

## 关于年代际气候变率 4 本书的评述\*

年代际气候变率是近年来国际上气候学研究中的热门问题。1995~1998 年 4 年间就连续出版了 4 本有关这个问题的书籍。这里扼要介绍这 4 本书的内容及其特点。

第 1 本书是美国国家研究理事会(National Research Council 即 NRC)组织编写的。标题为《十年到百年时间尺度自然气候变率》(Natural Climate Variability on Decade to Century Time Scales)。由纽约哥伦比亚大学 LDEO 的 D G Martinson 任编委会主席。编委会共 8 人,全部是美国国家气候研究委员会(Climatic Research Committee 即 CRC)的前任或现任成员以及办公室成员。有鉴于过去人们多研究季到年际尺度气候变率,或者人类活动对长期气候变化的影响,忽视了十年到百年尺度气候变率。所以 CRC 在 1992 年 9 月 21~25 日在加州埃尔文(Irvins)召开了十年到百年自然气候变率讨论会。在此基础上汇编了这本文集,1995 年由美国国家科学出版社出版。全书共分 6 个部分:大气(11 篇)、大气模式(5 篇)、海洋(9 篇)、海洋模式(4 篇)、耦合系统(5 篇)和代用资料(8 篇),共计 42 篇。对十年到百年尺度气候变率作了多方面的讨论。每一部分都有专人写总结,同时每篇文章之后附有讨论。全书最后附有建议。因而,该书比较全面地总结了 90 年代前期在这方面的研究。

在该书的总结中有 4 点结论:(1) 50~100 年的观测资料虽不够长,但是能明确地说明气候是不稳定的。气候的自然变率包括周期性变化、突变、渐变以及变率的改变。各种代用气候资料证实,绝不只是本世纪有这些变率。因此,需要对过去几千年的气候作详细的研究。(2) 目前还不能确定为什么会产生这些变率,必须用模式检验我们的假设,增加对气候系统的了解。大气、海洋、以及耦合模式正帮助我们了解自然气候变率形成的原因。例如海洋模式已经发现深水洋流有十年到百年尺度的变化。有的模式表明温盐环流也有振荡,这些均可能对气候产生重大影响。(3) 研究表明,需要长期的连续的高质量气候序列,这对气候模拟与预测均很重要。观测资料可用来检验模式,模式亦可有助于观测、监测及资料处理。(4) 为了扩展对气候自然变率时空特征的了解,需要综合代用资料、历史资料和观测资料。对于这种时间尺度,这一点特别重要。这本书提出了 3 个最终目标:(1) 确定自然气候变率的特征,(2) 预测十年到百年尺度气候变化,(3) 判断人类活动对气候的影响。大概这也可以认为是当前这项研究的最终目标。

第 2、3 本书是由北大西洋公约组织(NATO)尖端科学研究所(Advanced Science Institutes)出版的系列丛书:《近二千年气候变化与强迫机制》(Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the Last 2000 years, Series 1. Global Environmental Change vol. 41)和《年代气候变率:动力学与可预报性》(Decadal Climate Variability, Dynamics and Predictability, Series 1. Global Environmental Change vol. 44),均于 1996 年出版。从题目就可以看出来,这两本书各有侧重,第 2 本书以研讨资料问题为主。有关代用气候资料的论文

\* 资助课题:国家重点基础研究发展规划项目“我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论的研究”第一部分:我国重大气候灾害形成机理和预测理论。

共 21 篇, 包括了 5 个方面: 年轮(8 篇)、冰芯(6 篇)、珊瑚(3 篇)、史料(2 篇)、纹泥(2 篇)。用各种代用资料重建气候序列的研究, 有的序列达到千年, 有的达到三千年。另有 5 篇论文研究近二千年强迫因子序列的建立, 用 $^{14}\text{C}$  及 $^{10}\text{Be}$  重建太阳活动, 用冰芯酸度及杂质重建火山活动, 用冰芯气泡中的温室气体重建古大气成分。并专门著文讨论了这些因子对气候影响的潜力。最后有 4 篇论文讨论了古气候重建方法, 例如用多少站来建立半球或全球平均气温序列。这本书侧重研究的是气温变化, 大概这也同前面谈到的 CRC 最终目标一致。另外降水变化空间尺度小, 气候变暖对降水影响的研究也分歧较大, 所以, 书中对降水变化的讨论并不多。这本书着重在介绍如何用代用资料重建二千年气候序列, 这是 IGBP 的一个主要目标。但是, 并没有对十年到百年尺度气候变率本身进行系统的研究。

第 3 本书理论性较强。全书正文 482 页, 包括 11 篇文章, 集中在 4 个方向: 气候变率的时空特征(3 篇), 可预报性(1 篇), 气候变化机制(3 篇)及海洋变率(3 篇)。另外最后 1 篇是讨论方法, 对各种谱分析及奇异谱分析作了深刻的评述。纵观全书, 虽然对年代尺度气候变率的诊断研究作了概括的总结, 也引用了大量的数值模拟结果。但是, 更重要的是从物理机制上去认识气候变率。例如 Stocker 就把气候变化从形成机制上分成 4 类: 外强迫造成的变化(externally forced change), 如全新世的开始; 自动维持的振荡(self-sustained oscillations), 如冰期中的 Dansgaard / Oeschger 循环; 非确定性(混沌)变率(non-deterministic chaotic variability), 如十年到百年尺度变率; 突变(abrupt reorganisations), 如仙女木时期。对十年到百年, 特别是百年尺度变率形成机制, 讨论比较充分。对北大西洋对流、温盐环流、纬向洋流都作了专门的论述。在讨论外强迫因子时对太阳活动、火山活动、温室效应作了分析。对随机强迫有系统的研究, 同时对海洋内部的变率也有很好的描述。这样就把外强迫与内部变率结合起来讨论, 使十年-百年尺度气候变率的研究达到了一个新的高度。这本书可以认为是研究十年到百年尺度气候变率的理论基础。

第 4 本书是在第 1 本书出版之后 3 年出版的。这时的形势与第一次有关年代际气候变率学术讨论会召开时已经有了很大不同。国际上已经制定了 CLIVAR 计划。各种杂志上有关年代际气候变率的论文如雨后的春笋, 日益增多。美国在 CRC 下设立了十年到百年尺度气候变率小组(Panel on Climate Variability on Decade to Century Time Scales)。小组由 15 位科学家组成。D G Martinson 担任组长, 主持编写了这本题为《十年到百年尺度气候变率与变化: 科学战略》(Decade-to-Century-Scale Climate Variability and Change: A Science Strategy)的书。全书共分 7 章: 第 1 章为引言, 第 2 章为气候对社会的影响, 第 3 章为气候变率的特征, 第 4 章为机制与可预报性, 第 5 章为气候系统的成员, 第 6 章为交叉问题, 第 7 章为讨论与建议。前 3 本书各章均由若干篇论文组成, 而该书则是系统性的论述, 并不是将文章汇编而成, 因此, 该书的整体性更强。同时, 该书并不完全是科学研究计划书。因为, 书中虽然谈到美国将在十年到百年尺度气候变率方面所做的研究, 但是, 更多的篇幅是讲述要做什么以及为什么要做的科学背景。

显然, 这本书受到 CLIVAR 计划很大影响。因为, 它本身就是美国的 CLIVAR 计划中的第 2 个子计划 DecGen。所以, 它从时间尺度上与季到年际尺度有清楚的界限。季到年际尺度属于第 1 个子计划 GOALS。另外 NRC 也出版了一本专著。此外, 这本书强调自然变率。因为, 有关人类活动影响是 CLIVAR 计划的第 3 个子计划 ACC 研究的内容。第 1

本书出版于 CLIVAR 计划制定之前,那时即以自然变率来命题,说明一些科学家已经有了后来经 CLIVAR 确定下来的思想。第 4 本书中确实讨论了一些过去人们在研究季到年际尺度气候变率时还很少涉及的问题。例如深海洋流、温盐环流,以及十年到百年尺度气候的可预报性问题等。不过另一方面,也注意到十年到百年尺度气候变率对季到年际尺度气候变率的影响,ENSO 就是一个很好的例子。不仅 90 年代以来的 ENSO 特征引人注目,还有不少作者发现 ENSO 特征在 20 年代到 60 年代之间与其前后两段时间的不同。由于这本书出版时对十年到百年尺度气候变率已经有了不少的研究。所以在第 5 章中分 6 个部分比较系统地总结了这种时间尺度气候变率的观测事实:辐射强迫、大气环流、水循环、海洋环流、冰雪圈及陆面植被。这一章的分量占到全书的 40% 以上。虽然其内容侧重美国地区,但是也是一份比较系统的总结。

总之,这 4 本书各有特点:第 1 本从诊断与模拟方面总结了开始研究这个问题时人们的认识;第 2 本介绍了代用资料;第 3 本着重研究物理机制及可预报性,重点是动力学及物理机制;第 4 本讲研究战略,包括基本问题,社会的影响,各学科的交叉。也包括了 90 年代人们对这个问题认识的进步。实际上 4 本书构成了对十年到百年尺度气候变率研究的基础,相信读者可以从中找到自己所需要的信息。

(北京大学地球物理系 王绍武)

错误更正:由于我们的疏忽,《气象学报》1999 年第 57 卷第 3 期 257~263 页的论文“空间非均匀加热对副热带高压带形成和变异的影响:尺度分析”中,存在几处错误。现更正于下:

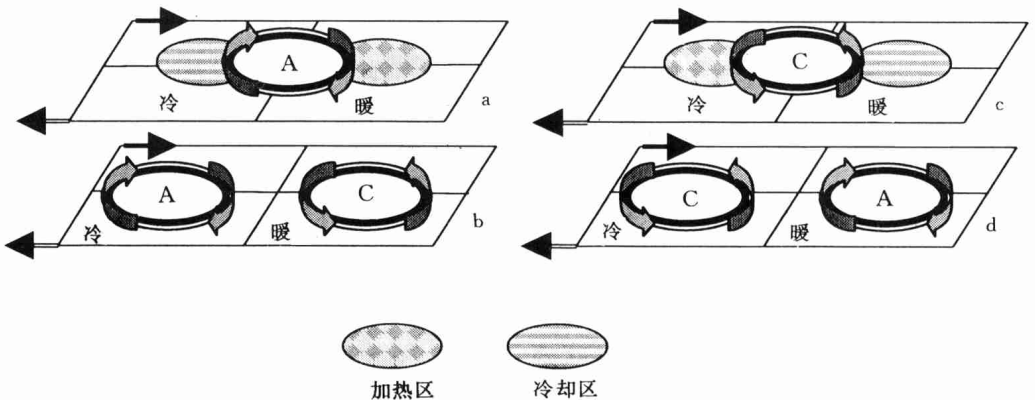
1. 257 页式(1)应为:

$$\frac{d\zeta}{dt} + \beta v + (f + \zeta) \cdot V = \frac{1}{\theta_e} [P_E \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{\theta_e} \right) - \frac{dC_D}{dt}] + \frac{1}{\theta_e} \cdot \theta F_\zeta + \frac{1}{\theta} \zeta \cdot Q, \quad \theta_e = 0 \quad (1)$$

2. 258 页式(4)应为:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + V \cdot \zeta + \beta v = (1 - \kappa)(f + \zeta) \frac{\omega}{p} - (f + \zeta) \frac{Q}{\theta} + \frac{1}{\theta_e} \zeta \cdot Q, \quad \theta_e = 0 \quad (4)$$

3. 261 页图 3 应为:



作者:吴国雄,刘屹岷,刘平。1999年7月15日。