

· 学科进展与展望 ·

# 多尺度海气相互作用研究展望

——第61期“双清论坛”综述

苏纪兰<sup>1\*</sup>

吴国雄<sup>2\*</sup>

周天军<sup>2</sup>

陈大可<sup>1</sup>

王桂华<sup>1</sup>

(1 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012; 2 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

**[摘要]** 国家自然科学基金委员会第61期双清论坛“多尺度海气相互作用”于2011年4月12—13日在杭州举行。本次论坛活动得到我国海气相互作用和气候变率研究领域专家学者的积极响应。与会专家围绕“海-气相互作用的区域特征”、“海-气相互作用与全球变暖”、“年代际气候变化的机理及可预测性”、“季节-年际气候变率的几个研究热点”、“台风-海洋相互作用的动力和热力过程”以及“海-气相互作用过程的数学建模”等6个中心议题作了12个大会专题报告。论坛分析和提炼了该领域的国际前沿科学问题,并结合我国的研究现状,凝练出在未来5—10年中我国在“多尺度海气相互作用”领域最需要解决的一些重大科学问题。

**[关键词]** 多尺度,海-气相互作用

作为地球系统中的两个重要组成部分,海洋和大气在各种时空尺度上发生相互作用,调控着全球的能量平衡和水循环,从而对气候变化、自然环境和人类活动产生巨大影响。多尺度海-气相互作用是当今海洋科学和大气科学研究共同关注的前沿领域,也是未来地球系统科学研究的重要突破口。

我国天气、气候和海洋环境在很大程度上受热带和副热带多尺度海-气相互作用过程的影响,尽管来自极区和陆地的影响也不容忽视。我们目前对海-气耦合过程的研究尚不够系统,特别是对海洋的过程和作用缺乏深入、系统的了解,因而对台风、季风和气候变化的模拟和预测能力还远远不能满足国家社会、经济和安全的需求。这一现状亟待改变。

国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)邀请国内海气相互作用研究领域的专家和学者,以“多尺度海-气相互作用”为主题,于2011年4月12—13日在杭州举行第61期双清论坛。本次论坛主席由中国科学院院士苏纪兰和吴国雄共同担任。

本次论坛活动得到我国海-气相互作用和气候变率研究领域专家学者的积极响应,共有来自国家

海洋局、中国科学院、教育部、中国气象局、总参谋部和自然科学基金委6个部门20个单位的40余名海-气相互作用研究领域的专家和学者参加。国家海洋局第二海洋研究所“卫星海洋环境动力学”国家重点实验室和中国科学院大气物理研究所“大气科学和地球流体力学数值模拟”国家重点实验室联合承办了这次论坛。

在“正本清源、科学民主”的论坛宗旨下,与会专家围绕“海-气相互作用的区域特征”、“海-气相互作用与全球变暖”、“年代际气候变化的机理及可预测性”、“季节-年际气候变率的几个研究热点”、“台风-海洋相互作用的动力和热力过程”以及“海-气相互作用过程的数学建模”等6个中心议题作了12个大会专题报告,并展开了热烈深入、民主平等的讨论,提炼出了多尺度海气相互作用研究的若干前沿科学问题。

## 1 论坛讨论的焦点问题

论坛研讨的焦点科学问题,可以概括为以下4个方面:

(1) 从天气到气候变化尺度,海-气相互作用尚

\* 中国科学院院士.

本文于2011年9月15日收到.

有什么未解决的关键问题?包括哪些前沿领域?

(2) 影响东亚气候的海-气相互作用区域特征是什么?有哪些关键海-气相互作用过程?

(3) 海洋在多尺度海-气相互作用中起什么作用?影响海-气相互作用过程的关键过程和要素是什么?

(4) 海洋环流模式、大气环流模式和海-气耦合模式在模式设计、参数化以及集成方面存在什么困难?如何克服?

## 2 论坛取得的成果

与会专家提出了大量富有创见性的观点和建议,取得了许多共识,可概括如下:

### 2.1 海-气相互作用的区域特征

海-气相互作用具有典型的区域特征,区域海-气相互作用可以通过海洋通道(Ocean Channel)、大气桥(Atmospheric Bridge)等影响我国气候。本议题讨论的重点问题有“区域海-气相互作用的几个问题”和“气候变化时间尺度及可逆性”。重点讨论了典型区域的海-气相互作用特征、海洋在典型区域海-气相互作用中的角色以及上述过程对我国气候的影响等。亟待加强研究的问题包括:

(1) 印(度洋)太(平洋)暖池核心区、热带印度洋、太平洋和北大西洋海-气相互作用过程及其对东亚气候的影响;

(2) 两类 ENSO(即“东太平洋 El Niño”和“中太平洋 El Niño”,又分别称为“冷舌 El Niño”和“暖池 El Niño”)海-气相互作用特征的差异及其对东亚气候的影响;

(3) 全球变暖背景下区域海-气相互作用及其气候效应的变异;

(4) 热带和热带外多尺度海-气相互作用特征及其过程的比较;

(5) 孟加拉湾多尺度海-陆-气相互作用及其与亚洲季风活动的关系;

(6) 海洋(特别是大洋热盐环流)对温室气体增加的响应时间尺度及其可恢复性。

### 2.2 海-气相互作用与全球变暖

以全球变暖为主要特征的全球环境变化问题日益突出,在全球变暖的背景下,重要的海洋和大气现象如何变化是一个重要的科学问题。本议题讨论的重点问题有“海-气相互作用在全球变暖中的作用:温度和降雨变化的水平分布差异”和“季风的长期变化与全球变暖:过去与未来”。重点讨论了全球变暖

条件下海洋和大气到底会发生什么变化,与会者认为需要加强以下几方面的研究:

(1) 大气、海洋环流变化动力学以及海-气耦合动力学过程的研究;

(2) 海洋增温的不均匀性对大气遥相关的影响;

(3) 季风变化的特征及其对全球变暖的响应过程;

(4) 海洋年代际变率和全球增暖对季风的不同影响之比较;

(5) 东亚季风的变化与全球季风的联系及其季度、年际和年代际预测问题。

### 2.3 年代际气候变化的机理及可预测性

年代际气候变化是国际气候研究领域的热门问题之一,也是国际《气候变化与可预报性研究计划》(CLIVAR)的重要研究内容之一。“国际耦合模式比较计划”(CMIP5)已经把年代际气候的预测问题列为“政府间气候变化专门委员会”(IPCC)第五次评估报告(AR5)组织的核心数值试验之一。本议题讨论的问题有“海洋波动-西边界流变异在气候年代际中的作用和可预测性”和“海-气相互作用:东亚季风气候年代际变化的成因”。重点讨论了年代际气候变化的特征和机理、年代际变化的可预测性和存在的问题,以及全球变暖对年代际变化的影响等。亟待加强的研究领域包括:

(1) 决定气候系统年代际变化模态的主导时间尺度的主要海洋过程;

(2) 海-气耦合过程在年代际气候变化模态产生中所起的作用;

(3) 中纬度海-气相互作用动力学及大气内部的反馈过程;

(4) 全球变暖条件下年代际变化模态的调整;与年代际模态相关的海洋过程和海气耦合对全球变暖的响应;

(5) 年代际变化影响短时间尺度和长时间尺度气候变化的过程;

(6) ENSO、太平洋年代际振荡(PDO)和全球变暖的非线性关系;

(7) 太平洋、印度洋和大西洋海盆之间的相互作用;

(8) ENSO 的年代际变化和可预测性,特别是“东太平洋 El Niño”和“中太平洋 El Niño”两类 El Niño 事件发生频率的年代际变化、以及全球变暖的可能影响;

(9) 太平洋年代际变化的可预测性研究及年代际变化的预测方法,特别是用于年代际预估的海-气耦合模式中的海洋状态的初始化/同化方法研究。

## 2.4 季节-年际气候变率的几个研究热点

季节和年际气候预测一直是国际气候预测研究的重点,也是世界气候研究计划(WCRP)的主要研究课题之一。本议题讨论的重点问题有“展望未来10年热带西太平洋海洋环流与气候研究”和“海洋和陆面过程对中国夏季气候年际变化的影响”。重点讨论了西太平洋环流变化及海-气相互作用过程、海-陆-气相互作用对我国夏季气候年际变化的影响等。亟待加强的研究领域包括:

(1) 西太平洋3维环流结构、变异及其对暖池低频变异的调控作用;

(2) 暖池变异在气候变化(ENSO、季风、台风)中的调制作用;

(3) 热带西太平洋环流与相邻海域环流之间的相互关系;

(4) 相对于陆面的影响来说,海洋强信号对亚澳季风特别是中国夏季降水异常的影响程度等;

(5) 海洋(ENSO、印度洋和大西洋)的年际变异与中高纬陆面(青藏高原、欧亚大陆积雪、极冰、土壤湿度)的年际异常之间的联系;

(6) 全球变暖(年代际变化)对中国夏季降水年际变率的影响;

(7) 以青藏高原为代表的陆面过程、全球海洋过程与中国夏季降水之间在年代际变化尺度上的联系。

## 2.5 台风-海洋相互作用的动力和热力过程

台风-海洋相互作用是强海-气相互作用现象,台风的发生发展过程一直是国际气象学家和海洋学家共同关注的焦点。本议题讨论的重点问题有“台风-海洋相互作用研究进展”和“登陆台风的海-气相互作用研究”。重点讨论了海洋在台风发生发展过程中的作用、台风与气候的关系以及台风模拟中存在的困难及不确定性等。亟待加强的研究领域包括:

(1) 海洋与台风的相互作用机理研究,特别是台风强度的变化机理和海-气界面过程研究;

(2) 台风对气候变化的响应和反馈研究;

(3) 全球增暖对台风影响的海-气耦合模式模拟和预估等;

(4) 南海季风-台风-海洋相互作用研究,特别是台风强度的变化机理和海-气界面过程;

(5) 海-气耦合台风预报模式的评估及改进;

(6) “海洋-海浪-大气”耦合模式和“台风-海洋-海浪-风暴潮-洪水”一体化模式的建立;

(7) 全球海-气耦合模式和区域海-气耦合模式的发展完善、及其在热带气旋及其潜势模拟研究中的应用。

## 2.6 海-气相互作用过程的数学建模

数值模式是开展海洋与大气模拟和预测的重要工具,目前制约海洋和大气数值模拟预测能力提高的因子很多,高性能计算机的发展也对海洋、大气数值模式的建立提出了新的挑战。本议题讨论的重点问题有“有关多尺度数学模型及可扩展计算模型的若干思考”和“海-气相互作用过程参数化及其气候效应”。重点讨论了高性能计算机发展为数学建模提供的机遇、海-气耦合数值模式的模拟及预测水平提高问题,以及气候模式研发所需要解决的国家层面的协调问题等。亟待加强的研究领域包括:

(1) 研究海气多尺度耦合的数学和物理过程及其耦合模式;

(2) 高分辨率大气和海洋模式的动力框架和算法、以及关键模式物理过程的参数化方案研究;

(3) 波浪(破碎和非破碎)过程在海-气通量中的作用及其参数化;

(4) “大气-海洋-波浪”全动力耦合的气候系统模式及其与区域海气耦合模式的嵌套;

(5) 数据同化和再分析方法与应用等;

(6) 适用于高分辨率大气和海洋模式并行化的数值算法研究。

## 3 若干建议

论坛研讨了国内外关于“多尺度海-气相互作用”的研究现状,指出多尺度海-气相互作用过程是当今海洋科学和大气科学研究共同关注的前沿领域,也是未来地球系统科学研究的重要突破口。论坛分析和提炼了本领域的前沿基础科学问题,并结合我国的研究现状,凝练出在未来5—10年中我国在“多尺度海-气相互作用”领域最需要解决的一些重大科学问题,具体包括:

(1) 海洋和大气相互作用在全球能量和水循环过程的作用;

(2) 全球变暖条件下海洋、大气环流和耦合系统的变化;

(3) 季节、年际、年代际气候变化的机理、可预测性及基于海气耦合模式的预测技术研究;

(4) 以热带气旋(台风)为代表的极端天气下的

海-气相互作用研究;全球增暖对热带气旋变化的潜在影响及其气候系统模式模拟和预估研究。

(5) 关键海区海洋环流变化与气候的关系研究;

(6) 海-陆-气相互作用对我国年际和年代际气候变化的影响;

(7) 海-气相互作用过程数值模式、资料同化和再分析系统的建立和应用。

**致谢** 感谢国家自然科学基金委员会地球科学部大气处张朝林处长和海洋处任建国处长对本次论坛的大力支持。

## A REVIEW OF MULTI-SCALE AIR-SEA INTERACTION STUDIES REVIEW FOR THE 61ST SHUANGQING FORUM OF NSFC

Su Jilan<sup>1</sup> Wu Guoxiong<sup>2</sup> Zhou Tianjun<sup>2</sup> CHEN Dake<sup>1</sup> Wang Guihua<sup>1</sup>

(1 *The 2nd Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012;*

2 *LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

**Abstract** The 61st Shuangqing Forum of National Natural Science Foundation of China (NSFC) was held during April 12–13 of 2011 in Hangzhou. The forum was entitled “Multi-scale Air-sea Interactions”. Scientists from the community of air-sea interaction studies have given active responses to the forum. More than 50 scientists from about 20 research centers, universities and institutes have participated in the forum. The scientists have presented 12 reports on 6 sessions, including regional features of air-sea interaction, response of air-sea interaction to global warming, the predictability of inter-decadal climate variability, hot topics in the field of seasonal to interannual climate variability, the thermal and dynamical processes of Typhoon-ocean interaction, and numerical modeling of air-sea interaction processes. Based on the discussions, the frontiers in the field of multi-scale air-sea interaction studies have been proposed by the forum and need to be highlighted in the forthcoming research activities of future 5–10 years.

**Key words** multi-scale air-sea interaction, shuangqing forum

(上接 12 页)

## THE RESEARCH PROGRESS AND HOT SPOT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE AND AGRICULTURAL PEST CONTROL —Review for the 66th Shuangqing Forum of NSFC

Ge Feng<sup>1</sup> Ma Zhanhong<sup>2</sup> Hu Qiongbao<sup>3</sup> Luo Jing<sup>4</sup>

(1 *Institute of Zoology, Chinese Academy Sciences, Beijing 100083;*

2 *The Department of Plant Pathology, China Agricultural University, Beijing 100193;*

3 *The College of Natural Resource and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510000;*

4 *Department of Life Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085*)

**Abstract** The 66th Shuangqing Forum organized by National Natural Science Foundation of China was held in Zhengzhou, Henan Province from August 25 to 27, 2011. About 30 well-known experts from more than 20 universities and institutes attended the forum. Combined with the research advances and development trends and national great demands, the key scientific issues of global climate change and agricultural pest control were discussed thoroughly. The urgent attentions and important basic scientific topics and fields about global climate change and agricultural pest control, needed to be focused on in the twelfth five-year plan, were addressed and defined in the forum.

**Key words** global climate change, agricultural pests, research advance