中国海洋大学
物理海洋教育部重点实验室

2012年度工作报告

2012年12月

2012
Annual Report

目录

一、亮点聚焦……1
1. 重要成果……1
2. 重大项目……3
3. 平台建设……4
4. 队伍建设……5
5. 赫崇本海洋高端论坛……5
二、科研进展……7
1. 海洋环流动力学……7
2. 海洋波动与混合……20
3. 海-气相互作用与气候……26
三、项目与经费……42
四、科研成果……48
1.论文……48
2.专著……54
3.专利与软件著作权……55
五、学术活动……56
六、国际合作与交流……61
1. 出席的国际国内学术会议……61
2. 其他合作交流……65
七、队伍建设与人才培养……66
八、科研平台……67
九、自主科研课题……69
2012 SCI 论文摘要……70

一、亮点聚焦

物理海洋教育部重点实验室在海洋环流动力学、海洋波动与混合、海-气相互作用与气候等三大研究方向取得持续进展在 Nature、PNAS 等 SCI 期刊发表论文 40 余篇，部分研究成果形成专著；新增重大科学研究计划项目 1 项，承担国家重大项目能力稳步提升；南海深海潜标观测网构建完成，并对南海深海动力环境进行一年多的连续观测，取得一批重要观测数据；高性能计算中心建设基本完成，11 月起进入试运行；物理海洋创新群体在基金委评审获得好评，顺利进入二期滚动；人才引进工作取得显著成效，一批青年科研骨干充实到科研队伍，为实验室的长足发展做好人才储备。

1. 重要成果

阐明了热带大气 Walker 环流对全球变暖的响应：热带大气 Walker 环流的变化驱动包括我国在内的世界性气候变化，在上世纪 80 年代卫星资料出现以前，人们依赖于船舶和船舶路线来测量海洋表面温度。因为测量方法的变迁，很难得到一个连续、误差小的数据集。研究明确指出大气模式模拟以往失败的根本原因，是缺乏精确的海表面温度（SST）数据来驱动模式，而 SST 的空间分布差异直接影响大气对流。通过纠正 SST 资料偏差，加强其连贯性，使大气模式模拟的热带印度洋-太平洋气候变化与观测相当符合。该研究表明在过去 60 年沃克环流正在逐渐减弱，而驱动这个大气变化的是印度洋-太平洋表面温度的不均匀增暖；发现了过去 60 年中海温的梯度变化是 Walker 环流长期变化的主要原因，从而证实了印-太海区的海温长期变化信号与大气环流变化的紧密耦合关系。这一重大科学发现，基本解决了气候变化中大气 Walker 环流如何变化这一国际性争议问题，是气候变化的有力证据。同时创新性地对资料进行了重新订正，发现热带海区的海温增暖信号存在很大的不确定性，对后人进行气候变化研究具有借鉴意义。

该研究成果在《Nature》上发表，为进一步开展全球变化中的海洋-大气相互作用研究提供了理论基础和指导。

发现了阿拉伯海热带风暴加强的原因：阿拉伯海 5、6 月份热带风暴（TS）从 1997 年开始有明显的加强。这种现象的直接原因是自 1979-1997 年到 1998-2010 年该地区 TC 经受的大气层垂直风切变（VWS）平均减少了 3m/s. 研究认为 TS 所经受 VWS 减小的主要原因是其生成以及到达最大强度（LMI）的平均日期有显著的提前。对比 1979-1997 年和 1998-2010 年，TS 的生成日期和到达 LMI 的日期分别提前了 16 天和 15 天，从平均上来看，这可以使 TS 经受的 VWS 有 5.8 m/s 的减小。通过对 TS 生成区域（8^{o}-20^{o} N，55^{o}-75^{o} E）气旋潜在生成指数（GPI）的计算同样可以看到，在此季节阿拉伯海 GPI 的峰值从 1979~1997 年到

1998-2010 年提前了 10 天以上。TS 生成提前是由大气低层气旋式切变和大气湿度的提前造成，这种变化与亚洲夏季风发展提前以及 TS 生成提前是一致的。

该项研究成果在《Nature》上发表，为更好地阐明热带风暴的变化提供了有力的证据。

明确了海洋障碍层对热带风暴加强的影响：通过观测及模式发现如果飓风经过海洋表面大范围的淡水区域，将有可能比未经过此类区域的风暴加速 50%，这就意味着飓风强度将极大增强并带来更大的破坏性。研究结果对于这一变化作出解释：当海洋表面覆盖着一层厚厚的低盐度海水时，例如陆地河流的淡水汇入海洋的区域，那里的波浪诱导混合能够使更冷的深层海水涌到海洋表面的运转效率受到影响。这样一来，就会导致海水表面温度升高，给飓风提供了加速的“燃料”。因此要证明飓风预测的准确性，我们不仅需要知道飓风下海水区域的温度，还要对海水的盐度结构有一个更深入的了解。张平教授指出，如果已知一个飓风可能的路径，就可以通过实验设计看当它靠近海面的淡水区域时是否会增强，这将是帮助了解飓风如何增强的又一种有效方法。

目前全世界有大约 60%的人口居住在易受飓风及热带风暴侵袭的地区，而飓风或热带风暴飓风多经过大型河流入海的区域，例如亚马逊河流入大西洋，恒河流入印度洋，密西西比河流入墨西哥湾等。该项研究将为预测飓风强度提供有力的帮助，具有较强的科研价值及社会效益。

研究成果在美国《Proceedings of the National Academy of Sciences》发表。

揭示了冰消期气候突变对热带大西洋次表层海温的影响：观测和海气耦合模式试验均证实大西洋径向翻转流（AMOC）的变率和热带北大西洋（TNA）气候突变通过大气和海洋过程紧密的联系在一起。当 AMOC 减弱时，通过大气过程会导致整个 TNA 表层的降温，但是海洋环流在中层水深度上的快速调整使得次表层的变暖更加剧烈。利用过去 22ky 的 TNA 沉积岩心里表层和次表层温跃层里的浮游性有孔虫计算的氧同位素值和 Mg/Ca 比，重建了高分辨率温度资料。结果显示 TNA 上层水垂向温度梯度经历了巨大的改变，其中从末世冰期到新仙女木开始时海洋的次表层变暖最多。另外，基于末世冰期和北大西洋淡水注入条件下的耦合模式模拟显示随着 AMOC 的减弱，最强烈的变暖现象发生在次表层沉积岩心的位置，同时导致了垂向温度梯度的改变，与重建资料吻合。总之，古气候重建数据和模式结果都证明了在上次冰消期的 AMOC 减弱事件中，高纬北大西洋的气候和热带太平洋紧密联系在一起。

此项研究成果在美国《Proceedings of the National Academy of Sciences》发表。

2. 重大项目

西北太平洋海洋多尺度变化过程、机理及可预测性：该项目是实验室也是中国海洋大学承担的第二个国家重大科学研究计划项目，项目首席科学家为吴立新教授，项目经费约 2600 万元。

该项目关注全球变暖大背景下，近百年来海洋升温最显著区域主要集中的全球大洋西边界流区，围绕“西北太平洋海洋多尺度变化过程及其对大气的调节作用”这一核心主题来开展研究，重点解决以下三个关键科学问题：（1）黑潮流域海洋能量如何耗散及其对混合的影响；（2）黑潮流域中小尺度海-气相互作用如何影响大尺度海洋与大气环流；（3）决定西北太平洋海洋动力环境变化可预测性的关键过程。围绕上述三个关键科学问题，该项目拟开展的主要研究内容包括（1）西北太平洋能量串级与混合及其对黑潮的影响；（2）黑潮不同流段的变异过程与控制机理；（3）黑潮流域多尺度海-气相互作用过程与机理；（4）西北太平洋海洋动力环境可预测性与预估。

通过该项目的研究，揭示西北太平洋海洋不同尺度之间的能量串级过程及其对海洋动力环境变异的调控作用；阐明黑潮及其延伸体区域多尺度海-气相互作用机理及其对气候的影响；发展西北太平洋高分辨率海-气耦合模式，阐明西北太平洋海洋动力环境变异的可预测性。在此基础上，提高我国在海洋与全球变化研究领域的国际地位，服务应对气候变化这一国家重大战略需求。

渤、黄海海洋动力环境和生态环境综合调查：该项目是最近 5 年来实验室承担的首个科技基础性工作专项，项目首席科学家鲍献文教授，项目经费 932 万元。

我国渤海、黄海是一个海水层化结构多变、多种运动形态耦合的复杂动力学系统。海洋中的生物过程、化学过程和沉积过程等在此复杂的动力学系统中发生与耦合。揭示其变化过程、发生的机理与机制，及其变异或演变规律，必须开展一些海洋重要断面的长期、持续和多学科综合调查与观测。人类活动所导致的海洋环境质量恶化现象在该海域突显，赤潮频发、浒苔成灾、水母暴发以及溢油灾害等已严重影响到海洋生态系统安全、人民健康、生活质量和社会经济的可持续发展。近海环境健康和资源的可持续开发与利用仍是未来海洋科学研究的重要方面。

该项目立足于服务我国海洋科学研究，在多学科、分层次收集渤、黄海海域历史观测资料基础上，建立渤、黄海海洋动力和生态环境基础资料数据库；围绕渤、黄海主要科学问题，衔接渤、黄海断面历史资料，制定渤、黄海海洋动力环境与生态环境综合调查方案并完成 4 个航次的综合调查、样品处理和资料分析；结合基金委共享航次，推动渤、黄海海洋综合调查标准断面的形成和固化；建立一套较为完善和规范的渤、黄海海洋资料共享管理与服务系统，促进我国海洋基

础资料的共享，是实验室服务社会能力不断提升的重要表现。

深海海洋仪器设备规范化海上试验：该项目是实验室在海上试验平台及其关键技术领域的多年研究成果的继续，是实验室承担的又一项重要 863 计划项目，项目首席科学家万修全副教授，项目经费 750 万元。

课题重点立足船舶保障能力建设和海上试验过程，依据 863 计划海洋技术领域《规范化海上试验管理办法》和《海洋仪器设备研制质量管理规范》的要求、标准和规范，制定针对参试仪器设备的相应海上试验过程的质量控制程序、质量管理控制文件要求，为参试课题提供具体可行的程序文件，实现课题质量指标定量评估；制定海洋仪器设备实验室检测方法，建立海洋仪器设备海上试验质量控制与管理体系；开展第三方独立检验的室内检测并完成室内检测报告；依据室内检测报告和海上比测试验报告完成第三方独立检验和课题所有仪器的第三方独立检验报告；组织进行海上试验或比测试验，进行比测数据分析处理，完成比测试验报告；培养一支高素质海洋技术和质量管理专业人才队伍和若干海上科研调查和海洋数据处理硕士、博士后备人才队伍。

课题的实施，将有利于推动多项军民两用海洋仪器和装备达到实用水平。通过海上试验、现场布放运行和系统集成，可为国家海洋环境军民两用项目计划提供多项或整套实用技术，为国防建设和维护国家权益作出重要贡献。课题完成后，能够逐渐形成海洋仪器设备质量控制规范和海洋监测技术规范并建立行业标准。

3. 平台建设

计算平台：在 2011 年第一期计算平台建设的基础上，2012 年开展了计算平台二期建设，至 2012 年 6 月初全部硬、软件安装、调试完毕并开始试运行。最终两期建设整合硬件规模为：总核数 3132 核，理论计算峰值约 33.32 万亿次每秒，拥有裸容量 100T 的在线存储和裸容量 300T 的近线存储，采用高速并行文件存储系统。该系统在去年位列全国高性能计算机 TOP100 的第 85 位。目前该平台已经正式投入使用，并面向全校各学科的科学研究提供服务。

数据平台：2012 年年初将原船舶中心服务器，原海洋系服务器，原气象系服务器整合，构成数据平台的硬件基础。该平台包括三大数据板块：观测数据、国内外发布的数据集、本地再分析数据集。观测数据板块搜集和整理了 2000 年以来“东方红 2 号”科考船历次海洋调查的高分辨率 CTD 数据资料，并经过严格的质量控制形成标准 NC 格式数据；国内外发布的数据集已下载将近 4T 的常规海洋大气数据及 AR CMPI5 模式数据等；本地再分析数据集包括我国近海及临近洋区的海面风场和三维温盐流再分析数据等。未来数据平台将在不断更新各类数据基础上，扩大数据范围和种类，提供准确可靠的数据排重和质控方法，并与计算平台实现有机结合，力争逐步建设成为国家重要科学数据交换节点。

南海深海观测网：实验室突破深海潜标浮体水动力学优化设计和潜标防腐耐污技术等若干潜标关键技术，自主研发适合南海深海长期稳定连续可靠观测的深海潜标，构建了由数十套深海潜标组成的“南海深海潜标观测网”，覆盖了南海北部深海盆及吕宋海峡等海域，取得了持续一年多的观测数据，为确定南海深海环流空间结构和演变规律，揭示南海深层环流调控机制，阐明南海深层环流气候效应奠定了坚实基础。

截止至今，南海深海潜标观测网已成功布放回收深海潜标 50 套，成功率达 100%，目前尚在位深海潜标 20 套，无论是潜标数量还是布放回收成功率都在国内处于领先水平。力争 2015 前完成南海深水区 100-150 站位的潜标连续观测，并逐步向毗邻太平洋海区推进；同时打造一支深远海科学与技术研究队伍，整体提升我校深海观测能力，开创我校深海研究新局面，抢占深远海研究战略制高点。

4. 队伍建设

物理海洋创新群体获得持续滚动资助，团队带头人吴立新教授获教育部“长江学者”特聘教授称号；团队骨干林霄沛获中组部“青年拔尖人才”和基金委“优秀青年基金”资助。

人才引进工作成效显著。新加盟实验室的 4 名师资博士后、2 名专职科研人员、1 名工程技术人员，将成为实验室未来的科研骨干和人才战略储备，为实验室长远发展和人才梯队建设奠定基础；9 月，泰山学者海外特聘教授罗义勇作为实验室的正式一员来到海大，以全职身份与实验室签订聘任合同并随后开始了工作；同年，引进北卡州立大学何若萤教授为山东省“泰山学者”特聘教授，2012 年度的人才引进工作顺利完成。随着实验室各项事业发展，已经吸引了越来越多的海内外知名学者、著名科研机构毕业博士等主动访问实验室并表达了进入实验室工作的良好意愿，实验室“筑巢引凤”的人才计划不断得到落实。

5. 赫崇本海洋高端论坛

赫崇本海洋高端论坛，是由物理海洋教育部重点实验室发起的，以中国著名物理海洋学家、物理海洋科学的开拓者、物理海洋研究所（物理海洋教育部重点实验室前身）所长赫崇本先生来命名的海洋科学与技术高端论坛。该论坛旨在秉承海洋学科科研先辈守职敬业、严谨开放的治学精神，搭建一个全方位、高视野展示和交流先进科研成果的平台，通过邀请国内外海洋科学领域学有建树的顶级专家学者带来相关学科最新、最权威的科研进展和成果报告，充分与海洋学科国际发展前沿接轨，进一步强化中国海洋大学在海洋研究高端领域的引领优势，树立学校海洋科学高端学术论坛的品牌，持续营造纯粹热烈的学术氛围，激励广大教师和同学以更高的热忱和坚定的意志去认知海洋，投身海洋，力争为国家乃至全人类海洋事业的发展增砖添瓦，贡献力量。2012 年 10 月，德国亥姆霍兹基尔

海洋研究所（GEOMAR）副所长、教授，基尔大学“未来海洋”精英学科集群主席 Martin Visbeck 教授为赫崇本海洋高端论坛开讲了首场学术报告，并引起强烈反响。

二、科研进展

实验室科研人员潜心学术，围绕海洋环流动力学等重点领域开展各项工作，在各自研究方向多有斩获，多数重要成果已公开发表或结集出版。

1．海洋环流动力学

1.1 近海环流与物质运输

三维拉格朗日余流解析解的研究：近海环流研究不可回避的问题是如何去掉潮流的影响，但是潮流往往占主要的地位，而不管是观测还是数值计算，余流经常处于误差范围内，因此在简化情况下进行解析解的研究变得非常重要。今年的一个成果是在一个三维等截面矩形狭长海湾中获得了三维拉格朗日余流解析解。考虑单频潮，建立正压的动力学方程组。根据海域的空间尺度及潮流的时空特征，对原始方程进行量阶分析，采用双参数摄动展开的方法，得到拉格朗日余流方程组。这一方程组的基础是 0 阶天文潮，在解得 0 阶天文潮后，进而求出三维拉格朗日余流得解析解。总体结果显示出了余流呈深进浅出的性质，但是对于长于一个波长的海域中，靠近外海的部分余流更加复杂。将三维结果进行深度平均后，与直接由二维深度平均方程得到的解对比发现，结果基本一致，但三维余流平均后的输运相对简单，初步分析与湍黏性系数取为常数有关。而在平底时得到的宽度平均结果与前人得到的直接从宽度平均方程求得的解一致，得到与河口重力环流相逆的结果，但是在底形有所变动的情形下，靠近湾顶的余流结果与重力环流是一致的，在远离湾顶约 1 个波长以外是相反的。

长江口外海域冬、春季水温变化规律研究：研究某一固定点的长期变化信号越来越受到重视，水温资料相对容易测量且方法成熟稳定，长江口又是东中国海的现象丰富的区域之一。因此收集了 1963-1996 年长江口外海域水温的观测数据，分析了该海域长江口海域冬、春季表层、10m 层、20m 层、30m 层不同层次水温的年际变化规律，以及其间水温垂向结构的变化。冬季表层和底层水温都在 1979 年存在一个由冷到暖的跃迁；4 月水温的年际变化较冬季复杂， 表层、10m 层、20m 层和 30m 层水温分别在 1979、1973、1973 和 1975 年发生从冷到暖的跃迁变化。过去 40 年间，暖位相和冷位相的温度水平差异表现在： 冬季除东南角小范围表层水温降低外， 沿岸及北部海区表层水温均升高，春季北部和南部中间海域水温升高， 升温幅度由表层至 30m 层逐渐变小。垂向结构上， 冬季表底混合均匀， 表层与 20m 层的年际变化相关系数高达 0.97，春季表层与 20m 层的水温差存在 10 年左右的变化周期。 在冷期，春季表层海温与长江口外海域气温相关较暖期好,相关指数为 0.79，而暖期的春季表层与 20m 层的水温差与净热通量相关系数较高，为 0.65。

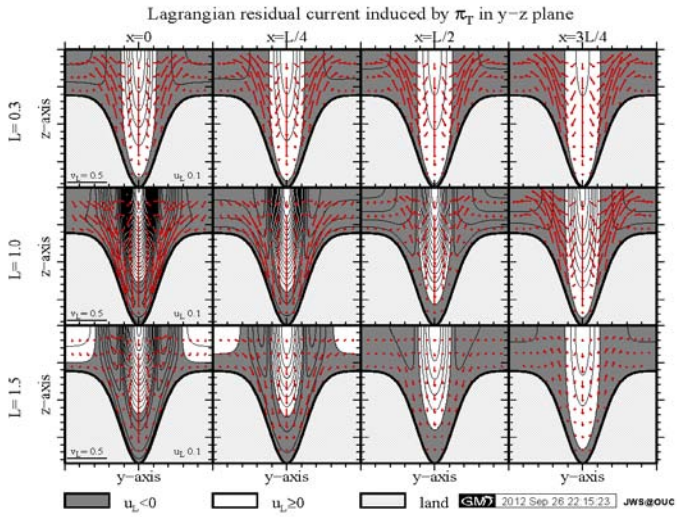


图 2-1：在不同海湾长度下，不同横截面处的拉格朗日余流分布。 深度剖面按指数变化。

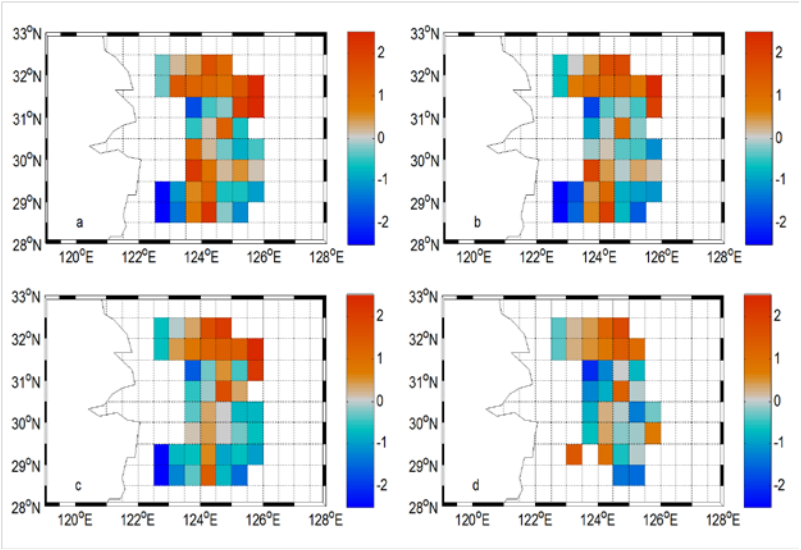


图 2-2 1963-1978 和 1979-1996 年春季平均水温变化的水平分布

a．表层； b. 10m； c. 20m； d.30m

青岛外海夏季水母路径溯源研究：水母做为食物链的一个盲端，有着重要的生态学的意义，而其良好的随水性使得水动力作用十分突出。采用拉格朗日方法，对 2011 年夏季，青岛外海发现的大量大型水母进行反向追踪，追溯其运动路径及可能源地。在海面处释放的粒子分别可以追溯到海州湾、江苏沿岸及长江口附近的海域，其中 8 月 1 日和 8 月 15 日在海面释放的粒子最远可以追溯至长江口外海域；2m 层上释放的粒子最远也可到达长江口附近， 而 10m 层以深释放的粒子基本分布在 35°N 以北。从运动路径来看， 青岛外海的部分水母可能来源于海州湾、江苏沿岸及长江口附近海域。从水母种类分布特征来看， 海州湾、江苏沿岸及长江口附近海域在有粒子分布时期的水母种类与 7、8 月份青岛外海部分水母种类一致， 为寻找青岛外海夏季水母的潜在的来源地提供了依据。

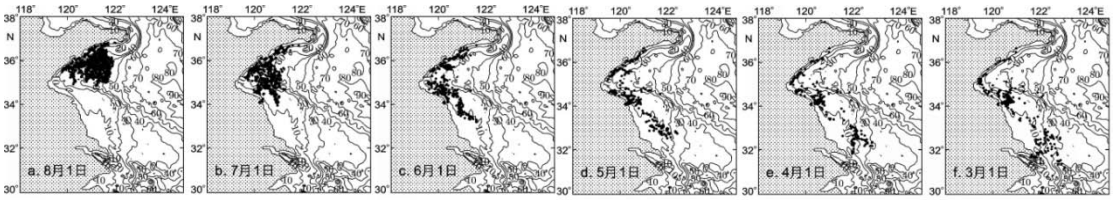


图 2-3 海面 8 月 15 日释放的粒子
在 8 月(a)、7 月(b)、6 月(c)、5 月(d)、4 月(e)和 3 月(f)的分布

IPCC_AR4 中 CCSM3 模式中国东海未来海温结果的动态降尺度投影研究：通过对 IPCC 第四次报告中全球耦合模式 CCSM3 的结果进行动态降尺度来研究中国近海的未来海温。SRES 情景 B1, A1 和 A2 中 2080 到 2099 年的结果与 20C3M 中 1980 年到 1999 年的结果之差，叠加到 CORE2 和 SODA2.2.4 上用来当作高分辨率区域 ROMS 模拟的驱动场。降尺度后流场的变化结果支持了 CCSM3 中尽管副热带流圈的平均流场在减弱，但东海黑潮流量会增加这一结果。东海黑潮流量增强与局地夏季季风加强，冬季季风减弱有关。降尺度后的温度通量和温度变化都比 CCSM3 中要强。降尺度后的多年平均温度增加和原 CCSM3 的结果大致在同一量级上。在增暖最弱的 B1 情景中为 1.2-2 摄氏度，在最强的 A2 情景中为 2.5-4.5 摄氏度。

与分辨率极低的 CCSM3 相比，降尺度模拟提供了大量的温度分布细节。主要的增暖区在渤海和黄海中部，较小的增暖区为中国东南沿海，朝鲜西海岸和东海南部。在夏季，山东半岛沿岸一些地方能增暖至 6 度。在台湾以北，对马以西，黄海暖流南部的地方，平流热输运减小；北黄海平流热输运增加，这些都是增暖区域分布不同的原因。在 50 米水深层上，黄海冷水团被破坏了，成为了增暖最明显的位置。这是因为在冷水团形成的冬季，海温在未来会较高，这较高的海温会被保存下来直到下一个夏季。并且，在夏季由于季风增强导致的混合层加深和海表热通量的增强，来自海表的热量将更容易到达深水区。

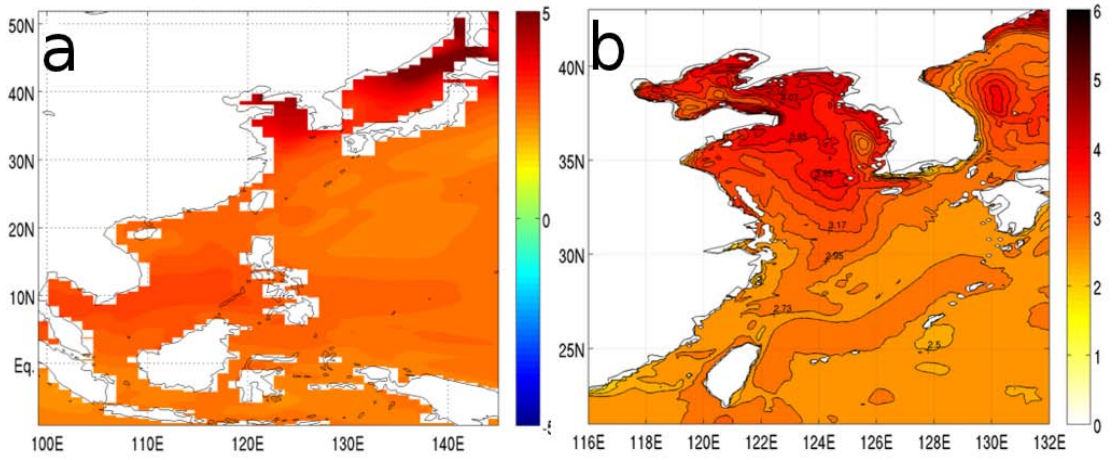


图 2-4 a)CCSM3 的 IPCC SRESA2 情景下模拟的 2080~2099-1980~1999 百年海表面温度 SST 增量及分布；b)降尺度模拟的 2080~2099-1980~1999 百年 SST 增量及分布。

巴士海峡上游深层流路径及南海深层西边界流研究：为研究太平洋深层水进入吕宋海峡的路径，于 2011 年 10 月在巴士海峡入口处布放了四套深海潜标，观测深度范围为 2000m 至海底，四套潜标均于 2012 年 10 月顺利回收。观测结果显示巴士海峡入口处 2000m 以深均存在明显的深层流，2000m 处平均流速为 5cm/s 左右。资料分析显示巴士海峡入口处深层流的路径存在明显的季节变化特征。冬半年（2011.10-2012.04），深层流从北向南；夏半年（2012.05-2012.10），深层流从南向北，但全年均有部分深层水越过巴士海峡入口处的海槛进入巴士海峡，驱动着吕宋海峡深层环流。此外冬夏半年巴士海峡入口处的水团性质也完全不同，冬半年较夏半年温度偏高，盐度偏大。

为了探明南海深层西边界流的空间结构及时间变异特征，于 2012 年 4 月在南海深海盆西边界布放了两套深海潜标，于 2012 年 8 月顺利回收。资料分析显示南海深层存在很强的向南的西边界流，2000m 以深平均流速达 5cm/s。此外，南海深层环流西边界流还存在很强的中尺度时间变异特征，对其空间分布、时间变异特征及动力机制的研究将是下一步工作的重点内容。

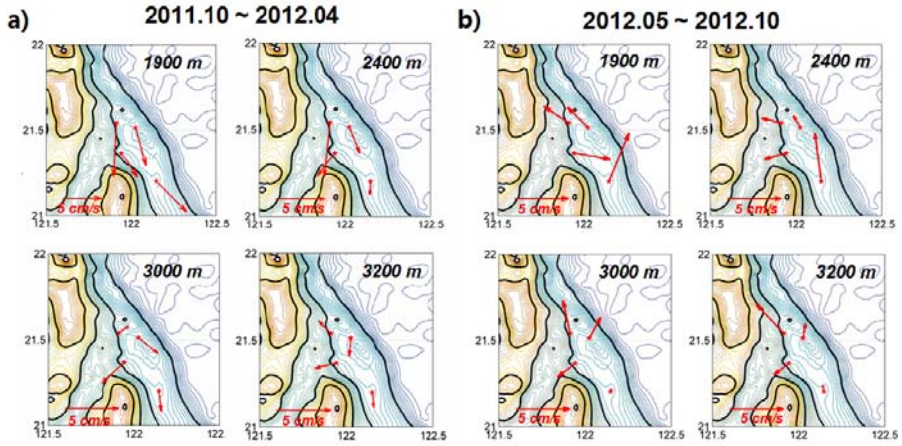


图 2-5 巴士海峡入口处四套潜标观测的 1900m，2400m，3000m，3200m 深度的平均流速: a)冬半年（2011.10-2012.04）；b）夏半年（2012.05-2012.10）

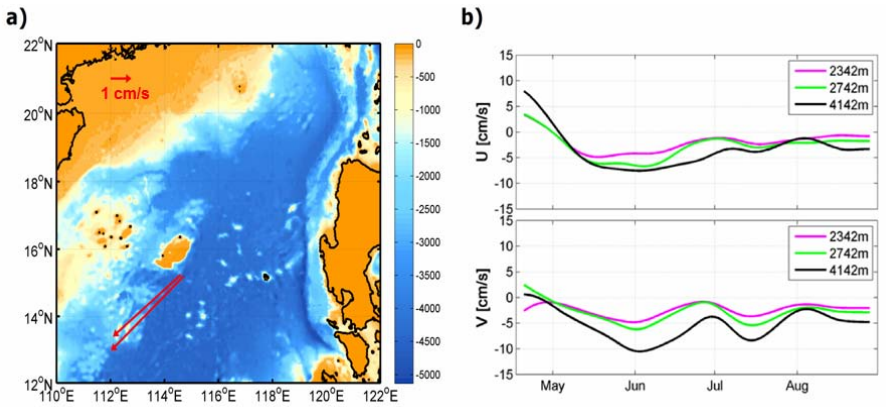


图 2-6 潜标测得的南海深层环流西边界流 2000m 以深的平均流速；b) 左图中东侧潜标所测得各层流速随时间的变化。

南海上层环流的趋势研究：过去 50 年南海上层环流的变化趋势利用 SODA 再分析资料对南海上层在1959-2008这一阶段的变化趋势进行了研究。结果表明，在过去的 50 年中，南海冬季的气旋环流呈减弱趋势，流量减弱幅度约为 10%，而在夏季环流趋势并不明显但环流总动能有所增加，吕宋海峡处出现一对涡的趋势。进一步讨论可知，近 50 年季风和“黑潮流套”的变化在南海内区环流的变化中起了重要作用。该研究为认识南海的长时间尺度变化提供了参考。

对马暖流的季节变化机制研究：利用一个三维海洋数值模式，探讨了局地和外海强迫对于对马暖流季节变化的贡献。模式很好的再现了所观测到的季节循环，并且运行了三个敏感性试验来区分局地和外海强迫的贡献。结果显示，外海强迫和局地风都对对马暖流的季节循环有贡献，并且两者的贡献是线性的，但外海的强迫比局地风应力强迫更加重要。外海强迫的影响是通过黑潮与日本岛之间的摩擦作用实现的，黑潮输运夏季比冬季强，因此对马暖流产生一致的季节变化，这个可以通过绕岛积分约束来解释。另一方面，局地风应力是随着东亚季风变化的，结果是冬季北风有利于减少对马暖流的流量，夏季南风有助于产生较大的流量。冬季强的北风将加强朝鲜沿岸流，从而减小朝鲜半岛东南沿岸的压强，而九州西岸的海表高度几乎保持不变。因此，横跨对马海峡的海表高度差异将会变小，通过它的流动也会相应的减弱。而夏季南风将增加九州西岸的压强，并且幅度比朝鲜半岛东南沿岸的增量要大，所以横跨对马海峡的压强差异将在夏季大于冬季，以致海峡的流量同样是夏季大于冬季，从而产生对马暖流的季节变化。

密度分层内潮的数值模型和伴随同化模型在南海的应用研究：使用一个三维原始方程数值模型，考虑水平非均匀层化及背景环流的作用，通过施加八个主要分潮的强迫，模拟了吕宋海峡及其周边海域的内潮，并分析了水平非均匀层化以及背景环流对内潮生成和传播的影响。水平非均匀层化以及背景环流对内潮能局地耗散、向东西两个方向传播的内潮能有较大的影响，而且全日内潮受到的影响明显大于半日内潮。半日内潮受水平非均匀层化的影响较大，全日内潮受背景环流的影响较大，这种区别是由半日内潮和全日内潮频率的差异造成的。

作为建立等密度坐标内潮的伴随同化模型的应用，通过同化 TOPEX/Poseidon (T/P)高度计资料对南海东北部吕宋海峡附近海域的 M2 分潮进行了数值模拟。数值实验结果表明：通过优化模型控制变量，模拟结果与大部分的观测数据具有很好的一致性，从而实现了内潮数值模型与观测数据的有机结合以及吕宋海峡附近 M2 内潮的高精度模拟。在该海域的内潮模拟中，开边界条件的影响占主导地位，代价函数的下降绝大部分是由开边界条件的优化引起，水平涡动粘性系数的优化对同化结果有重要影响，但远小于开边界条件的影响，底摩擦系数的影响略大于层间摩擦系数的影响，但远小于水平涡动粘性系数的影响，几乎可以忽略。

1.2 大洋环流动力学

冰消期气候突变对热带大西洋次表层海温的影响：观测和海气耦合模式试验均证实大西洋径向翻转流（AMOC）的变率和热带北大西洋（TNA）气候突变通过大气和海洋过程紧密的联系在一起。当 AMOC 减弱时，通过大气过程会导致整个 TNA 表层的降温，但是海洋环流在中层水深度上的快速调整使得次表层的变暖更加剧烈。利用过去 22ky 的 TNA 沉积岩心里表层和次表层温跃层里的浮游性有孔虫计算的氧同位素值和 Mg/Ca 比，重建了高分辨率温度资料。结果显示 TNA 上层水垂向温度梯度经历了巨大的改变，其中从末世冰期到新仙女木开始时海洋的次表层变暖最多。另外，基于末世冰期和北大西洋淡水注入条件下的耦合模式模拟显示随着 AMOC 的减弱，最强烈的变暖现象发生在次表层沉积岩心的位置，同时导致了垂向温度梯度的改变，与重建资料吻合。总之，古气候重建数据和模式结果都证明了在上次冰消期的 AMOC 减弱事件中，高纬北大西洋的气候和热带太平洋紧密联系在一起。

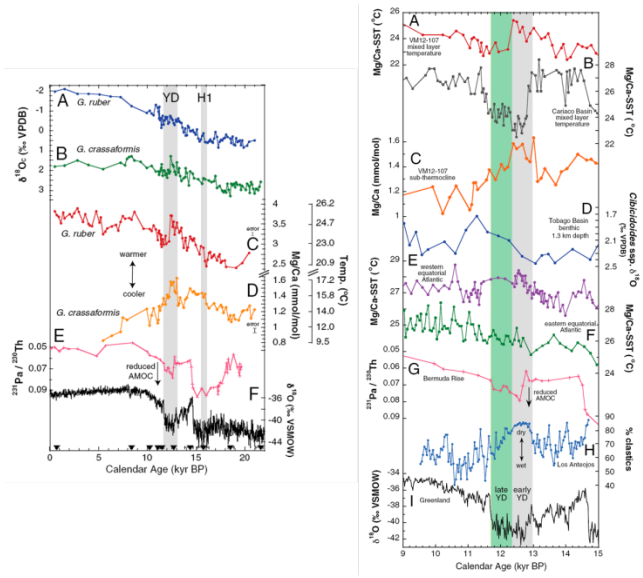


图 2-7

黑潮穿透吕宋海峡特征及其初步应用：黑潮是著名的太平洋西边界流，与从低纬度到中高纬度的一系列气候和天气变化相关，尤其是作为穿越我国诸多边缘海的最强平均流，极大的从经济、气候和国防安全对我国产生着重大的影响。我们发展了一种通过模拟的盐度场量化黑潮入侵吕宋海峡的数学方法。新的方法应用在以北纬 20 度，东经 118 度为中心的 0.6 等相关系数线围成的区域。该入侵中心是以 EOF 方法确定的。分析指出新的黑潮入侵吕宋指标(KLI)可以很好的指正黑潮入侵中国南海的强度。KLI 展示了明显的年周期和较弱的双模态性。由于冬季风引起的向西的海表急流，指征同一入侵的 KLI 在表层和次表层有截然相反的符号。与之不同的是，在长时间尺度上，指征同一入侵的表层和次表层的 KLI 符号相同。次表层 150 米处回避了海表高频信号的 KLI 较适合表征长时间尺度的

黑潮入侵变化。小波相关分析中 KLI 和日本以南黑潮大弯曲指数的反相位变化指出在长时间尺度上，吕宋黑潮起到了缓冲黑潮流量变化的作用。

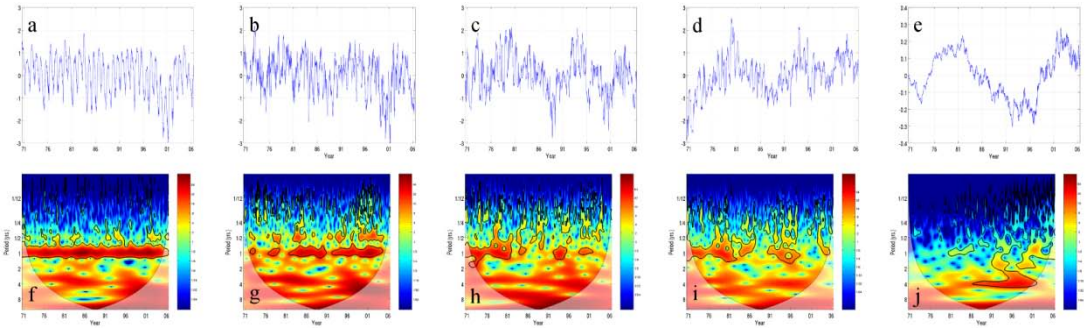


图 2-8 黑潮穿透吕宋海峡指征(KLI), a)0 米；b)50 米；c)150 米；d)250 米；e)700 米；及其对应的小波分析 f,g,h,i,j

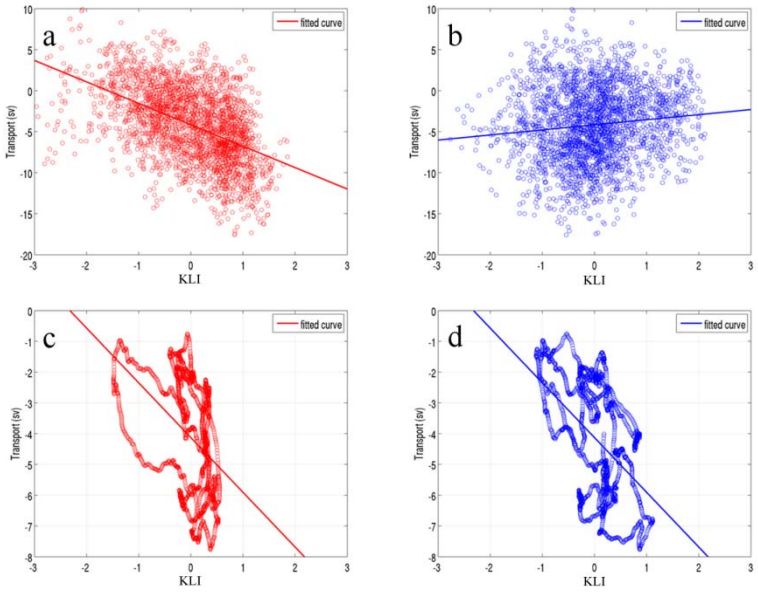


图 2-9 吕宋海峡黑潮流量与 KLI 的相关关系

a)海表 KLI；b)150 米 KLI；c)海表 KLI，2 年平滑结果；d)150KLI，两年平滑结果

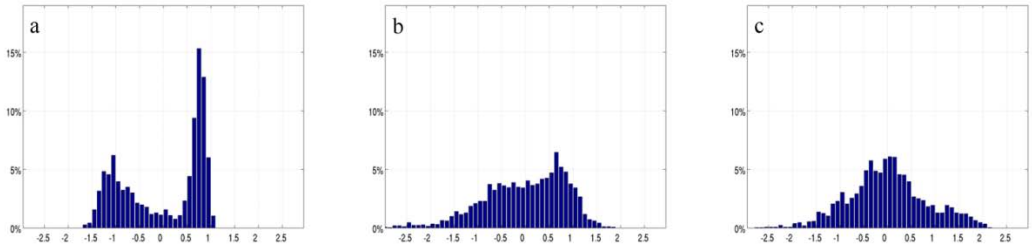


图 2 -10 分布密度，a)日本以南黑潮大弯曲指数；2)海表 KLI；3)150 米 KLI

太平洋北赤道流分叉的长期变化及其对季节变化的调制作用： 通过分析最新版本的 SODA2.2.4 海洋同化资料，发现北赤道流分叉点在过去 60 年间存在向赤道方向移动的趋势，同时还呈现出明显的多年代际变化。这种长期变化特征与热带太平洋风应力旋度的变化紧密相关。此外，分叉点季节振幅的长期变化受到了平均位置南移的调制作用。SODA 和 1.5 层模式都表明分叉点的季节振幅表现

为先增长后减小的特征，这主要是由于近 60 年来分叉点平均位置向南移动了大约 1.5°，对应的海洋上层斜压调整时间变短造成的。通过只有季节循环的风场驱动下的线性涡度方程研究，仅考虑波速的线性变化，分叉点的季节振幅同样表现出与 SODA 一致的特征。研究推测在气候变暖的大背景下，随着海洋层结的不断加强，NBL 的振幅将会在今后的几十年中呈现出微弱的下降趋势。

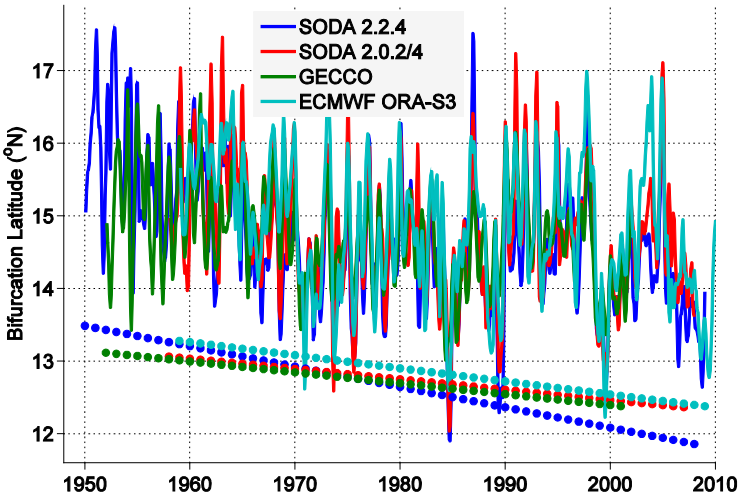


图 2-11 多套海洋同化资料中 NBL 的时间序列

（蓝线：SODA2.2.4 上 381m 平均；红线：SODA2.0.2/4 上 381m 平均；绿线：GECCO 上 435m 平均；青线：ECMWF ORA-S3 上 415m 平均）和长期趋势（点线）。为了表达清晰，所有的线性趋势都人为地减去 2°，并且所有的趋势都通过了 95%的信度检验。

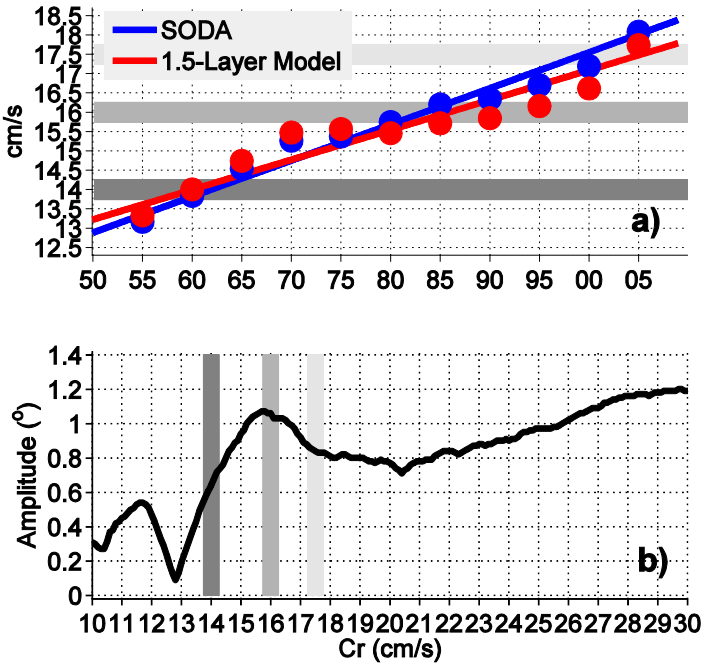


图 2-12（a）由 SODA 温盐通过 WKB 近似计算（蓝点）和 1.5 层数值模式（红点）得到的一阶斜压 Rossby 波相速度 CR。由于 CR 具有明显的季节变化，这里我们只取 10 年平均后的 CR 值。（b）线性涡度方程得到的 NBL 的季节振幅随 CR 的变化。

北太平洋副热带逆流（STCC）的动力过程及其对全球变暖的响应：通过 17

个 CMIP5 耦合模式，我们评估了北太平洋副热带逆流（STCC）的动力过程及其对全球变暖的响应。与观测结果一致，STCC 是由位于其北侧的模态水所驱动的。CMIP5 气候态与观测相比，模态水较强因而 STCC 也偏强。模态水在模式之间存在很大的差异，具体表现为核心密度面和体积的差异。模态水模式差异导致的 STCC 异常使对应 SSH 呈现带状分布。部分 CMIP5 模式中加入了夏威夷群岛，从而产生的风应力旋度异常触发了夏威夷背风逆流（HLCC）。

在 RCP 4.5 情景下，17 个 CMIP5 模式的 STCC 和模态水一致变弱。因为海洋层结加强是全球变暖下最强有力的结论之一，而模态水变化与海洋层结息息相关，因此模态水和 STCC 的变弱也是一个强有力的结论。在温室气体达到稳定（2070 年左右）后，海洋次表层增温强于表层，导致海洋层结变弱使模态水出现一个微弱的变强趋势。虽然 STCC 的 SSH EOF 结果无法体现这种快慢反应现象，但与 STCC 对应的流速在 2070 年后拥有微弱变强的趋势。

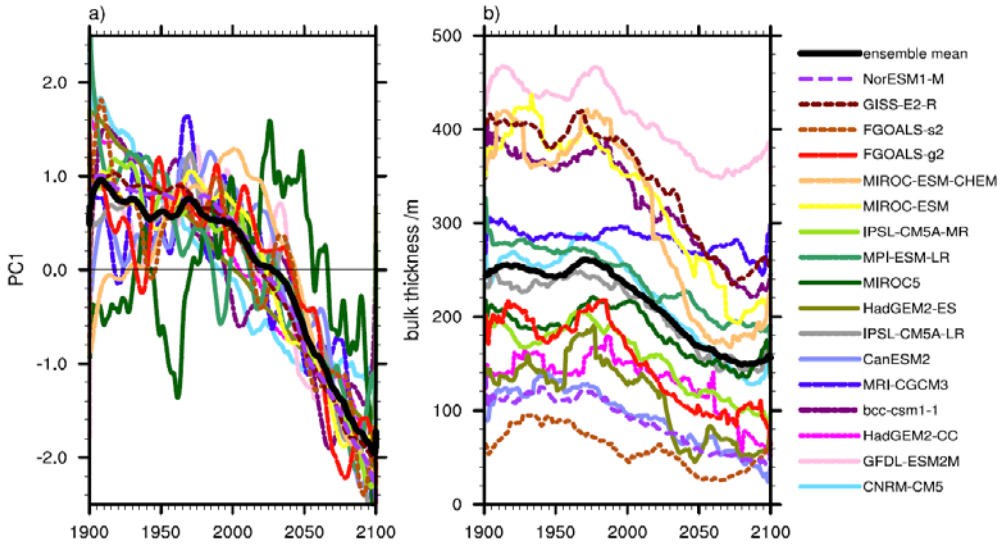


图 2-13 17 个 CMIP5 耦合模式以及模式平均的中部副热带环流圈 EOF 第一模态时间序列（左图）以及北太平洋 24.6 到 26.6 等密度面平均模态水厚度在全球变暖模拟中的变化（右图）。

南太平洋模态水在过去一个世纪的变化规律及机制：研究基于海洋再分析资料评估了二十世纪南太平洋模态水的演化趋势，结果表明模态水产量呈现增强趋势。其中副热带模态水的增强趋势源自于风应力主导的垂向抽吸项，副极地模态水主要是有混合层变深造成的，风的搅拌起到了重要作用。因此南太平洋模态水总产量在二十世纪呈现显著的增强趋势。此研究对于进一步探讨全球模态水在气候变暖背景下的变化趋势提供了重要思路。

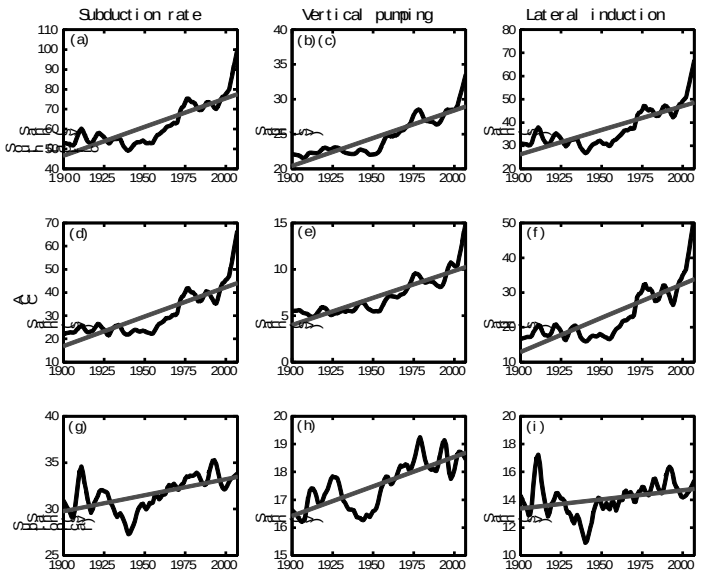


图 2-14(a) 南太平洋全部模态水的潜沉体积的时间序列，以及构成它的两项：垂向抽吸项 (b) 和平流项 (c) 的时间序列；(d) 南太平洋副极地部模态水(45°S-60°S)的潜沉体积的时间序列，以及构成它的两项：垂向抽吸项 (e) 和平流项 (f) 的时间序列；(g) 南太平洋副热带模态水(10°S-35°S)的潜沉体积的时间序列，以及构成它的两项：垂向抽吸项 (h) 和平流项 (i) 的时间序列，单位是 Sv。

环流动力学系统中的本征震荡：基于多方面的实验和观测证明，指出力场中任何包含热力（浮力）过程的动力学系统中都存在本征振荡的猜想。这种特性在很多海洋现象中得到表现：1）在 Bernard 对流中很早就发现存在周期振荡现象；2）水平温差驱动环流的实验中发现了热盐环流的本征振荡，并且具有一些规律性的特征；3）在跨越吕宋海峡的 overflow 中，已经观测到 30 天周期的稳定振荡，在实验室模拟的实验中同样也发现了稳定且强烈的本征振荡。

上述猜想虽然还没有给出严谨的数学证明，但是已经能从逻辑上对该猜想做出合理的解释，由于这一猜想并不局限于某种特定的物理过程，因此可以被用于很多系统，比如，1）研究西边界暖流存在时海气相互作用的本征振荡问题；2）研究海盆之间热盐交换的问题，比如北大西洋与北冰洋之间水交换的振荡问题，ACC 与各大洋水交换的周期振荡问题等等。这些振荡构成了海气耦合系统中的本征振源，是研究气候系统演变的基本构成。

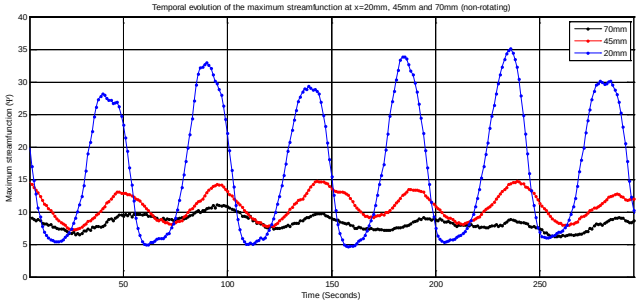


图 2-15 实验室模拟的最大流函数

大西洋热盐环流与热带大西洋气候变化：大西洋热盐环流对全球的经向热输送有着重要的意义，其变异可以通过大气和海洋等物理过程影响到全球气候变化，特别是赤道热带大西洋地区。已有的耦合气候模式研究发现大西洋热盐环流的减弱和中断有可能引起整个北半球变冷，南半球变暖的偶极子效应，然而海洋在整个过程中发挥的作用尚不清晰。区别于之前的耦合模式实验研究，单独的海洋气候模式实验结果显示大西洋热盐环流减弱将导致热带北大西洋地区表层变暖，而不是变冷。因此，耦合模式结果中北大西洋表层变冷应主要是由大气过程所主导的，海洋过程主要控制赤道南大西洋的表层温度变化。我们的模式结果还显示热带大西洋地区的表层变暖主要是受北巴西流下层流向变化所导致，此变化在北大西洋淡水输入超过 0.3Sv 的时候开始起到明显的作用。

1.3 极区海洋动力过程

北冰洋海冰漂流类型季节变化和多年变化特征：通过海冰漂流矢量场数据的分析，将北冰洋海冰的漂流分为 4 种主要常见类型（波弗特涡流/穿极流型、反气旋涡流型、气旋涡流型和双涡流型）和多种偶发罕见类型。研究发现，海冰漂流类型的发生显示出明显的季节特征。夏季盛行的运动是气旋涡流型，而春秋两季则是波弗特涡流/穿极流型的高发季节，反气旋涡流型更倾向于在冬春两季发生。双涡流型偏向于冬季爆发，高发月份是 2 月。在年际时间尺度上，反气旋涡流型和气旋涡流型分别与 AO 指数存在很好的相关，这两者彼此间的相互作用、相互影响决定了北极海冰复杂的漂流形式。

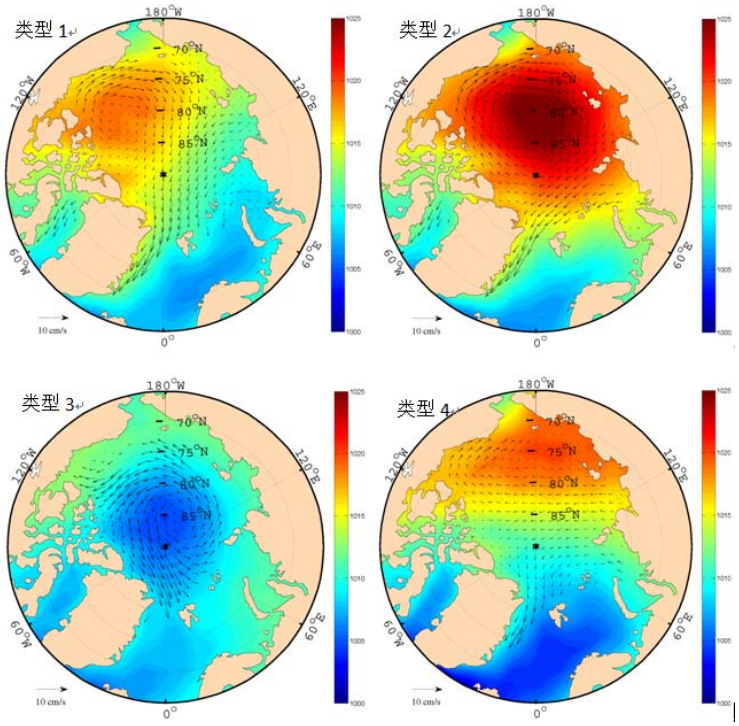


图 2-16 北冰洋 4 种主要常见海冰漂流类型的海冰流场和气压场分布

1985-2006 年间加拿大海盆中层水增温和深度趋同现象的研究：以 1985-2006 年加拿大海盆的水文观测资料为基础，研究了加拿大海盆中层水的增温过程。通过对不同时期中层水温度空间结构的分析，给出了中层水增温过程在加拿大海盆的扩展过程。研究结果表明：截止 2006 年，整个加拿大海盆几乎已经被增暖中层水所覆盖。为了研究加拿大海盆中层水的年际变化规律，按照加拿大海盆海底地形的特征将其分为五个海域。从每个海域中层水温度的年际变化，发现在中层水上游地区增温之后存在一个温度下降的过程。在北极环极边界流上游的楚科奇海台与楚科奇深海平原地区，北极中层水分别于 2000 和 2002 年达到温度最高值，之后温度开始回落；但下游的加拿大深海平原、楚科奇/波弗特陆坡和波弗特海，至今仍处在增温期。中层水增温过程中存在深度趋同的现象，即在北极中层水增温的过程中，加拿大海盆不同海域的中层水深度的空间差别近年来逐渐减小，都向 410 m 深度发展。分析表明，中层水深度的这种趋同现象与中层水位势密度的变化有着重要的联系。

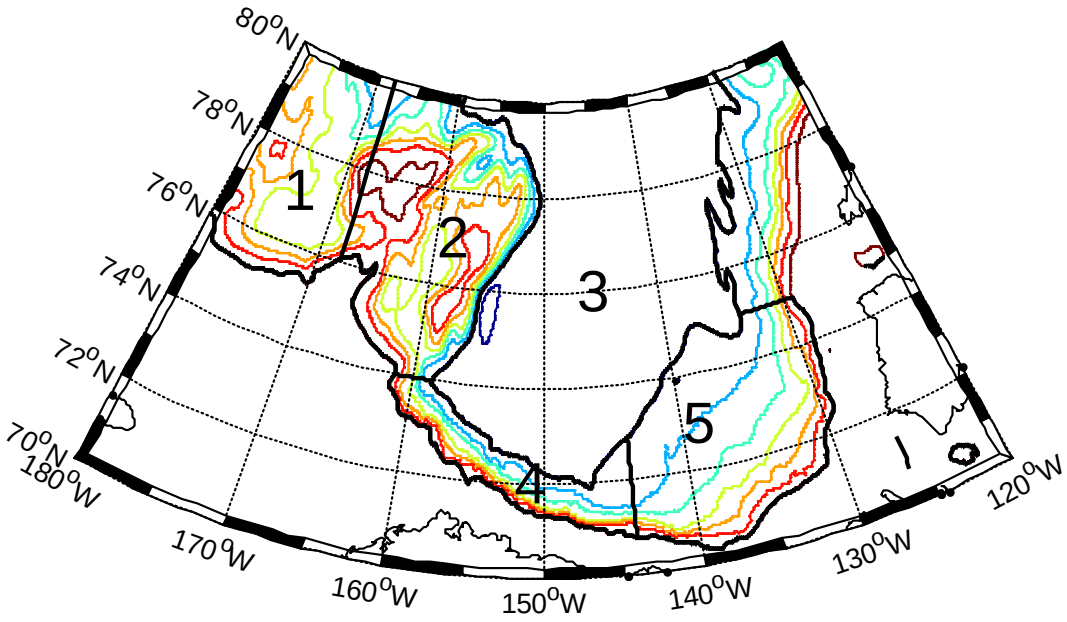


图 2-17 研究海域-加拿大海盆以及划分的 5 个不同海域

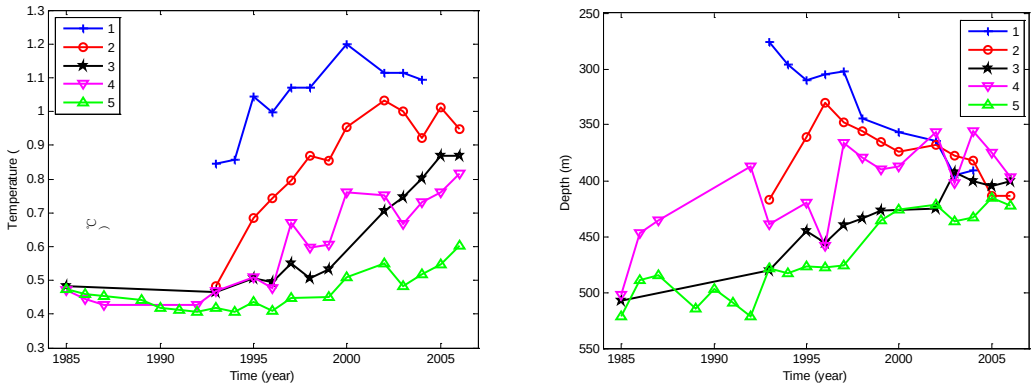


图 2-18 中层水在 5 个不同海域的温度（左图）和深度（右图）年际变化过程曲线。

北冰洋加拿大海盆上层海洋夏季淡水含量变化：北极海冰近年来快速减少，北冰洋淡水含量也出现了急剧变化。加拿大海盆作为北冰洋淡水的主要存储区域，研究其淡水含量变化对于认识北冰洋淡水收支有重要意义。利用 2003 年、2008 年中国北极考察以及 2004 年至 2007 年的加拿大北极考察数据计算了加拿大海盆上层的淡水含量，结合海冰密集度数据和北极涛动（AO）指数分析了不同因素在淡水含量变化过程中的作用。发现除 2006 年以外，夏季淡水含量在此期间每年增加 1m 以上厚度。增加主要发生在冬季白令海水之上水层，而在其下面，淡水含量维持在 3m 左右，年际差异不大。在 2006 年，加拿大海盆西部上层淡水含量略微减少，但东部和北部海域淡水含量仍略有增加。与 2003 年相比，2008 年加拿大海盆中心海区淡水含量增加量最高可达 7m。分析表明，降水、径流以及白令海峡入流水对加拿大海盆淡水含量的年际变化影响较小，而近年来的海冰减退对加拿大海盆上层淡水含量的增加起着重要作用，同时 AO 正负相位变化也是控制其淡水含量变化的一个重要因素。始于本世纪初 AO 正相位减弱在很大程度上促进了加拿大上层淡水含量的增加，2003 年的 AO 正位相造成的淡水输出很大程度上抵消了海冰减少造成的淡水增加，但 2007 年 AO 的正相位主导地位并未抵消海冰急剧融化造成淡水含量的增加。

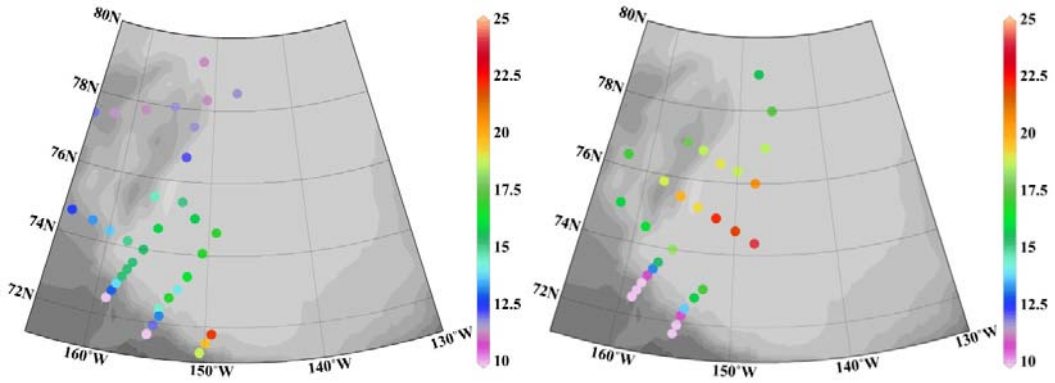


图 2-19 2003 年和 2008 年加拿大海盆上层海水淡水含量(相对于冬季白令海水，单位：m)

南极麦肯齐湾冰间湖的时空变化及对陆架水的增盐效应：在南极普里兹湾冰封时期，埃默里冰架前缘西侧总会出现一个冰间湖，即麦肯齐湾冰间湖。冰间湖强烈的结冰过程对普里兹湾内的水团变性产生重要影响，确定这个冰间湖对陆架水增盐的贡献，将有助于普里兹湾底层水形成问题的最终解决。利用 2003 年至 2009 年 AMSR-E 日平均海冰密集度数据，结合阈值法和连通域法，对冰间湖的空间特征进行了定量分析，得到冰间湖面积等参数的时间变化序列。发现该冰间湖的时空分布具有天气时间尺度高频变化的特点。这种高频变化主要是受风场的影响，冰间湖面积与离岸风速有很好的相关性。利用卫星资料结合 NCEP 再分析气象数据估算了 2003 年至 2009 年冰间湖的产冰产盐量，计算得到冰间湖中一年累计的产冰厚度最大可超过 20 m，厚冰区集中于冰架前缘西部；2008 年总的产冰量是 104 km^2，与前人报道的产冰量基本一致。为了验证产盐量的计算结果

及开展进行进一步的分析，利用第 22 次和第 24 次中国南极考察在普里兹湾海区获得的 CTD 资料进行了增盐量的估算。将估算的产盐量与实测数据的增盐量进行比较，发现冰间湖的产盐量远大于局地的增盐量，说明冰间湖对陆架水增盐的作用并不局限在冰间湖区域，对普里兹湾其他区域也有重要影响。

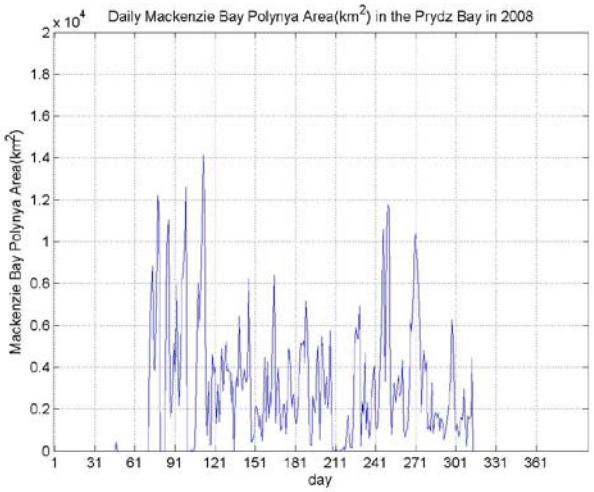


图 2-20 2008 年冰间湖面积随时间变化图

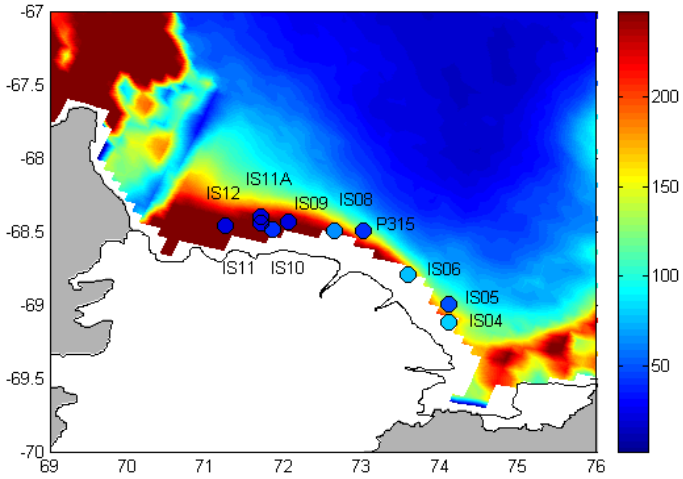


图 2-21　2008 年累计产盐量分布图，
图中所标站点为 2008 年第 24 次南极考察的 CTD 观测站位和对应的增盐量

2．海洋波动与混合

2.1 海浪与小尺度海-气交换

近岸波生流的研究：当波浪传播到近岸时，由于水深变浅会发生破碎，如果地形沿岸分布不均匀的话，波浪破碎会形成较强的离岸波生流－裂流，其流速量级可达 1m/s，对于海滨人身安全、岸线演变、泥沙输运都有重要作用。利用近岸浪-流耦合模式 REF/DIF 1 + SHORECIRC，设计了一系列敏感性数值实验，以探索不同入射波条件下波浪与裂流的关系。实验结果表明，对于同样的地形，变化入射波波高、周期与水深都可以影响裂流流速的大小。在波浪破碎位置不变的情

况下，裂流流速与入射波波高成正比，与入射波周期成正比，与水深成反比。在波浪的破碎位置变化的情况下，入射波与裂流的关系就变得较为复杂。采用传统方法，计算无量纲入射波波高与裂流流速，发现二者并不像以前的研究结果那样呈线性关系；将计算无量纲波高的方法改进，采用裂流附近的波高来计算，结果显示无量纲波高与裂流流速成正比关系。采用 Haller et al. (2002)的实验观测数据，使用该方法计算其无量纲波高与裂流流速，发现二者与前述关系符合较好。

同时，设计比较实验，以探索在岸线附近形成的次级环流的动力机制，发现次级环流主要由三部分组成：由于水位堆积形成的沿岸流、辐射应力梯度导致的向岸流以及部分供给流。次级环流的存在对于裂流流速基本没有影响，但是会压缩供给流的宽度，并使其流速加强。最后，统计所有数值实验结果，发现次级环流的强度与岸线附近的波高梯度有关，次级环流的沿岸流流速与岸线和浅滩之间的波高梯度成正比。

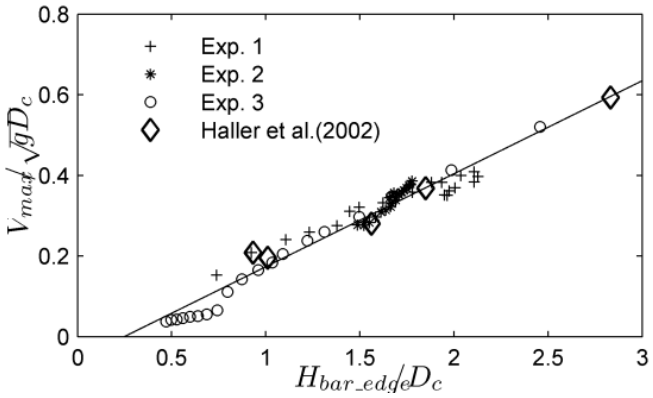


图 2-22 无量纲波高和无量纲裂流流速的关系

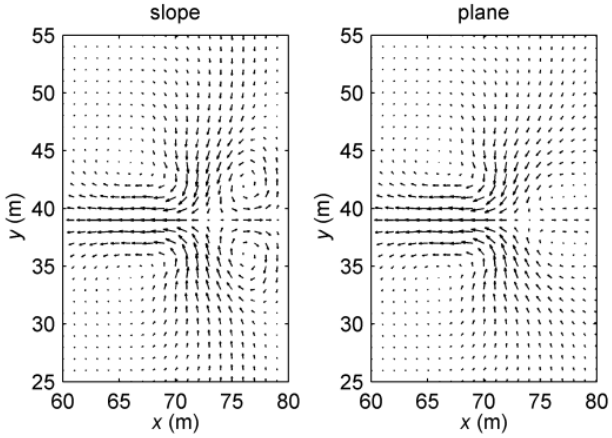


图 2-23 不同岸线与浅滩梯度情况下的流场分布

海浪状态和飞沫对台风的影响：利用建立大气-海浪-海洋耦合模式考察了理想台风情况下大气与海浪间的耦合作用对台风强度的影响。大气与海浪间的耦合考虑了海浪状态和飞沫对海气通量的影响、大气低层耗散加热以及受海浪状态影响的飞沫热通量。通过一系列数值实验，考察了海浪状态、飞沫和耗散加热对台风系统的影响。数值实验结果显示，海浪状态和受飞沫影响的海面粗糙度减低台

风强度，而考虑耗散加热作用则加强台风系统。若考虑飞沫热通量的作用，则随着最大风速和有效波高的增大而使得台风系统加强。大气与海浪间的耦合总体上对台风系统的加强有正的贡献。相对于控制实验，考虑大气与海浪间耦合作用的最小中心气压要小 16.4 hPa，最大风速和有效波高则分别增加 31%和 4%。同时，在台风中心区域，平均总向上海气热通量增加 22%，并且平均潜热热通量显著增加至 31%。

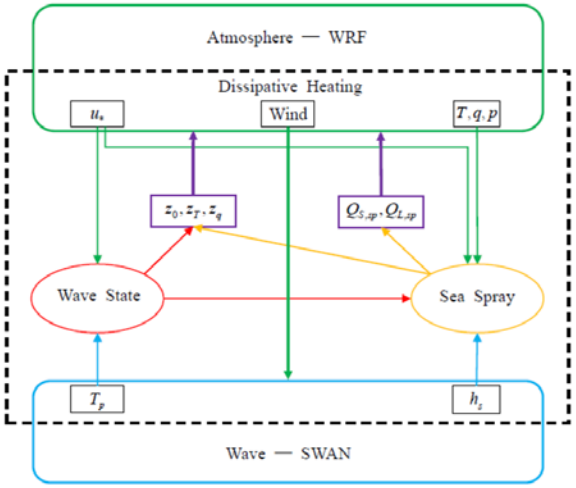


图 2-24 大气-波浪耦合模型示意图

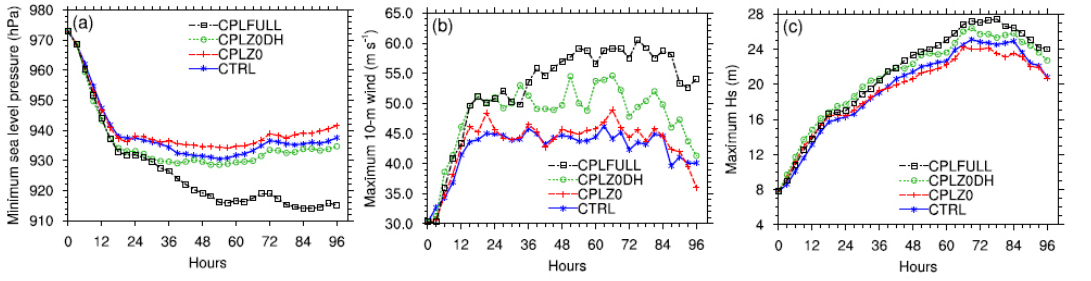


图 2-25 不同实验条件下模式模拟的
（a）最小中心气压；（b）最大 10m 风速；（c）最大有效波高

波浪对海洋上层温度场变化影响：波浪的存在对于海洋上层温度场变化有一定影响。在混合层温度方程中加入 Stokes 漂流的平流热输送作用项，经量纲比较发现其与其它各贡献项有可比性。根据混合层温度变化方程利用 HYCOM 和 WW3 模式模拟获得的数据资料对波浪的平流热输送贡献项和其它各贡献项进行定量计算结果表明，波浪平流热输送作用在南、北半球高纬度海域对混合层温度变化率贡献的量值较大，而中低纬度海域其贡献的量值较小。在南极绕极流区域波浪平流热输送作用贡献 Ts 的年平均量值为 0.26℃/月。全球平均的 Ts 量值的季节变化特征为，对应北半球的夏、秋季量值较大，冬、春季量值相对较小。研究表明与平均流的热输送作用相比，在南、北半球的中高纬度区域，浪致平流热输送的贡献是非常显著的，浪致水平热输送项 Ts 与平均流热输送项 Tc 绝对值的比值在 64°S 纬线上出现最大值，能够达到 50%；在 40°S-60°S 范围内能够达到

40%；北半球 40°N-70°N 的范围内的平均比值也能够达到 30%以上；在低纬度区域 Ts 与 Tc 的比值与高纬度相比相对较小。加入波浪平流热输送作用后，混合层温度变化率的改变量同样是较为显著的，整体混合层温度变化率改变量值的全球平均值能够达到 6%以上，并且在南极绕极流区域能够达到近 10%的变化。

将浪致 Coriolis-Stokes 力以边界条件（波浪表层应力）的形式引入到 HYCOM 模式中，模拟给出海表面温度场数据，并与 2001 年 Argo 浮标在太平洋海域不同纬度范围内的五组实测 SST 数据比较发现，HYCOM 模式中引入波浪作用后对海表面温度 SST 的模拟结果比未引入波浪的影响更接近实测，这一结果证明了波浪的作用对于海洋上层温度场变化影响的真实存在性和重要性。

波浪 Stokes-drift 对环流影响：将 CSF 简化为类似风应力的“波浪表层应力”后，可以研究波浪导致的 Ekman 层底抽吸作用“wave pumping”，及由此引起的波浪在整个上层海洋的输运。利用 ECMWF40 年再分析风和波浪数据分析发现，wave pumping 在高纬带比较明显，而传统意义上由风应力直接导致的抽吸在副热带海区更为重要。通过 Sverdrup 关系，可以根据风应力估算西边界流的大小。同样，由于波浪表层应力的作用，波浪影响的西边界流流量同样可以由波浪参数得到。比较发现，北太平洋和北大西洋的波浪 Stokes 输运和 Sverdrup 输运有相近的季节变化规律；波浪占的比例在北大西洋的冬季比较明显，而在北太平洋冬夏季都较重要。

通过三维大洋环流模式和海浪模式的结合，可以更系统的研究波浪的作用。通过欧拉平均的方法，对基本方程进行波浪平均，可以得到包含 Stokes-drift 影响的三维数值模型。采用海流模式 POM 对全球气候态的大洋环流进行模拟，并以此模拟结果作为背景场，波浪模拟数据作为外部强迫，将变换后的 POM 模式应用于全球大洋，用于研究海洋上层流场、垂向混合系数和垂向温度的变化。结果表明：考虑 Stokes-drift 前后，模式计算的 Eulerian 平均流和 Lagrangian 漂流均发生变化，这些变化与 Stokes-drift 的贡献有关。若将两者变化量进行矢量叠加，得到的流场即是 Stokes-drift。考虑 Stokes-drift 之后，海洋上层垂向混合系数变大。在高纬度，垂向混合系数增强明显的海域，温度垂向混合加深效应显著；在低纬度，由于海面受热更强，层化效应更为显著，虽然垂向混合系数增强，但温度垂向变化不是很显著。

海-气二氧化碳通量：利用实测数据和数值模式构造了高分辨率的风场，与 WW3 海浪模式相结合，基于四种气体交换速率公式，估算了 1982-2005 年南海北部的海-气 CO_2 通量。发现南海北部在过去 20 多年的源汇性质发生了变化，于 2004 年由弱源正在逐渐转变为弱汇，其原因可能是由于大气中 CO_2 含量不断上升，与海表 CO_2 分压差距减小导致。高风速（17.3m/s）引起的海-气 CO_2 通量占年总通量的比例最高可达 20%，最近仅为 1%，说明高风速引起的 CO_2 通量并不

显著。

目前研究发现，用涡动相关法观测到的海-气界面 CO_2 通量较传统化学方法给出的结果大 1-2 个量级，我们通过南海平台的观测资料发现，其误差来源主要是水汽-CO_2 之间的交叉感应；为了消除该因素的误差影响，我们对 CO_2 能谱做了分析，发现其水汽-CO2 之间的交叉感应影响下的能谱满足-2.5 指数率，而非湍流特征下的-5/3 指数率特征，基于此种特征结构，我们提出了一种通过惯性耗散法给定海气界面 CO_2 通量的方法，经检验该方法可以较好的消除水汽-CO_2 交叉感应带来的误差，给出更准确的观测结果。

2.2 海洋内波与混合

南海内波研究：南海是全球内孤立波最为活跃的海域，大振幅内孤立波对南海湍流混合、物质输运及生态过程具有重要影响。基于深海潜标阵列连续两年的现场观测，我们揭示了南海内孤立波的生成、传播和演变规律，阐明了其发展过程和空间分布特点，研究了内孤立波在时间和空间上的变化特征。（1）南海内孤立波的空间变化特征：其在向西传播的过程中逐渐增强。在吕宋海峡内，内孤立波的信号较弱，其周期较长，主要表现为内潮的形式。在吕宋海峡西侧，内孤立波已有较大的振幅，其非线性较强且有较为明显的流核。在南海深海盆中部，其振幅进一步变大，并初步演变为内孤立波波列。在深海盆西侧，内孤立波已发展为较成熟的波列。（2）南海内孤立波的时间变化特征：观测显示，南海内孤立波的强度在不同季节和月份的强度是不同的。从季节上看，内孤立波在冬季整体上较弱，这是因为冬季海水层结较弱，混合层较深。而在不同月份间，内孤立波强弱的变化主要受半日潮强弱的控制。

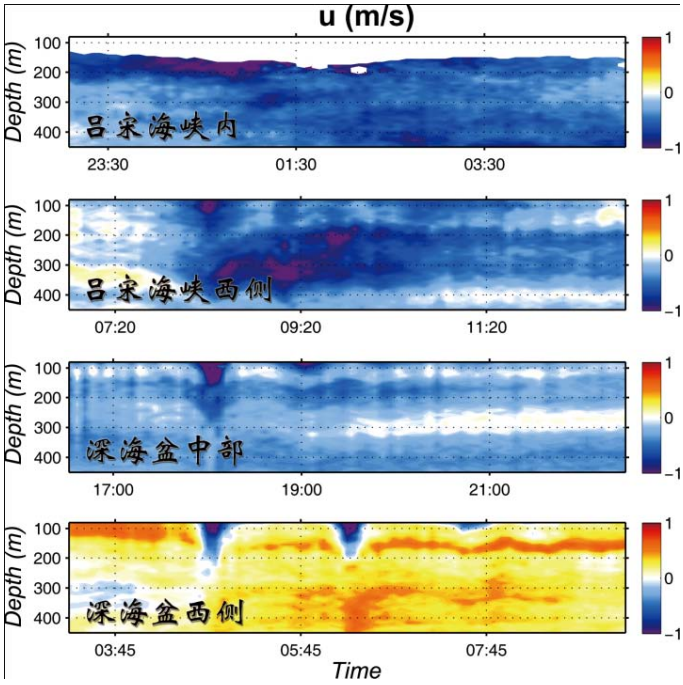


图 2-26 不同位置处潜标携带 ADCP 记录的内孤立波经过时的东西方向流速

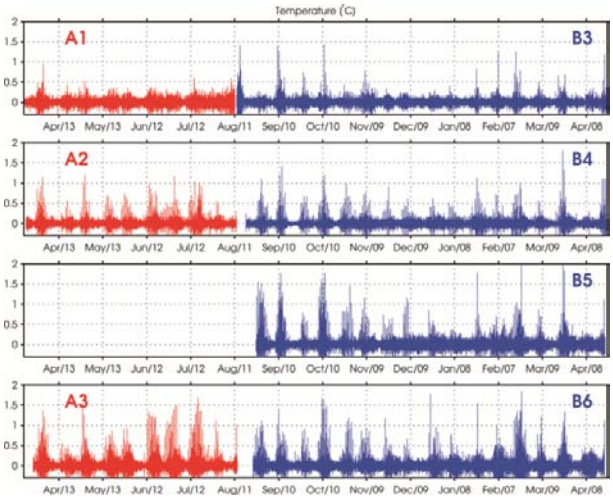


图 2-27 不同位置处潜标携带温度传感器记录数据的高通滤波部分，其值越大，代表内孤立波越强

南海混合研究：南海混合对局地的水团特点、环流结构、物质输运等过程及太平洋的子午翻转环流具有显著影响，对南海混合特征的研究一直是一个重要的科学问题。利用自 2005 年至 2012 年共 8 年间在南海共计约 1000 个 ADCP 和 CTD 观测剖面，通过湍流混合参数化模型确定了南海全水深的湍流耗散率和混合率的空间三维分布情况，结果表明：1）上层和中层在水平方向上均呈现出北强南弱的结构，而在底层却存在南部明显增强的现象，2）在垂向上随着深度增加混合率逐渐增强。该混合特征主要与内潮、显著地形及黑潮入侵等因素相关。此外，还给出了南海深水区垂向速度的空间分布，并初步探讨了混合与南海深层环流的关系。

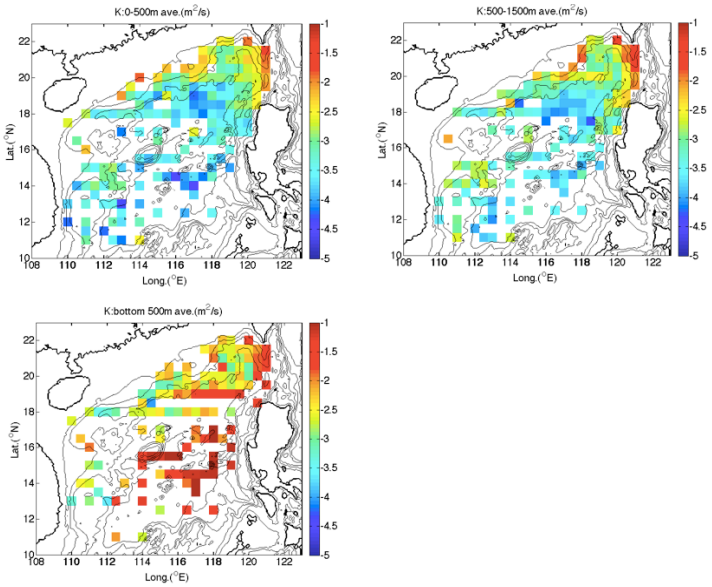


图 2-28 混合率在 500 米以浅、500-1500m 及进底层 500m 内的平均分布情况。

反气旋涡影响下的湍流跨等密度面混合的低频变化特征：研究使用在 HOT（Hawaii Ocean Time-Series）海洋观测计划期间在夏威夷瓦胡岛附近海域收集得

到的 CTD 资料，应用细尺度参数化方法分析了湍流动能耗散率近 20 年（1988-2008 年）内的低频变化特征。分析结果表明，湍流动能耗散率在上层 300-600m 表现出明显的年循环和增长趋势。值得指出的是，该增长趋势主要是由前四年（1988-1992 年）间较弱的湍流跨等密度面混合作用导致的。

在海洋上层 300-600m，湍流跨等密度面混合在反气旋涡中表现出明显的增强。对应的平均湍流动能耗散率比无涡旋状态下的平均值大 53%。随着涡旋强度的增加，反气旋涡对混合的调制作用变得更加明显，气旋涡对混合的影响基本可以忽略。对应的平均湍流动能耗散率与无涡旋状态下的平均值相差不到 10%。反气旋涡对混合的年循环变化具有一定的调制作用。

本研究揭示了上层海洋湍流跨等密度面混合的低频变化特征以及反气旋涡对混合低频变化的调制作用，为进一步理解混合低频变化的影响机理提供了启示。

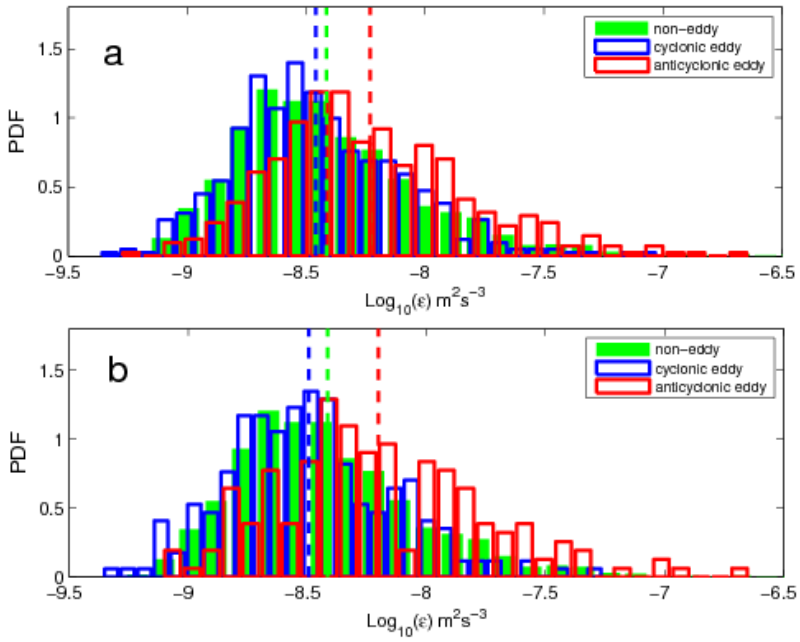


图 2-29 中尺度涡对湍流动能耗散率的调制作用：
(a)湍流动能耗散率在气旋涡（蓝色柱体），反气旋涡（红色柱体）和无涡状态（绿色柱体）下的概率密度分布函数，其中垂直虚线对应于各种状态下的平均值；(b)湍流动能耗散率在强气旋涡（蓝色柱体），强反气旋涡（红色柱体）和无涡状态（绿色柱体）下的概率密度分布函数，其中垂直虚线对应于各种状态下的平均值。

3. 海-气相互作用与气候

3.1 大气环流动力学

阿拉伯海热带风暴加强：阿拉伯海 5、6 月份热带风暴（TS）从 1997 年开始有明显的加强。这种现象的直接原因是自 1979-1997 年到 1998-2010 年该地区 TC 经受的大气层垂直风切变（VWS）平均减少了 3m/s. 研究认为 TS 所经受 VWS

减小的主要原因是其生成以及到达最大强度（LMI）的平均日期有显著的提前。对比 1979-1997 年和 1998-2010 年，TS 的生成日期和到达 LMI 的日期分别提前了 16 天和 15 天，从平均上来看，这可以使 TS 经受的 VWS 有 5.8 m/s 的减小。通过对 TS 生成区域（8°-20° N，55°-75° E）气旋潜在生成指数（GPI）的计算同样可以看到，在此季节阿拉伯海 GPI 的峰值从 1979-1997 年到 1998-2010 年提前了 10 天以上。TS 生成提前是由大气低层气旋式切变和大气湿度的提前造成，这种变化与亚洲夏季风发展提前以及 TS 生成提前是一致的。

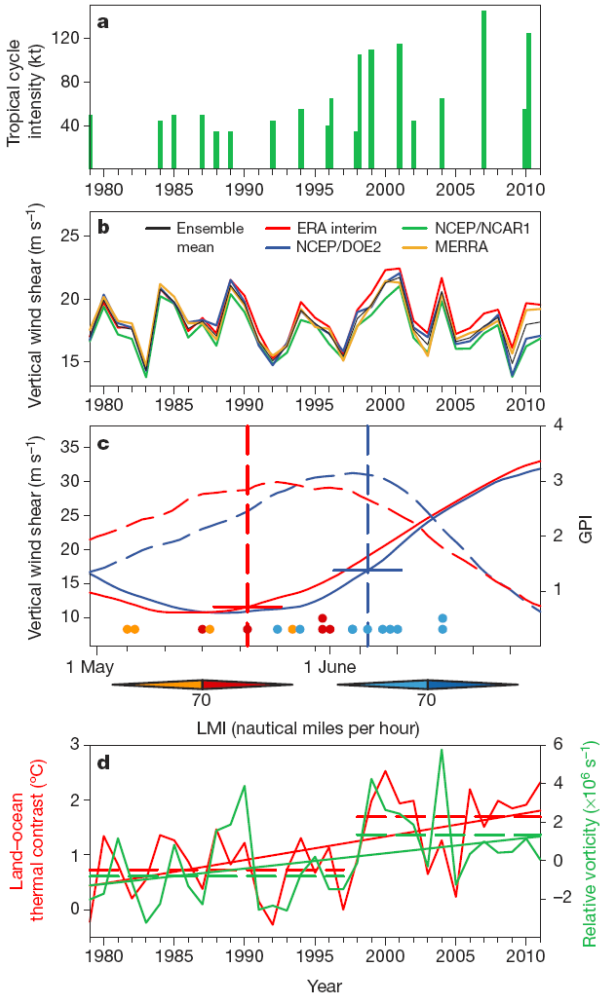


图 2-30 阿拉伯海 TC 增强的原因 a，夏季风之前阿拉伯海热带气旋的强度（每个 TC 的最大风速；kt，海里每小时）。b，不同再分析资料中垂直风切变的强度变化。c，1997 年之前（蓝色）和 1997 年以后（红色）TC 最大强度（LMI）日期（实点）、平均 LMI 日期（垂直虚线）以及 TS 生成区域 15 天滑动平均 VWS（实线）和 GPI（虚线）。橙色和浅蓝色（红色和深蓝色）表示 LMI 小于（大于）70 kts 的 TS。d，5 月份热带气旋生成区域 850 hPa 相对涡度（绿色）以及海陆温度对比（红色）在 1997 年前后的突变分别超过 98%和 99%的新都检验。直线表示线性趋势，虚线表示 1979-1997 年以及 1998-2010 年的平均。

北半球夏季环球遥相关（CGT）的年代际变化：已有研究发现与热带对流异常加热有关的北半球中纬度对流层高层大气存在一显著的东西向环全球一圈的

环球遥相关波列（CGT），它是夏季大气环流遥相关的重要模态，环球呈现出稳定的 5 波结构，对全球气候变化有重要影响。我们的研究发现在全球变暖后的近三十年，CGT 发生了很大变化，1958-1978 年代期间，CGT 呈现出与经典的 CGT 类似的特征，主要反映了北半球大气环流异常年际变化的第二主模态，而 1979-2010 年近三十年里，北半球大气环流呈现出类 CGT 的遥相关波列特征，经典的 5 个中心有所减弱，但整体波列向北加强，最显著的差异出现在北美-大西洋-西欧地区，且反映了北半球大气环流异常两个主模态的杂合特征；进一步研究发现这种年代际变化主要是由于印度季风-ENSO 之间的关系发生了变化所致，前一阶段主要由于印度季风与东太平洋型 ENSO 在发展年夏季的反相关关系决定了印度季风的异常加热所产生的 CGT 呈经典的波列特征，后一阶段则主要由于 ENSO 性质的改变，多出现中太平洋型海温异常，引起西太平洋季风与 ESNO 之间的关系加强，从而导致北半球类 CGT 的杂合型异常遥相关型。

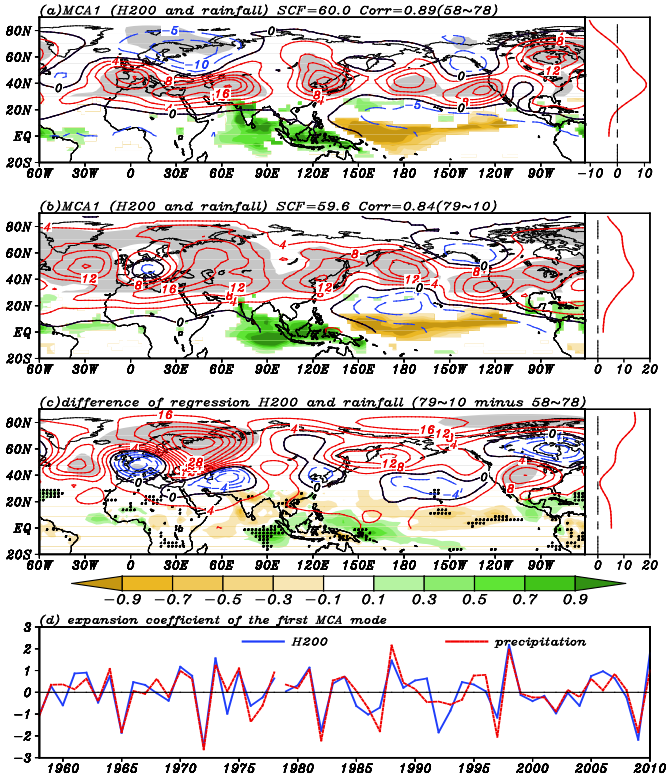


图 2-31 (a)1958-1978, (b)1979-2010 两个年代，北半球夏季 200hPa 高度场和热带降水（15S-30N,单位:mm/day）MCA 分析第一模态分布。(c)两个年代 MCA 第一模态的回归场的差值场。阴影代表 200hPa 高度差值场超过 90%置信区域，点域表示降水差值场超过 90%置信区域。（d）MCA 分析的第一模态时间系数

旋转流体的势对称与涡涡相互作用及其在台风活动中的应用：利用群对称理论研究了一个旋转流体系统模型，在引入了一个标量势、两个矢量势和两个张量势之后，我们发现该扩展系统的李对称包含许多对 z 或(z, t)的任意函数，由得到的李对称可以找到一些类型的精确解，其中有一类解可以很好地定性描述台风的三维结构特征，特别是低层辐合高层辐散的螺旋上升结构特征。另外，我们还

建立了一个多涡相互作用模型可以用来描述涡流相互作用和涡涡相互作用，其对称性和守恒性表明，涡流相互作用中动量、角动量、每个涡的能量以及双涡相互作用的总能量均是守恒的，而涡涡相互作用则破坏了每个涡的能量守恒性，并研究了一些特殊的如点涡、偶极涡、多涡、贝塞尔涡等的理论解：第一类贝塞尔涡解就是通常的单极型的孤子解，它可以用来描述大气中的欧米加型阻塞，第二类贝塞尔涡解则可以描述大气中的鞍型场环流，涡涡相互作用中的两涡吸引、互旋、绕着一个涡外缘轨道运动等特征则与实际双台风或台风与副高反气旋涡之间的运动关系相一致。

中高纬度大气环流优势模态的变化与海冰的关系：北半球 SLP 异常的第一模态为北极涛动（AO），而第二模态是偶极异常（DA），将这两个模态称之为北半球中高纬度大气环流异常的优势模态，通过计算优势模态与海冰面积的超前滞后相关性，发现 AO 主要影响半年后北极海冰的东西分布，而 DA 则不仅影响一个季度-半年后海冰的内区和外缘的反相分布，还受到海冰对一个季度后大气的反馈作用，与海冰的关系是一种耦合关系，且这种关系在近些年变得越来越重要。另外，这种海冰-大气之间的关系还影响着东亚冬季气温变化的两个主模态：在前夏和前秋，东西伯利亚海—波弗特海海冰异常减少（增加）对应着随后东亚冬季气温偏北（偏南）变化型，然后冬季东亚气温的偏北（偏南）变化又会引起随后的春季北极东半球海冰的异常增加（减少），而白令海和鄂霍次克海的海冰异常变化是伴随东亚冬季气温变化产生的。

中高纬度海气相互作用：研究发现，北大西洋秋季 SST 异常对大气环流造成异常，对冬、春季东亚地区气候变化产生影响。影响机制可用风-蒸发-SST 反馈机制解释。研究发现，北冰洋纬向海温梯度对中高纬大气环流异常产生影响，可影响东北地区的气候。在 NAO 位相转换原因的研究方面，通过对行星尺度波的分析，发现某些欧亚大陆上行星尺度波可造成北大西洋上空槽脊位相的转换。对热带北大西洋上空遥相关波列的分析表明，秋季是北大西洋遥相关波列最明显的季节，也可对冰岛附近的大气环流产生影响。

3.2 海洋-大气相互作用与气候

发现过去 60 年 Walker 环流减弱的新证据：一直以来关于大气 Walker 环流的长期变化特征存在着很大的争议，对单一的资料进行分析，往往会得到矛盾的结果。气候模式模拟的全球变暖情景中，Walker 环流有所减弱；而使用海面温度强迫的大气环流模式中，Walker 环流在过去有所加强。谢尚平教授与美国气候学家合作，利用海洋大气动力学的原理，结合数值模拟，通过对多种资料的分析，寻找在物理上最为合理的气候变化特征。研究结果用数值模式模拟出了环流减弱的主要特征，发现过去 60 年中海温的梯度变化是 Walker 环流长期变化的主要原

因，从而证实了印-太海区的海温长期变化信号与大气环流变化的紧密耦合关系。这一重大科学发现，基本解决了气候变化中大气 Walker 环流如何变化这一国际性争议问题，是气候变化的有力证据。同时创新性的对资料进行了重新订正，发现热带海区的海温增暖信号存在很大的不确定性，这对后人进行气候变化研究具有借鉴意义。

此成果于 2012 年 11 月发表在国际顶级学术刊物《Nature》上，该成果为进一步开展全球变化中的海洋-大气相互作用研究提供了理论基础和指导。

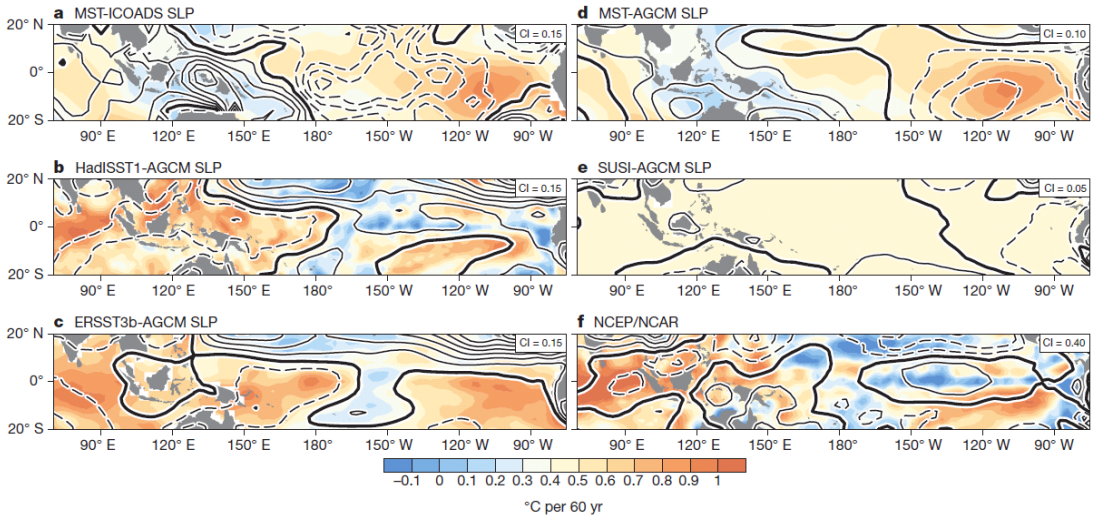


图 2-32 观测和大气模式模拟的过去 60 年（1950-2009）间海表面气压（等值线）和海表温度（填色等值线）变化趋势的空间分布。其中整个区域的平均变化趋势已经被扣除。

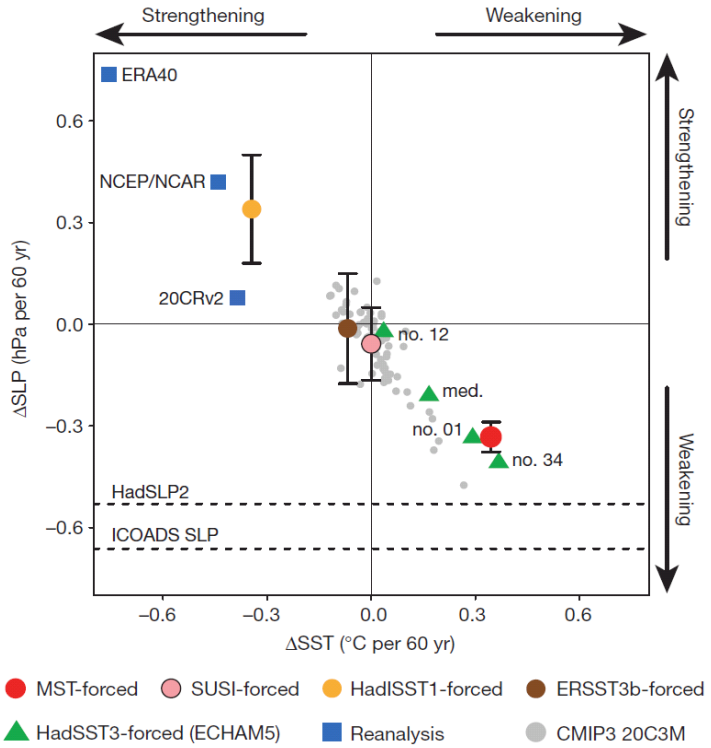


图 2-33 大气模式，CMIP3 耦合模式模拟以及再分析资料中 SST 以及 SLP 梯度变化趋势的散点图。（说明 SST 梯度变化趋势和 SLP 梯度变化趋势的相关性）

海洋障碍层对热带风暴加强的影响：通过观测和数值模拟发现如果飓风经过海洋表面大范围的淡水区域，将有可能比未经过此类区域的风暴加速 50%，这就意味着飓风强度将极大增强并带来更大的破坏性。当海洋表面覆盖着一层厚厚的低盐度海水时，例如陆地河流的淡水汇入海洋的区域，那里的波浪诱导混合能够使更冷的深层海水涌到海洋表面的运转效率受到影响。这样一来，就会导致海水表面温度升高，给飓风提供了加速的“燃料”。因此要证明飓风预测的准确性，我们不仅需要知道飓风下海水区域的温度，还要对海水的盐度结构有一个更深入的了解。张平教授指出，如果已知一个飓风可能的路径，就可以通过实验设计看当它靠近海面的淡水区域时是否会增强，这将是帮助了解飓风如何增强的又一种有效方法。

研究成果的发布引起学界广泛关注，文章 Ocean barrier layers' effect on tropical cyclone intensification（《海洋障碍层对热带风暴加强的影响》）已发表于新一期美国《国家科学院院报》，美国知名电视台 WSHM-TV，KCOY-TV 等多家媒体也就该问题进行了大篇幅的相关报道。

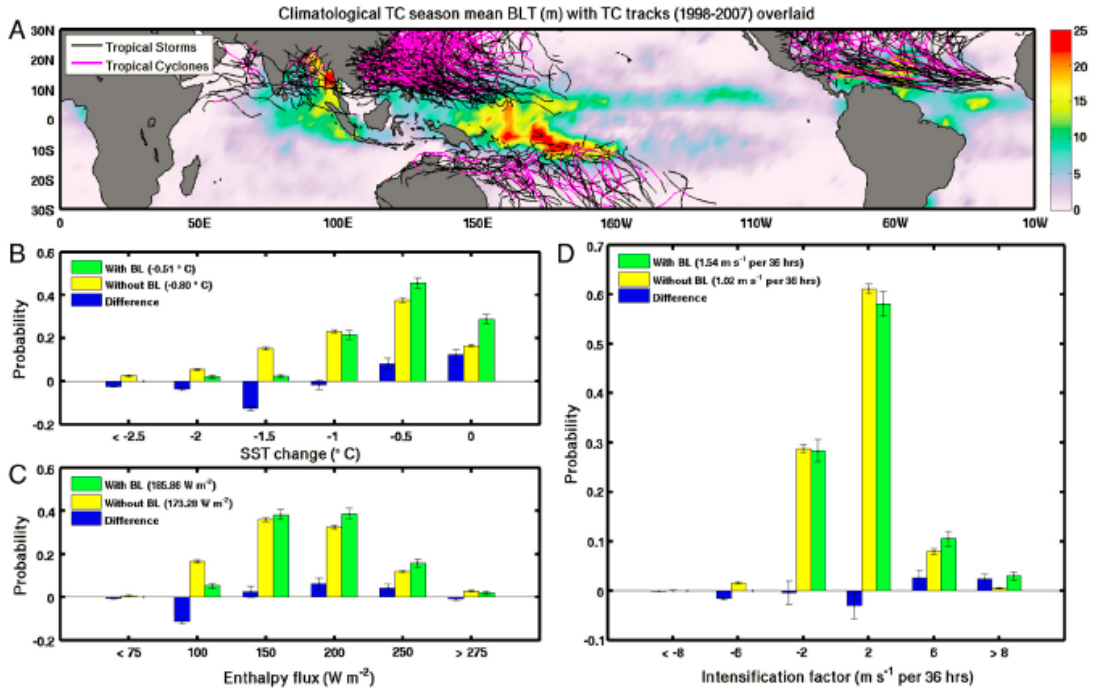


图 2-34

北太平洋大气环流对北太平洋海温（SST）异常的响应以及全球变暖对其的调整作用：利用观测数据和 IPCC（AR4）气候模式资料，主要分析探讨了北太平洋大气环流对北太平洋海温（SST）异常的响应以及全球变暖对其的调整作用。研究发现，在早冬期间（十一月至次年一月）大气环流对黑潮延伸体区域的海温异常响应表现为暖 SST-脊（高压）响应。在全球变暖下，该响应明显加强，表明北太平洋中高纬度海气耦合在较暖的气候条件下能够明显增强。进一步研究表明，全球变暖对大气响应的这种加强调整作用很可能与大气瞬变涡动（Storm

Track）的增强有关，这将进一步放大瞬变涡动对大气响应的反馈作用。

该研究首次揭示了全球变暖对北太平洋中高纬度海气耦合的调整作用，为太平洋气候年代际变化在全球变暖下的变异机理研究提供了重要的理论基础。

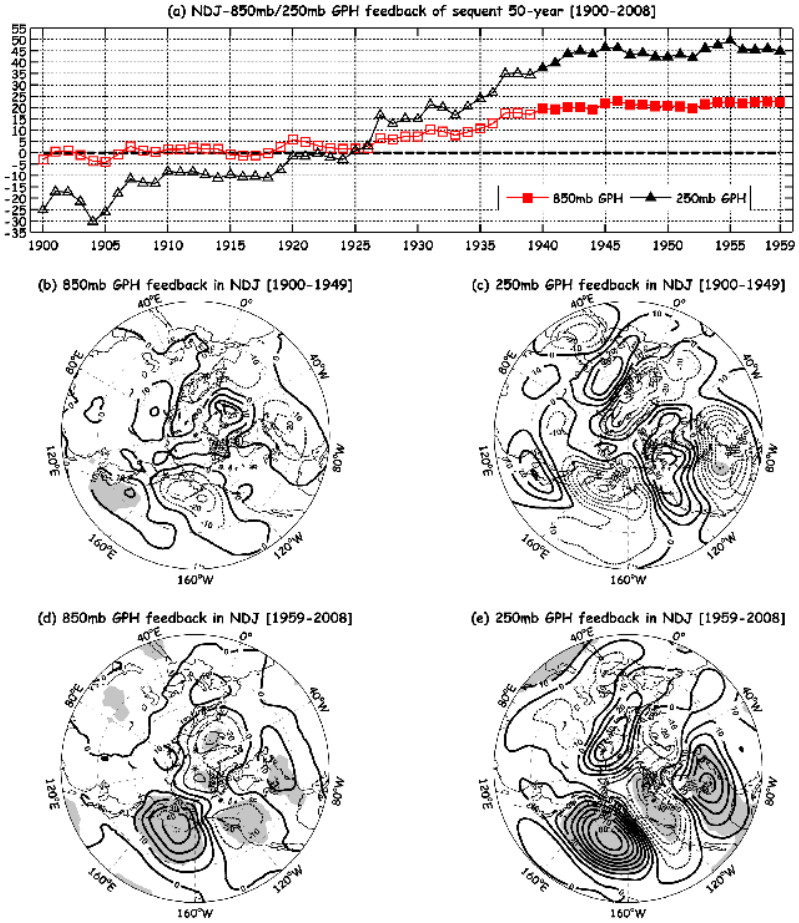


图 2-35 利用 20 世纪再分析资料分析所得早冬期间（NDJ）北太平洋位势高度场（GPH）对黑潮延伸体区 SST 异常的响应。单位：m K^{-1}

揭示了跨锋面的海洋涡旋导致的海洋-大气相互作用：发现了南海北部和北太平洋副热带逆流区海洋涡旋能通过跨锋面的热平流效应影响 SST，形成反气旋涡和气旋涡之间的暖、冷舌，并导致暖（冷）舌上空海面风加强（减弱），该现象随着涡旋的自西向东移动而移动，冬、春季明显，夏季随着气候背景 SST 锋面消失而消失。该成果指出在南海北部和副热带逆流区海洋动力学可以通过热平流效应影响大气。该系列成果 2012 年发表在 GRL、International Journal of Remote Sensing 等 3 个 SCI 源期刊上，为研究海洋热平流效应对大气影响开辟了一条新路。

中国季风降水主要模态与太平洋、印度洋海温的关系：使用 S-EOF 方法分析了 1960-2004 年中国东部地区雨季降水旱涝分布前三主模态季节演变的时空变化特征。前两个主模态都和 ENSO 有很好的相关性，并发生在 ENSO 衰减年位相转换的夏季。第一模态“黄淮-江南反相型”发生在厄尔尼诺衰减年，西北太平洋

反气旋在菲律宾海从前一年冬季维持到厄尔尼诺的衰减年的夏天；热带印度洋 SST 对太平洋 ENSO 的响应模态——海盆模（IOBM），将 ENSO 对第二模态“江淮-华南反相型”的影响维持到 ENSO 衰减年的夏天起到了很大的作用，赤道中东太平洋 El Nino 型海温异常向 La Nina 型海温转换的同时，热带印度洋 SST 海盆一致模持续到第二年夏天，并引起大气对流层上层的“Matsuno-Gill pattern”响应，在副热带西北太平洋地区形成低空异常反气旋，在中国东部形成一个‘北涝南旱’的降水异常分布。出现在夏季风后汛期的第三模态“三明治”型的旱涝分布则主要与热带印度洋海温异常从前一年冬季开始有显著的正相关，而与 ENSO 无明显的相关性，同时印度洋海温异常激发的北半球夏季环球遥相关型（CGT）也与第三模态旱涝分布密切相联系。

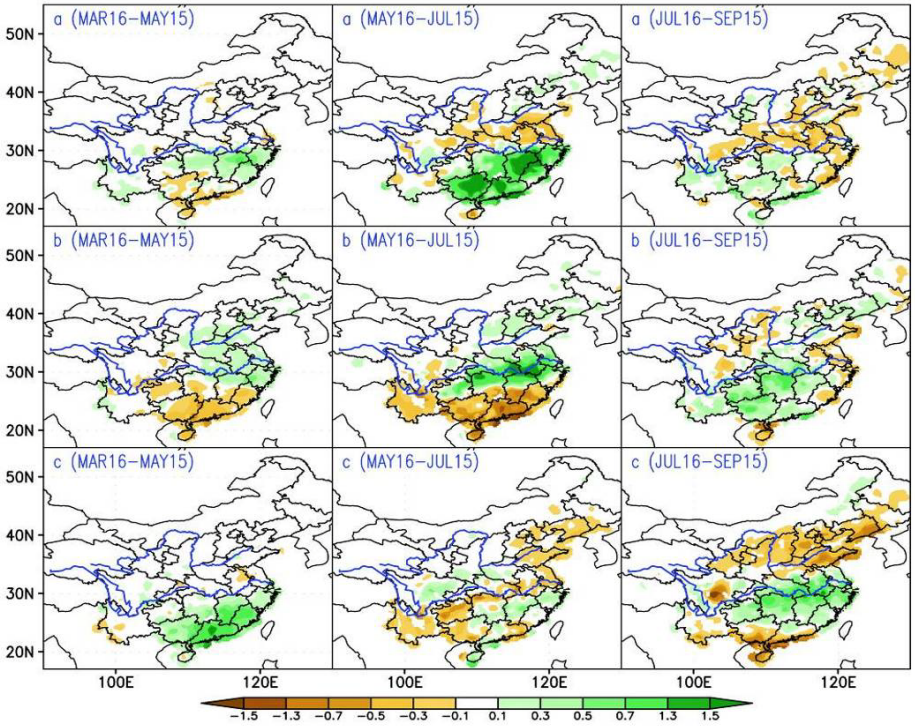


图 2-36 S-EOF 前三模态对中国降水季节演变过程的回归分析

(a)第一模态(b)第二模态(c)第三模态

大气对全球各大洋不同季节 SST 异常主模态的响应：比较了大气对各大洋不同季节 SST 异常响应研究中使用的三种 GEFA、LIM 和 FDT 统计方法，研究结果表明前两种方法都能再现各大洋不同季节 SST 异常主模态对大气的影响，因为年周期的季节变化要比大气内部变化缓慢地多；而后一种方法在季节循环的位相方面有一定的误差。最后利用 GEFA 和 LIM 这两种相互独立的统计方法，得到较一致的大气对不同大洋各个季节 SST 异常响应。除证实前人有关 SST 异常影响大气环流的结果外，发现了热带太平洋 SST 异常主模态影响北美的 PNA 波列有明显季节变化，而影响南美的 SPA 波列的季节变化不明显；在冬季热带印度洋第一模态对东亚对流层上层的影响最明显。该研究工作在 2012 年 J. Climate 以 2 篇论

文的形式发表。

大尺度海洋大气环流对海气热通量的贡献作用：海洋与大气之间热通量的交换是海气相互作用的直接体现。热通量的变化与大尺度的海洋与大气环流息息相关。研究结果显示，在高纬度地区，海气湍热通量的年代际变化主要受高纬度大气涛动的影响。高纬度大气涛动（例如北极涛动，南方环状模态）等决定了大气环流的模态，大气环流的改变会通过 Ekman 效应改变海盆尺度的海温的变化，两者的共同作用决定了高纬度海气湍热通量的变化机制。在高纬度海冰边缘区域，湍热通量的变化亦受大气涛动的自然变化控制，由此诱发的大气的气旋（反气旋）环流异常会引发高纬度海冰的辐散（幅合），加速（抑制）海洋放热过程。

在热带地区，以西太平洋暖池为研究实例，基于逆方法，提出海气热通量的物理约束机制，用以诊断海气热通量的模式，同时揭示了在热量的垂向输运中，赤道表面急流与赤道潜流之间的季节变化的剪切，决定了垂向的热量耗散过程，将垂向混合过程与热耗散过程有机结合起来。

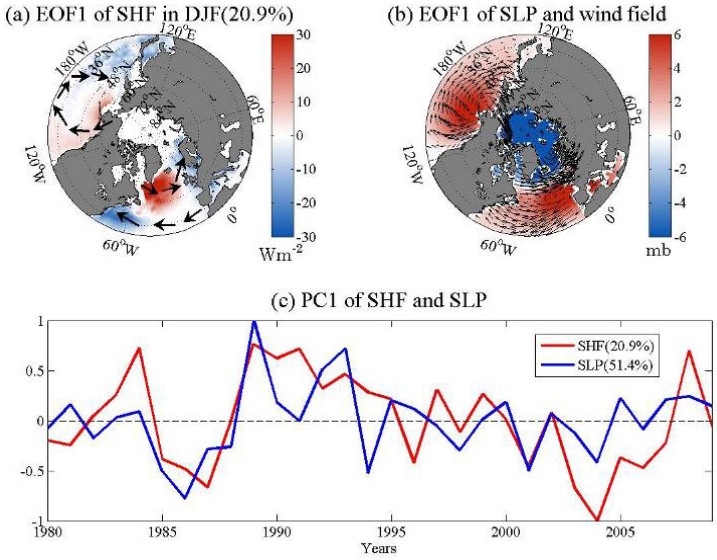


图 2-37 北半球海洋 SHF 和 SLP 的 EOF 的主模态空间分布及时间序列。箭头表示风场的主模态。

揭示了夏季黄东海层云-海雾转化的物理过程：夏季黄东海大气边界层内存在 SSTF 强迫的小尺度的次级环流。在 SSTF 的冷水侧，次级环流的下沉支与天气尺度的下沉叠加，使得大气边界层顶在 SSTF 附近陡然下降，加强的下沉可以导致层云消散。在 SSTF 冷水侧下沉可至海面，在持续的低空偏南气流影响下，通过感热交换，气块温度下降，形成海雾。研究指出 SSTF 南部低云（海雾）发生频率远远高于（低于）北部，SST 冷中心可以使海雾发生频率增加 15%以上。该研究丰富了海雾形成机理，为海雾预报提供了新的思路。

我们对黄海海雾的研究在国际上引起了越来越多的关注。2012 年 4 月 7 日 NASA 网站以 Fog blankets the Yellow Sea 为题，登载了黄海海雾的卫星遥感图像，

并主要引用了我们在 2006、2009 年发表的文章，对海雾进行了评述。

3.3 海洋与气候系统模式

全球高分辨率海洋气候模式：海洋中的中尺度现象，如涡（eddies）、锋（fronts）和上升流（upwelling）等，在气候系统的许多关键过程中都扮演着重要的角色，比如大洋环流、海气相互作用，海洋生态系统和碳循环等。涡分辨率海洋模式经历了从准地转动力学框架到原始方程，从区域模拟到全球耦合的发展过程。然而目前的涡分辨率模式尚不能快速积分足够长的时间来作为气候系统模式的一部分来使用。气候模式在应用中更关心海洋和气候系统在某种扰动下能否达到热力学平衡，这关系到十年际或更长时间尺度上气候研究的开展。在计算和存储条件的限制下，海洋模式往往需要在更长的积分时间和更小的空间分辨率之间做出权衡。

实验室海洋模式的发展初衷是希望在保证模式具有足够高分辨率的情形下，利用有限的硬件资源，使模式同时具有较快的积分速度和较长的积分时间，最终做到与大气环流模式耦合，从而实现高分辨率海气耦合系统对长期气候变化的模拟和研究。在模式设计上，我们基于 FOAM 的海洋模块，采用其快速高效的并行和外重力波滤波方案；该方案已被证明对海洋中的其它动力过程没有显著影响，并能显著提高模式的积分效率。模式的具体设计和配置可以参考模式评估。随着分辨率的提高，海洋模式往往有能力模拟出更小尺度和更高频率的物理过程，因此在实验设计上，该模式的海表面强迫边界条件采用的是 6 小时一次的 COREv2 IAF 数据（1948-2009 年）；其中的风应力，热通量和淡水通量通过 Large & Yeager 方案实时计算得到；在此之前模式已经由 COREv2 NYF 数据强迫 spin-up 了 20 年；模式的输出为月平均的三维流场，温盐场，海表面高度场，海表面动量通量和热通量。

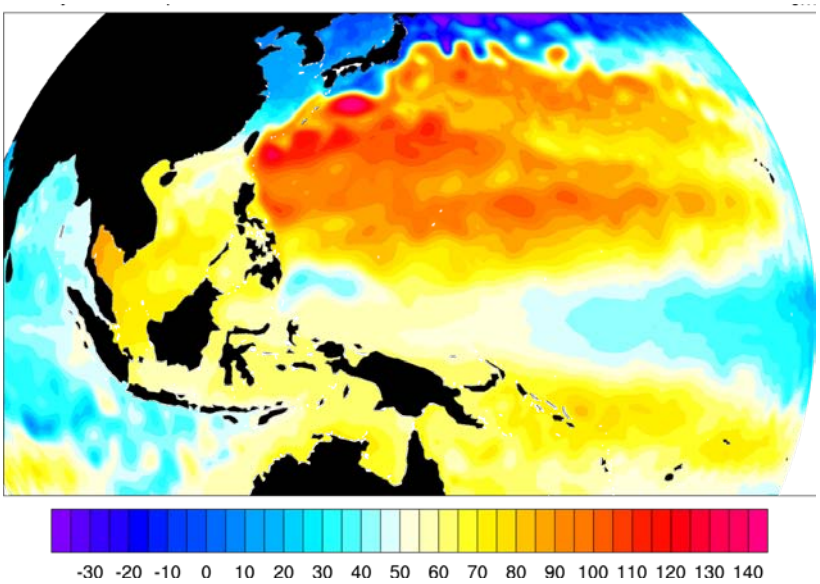


图 2-38 全球高分辨率海洋气候模式对印太海区海表面高度场的模拟（三天平均）

该模式运行在物理海洋实验室的高性能计算平台上，目前的水平分辨率为1/10 度，垂直方向分为 50 层，最上层厚度为 5m，已经连续积分了 50 年。模式在 480 个 CPU 的条件下，每天可以积分大约两年，表现出了良好的运行效率；在此基础上，高分辨率全球海-气耦合模式的开发正在准备中，我们最终将为全球海洋环流以及中小尺度过程对气候变化的响应研究提供重要的高分辨率数值模式。

区域海气耦合模式发展与应用：

1. 区域海气耦合模式

海洋模式采用目前国际上流行的区域海洋模式系统 ROMS (Regional Ocean Modeling System)。它是自由表面的、基于流体力学原始方程的静力平衡模式。水平网格采用的是基于 Arakawa C 网格的正交曲线坐标，垂向使用随底地形变化的 S 坐标。S 坐标的优点在于可以在海洋温跃层等变化剧烈的区域加密分层。大气模式采用的是可同时满足天气预报和中尺度大气研究的 WRF 模式(Weather Research and Forecasting)。WRF 是一个可压缩非静力模式，并具有多重嵌套功能。

海洋和大气耦合方式是海洋向大气提供海水表面温度（SST）作为大气的下界面边界条件，大气向海洋提供所需的海表面通量作为强迫场，主要包括净的短波辐射、净热通量、蒸发-降雨及海表风应力。

2. 区域海气耦合模式的应用

（1）西北太平洋及北印度洋区域海气耦合模式

模式的计算区域如图 4-1 所示。外层绿色部分是大气模式 WRF 的计算区域，主要包括西太平洋和印度洋，具体范围从 24.91°S 到 65.98°N, 30.26°E 到 186.74°E，水平空间分辨率为 27km，垂向分为 28 层；海洋模式 ROMS 的计算区域为内层蓝色阴影部分，范围为 16.25S 到 62.83N, 38.67E 到 178.60E，水平空间分辨率为 9km，垂向分为 33 层。

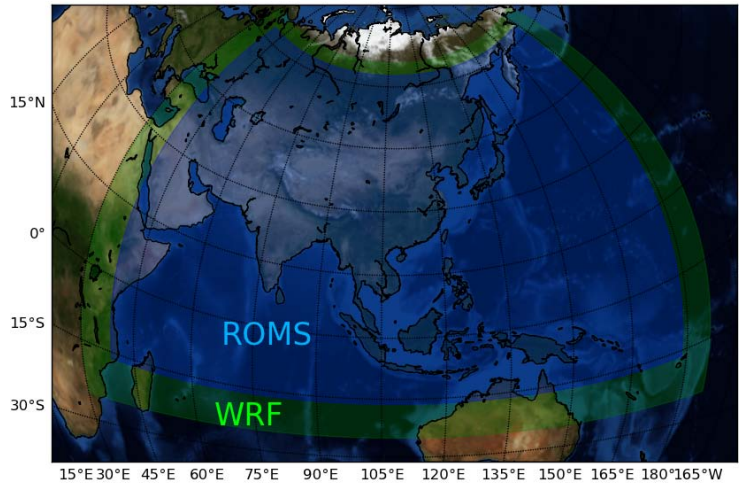


图 2-39 计算区域：外层绿色部分为 WRF(27km)区域，内层蓝色部分是 ROMS(9km)区域

对比 SODA 2.2.6 的月平均数据以及日本气象厅发布的西北太平洋海面月平

均 SST，以及一些文献资料和观测数据，模式结果能较好的反映出模式区域的主要海洋特征。

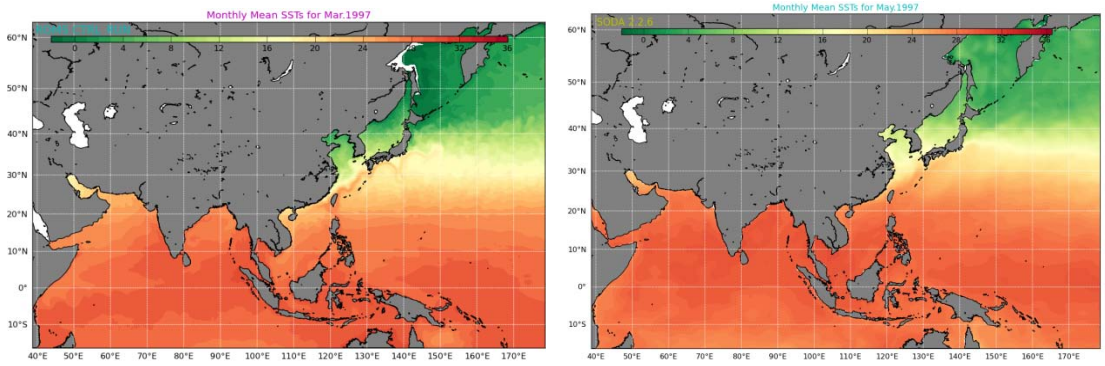


图 2-40 月平均 SST 比较（左图为模式结果；右图为 SODA）

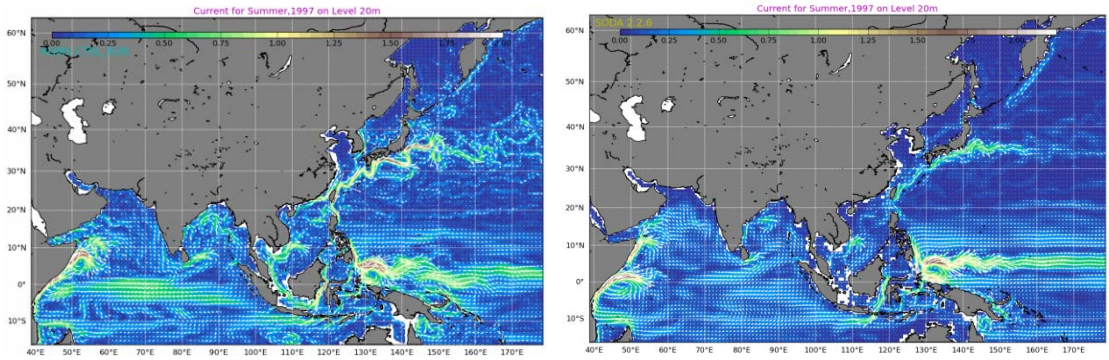


图 2-41 月平均 20 米流场比较（左图为模式结果；右图为 SODA）

（2）台风个例模拟

台风桑美（Saomai）是 2006 年 8 月发生的一次超级台风过程，8 月 10 日 5:25PM （9:25 UTC）升级为 4 级超强台风于中国浙江省登陆。据新华社消息称，桑美是过去 50 年内登陆中国的最强的台风之一。针对这次超强台风过程，建立了一个中国近海台风活跃区域超高分辨率的台风海气耦合模式。模式的计算区域如下图所示。外层绿色部分是大气模式的计算区域，范围是 24.91°S 到 65.98°N, 30.26°E 到 186.74°E；海洋模式的计算区域为内层蓝色阴影部分，范围为 16.25S 到 62.83N, 38.67E 到 178.60E。模式水平分辨率为 3km。

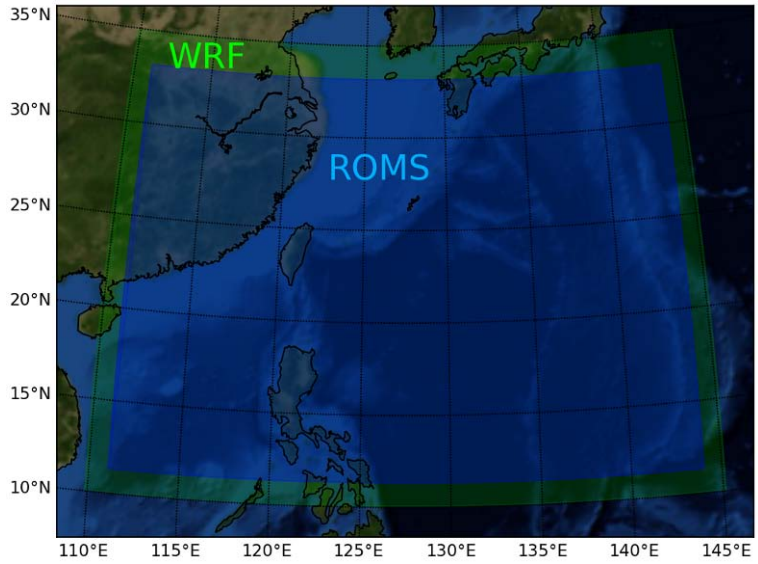


图 2-42 计算区域：外层绿色部分为 WRF 区域，内层蓝色部分是 ROMS 区域，分辨率 3KM

下图是登陆前（8 月 10 日下午 1 点）MODIS 卫星图像与模式计算结果（OLR，Outgoing Long-wave Radiation）的比较，模式结果比实际情况略有偏北。

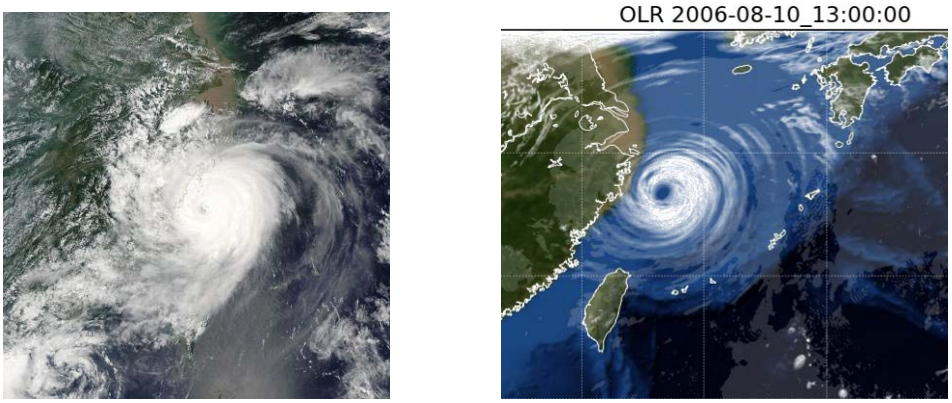


图 2-43 登陆前台风桑美位置比较

（3）中国近海区域耦合预报模式（建设中）

目标是建立中国近海区域海气耦合预报模式，目前正在进行海洋模式的预报试运行。区域海洋模式 ROMS 的计算区域如下图中蓝色阴影部分所示。海面强迫场目前正在使用高山红老师的实时预报系统的预报场，将来会引入其它如 NCEP 等可以做为稳定预报场的资料进行集合预报。

3.3.2 天气与海浪实时预报模式

1. 三个方面的改进工作：

（1）Cycling-3DVAR 数据同化模块更新到最新版本（Ver-2012.08.31），增强容错能力，提高计算稳定性。

（2）使用 $0.5^{o}\times0.5^{o}$ 的 NCEP-GFS 数据（垂直层间隔 25hPa）为 WRF 预报提供初始背景场与时变侧边界；更新数据下载与处理脚本，加速下载速度与提高下载成功率（平均 6 分钟之内完成下载，成功率几乎 100%）。

（3）使用 RTTOV 辐射传输模式，直接同化多种卫星辐射亮温 TBB 数据。

详细的改进记录见

http://222.195.136.24/mm5.files/frame1/version.htm。

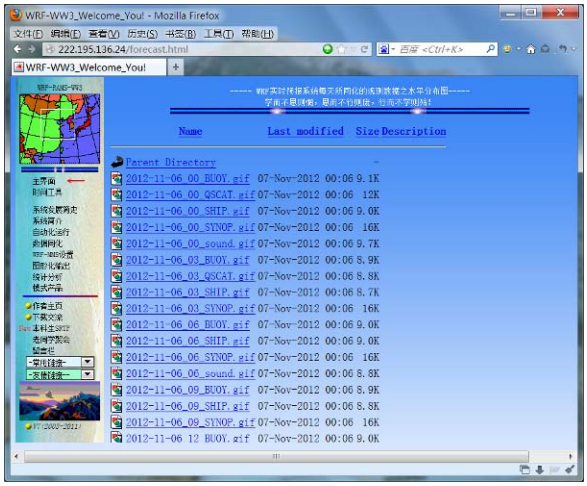


图 2-44 预报系统每天运行所同化的观测数据水平分布图像

2. 推广工作

基于“WRF-WW3 天气与海浪实时预报系统”研发工作积累的经验，将其中的 WRF 天气预报部分移植到国内多家单位，如交通部、厦门海洋预报台、浙江省海事局，为它们提供海面风场的数值预报。

Cycling-3DVAR 数据同化模块正在申请软件著作权。

3. 研究工作

（1）利用 MTSAT 多通道红外与可见光观测数据，发展全天候的黄海海雾监测与海雾信息（雾区与厚度）反演算法；并将海雾信息通过 Cycling-3DVAR 同化模块进行同化，以提高海雾的数值预报效果。研究工作已经完成，相关成果“Assimilating MTSAT-derived Humidity in Modeling Sea Fog over the Yellow Sea”已投 AMS 期刊 Weather and Forecasting。在研究基础上，将此反演与同化技术进行了实时运行测试，计划明年初在已有的预报系统中投入实时运行。

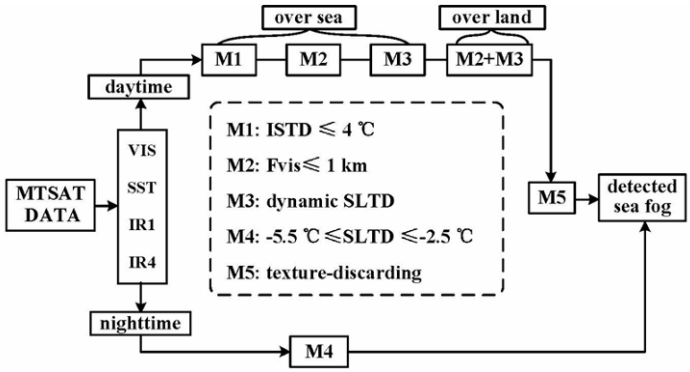


图 2-45 基于 MTSAT 观测的黄海海雾全天候反演算法

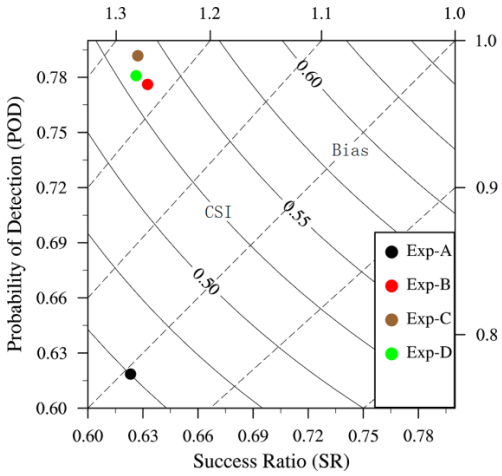


图 2-46 同化 MTSAT 反演湿度信息的预报雾区改进效果

（2）基于 Cycling-3DVAR 同化模块，在青岛近海海雾数值预报中开展多普勒雷达观测（径向风与反射率）的同化研究，初步结果表明效果良好。相应的同化技术可以投入实际业务实时运行。

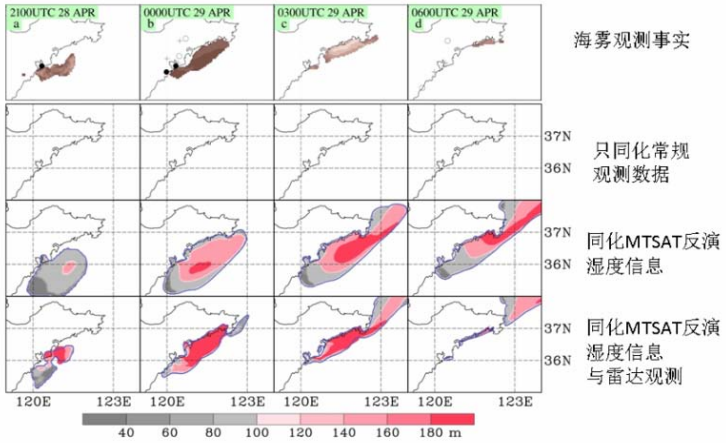


图 2-47 雷达观测数据同化试验

（3）开展黄海海雾的 Hybrid-3DVAR 数据同化研究，并利用 Hybrid-3DVAR 为山东省气象科学研究所初步构建了一个供研究使用的高分辨率数值天气集合预报系统，已在国家超算济南中心运行。

```
.
|-- DATA
|   |-- Extra_OBS
|   |-- GFS
|   |-- GTS
|   |-- OBS
|   `-- SST
|-- Ensemble_Run
|   |-- result
|   |-- run_det
|   |-- run_ens1
|   |-- run_ens2
|   `-- shell_scripts
|-- Hybrid_3DVAR
|   |-- PROCESS_input
|   |-- namelists_linked
|   |-- obs_be_files
|   |-- prepare_gen_be
|   |-- prepare_my_obs
|   |-- result
|   |-- run_WRFs
|   |-- run_hybrid
|   |-- run_perturb_bc
|   |-- run_wps
|   `-- run_wrfv3
|-- Result_process
|   |-- Generate_CV5_BE -> ../Hybrid_3DVAR/prepare_gen_be/gen_be
|   `-- Result_Ensemble_Run -> ../Ensemble_Run/result
`-- WRF_run_info
```

图 2-48 Hybrid-3DVAR 集合预报系统框架

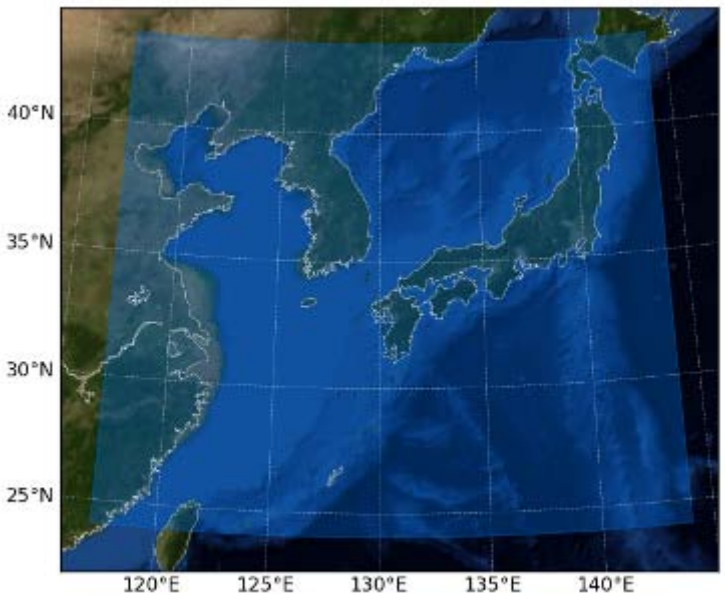


图 2-49 中国近海区域预报模式计算区域示意图

三、项目与经费

实验室在承担国家科技计划项目方面继续保持强劲势头，截至目前 2012 年度新上国家重大科学研究计划、科技基础性工作专项、国家高技术研究发展计划（863 计划）等各类项目 68 项（主持），合同额 8500 万元，2012 年度实验室各类项目实际到账经费 7000 余万元。

1．项目数量与项目经费统计

项目分类	项目数量	项目合同额（万元）	2012 到校经费（万元）
2012 新上项目	41	8558	4354.1
在研项目	143	29856	2738.5
合计	184	38414	7092.6

2、2012 部分新上项目

项目名称	负责人	项目类型	项目经费（万元）
西北太平洋海洋多尺度变化过程、机理及可预测性	吴立新	国家重大科学研究计划	2600
渤、黄海海洋动力环境和生态环境综合调查	鲍献文	科技基础性工作专项	932
深海海洋仪器设备规范化海上试验	万修全	国家高技术研究发展计划(863 计划)	750
海洋环流变异机理	林霄沛	国家自然科学基金	100
西北太平洋上爆发性气旋发展机理的研究	傅刚	国家自然科学基金	88
水平温差驱动环流的本征振荡规律研究	王伟	国家自然科学基金	88
天气噪声对大西洋经向翻转环流变异的作用	万修全	国家自然科学基金	88
北极冰面融池分布及其在冰-海洋耦合模式中的参数化研究	苏洁	国家自然科学基金	87
热分层水槽中波浪混合的实验研究	管长龙	国家自然科学基金	85
南印度洋副热带模态水年际变化特征及其机制研究	兰健	国家自然科学基金	85
区域海洋热含量异常影响中国气候变化机制的研究	孙即霖	国家自然科学基金	85
黄、东海低营养层生态系统对自然环境变化响应胡模拟与分析	赵亮	国家自然科学基金	85

黄海平流海雾大气边界层云微物理机制的数值研究	高山红	国家自然科学基金	84
波浪和降雨对海洋冷皮层和混合层的影响	赵栋梁	国家自然科学基金	84
北太平洋风生环流对全球变暖的响应及其对大气环流反馈效应	李春	国家自然科学基金	83
海洋预报业务化系统模块化构建与应用示范－洋山港示范区海洋灾害精细化预报系统研制	江文胜	公益性行业科研专项	82
冬季大风事件下渤黄海水交换过程及其对渤海水体更新的影响	王悦	国家自然科学基金	25
海洋动力过程与气候变化研究生暑期学校	林霄沛	国家自然科学基金	20

3.重大项目简介

(1)西北太平洋海洋多尺度变化过程、机理及可预测性

该项目为国家重大科学研究计划项目，是实验室也是我校承担的第二个此类项，项目经费2600万元。

项目主要研究内容：最新研究表明，在全球变暖背景下，近百年来海洋升温最显著区域主要集中在全球大洋西边界流区（图1），而在太平洋海区以西北太平洋升温最显著，尤其是近30年该区域升温速度是全球海洋平均升温速度的5-10倍，呈现一种“热斑”效应（Wu et al. 2012）。西北太平洋是强大西边界暖流—黑潮形成和发展的海域，不仅是北半球冬季海洋加热大气的两大“火炉”之一，还是气候变化信息重要的存储器和全球海洋重要的碳汇之一。作为全球海洋中最为突出的多尺度海-气相互作用的海区，西北太平洋包含了从季节内到年代际尺度和从海洋锋面、涡旋尺度到海盆尺度的多重时空尺度的相互作用过程，不仅是太平洋年代际振荡的核心区，也是全球气候变化最敏感的海区之一。因此，开展西北太平洋海洋多尺度变化过程、机理及可预测性研究，不仅有助于提高对西北太平洋海洋动力环境变异和我国中长期气候变化预测能力，而且将推动气候系统多尺度相互作用理论的发展。

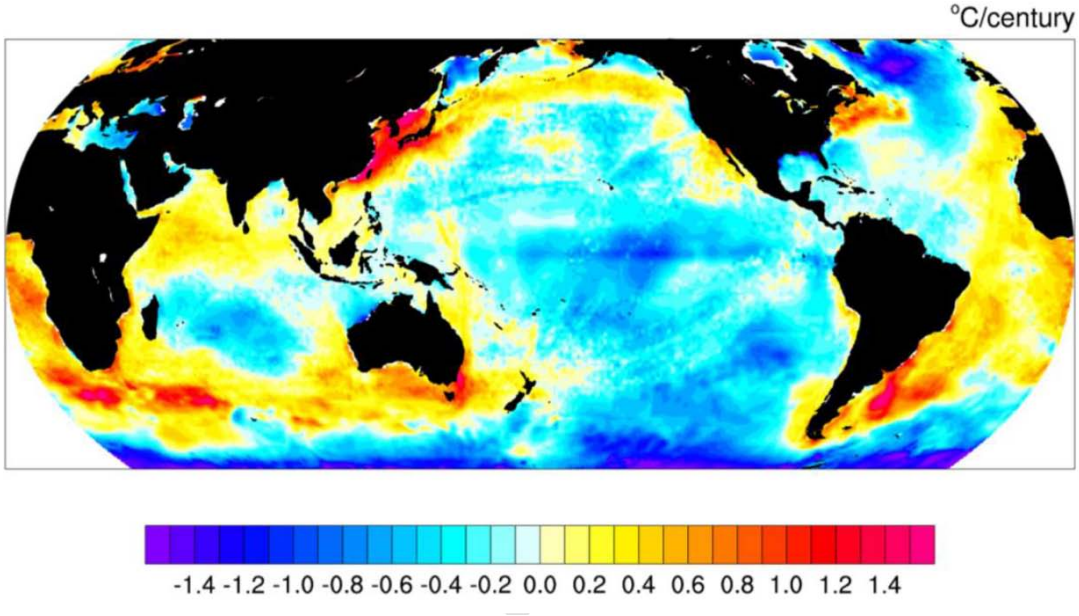


图3-1 1870-2008全球海表温度的线性趋势（减去全球平均线性趋势）

（Wu et al. 2012, Nature Climate Change）

该项目围绕“西北太平洋海洋多尺度变化过程及其对大气的调节作用”这一核心主题来开展研究，重点解决以下三个关键科学问题：（1）黑潮流域海洋能量如何耗散及其对混合的影响；（2）黑潮流域中小尺度海-气相互作用如何影响大尺度海洋与大气环流；（3）决定西北太平洋海洋动力环境变化可预测性的关键过程。围绕上述三个关键科学问题，该项目拟开展的主要研究内容包括（1）西北太平洋能量串级与混合及其对黑潮的影响；（2）黑潮不同流段的变异过程与控制机理；（3）黑潮流域多尺度海-气相互作用过程与机理；（4）西北太平洋海洋动力环境可预测性与预估。

通过该项目的研究，揭示西北太平洋海洋不同尺度之间的能量串级过程及其对海洋动力环境变异的调控作用；阐明黑潮及其延伸体区域多尺度海-气相互作用机理及其对气候的影响；发展西北太平洋高分辨率海-气耦合模式，阐明西北太平洋海洋动力环境变异的可预测性。在此基础上，提高我国在海洋与全球变化研究领域的国际地位，服务应对气候变化这一国家重大战略需求。

(2)渤、黄海海洋动力环境和生态环境综合调查

该项目为科技基础性工作专项，是近 5 年来实验室第一个此类项目，项目经费 932 万元。

项目主要研究内容：我国渤海、黄海是一个海水层化结构多变、多种运动形态耦合的复杂动力学系统。海洋中的生物过程、化学过程和沉积过程等在此复杂的动力学系统中发生与耦合。揭示其变化过程、发生的机理与机制，及其变异或演变规律，必须开展一些海洋重要断面的长期、持续和多学科综合调查与观测。人类活动所导致的海洋环境质量恶化现象在该海域突显，赤潮频发、浒苔成灾、水母暴发以及溢油灾害等已严重影响到海洋生态系统安全、人民健康、生活质量

和社会经济的可持续发展。近海环境健康和资源的可持续开发与利用仍是未来海洋科学研究的重要方面。

近年来，在科技部 973 计划等重大项目支持下，在渤、黄海海域进行了若干航次的多学科综合调查，推动了海洋科学基础研究的交叉和综合。但因各项目所关注的科学问题不同，调查资料也难以体现调查区域的一致性和调查时间的连续性，大大降低了资料的利用价值。在这样一个具有极为复杂的物理生态环境演变特征和区域响应的典型性海域，针对其特有关键过程，进行较为固定断面和站位开展持续海洋动力环境和生态环境多学科综合调查（包括海洋断面调查、定点连续观测）已显得非常必要和急迫。

海洋是地球气候的调节器、地球生命的发源地和地球资源的宝库。海洋科学涉及到自然科学技术的各个学科，是学科交叉研究的理想领域。利用科学考察船作为海上流动的实验和观测平台，定期对一些重要海洋断面进行持续观测，对海洋科学、气候和环境变化问题研究至关重要。渤、黄海是受人类活动和气候变化影响最显著海区之一，具有极为复杂的物理生态环境演变特征和区域响应的典型性。因此，对渤、黄海关键物理、生物和化学过程进行长期多学科综合调查与观测，获取重要海洋调查断面（或站点）周期性、连续性的海洋动力和生态环境数据资料，必将为我国近海海洋环境演变和生态系统动态变化研究做出重要贡献，也有助于揭示该区域海洋环境演变规律，为保障海洋环境质量与渔业资源安全，服务国防安全和维护海洋权益提供资料支持。

我国海洋数据采集手段长期处于较落后状态，对以往获取的海洋资料又缺乏行之有效的管理措施和共享机制。同时，我国海洋资料更新缓慢，信息化和共享程度低，特别是由于条块分割，在国家资金投入有限的情况下，数据各自为占，严重影响着海洋资料和信息的使用与共享。鉴于此，急需进行历史资料的整合、更新与完善。通过完善资料共享机制和资料共享平台建设，才能促进我国海洋基础数据的完整性、准确性、及时性和实用性，大幅度提高信息更新维护水平；才能保证海洋基础资料交流渠道的畅通，实现资料丰富积累；才能有利于海洋信息的可视化开发，最终实现网络共享，为实现我国海洋科技跨越式发展奠定基础。另外，通过合理设计航次，共用共享船时，实行开放航次，实现船时资源与资料共享，对于促进我国海洋科学和技术的发展，大大缩小我国海洋研究与发达国家的差距，有效增强我国海洋研究整体实力，都具有重要深远意义。

该项目充分考虑与历史资料的衔接，围绕渤、黄海海洋动力与生态环境的主要科学问题，突出多学科交叉与综合特色，关注区域海洋环境变化主题和科学数据积累的长效性原则，设计本项目调查断面和观测站位以及观测方案，并在代表性月份开展多学科综合海洋调查。本次渤、黄海动力和生态环境调查共设 16 条断面，108 个大面观测站。

该项目立足于服务我国海洋科学研究，在多学科、分层次收集渤、黄海海域

历史观测资料基础上，建立渤、黄海海洋动力和生态环境基础资料数据库；围绕渤、黄海主要科学问题，衔接渤、黄海断面历史资料，制定渤、黄海海洋动力环境与生态环境综合调查方案并完成 4 个航次的综合调查、样品处理和资料分析；结合基金委共享航次，推动渤、黄海海洋综合调查标准断面的形成和固化；建立一套较为完善和规范的渤、黄海海洋资料共享管理与服务系统，促进我国海洋基础资料的共享。

（3）深海海洋仪器设备规范化海上试验

该项目为国家高技术研究发展计划(863 计划)项目，是实验室在海上试验平台及其关键技术领域的多年研究成果的继续，项目经费 750 万元。

项目主要研究内容：海上试验平台及其关键技术一直是制约我国自主海洋仪器装备研发和实现国产化的瓶颈问题。自“九五”以来，国家 863 计划海洋技术领域启动了规范化海上试验和质量控制工作，在科技部的领导下和在相关单位的支持下，历经十五年的努力，初步形成了主要海洋仪器装备质量控制规范、制订了若干海洋仪器独立检验方法，开展了若干海洋仪器装备定型工作、若干海洋仪器装备已经或正在向国产化转化。本课题依托中国海洋大学“东方红 2”科考船建立规范化海上试验平台，对海洋仪器创新性原理设计的正确性、海洋参数测量的准确性和在不同海洋环境条件下计量结果的可靠性与稳定性进行评价和检验，研究制定海洋仪器装备海试技术体系。加快推进国家自主研发海洋仪器产品化进程、打破国际海洋仪器研制技术垄断，推动海洋技术领域的发展和进步。

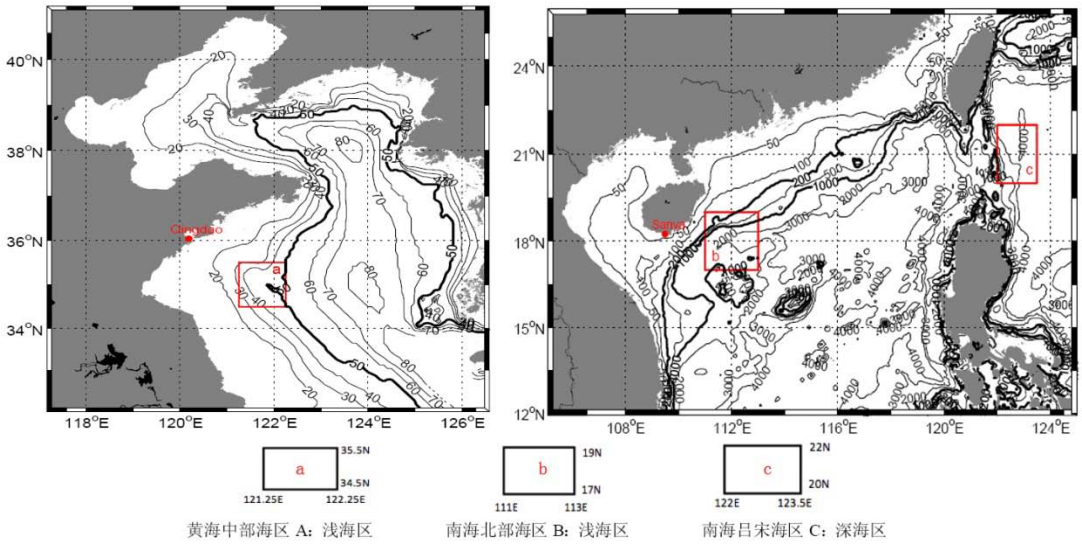


图 3-2 拟定海上试验海区坐标和示意图

课题依据 863 计划海洋技术领域《规范化海上试验管理办法》和《海洋仪器设备研制质量管理规范》的要求、标准和规范，以任务定航次的目标管理，满足“十一五”延续项目和“十二五”启动项目海洋仪器装备的海上试验需求，落实“十二五”海洋仪器设备海上试验计划，执行深海海洋仪器设备海上试验、海试

质量控制、海上试验操作和第三方独立检验程序。

课题重点立足船舶保障能力建设和海上试验过程；根据各参试课题组提供的规范化海上《试验大纲》要求，制定海上试验计划；制定针对参试仪器设备的相应海上试验过程的质量控制程序、质量管理控制文件要求，为参试课题提供具体可行的程序文件，实现课题质量指标定量评估；制定海洋仪器设备实验室检测方法，建立海洋仪器设备海上试验质量控制与管理体系；开展第三方独立检验的室内检测并完成室内检测报告；依据室内检测报告和海上比测试验报告完成第三方独立检验和课题所有仪器的第三方独立检验报告；组织进行海上试验或比测试验，进行比测数据分析处理，完成比测试验报告；培养一支高素质海洋技术和质量管理专业人才队伍和若干海上科研调查和海洋数据处理硕士、博士后备人才队伍。

课题完成后，多项军民两用海洋仪器和装备达到实用水平，通过海上试验、现场布放运行和系统集成，可为国家海洋环境军民两用项目计划提供多项或整套实用技术，为国防建设和维护国家权益作出重要贡献。课题完成后，逐渐形成海洋仪器设备质量控制规范和海洋监测技术规范，建立行业标准。

四、科研成果

作为科研进展和科研水平的重要体现，实验室高水平论文的质量和数量年年攀升，2012 年以发表在 Nature、PNAS 等杂志的论文为代表，实验室成员共发表各类学术论文 92 篇，其中 Nature 论文 2 篇，PNAS 论文 2 篇，其他 SCI 源期刊论文 36 篇。另有一些研究成果集成形成专著、专利或软件著作权，实验室 2012 年共有两部专著出版，中、英文各一部，国家专利授权、专利申请及著作权登记 6 项。

1、论文

A> SCI 论文：

(1) Tokinaga, H., **S.-P. Xie**, C. Deser, Y. Kosaka and Y. M. Okumura, 2012: Slowdown of the Walker circulation driven by tropical Indo-Pacific warming,*Nature*,DOI:10.1038/nature11576, 491.

(2) Wang, B., **S. Xu** and L. Wu**,**2012: Intensified Arabian Sea tropical storms ,*Nature*, 489, E1–E2, DOI:10.1038/nature11470.

(3) Balaguru, K., **P. Chang**, R. Saravanan, L. Ruby Leung, **Z. Xu**, **M. Li**, and J. Hsieh, 2012:Ocean barrier layers' effect on tropical cyclone intensification,*PNAS*, DOI: 10.1073/pnas.1201364109, 109(36), 14343-14347.

(4) Schmidta,M., **P. Chang**, J. Hertzberga, T. Them ll, L. Ji, and B. Otto-Bliesner, 2012: Impact of abrupt deglacial climate change on tropical Atlantic subsurface temperatures, *PNAS*, DOI: doi/10.1073/pnas.1207806109, 109(36), 14348-14352.

(5) Patricola, C. M., **M. Li**, **Z. Xu**, **P. Chang**, R. Saravanan and J.-S. Hsieh,2012:An investigation of tropical Atlantic bias in a high-resolution coupled regional climate model, *Climate Dynamics*, 39, 2443–2463, DOI: 10.1007/s00382-012-1320-5.

(6) **Zheng, J.**, **Q. Liu**, C. Wang, and **X.-T. Zheng**,2012: Impact of heating anomalies associated with rainfall variations over the Indo-Western Pacific on Asian atmospheric circulation in winter, *Climate Dynamics* ,in press.

(7) Ogata, T., **S.-P. Xie**, **J. Lan**, and **X.-T. Zheng**,2012: Importance of ocean dynamics for the skewness of the Indian Ocean Dipole mode, *Journal of Climate* ,in press.

(8) Chowdary, J. S., **S.-P. Xie**, H. Tokinaga, Y. M. Okumura, H. Kubota, N. C. Johnson, and **X.-T. Zheng**,2012: Inter-decadal variations in ENSO teleconnection to the Indo-western Pacific for 1870-2007, *Journal of Climate*, DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00070.1, 25(5), 1722-1744.

(9) **Gan, B.** and **L. Wu**,2012: Modulation of Atmospheric Response to North Pacific SST Anomalies under Global Warming: A Statistical Assessment, *Journal of Climate*, 25(19), 6554-6566,DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00493.1.

(10) **Li, C.**, **L. Wu** and **S.-P., Xie**,2012: Impacts of interhemispheric asymmetric thermal forcing on tropical Pacific climate: Air-sea coupling and subduction, Journal of Climate, DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00743.1.,in press.

(11) **Jing, Z.** and **L. Wu**,2012: Low-Frequency Modulation of Turbulent Diapycnal Mixing by Anticyclonic Eddies Inferred from the HOT Time Series, *Journal of Physical Oceanography* ,In press.

(12) **Wang, Q.**, Q. Li and G. Fu,2012: Determining the Extratropical Transition Onset and Completion Times of Typhoons Mindulle (2004) and Yagi (2006) Using Four Methods, *Weather and Forecasting* ,in press.

(13) Li, P., **G. Fu**, C. Lu, D. Fu and S. Wang,2012: The Formation Mechanism of a Spring Sea Fog Event over the Yellow Sea Associated with a Low-Level Jet ,*Weather and Forecasting* ,in press.

(14) **Chen, Z.** and **L. Wu**, 2012: Long-term change of the Pacific North Equatorial Current bifurcation in SODA ,*Journal of Geophysical Research – Oceans*, 117, C06016, DOI: 10.1029/2011JC007814.

(15) **Liu, C.** and **L. Wu**, 2012: An intensification trend of South Pacific Mode Water subduction rates over the 20th century **,***Journal of Geophysical Research - Oceans*, 117, C07009.

(16) **Yang, H.** and **L. Wu**, 2012:Trends of upper-layer circulation in the South China Sea during 1959-2008 ,*Journal of Geophysical Research – Oceans*, 117, C08037, DOI: 10.1029/2012JC008068**.**

(17) Li, J., G. Wang, **S.-P. Xie**, R. Zhang and Z. Sun, 2012:A winter warm pool southwest of Hainan Island due to the orographic wind wake**,** *Journal of Geophysical Research - Oceans*, 117, C08036, DOI: 10.1029/2012JC008189.

(18) Chang, C.-H., **S.-P. Xie**, N. Schneider, B. Qiu, J. Small, W. Zhuang, B. Taguchi, H. Sasaki, and **X. Lin**,2012: East Pacific ocean eddies and their relationship to subseasonal variability in Central American wind jets, *Journal of Geophysical Research - Oceans*, 117, C10001, DOI:10.1029/2011JC007315.

(19) Li, M. and **Z. Rong**,2012: Effects of tides on freshwater and volume transports in the Changjiang River plume, *Journal of Geophysical Research - Oceans*, 117, C06027, DOI: 10.1029/2011JC007716.

(20) **Xu, L.X.**, **S.-P. Xie**, and **Q. Liu**,2012: Mode water ventilation and subtropical countercurrent over the North Pacific in CMIP5 simulations and future projections, *Journal of Geophysical Research – Oceans*, DOI: 10.1029/2012JC008377,in press.

(21) **Wang, C**. and R. Pawlowicz,2012: Oblique wave-wave interactions of nonlinear near-surface internal waves in the Strait of Georgia, *Journal of Geophysical Research – Oceans*, 117, C06031, DOI: 10.1029/2012JC008022.

(22) **Liu, B.**, **C. Guan**, and L. Xie,2012: The wave state and sea spray related parameterization of wind stress applicable from low to extreme winds, *Journal of Geophysical Research – Oceans*, 117, C00J22, DOI: 10.1029/2011JC007786 **.**

(23) Wang, Z., **D. Wu**, X. Song, **X. Chen**, and S. Nicholls, 2012:Sun-Moon gravitation-induced wave characteristics and climate variation, *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*, 117, D07102, DOI: 10.1029/2011JD016967.

(24) **Chow, C.H.** and **Q. Liu**,2012: Eddy effects on sea surface temperature and sea surface wind in the continental slope region of the northern South China Sea, *Geophysical Research Letters*, 39, L02601, DOI: 10.1029/2011GL050230.

(25) **Wang, H.**, B. Wang, **F. Huang**, Q. Ding, and J.-Y. Lee,2012: Interdecadal change of the boreal summer circumglobal teleconnection (1958-2010) , *Geophysical Research Letters*, 39, L12704, DOI: 10.1029/2012GL052371.

(26) **Wang, T., X. Chen** and **W. Jiang** ,2012:Laboratory experiments on the generation of internal waves on two kinds of continental margin, *Geophysical Research Letters*, 39, L04602, DOI: 10.1029/2011GL049993.

(27) **Zhao, W.**, **X. Huang** and **J. Tian**,2012: A new method to estimate phase speed and vertical velocity of internal solitary waves in the South China Sea, *Journal of Oceanography*, 68(5), 761-769.

(28) **Xie, S.-P.**, A. Kubokawa, F. Kobashi and H. Mitsudera,2012: New developments in mode-water research: an introduction, *Journal of oceanography*, 68(1), 1-3, DOI: 10.1007/s10872-011-0090-8.

(29) Lozovatsky, L., **Z. Liu**, H. Fernando, J. Armengol and E. Roget,2012: Shallow water tidal currents in close proximity to the seafloor and boundary-induced turbulence,*Ocean Dynamics*, 62(2), 177-191, DOI: 10.1007/s10236-011-0495-3.

(30) **Guo, C.** and **X. Chen**,2012: Numerical investigation of large amplitude second mode internal solitary waves over a slope-shelf topography, *Ocean Modelling*, DOI: 10.1016/j.ocemod.2011.11.003, 42, 80-91.

(31) **Ma, C.**, **D. Wu**, **X. Lin**, J. Yang and X. Ju,2012: On the mechanism of seasonal variation of the Tsushima Warm Current, *Continental Shelf Research*, DOI: 10.1016/j.csr.2012.08.013, 48, 1-7.

(32) Fu, T. -M., J. Cao, **W. Qu** et al,2012: Carbonaceous aerosols in China: top-down constraints on primary sources and estimation of secondary contribution, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(5), 725-2746, DOI: 10.5194/acp-12-2725-2012.

(33) **Qu, W.**, **J. Zhao**, **F. Huang** and **S. Deng**,2012: Correlation Between the 22 Years Solar Magnetic Cycle and the 22 Years Quasi-Cycle in Earth Atmosphere Temperature, *The Astronomical Journal*, 144, DOI: 10.1088/0004-6256/144/1/6.

(34) **Zhou, J.**, **P. Li** and **H. Yu** ,2012:Characteristics and mechanisms of sea surface height in the South China Sea, *Global and Planetary Change*, 88-89, 20-31,DOI: 10.1016/j.gloplacha.2012.03.001.

(35) **Chow,C.H.**and**Q.Liu** ,2012:Eddy-advective effects on the temperature and wind speed of the sea surface in the Northwest Pacific Subtropical Countercurrent area from satellite observati ons, *International Journal of Remote Sensing*, 34(2), 600-612, DOI: 10.1080/01431161.2012.715775.

(36) **Tian, J.** and T. Qu,2012: Advances in research on the deep South China Sea circulation, *Chinese Science Bulletin*, 57(24), 3115-3120.

(37) **Liu, B.**, **C. Guan**, L. Xie and **D. Zhao**,2012: An Investigation of the Effects of Wave State and Sea Spray on an Idealized Typhoon Using an Air Sea Coupled Modeling System, *Advances in Atmospheric Sciences*, 29(2), 91-406, DOI: 10.1007/s00376-011-1059-7.

(38) **Li, C.** and **L. Wu**,2012: Dynamic linkage between the North Pacific and the Tropical Pacific: Atmosphere–ocean coupling, *Advances in Atmospheric Sciences*, in press.

(39) **Li, C**. and H. Ma, 2012:Relationship between ENSO and winter rainfall over Southeast China and its decadal variability, *Advances in Atmospheric Sciences*, 29(6), 1129-1141, DOI: 10.1007/s00376-012-1248-z.

(40) Sun, Y., D. Sun, F. Wang and **L. Wu**, The Western Pacific Warm Pool and ENSO Asymmetry in CMIP3 Models, *Advances in Atmospheric Sciences*, in press.

B> 其他论文：

(41) **Guo, Z., A. Cao** and **X. Lv**,2012: Inverse estimation of open boundary conditions in the Bohai Sea, *Mathematical Problems in Engineering*, DOI: 10.1155/2012/628061.

(42) Lou, S., M. Jia, **F. Huang** and X. Tang,2012: Potential Symmetry Studies on a Rotating Fluid System, *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*, DOI: 10.1155/2012/163689, 201, 1-16.

(43) Jia, M., Y. Gao, **F. Huang**, S. Lou, **J. Sun** and X. Tang,2012: Vortices and vortex sources of multiple vortex interaction systems, *Nonlinear Analysis-Real World Applications*, DOI: 10.1016/j.nonrwa.2012.01.004, 13(5),2079-2095.

(44) **Yu, X.**, F. Wang and X. Tang,2012: Future projection of East China Sea temperature by dynamic downscaling of the IPCC_AR4 CCSM3 model result, *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 30(5), 826-842, DOI: 10.1007/s00343-012-1290-9.

(45) **Cao, A., Z. Guo** and **X. Lv**,2012: Inversion of two-dimensional tidal open boundary conditions of M_2 constituent in the Bohai and Yellow Sea, *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, DOI: 10.1007/s00343-012-1185-9, 30(4), 868-875.

(46) Deng, Z., L. Xie, G. Han, X. Zhang and **K. Wu** ,2012:The effect of Coriolis-Stokes forcing on upper ocean circulation in a two-way coupled wave-current model,*Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 30(2), 321-335, DOI: 10.1007/s00343-012-1069-z.

(47) **Yang, Q., W. Zhao, J. Tian** and L. Xie,2012: Turbulent dissipation and mixing in Prydz Bay, *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 30(6), 108-116

(48) **Yu, T.**, Z. Deng, G. Han, X. Wu, H. Fu and **K. Wu**,2012: The Reanalysis of Currents and Throughflow Volume Transport in the Taiwan Strait, *Marine Geodesy*, 35(1), 16-31, DOI: 10.1080/01490419.2011.572765.

(49) **Li, S., J. Zhao, J. Su** and **Y. Cao**,2012: Warming and depth convergence of the Arctic Intermediate Water in the Canada Basin during 1985-2006, *Acta Oceanologica Sinica*, DOI: 10.1007/s13131-012-0219-7, 31(4), 1-9.

(50) **Yu, X.**, F. Wang and **X. Wan**,2012: Index of Kuroshio penetrating the Luzon Strait and its preliminary application, *Acta Oceanologica Sinica* ,in press.

(51) **Chen, H.**, **X. Lv**, and **B. Wang**, 2012:Plane wave fitting of the internal tidal sea-surface height signatures extracted from the TOPEX/Poseidon altimeter data along satellite tracks, *Acta Oceanologica Sinica*, 31(4), 31-45.

(52) **Liu, Q. and X.-T. Zheng**,2012: Recent progress in China in the study of ocean's role in climate variation, *Acta Oceanologica Sinica*, 31(2), 1-8, DOI: 10.1007/s13131-012-0186-z.

(53) Lin, Z., **D. Zhao** and J. Song,2012: Reconstructing the upper ocean thermal profiles using one-dimensional numerical model, *Acta Oceanologica Sinica*, DOI: 10.1007/s13131-012-0187-y, 31(2), 9-15.

(54) Wang, H., **D. Wang**, G. Liu, H. Wu and M. Li,2012:Seasonal variation of eddy kinetic energy in the South China Sea, *Acta Oceanologica Sinica*, 31(1), 1-15, DOI: 10.1007/s13131-012-0170-7.

(55) **Zhao, D., S. Li** and **C. Song**,2012: The comparison of altimeter retrieval algorithms of the wind speed and the wave period , *Acta Oceanologica Sinica*, 31(3), 1-9, DOI: 10.1007/s13131-012-0201-4.

(56) **Lan, J., N. Zhang** and **C. Wang** ,2012:The destiny of the North Pacific Intermediate Water in the South China Sea, *Acta Oceanologica Sinica*, 31(5), 41-45, DOI: 10.1007/s13131-012-0234-8.

(57) **Wang, Y., D. Wu** and **X. Lin**,2012: The preliminary study of the high chlorophyll in the central Bohai Sea in summer, *Acta Oceanologica Sinica*, 31(1), 66-72, DOI: 10.1007/s13131-012-0177-0.

(58) **Liu, Q.**, **L. Xu**, **J. Lu** and **Q. Wang**,2012: Tropical pacific decadal variability in subsurface temperature, *Journal of Ocean University of China*, DOI: 10.1007/s11802-012-2121-5, 11(4), 451-454.

(59) **Huang, S.** and **F. Huang**,2012: Spatial-temporal variations of dominant drought/flood modes and the associated atmospheric circulation and ocean events in rainy season over the east of China, *Journal of Ocean University of China*, 11(2), 137-146, DOI: 10.1007/s11802-012-1813-1.

(60) **Zhang, S.**,2012: Recent Observations and Modeling Study About Sea fog over the Yellow Sea and East China Sea, *Journal: Journal of Ocean University of China*, DOI: 10.1007/s11802-012-1873-2, 11(4), 465-472.

(61) Jia, M., S. Lou and **F. Huang**,2012: Equivalent and nonequivalent barotropic modes for rotating stratified flows, *Chinese Annals of Mathematics, Series*, 33(2), 247-258,DOI: 10.1007/s11401-012-0700-9.

(62) Wang, Z., **K. Wu, L. Zhou** and L. Wu,2012: Wave Characteristics and Extreme Parameters in the Bohai Sea, *China Ocean Engineering*, 26(2), 341-350, DOI: 10.1007/s13344-012-0026-0.

(63) Wu, Y.-L., Y. Du, Y.-H. Zhang, **X.-T. Zheng**,2012:Interannual variability of sea surface temperature in the northern Indian Ocean associated with ENSO and IOD,Atmospheric and Oceanic Science Letters,5,295-300.

(64) 孙展凤，孙建，刘首华，2012: Performance of Ocean Wave Spectrometer in Detecting Ocean Wave Spectra, Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), 2012 2nd International Conference on,1-4.

(65) 魏萌，胡瑞金，2012：Argo 资料的全球上层海温年和半年周期振荡的空间分布特征，中国海洋大学学报，42(6)，24-33。

(66) 张继才，吕咸青，孙丽艳，2012：二维潮波模式底摩擦效应参数化方案同化研究，计算力学学报，第 29 卷，第 1 期，49-54。

(67) 孟宪贵，张苏平，2012：夏季黄海表面冷水对大气边界层及海雾的影响，中国海洋大学学报，42（6），16-23。

(68) 涂静，张苏平，程相坤，杨万裕，杨育强，2012：2012 黄东海大气边界层高度时空变化特征，中国海洋大学学报，42（4），7-18。

(69) 韩美，张苏平，尹跃进，杨万裕，杨育强，2012：黄东海大气边界层高度季节变化特征及其成因，中国海洋大学学报，42（增），34-44。

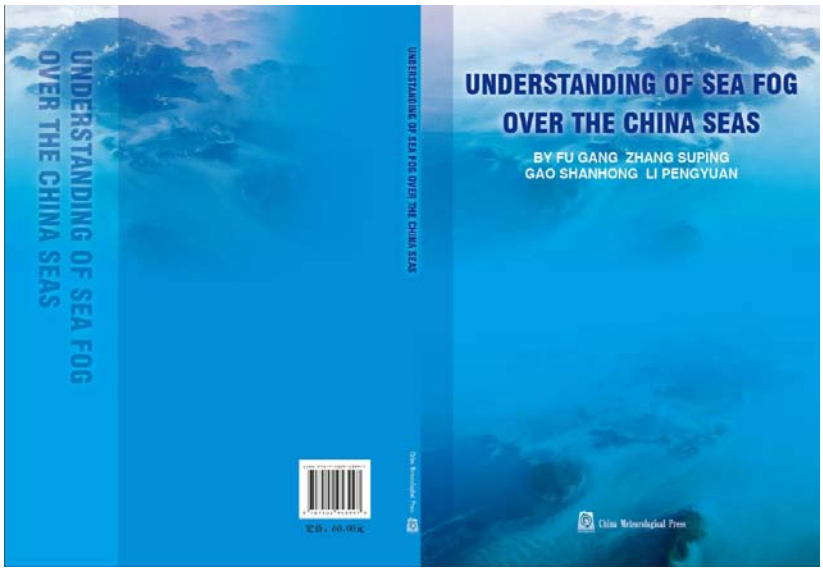
(70) 刘卓，张苏平，杨万裕，吴晓京，2012：两个相似路径登陆台风的降水差异成因分析，中国海洋大学学报，42（增），220-233。

(71) 杨伟波，张苏平， 薛德强，2012：2010 年 2 月一次冬季黄海海雾的成因分析，中国海洋大学学报，42（增），24-33。

(72) 张国胜，徐青，程永存，张苏平，王蕾，2012：热带印度洋偶极子区域海表面温度特征与海流相关性分析，河海大学学报（ 自然科学版），40（4），455-460。
(73) 赵忠生、袁志伟等，2012 年：深海潜标 ADCP 的实时数据传输，海洋科学，第 36 卷，第 8 期，94-97。
(74) 赵忠生、黄磊等，2012：自容式 SBE25 CTD 数据实时监控功能的实现，海洋技术，第 31 卷，第 3 期，21-23。
(75) 邢雯，黄菲，王宏，黄少妮,2012: 1990s 年代际转型前后南海季风系统的气候季节内振荡(CISO)特征, 热带气象学报, 28 (1), 31-40。
(76) 樊婷婷，黄菲，苏洁，2012：北半球中高纬度大气主模态的季节演变及其与北极海冰变化的联系，中国海洋大学学报，42（7-8），19-25。
(77) 黄菲，高聪辉，2012：东亚冬季气温的年际变化特征及其与海温和海冰异常的关系，中国海洋大学学报，42（9），7-14。
(78) 阮晓舟，黄菲，崔琪，李惠，张坤珵，2012：南极涛动的核心区变化及其天气尺度与季节内振荡特征，中国海洋大学学报，42（Sup），241-248。
(79) 张洋，苏洁,2012: 白令海峡夏季流量变化的影响因素分析, 海洋学报, 34(5), 1-10。
(80) 冯玉铭, 管长龙, 黄健,2012: 波浪破碎诱导的海-气无机盐通量的参数化, 中国海洋大学学报, 42(7-8), 26-32。
(81) 孙永明，史久新，阳海鹏，2012：海水热力学方程 TEO，地球科学进展，27（9），1014-1025。
(82) 程瑶瑶，史久新，郑少军，2012：南极麦肯齐湾冰间湖的时空变化及主要影响因素分析，中国海洋大学学报，42（7-8），1-9。
(83) 郭桂军，史久新，赵进平，矫玉田，徐栋，2012：北极海冰快速减少期间加拿大海盆上层海洋淡水含量变化，极地研究，24（1），35-46。
(84) 马浩，王召民，史久新，2012：南大洋物理过程在全球气候系统中的作用，地球科学进展，27（4），398-412。
(85) 赵栋梁，2012：海洋飞沫及其对海-气相互作用影响的研究进展，地球科学进展，27(6)，624-632。
(86) 姚志刚，鲍献文、李娜、李希彬、万凯、宋军，2012：北黄海冷水团季节变化特征分析，中国海洋大学学报(自然科学版)，6，9-15。
(87) 孙即霖，丛明，吴德星，2012 年：中国东部海区经向热力差异对夏季南京气候变化的影响，中国海洋大学学报，42 卷，5 期，1-6。
(88) 孙即霖, 宝乐尔其木格，2012：黄河流域降水异常与渤、黄海水温，大气环流异常变化及入海流量关系的研究，中国海洋大学学报，42 卷，1-2 期，1-7。
(89) 孙雅文, 任颖, 孙即霖，2012：不同尺度天气系统扰动能量贡献率的空间分布，中国海洋大学学报，42 卷，6 期（增刊），256-263。
(90) 孙即霖，2012：2012 年汛期预测报告，气候预测评论，18 期，65-68。
(91) 李冉，高山红,王永明,2012: 直接同化卫星辐射数据的黄海海雾数值试验研究, 中国海洋大学学报:自然科学版, 42(3), 10-20。
(92) 刘桂艳,高山红,王永明，2012：台风外围下沉区大气波导的数值模拟，应用气象学报，23(1)，77-88。

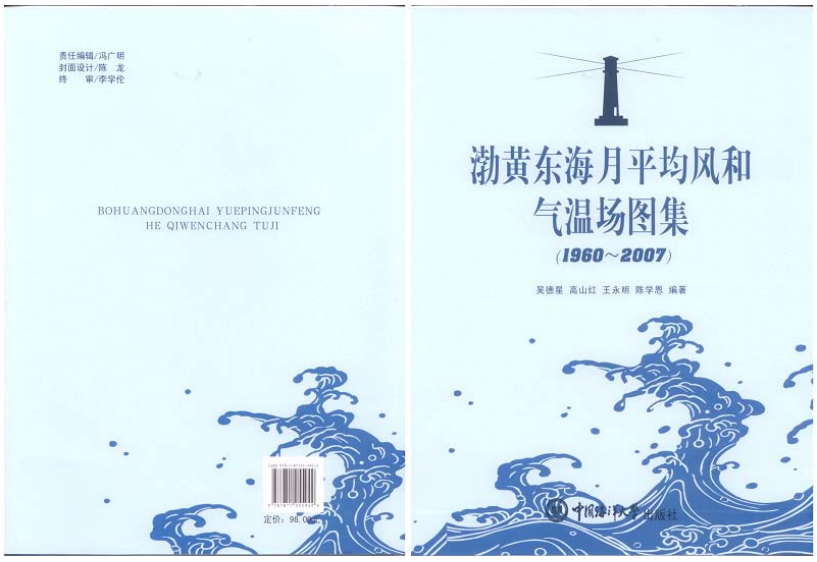
2、专著

（1）《Understanding of Sea Fog over the China Seas》，author: Fu Gang, Zhang Suping,Gao Shanhong,Li Pengyuan，publishing house：China Meteorological Press. 这部专著是继我国著名海雾研究专家王彬华教授于 1983 年出版的《海雾》专著后又一部海雾研究著作。该书集中收录了四位作者最近十多年在国际学术期刊上发表的 12 篇论文，是 21 世纪最初十年中国海洋大学海雾研究团队在监测和模拟中国海海雾、提高对海雾的认识水平方面取得的显著研究成果的集中总结。本书能为当前中国海海雾研究提供一个有益借鉴，同时也为工作在大气科学和物理海洋学领域对海雾有兴趣的研究人员和研究生提供有效的参考。



该专著是在海雾研究专家傅刚教授、张苏平教授、高山红教授及李鹏远博士组成的海雾研究小组共同努力之下创作完成并正式出版的。

（2）《渤黄东海月平均风和气温场图集（1960-2007）》，作者：吴德星，高山红，王永明，陈学恩，出版社：中国海洋大学出版社。



3、专利与软件著作权

(1) 苏洁、郝光华等，软件著作权登记：基于 AMSR-E 微波数据的极区海冰密集度和海冰面积/范围反演软件，已授权，**登记号：2011SR088714**。

(2) 王维波、苏洁等，软件著作权登记：基于 MODIS 数据的海冰密集度反演软件，已授权，**登记号：2012SR003190**。

(3) 张树刚、赵进平、苏洁，软件著作权登记：用双极化微波辐射亮温的比值反演海冰密集度以及验证软件，已授权，**登记号：2012SR006248**。

(4) 高山红、王永明，软件著作权登记：近海大气波导实时预报系统 V1.0。

(5) 苏洁、王维波、于飞等，发明专利：极区冰外缘线自动精准提取方法，**申请号：201110379182.4**，受理日期：2011 年 11 月 25 日，目前进入实质审查。

(6) 孙建，发明专利：一种提取雷达图像中海浪参数的方法，**申请号：201210444965.0**，受理日期：2012 年 11 月 9 日。

五、学术活动

实验室注重开展以学术论坛、学术报告和讲学（包括暑期学校等）为主要方式的各类学术活动，每个研究方向、研究单元都会定期或不定期邀请国内外知名学者、专家来实验室做报告和讲学。2012 年以“赫崇本海洋高端论坛”兴起为标志，在海大校园掀起了新一轮学术活动高潮，为广大师生带来了一次次的学术饕餮盛宴。学术论坛、学术报告和讲学在实验室已经形成常态化和制度化，成为师生们面向国际海洋科技前沿的一个重要窗口。

1. 2012 年度实验室主要学术报告：

(1) 报告名称：*Weather’s Effect on Atlantic Meridional Overturning Circulation and Climate Change.*报告人：张平，千人计划学者，美国德州农工大学海洋系教授，报告时间：2012 年 3 月 7 日（邀请人：**吴立新**）

(2) 报告名称：*Extratropical Cooling, Interhemispheric Thermal Gradients, and Tropical Climate Change.*报告人：Prof. John Chiang，美国加州大学伯克利分校教授，报告时间：2012 年 4 月 5 日（邀请人：**吴立新**）

(3) 报告名称：过去 60 年热带海洋气候变化：区域特征及海气耦合过程。报告人：谢尚平，中国海洋大学“千人计划”教授，夏威夷大学气象系教授访报告时间：2012 年 4 月 6 日（邀请人：**郑小童**）

(4) 报告名称：*The new Seawater Standard TEOS-10.*报告人：Rich Pawlowicz，加拿大 University of British Columbia (UBC)，报告时间：2012 年 4 月 23 日（邀请人：**王彩霞**）

(5) 报告名称：*Improving Marine Carbon Export Estimates by Combining Water Column and Satellite Data* 报告人：姚晓萍博士，德国 Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven，报告时间：2012 年 4 月 23 日（邀请人：**于华明**）

(6) 报告名称：*Quantifying Eddy-Mean Flow Interaction and Mixing in the Atmosphere.*报告人：Prof. Noboru Nakamura，美国芝加哥大学地球物理学部教授访问实验室教授，报告时间：2012 年 4 月 23 日（邀请人：**吴立新**）

(7) 报告名称：*Programming as way of learning about oceanography (T-tide, M-map, etc).*报告人：Rich Pawlowicz，加拿大 University of British Columbia (UBC)，报告时间：2012 年 4 月 24 日（邀请人：**王彩霞**）

(8) 报告名称：*How have tropical cyclones in the Arabian Sea intensified?*报告人：王斌教授，美国夏威夷大学，报告时间：2012 年 5 月 14 日（邀请人：**黄菲**）

(9) 报告名称：*Eddy modulated mixing in the ocean.*报告人：梁鑫峰教授，哥伦比亚大学 LDEO 实验室，报告时间：2012 年 5 月 14 日（邀请人：**杨庆轩**）

(10) 报告名称：*Statistical Estimation of Extreme Ocean Currents over the*

*northwestern Atlantic Ocean.*报告人：Prof. Jinyu Sheng，加拿大 Dalhousie University，报告时间：2012 年 5 月 17 日（邀请人：**杨波**）

(11)报告名称：*On the dynamics of the Gulf Stream Extension region.*报告人：Prof. Dr. Richard J. Greatbatch，德国基尔赫姆霍兹海洋研究所，报告时间：2012 年 5 月 21 日（邀请人：**江文胜**）

(12)报告名称：*Thickness-weighted mean theory for surface gravity waves.*报告人：Prof. Dr. Richard J. Greatbatch，德国基尔赫姆霍兹海洋研究所，报告时间：2012 年 5 月 22 日（邀请人：**江文胜**）

(13)报告名称：关于山东和新疆气候变化分析与研究。报告人：史玉光教授，山东省气象局局长，报告时间：2012 年 5 月 24 日（邀请人：**张苏平**）

(14)报告名称：*Atlantic meridional overturning circulation in the subtropical North Atlantic near 26°N.*报告人：Dr. Xiao biao Xu, Research Scientist，University of Southern Mississippi 报告时间：2012 年 5 月 25 日（邀请人：**赵玮**）

(15)报告名称：*Uncertainty in Future Climate Change over North America: The Role of Natural Variability.*报告人：Dr. Clara Deser，美国国家大气研究中心资深科学家，气候与全球动力学部气候分析组主任，报告时间：2012 年 5 月 28 日（邀请人：**吴立新**）

(16)报告名称：极地亚极地海冰积雪研究：数值模拟与现场观测。报告人：程斌教授，芬兰气象局，报告时间：2012 年 6 月 10 日（邀请人：**苏洁**）

(17)报告名称：*Pattern formation at the ocean surface: Sargassum distribution and the role of the eddy field.*报告人：Dr. Yisen Zhong，Georgia Institute of Technology，报告时间：2012 年 6 月 11 日（邀请人：**杨庆轩**）

(18)报告名称：非平衡态统计力学与流体力学。报告人：陈天权教授，清华大学应用数学系，报告时间：2012 年 6 月 11 日（邀请人：**吕咸青**）

(19)报告名称：*Decadal Variability of the Kuroshio Extensio System: Observations-Impact and Prediction.*报告人：Bo Qiu 教授，美国夏威夷大学海洋系，报告时间：2012 年 6 月 18 日（邀请人：**刘秦玉**）

(20)报告名称：梅雨的气候动力学：东亚短期气候预报的瓶颈。报告人：谢尚平，中国海洋大学“千人计划”教授，Hawaii 大学气象系教授，报告时间：2012 年 6 月 27 日（邀请人：**郑小童**）

(21)报告名称：*Ocean Barrier Layers and Tropical Cyclones.*报告人：张平，邀请“千人计划”学者，美国德州农工大学海洋系教授，报告时间：2012 年 7 月 9 日（邀请人：**吴立新**）

(22)报告名称：*Pacific decadal sea level changing patterns under a warming Indo-Pacific warm pool.*报告人：Weiqing Han Associate Professor，Department of Atmospheric and Oceanic Sciences University of Colorado,报告时间：2012

年 7 月 10 日（邀请人：**郑小童**）

(23)报告名称：*Chasing Tornadoes in VORTEX II.*报告人：Wen-Chau Lee 博士，美国 NCAR/EOL 实验室，报告时间：2012 年 7 月 11 日（邀请人：**李鹏远**）

(24)报告名称：*1)Effect of the Potential Melting of the Greenland Ice Sheet on the Meridional Overturning ;2)Circulation and Global Climate in the Future.*报告人：胡爱学(Aixue Hu)研究员，美国国家大气研究中心(NCAR),报告时间：2012 年 7 月 13 日（邀请人：**刘秦玉**）

(25)报告名称：Cross-scale modeling nearshore processes. 报告人：Dr. 史峰岩，Center for Applied Coastal Research Department of Civil and Environmental Engineering University of Delaware,报告时间：2012 年 7 月 17 日（邀请人：江文胜）

(26)报告名称：Roles of wind, run-off and tides in the circulation of Prince William Sound.报告人：Dr. Xiaochun Wang，美国加州大学洛杉矶分校区域地球系统科学与工程联合研究所,报告时间：2012 年 8 月 23 日（邀请人：吴立新）

(27)报告名称：1) Ocean State Estimate: improving our knowledge about the ocean circulation and ocean parameters；2) Global and regional sea level changes: how big will they be?报告人：Prof. Dr. Detlef Stammer 德国汉堡大学地球系统研究及可持续发展中心主任,报告时间：2012 年 8 月 23 日（邀请人：吴立新）

(28)报告名称：*Nonlinear dynamics of storm gates for Venice Lagoon.*报告人：梅强中，美国麻省理工学院（MIT）土木与环境工程系，美国工程院院士，报告时间：2012 年 8 月 24 日（邀请人：**管长龙**）

(29)报告名称：*Sea level and heat content changes of the western North Pacific.*报告人：Y. TONY SONG 研究员，美国 Jet Propulsion Laboratory, 加州理工学院,报告时间：2012 年 8 月 30 日（邀请人：**刘秦玉**）

(30)报告名称：年代际气候变化的可预报性及预报。报告人：贾丽伟博士，Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA), USA,报告时间：2012 年 9 月 26 日（邀请人：**郑小童**）

(31)报告名称：全球变暖对中国气候变化的影响。报告人：祝从文研究员，中国气象科学研究院，报告时间：2012 年 10 月 15 日（邀请人：**盛立芳）**

(32)报告名称：*1)Introduction of Department of Atmospheric Sciences, Texas A&M University; 2)Linking Marine Aerosol Composition and Mixing State to Cloud Formation.*报告人：宋清涛博士，国家卫星海洋应用中心,报告时间：2012 年 10 月 18 日（邀请人：**管长龙**）

(33)报告名称：*1）Development and Applications of an in situ UnderWater Miniature Particle Image；2）Velocimetry (UWMPIV) System.*报告人：Dr. Liao Qian (廖谦)，美国 Wisconsin 大学 Milwaukee 分校土木工程与机械系,报告时间：2012

年 10 月 18 日（邀请人：**管长龙**）

(34)报告名称：The impact of warm pool SST on the Pacific climate system.报告人：Sang-Wook Yeh，Hanyang Universtity, South Korea，报告时间：2012 年 10 月 18 日（邀请人：吴立新）

(35)报告名称：*Changing Modes of Deep Antarctic Pacific Ocean Ventilation Fingerprints of Ross Sea Climate Variability.*报告人：Dr. Alejandro H. Orsi，Texas A & M University，报告时间：2012 年 10 月 19 日（邀请人：**吴立新**）

(36)报告名称：*The response of the South Pacific rain band and the subtropical dry zone to climate change.*报告人：Prof. Wenju Cai，CSIRO, Division of Atmospheric Research, Aspendale, Australia, CLIVAR 太平洋研究委员会主席，中国海洋大学绿卡工程教授，报告时间：2012 年 10 月 20 日（邀请人：**刘秦玉**）

(37)报告名称： *Glacial-Interglacial Climate Changes: Concept, Models and Data*. 报告人：Dr. Gerrit. Lohmann，德国
Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research，报告时间：2012 年 10 月 25 日（邀请人：**林霄沛**）

(38)报告名称：*Progress in energetics of the ocean and mixing.*报告人：黄瑞新教授，伍兹霍尔海洋研究所，报告时间：2012 年 10 月 31 日（邀请人：**宋翔洲**）

(39)报告名称：海洋标准-----海洋经济转型过程中亟待解决的问题。报告人：吴爱娜教授，国家海洋局标准计量中心主任，报告时间：2012 年 11 月 5 号（邀请人：**吴克俭**）

(40)报告名称：大西洋 2009 年法航空客 447 寻找记: 一个海洋科学应用的个例。报告人：陈长胜教授，麻省大学海洋科学与技术学院，报告时间：2012 年 11 月 26 日（邀请人：**鲍献文**）

2. 暑期学校

“2012年海洋动力过程与气候变化研究生暑期学校——海洋中的涡旋与波动”于2012年5月7日正式开课。为期5天的暑期学校，由教育部和国家自然科学基金委员会共同资助，物理海洋教育部重点实验室承办。本届暑期学校旨在进一步增强海洋科学领域专家学者间的合作，提供一个广大研究生同学学习和交流的平台，增进对近年来海洋动力过程与气候变化研究特别是涡旋与波动问题最新进展的认知。

本次暑期学校共邀请30余位国内外知名海洋学专家及青年学生带来多场精彩的专题讲座及报告，内容涉及海洋涡旋与波动研究领域的多个方面，展示学界最新的科研成果及进展。来自中国海洋大学，中国科学院海洋研究所，厦门大学，中国科学院南海海洋研究所，中国科学院地质与地球物理研究所，中国科学院大

气物理研究所，国家海洋局第一、第二海洋研究所，国家海洋环境预报中心，国家海洋信息中心等国内多所涉海院校及科研机构的120余位青年教师及学子参加本次暑期学校。

暑期学校合理设置讲座课程和学术报告两部分内容，既讲授相关领域学科的基础问题，又报道最新研究成果，同时每场讲座和报告均设置讨论环节，师生共同深入探讨领域内的前沿科学问题。

六、国际合作与交流

实验室历来注重开展广泛的国际合作与交流，把多种形式的国际合作与交流和实验室的科研实践活动有机地结合起来，使之成为展示实验室学者风采，宣传实验室成果的重要渠道；同时，国际合作与交流也是扩展学术视野，了解国际海洋科学前沿发展水平的重要途径。实验室也从运行经费中专门拿出一部分，用以资助优秀中青年学术骨干参加国际学术会议且能在会议上做报告者，鼓励优秀中青年学术骨干走向国际学术大舞台。

1、出席的国际国内学术会议

（1）**吴立新**，2012 年 2 月，参加 Ocean Science Meeting，并作特邀报告：*Can oceanic freshwater flux amplify global warming?*

（2）**李春**，2012 年 5 月 25 日-27 日，参加首届“大气科学前沿发展”国际学术研讨会，并作特邀报告：*Impacts of interhemispheric asymmetric thermal forcing on tropical Pacific climate: Surface air-sea coupling and subduction.*

（3）**吴立新**，2012 年 7 月，参加 WCRP meeting，并作特邀报告：*Progesses in studies of air-sea interaction in China.*

（4）**吴立新**，2012 年 8 月，参加 AGU-Western Pacific Meeting，并作特邀报告：*Enhanced warming over the global subtropical western boundary currents.*

（5）**吴立新**，2012 年 9 月，参加 Dynamics of Western Pacific-Asian Marginal seas，并作特邀报告：*Sino-German Workshop in Marine Sciences.*

（6）**吴立新**，2012 年 10 月，参加 NPOCE open science meeting，并作特邀报告：*Enhanced warming over the global subtropical western boundary currents.*

（7）**苏洁**，2012 年 10 月 31 日-11 月 2 日，参加 Chinese-Finnish Research Semina，并作特邀报告：*1）An Introduction of Key Lab of Polar Oceanography and Global Ocean Chang (POGOC) in Ocean University of China; 2）Study on Arctic Inflow using an ice-ocean coupling model.*

（8）**林霄沛**，2012 年 11 月，参加 International Workshop Marginal Seas in Change: the East Sea and the Mediterranean Sea，并作特邀报告：The Kuroshio penetration into the East Sea and its climate impact.

（9）**刘秦玉**，2012 年 7 月 2 日-4 日，参加第二届深海研究与地球系统科学学术研讨会，并作特邀报告：热带印度洋和西太平洋对东亚气候年际变化的影响。

（10）**李春**，2012 年 8 月 2 日-4 日，作为咨询专家出席：公益性行业（气象）科研专项“东亚气候的多尺度特征诊断与预测技术研究”项目（编号：GYHY200906016）研究进展与汇报总结的工作会议，并作特邀报告：太平洋经向模对河套夏季降水的影响。

（11）**苏洁**，2012 年 10 月 22 日-23 日，参加渤海海冰年度会商及学术委员会会议，并作特邀报告：冰厚声呐数据处理系统及海冰预报的几点建议。

（12）**郑小童**,2012 年 3 月 5 日 -9 日，参加 WCRP Workshop on Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) Model Analysis，并作会议报告：*Indian Ocean response to global warming in the CMIP5 multi-model ensemble.*

（13）**黄菲**,2012 年 4 月 22 日-27 日,参加 International Polar Year (IPY 2012) on 22-27 April 2012 in Montreal, Canada，并作会议报告：*Joint Annular Modes in Two Hemispheres and Associated Interhemispheric Teleconnection.*

（14）**李春**，2012 年 7 月 2 日-6 日，参加 2012 LASG International Summer Symposium，并作会议报告：*Impacts of interhemispheric asymmetric thermal forcing on tropical Pacific climate: Surface air-sea coupling and subduction.*

（15）**宋翔洲**，2012 年 7 月，参加美国大气协会第 18 届海气相互作用大会，并作会议报告：*Variations of Turbulent Heat Fluxes around the Sea Ice Edge.*

（16）**谢尚平**，2012 年 8 月 6 日- 9 日，参加 International Commission on Dynamic Meteorology Workshop on Dynamics and Predictability of High-Impact Weather and Climate Events，并作会议报告：*Summer climate variability over the Northwest Pacific and East Asia: Dynamics and predictability.*

（17）**林霄沛**，2012 年 9 月，参加 AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly 2012，并作会议报告：Is There a Fast Warming Trend in Western Boundary Currents Region in the Past Several Decades?

（18）**郑小童**，2012 年 8 月 13 日-17 日，作为大会分会召集人参加 AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly，并作会议报告：*Indian Ocean Dipole response to global warming in the CMIP5 multi-model ensemble.*

（19）**宋翔洲**,2012 年 10 月,参加 CLIVAR_NPOCE 会议,并作会议报告:*How much net heat flux should go into the Western Pacific Warm Pool?*

（20）**宋翔洲**，2012 年 11 月，参加 CLIVAR_GSOP，并作会议报告：*Sensitivity of High Latitude Water Formation to the Flux Forcings.*

（21）**李春**，2012 年 8 月 6 日-9 日，参加 Dynamics and predictability of high-impact weather and climate events: An ICDM workshop 2012，poster 交流报告题目：*Relationship between ENSO and winter rainfall over Southeast China and its decadal variability.*

（22）**李春**，2012 年 10 月 10 日-17 日，参加 Open Science Symposium on Western Pacific Ocean Circulation and Climate，poster 交流报告题目：*1）Impacts of interhemispheric asymmetric thermal forcing on tropical Pacific climate: Surface air-sea coupling and subduction; 2) Dynamic Linkage between the North and Tropical Pacific: Air-sea coupling.*

（23）**兰健**，2012 年 8 月 31 日～9 月 3 日，参加 第九届海峡两岸海洋科学研讨会，并作会议报告：*On the dynamics of the South China Sea Deep Circulation.*

（24）**宋翔洲**，2012 年 9 月，参加中德学术论坛，并作会议报告：*High Latitude Flux Variations and its mechanism.*

（25）**高山红**，2012 年 8 月，参加山东海洋湖沼学会新疆气象学会联合学术讨论会，并作会议报告：黄海海雾数值模拟中 3DVAR 与 4DVAR 同化效果的比较。

（26）**吴立新**，2012 年 11 月，参加第一届海底观测大会，并作会议报告：物理海洋观测研究进展与挑战。

（27）**高山红**，2012 年 11 月，参加电波科学学术讨论会，并作会议报告：大气波导的数值模拟与预测。

（28）**孙即霖**，2012 年 3 月 31 日，参加 2012 年汛期气候预测会商，并作会议报告：2012 年汛期预测报告。

（29）**吕咸青**，2012 年 4 月 10 日-12 日，参加北海区海洋环境质量综合评价方法研究 2012 年度监测方案专题研讨会，并作会议报告：生态系统动力学模型及数据同化。

（30）**张苏平**，2012 年 5 月，参加全省第三届气象台长论坛暨山东省气象局与中国海洋大学 2012 年学术交流会，并作会议报告：中国近海海雾研究。

（31）**杨庆轩**，2012 年 7 月 4 日，参加第二届深海研究与地球系统科学学术研讨会，并作会议报告：南海混合与垂向速度空间结构。

（32）**黄菲**，2012 年 8 月 19 日-25 日，参加山东海洋湖沼学会 2012 学术年会（新疆乌鲁木齐），并作会议报告：两半球环状模的联合模态及其相关的跨半球遥相关。

（33）**黄菲**，2012 年 10 月 18 日-23 日，参加第三届非线性海洋-大气科学研讨会（湖南张家界），并作会议报告：北极海冰快速融化的气候影响。

（34）**孙即霖**，2012 年 10 月 31 日，参加 2012-2013 冬春季气候预测会商，并

作会议报告：2012-2013 冬春气候变化趋势预测报告。

（35）**张苏平**，2012 年 2 月，参加 Ocean science meeting.

（36）**孙健**，2012 年 2 月 20 日-24 日，参加 Ocean Science Meeting.

（37）**刘秦玉**，2012 年 2 月 20 日-24 日，参加 2012 Ocean Sciences Meeting.

（38）**史久新**，2012 年 2 月 20 日-24 日，参加 AGU Ocean Science Meeting.

（39）**管长龙**，2012 年 4 月 14 日-20 日，参加 The 19th International Waves in Shallow Environments Conference-WISE 2012.

（40）**江文胜**, 2012 年 4 月 22 日-27 日,参加 General Assembly 2012 of the European Geosciences Union.

（41）**史久新**，2012 年 7 月 13 日-25 日，参加 Scientific Committee on Antarctic Science (SCAR) biennial meetings and Open Science Conference (2012).

（42）**刘秦玉**，2012 年 9 月 4 日-7 日，参加 WCRP/CLIVAR Workshop on Decadal and Multi-decadal Variability in Pacific and Indian Ocean.

（43）**刘秦玉**,2012 年 10 月 15-17 日,参加 Open Science Symposium on Western Pacific Ocean Circulation and Climate.

（44）**张苏平**，2012 年 7 月 10 日-11 日，参加：“国家重大科学研究计划——太平洋印度洋对全球变暖的响应及其对气候变化的调控作用（项目编号：2012CB955600）”第二课题“黑潮-黑潮延伸体-副热带逆流系统变异机理及其对全球变暖的响应”学术讨论会。

（45）**刘秦玉**，2012 年 7 月 11 日，参加全球变化研究国家重大科学研究计划第二课题学术交流会。

（46）**刘秦玉**，2012 年 8 月 1 日，参加全球变化学术研讨会（青岛）。

（47）**张苏平**，2012 年 10 月 11 日-14 日，参加全球变化研究国家重大科学研究计划——太平洋印度洋对全变暖的响应及其对气候变化的调控作用（2012CB955600）项目年会。

（48）**刘秦玉**，2012 年 10 月 12-14 日，参加全球变化研究国家重大科学研究计划“太平洋印度洋对全球变暖的响应及其对气候变化的调控作用”。

（49）**刘秦玉**，2012 年 5 月 7 日-11 日，参加“海洋中的涡旋与波动”暑期研究生研讨会。

（50）**赵栋梁**，2011 年 12 月 9 日-11 日，参加 973 研讨会。

（51）**张苏平**，2012 年 8 月，参加山东海洋湖沼学会、新疆气象学会联合年会。

（52）**张苏平**，2012 年 11 月，参加首届海洋女科学家论坛。

（53）**边昌伟**，2012 年 11 月 6 日-9 日，参加第一届海底观测科学大会。

（54）**陈朝晖**，2012 年 11 月 7 日-9 日，参加全国第一届海底观测大会。

2、其他合作交流

(1) **史久新**，2011 年 11 月 9 日-2012 年 5 月 1 日，应邀访问美国华盛顿大学极地科学中心（PSC/APL/UW），作公派高访合作开展北冰洋盐跃层研究。

(2) **傅刚**，2012 年 8 月，应邀访问德国不来梅、基尔大学并作报告，题目：On Study of Sea Fog over the Yellow and Bohai Seas in China.

(3) **边昌伟**，2012 年 8 月 28 日-9 日，应邀访问德国 GEOMAR 研究所，进行 ROMS 模型在渤海的应用的研究。

(4) **苏洁**，2012 年 11 月 4 日，应邀访问 Helsinki University, Finland，与 Helsinki 大学 Matti 教授商谈 2013 年来华访问合作事宜。

(5) **苏洁**，2012 年 11 月 6 日，应邀访问 Aalto University, Finland，与 Aakto 大学力学系 Jukka Tuhkuri 教授领导的北极研究组进行学术交流并作报告，题目：Introduction of Key Lab of POGOC in Ocean University of China，并商谈合作可能性。

(6) **万修全**，2012 年 7 月 18 日-8 月 15 日，应邀访问 Texas A&M University，就大西洋气候变化及模式开发等展开讨论。

(7) **孙即霖**，2012 年 7 月，应邀至广州南海分局讲学，讲学内容：1）急流对天气变化的影响；2）短期气候预测相关机制。

(8) **杨庆轩**，2012 年 7 月 5 日，应邀访问国家海洋局第二海洋研究所并作报告，题目：南海混合及其与大尺度环流关系的初步研究。

七、队伍建设与人才培养

1．队伍建设

实验室通过引进海内外高端人才、接受国内外高校及科研机构优秀博士毕业生等多种渠道，为实验室补充新鲜血液，健全科研队伍，打造合理的学术梯队。除泰山学者海外特聘教授罗义勇正式全职来实验室工作外，2012 年实验室又新引进北卡州立大学何若萤教授为山东省“泰山学者”特聘教授。此外，实验室本年度接受优秀博士后、博士毕业生 7 人，其中 6 人作为科研骨干进一步加强相关研究单元的科研力量，1 人作为工程技术系列充实技术队伍，实验室中短期人才计划已正式拉开帷幕。改革试点工程启动两年以来，实验室已引进包括千人计划、泰山学者、青年英才、优秀博士毕业生各类人才 11 人。

目前实验室全职工作人员已达 57 人。

2．人才培养

实验室 2012 年度共招收硕士、博士生 123 人，博士后入站 6 人；为社会输送合格博士、硕士生 79 人，博士后出站 2 人。

在读博士生	在读硕士生	入站博士后	2012 年入学博士生	2012 年入学硕士生	博士后出站	2012 年毕业博士生	2012 年毕业硕士生
81	140	6	42	81	2	28	51

八、科研平台

1．南海深海潜标观测网成功运行一年

南海深海潜标观测网是围绕南海深水区海洋资源开发、维护国家海洋安全和海洋防灾减灾的迫切需求，着眼未来深远海科学和观测技术的发展趋势，由物理海洋实验室突破深海潜标浮体水动力学优化设计和潜标防腐耐污技术等若干潜标关键技术，自主研发的适合南海深海长期稳定连续可靠观测的深海潜标网系统。目前该观测网已构建完成，并已对南海深海海洋动力、沉积动力及生物地球化学等多学科综合环境进行一年多的连续观测，取得一批重要数据。

截止至今，南海深海潜标观测网已成功布放回收深海潜标 50 套，成功率达 100%，目前尚在位深海潜标 20 套，无论是潜标数量还是布放回收成功率都在国内处于领先水平。该系统覆盖了南海北部深海盆及吕宋海峡等海域，取得了持续一年多的观测数据，为确定南海深海环流空间结构和演变规律，揭示南海深层环流调控机制，阐明南海深层环流气候效应奠定了坚实基础。

基于该观测网获取的大量南海深层海洋动力环境长期连续观测信息，初步获得的研究成果有：（1）给出了太平洋深层水进入南海的路径及流量。太平洋深层水由巴士海峡（流量为 1.1Sv）和台东峡谷（流量为 0.4Sv）进入吕宋海沟，汇合后沿吕宋海沟向南最后由恒春海脊的三个缺口（流量由北向南依次为 0.5Sv, 0.9Sv, 0.1Sv）进入南海。（2）发现吕宋海峡深层环流存在 30 天左右显著震荡周期。基于巴士海峡及吕宋海沟两处关键点 2009.10～2012.03 长达 2 年半的潜标观测分析发现，吕宋海峡深层环流常年由太平洋流向南海，流速存在明显的冬强夏弱的季节变化趋势和一 30 天左右周期的强振荡，并且每年冬末春初该震荡可导致短期的流速反转 。（3）发现南海深海盆存在强西边界流。2012.04～08 期间南海深海盆西边界处两套深海潜标观测分析发现，南海深层存在很强的西南向的西边界流，2000m～4000m 平均流速可达 5cm/s 左右，并存在较强的中尺度时间变异特征。

该观测网系统将继续完善，力争 2015 前完成南海深水区 100-150 站位的潜标连续观测，并逐步向毗邻太平洋海区推进；同时打造一支深远海科学与技术研究队伍，整体提升我校深海观测能力，开创我校深海研究新局面，抢占深远海研究的战略制高点。

2．高性能计算中心建设完成，现已正式对校内用户提供服务

高性能计算中心由计算平台和数据中心两部分组成。

计算平台：在 2011 年第一期计算平台建设的基础上，2012 年开展了计算平台二期建设，至 2012 年 6 月初全部硬、软件安装、调试完毕并开始试运行。最终两期建设整合硬件规模为：总核数 3132 核，理论计算峰值约 33.32 万亿次每

秒，拥有裸容量 100T 的在线存储和裸容量 300T 的近线存储，采用高速并行文件存储系统。该系统在去年位列全国高性能计算及 TOP100 的第 85 位。目前该平台已经正式投入使用，并面向全校各学科的科学研究提供服务。

数据平台：2012 年年初将原船舶中心服务器，原海洋系服务器，原气象系服务器整合，构成数据平台的硬件基础。该平台包括三大数据板块：观测数据、国内外发布的数据集、本地再分析数据集。观测数据板块搜集和整理了 2000 年以来东方红“2”船历次海洋调查的高分辨率 CTD 数据资料，并经过严格的质量控制形成标准 NC 格式数据；国内外发布的数据集已下载将近 4T 的常规海洋大气数据及 AR CMPI5 模式数据等；本地再分析数据集包括我国近海及临近洋区的海面风场和三维温盐流再分析数据等。未来数据平台将在不断更新各类数据基础上，扩大数据范围和种类，提供准确可靠的数据排重和质控方法，并与计算平台实现有机结合，力争逐步建设成为国家重要科学数据交换节点。

3．内波实验平台、大型地转平台改造即将完成

内波实验平台的建设包括二维内波实验平台、内潮显示平台以及小型温控实验平台。三个基础平台已经建设完成，并且搭建了任意密度分层水放置系统，将取代原来已经陈旧的内波水槽。系统改造完成后，可针对实际海洋密度分层进行模拟研究。本系统全部系自主研发设计，完工后将申请国家专利。目前，实验平台整体已搭建完成，测量设备订购过程中，预计2013年上半年可以搭建成功并投入使用。建设完成后将PIV技术、纹影技术等国际先进实验技术应用到该平台中，可开展内波生成、传播、相互作用及耗散等一系列实验研究。

地球旋转实验平台原设计无法进行定量实验，现利用科尔摩根直驱电机对旋转平台进行系统升级改造，使其成为可以精密控制及测量的大型旋转平台系统。大型旋转平台系统配备先进的温控系统、测流系统及测温系统等，可用于对海洋与大气大尺度环流现象、区域海流生成及特性、重点海洋现象的旋转效应等问题进行研究。在此基础上，拟建两到三套用于不同实验功能的小型精密旋转实验平台，设计方案正在修改完善中。

九、自主科研课题

实验室自主科研课题的设立，作为国家各类科研项目的有益补充，是以中央高校基本科研业务费为经费支持，面向物理海洋实验室和海洋环境学院的青年教师和科研人员，以培养青年科研骨干为基本目标的实验室自主评审立项的科研课题。自主课题围绕 “海洋环流动力学”、“海洋波动与混合”、“海－气相互作用与气候”三大研究方向，突出实验室年度科研重点，鼓励开展探索性研究和解决实际科技问题，并力争培育国家级项目。

自2011年正式启动以来，实验室自主科研课题现已立项12个，资助经费146万元，平均支持力度12万元。其中2011、2012年度立项的自主课题进展顺利，基本取得了预期效果，也为今后继续实施实验室自主课题计划积累了一定经验。

2012年度自主课题清单

序号	课题名称	负责人	经费（万元）
1	北极快速变化条件下夏秋季海冰对太阳短波辐射能的吸收作用研究	李涛	15
2	南海北部内孤立波及其触发混合研究	杨庆轩	12
3	大西洋经向翻转环流的年代际振荡及其机制研究	万修全	12
4	降雨对海－气界面及上混合层影响机制的实验研究	马昕	10

附：2012 实验室 SCI 论文摘要

Title: Slowdown of the Walker circulation driven by tropical Indo-Pacific warming

Authors: Tokinaga, H., **S.-P. Xie**, C. Deser, Y. Kosaka and Y. M. Okumura

Journal: Nature, DOI:10.1038/nature11576, 491

Abstract: Global mean sea surface temperature (SST) has risen steadily over the past century, but the overall pattern contains extensive and often uncertain spatial variations, with potentially important effects on regional precipitation. Observations suggest a slowdown of the zonal atmospheric overturning circulation above the tropical Pacific Ocean (the Walker circulation) over the twentieth century. Although this change has been attributed to a muted hydrological cycle forced by global warming, the effect of SST warming patterns has not been explored and quantified. Here we perform experiments using an atmospheric model, and find that SST warming patterns are the main cause of the weakened Walker circulation over the past six decades (1950–2009). The SST trend reconstructed from bucket-sampled SST and night-time marine surface air temperature features a reduced zonal gradient in the tropical Indo-Pacific Ocean, a change consistent with subsurface temperature observations. Model experiments with this trend pattern robustly simulate the observed changes, including the Walker circulation slowdown and the eastward shift of atmospheric convection from the Indonesian maritime continent to the central tropical Pacific. Our results cannot establish whether the observed changes are due to natural variability or anthropogenic global warming, but they do show that the observed slowdown in the Walker circulation is presumably driven by oceanic rather than atmospheric processes.

Title: Intensified Arabian Sea tropical storms

Authors: Wang, B., **S. Xu** and L. Wu

Journal: Nature, 489, E1–E2, DOI:10.1038/nature11470

Brief introduction: Arabian Sea tropical cyclones have become stronger over the past 30 years owing to a reduction in vertical wind shear (VWS) brought about by radiative forcing from pollution aerosols. Wang et al. argue that the decline in VWS results from a systematic shift in storm genesis date, which may be part of a natural cycle or another consequence of regional pollution. However, their conclusions, although interesting, are not supported by our analysis and are probably sensitive to biases in the observational record.

Title: Ocean barrier layers' effect on tropical cyclone intensification

Authors: Balaguru, K., **P. Chang**, R. Saravanan, L. Ruby Leung, **Z. Xu**, **M. Li**, and J. Hsieh

Journal: PNAS, DOI: 10.1073/pnas.1201364109, 109(36), 14343-14347

Abstract: Improving a tropical cyclone's forecast and mitigating its destructive potential requires knowledge of various environmental factors that influence the cyclone's path and intensity.

Herein, using a combination of observations and model simulations, we systematically demonstrate that tropical cyclone intensification is significantly affected by salinity-induced barrier layers, which are “quasi-permanent” features in the upper tropical oceans. When tropical cyclones pass over regions with barrier layers, the increased stratification and stability within the layer reduce storm-induced vertical mixing and sea surface temperature cooling. This causes an increase in enthalpy flux from the ocean to the atmosphere and, consequently, an intensification of tropical cyclones. On average, the tropical cyclone intensification rate is nearly 50% higher over regions with barrier layers, compared to regions without. Our finding, which underscores the importance of observing not only the upper-ocean thermal structure but also the salinity structure in deep tropical barrier layer regions, may be a key to more skillful predictions of tropical cyclone intensities through improved ocean state estimates and simulations of barrier layer processes. As the hydrological cycle responds to global warming, any associated changes in the barrier layer distribution must be considered in projecting future tropical cyclone activity.

Title: Impact of abrupt deglacial climate change on tropical Atlantic subsurface temperatures

Authors: Schmidta,M., **P. Chang**, J. Hertzberga, T. Them ll, L. Ji, and B. Otto-Bliesner

Journal: PNAS, DOI: doi/10.1073/pnas.1207806109, 109(36), 14348-14352

Abstract: Improving a tropical cyclone’s forecast and mitigating its destructive potential requires knowledge of various environmental factors that influence the cyclone’s path and intensity. Herein, using a combination of observations and model simulations, we systematically demonstrate that tropical cyclone intensification is significantly affected by salinity-induced barrier layers, which are “quasi-permanent” features in the upper tropical oceans. When tropical cyclones pass over regions with barrier layers, the increased stratification and stability within the layer reduce storm-induced vertical mixing and sea surface temperature cooling. This causes an increase in enthalpy flux from the ocean to the atmosphere and, consequently, an intensification of tropical cyclones. On average, the tropical cyclone intensification rate is nearly 50% higher over regions with barrier layers, compared to regions without. Our finding, which underscores the importance of observing not only the upper-ocean thermal structure but also the salinity structure in deep tropical barrier layer regions, may be a key to more skillful predictions of tropical cyclone intensities through improved ocean state estimates and simulations of barrier layer processes. As the hydrological cycle responds to global warming, any associated changes in the barrier layer distribution must be considered in projecting future tropical cyclone activity.

Title: An investigation of tropical Atlantic bias in a high-resolution coupled regional climate model

Authors: Patricola, C. M., **M. Li**, **Z. Xu**, **P. Chang**, R. Saravanan and J.-S. Hsieh

Journal: Climate Dynamics, 39, 2443–2463, DOI: 10.1007/s00382-012-1320-5

Abstract: Coupled atmosphere–ocean general circulation models (AOGCMs) commonly fail to simulate the eastern equatorial Atlantic boreal summer cold tongue and produce a westerly

equatorial trade wind bias. This tropical Atlantic bias problem is investigated with a high-resolution (27-km atmosphere represented by the Weather Research and Forecasting Model, 9-km ocean represented by the Regional Ocean Modeling System) coupled regional climate model. Uncoupled atmospheric simulations test climate sensitivity to cumulus, land-surface, planetary boundary layer, microphysics, and radiation parameterizations and reveal that the radiation scheme has a pronounced impact in the tropical Atlantic. The CAM radiation simulates a dry precipitation (up to 90%) and cold land -surface temperature (up to 8 K) bias over the Amazon related to an over-representation of low-level clouds and almost basin-wide westerly trade wind bias. The Rapid Radiative Transfer Model and Goddard radiation simulates doubled Amazon and Congo Basin precipitation rates and a weak eastern Atlantic trade wind bias. Season-long high-resolution coupled regional model experiments indicate that the initiation of the warm eastern equatorial Atlantic sea surface temperature (SST) bias is more sensitive to the local rather than basin-wide trade wind bias and to a wet Congo Basin instead of dry Amazon—which differs from AOGCM simulations. Comparisons between coupled and uncoupled simulations suggest a regional Bjerknes feedback confined to the eastern equatorial Atlantic amplifies the initial SST, wind, and deepened thermocline bias, while barrier layer feedbacks are relatively unimportant. The SST bias in some CRCM simulations resembles the typical AOGCM bias indicating that increasing resolution is unlikely a simple solution to this problem.

Title: Impact of heating anomalies associated with rainfall variations over the Indo-Western Pacific on Asian atmospheric circulation in winter

Authors: Zheng, J., **Q. Liu**, C. Wang, and **X.-T. Zheng**

Journal: Climate Dynamics (in press)

Abstract: Observational data show that the dominant mode of the boreal winter rainfall anomalies in the tropical Indo-Western Pacific (IWP) is a west-east dipolar pattern, which is called the Indo-Western Pacific Dipole (IWPD) mode and is related to El Niño-Southern Oscillation. It is found that corresponded to the IWPD mode is a new atmospheric teleconnection pattern—a wave train pattern emitted from the IWP toward Asia and the northwest Pacific in winter. During the positive (negative) phase of the IWPD, the teleconnection pattern features the negative (positive) anomalies of 200-hPa geopotential height (H200) centered at 30°N, 110°E and the positive (negative) anomalies of H200 centered at 45°N, 140°E. The teleconnection pattern represents the dominant mode of the boreal winter H200 anomaly over Asia. A series of simple atmospheric model experiments are performed to confirm that this winter teleconnection pattern is induced by the heating anomalies associated with the IWPD, and the heating anomalies over the equatorial central Pacific are not important to this teleconnection pattern from the IWP toward Asia and the northeast Pacific. The IWPD is strengthened after the climate regime shift of the 1970s, which leads to a stronger teleconnection pattern.

Title: Importance of ocean dynamics for the skewness of the Indian Ocean Dipole mode

Authors: Ogata, T., **S.-P. Xie**, **J. Lan**, and **X.-T. Zheng**

Journal: Journal of Climate (in press)

Abstract: Interannual anomalies of sea surface temperature (SST), wind and cloudiness in the southeastern tropical Indian Ocean (SE-TIO) show negative skewness. Asymmetry between warm and cold episodes in the SE-TIO and the importance of ocean dynamics are investigated. A coupled model simulation and observations show an asymmetric relationship between SST and the thermocline depth in the SE-TIO where SST is more sensitive to an anomalous shoaling than deepening of the thermocline. This asymmetric thermocline feedback on SST is a result of a deep mean thermocline. Sensitivity experiments with an ocean general circulation model (OGCM) show that a negative SST skewness arises in response to sinusoidal zonal wind anomalies that are symmetric between the westerly and easterly phases. Heat budget analysis with an OGCM hindcast also supports the importance of ocean dynamics for SST skewness off Sumatra and Java.

Title: Inter-decadal variations in ENSO teleconnection to the Indo-western Pacific for 1870-2007

Authors: Chowdary, J. S., **S.-P. Xie**, H. Tokinaga, Y. M. Okumura, H. Kubota, N. C. Johnson, and **X.-T. Zheng**

Journal: Journal of Climate, DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00070.1, 25(5), 1722-1744

Abstract: Slow modulation of interannual variability and its relationship to El Nino-Southern Oscillation (ENSO) is investigated for the period of 1870-2007 using shipboard surface meteorological observations along a frequently traveled track across the north Indian Ocean (NIO; from the Gulf of Aden through Malacca Strait) and the South China Sea (to Luzon Strait). During the decades in the late nineteenth-early twentieth century and in the late twentieth century, the El Nino-induced NIO warming persists longer than during the 1910s-mid-1970s, well into the summer following the peak of El Nino. During the epochs of the prolonged NIO warming, rainfall drops and sea level pressure rises over the tropical northwest Pacific in summer following El Nino. Conversely, during the period when the NIO warming dissipates earlier, these atmospheric anomalies are not well developed. This supports the Indian Ocean capacitor concept as a mechanism prolonging El Nino influence into summer through the persistent Indian Ocean warming after El Nino itself has dissipated. The above centennial modulation of ENSO teleconnection to the Indo-northwest Pacific region is reproduced in an atmospheric general circulation model forced by observed SST. The modulation is correlated not with the Pacific decadal oscillation but rather with the ENSO variance itself. When ENSO is strong, its effect in the Indo-northwest Pacific strengthens and vice versa. The fact that enhanced ENSO teleconnections occurred 100 years ago during the late nineteenth-early twentieth century indicates that the recent strengthening of the ENSO correlation over the Indo-western Pacific may not entirely be due to global warming but reflect natural variability.

Title: Modulation of Atmospheric Response to North Pacific SST Anomalies under Global Warming: A Statistical Assessment

Authors: Gan, B. and **L. Wu**

Journal: Journal of Climate, 25(19), 6554-6566, DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00493.1

Abstract: In this study the modulation of ocean-to-atmosphere feedback over the North Pacific in early winter from global warming is investigated based on both the observations and multiple climate model simulations from a statistical perspective. It is demonstrated that the basin-scale atmospheric circulation displays an equivalent barotropic ridge in response to warm SST anomalies in the Kuroshio-Oyashio Extension (KOE) region. This warm SST-ridge response in early winter can be enhanced significantly by global warming, indicating a strengthening of air-sea coupling over the North Pacific. This enhancement is likely associated with the intensification of storm tracks and, in turn, the amplification of atmospheric transient eddy feedback in a warm climate, although the secular trend of enhanced storm-track activity over the North Pacific is suggested to be biased in reanalysis product.

Title: Impacts of interhemispheric asymmetric thermal forcing on tropical Pacific climate: Air-sea coupling and subduction

Authors: Li, C., **L. Wu** and **S.-P., Xie**

Journal: Journal of Climate (in press), DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00743.1

Abstract: Paleoclimate observations and modeling studies suggest that extratropical climate change affects the tropical Pacific. A global coupled general circulation model is used to investigate the equatorial Pacific response to extratropical surface heat flux forcing that is downward (upward) poleward of 40°N (S). The equatorial response consists of two distinct stages: the zonal sea surface temperature (SST) gradient strengthens for the first 2-3 decades and then weakens afterwards. In the first stage, fast surface air-sea coupling feedback mechanism communicates the extratropical warming (cooling) from the North (South) Pacific toward the equator. The second stage is characterized by a basin-wide shoaling of the tropical Pacific thermocline as the subtropical cell (STC) advects cold water from the South Pacific along the thermocline. This preference of Southern Hemisphere anomalies is due to the meridional asymmetry in the mean circulation: the interior pathway for STC is open south but partially blocked north of the equator. Paleoclimate implications are discussed.

Title: Low-Frequency Modulation of Turbulent Diapycnal Mixing by Anticyclonic Eddies Inferred from the HOT Time Series

Authors: Jing, Z. and **L. Wu**

Journal: Journal of Physical Oceanography (In press)

Abstract: Profiles of potential density obtained from CTD measurements during HOT (Hawaii Ocean Time-Series) program in the vicinity of the island of Oahu, Hawaii are used to evaluate low-frequency variability of turbulent kinetic dissipation rates based on a finescale parameterization method. A distinct seasonal cycle as well as an increasing trend of dissipation rates has been found in the upper 300-600 m. The trend is mainly due to the much weaker diapycnal mixing in the first four years of the record i.e. 1988-1992.

In the upper 300-600 m, enhanced diapycnal mixing is found under anticyclonic eddies with the mean dissipation rate about 53% larger than that under eddy-free conditions. The modulation of dissipation rates by anticyclonic eddies becomes more evident with increasing eddy strength. The role of cyclonic eddies in modulating diapycnal mixing is almost negligible compared with that of anticyclonic eddies. The mean dissipation rate under cyclonic eddies is comparable to that under eddy-free conditions with a difference less than 10%. Seasonality of the dissipation rates is partly modulated by the seasonal variation of anticyclonic eddies.

Title: Determining the Extratropical Transition Onset and Completion Times of Typhoons Mindulle (2004) and Yagi (2006) Using Four Methods

Authors: Wang, Q., Q. Li and **G. Fu**

Journal: Weather and Forecasting (in press)

Abstract: Four methods for determining the extratropical transition (ET) onset and completion times of Typhoons Mindulle (2004) and Yagi (2006) were compared using four numerically-analyzed datasets. The open wave and scalar frontogenesis parameter methods failed to smoothly and consistently determine the ET completion from the four data sources, because some dependent factors associated these two methods highly impact on the results. Although the cyclone phase space technique succeeded in determining the ET onset and completion times, the ET onset and completion times of Yagi identified by this method exhibited large distinction across the datasets, agreeing with prior studies. The isentropic potential vorticity method was also able to identify the ET onset times of both Mindulle and Yagi using all the datasets, whereas the determined ET onset time of Yagi by such a method strikingly differed from that by the cyclone phase space technique, which may create forecast uncertainty.

Title: The Formation Mechanism of a Spring Sea Fog Event over the Yellow Sea Associated with a Low-Level Jet

Authors: Li, P., **G. Fu**, C. Lu, D. Fu and S. Wang

Journal: Weather and Forecasting (in press)

Abstract: In this paper, a dense sea fog event occurred over the Yellow Sea (YS) on 9 March 2005 is investigated using the Weather Research and Forecasting (WRF v3.1.1) model. It is shown that the WRF model can reasonably reproduce the main features of this fog case with newly implemented planetary boundary layer (PBL) scheme developed by Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino (MYNN). The low-level jet (LLJ) associated with this fog episode played an important role in triggering the turbulence. During the fog formation, sea fog extended vertically with the aid of turbulence. The mechanical production term resulting from wind shear contributed to the generation of the turbulence. WRF simulation results showed that the fog layer was thicker in the northeastern part of the YS than that in the southwestern part due to the intensity of the inversion layer and the LLJ. The topography test in which the mountain region in Fujian province was removed showed that the roles of topography were to prevent the moisture from extending to land, to intensify the inversion layer, to enhance the intensity of LLJ as well as to elevate its altitude.

Title: Long-term change of the Pacific North Equatorial Current bifurcation in SODA

Authors: Chen, Z. and **L. Wu**

Journal: Journal of Geophysical Research – Oceans, 117, C06016, DOI: 10.1029/2011JC007814

Abstract: The long-term change of the North Equatorial Current (NEC) bifurcation in the Pacific Ocean is assessed based on the recently developed Simple Ocean Data Assimilation (SODA, version 2.2.4). It is found that the NEC bifurcation latitude (NBL) has shifted southward over the past 60 years, although it displayed a slight northward migration from 1970 to 1992. This southward shift of the bifurcation latitude is associated with changes in the wind stress curl over the tropical Pacific Ocean between 10°N and 20°N, leading to the strengthening of the Kuroshio at its origin. The conclusion is further supported by simulations of Intergovernmental Panel on Climate Change models. It is demonstrated that the long-term change of the seasonal south-north migration of the bifurcation is modulated by the southward shift of the mean position. Over the past 6 decades, the phase speed of first-mode baroclinic Rossby waves (C_R) at the latitude of the bifurcation increases from 13 cm s^{-1} in 1950 to 18 cm s^{-1} in 2005, and the corresponding seasonal amplitude increases (decreases) before (after) the mid-1980s. Using a linear vorticity model, it is found that the long-term modulation of the NBL seasonal migration amplitude is associated with the increase of C_R in responses to the southward shift of the mean NBL. It is expected that the seasonal amplitude will decrease moderately in the following decades if the ocean continues warming.

Title: An intensification trend of South Pacific Mode Water subduction rates over the 20th century

Authors: Liu, C. and **L. Wu**

Journal: Journal of Geophysical Research - Oceans, 117, C07009

Abstract: In this paper, the trend of the South Pacific Mode Water subduction rate is assessed based on recently developed ocean and atmosphere reanalysis products for the 20th century. It is found that the subduction volume of the mode water is intensified in the 20th century. The intensification of the mode water in the subtropical gyre of the South Pacific is primarily due to the strengthening of the vertical pumping velocity dominated by the enhanced wind stress curl over the past century. In contrast, the intensification of the South Pacific Subantarctic Mode Water (SAMW) is mainly caused by a deepening of the mixed layer depths and a strengthening of the advection in warm climate. As a result, the total subduction volume of the mode water over the South Pacific is increased in the 20th century.

Title: Trends of upper-layer circulation in the South China Sea during 1959-2008

Authors: Yang, H. and **L. Wu**

Journal: Journal of Geophysical Research – Oceans, 117, C08037, DOI: 10.1029/2012JC008068

Abstract: In this paper, the trend of upper-layer circulation in the South China Sea (SCS) is studied based on the Simple Ocean Data Assimilation product for 1959-2008. It is found that the basin-averaged SST in winter displays a warming rate close to the global mean value while it does not have significant trend in summer. The upper-layer circulation in the SCS has been weakened in winter by 10% over this period, while in summer it tends to be more energetic. Further analyses suggest that the weakening of the winter SCS ocean circulation in winter is associated with weakening of the East Asian monsoon over recent decades. Moreover, an eastward retreat of the anti-cyclonic "Kuroshio loop" from the SCS is found, which may be due to an intensification of the Kuroshio transport in the past 50 years.

Title: A winter warm pool southwest of Hainan Island due to the orographic wind wake

Authors: Li, J., G. Wang, **S.-P. Xie**, R. Zhang and Z. Sun

Journal: Journal of Geophysical Research - Oceans, 117, C08036, DOI: 10.1029/2012JC008189

Abstract: A winter warm pool off the southwest coast of Hainan Island is uncovered from high resolution satellite measurements and field observations. The warm pool is characterized by warm temperature relative to the surroundings. It forms in October, intensifies from November to next January, and decays in February. Our results show that the wind wake in the northeast winter monsoon due to the orographic blockage by mountains of Hainan Island plays an important role in generating the warm pool by reducing surface latent heat flux. The core temperature of the warm pool is correlated with the El Nino and Southern Oscillation.

Title: East Pacific ocean eddies and their relationship to subseasonal variability in Central American wind jets

Authors: Chang, C.-H., **S.-P. Xie**, N. Schneider, B. Qiu, J. Small, W. Zhuang, B. Taguchi, H. Sasaki, and **X. Lin**

Journal: Journal of Geophysical Research - Oceans, 117, C10001, DOI:10.1029/2011JC007315

Abstract: Subseasonal variability in sea surface height (SSH) over the East Pacific warm pool off Central America is investigated using satellite observations and an eddy-resolving ocean general circulation model. SSH variability is organized into two southwest-tilted bands on the northwest flank of the Tehuantepec and Papagayo wind jets and collocated with the thermocline troughs. Eddy-like features of wavelength similar to 600 km propagate southwestward along the high-variance bands at a speed of 9-13 cm/s. Wind fluctuations are important for eddy formation in the Gulf of Tehuantepec, with a recurring interval of 40-90 days. When forced by satellite wind observations, the model reproduces the two high-variance bands and the phase propagation of the Tehuantepec eddies. Our observational analysis and model simulation suggest the following evolution of the Tehuantepec eddies. On the subseasonal timescale, in response to the gap wind intensification, a coastal anticyclonic eddy forms on the northwest flank of the wind jet and strengthens as it propagates offshore in the following two to three weeks. An energetics analysis based on the model simulation indicates that besides wind work, barotropic and baroclinic

instabilities of the mean flow are important for the eddy growth. Both observational and model results suggest a re-intensification of the anticyclonic eddy in response to the subsequent wind jet event. Off Papagayo, ocean eddy formation is not well correlated with local wind jet variability. In both the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo, subseasonal SSH variability is preferentially excited on the northwest flank of the wind jet. Factors for this asymmetry about the wind jet axis as well as the origins of wind jet variability are discussed.

Title: Effects of tides on freshwater and volume transports in the Changjiang River plume

Authors: Li, M. and **Z. Rong**

Journal: Journal of Geophysical Research - Oceans, 117, C06027, DOI: 10.1029/2011JC007716

Abstract: Effects of tides on the Changjiang River plume are investigated using a numerical model of the East China and Yellow Seas. In the absence of tides, the buoyancy-driven coastal current downstream of the river mouth is a surface-trapped plume attached to the coast. In the presence of tides, however, the plume shifts away from the coast and features a bottom boundary layer. The freshwater transport by the coastal current accounts for only 35% of the Changjiang River discharge without tides but increases to 80% with tides. Tidal currents stabilize the plume bulge near the river mouth and force the plume water to move in the direction of tidal currents, thus increasing the downstream freshwater transport. In contrast, tidal residual currents are weak and make little contributions to the total freshwater transport. Tidal mixing reduces the plume's buoyancy but increases its thickness so that the freshwater transport is insensitive to the strength of turbulent mixing. Volume transport in the tidal-affected buoyancy coastal current exceeds the river discharge by 4 to 12 times, as opposed to 2-3 fold amplification in the plume without tides. Tidal mixing between the plume and ambient shelf waters produces higher salinity classes in the plume so that the volume flux in the downstream coastal current increases to discharge the freshwater released from the Changjiang River.

Title: Mode water ventilation and subtropical countercurrent over the North Pacific in CMIP5 simulations and future projections

Authors: Xu, L.X., **S.-P. Xie**, and **Q. Liu**

Journal: Journal of Geophysical Research – Ocean (in press), DOI: 10.1029/2012JC008377

Abstract: Seventeen coupled general circulation models from the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) are analyzed to assess the dynamics and variability of the North Pacific Subtropical Countercurrent (STCC). Consistent with observations, the STCC is anchored by mode water to the north. For the present climate, the STCC tends to be stronger in models than in observations because of too strong a low potential vorticity signature of mode water. There are significant variations in mode water simulation among models, i.e., in volume and core layer density. The northeast-slanted bands of sea surface height (SSH) anomalies associated with the STCC variability are caused by variability in mode water among models and the Hawaii islands are represented in some models, where the island-induced wind curls drive

the Hawaiian Lee Countercurrent (HLCC) located to the south of STCC. Projected future changes in STCC and mode water under the Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5 scenario are also investigated. By combining the historical and RCP 4.5 runs, an empirical orthogonal function (EOF) analysis for SSH over the central subtropical gyre (160{degree sign}E-140{degree sign}W, 15{degree sign}-30{degree sign}N) is performed. The dominant mode of SSH change in 17 CMIP5 models is characterized by the weakening of the STCC because of the reduced formation of mode water. The weakened mode water is closely related to the increased stratification of the upper ocean, the latter being one of the most robust changes as climate warms. Thus the weakened STCC and mode water are common to CMIP5 future climate projections.

Title: Oblique wave-wave interactions of nonlinear near-surface internal waves in the Strait of Georgia

Authors: Wang, C. and R. Pawlowicz

Journal: Journal of Geophysical Research – Ocean, 117, C06031, DOI: 10.1029/2012JC008022

Abstract: Although nonlinear interactions that occur when two large internal waves collide at oblique angles are often observed in the natural world, quantitative and theoretical aspects of these interactions are only poorly understood. The available analyses are generally theoretical or the result of limited numerical experimentation, with few (if any) quantitative field measurements. Here we describe four cases of internal wave interactions, two of which involve the fundamentally non-steady generation of "Mach stems" at the site of the interaction, observed in the Strait of Georgia, Canada. Details of the interactions are quantified using time sequences of photogrammetrically rectified oblique images obtained from a circling aircraft, while simultaneous observations are made of water column properties from a surface vessel. The imaging technique allows us to estimate the speed and direction of each wave, as well as details of phase shifts induced by interactions. An existing small-amplitude theory is applied but is found to overestimate the likelihood of Mach interactions at large amplitude.

Title: The wave state and sea spray related parameterization of wind stress applicable from low to extreme winds

Authors: Liu, B., **C. Guan**, and L. Xie

Journal: Journal of Geophysical Research – Oceans, 117, C00J22, DOI: 10.1029/2011JC007786

Abstract: Recent field and laboratory observations indicate that the variation of drag coefficient with wind speed at high winds is different from that under low-to-moderate winds. By taking the effects of wave development and sea spray into account, a parameterization of sea surface aerodynamic roughness applicable from low to extreme winds is proposed. The corresponding relationship between drag coefficient and sea surface wind speed agrees well with the existing field and laboratory observational data. It is shown that, under low-to-moderate wind conditions so that the sea spray effects could be neglected, the nondimensional aerodynamic roughness first increases and then decreases with the increasing wave age; whereas under high wind conditions,

the drag coefficient decreases with the increasing wind speed due to the modification of the logarithmic wind profile by the effect of sea spray droplets produced by bursting bubbles or wind tearing breaking wave crests. The drag coefficients and sea surface aerodynamic roughnesses reach their maximum values when the 10 m wind speeds are between 25 and 33 m s(-1) for different wave developments. Correspondingly, the reduction of drag coefficient under high winds reduces the increasing rate of friction velocity with increasing wind speed.

Title: Sun-Moon gravitation-induced wave characteristics and climate variation

Authors: Wang, Z., D. Wu, X. Song, X. Chen, and S. Nicholls

Journal: Journal of Geophysical Research – Atmospheres, 117, D07102, DOI: 10.1029/2011JD016967

Abstract: Understanding periods associated with climate variations has been challenging and has attracted scientific study. In the work presented here, we establish a theoretical dynamical model driven by Sun-Moon gravitation (SMG) and present basic SMG wave characteristics and SMG-induced nonlinear motions for geophysical fluids. As compared to observations, waves and motions demonstrate climate variations associated with abundant structures and climatic rhythms, including the 30-60 day oscillation, seasonality, El Nino-Southern Oscillation-like interannual variation, etc. In our work, periods depended upon the obliquity and revolution velocity of the Sun and Moon; the speed of geophysical fluids; and the latitude, radius, and rotation velocity of Earth. The rotation of Earth helps fluids remember and accumulate momentum in geophysical fluids that are provided by the SMG on multiple time scales, which may contribute to multiperiods of climate oscillations. The speed-dependent periods of SMG-induced flow are of a broad spectrum (i.e., faster speeds, shorter periods). SMG-induced flow in an atmosphere of faster flow tends to have shorter (e. g., seasonal and annual) periods, while an ocean of slower flow tends to have longer (e. g., annual and interannual) periods.

Title: Eddy effects on sea surface temperature and sea surface wind in the continental slope region of the northern South China Sea

Authors: Chow, C.H. and **Q. Liu**

Journal: Geophysical Research Letters, 39, L02601, DOI: 10.1029/2011GL050230

Abstract: Warm and cold sea surface temperature (SST) tongues on weather timescales are detected in the continental slope region of the northern South China Sea (NSCS), and their effects on sea surface wind are studied, using satellite observations. Crossing the basin-scale SST front, geostrophic currents between cyclonic and anticyclonic eddies induce the warm and cold SST tongues during the northeast monsoon. Corresponding to the warm and cold SST tongues, the sea surface wind is highly uneven in spatial distribution. Its speed is faster (slower) over the warm (cold) SST tongues than the surrounding areas. The SST and sea surface wind non-uniformity, in space, shifts southwestward with eddy motion, along the continental slope. These new findings from satellite observations give us an opportunity to study oceanic eddy's roles in

ocean-atmosphere interaction on weather timescales.

Title: Interdecadal change of the boreal summer circumglobal teleconnection (1958-2010)

Authors: Wang, H., B. Wang, **F. Huang**, Q. Ding, and J.-Y. Lee

Journal: Geophysical Research Letters, 39, L12704, DOI: 10.1029/2012GL052371

Abstract: The tropical-extratropical teleconnection during boreal summer is characterized by a circumglobal teleconnection (CGT) pattern in the northern hemisphere (NH). Around the late 1970s, there was an abrupt change in the coupled atmosphere-ocean system over the NH and global tropics. This study found that the CGT has experienced a significant change since late 1970s. During the recent epoch (1979-2010), the major CGT centers weakened with pronounced changes over the North Atlantic and Europe. Partial correlation analysis of 200-hPa geopotential height and the NH summer monsoon heat sources indicates that the change of Indian summer monsoon (ISM) rainfall has a global impact on the CGT, whereas other NH summer monsoons (West African, western North Pacific, and North American) have only a regional modification to the CGT. The weakening of the CGT pattern in the recent epoch is a consequence of weakened coupling between ISM rainfall and midlatitude circulation, which results from the reduced interannual variability of ISM rainfall due to changes in El Nino-Southern Oscillation properties. The large change of the CGT over the North Atlantic and Europe is attributed to a southward shift of upper-level westerlies and enhanced coupling to West African monsoon rainfall.

Title: Laboratory experiments on the generation of internal waves on two kinds of continental margin

Authors: Wang, T., X. Chen and **W. Jiang**

Journal: Geophysical Research Letters, 39, L04602, DOI: 10.1029/2011GL049993

Abstract: We quantitatively study the relationship and differences between the internal waves generated on two kinds of continental margin in laboratory. Experimental results show that the steepness of the shelf break exerts a strong influence on the spatial structure of the internal waves generated on the continental margin. When the oscillatory barotropic tide flows over the continental margin with an abrupt shelf break and is not resonant with its slope, internal waves with three energy rays are generated, while on the continental margin with a gentle shelf break, only two rays can be found in the internal waves. Moreover, we compare the flux, width and kinetic energy flux of these rays and find that the phases of the internal waves generated by the interaction between the oscillatory barotropic tide and the shelf break lag behind the oscillatory barotropic tide.

Title: A new method to estimate phase speed and vertical velocity of internal solitary waves in the South China Sea

Authors: Zhao, W., **X. Huang** and **J. Tian**

Journal: Journal of Oceanography, 68(5), 761-769

Abstract: A new method of estimating the phase speed and vertical velocity of internal solitary waves (ISW) based on dynamic governing equations using Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) data was developed. This method was applied to a representative ISW case, which was captured in the South China Sea in the 2007 summer experiment. The result shows that this ISW had a phase speed of approximately 2.6 m s^{-1}. This method provides an excellent alternative in estimating the phase speed of ISWs, especially useful in the absence of vertical stratification needed in solving the Korteweg-de Vries (KdV)-type equation, e.g., long-term mooring observation. Analyses show that the new method is fairly self-consistent, and it can be applied when only a part of the ISW observations is available. The computed vertical velocity of the ISW using the new method has a good agreement with the ADCP observations both in magnitude and pattern.

Title: New developments in mode-water research: an introduction

Authors: Xie, S.-P., A. Kubokawa, F. Kobashi and H. Mitsudera

Journal: Journal of oceanography, 68(1), 1-3, DOI: 10.1007/s10872-011-0090-8

Brief introduction: Two landmark papers appeared in 1969, laying the foundation for this special section in Journal of Oceanography. Masuzawa (1969) coined the term ‘‘subtropical mode water’’ (STMW) in the North Pacific, characterizing it as a thick, vertically uniform layer of 25.2–25.6 that forms a distinct mode in water volume censuses as a function of temperature, salinity or density. By carefully studying historical hydrographic observations, Uda and Hasunuma (1969) discovered an eastward subtropical countercurrent (STCC) in the southern subtropical gyre where the Sverdrup theory predicts a broad westward current. This countercurrent is peculiar in its direction against both the prevailing northeast trade winds and the westward current underneath. Uda and Hasunuma noted in passing that the STMW resides north of the STCC, splitting the thermocline into a northward-shoaling upper branch and a downward-sloping lower thermocline. Since then, studies of mode water and STCC went their separate ways. The STMW is a favorite subject for water-mass analysts, with other mode waters found in the 1990s in the central and eastern North Pacific. The strong deviation of STCC from the barotropic Sverdrup streamfunction, on the other hand, captured the imagination of dynamists, who proposed a flurry of theories that attempt to explain this peculiar current.

Title: Shallow water tidal currents in close proximity to the seafloor and boundary-induced turbulence

Authors: Lozovatsky, L., Z. Liu, H. Fernando, J. Armengol and E. Roget

Journal: Ocean Dynamics, 62(2), 177-191, DOI: 10.1007/s10236-011-0495-3

Abstract: Velocity measurements with vertical resolution 0.02 m were conducted in the lowest 0.5 m of the water column using acoustic Doppler current profiler (ADCP) at a test site in the western part of the East China Sea. The friction velocity u (*) and the turbulent kinetic energy

dissipation rate epsilon (wl)(zeta) profiles were calculated using log-layer fits; zeta is the height above the bottom. During a semidiurnal tidal cycle, u (*) was found to vary in the range (1-7) x 10(-3) m/s. The law-of-the-wall dissipation profiles epsilon (wl)(zeta) were consistent with the dissipation profiles epsilon (mc)(zeta) evaluated using independent microstructure measurements of small-scale shear, except in the presence of westward currents. It was hypothesized that an isolated bathymetric rise (25 m height at a 50-m seafloor) located to the east of the measurement site is responsible for the latter. Calculation of the depth integrated internal tide generating body force in the region showed that the flanks of the rise are hotspots of internal wave energy that may locally produce a significant turbulent zone while emitting tidal and shorter nonlinear internal waves. This distant topographic source of turbulence may enhance the microstructure-based dissipation levels epsilon (mc)(zeta) in the bottom boundary layer (BBL) beyond the dissipation epsilon (wl)(zeta) associated with purely locally generated turbulence by skin currents. Semi-empirical estimates for dissipation at a distance from the bathymetric rise agree well with the BBL values of epsilon (mc) measured 15 km upslope.

Title: Numerical investigation of large amplitude second mode internal solitary waves over a slope-shelf topography

Authors: Guo, C. and **X. Chen**

Journal: Ocean Modelling, DOI: 10.1016/j.ocemod.2011.11.003, 42, 80-91

Abstract: A numerical study of the propagation and transformation of large amplitude second mode concave internal solitary waves (ISWs) over a slope-shelf topography is presented. A fully nonlinear and non-hydrostatic numerical model is employed and solved. The fluid stratification, amplitude of the incident wave, and inclination of the bottom topography are taken close to those in the northern South China Sea (SCS), where the continental slope and shelf span quite a large area. It is found that the incoming wave adjusts permanently to the changing depth in deep water without essential changes of the wave profile until it gets close to the shelf break, where the frontal face becomes flatter and the rear face steeper. A very steep wave structure is formed at the leading edge just after the wave passes by the shelf break. This steep structure does not progress into a new solution of concave type, but slopes more and more gently. The trailing edge of the initial concave wave becomes steeper and steeper and gradually develops into a packet of convex ISWs. Finally the rear convex wave packet catches up with the frontal concave wave. The two wave systems then “merge” and travel forward steadily with almost permanent profile. No events of wave breaking occur with the model configuration close to the realistic slope-shelf of the northern SCS. Finally, amplitudes of the incident wave and inclination of the slope are varied, and different scenarios take place before and after the wave reaches the shelf break.

Title: On the mechanism of seasonal variation of the Tsushima Warm Current

Authors: Ma, C., **D. Wu**, **X. Lin**, J. Yang and X. Ju

Journal: Continental Shelf Research, DOI: 10.1016/j.csr.2012.08.013, 48, 1-7

Abstract: Observations show that the Tsushima Warm Current (TSWC) varies considerably on a seasonal time scale, with strong northward transport into the Japan/East Sea (JES) in summer and weak transport in winter. It has been shown in the previous studies that the mean TSWC is forced primarily by wind stress over the open ocean, while the local wind stress is less important. Nevertheless, the forcing mechanisms for the seasonal variability of the TSWC remain to be examined. A three-dimensional ocean model is used to investigate the contributions from both local and the open-ocean forcing to the seasonal variability of TSWC. The observed seasonal cycle is simulated well in the model, and then three additional sensitivity runs were conducted to isolate the local and open-ocean forcing. It was shown that the open ocean forcing and the local wind stress both contribute to the seasonal cycle of the TSWC. The impact from the open ocean forcing is facilitated through the Kuroshio Current (KC) interaction with Honshu-Kyushu Islands. The KC transport is stronger in summer than in winter, thus a similar seasonal variability takes place in the TSWC through the mechanism discussed by Yang (2007). On the other hand, the local wind stress varies with the East Asian Monsoon, which results in that the southward wind in winter tends to reduce the TSWC transport while the northward wind in summer is favorable for a stronger transport. The model experiments showed that the contribution from the open ocean is considerably more important than the contribution from the local wind stress forcing. A 3-D model was used to investigate control factors of the seasonal TSWC variability. It quantitatively identifies the effect of open-ocean forcing and local wind forcing. The contribution from open-ocean forcing is larger than that from local wind forcing. The open-ocean forcing and local forcing appear to be governed by linear dynamics.

Title: Carbonaceous aerosols in China: top-down constraints on primary sources and estimation of secondary contribution

Authors: Fu, T. -M., J. Cao, **W. Qu** et al

Journal: Atmospheric Chemistry and Physics, 12(5), 725-2746, DOI: 10.5194/acp-12-2725-2012

Abstract: We simulated elemental carbon (EC) and organic carbon (OC) aerosols in China and compared model results to surface measurements at Chinese rural and background sites, with the goal of deriving 'top-down' emission estimates of EC and OC, as well as better quantifying the secondary sources of OC. We included in the model state-of-the-science Chinese 'bottom-up' emission inventories for EC (1.92 TgC yr(-1)) and OC (3.95 TgC yr(-1)), as well as updated secondary OC formation pathways. The average simulated annual mean EC concentration at rural and background sites was 1.1 mu gC m(-3), 56% lower than the observed 2.5 mu gC m(-3). The average simulated annual mean OC concentration at rural and background sites was 3.4 mu gC m(-3), 76% lower than the observed 14 mu gC m(-3). Multiple regression to fit surface monthly mean EC observations at rural and background sites yielded the best estimate of Chinese EC source of 3.05 +/- 0.78 TgC yr(-1). Based on the top-down EC emission estimate and observed seasonal primary OC/EC ratios, we estimated Chinese OC emissions to be 6.67 +/- 1.30 TgC yr(-1). Using these top-down estimates, the simulated average annual mean EC concentration at rural and background sites was significantly improved to 1.9 mu gC m(-3). However, the model still significantly underestimated observed OC in all seasons (simulated average annual mean OC at rural and background sites was 5.4 mu gC m(-3)), with little skill in capturing the spatiotemporal

variability. Secondary formation accounts for 21% of Chinese annual mean surface OC in the model, with isoprene being the most important precursor. In summer, as high as 62% of the observed surface OC may be due to secondary formation in eastern China. Our analysis points to four shortcomings in the current bottom-up inventories of Chinese carbonaceous aerosols: (1) the anthropogenic source is underestimated on a national scale, particularly for OC; (2) the spatiotemporal distributions of emissions are misrepresented; (3) there is a missing source in western China, likely associated with the use of biofuels or other low-quality fuels for heating; and (4) sources in fall are not well represented, either because the seasonal shifting of emissions and/or secondary formation are poorly captured or because specific fall emission events are missing. In addition, secondary production of OC in China is severely underestimated. More regional measurements with better spatiotemporal coverage are needed to resolve these shortcomings.

Title: Correlation Between the 22 Years Solar Magnetic Cycle and the 22 Years Quasi-Cycle in Earth Atmosphere Temperature

Authors: Qu, W., **J. Zhao**, **F. Huang** and **S. Deng**

Journal: The Astronomical Journal, 144, DOI: 10.1088/0004-6256/144/1/6

Abstract: According to the variation pattern of the solar magnetic field polarity and its relation to the relative sunspot number, we established the time series of the sunspot magnetic field polarity index and analyzed the strength and polarity cycle characteristics of the solar magnetic field. The analysis showed the existence of a cycle with about a 22-year periodicity in the strength and polarity of the solar magnetic field, which proved the Hale proposition that the 11-year sunspot cycle is one-half of the 22-year solar magnetic cycle. By analyzing the atmospheric temperature field, we found that the troposphere and the stratosphere in the middle latitude of both the northern and southern hemispheres exhibited a common 22-year quasicycle in the atmospheric temperature, which is believed to be attributable to the 22-year solar magnetic cycle.

Title: Characteristics and mechanisms of sea surface height in the South China Sea

Authors: Zhou, J., **P. Li** and **H. Yu**

Journal: Global and Planetary Change, 88-89, 20-31,DOI: 10.1016/j.gloplacha.2012.03.001

Abstract: Fifty years (1960-2009) sea surface height (SSH) data derived from ECMWF ORA-S3 are analyzed in the South China Sea (SCS). Using stochastic dynamic analytic method to investigate characteristics of SSH on different timescales, it could be found that SSH in the SCS displays distinct seasonal (including annual and semiannaul) and interannual variations. The annual signal has minimum value in February and maximum value in August, and its amplitude is 1.81 cm. The interannual SSH variability in the SCS is coherent with the ENSO/PDO/NPGO based on the lead-lag relationship. The seasonal SSH variations are induced by buoyancy fluxes and local wind stress. The local wind stress contribution to seasonal SSH in the east SCS is dominant (explain

20-65%), and buoyancy fluxes contribution is secondary (explain 30-40%). Buoyancy fluxes are determined by net heat fluxes in the upper ocean. Effect of freshwater fluxes can be neglected. Interannual variations are closely related to the subsurface water (depth about 100-300 m). ENSO/PDO/NPGO signals affect the temperature and salinity changes of the subsurface water and further lead to interannual variations of SSH.

Title:
Eddy-advective effects on the temperature and wind speed of the sea surface in the Northwest Pacific Subtropical Countercurrent area from satellite observations

Authors: Chow, C.H. and **Q. Liu**

Journal: International Journal of Remote Sensing, 34(2), 600-612, DOI: 10.1080/01431161.2012.715775

Abstract: In this study, satellite microwave and altimeter data from 1998 to 2007 are used to quantify the eddy-induced meridional heat advection (EMHA) in the Northwest Pacific Subtropical Countercurrent area. Generally, from March to May, the robust EMHA is formed at the point where meridional currents of eddies cross a zonal front of climatological background sea surface temperature (SST). The EMHA shifts westwards with eddies and varies seasonally with the SST front. It warms (cools) the sea surface west of anticyclonic (cyclonic) eddies, inducing noticeable SST anomalies (SSTAs), which are westwardly phase shifted from the eddy-induced sea surface height anomalies by about 90°. Surface wind subsequently varies with the induced SSTAs: it blows faster (slower) over the warm (cold) SST regions than the surroundings. The spatial variations of SST and sea surface wind due to the EMHA shift westwards with eddy motion. These findings from satellite observations give us the possibility of studying the role of oceanic eddies in ocean–atmosphere interaction at the timescale of weather systems in an open ocean.

Title: Advances in research on the deep South China Sea circulation

Authors: Tian, J. and T. Qu

Journal: Chinese Science Bulletin, 57(24), 3115-3120

Abstract: Deep sea circulation is important for world climate and has been a substantial research area in ocean science, leading to various breakthroughs and discoveries. With the rapid advance in research on ocean science, these matters have received increasing attention from the oceanography community. In this article, we attempt to convey the progress made in recent years. We first provide an overview of existing observations, theories, and simulations of deep South China Sea circulation. Finally, we discuss remaining issues.

Title: An Investigation of the Effects of Wave State and Sea Spray on an Idealized Typhoon Using an Air Sea Coupled Modeling System

Authors: Liu, B., **C. Guan**, L. Xie and **D. Zhao**

Journal: Advances in Atmospheric Sciences, 29(2), 91-406, DOI: 10.1007/s00376-011-1059-7

Abstract: In this study, the impact of atmosphere-wave coupling on typhoon intensity was investigated using numerical simulations of an idealized typhoon in a coupled atmosphere-wave-ocean modeling system. The coupling between atmosphere and sea. surface waves considered the effects of wave state and sea sprays on air-sea momentum flux, the atmospheric low-level dissipative heating, and the wave-state-affected sea-spray heat flux. Several experiments were conducted to examine the impacts of wave state, sea sprays, and dissipative heating on an idealized typhoon system. Results show that considering the wave state and sea-spray-affected sea-surface roughness reduces typhoon intensity, while including dissipative heating intensifies the typhoon system. Taking into account sea spray heat flux also strengthens the typhoon system with increasing maximum wind speed and significant wave height. The overall impact of atmosphere-wave coupling makes a positive contribution to the intensification of the idealized typhoon system. The minimum central pressure simulated by the coupled atmosphere-wave experiment was 16.4 hPa deeper than that of the control run, and the maximum wind speed and significant wave height increased by 31% and 4%, respectively. Meanwhile, within the area beneath the typhoon center, the average total upward air-sea heat flux increased by 22%, and the averaged latent heat flux increased more significantly by 31% compared to the uncoupled run.

Title: Dynamic linkage between the North Pacific and the Tropical Pacific: Atmosphere–ocean coupling

Authors: Li, C. and **L. Wu**

Journal: Advances in Atmospheric Sciences (in press)

Abstract: In this study, dynamic linkage of atmosphere--ocean coupling between the North Pacific and the tropical Pacific was demonstrated using a large number of ensemble perturbed initial condition experiments in a fully coupled fast ocean-atmosphere model (FOAM). In the FOAM model, an idealized mixed layer warming was initiated in the Kuroshio-Oyashio extension region, while the ocean and atmosphere remained fully coupled both locally and elsewhere. The modeling results show that the warm anomalies are associated with anomalous cyclonic winds, which induce initial warming anomalies extending downstream in the following winter. Then, the downstream warming spreads southwestward and induces SST warming in the equatorial Pacific via surface wind-evaporation-SST feedback. Warming in the tropical Pacific is further reinforced by Bjerknes' feedback.

Title: Relationship between ENSO and winter rainfall over Southeast China and its decadal variability

Authors: Li, C. and H. Ma

Journal: Advances in Atmospheric Sciences, 29(6), 1129-1141, DOI: 10.1007/s00376-012-1248-z

Abstract: In this study, the relationship between El Nino-Southern Oscillation (ENSO) and winter

rainfall over Southeast China (SC) is demonstrated based on instrumental and reanalysis data. The results show that ENSO and SC winter rainfall (ENSO-SC rainfall) are highly correlated and intimately coupled through an anomalous high pressure over the northwestern Pacific. In mature phase, El Nino (La Nina) events can cause more (less) rainfall over SC in winter. Due to the persistence and spring barrier of ENSO, SC winter rainfall has potential predictability of about half a year ahead with ENSO as a predictor.

Besides, the ENSO-SC rainfall relationship exhibits decadal variability, closer before the early 1970s (0.47) and after the early 1990s (0.76), but weaker (0.12) between these times. In different periods, atmospheric teleconnection patterns have large differences and the predictability of SC winter rainfall also changes dramatically. For the most recent 20 years, the ENSO-SC rainfall relationship is closest and the prediction of SC winter rainfall anomalies based on ENSO is most creditable. In addition, the causes and mechanisms of the decadal modulation of the relationship between ENSO and SC winter rainfall need to be further studied.

Title: The Western Pacific Warm Pool and ENSO Asymmetry in CMIP3 Models

Authors: Sun, Y., D. Sun, F. Wang and **L. Wu**

Journal: Advances in Atmospheric Sciences (in press), DOI: 10.1007/s00376-012-2161-1

Abstract: Theoretical and empirical studies have suggested that an underestimate of the ENSO asymmetry may be accompanied by a climatologically smaller and warmer western Pacific warm-pool. Simulations of the tropical Pacific climate by 19 IPCC AR4 (CMIP3) climate models that do not use flux adjustment are evaluated in light of this suggestion. The evaluation reveals systematic biases in both the mean state as well as in the ENSO statistics. It is found that the mean state in most of the models has a smaller and warmer warm pool. This common bias in the mean state is accompanied by a common bias in the simulated ENSO statistics: a significantly weak asymmetry between the two phases of ENSO. Moreover, despite the general weak ENSO asymmetry simulated by all models, there appear a positive correlation between the magnitude of the bias in the simulated warm-pool size and the magnitude of the bias in the simulated ENSO asymmetry. These findings add support for the suggested link between ENSO asymmetry and the tropical mean state-the climatological size and temperature of the warm-pool in particular. Together with previous studies, the findings light up a path to improve the simulation of the tropical Pacific mean state by climate models: enhancing the asymmetry of ENSO in the climate models.