

# 海气耦合动力学理论的系统整理——《海气耦合动力学：从厄尔尼诺到气候变化》评介

■ 王璐

由谢尚平教授主编的《海气耦合动力学：从厄尔尼诺到气候变化》汇聚了海气耦合动力学的经典学术理论和最新研究成果，通过比较的观点呈现气候变率和气候可预报性的全新视角，能够为海气耦合动力学、气候变化教学和研究等提供非常有价值的参考。

中图分类号：P4

文献标志码：A

DOI：10.3969/j.issn.2095-1973.2024.03.006

大气和海洋是地球系统中的两个重要组成部分，多尺度海气相互作用调控着全球的能量平衡。由于气象学和物理海洋学共用统一的地球物理流体动力学理论，海洋科学与大气科学两个学科研究的交叉融合开启了海气耦合动力学的新篇章。

2023年，Elsevier出版公司出版了美国加州大学圣地亚哥分校克利普斯海洋研究所（Scripps Institution of Oceanography）谢尚平教授主编的《海气耦合动力学：从厄尔尼诺到气候变化》（*Coupled Atmosphere-Ocean Dynamics: from El Niño to Climate Change*）一书（图1）。谢尚平是政府间气候变化专门委员会（IPCC）第五次评估报告的主要作者，并荣获过海洋大气相互作用领域世界最高学术奖Sverdrup金奖。他的重要科研成果包括发现了风-蒸发-海表温度反馈（WES）机制；揭示了热带印度洋电容器效应；提出了全球变暖

下热带降水变化“warmer-get-wetter”的理论框架；对最近15年全球变暖停滞现象做出了合理解释，这些重要成果在书中均有解释和总结。

## 1 从ENSO到热带内外海气相互作用

全书是谢教授超过25年的执教及科研结晶，以近年来最新的研究成果为主，兼顾历史上重要学术观点，是一本全面而系统地介绍海气耦合动力学理论的教科书，分别对热带辐合带（ITCZ）、厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）及其遥相关过程、印度洋海气耦合模态、亚洲季风、全球变暖海气动力学、区域气候变化等方面进行全面介绍。

过去几十年，ENSO研究领域已经出版许多出色专著，包括*El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*（Philander, 1990）、*An Introduction to the Dynamics of El Niño and the Southern Oscillation*（Clarke, 2008）、《热带大气和海洋动力学》（巢纪平, 2009）、*The El Niño-Southern Oscillation Phenomenon*（Sarachik等, 2010）、*El Niño Southern Oscillation in a Changing Climate*（McPhaden等, 2020）等，与这些专著相比，该书的独特性在于全面总结了热带内外海气相互作用，不局限于热带地区的ENSO现象，还扩展到了其他海洋盆地。本书通过比较呈现了气候变率和气候可预报性的全新视角。例如，作者比较热带太平洋、热带大西洋和热带印度洋的气候变率，利用一个横跨印度洋和西太平洋热带海盆的耦合模型，解释了ENSO对印度和中国夏季季风的影响；再如，作者比较热带内外大气对海洋的反馈，不仅整体性论述了亚、非洲热带夏季风特征及陆地-大气-海洋相互作用，还

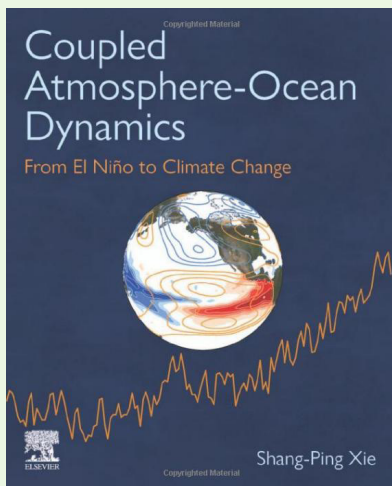


图1 《海气耦合动力学：从厄尔尼诺到气候变化》封面

收稿日期：2023年5月12日；修回日期：2023年7月17日  
作者：王璐（1994—），Email: wanglu\_94@foxmail.com

关注了内部盛行下沉气流的副热带高压带,介绍低云与下垫面海洋之间的相互影响。人为排放的温室气体和气溶胶扰乱了地球的能量平衡,导致地球气候以前所未有的速度变化,作者综合考虑自然变化和人为因素来比较大气内部变率和外部强迫所带来的气候变化等。

## 2 副热带气候学集大成者

全书由3个部分共14章组成。第一部分为第1~6章。第1章是引言。第2~6章主要从大气角度介绍了热带和副热带气候。作者从行星能量平衡角度出发,阐述了海洋-大气能量输送的特点和机制,强调了经向翻转环流的作用;介绍了驱动全球大气环流的热源——大气深层对流,并引出对赤道波的分析;讨论了Madden Julian振荡及其对流-环流耦合机制;整体性论述了热带夏季风特征及海气相互作用;最后还将关注重点转移到副热带气候学。

第二部分为第7~11章,是该书的核心,重点讨论了热带气候学中的海洋-大气相互作用及年际变化。热带海洋和大气存在较强的耦合过程,特别是热带太平洋存在全球最强的年际变化信号,对全球气候都有重要的调节作用。作者首先介绍了上层海洋的约化重力模式,讨论了海洋对大气风场的响应,并进一步利用WES机制等理论,探讨了ITCZ位于赤道以北的原因,以及东太平洋和大西洋赤道温度、降水的显著年振荡的原因。实际上,WES机制早在1994年就由谢尚平和Philander提出,是热带海洋-大气相互作用的最基本的物理机制之一。由于大洋东部具有赤道以北陆地多、赤道以南陆地少的特征,使得赤道以北海域气温略高于赤道以南,从而引发越赤道气流。在科氏力作用下,南半球东南风加强,而北半球东北风减弱,从而使南半球海洋蒸发加强,海洋表面温度(SST)降低;北半球反之。这使得南北半球的SST梯度进一步增大,产生更强的越赤道气流,这种正反馈过程最终使得高海温保持于赤道以北,这就是ITCZ维持在赤道以北的可能机制。此外,作者还重点阐释了ENSO现

象以及Bjerknes正向反馈机制,讨论了海洋对大气风场响应的滞后效应,揭示了热带太平洋在厄尔尼诺和拉尼娜现象之间振荡的原因;最后对比分析了热带大西洋和印度洋的气候变率。

第三部分是第12~14章,侧重介绍全球变暖背景下的海气相互作用。作者先阐述了温带气候变率及其对热带的影响;然后从热力学效应的角度分析了全球变暖背景下的气候反馈,探讨了全球变暖停滞的原因;除了全球平均地表温度升温外,作者还关注了全球变暖背景下的区域气候变化,讨论了温室气体与气溶胶的辐射强迫作用,指出海洋热吸收的空间结构是驱动热带降水变化区域差异性的一个重要因素。

## 3 结语

海气相互作用是海洋与大气间各种物理量的交换,是各种尺度运动间的相互影响、相互作用和相互适应的过程,对我国及全球天气气候有明显的影 响。研究海气相互作用及其气候动力学机制可以为深刻理 解气候变化、提升气候预测能力提供重要的理论基 础。《海气耦合动力学:从厄尔尼诺到气候变化》一书 有助于引导学者宏观系统了解海气相互作用,独特的 比较论述方式也为学者进一步开展相关研究提供了崭 新的视角。

### 深入阅读

- 巢纪平, 2009. 热带大气和海洋动力学[M]. 北京: 气象出版社.
- Clarke A J, 2008. An Introduction to the Dynamics of El Niño and the Southern Oscillation[M]. Amsterdam: Academic Press.
- McPhaden M J, Santoso A, Cai W, 2020. El Niño Southern Oscillation in a Changing Climate[M]. Washington: American Geophysical Union.
- Philander S G, 1990. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation[M]. San Diego: Academic Press.
- Sarachik E S, Cane M A, 2010. The El Niño-Southern Oscillation phenomenon[M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- Xie S P, Philander G H. 1994. A coupled ocean-atmosphere model of relevance to the ITCZ in the eastern Pacific[J]. Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography, 46(4): 340-350.

(作者单位: 中国气象局气象发展与规划院)

(编辑: 卢冰)