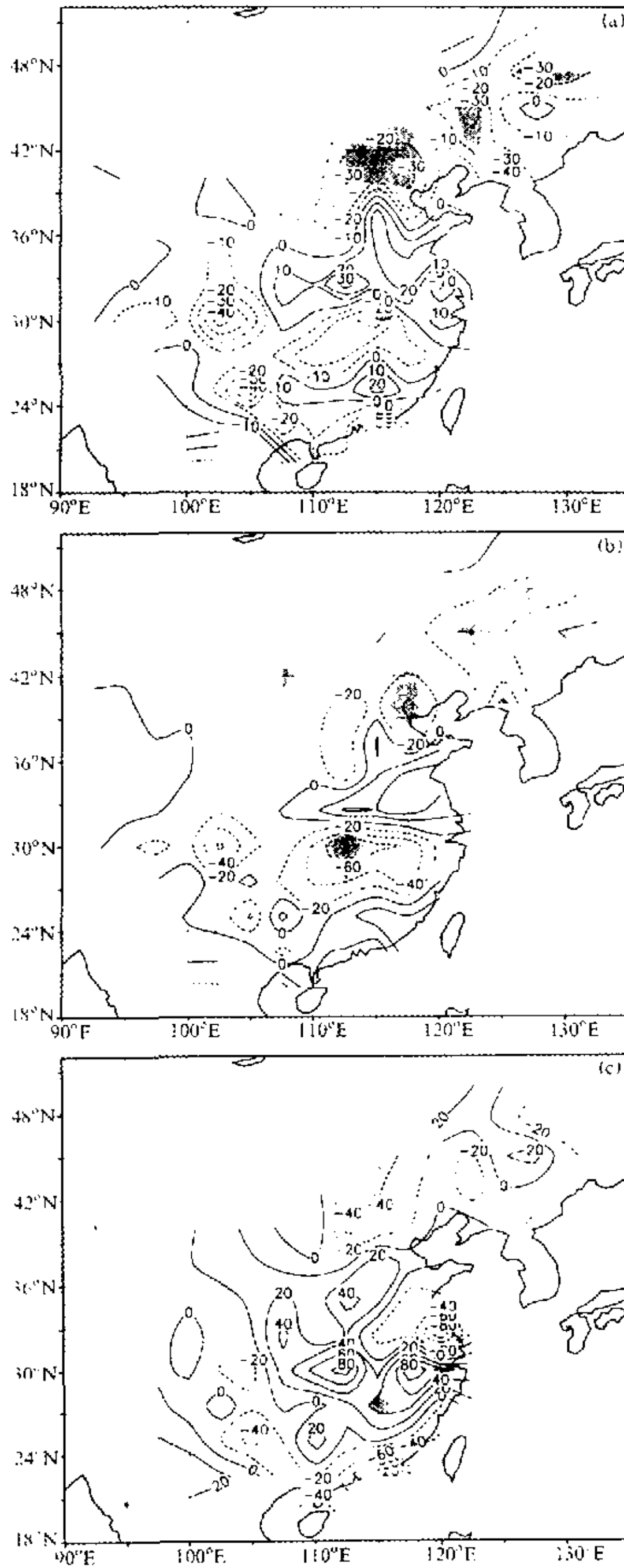


图 9 全部强和弱东亚冬季风 (a)、与 El Niño 或 La Niña 事件有关的强东亚冬季风和弱东亚冬季风 (b) 以及与 El Niño 或 La Niña 事件无关的强东亚冬季风与弱东亚冬季风 (c) 中国夏季降水的差异
深、浅阴影区分别表示差异值超过了 95%、90% 的信度

冬季风后的夏季中国降水才有从长江中下游、江淮地区到华北及东北地区的显著差异, 否则差异不显著。正是由于 El Niño 和 La Niña 事件影响了东亚冬、夏季风的循环, 从而引起了东亚冬季风与随后的夏季风的密切关系; 而当没有 El Niño 或 La Niña 事件的影响时, 东亚冬季风与随后的夏季风就缺少显著的联系。因此在利用冬季风异常预测夏季旱涝时, 要特别注意冬季风的异常是否与 El Niño 或 La Niña 事件有关, 当冬季风异常不是由 El Niño 或 La Niña 事件所引起时, 随后夏季降水的异常往往出现相反的分布。

6 结论

合成的 El Niño 和 La Niña 事件的海温异常分布的 t 检验表明, 一个 El Niño 或 La Niña 事件可以分成爆发前的冬季、发展期的夏季、盛期时的冬季和衰亡期的夏季 4 个阶段。利用 NCEP 40 年的月平均再分析资料分析的东亚冬、夏季风循环对 El Niño 和 La Niña 事件的响应的结果发现, ENSO 的不同阶段显著地影响了东亚冬、夏季风循环过程。El Niño 爆发前的冬季在东亚地区往往有异常强的北风, 表明是一个强的冬季风年; El Niño 发展期的夏季, 西太平洋副热带高压偏弱, 影响我国的西南气流偏弱, 表明是一个弱的夏季风年; El Niño 盛期的冬季东亚地区则出现异常的南风, 表明是一个弱的冬季风年; 而 El Niño 衰亡期的夏季, 西太平洋副热带高压偏强, 影响我国的西南气流也偏强, 是一个强的夏季风年。La Niña 对东亚冬、夏季风循环的影响则与 El Niño 大致相反, 但 La Niña 对东亚季风的影响不如 El Niño 的影响显著。La Niña 爆发前对应着弱的东亚冬季风, La Niña 发展阶段的夏季对应着强的东亚夏季风, La Niña 盛期的冬季对应着强的东亚冬季风, 而 La Niña 衰亡期的夏季则对应着弱的东亚夏季风。ENSO 影响东亚季风的机理仍有待于进一步的深入研究, 已有的研究指出, El Niño 和 La Niña 对东亚冬季风的影响不但与赤道东太平洋海温异常有关而且与热带西太平洋海温异常有关^[6,8], 异常的海温影响了 Walker 环流和东亚地区的局地 Hadley 环流, 从而影响了东亚冬季风; 而 El Niño 和 La Niña 对东亚夏季风的影响则可能主要与西太平洋暖池北部的海温异常有关^[12], 海温的异常影响了该地的对流活动, 从而影响了西太平洋副热带高压, 导致东亚夏季风的异常。

对中国降水的分析则进一步证实了 El Niño 和 La Niña 对我国夏季旱涝的影响。当 El Niño 处于发展期时, 夏季降水异常表现为江淮地区和南方沿海地区多雨, 长江中游和华北少雨; 而当 El Niño 处于衰亡期时, 夏季降水异常则正好相反。对 La Niña 而言, 发展期的夏季, 华北、江南往往多雨; 衰亡期的夏季, 华北、东北以及江南地区少雨而江淮地区多雨。针对强、弱东亚冬季风后的夏季中国降水差异的分析则表明, 正是由于 El Niño 和 La Niña 对东亚冬、夏季风循环的影响才导致了东亚冬季风与随后的夏季风存在着紧密的联系。当与 El Niño 或 La Niña 有关的海温异常引起冬季风偏强后, 随后的夏季往往在长江中游、华北和东北地区降水偏少, 江淮地区降水偏多; 当与 El Niño 或 La Niña 有关的海温异常引起冬季风偏弱后, 随后的夏季降水异常则与此相反。而不与 El Niño 或 La Niña 联系在一起的强、弱东亚冬季风后的夏季降水除了东北部分地区外则没有显著的差异, 也说明这时的东亚冬季风与随后的夏季风不存在紧密的

联系。

参 考 文 献

- 1 陈隆勋、朱乾根、罗会邦等, 东亚季风, 北京: 气象出版社, 1991, 362pp.
- 2 符淙斌、滕星林, 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(特刊), 1988, 133~141.
- 3 Huang Ronghui and Wu Yifang, The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanisms, *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, 6, 21~32.
- 4 Zhang Renhe, A. Sumi and M. Kimoto, Impact of El Niño on the the East Asian monsoon: A diagnostic study of the '86 / 87 and '91 / 92 events, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1996, 74, 49~62.
- 5 Li Chongyin, Interaction between anomalous winter monsoon in East Asia and El Niño events, *Adv. Atmos. Sci.*, 1990, 7, 36~46.
- 6 陶诗言、张庆云, 亚洲冬夏季风对 ENSO 事件的响应, 大气科学, 1998, 22(4), 399~407.
- 7 Chen Wen and Hans-F. Graf, The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relationship to global circulation, Max-Planck-Institute Meteorology Report No.250, 1998.
- 8 Chen Wen, Hans-F. Graf and Huang Ronghui, The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relation to the summer monsoon, *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, 17, 46~60.
- 9 Sun Bomin and Sun Shuqing, The analysis on the features of the atmospheric circulation in preceding winter for the summer drought and flooding in the Yangtze and Huaihe river valley, *Adv. Atmos. Sci.*, 1994, 11, 79~90.
- 10 陈冀、孙淑清, 东亚冬季风异常与全球大气环流变化 I 强弱冬季风影响的对比研究, 大气科学, 1999, 23(1), 101~111.
- 11 Trenberth, K. E., The definition of El Niño, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1997, 78, 2771~2777.
- 12 Huang Ronghui and Sun Fengying, Impact of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1992, 70, 243~256.
- 13 吴国雄、孟文, 赤道印度洋—太平洋地区海气系统的齿轮式耦合和 ENSO 事件 I. 资料分析, 大气科学, 1998, 22(4), 470~480.
- 14 Ji Liren, Sun Shuqing, K. Arpe and L. Bengtsson, Model study on the interannual variability of Asian winter monsoon and its influence, *Adv. Atmos. Sci.*, 1997, 14, 1~22.
- 15 Luo Huibang, Effect of winter monsoon on summer monsoon through air-sea interaction, *Acta Meteorologica Sinica*, 1995, 9, 26~33.
- 16 陈冀、孙淑清, 东亚冬季风异常与全球大气环流变化 II. 冬季风异常对全球热带海温变化的影响, 大气科学, 1999, 23(3), 286~295.

Impacts of El Niño and La Niña on the Cycle of the East Asian Winter and Summer Monsoon

Chen Wen

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract Investigations of composite El Niño and La Niña suggest that an El Niño or La Niña events may be generally divided into 4 stages. They are the winter preceding the event, the summer during the developing phase, the winter during the mature phase and the summer during the decaying phase. Then the responses of East Asian winter and summer monsoon to El Niño and La Niña are analyzed with the NCEP reanalysis data and the rainfalls in China. The results indicate that the cycle of the East Asian winter and summer monsoons are significantly influenced by the El Niño and La Niña

events. In the winter preceding an El Niño events, there are anomalous northerlies over the East Asian region. In the summer during the developing phase of an El Niño events, the western subtropical Pacific high tends to be weak, meanwhile the southwesterlies which affect China tend to be weak too. Thereby the rainfall is above normal in the Yangtze–Huaihe River Valley and the southern coastal area of China, and below normal in North China and the middle reaches of the Yangtze River. However, in the winter during the mature phase of an El Niño event, there are anomalous southerlies over the East Asian region. Besides, in the summer during the decaying phase of an El Niño events, the western subtropical Pacific high tends to be strong, meanwhile the southwesterlies which affect China tend to be strong too. Thereby the rainfall is below normal in the Yangtze–Huaihe River Valley, and above normal in North China, Northeast China and the area of the Dongting Lake and the Poyang Lake. The situations are approximately reverse for the impact of La Niña on the cycle of East Asian winter and summer monsoon, although the impact of La Niña is not significant as that of El Niño. Finally, the anomalous summer rainfall in China after strong and weak East Asian winter monsoon is analyzed. The result shows that the close linkage between the East Asian winter monsoon and the following summer monsoon is due to the impact of the SSTA associated with El Niño or La Niña events on the cycle of East Asian winter monsoon and summer monsoon. When the anomalous winter monsoon is not related to the SSTA associated with El Niño or La Niña events, there is no close linkage between them.

Key words: El Niño; La Niña; East Asian winter monsoon; East Asian summer monsoon; cycle of winter and summer monsoon