

文章编号: 1001-8166(2006)11-1109-10

影响我国短期气候异常的关键区:亚印太交汇区

吴国雄¹, 李建平¹, 周天军¹, 陆日宇¹, 俞永强¹, 朱江¹, 穆穆¹,
段安民¹, 任荣彩^{1*}, 丁一汇², 李维京², 何金海³, 王凡⁴,
于卫东⁵, 乔方利⁵, 袁东亮³, 齐义泉⁶

(1. 中国科学院大气物理研究所, LASG, 北京 100029; 2. 国家气候中心, 北京 100081; 3. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 4. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 5. 国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 6. 中国科学院南海海洋研究所, 广东 广州 510301)

摘要:围绕国家重点基础研究发展计划项目“亚印太交汇区海气相互作用及其对我国短期气候的影响”,介绍了“亚印太交汇区”(A IPO)的概念,从气候系统多圈层相互作用的角度,阐述了研究 A IPO 区海气相互作用的科学意义;在分析国内外海气相互作用影响气候研究发展动态的基础上,指出 A IPO 区是影响我国短期气候的关键区;研究 A IPO 区海气相互作用对我国短期气候的影响也是国民经济发展需要亟待解决的重要课题。介绍了项目拟研究的关键科学问题,指出该项目的最终研究目标为:揭示 A IPO 季节到年际尺度的海气相互作用特征,从而提出该关键区海气相互作用影响我国短期气候异常的理论框架,为改进东亚季风的季度—年际变化预测提供理论和方法。

关键词:亚印太交汇区;关键区;短期气候;海气相互作用

中图分类号: P46 **文献标识码:** A

1 引言

亚印太交汇区(A IPO)泛指亚洲大陆—太平洋—印度洋的交汇地区,主要包括东印度洋和西太平洋,北连亚洲大陆,南接澳洲大陆(图 1 中粗虚线所围区域)。这里有世界上范围最大、海表温度最高的大“暖池”(图 1 中阴影区),是全球热带对流最强、水汽含量最多的区域,海气相互作用极为强烈。我国位于亚欧大陆东南隅,面向太平洋,毗邻印度洋,气候变化受到海洋—陆地—大气相互作用的强烈影响。在 A IPO 区,印度洋洋流和太平洋流系在此贯通融汇;南亚季风、澳洲季风和东亚季风等三大

季风系统也在此交辉跌宕,夏季来自太平洋的水汽输送带和源于索马里、流经北印度洋的水汽输送带经此交汇区辐合调配后流向亚洲大陆^[1-3],直接调控着中国的旱涝灾害(图 1 中粗箭头)。以中国科学院大气物理研究所吴国雄院士为首席科学家、李建平研究员为首席科学家助理的国家重点基础研究发展计划项目“亚印太交汇区海气相互作用及其对我国短期气候的影响”,选择“亚印太交汇区”作为关键区,以该区域海—气相互作用为切入点,将从气候系统多圈层相互作用角度,系统研究“亚印太交汇区海—气相互作用特征及其影响我国季节—年际时间尺度气候异常的机理。其目的是要提高我

收稿日期: 2006-09-15; 修回日期: 2006-09-26.

* 基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目: “亚印太交汇区海气相互作用及其对我国短期气候的影响”(编号: 2006CB403600); 中国科学院创新团队国际合作伙伴计划“气候系统模式研发及应用研究”; 国家自然科学基金项目(编号: 40221503, 40523001)资助。

作者简介: 吴国雄(1943-), 男, 广东省潮阳县人, 中国科学院院士, 项目首席科学家, 主要从事天气和气候动力学。

E-mail: gxwu@lasg.iap.ac.cn

* 通讯作者: 任荣彩(1964-), 女, 河北赵县人, 副研究员, 主要从事气候动力学研究。E-mail: rrc@lasg.iap.ac.cn



图 1 “亚印太交汇区”(白色虚线)和主要海流(黑色细箭头)及水汽输送带(浅蓝色粗箭头)

Fig 1 Schematic of “the joining area of Asia and Indian-Pacific Ocean”(white dashed), the main ocean current (black thin arrows) and the water vapor transportation route (light blue thick arrows) around this area

国的短期气候预测水平,为减轻旱涝灾害损失提供理论根据,为国民经济和社会发展做出贡献。

2 问题的提出

2.1 我国经济发展需求

近年来,随着经济的发展,气象灾害所造成的经济损失也愈来愈严重。据统计,我国每年由于气象灾害造成粮食减产约 200 亿 kg,造成的经济损失高达 2 000 亿元,约占国民经济总产值的 3%~6% (图 2)。如 1998 年我国的特大洪涝灾害导致经济损失逾 2 600 亿元,死亡人数超过 3 000 人;1999 年长江流域再度严重洪涝,北方干旱高温,黄河断流。2005 年,台风共造成 7 074.6 万人(次)受灾,直接经济损失近 800 亿元。然而由于我们对影响我国短期气候异常的关键物理过程和气候可预报性的认识不足、气候预测模型的性能不高,目前我国短期气候预测的水平远不能满足国家需求。图 3 给出的是近 30 年来我国国家气候中心气候预测的技巧评分结果。可见,气候预测水平多年来提高的幅度并不明显,有徘徊不前的趋势,而且在长江流域异常洪涝的 1999 年和淮河流域异常洪涝的 2003 年,预报水平不能令人满意,说明我们对造成极端异常气候的认识水平尤其需要提高。因此理解气候系统演变规律,提高气候预测水平,减轻异常气候灾害损失已经成为我国政府十分关注的重大问题。

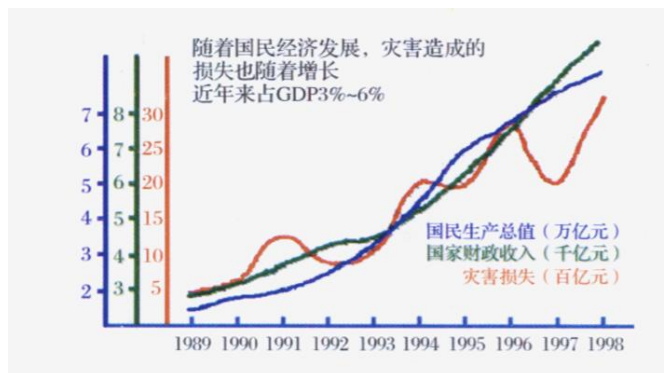


图 2 1978 年以来国民经济发展与气象灾害损失演变廓线(由中国气象局战略办公室提供)

Fig 2 Profiles of the rise of the national economics and the lossing due to the meteorological disaster since 1978 (Provided by the Strategy Office, China Meteorological Administration)

季度到年际尺度的短期气候异常及预测,更直接地关系到国家防灾减灾活动的部署,与国民经济年度计划的关系更为密切,是保障国民经济可持续发展的一个迫切需要研究的领域。

2.2 海气相互作用是气候变化的重要驱动力之一

气候系统由大气圈、水圈、岩石圈、冰雪圈和生物圈五大圈层组成,圈层之间的相互作用是气候系统中的基本物理过程。导致气候变化和大气运动的最终能源是太阳辐射,但直接驱动大气运动的能源

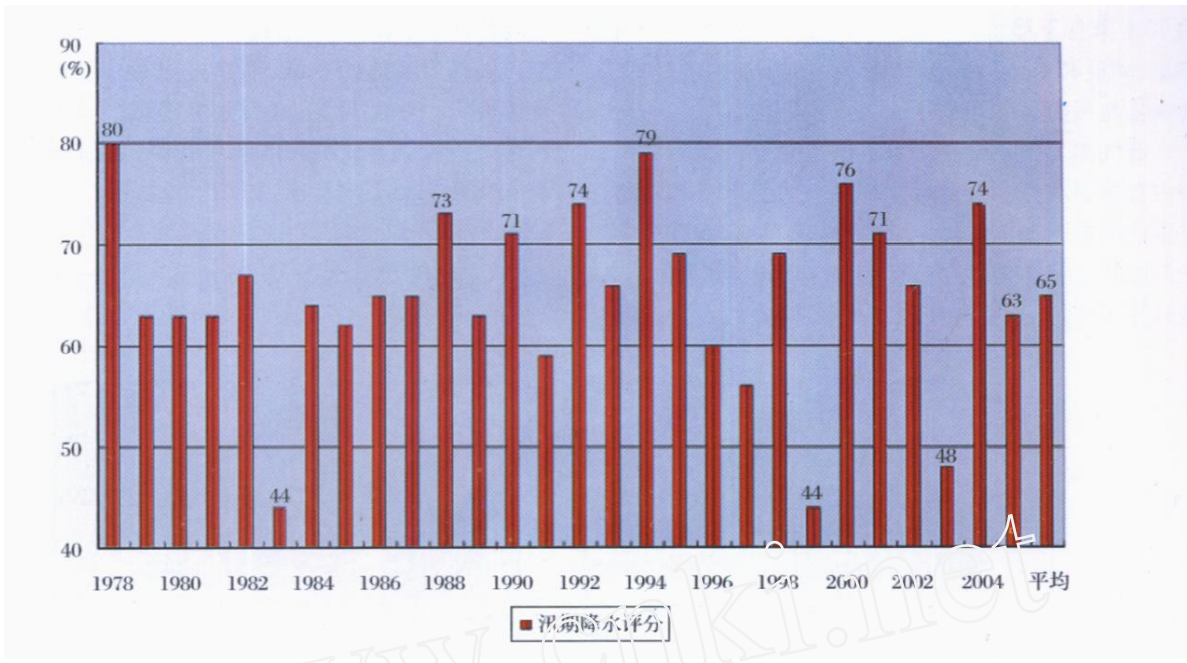


图 3 1978—2005 年国家气候中心 (NCC) 汛期预测降水评分 (由国家气候中心提供)

Fig 3 Skill of the precipitation prediction of the National Climate Center (NCC) during the flood seasons from 1978 to 2005 (Provided by NCC)

注:评分值 (竖轴) $P = 100 \times (N_0 + f_1 \times n_1 + f_2 \times n_2) / (N + f_1 \times n_1 + f_2 \times n_2)$, 其中 N_0 为距平符号预报正确、以及预报和实况虽距平符号不同但都属正常级的站数; N 为参加评分范围内的总站数; n_1 、 f_1 和 n_2 、 f_2 分别为一级异常和二级异常预报正确的站数和权重系数。一级和二级异常的权重系数 (f_i) 与月或季的降水距平百分率或平均气温距平一级或二级异常出现的气候概率 (P_i) 成反比, 称之为反比权重系数

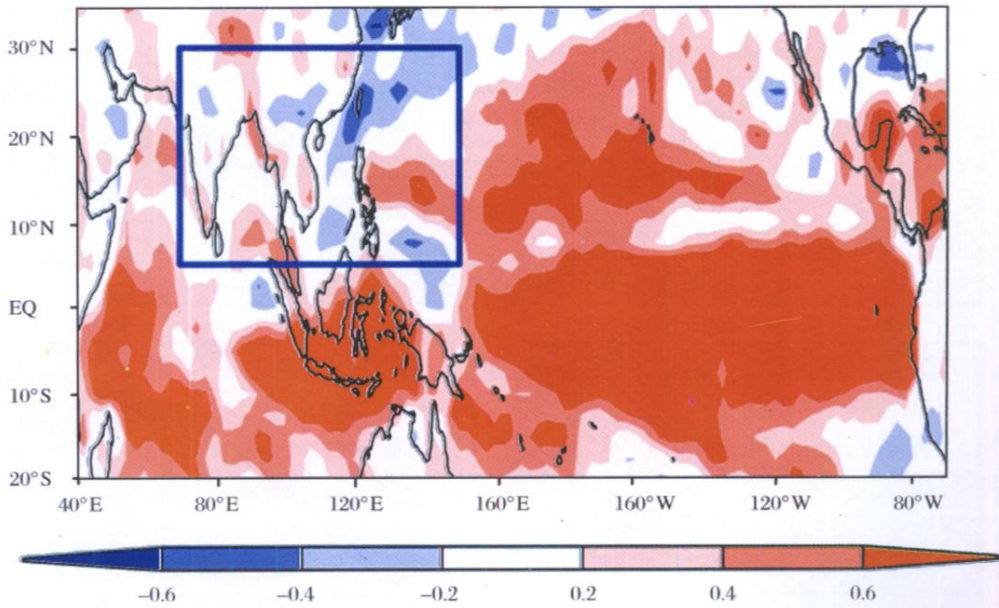


图 6 观测降水和 5 个大气环流模式集合预报平均降水的相关系数^[10]

Fig 6 Correlation coefficients between the observed and simulated June-August precipitation anomalies from five model multi-ensemble mean

这 5 个模式分别来自:美国环境预报中心 (NCEP), 日本气象局 (JMA), 美国国家航天局 (NASA) 海—陆—气研究中心 (COLA) 和汉城国家大学 韩国气象局 (SNU/KMA)

The five models are from National Center for Environment Prediction (NCEP); Japan Meteorological Agency; Center for Ocean-Land-Atmosphere (COLA), National Aeronautical and Space Agency (NASA); and Seoul National University/Korea Meteorological Administration (SNU/KMA)

约 70%来自下垫面^[4]。发生在海陆气交界面上的能量、动量和水分交换是维持气候的基本物理过程,其变化与气候系统异常密切相关。

海气相互作用在气候系统圈层相互作用的研究中占有重要地位。这是因为:第一,大气上界的净辐射通量在低纬地区盈余,在高纬地区亏损,为保持整个系统的能量平衡,在低纬与高纬之间需要很强的经向能量输送,而海洋环流在经向热输送中发挥着

重要作用^[5];第二,到达地球表面的辐射能有一半被表面蒸发潜能所平衡,而蒸发过程主要发生在海洋表面^[4]。由此可见,对发生在海陆气交界面上的物理过程及其变化的理解水平和模拟能力将直接影响气候预测的准确程度。

2.3 “亚印太交汇区”是关键区

“亚印太交汇区”(图 1)包括“亚洲—太平洋”、“亚洲—印度洋”和“印度洋—太平洋”3个子交汇区。

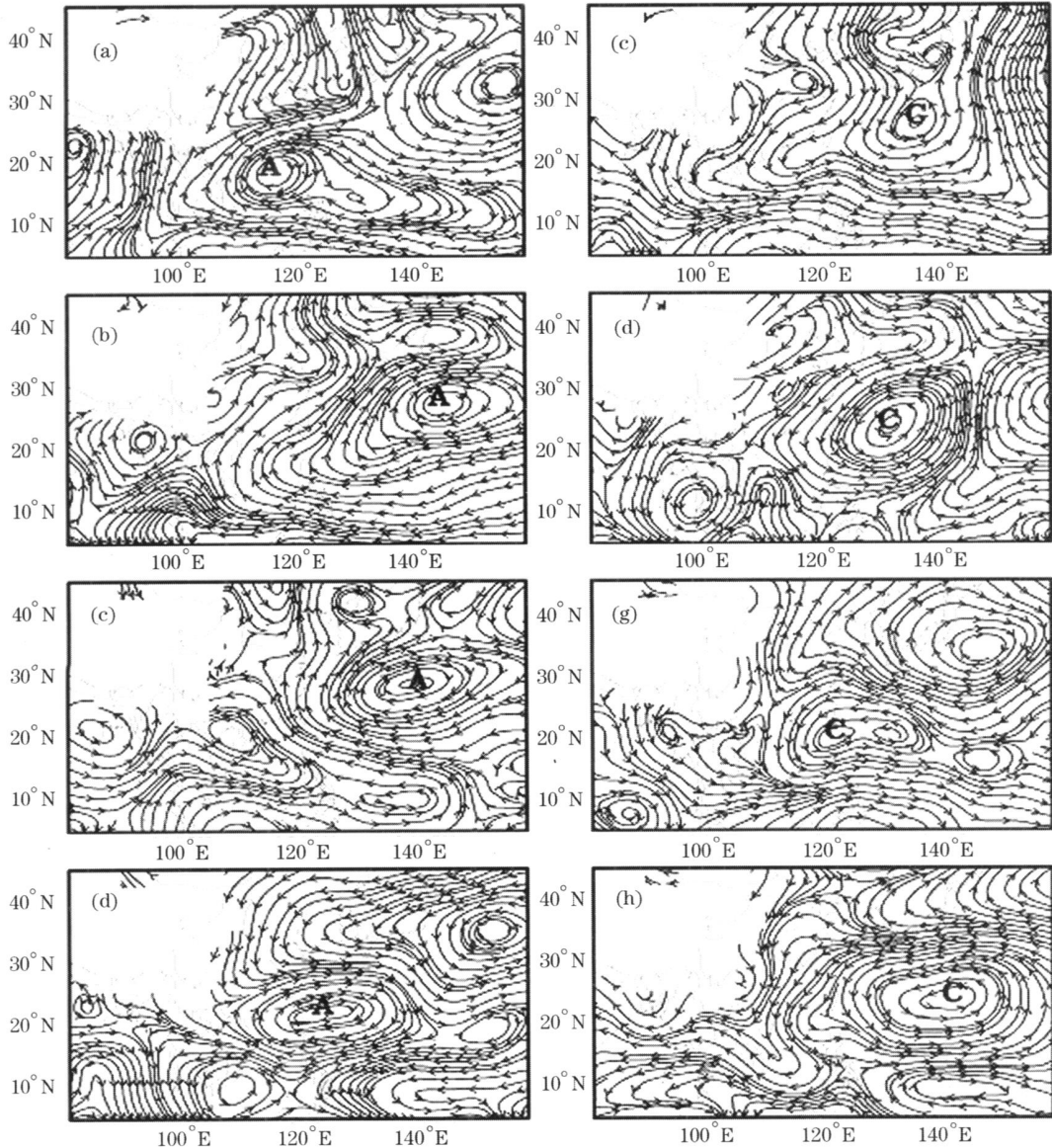


图 4 长江流域特涝月(图 4a~d)和特旱月(图 4e~h)西太平洋地区 850hPa 流场距平分布^[7]

Fig 4 Circulation anomalies at 850hPa in the extreme flood (Fig 4a~d) and drought months

(a) 1973年 5月; (b) 1998年 6月; (c) 1969年 6月; (d) 1980年 8月; (e) 1986年 5月;

(f) 1958年 6月; (g) 1963年 6月; (h) 1978年 7月

(a) May of 1973; (b) June of 1998; (c) June of 1969; (d) August of 1980; (e) May of 1986;

(f) June of 1958; (g) June of 1963; (h) July of 1978

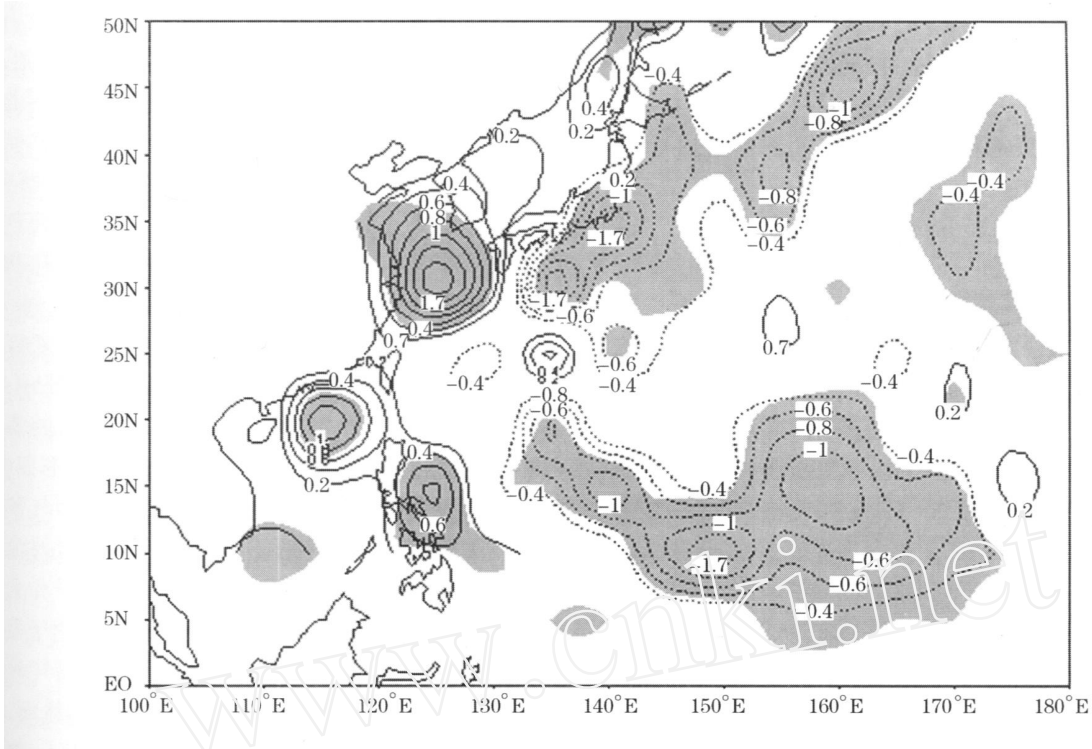


图 5 西北太平洋暖池强暖年与强冷年 7—10 月份台风活动次数的平均差异^[18]

Fig 5 Difference of composite frequencies of Tropical Storms from July to October between warm and cold years

阴影部分代表均值差超过 90%信度的 t 检验

在“亚洲—太平洋”交汇区,上层海洋北太平洋热带和副热带流涡、黑潮等西边界流的巨大经向热量输运可影响着东亚气温和降水(图 1 细箭头);其上空的西太平洋副热带高压异常与发生在我国的大范围持续性旱涝息息相关^[6]。图 4 分别给出了长江流域不同年份 4 个特涝月和 4 个特旱月西太平洋低空 850 hPa 环流距平的分布^[7],可见特涝月时西太平洋低空反气旋环流(图中 A 对应副热带高压偏强)盛行;特旱月时气旋性环流(图中 C 对应副热带高压偏弱)盛行。

海气相互作用更是直接影响着台风活动的变异,图 5 是热带风暴及台风(TSTY)活动次数在西太平洋暖池次表层海温强暖年与强冷年的平均差异(强暖—强冷)^[18]。可见暖池次表层海温与生成的 TSTY 个数具有显著相关,暖池处于热状态时,台风偏少,台风的活动路径偏西,因此对我国的可能影响较大。而暖池处于冷状态时,生成于西北太平洋东南侧的台风较为频繁,台风的活动路径多偏东,对东亚沿岸的影响小。

在“亚洲—印度洋”交汇区,与季风环流密切相关的印度洋海气耦合模态的生命周期较短,具有显著的季节变化特征,云辐射和海气相互作用过程激

烈,影响海温变化的动力过程复杂^[9,10]。与海面热状况变化直接关联的海面水分蒸发,可影响季风环流所输送的水汽多少,从而调控东亚旱涝的发生^[2]。另外,处于青藏高原和印度洋强烈的海陆热力对比背景下的海气相互作用过程更是直接影响着亚洲季风的爆发与异常变化^[11-13]。

在“印度洋—太平洋”交汇区,以“西太平洋—东印度洋大暖池区”赤道海洋斜温层、沃克(Walker)环流和季风环流等为背景,海气相互作用把 EN-SO 和亚澳季风系统^[14]及“对流层准两年振荡”(TBO)活动中心紧密地联系在一起^[15],调节着亚洲季风区的水汽和各种能量的输送^[1];印太区域海气耦合系统的季节内振荡和年际振荡直接影响着季风的爆发、发展和我国的旱涝异常^[16]。

东亚季风区的水分循环是联结上述 3 个交汇区海气相互作用过程的纽带,亚洲夏季风的爆发实际上开启了从印度洋经阿拉伯海、孟加拉湾、南海到我国大陆的水汽通道^[2,3](图 1 箭头所示);随着西太平洋副高和北太平洋流涡的北移,频繁西移的热带气旋也为我国带来充沛降水,这些过程的变化均直接受“亚印太交汇区”海气相互作用过程的影响,与我国的旱涝变化密切相关。

综上所述,发生在“亚印太交汇区”的海气相互作用影响着 ENSO 的生消循环,制约着西太副高和台风的活动,调制着亚洲夏季风的爆发、推进、中断和终结,该区域是影响我国短期气候变异的关键海气相互作用区。

3 国内外研究进展和发展趋势

3.1 国际研究进展和发展趋势

20 世纪后期,国际社会对提高气候预测准确率的需求日益增长。为此,WCRP 制定并实施了一系列重大科学研究计划,包括已完成的“热带海洋和全球大气”(TOGA)、“世界大洋环流试验”(WOCE)、以及正在实施的“气候变率及其可预报性”(CLMAR)和“全球能量和水循环试验”(GEWEX)等。与这些核心科学研究计划相关的,还有“全球气候观测系统”(GCOS)、“全球海洋观测系统”(GOOS)和“全球分析、集成与模拟”(GAM)等观测系统建设。此外,涉及海陆气多圈层相互作用的重重大国际核心研究计划还有“表层海洋—低层大气相互作用研究”(SOLAS)等^[17]。

WOCE 计划持续了 12 年,是截至目前最大和最成功的全球海洋研究计划,其主要成果包括:显著改进了海洋观测技术(现场观测和卫星搭载观测);获得了大量的海洋观测资料(大大超过历史上所有海洋观测数据的总和);首次定量地评估了海洋环流在气候系统中的作用;增进了对物理海洋过程的理解;改进了天气和海洋预测以及气候研究中所使用的海洋模式。TOGA 计划的成功直接推动了其后全球 ARGO 观测的实施。GEWEX 第一阶段已经完成,其主要成果是建立了包括云量、降水、水汽、表面辐射和气溶胶的 10~25 年全球数据集,该数据集作为第一套全球资料,为研究季节、年际和区域气候变化提供了新的基础。

过去的 25 年中,通过协调全球的观测研究、过程研究以及模拟研究,WCRP 联合其它研究计划,已经显著地改善了气候观测系统,发展了复杂的耦合气候系统模式,并推动了同化技术和预测系统的发展。在取得上述成就的基础上,WCRP 自 2005 年开始执行其最新的十年计划(2005—2015 年)“地球系统的协调观测和预报”(COPES),目标是加强对包括大气、海洋在内的地球系统中气候和环境等的观测,促进对地球系统变异性、变化协调性的综合分析预测等。季风系统的研究和预测依然是 COPES 的主要研究内容之一^[18]。

除了上述众多全球性的观测计划,美国政府还开展了一些针对北美气候变化的区域研究计划,如 2004 年实施的“北美季风实验”(NAME),针对北美季风系统,在海—陆—气年周期变化的背景下,研究季风的变率;2001 年实施的“东太平洋气候研究”(EPIC),主要关注热带东太平洋深对流以及海气耦合对海洋混合层和暖池海面温度的影响;还有 1998 年实施的“北冰洋海面热通量”(SHEBA)计划^[17]。在东亚区域,日本大气和海洋界也准备进行后“GEWEX 亚洲季风试验”(GAME)计划(MAHASRD),将着眼于亚洲—印度洋—太平洋区域的海陆气相互作用过程,开展亚洲季风的观测和预测研究。

上述国际研究计划的主要特点是,针对气候变化,在气候系统多圈层相互作用的背景下,关注海—陆—气相互作用过程,立足获得系统的海洋和大气观测资料,用于研究分析气候演变规律,和用于发展提高海—气耦合模式系统的模拟能力,提高气候预测水平。且如上所述已经取得显著成效。然而,在影响我国气候异常的关键区“亚印太交汇区”,迄今还缺少系统性的观测计划,因此关于该区域的观测数据尚十分缺少。由于缺少数据,我们对该区域的海气相互作用规律尚知之不多。正因为如此,目前各国气候模式的模拟能力普遍在此区域(图 6 中蓝色方框区)相对最低(相关系数小)。最新对夏季季风区降水的模拟研究还指出,海—气双向耦合过程对季风区的气候变化至关重要,仅仅考虑海面温度对大气的强迫可能是目前季风降水模拟失败的重要原因^[10]。

另外,美国国家海洋和大气管理局(NOAA)在最新制订的 2006—2010 年战略规划中,把有预见性地理解一周到年代尺度全球气候变率,和为决策者提供充分的信息和根据,列为气候使命计划的首要目标(NOAA 2006—2011 战略规划)。说明对短期气候变率的认识和预测问题是当今各国决策部门最为关注和急需的重点问题。

3.2 国内研究现状和水平

3.2.1 “亚印太交汇区”海气相互作用研究需要加强

20 世纪 80 年代以来,我国先后制定并实施了一系列理论研究和试验计划。在理论研究方面,主要有“七五”期间的中国科学院重大基础项目“热带西太平洋海气相互作用与年际气候变化研究”;“八五”期间的国家攀登项目“气候动力学和气候预测理论的研究”;中国科学院重大项目“我国灾害性气候的形成机制和预测研究”;“九五”期间的国家重

点攻关项目“我国短期气候预测系统的研究”、国家重点基础研究发展计划(973)首批启动项目“我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究”和“中国近海环流形成变异机理、数值预测方法及对环境影响的研究”、“十五”期间的中国科学院重要方向项目“海陆气相互作用及其对我国气候的影响”等。通过上述项目的实施,提出了“东亚气候系统”、“东亚季风—暖池—ENSO循环相互作用”^[19]、“青藏高原感热气泵”^[20]和“高原大气热力适应”^[21,22]等有关我国气候灾害形成机理的新理论,初步构建了大洋环流模式和海气耦合模式^[23]、提出了海浪—环流耦合理论^[24],加深了中国近海环流系统的总体框架认识(<http://www.agu.org/journals/ss/CHINA/SEAS1/>),并建立了短期气候预测系统。但也提出了一个问题,即“需要从广大区域海陆气相互作用变异的角度的去研究季度到年际尺度气候问题”^[19,25]。的确,迄今的海气相互作用研究多偏重于海表温度异常与气候异常的联系;利用海陆气表面通量,从海—陆—气相互作用的角度去研究气候变异的工作还处于起步阶段。众所周知,ENSO异常与我国降水分布密切相关,但ENSO循环与我国气候的联系却不是简单的对应关系,它同时受到“亚印太交汇区”海气相互作用的调控。如1997—1998年ENSO为厄尔尼诺暖位相,根据ENSO位相和青藏高原积雪等与我国降水距平的统计关系,许多研究单位和国家气候中心成功地预测了1998年我国降水为长江中下游地区的洪涝。然而在1998—1999年,因为ENSO由厄尔尼诺暖位相转变为拉尼娜冷位相,大气界和国家气候中心普遍预测1999年长江中下游地区降雨为负距平,但实况却出现了正距平等。由此可见,简单地用海温异常预报降水,或仅考虑ENSO信号预报我国夏季降水是不够的。尤其在ENSO信号不太强的时候,“亚印太交汇区”的海气相互作用可能对我国的降水起着主导性作用。

3.2.2 “亚印太交汇区”系统性海—气相互作用观测不足

我国已经组织实施的观测试验包括,国家自然科学基金委员会的“淮河流域水分和能量循环试验”(HUBEX)重大基金,国家科技部的“973”项目“青藏高原地表物理过程及其对全球和我国气候影响试验研究”(TIPEX)、“华南暴雨试验”(HUA-MEX)和“南海季风试验”(SCSMEX)等,积累了大量外场观测数据。此外,中美“热带西太平洋海气

相互作用联合调查研究”和TOGA-COARE强化观测等项目,对黑潮、西太平洋流系等进行了调查,发现了“棉兰老潜流”^[26];目前,受“太平洋—印度洋暖池的ARGO观测和研究”(2003—2007)、“Java沿岸上升流的潜标观测”(2006—2007)等科技部国际合作重点项目支持,我国正在积极参加CLMAR/GOOS印度洋工作组框架内的有关国际合作,在热带印度洋—太平洋开展气候断面观测,这是我国首次在印度洋开展海洋观测。上述项目观测资料的积累,可以作为“亚印太交汇区”海气相互作用及其对我国气候的影响研究的基础资料。

然而,需要指出的是,场地观测试验涉及“亚印太交汇区”海气相互作用的还不多,且存在时空不连续的缺陷。因此,在这一影响我国气候的海气相互作用关键区的关键地点进行系统性的观测试验,非常必要。

3.2.3 年际—季节尺度气候研究填补我国“973”基础研究计划空白

气候变化具有长趋势、慢周期、百年际、年代际、年际及季度等多时间尺度的特征。我国已开展的许多大型研究计划,如正在进行中的国家自然科学基金委员会“中国西部环境和生态科学”与“全球变化及其区域响应”科学计划、以及国家重点基础研究发展计划(973)项目“北方干旱化与人类适应”等,多是从陆气相互作用的角度去揭示年代际尺度以上的长期趋势性的气候变化规律,并探求人类活动的影响等。关于天气尺度突发性灾害的研究则有“我国南方致洪暴雨监测与预测的理论和研究方法”,建立海气相互作用影响季节—年际尺度气候变化的国家重点基础研究发展计划(973)项目,将有助于完善现有的重大研究计划。

4 关键科学问题和主要研究内容

根据项目立项计划任务书,本项目以相关国际计划的实施契机,在集成国内外已有的相关成果的基础上,拟围绕“亚印太交汇区海气相互作用的特征、规律和成因及其影响我国短期气候异常的机制”这一核心主题,解决下面2个关键科学问题:

(1) 在海—陆热力差异的背景下,揭示交汇区之“亚洲—太平洋”、“亚洲—印度洋”、“印度洋—太平洋”区域季节到年际尺度的海气相互作用物理过程及演变规律、热量与水汽输送特征及变化规律、海气耦合的反馈激发机制,及其影响我国短期气候异常的原因。

(2) 改进东亚季风区云—辐射反馈、上层海洋和海气界面交换等物理过程参数化方案,并研制更强模拟能力的大洋环流模式、海气耦合模式及同化系统;从而获取提升我国季度到年际尺度的气候预测能力的理论和方法。

围绕上述关键科学问题,主要开展的研究内容包括:

(1) 关键区域的海气过程补充观测和卫星遥感资料应用。通过在“亚印太交汇区”海气相互作用的关键区域进行浮标阵列、潜标、XBT断面以及铁塔观测,并结合卫星遥感信息,获取该区域关键断面上的上层海洋温盐、流场以及海表通量资料。

(2) 西太平洋流涡相互作用过程及其与副热带高压活动的关系。重点关注“亚印太交汇区”之“亚洲—太平洋”(A-P)区域,研究太平洋热带—副热带流涡相互作用及西太平洋热量特别是黑潮的经向分配过程,太平洋热带—副热带流涡与副热带高压的相互作用,以及海气耦合对台风强度、频数和路径的年际变率的影响。

(3) 印度洋海气相互作用及其对亚洲季风异常的影响。重点关注“亚印太交汇区”之“亚洲—印度洋”(A-I)区域,研究印度洋海气相互作用对亚洲季风及其准两年变化的影响,青藏高原与印度洋热力差异对东亚季风的影响,以及影响亚洲季风爆发的关键海气耦合过程。

(4) 西太平洋—东印度洋暖池海气耦合过程对我国气候的影响。重点关注“亚印太交汇区”之“印度洋—太平洋”(I-P)交汇的大暖池区域,研究暖池演变过程、特征与年际气候异常的关系,印度洋纬向模和 ENSO 的耦合及其与亚洲季风异常的关系,以及季节内振荡 (ISO) 和 TBO 对我国气候的影响及其机理。

(5) 亚洲季风区水分循环和变异机制。重点关注“亚印太交汇区”的海气相互作用对贯穿上述 3 个子区域的水分循环及其对我国旱涝变化的影响,研究海洋热力和动力过程对亚洲季风区水分循环的影响,亚洲季风与水汽输送之间的相互联系,以及印太交汇区水汽输送异常对中国旱涝灾害的影响。

(6) 海陆热力差异对海气相互作用的调控。其任务是在“亚印太地区”海陆热力差异背景下,阐明海陆热力差异调控海气相互作用的方式和机制,揭示其所造成的季节—年际尺度大气环流异常的特征,探究区域云覆盖和云结构异常变化与海—陆热力差异的相互作用,并研究上述过程对我国短期气

候变化的影响。

(7) 海气耦合模式的发展与改进。在评估现有耦合气候模式的基础上,探索新一代大洋环流模式发展的途径,深入认识上层海洋垂直混合和海气界面通量交换过程,阐明这些过程对海洋、大气环流系统的影响机理,进而应用到海气耦合数值模式中,提高耦合模式在“亚印太交汇区”的模拟能力,并为本项目其他课题提供数值试验平台。

(8) 海洋资料同化及东亚气候可预报性研究。研究可用于大洋环流数值预报的海洋资料同化技术与方法,阐明影响 ENSO 和季风可预报性的主要因素,探索改进 ENSO 和季风预报的新途径。发展一个高分辨率的“亚印太交汇区”海洋资料变分同化系统,并结合现有海洋观测资料,建成一套高质量的“亚印太交汇区”海洋再分析资料,为国内外相关研究和业务部门提供数据基础。

5 主要科学目标

该项目基于前期关于青藏高原及其邻近海域海气相互作用影响亚洲季风的研究成果,明确提出了“亚印太交汇区”的概念,聚焦这一关键海气相互作用区域研究其对我国短期气候异常的影响。该区域海气相互作用对气候的影响也是当今国际气候研究的先进科学问题,属于 CLMAR 和新近制定的 COPEs 计划的核心研究内容,将对认识我国短期气候异常规律及提高我国季度、年际气候预测水平有基础性的意义。

把发生在“亚印太交汇区”海气界面上的能量、动量和物质交换过程作为揭示影响我国气候异常因子的切入点,通过揭示西太平洋海洋热状况、海洋环流和热量、水汽输送影响副热带高压的规律;认识青藏高原—印度洋热力差异背景下的海气相互作用过程对亚洲季风的影响;明确西太平洋—东印度洋暖池区的“季风—暖洋面”相互作用影响下的季节内—年际尺度振荡对季风活动和我国短期气候的影响。以东亚季风区的水分循环过程为纽带,把“亚印太交汇区”海气相互作用及其对我国短期气候的影响作为一个整体来研究,最终将提出“亚印太交汇区”海气相互作用影响我国季度到年际尺度气候异常的理论框架。

通过系统的海气观测资料的分析,在理解“亚印太交汇区”海气相互作用过程的基础上,不断改进模拟方案,发展一套模拟亚洲季风和海洋环流系统能力更强的大洋环流模式及其海气耦合模式系

统,提出改进东亚季风的季度—年际变化预测的理论和方法,同时为气候研究提供强有力的模拟工具和数值试验平台。

利用海气补充观测,并结合卫星遥感信息和现有观测资料,发展“亚印太交汇区”变分海洋资料同化系统,形成“亚印太交汇区”高质量海洋再分析资料,为研究该区域海气相互作用过程提供进一步的资料基础。这在国际上也将产生一定影响。

总之,通过该项目的实施,将使我国的气候研究向全球多圈层相互作用的研究方向迈出重要一步;通过“亚印太交汇区”海—气相互作用这一国际前沿问题的研究,将逐步扩大我国海—气相互作用研究在国际上的影响,确立我国在该领域的优势地位,造就一批在“亚印太交汇区”海气相互作用方面具有国际影响力的青年科学家。在满足国家需求方面,该项目的实施将为短期气候预测水平提高,为国民经济年度规划,提供更有力的理论决策依据。

致谢:本文主要依据国家重点基础研究发展计划(973)项目“亚印太交汇区海气相互作用及其对我国短期气候的影响”的申报书撰写的,该申报书是在项目申报过程中,由参与项目申报的所有科学家共同完成的,作者为项目起草小组成员。此外,钱维宏、胡敦欣、李崇银、黄荣辉、王会军、王斌、刘屹岷、阎俊岳等分别参与完善项目申报书的多次讨论;本文由任荣彩执笔撰写,在此表示衷心谢忱。

参考文献 (References):

- [1] Zhou T J, Yu R C Atmospheric water vapor transport associated with typical anomalous summer rainfall patterns in China[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2005, 110: D08104, doi: 10. 1029/2004JD005413.
- [2] Ding yihui Water Vapor Budget in Monsoon Area: Asia Monsoon [M]. Beijing: Meteorological Press, 1994: 105-133. [丁一汇. 季风区的水汽收支: 亚洲季风 [M]. 北京: 气象出版社, 1994: 105-113.]
- [3] Li W P. Moisture flux and water balance over the South China Sea during late boreal spring and summer[J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 1999, 64: 179-187.
- [4] Peixoto J P, Oort A H. *Physics of Climate*[M]. New York: American Institute of Physics Press, 1992 [吴国雄等译. 气候物理学 [M]. 北京: 气象出版社, 1995.]
- [5] Ganachaud A, Wunsch C. Improved estimates of global ocean circulation, heat transport and mixing from hydrographic data [J]. *Nature*, 2000, 408 (23): 453-457.
- [6] Wu Guoxiong, Chou Jifan, Liu Yin, et al Dynamics of the Formation and Variation of Subtropical Anticyclone [M]. Beijing: Science Press, 2002: 314. [吴国雄, 丑纪范, 刘屹岷, 等. 副热带高压形成和变异的动力学问题 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 314.]
- [7] Zhang Qiong, Liu Ping, Wu Guoxiong SST in Indian Ocean and the Southern China Ocean and the drought/flood in Yangtze regions [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2003, 27 (6): 992-1005. [张琼, 刘平, 吴国雄. 印度洋和南海海温与长江流域旱涝 [J]. 大气科学, 2003, 27 (6): 992-1005.]
- [8] Chen Guanghua, Huang Ronghui The effect of warm pool thermal states on tropical cyclone in West Northwest Pacific [J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2006, 22 (6): in press [陈光华, 黄荣辉. 西北太平洋暖池热状态对热带气旋活动的影响 [J]. 热带气象学报, 2006, 22 (6): 待刊.]
- [9] Yu W, Xiang B, Liu L, et al Understanding the origins of interannual thermocline variations in the tropical Indian Ocean [J]. *Geophysical Research Letters*, 2005, 32: L24706, doi: 10. 1029/2005GL024327.
- [10] Wang B, Ding Q, Fu X, et al Fundamental challenge in simulation and prediction of summer monsoon rainfall [J]. *Geophysical Research Letters*, 2005, 32: L15711, doi: 10. 1029/2005GL022734.
- [11] Flohn H. Large-scale aspects of the "summer monsoon" in South and East Asia [J]. *Journal of Meteorological Society of Japan*, 1957, 35: 180-186.
- [12] Wu Guoxiong, Zhang Yongshen Tibetan Plateau forcing and the timing of the monsoon onset over South Asia and the South China Sea [J]. *Monthly Weather Review*, 1998, 126: 913-927.
- [13] Liu Y M, Chan J C L, Mao J Y, et al The role of Bay of Bengal Convection in the onset of the 1998 South China Sea summer monsoon [J]. *Monthly Weather Review*, 2002, 130: 2731-2744.
- [14] Wu Guoxiong, Meng Wen The gear-like coupling of air-sea systems between equatorial Indian and Pacific Ocean [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 1998, 22 (4): 470-480. [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 [J]. 大气科学, 1998, 22 (4): 470-480.]
- [15] Li T, Wang B, Chang C P. Theories on the Tropospheric Biennial Oscillation: A Review [C]. *IAAP/Academia Sinica, ed Dynamics of Atmospheric General Circulation and Climate*. Beijing: China Meteorological Press, 2001: 252-276.
- [16] Wang B, Wu R, Lau K M. Interannual variability of Asian summer monsoon: Contrast between the Indian and Western North Pacific-East Asian monsoons [J]. *Journal of Climate*, 2001, 14: 4073-4090.
- [17] Committee on Strategic Guidance for NSF's Support of the Atmospheric Sciences National Research Council Strategic Guidance for the National Science Foundation's Support of the Atmospheric Sciences: An Interim Report [M/OL]. <http://www.nap.edu/catalog/11454.html>
- [18] World Meteorology Organization The World Climate Research Programme Strategic Framework 2005-2015: Coordinated Observation and Prediction of the Earth System (COPES), 2005. [R/OL]. <http://www.wmo.ch/web/wcp/pdf/WCRP-strateg-Interim>

- ple_Low Res pdf, 2005. [李建平, 刘屹岷, 等. 世界气候研究计划 2005—2015 年战略框架 [M]. 北京: 气象出版社, 2006.]
- [19] Huang Ronghui, Li Chongyin, Wang Shaowu, *et al* On the Major Climate Disasters and Their Formation [M]. Beijing: Meteorology Press, 2003. [黄荣辉, 李崇银, 王绍武, 等. 我国旱涝重大的气候灾害及其形成机理研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.]
- [20] Li Weiping, Wu Guoxiong, Liu Yimin, *et al* How the surface processes over the Tibetan Plateau affect the summertime Tibetan Anticyclone: Numerical experiments [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2001, 25 (6): 809-816. [李伟平, 吴国雄, 刘屹岷, 等. 青藏高原表面过程对夏季青藏高压的影响: 数值试验 [J]. 大气科学, 2001, 25 (6): 809-816.]
- [21] Liu Xin, Wu Guoxiong, Li Weiping, *et al* Thermal adaptation of the large-scale circulation to the summer heating over the Tibetan plateau [J]. *Progress in Natural Science*, 2001, 11 (3): 33-39. [刘新, 吴国雄, 李伟平, 等. 夏季青藏高原加热和大尺度流场的热力适应 [J]. 自然科学进展, 2000, 11 (3): 33-39.]
- [22] Zhang Xuehong, Shi Guangyu, Liu Hui, *et al* IAP Global Ocean-Atmosphere-Land System Model [M]. Beijing, New York: Science Press, 2000: 252
- [23] Duan A M, Wu G X. Role of the Tibetan Plateau thermal forcing in the summer climate patterns over subtropical Asia [J]. *Climate Dynamics*, 2005, 24: 793-807.
- [24] Qiao F, Yuan Y, Yang Y, *et al* Wave-induced mixing in the upper ocean: Distribution and application in a global ocean circulation model [J]. *Geophysical Research Letter*, 2004, 31: L11303, doi: 10.1029/2004GL019824.
- [25] Wu Guoxiong, Li Jianping, *et al* Air-sea-land Interactions in Asia Monsoon Region and their Impacts on the Climate Variation in China [M]. Beijing: Meteorology Press, 2005. [吴国雄, 李建平, 等. 亚洲季风区海—陆—气相互作用对我国气候变化的影响 [M]. 北京: 气象出版社, 2005.]
- [26] Hu D, Pang Chongguang. Reexamination of the role of vertical circulation in sedimentation in the Yellow and East China seas [J]. *Journal of Hydrodynamics*, 2001, 13: 115-121.

The Key Region Affecting the Short-term Climate Variations in China: The Joining Area of Asia and Indian-Pacific Ocean

WU Guo-xiong¹, LI Jian-ping¹, ZHOU Tian-jun¹, LU Ri-yu¹, YU Yong-qiang¹,
 ZHU Jiang¹, MU Mu¹, DUAN An-min¹, REN Rong-cai¹, DENG Yi-hui²,
 LI Wei-jing², HE Jin-hai³, WANG Fan⁴, YU Wei-dong⁵, QIAO Fang-li⁵,
 YUAN Dong-liang³, Qi Yi-quan⁶

(1. LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;
 2. National Climate Center, Beijing 100081, China; 3. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 4. Institute of Oceanology, CAS, Qindao 266071, China;
 5. The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qindao 266061, China;
 6. South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China)

Abstract: Based on the National Basic Key Research Program (973) "Ocean-Atmosphere Interaction over the Joining Area of Asia and Indian-Pacific Ocean (A IPO) and Its Impact on the Short-term Climate Variation in China", this paper introduces the definition of the "Joining Area of Asia and Indian-Pacific Ocean (A IPO)"; highlights the scientific significances for investigating the air-sea interactions in A IPO area from the view point of multi-level interactions in the climate system; and stresses why A IPO is a key area for the short-term climate variation and prediction in China. This program is also an important subject that meets the urgent needs of the national economy. Several key scientific issues are then emphasized. Finally the basic scientific objectives of this program are listed, which are: to reveal the characteristics of air-sea interaction in the A IPO joining area on seasonal to inter-annual time scales; to propose a theoretical framework about the impacts of these processes on the short-term climate variation in this area; and to provide theories and methods for improving the East Asian climate prediction on seasonal to inter-annual scales.

Key words: Joining area of Asia and Indian-Pacific oceans; Key region; Short-term climate; Air-sea interactions