

El Niño 位相期间印度洋海温异常 对中国南部初夏降水及初夏亚洲 季风影响的数值模拟研究^{*}

肖子牛 晏红明

(云南省气象台, 昆明 650034)

摘 要 基于中国科学院大气物理研究所的 IAP 9L 大气环流模式, 设计并完成了赤道太平洋暖异常海温和印度洋地区的不同结构异常海温的强迫试验, 以研究在 El Niño 位相期间印度洋不同海温异常分布对初夏亚洲季风及我国南部地区初夏降水的影响。结果表明: El Niño 位相期间印度洋异常海温的作用是不可忽视的。在 El Niño 位相期间, 印度洋不同的海温结构对越赤道气流异常, 对印度、中南半岛及中国南方的降水分布有重要的影响。利用 NCEP 的资料进行合成分析, 进一步证实了数值模拟结果的可靠性。

关键词: El Niño; 印度洋; 海面温度; 季风; 数值模拟

1 引言

已有不少工作研究了 El Niño 现象在大气环流和气候异常中的作用^[1~5], 但海温变化具有全球结构, 各个地区的海温变化既相互联系又各有特点。近年来的许多研究表明, 在热带海域, 除太平洋地区的海温外, 印度洋地区的海温也存在明显的年际变化特征, 而且该地区的海温变化和太平洋强信号区的海温变化关系密切。钱维宏^[6]对全球海温与赤道东太平洋强信号区海温的相关研究指出, 强信号区的海温异常与赤道中西太平洋和低纬度印度洋地区的海温异常有明显的相关, 而与其他海域的海温相关不明显。吴国雄等^[7]在分析赤道印度洋中部和赤道太平洋东部 1979~1988 年期间的月平均海表温度的变化时也发现, 两者之间的正相关高达 0.76, 因此, 有理由认为, El Niño 位相期间全球气候的异常变化不仅与赤道东太平洋海温变化关系密切, 赤道印度洋海温的变化作用也是不可忽视的。在分析研究西印度洋海温的年际变化时, 人们发现其与东赤道太平洋海温有密切的正相关关系。在 El Niño 年, 东赤道太平洋海温异常偏暖时, 西印度洋冷水区的海温也都显著偏高; 而在反 El Niño 年则相反, 西印度洋冷水区的海温也都明显偏低。进一步的研究还发现, 在 El Niño 期间, 印度洋东暖西冷的海温梯度是减弱的, 而在非 El Niño 时期这种温度梯度是加强的。陈烈庭等^[8,9]的研究表明, 热带

1999-08-30 收到, 2000-04-17 收到再改稿

^{*} 国家重点基础研究发展规划项目“我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论研究”、云南省基金 97D022G 及云南省气象局青年研究基金 YQ9904 课题共同资助

印度洋和太平洋海温距平的纬向分布基本上存在两种主要类型：一种是东太平洋和西印度洋海温偏低，而西太平洋和东印度洋海温偏高的反 El Niño 型；另一种是与之相反的 El Niño 分布型。80 年代陈月娟^[10]曾用环流模式研究了印度洋关键区海温对我国夏季风及降水的影响，其研究表明，当西印度洋和阿拉伯海海温升高时，印度西南季风增强，进入我国的西南季风减弱，而东南季风增强，我国西南地区夏季降水减少而华东、长江流域、华南等地降水量增加。虽然过去对印度洋不同区域异常海温的影响已做过不少数值试验，但把印度洋海温异常放在赤道东太平洋异常海温背景下研究其作用和影响的工作还不多，研究印度洋典型异常海温分布型对亚洲夏季风和季风区气候影响，对于更真实地揭示影响气候变化的因子及提高我国短期气候预测的能力无疑是有意义的。

关于热带海温变化对亚洲夏季风和中国汛期降水的影响已做过许多讨论，对初夏季风和降水的变化则讨论较少。初夏是季风转换的关键季节，夏季风建立的早晚直接关系到中国南部初夏降水的多少及雨季开始期早晚，研究海温特别是赤道东太平洋及赤道印度洋地区的海温异常，对初夏季风及中国南部初夏降水的影响在短期气候预测中具有一定的实际意义。针对这一问题，同时也为了更真实地揭示影响气候变化的因子，我们利用大气环流模式，把赤道东太平洋暖海温异常和不同空间结构的赤道印度洋海温异常相配合的海表温度作为外源强迫，研究了 El Niño 位相期间印度洋海温异常的作用。

2 数值模式和数值试验设计

2.1 模式

本文用中国科学院大气物理研究所设计的 9 层大气环流模式 (IAP 9L)，这是一个在两层模式基础上发展起来的包括对流层和低层平流层的全球格点大气环流模式^[11,12]，在垂直方向分为 9 层，水平分辨率为 4° (经度) $\times 5^\circ$ (纬度)。模式已通过比较系统和严格的检验，并进行了气候平均、季节平均、低频振荡和遥相关的模拟以及一些敏感性试验，能较好地描述大气环流的基本状况及其变化，特别是对亚洲季风的活动有较强的模拟能力。模式的详情可参考模式文本和有关文献。

2.2 印度洋海温异常特征及数值试验方案

研究表明，印度洋的海温不仅有明显的年际变化，而且与东赤道太平洋海温有密切的正相关关系。一般印度洋海表温度在东印度洋较高，在西印度洋较低。夏季风爆发后，这种东西向的温度梯度最大。但在 El Niño 位相期间，东西印度洋的海温差异一般趋于减弱，因此，印度洋异常海温翘翘板似的变化是赤道印度洋和太平洋共有的一种典型海温异常结构，即印度洋的异常海温也有一种东西反相的水平结构。为了使数值试验异常强迫场客观真实地反映实际海温场的变化特征，我们首先来看印度洋海温的变化特征，文献[13]中在分析印度洋海温异常 (SSTA) 多年变化特征时发现，印度洋 SSTA 的第一特征向量主要反映了近年来全球海温增暖的事实，而第二特征向量所反映印度洋东西部相反的变化特征和赤道东太平洋海温的异常变化有很好的对应关系，图 1a、b 分别给出 48 年印度洋 SSTA 第二特征向量场和对应的时间系数 (占累积方差贡献的 11%) 变化曲线。

从图中可以清楚地看到，印度洋海温在其东部和西部呈相反变化，在 1950 年到

1997 年的 14 个 El Niño 年中, 印度洋东部有降温 (负距平异常海温) 而西部有增温 (正距平异常海温) 的年份有 10 年, 概率为 71.5%; 而 La Niño 年东西部的海温变化却刚好相反, 为东部增温西部降温, 其概率为 90%。本文主要讨论 El Niño 位相中印度洋海温具有东冷西暖异常海温结构 (印度洋东部有负距平异常海温而西部有正距平异常海温) 的情况, 同时为便于比较, 我们也给出了 El Niño 位相中印度洋海温具有东暖西冷异常海温结构 (印度洋东部有正距平异常海温而西部有负距平异常海温) 的一些分析结果。

为简单起见, 我们设计了以下一组理想的异常海温强迫试验。(1) 控制试验: 用气候平均 SST 场代入模式作为海温场, 输出场记为 A 场; (2) 赤道东太平洋暖海温异常强迫试验: 在气候平均 SST 基础场上加如图 2a 所示的异常海温强迫场作为模式海温场, 输出场记为 B 场; (3) 赤道东太平洋暖海温和印度洋东冷西暖海温场试验: 在气

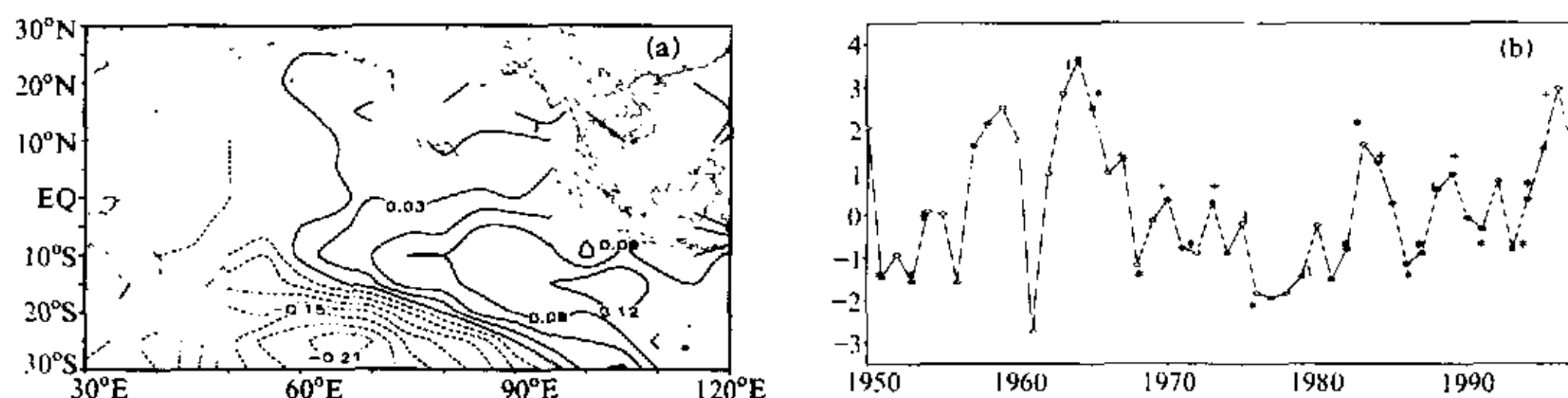


图 1 1950~1997 年印度洋 SSTA 第二特征向量场 (a) 及时间系数变化曲线 (b)

* 表示 El Niño 年, + 表示 La Niña 年

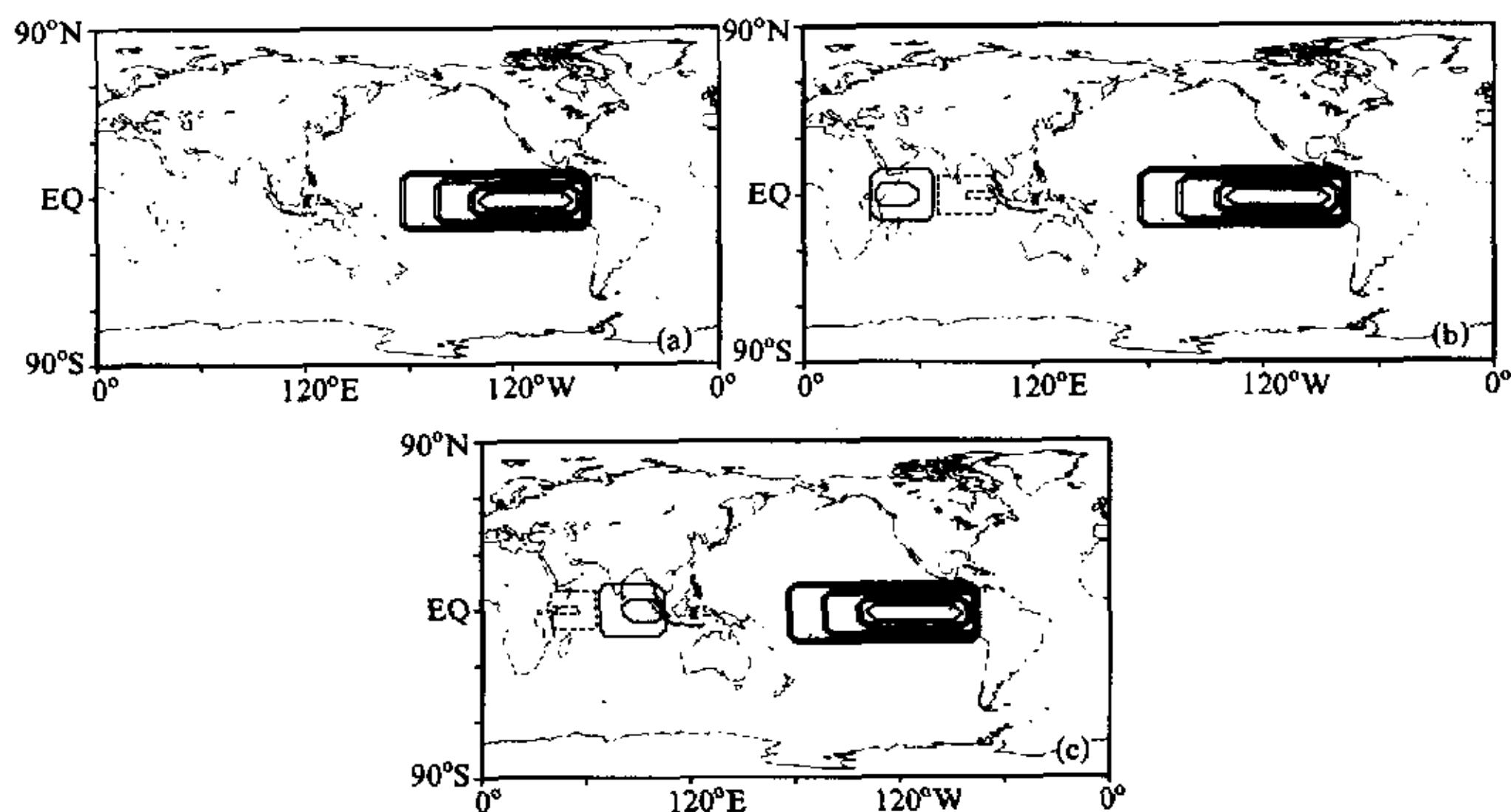


图 2 异常海温试验的外强迫场
(a) 试验 B; (b) 试验 C; (c) 试验 D,
等值线间距为 0.5°C

候平均 SST 基础场上加如图 2b 所示的异常海温强迫场作为模式海温场, 输出场记为 C 场; (4) 赤道东太平洋暖海温和印度洋东暖西冷海温场试验: 在气候平均 SST 基础场上加如图 2c 所示的异常海温强迫场作为模式海温场, 输出场记为 D 场。

以上模拟试验积分时间为 1~6 月份。基于一般数值试验的分析方法, 用异常海温强迫试验的输出场与控制试验输出场的差值可视为大气对异常外源强迫的响应场。因此, (B-A) 场为大气对赤道东太平洋暖海温的响应场, (C-A) 场为大气对赤道东太平洋暖海温和印度洋东冷西暖海温异常的响应场, (D-A) 场为大气对赤道东太平洋暖海温和印度洋东暖西冷海温异常的响应场。

3 东太平洋暖海温期间大气对印度洋东冷西暖异常海温的响应的数值模拟结果

通过分析试验 (1) ~ (3) 的输出场, 我们可以考察东太平洋暖海温期间大气对印度洋东冷西暖异常海温的响应。图 3a、b、c 分别给出 B-A、C-A 和 C-B 输出场的 5

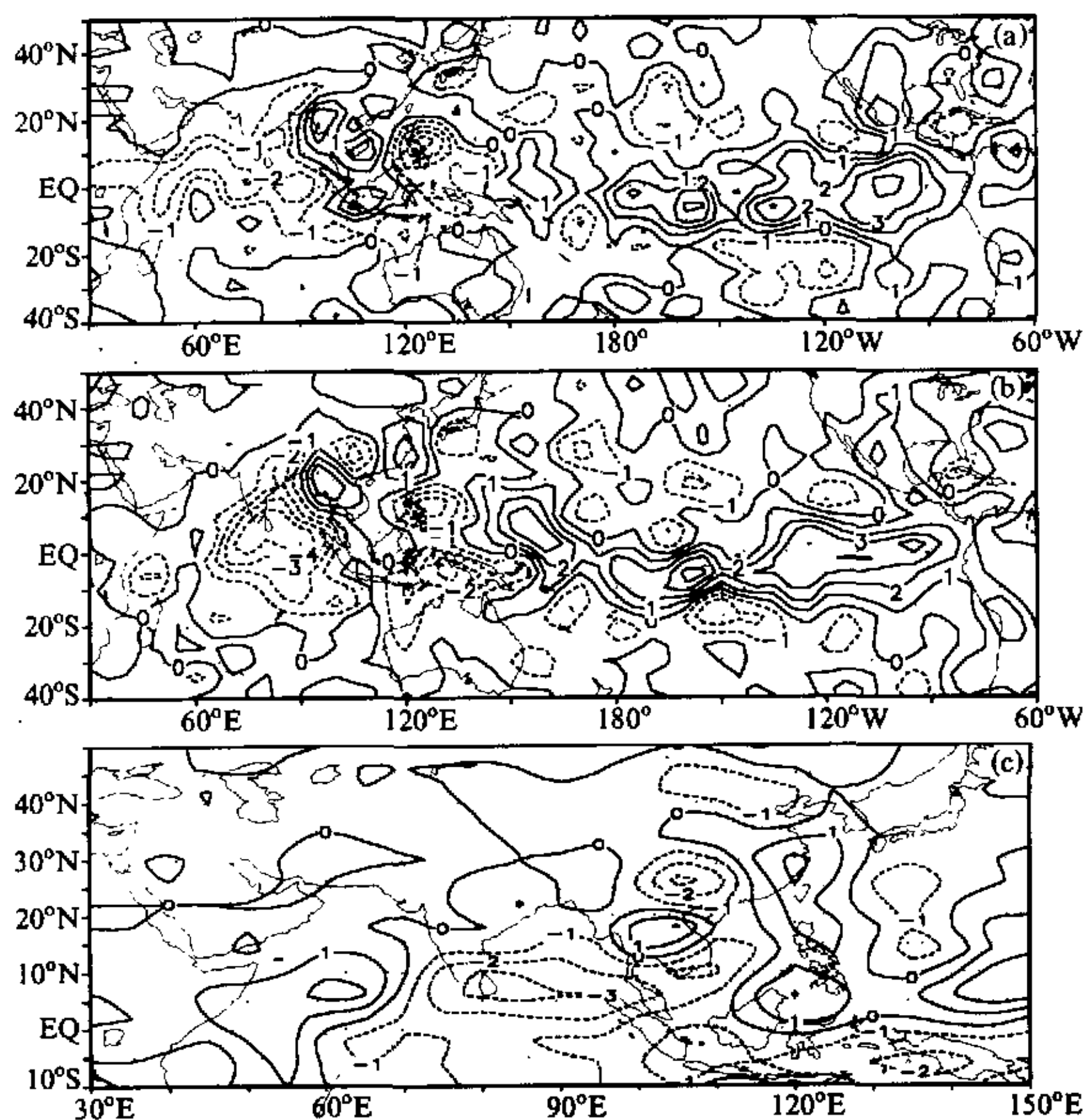


图 3 试验 B-A (a)、C-A (b) 和 C-B (c) 5~6 月月平均降水距平

~6 月异常降水场, 从中可以看到东太平洋暖海温期间印度洋异常海温对初夏降水有明显的影响。图 3a 是只有赤道东太平洋异常暖海温强迫时初夏异常降水场的分布图, 从图 3a 可以看到, 赤道东太平洋暖海温的作用, 使印度次大陆南部到热带印度洋的大部分地区和菲律宾到印度尼西亚初夏少雨, 而华南、华东、中南半岛和南海初夏降水偏多。在考虑印度洋东冷西暖异常海温的作用后 (图 3b), 中国南部季风区的异常降水场出现较大的变化, 南海西部的降水正距平明显减少, 华南的西部到中国西南地区有明显的降水负距平中心, 孟加拉湾到马来西亚半岛为降水负距平控制。因此, 印度洋异常 SSTA 的作用与赤道东太平洋地区 SSTA 的作用是有不同的。图 3c 给出了 C-B 输出场的 5~6 月异常降水场, 它在某种程度上可以表示印度洋异常海温的作用。从图 3c 可以看到, 印度洋东冷西暖异常海温的作用使印度洋西部及菲律宾到印度尼西亚的干旱有减弱的趋势, 印度次大陆南部、印度洋东部和印度尼西亚则更加干旱, 华南中西部到西南地区降水减少, 而中国东部和东南部则降水增加。

为了进一步分析异常海温强迫对亚洲季风 and 气候的影响, 图 4a、b 分别给出了 B-A 和 C-A 所得到的 5~6 月 850 hPa 异常响应风场。从图 4a 中可以看到, 110°E 以西直到非洲东部赤道热带地区有较强的异常东风, 在非洲大陆海岸有自北向南的越赤道气流存在, 这说明赤道东太平洋暖海温异常, 使索马里急流以及由跨赤道索马里气流形成的西南风减弱, 因而使印度次大陆南部到热带印度洋的大部分地区降水减少。同时可以看到, 印度次大陆北部为一气旋性环流控制, 印度东部到孟加拉湾为异常西风, 中南半岛也为气旋性环流控制。在这些系统的作用下, 印度北部和孟加拉湾的西风槽加强, 通过中南半岛进入南海和中国大陆南部地区的西南风加强, 使中南半岛到中国南方地区

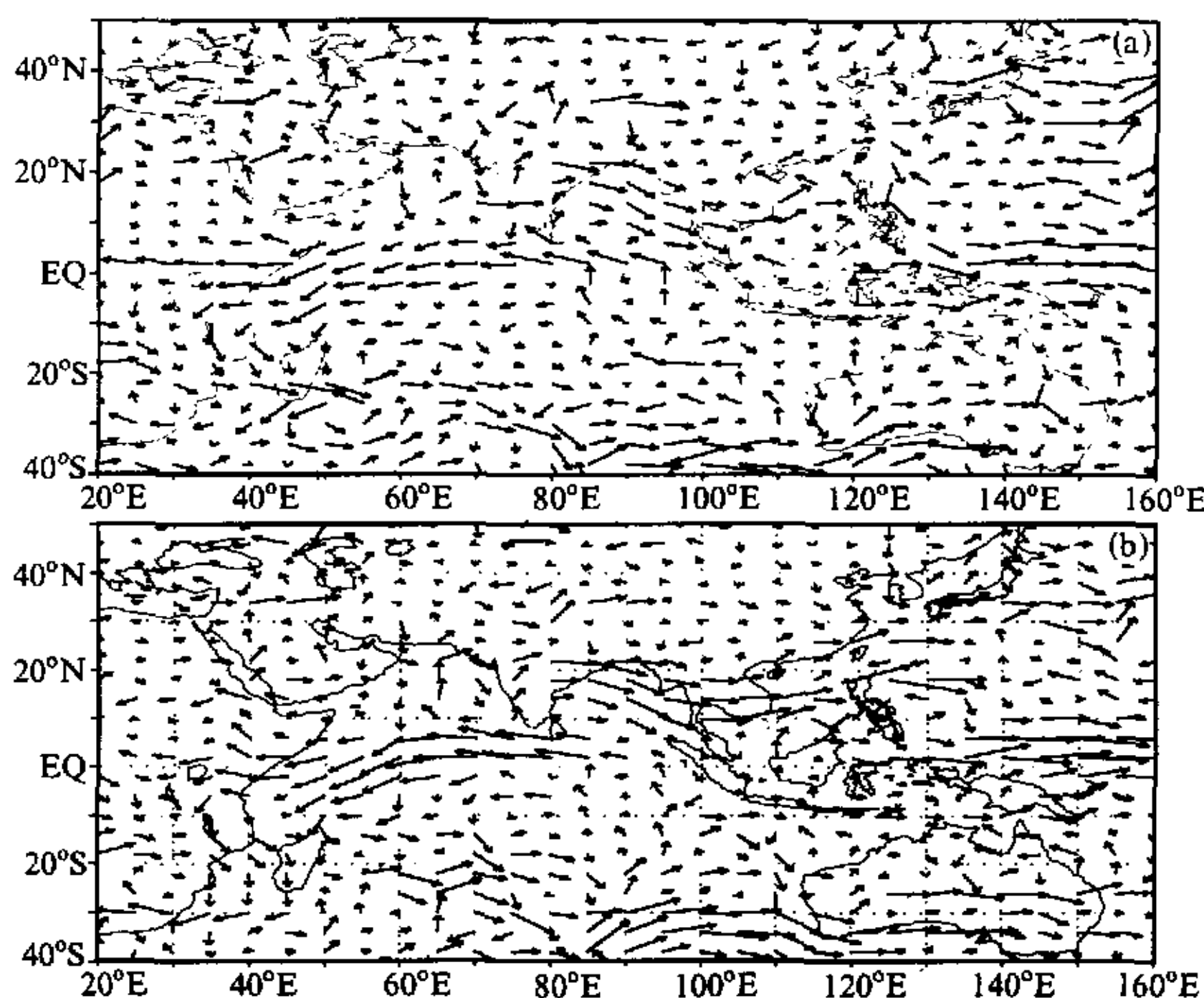


图 4 试验 B-A (a) 和 C-A (b) 的 5~6 月 850 hPa 异常矢量风场

降水增加。而位于菲律宾到台湾有一异常高压环流, 高压西侧的偏南风以及 90°E 附近来自南半球的越赤道气流转向后, 对加强南海到中国南部沿海的偏南气流也有一定作用。

图 4b 为赤道东太平洋暖海温和印度洋东冷西暖异常海温强迫作用下 5~6 月 850 hPa 异常响应风场。 90°E 以西直到非洲东部的赤道热带地区仍有较强的异常东风, 在非洲大陆海岸有更强的自北向南的越赤道气流, 说明在考虑印度洋东冷西暖异常海温的影响后, 由跨赤道索马里气流形成的西南风更为减弱, 印度次大陆北部的气旋性环流仍然存在, 但印度南部为一个反气旋高压环流控制, 孟加拉湾异常西风有所加强, 中南半岛仍为气旋性环流控制。但南海到中国东部为较一致的西南风控制, 西南气流与西北气流在中国东部地区交汇。同时位于菲律宾以东的异常高压环流减弱, 但 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 有较强的南半球越赤道气流转向后加强南海的西南气流。

对比图 4a 与图 4b 的结果我们不难发现, 赤道东太平洋暖海温期间印度洋东冷西暖的异常海温结构对初夏亚洲季风区的影响主要在于: (1) 使越赤道索马里急流进一步减弱, 印度洋赤道热带地区西风减弱; (2) 在印度次大陆南部形成反气旋高压环流; (3) 加强了 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 附近自南半球向北半球的越赤道气流。

为了较独立地考察印度洋东冷西暖异常海温结构的作用, 图 5 给出了 C-B 所得到的 5~6 月 850 hPa 异常响应流场。从图中可以清楚看到, 在索马里急流和印度洋赤道热带的西南季风带为反向的异常偏东风环流系统, 印度次大陆为反气旋高压环流控制, 西北气流和越赤道转向的西南风在中南半岛汇合, 中国华南西部到西南地区为气流辐散区而中国东部地区为气旋性环流控制。这种气流场配置与图 3c 的降水分布是基本一致的。

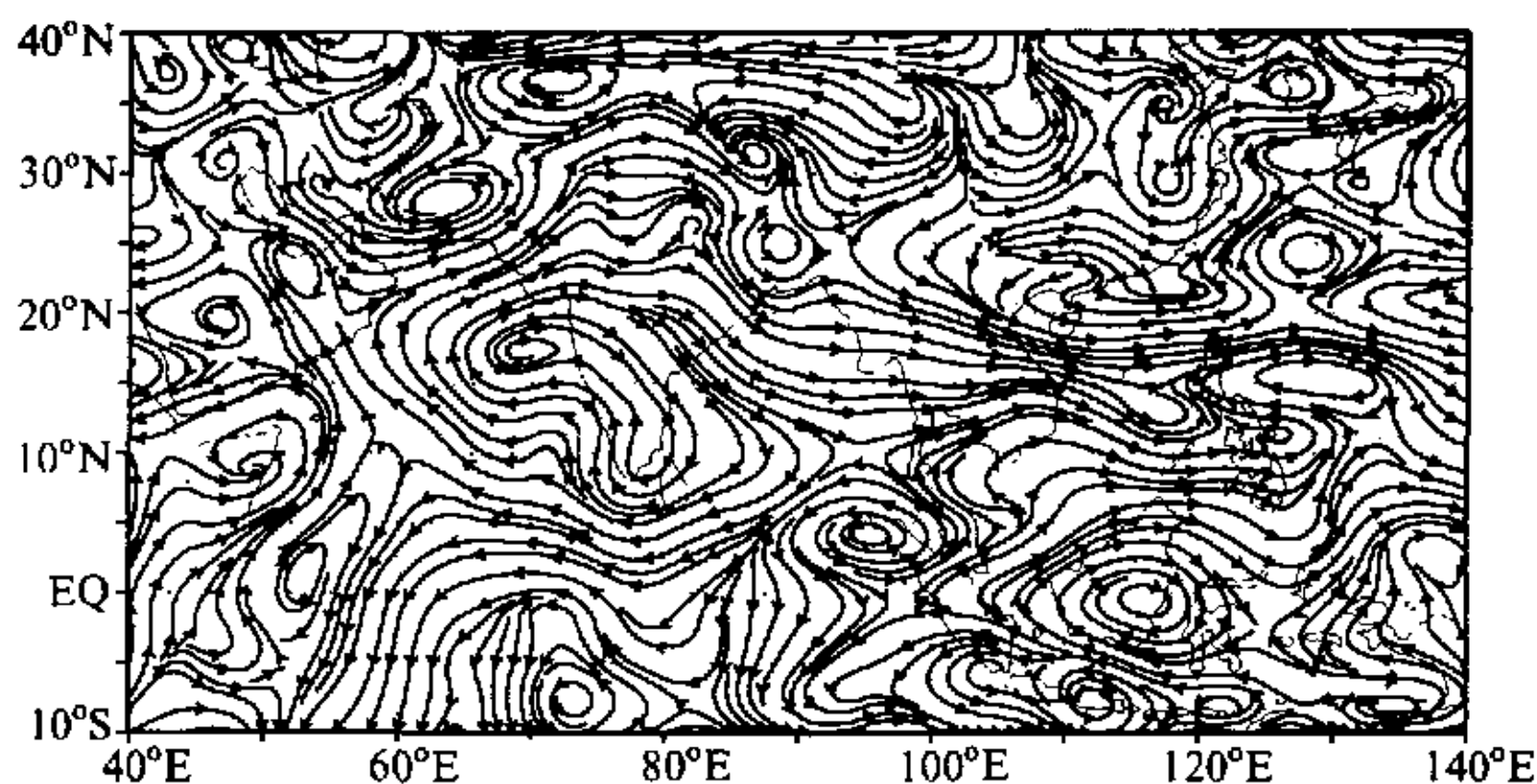


图 5 试验 C-B 的 5~6 月 850 hPa 响应流场

值得注意的是, 赤道东太平洋暖海温期间印度洋东冷西暖的异常海温结构对索马里越赤道气流和 100°E 附近越赤道气流有重要作用。越赤道气流是亚洲季风系统中重要的组成部分, 人们在分析研究南海季风时发现, 在南海夏季风爆发前存在于孟加拉湾北部以及南海和华南沿海的西南风或偏西风, 是印度半岛的西北气流在孟加拉湾转向形成的^[14], 此时在 $105^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 地区没有明显的跨赤道气流。而季风爆发后, 南海北部和华

南沿海的西南气流是由索马里急流转向并与 $105^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 地区的跨赤道气流汇合而成。越赤道气流是夏季风开始与否和表征其强弱的重要标志。从图 4a、b 中的模拟结果来看,赤道东太平洋暖海温期间印度洋东冷西暖的异常海温结构,对索马里越赤道气流和 100°E 附近越赤道气流可能有相反的作用,这种作用对印度初夏季风有减弱的影响,而对东亚初夏季风则有一定的加强作用。

在 500 hPa 高度响应场中我们也可以看到印度洋异常海温与赤道东太平洋暖海温不同的作用。如图 6 所示,在只有赤道东太平洋暖海温异常时,北半球中高纬地区高度距平场正负波列明显,赤道东太平洋海温异常强迫使得东亚地区低槽加深,乌拉尔山脊加强,西太平洋副热带高压初夏位置偏南,相应低层西风带锋区位置偏南,这是我国南部降水偏多的典型环流型。而印度洋东冷西暖异常海温的作用,则使得北半球中高纬地区高度距平场正负波列分布刚好相反,东亚-北太平洋地区为正距平区、欧洲及北美西部分别为负距平区,表明印度洋海温的作用使乌拉尔山脊和东亚大槽减弱。

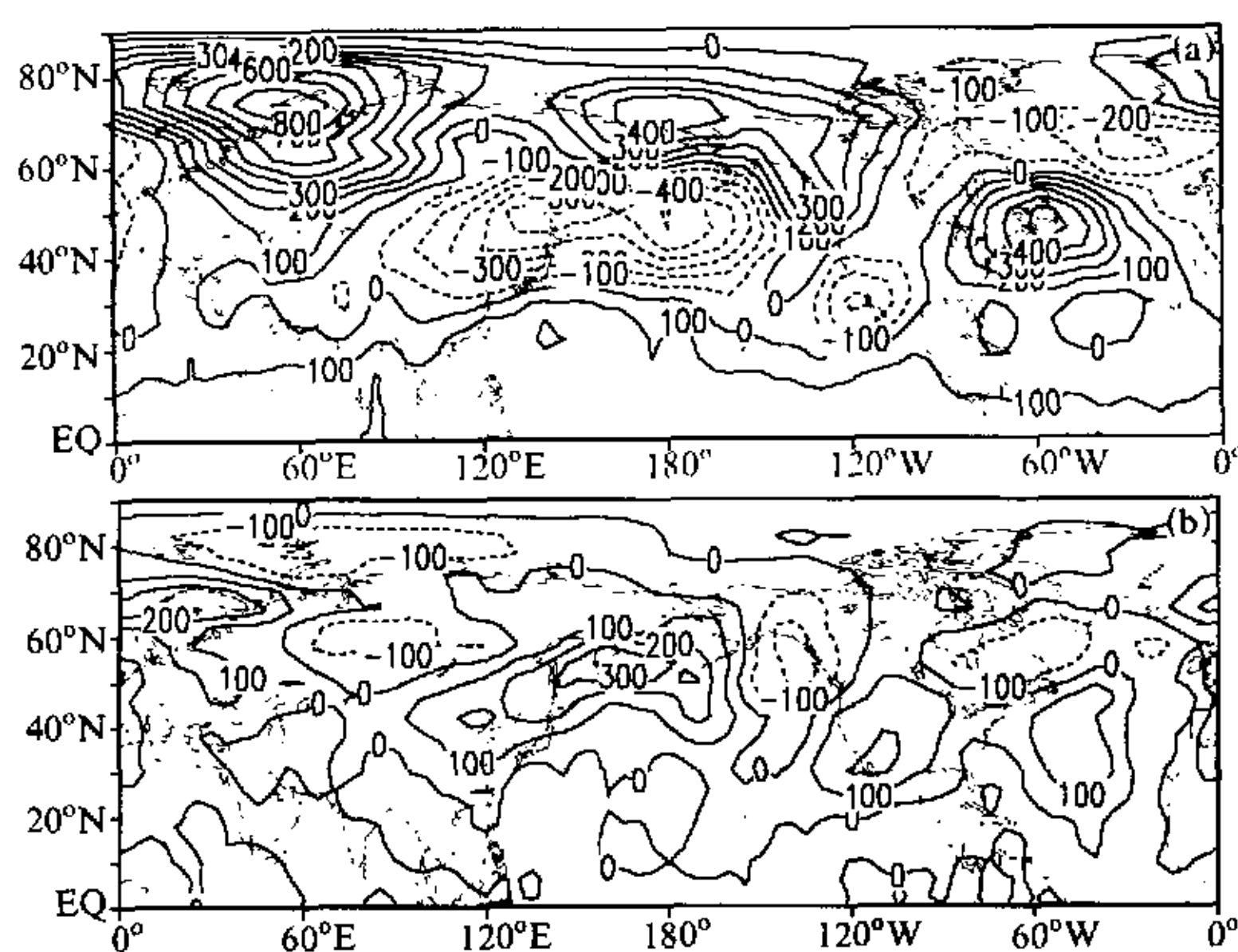


图 6 试验 B-A(a) 和 C-B(b) 的 500 hPa 高度异常响应场

综上所述,东太平洋暖海温期间印度洋东冷西暖异常海温,对亚洲初夏的天气气候有明显的的作用,这种东冷西暖的异常海温结构对索马里越赤道气流和 100°E 附近越赤道气流有重要影响。它通过减弱索马里越赤道气流使亚洲季风的子系统南亚季风更加减弱,从而使印度南部和孟加拉湾地区更加干旱;同时印度洋东冷西暖异常海温却对 100°E 附近越赤道气流有一定的增强作用,从而使初夏中南半岛降水增加,并在转向后使南海到华南东部的偏西风加强,华南中西部地区初夏降水减少,雨带东移,华南东部和中国东部沿海地区则降水增加。

这里自然会提出一个问题,相反的情况即印度洋东暖西冷异常海温,在东太平洋暖海温期间会对亚洲初夏的天气气候有什么影响?我们用赤道东太平洋暖海温和印度洋东

暖西冷异常海温作外源强迫, 得到输出场 D。图 7a、b 分别为试验 (D-A) 5~6 月 850 hPa 异常响应风场和降水场。如前面同样的分析, 从图 7a 可见, 虽然印度洋赤道热带地区仍有较强的异常东风, 但在非洲大陆海岸没有自北向南的异常越赤道气流, 即说明印度洋东暖西冷异常海温对跨赤道索马里气流没有减弱作用。与图 4b 相比, 图 7a 中印度次大陆北部的气旋性环流低压位置偏南, 孟加拉湾槽深厚, 孟加拉湾、中南半岛和南海为偏西风控制, 且在南海西部和北部湾有明显的南风分量, 此外在图 7 中可以注意到 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 赤道地区自南半球的异常越赤道气流不强。再看降水响应场 (如图 7b 所示), 异常雨区主要在孟加拉湾东部和中南半岛, 中国东部的雨区强度偏弱。东太平洋暖海温期间印度洋东暖西冷异常海温对初夏气候影响的这些特征, 特别是索马里越赤道气流和 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 附近越赤道异常气流的特征, 与印度洋东冷西暖异常海温的影响特征基本相反。事实上, 印度洋平均海表温度具有东暖西冷的特征, 这种海温梯度正是形成西南季风的最原始驱动力。因此, 印度洋海温东西向不同的梯度结构, 对季风系统必然有重要影响。

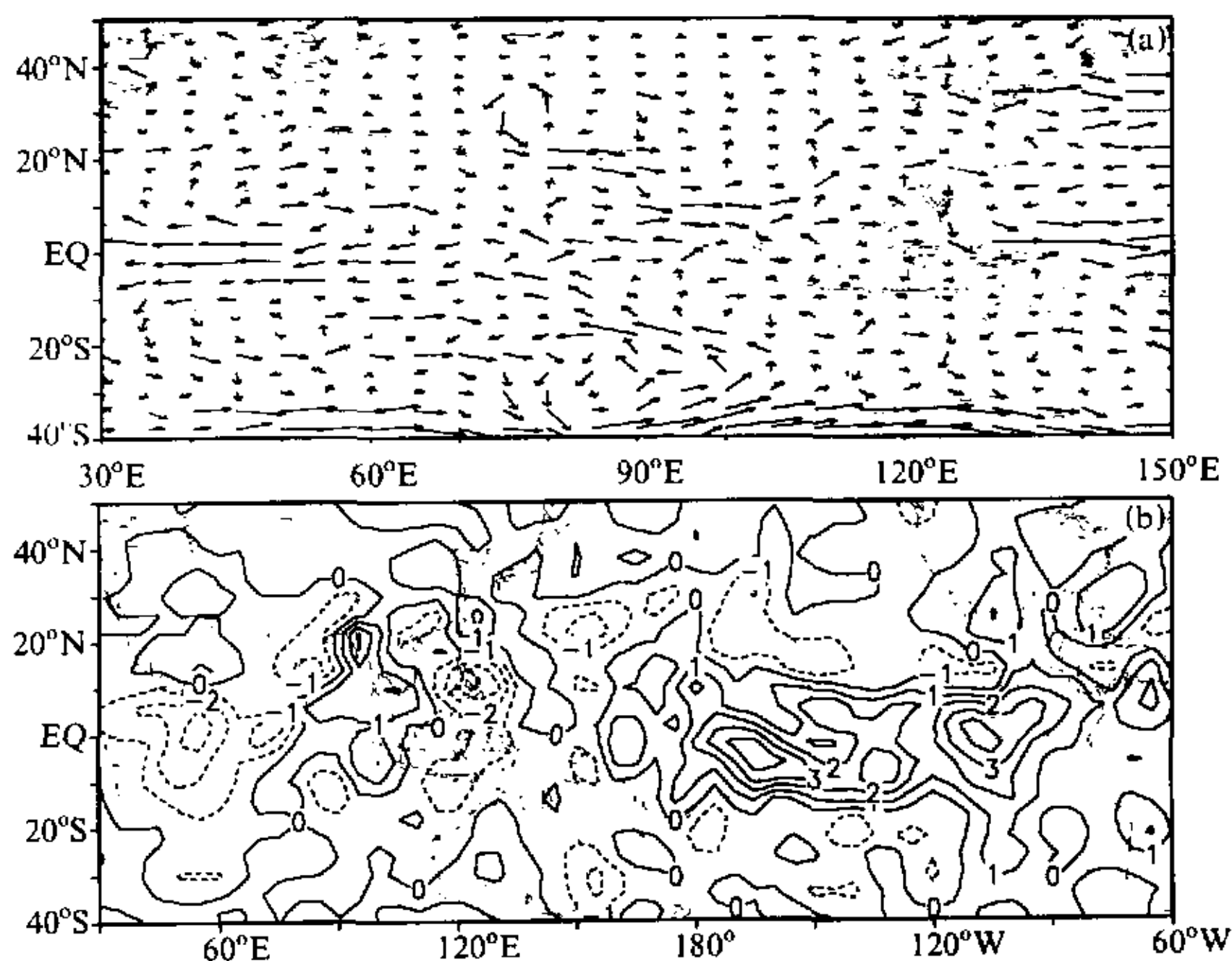


图 7 试验 D-A 的 5~6 月 850 hPa 异常矢量风场 (a) 和降水响应场 (b) (单位: mm/d)

4 数值模拟结果与观测的对比

为了与实际观测对比, 我们利用 1977 年到 1996 年 NCEP 资料对所关注的年份进行了风场的合成分析。从图 1b 中我们看到, 在 1951、1953、1968、1972、1976、1982、1986、1987、1991、1993 年共 10 个 El Niño 位相年中, 印度洋为东冷西暖的异常海表温度结构; 而 1965、1983、1994、1997 年的 4 个 El Niño 位相年中, 印度洋为

东暖西冷的异常海表温度结构。由于资料的限制,我们取 1982、1986、1987、1991 和 1993 年作为印度洋具有东冷西暖海温结构年,对 5 月和 6 月的 850 hPa 异常矢量风场进行合成得到图 8a;取 1983、1994 年作为印度洋具有东暖西冷海温结构年,对 5 月和 6 月的 850 hPa 异常矢量风场进行合成得到图 8b。从图 8a、b 可以看到,在印度洋东冷西暖海温结构年初夏,印度洋热带地区有异常东风存在,与西南季风环流反向的异常气流使索马里急流减弱,印度为异常反气旋环流控制,中国南部和华南沿海偏西风加强,西太平洋副热带高压减弱,100°E 到 120°E 赤道地区自南向北的越赤道气流加强;与此相反,在印度洋东暖西冷海温结构年初夏,印度洋热带地区仍有异常东风存在,范围有所增大。非洲东面的越赤道气流范围减小,印度基本为异常西风控制,印度次大陆北部有异常气旋环流,中南半岛、中国南部地区和南海西南风加强,且主要为南风分量,西太平洋副热带高压有所加强,100°E 到 120°E 赤道地区基本没有自南向北的异常越赤道气流存在。这些特征与数值模拟的结果基本一致。

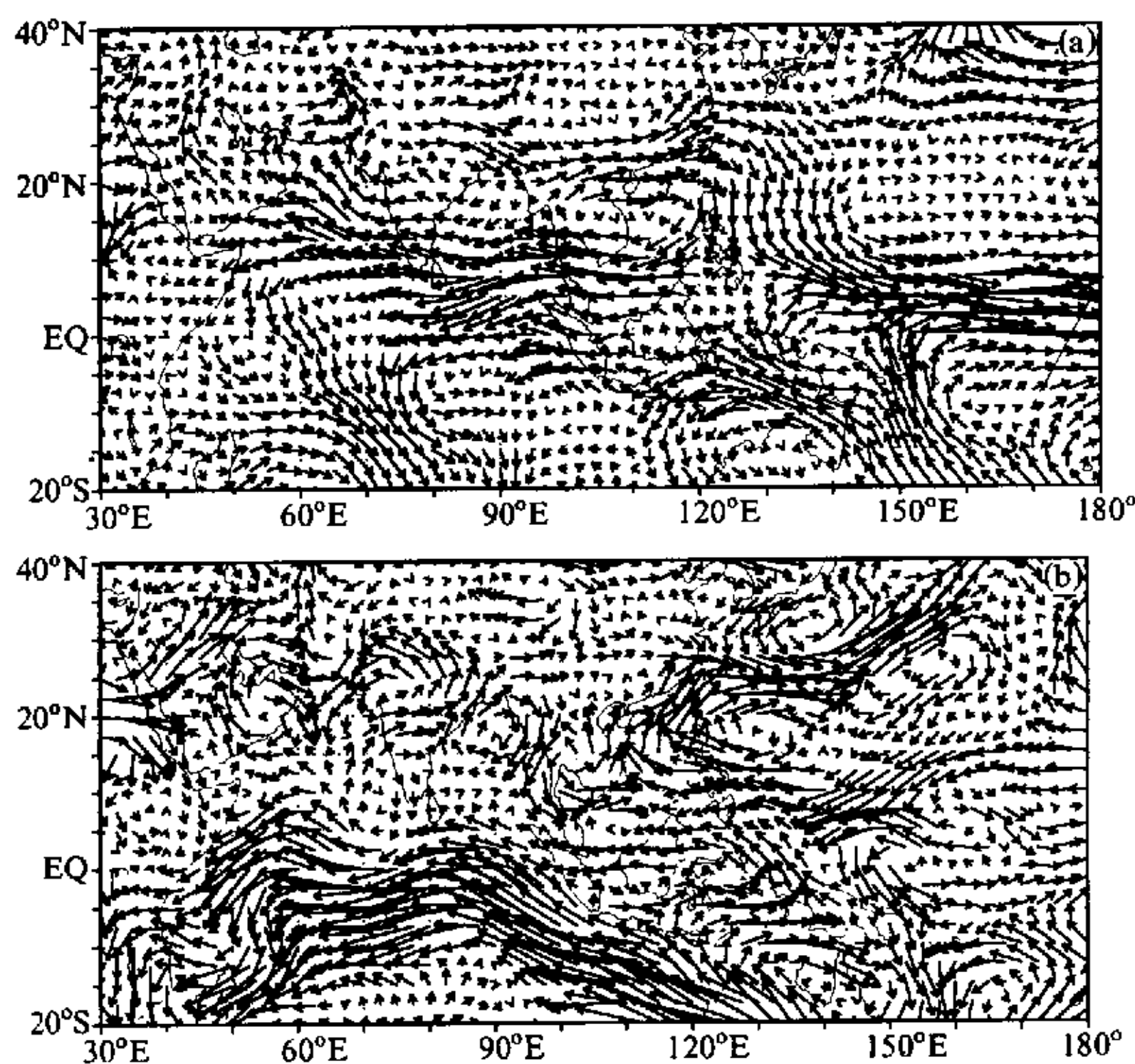


图 8 东冷西暖 (a)、东暖西冷 (b) 海温结构年
5 月和 6 月的 850 hPa 合成异常矢量风场

为与模拟结果比较,表 1 给出了中国南方几个城市在 El Niño 位相年印度洋东冷西暖海温结构下 5~6 月月平均降水距平的情况,我们选取成都、昆明以及福州、厦门 5~6 月月平均降水距平分别代表华南西部和东部地区的降水情况。

从表 1 我们看到,在 El Niño 位相期间,若印度洋具有东冷西暖的海温结构,华南西部的昆明和成都降水偏少的概率都为 70%,而在华南沿海地区的福州和厦门降水偏

表 1 El Niño 位相年印度洋东冷西暖海温结构下昆明、成都、福州、厦门
5~6 月月平均降水距平

年份	昆明	成都	福州	厦门
1951	-	-	+	+
1953	+	+	-	+
1968	-	-	+	+
1972	-	+	+	+
1976	+	-	+	-
1982	-	-	-	-
1986	+	-	-	+
1987	-	-	+	-
1991	-	+	-	+
1993	-	-	+	+

注: +为降水正距平, -为降水负距平

多的概率分别为 60%和 70%。

通过以上的资料分析我们可以看到, 尽管气候变化受多种因素的共同影响, 但本文的数值模拟结果和实际气候变化比较接近, 进一步证实了热带海温在气候变化中的重要作用。同时研究也表明, 除赤道东太平洋强信号区的异常海温外, 印度洋异常海温的作用也是不可忽视的。在 El Niño 位相期间, 印度洋不同的海温结构对越赤道气流异常, 印度、中南半岛及中国南方的降水分布有重要的影响。

5 小结

通过对 El Niño 位相期间, 赤道印度洋不同异常海温结构强迫的数值模拟研究和资料分析, 得到以下几点初步的结论:

(1) El Niño 位相期间, 除了赤道东太平洋的异常海温的显著影响外, 印度洋异常海温对亚洲初夏的天气气候也有明显的作用。

(2) El Niño 位相期间, 印度洋异常海温结构对索马里越赤道气流和 100°E 附近越赤道气流有重要影响, 从而也对印度、中南半岛及中国南方的降水分布有重要的影响。

(3) El Niño 位相期间的初夏, 若印度洋具有东冷西暖异常海温结构, 热带西印度洋越赤道气流减弱, 与西南季风环流反向的异常气流使索马里急流减弱, 印度为异常反气旋环流控制, 中国南部和华南沿海偏西风分量加强, 西太平洋副热带高压减弱, 100°E 到 120°E 赤道地区自南向北的越赤道气流加强。印度及孟加拉湾初夏降水减少, 中国南部雨带东移, 华南中西部地区初夏降水减少, 东部沿海地区则更加偏涝。

(4) El Niño 位相期间的初夏, 若印度洋具有东暖西冷异常海温结构, 则对西印度洋越赤道气流的减弱作用减小, 印度基本为异常西风控制, 印度次大陆北部有异常气旋环流, 中南半岛、中国南部地区和南海西南风加强, 且主要为南风分量, 西太平洋副热带高压有所加强, 100°E 到 120°E 赤道地区基本没有自南向北的异常越赤道气流存在。初夏孟加拉湾到中南半岛降水较多, 中国西南地区多雨, 而东部地区雨区降水减弱。

(5) 数值模拟结果与观测资料分析结果基本一致, 进一步表明了印度洋海温的重要

作用。

参 考 文 献

- 1 Rasmusson, E. M. and J. M. Wallace, Meteorological aspects of El Niño / Southern Oscillation, *Science*, 1983, 222, 1195~1202.
- 2 李崇银, 厄尔尼诺影响西太平洋台风活动的研究, *气象学报*, 1987, 45, 229~236.
- 3 Ropelewski, C. F. and M. S. Halpert, Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño / Southern Oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, 1987, 115, 1606~1626.
- 4 Shukla, J. and J. M. Wallace, Numerical Simulation of atmospheric response to equatorial Pacific sea surface temperature anomalies, *J. Atmos. Sci.*, 1983, 40, 1613~1630.
- 5 肖子牛、李崇银, 大气对外强迫低频遥响应的数值模拟 I. 对赤道东太平洋SSTA的响应, *大气科学*, 1992, 16, 707~717.
- 6 钱维宏, 地球系统中的ENSO循环理论研究和数值模拟, 兰州大学博士学位论文, 1995.
- 7 吴国雄、孙凤英、王晓春, 降水对热带海表温度的邻域响应II, 资料分析, *大气科学*, 1995, 19 (6), 663~676.
- 8 陈烈庭, 热带印度洋-太平洋海温纬向异常及其对亚洲夏季风的影响, *大气科学 (特刊)*, 1988, 142~148.
- 9 陈烈庭, 阿拉伯海-南海海温距平纬向差异对长江中下游降水的影响, *大气科学*, 1991, 15, 33~42.
- 10 陈月娟, 我国夏季风和降水与临近海洋水温关系的数值试验, *气候变化若干问题研究*, 北京: 科学出版社, 1992, 157~167.
- 11 毕训强, IAP 9L AGCM模式及气候数值模拟, 中国科学院大气物理研究所博士论文, 1993.
- 12 Liang Xingzhong, Description of a nine-level grid point atmospheric general circulation model, *Advances in Atmospheric Sciences*, 1996, 13, 269~298.
- 13 晏红明、肖子牛、谢应齐, 近50年热带印度洋海温度距平场的时空特征分析, *气候与环境研究*, 2000, 5(2), 180~188.
- 14 李崇银等, 南海夏季风爆发的大气环流演变特征, 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 5~12.

A Numerical Simulation of the Indian Ocean SSTA Influence on the Early Summer Precipitation of the Southern China during an El Niño Year

Xiao Ziniu and Yan Hongming

(Meteorological Bureau of Yunnan Province, Kunming 650034)

Abstract Based on the IAP 9L, experiments are designed to study the influence of the different SSTA structure over the India Ocean during El Niño on the early summer Asian monsoon and the early summer precipitation over the southern China. The results show that the affection of the SSTA over the Indian Ocean is significant. The different SSTA structures over the Indian Ocean have important impact on the cross-equatorial flow and the precipitation over India, the China-Indian Peninsula in the early summer during El Niño, which is basically in agreement with observations.

Key words: El Niño; sea surface temperature; Indian Ocean; monsoon; simulation