

气候系统模式与气候变化的模拟和预测

Climate System Model and the Simulation and Projection of Climate Change

气候变化的预测和预估,是科学界、社会公众和决策者所共同关心的问题,与社会经济发展息息相关。气候系统模式是开展气候预测预估的重要工具。气候模式源于大气环流模式,气候系统模式则是气候模式的延伸。气候系统包括大气圈、水圈、冰冻圈、岩石圈和生物圈等分量,与之对应,一个完成的气候系统模式,包括大气环流模式、大洋环流模式、陆面过程模式和海冰模式四个基础子系统分量,由于它综合考虑了“海-陆-气-冰”等多圈层间的相互作用过程,因此,通常被称作“物理气候系统模式”,或简称“气候系统模式”^[1~3]。采用“可插拔”的模块化框架是气候系统模式发展的国际态势,即通过灵活的“耦合器”,把大气、海洋、陆面和海冰四个分量模式耦合在一起,形成气候系统模式,从而有助于模式的可持续发展^[4]。

气候变化涉及到地球气候系统各圈层的复杂相互作用,物理气候系统模式已经成为理解过去气候变化的机理、预测(预估)未来气候异常(变化)的重要工具。例如,“政府间气候变化专门委员会”(IPCC)自20世纪90年代初开始,通过“世界气候研究计划”(WCRP)的“耦合模拟工作组”(WGCM),针对过去气候变化的成因和机理以及未来气候变化的不同情景,在国际范围内,组织相关气候模拟中心,利用气候系统模式进行全球气候变化模拟实验,并每隔5年左右的时间,形成一份科学评估报告,简称IPCC报告。到2007年,IPCC已经发表了4次气候变化科学评估报告。

在WGCM为IPCC评估报告所组织的一系列模拟试验中,以“20世纪气候模拟”(20C3M)和未来气候变化预估试验的影响最大。对20世纪气候的模拟再现为理解过去百年的气候变化机理提供了模拟上的证据。而未来气候变化预估试验,即利用IPCC《排放情景特别报告》(SRES)中的温室气体排放情景来驱动气候系统模式、预估未来百年气候的潜在变化,其结果则往往成为国家和地区制定长远社会经济发展规划的重要依据之一。不过需要指出的是,受目前模式能力的限制,不管是对过去气候变化的模拟,还是对未来潜在气候变化的预估,上述模拟和预估试验的可靠技巧,仅限于全球、半球和大陆尺度,而在区域尺度上,模拟结果的不确定性则很大,在很大程度上是不可信的^[5]。

当前,气候系统模式正朝着同时考虑物理过程、生物地球化学过程、人类活动影响等复杂过程的地球(气候)系统模式的方向发展^[6]。一个完整的地球(气候)系统模式包含三个关键组成部分,即物理气候系统、生物地球化学系统、和与人类活动影响相关联的人文(或社会科学)系统。研发(物理)气候系统模式的目的是,在于研究大气、海洋、陆地、冰雪、植被等多圈层相互作用,预测和预估其未来变化。发展地球(气候)系统模式的目的是,了解地球系统中能量过程、生态过程和新陈代谢过程的运行规律,了解土地陆表覆盖和土地利用变化所引起的气候响应。特别是了解碳、氮和铁循环的生物地球化学耦合过程在气候系统中的作用、人类活动对这些循环过程的影响是如何来改变气候的。近年来,基于地球气候系统模式的框架,国际上开始考虑固体地球和空间天气等复杂过程,以求朝着真正的地球系统模式的方向发展^[7]。图 1 给出了地球系统模式的示意图,其五个基本功能块包括:物理气候系统(天蓝色)、生物地球化学系统(深黄色)、与人类活动影响相关联的人文(或社会科学)系统(紫红色)、固体地球(蓝色)和与太阳活动有关的空间天气(红色)^[7]。注意在物理气候系统模式和地球气候系统模式中,固体地球和空间天气的影响只是通过给定参数来简单考虑,在未来的地球系统模式中,将对其进行较为客观详细的描述。不过需要指出的是,地球系统模式的核心组成部分,是其物理气候系统部分,因为它所关注的是人类直接生存于其中的圈层,而对于别的子系统的考虑,根本上是为了更好地模拟和预测大气和海洋圈层的变化。基于地球流体力学运动规律的大气环流模式和海洋环流模式,则是决定地球系统能量交换和运行规律的关键部分。在未来相当长

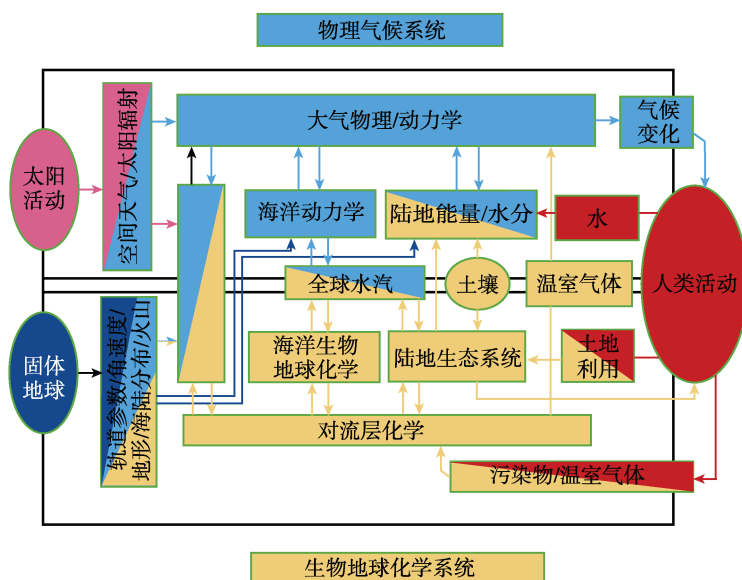


图 1 地球系统模式概念图(引自王斌等, 2008)

的时间内,以物理气候系统为核心组成部分的地球气候系统模式,依然是国际地球科学界的研究重点。

参 考 文 献

- [1] Zhang X, Shi G, Liu H, Yu Y (Eds). IAP Global Ocean-Atmosphere-Land System Model. Beijing: Science Press, 2000: 1-251.
- [2] 周天军, 宇如聪, 王在志, 吴统文等. 大气环流模式 SAMIL 及其耦合模式 FGOALS_s, 北京: 气象出版社, 2005: 1-288.
- [3] Zhou T J, Wu B, Wen X Y, Li L J, Wang B. A fast version of LASG/IAP Climate system model and its 100-year control integration. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2008, 25(4): 655-672.
- [4] 周天军, 俞永强, 宇如聪等. 气候系统模式发展中的耦合器研制问题. *大气科学*, 2004, 28(6): 993-1007
- [5] Zhou T, Yu R. Twentieth century surface air temperature over China and the globe simulated by coupled climate models. *Journal of Climate*, 2006, 19(22): 5843-5858.
- [6] 王会军, 徐永福, 周天军, 陈洪滨, 高守亭, 王普才, 陆日宇, 张美根. 大气科学: 一个充满活力的前沿科学, *地球科学进展*, 2004, 19(4): 31-38.
- [7] 王斌, 周天军, 俞永强等. 地球系统模式发展展望. *气象学报*, 2008, 66(6): 857-869.

撰稿人: 周天军

中国科学院大气物理研究所 LASG, zhoutj@lasg.iap.ac.cn