科 学 通 报
第 42 卷 第 13 期 Chinese Science Bulletin 1997 年 7 月

【研究简报】

# 全球气候与地球自转速度的年代际变化

钱维宏
(北京大学地球物理系,北京 100871)

关键词 年代际变化 气候 海温 地球自转速度

1996 年世界气象组织(WMO)公布的未来 15 年"气候变率与可预报性研究"计划[1)]中把年代际气候变率作为子计划提出,充分显示出这个问题研究的重要性. 通过实施"热带海洋和全球大气"10 年计划,人们发现海气相互作用的现象 ENSO 有年代际变率. 这种变率使得经典 ENSO 预报模型在 80 年代不能适用,耦合模式在近年的预报与观测不一致. 最近的气候突变发生在 70 年代后期[1],这种变化称之为基本态的年代际变化[2]. 80 年代 El Niño (1982, 1986, 1991)事件发展的特征[2]与 1977 年以前 El Niño 事件合成分析的特征[3]有所不同,进入 90 年代以来年际增温的频率加快了[4]. 由于全球气候变化与赤道海温异常有着密切的关系,赤道地区海温异常已成为全球气候预测的一个重要指标,而年际海温异常的发生又直接受海洋年代际基本态的制约. 因此,年代际海温异常变化的机制和预报正成为人们研究的重点.

## 1 海温异常的年际和年代际变化信号

从统计预报的角度来看,预报赤道太平洋海温异常是要寻找一些物理意义明确的前期信号. 80 年代初,Rosen 等人[5]从大气角动量和地球自转速度变化中发现了 1982～1983 年强ENSO事件发生的信号. 从此大气角动量和地球角动量变化与海温异常之间的联系得到了应有的注意,郑大伟等[6]和 Chao[7]以及其他研究者都从资料分析上得到了大气和地球角动量变化与 ENSO 事件之间的关系. 为用较长资料序列分析它们之间的位相关系,Dickey 等人[8]计算的全球和不同纬带的大气角动量序列从 1976 到 1989 年有两次(1982～1983 年和 1986～1987 年)强 ENSO 过程和一次弱(1979 年)增温过程. 通过较长时间序列赤道太平洋 NINO3 区(5°N～5°S, 150°W～90°W)海温异常、南方涛动(SO)指数与经过自然滤波处理的年际地转速率资料和全球大气角动量资料的分析,发现它们之间的变化并不同步,而存在着位相差[9]. 在分析过程中发现,对预报赤道太平洋海温异常,最好的信号是赤道对流层纬圈平均的大气角动量距平,即当赤道对流层平均的纬圈西风角动量从正距平转负距平位相时对应为 El Niño 事件,反之为 La Nina 事件. 这其中的物理解释是行星尺度的赤道西风异常导致赤道上海温增高,海温增高的结果又通过 Hadley 环流使信风增强,构成海温异常变化的负反馈效应. 在海温增高的过程中,山脉两侧形成的气压力矩和行星尺度大气环流形成的摩擦力矩将导致地球自转速度减慢. 对应的关系是地球自转速度减慢与赤道太平洋海温升高一致. 显然,在年际时间尺度内,海温异常起到了交换地球与大气角动量的作用. 它们的关系是满足地气系统角动量守恒约束的. 于是,地球自转速度变化和赤道大气西风角动量距平可以作为预报 ENSO 事件发生的信号.

在年代际时间尺度内,我们也注意到了地转速度变化与气候异常的关系[10]. 80 年代初,

1) WMO. A Study of Climate Variabitity and Predictability, Science Plan, August 1995 WCRP-89, WMO/TD No. 690

当非洲萨哈拉地区面临年代际严重干旱的时候，人们并不清楚这种旱象是属于周期性的振荡，还是属于持续性的干旱．为寻找可能的关系，我们用1820～1983年的地球自转速度年变化率资料作了滤波处理，具体方法是用地球自转年变化率资料进行11年滑动平均，再用 $i$ 年的地转速率变化值 $(\Delta\Omega/\Omega_0)_i$ 减 $i$ 年的平滑值，得到地转速率偏差值，从而滤去了地转变化中较长时间尺度的波动．对滤波后的资料作谱分析，发现它具有显著的准24年和准49年周期．对照资料序列可以看出，这两个周期是交替出现的．平均周期为准36年，这与我国旱涝36年周期[11]一致．我们仅注意滤波后地转速度的长期变化趋势，将这一趋势与非洲萨哈拉地区的降水距平绘制在一起．结果表明，本世纪以来萨哈拉地区分别在1910前后、40年代和70年代到80年代共有三次干旱时段，分别对应地球自转速度的年代际偏慢．根据这一关系，我们认为萨哈拉地区的干旱仍属于周期性振荡．10年前(1986年)推测：萨哈拉地区的旱象将逐步得到缓和[10]．90年代以来非洲萨哈拉地区的降水已基本进入正常．

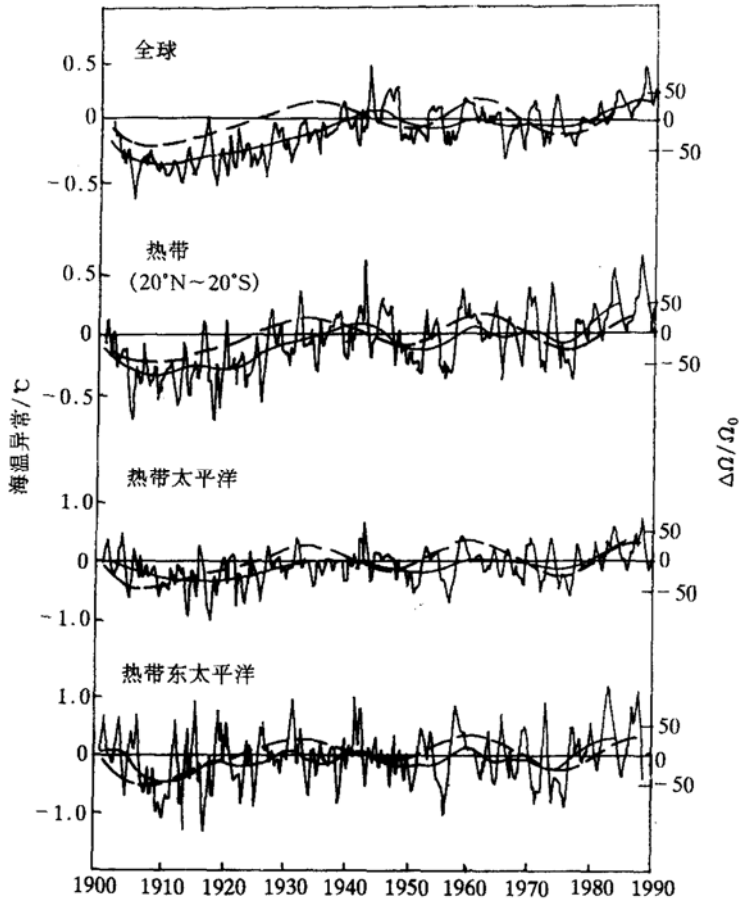



图1 1900～1990年全球海洋、热带海洋(20°N～20°S)、热带太平洋和热带东太平洋SSTA时间序列及其滑动平均(实线)与地球自转速度年代际趋势(虚线)

面对全球气候和海洋基本态在70年代后期发生的突变，我们也来寻找它们与地球自转速度年代际变化之间的可能关系．用与文献[11]相同的处理方法，我们可对1900～1990年的地球自转速率资料作滤波和趋势分析．将UK和MIT编辑的全球海温图集(GOSTA)[1)]中给出的多年全球海洋、热带海洋、热带太平洋和热带东太平洋海面温度异常(SSTA)及其平滑时间序列与地球自转年代际趋势绘制在图1中．图1中地球自转速率的相对变化为 $\Delta\Omega/\Omega_0$，曲线上升为地转加快，曲线下降为地转减慢．从图1中我们可注意到两个特征：一是本世纪以来全球海洋、热带海洋、热带太平洋和热带东太平洋的海温变化趋势是一致的，同样，上述海温趋势变化也与全球气温变化一致，这说明热带东太平洋海温异常确实是全球气候变化的重要信号；二是本世纪以来无论是全球SSTA，还是热带海洋、热带太平洋，甚至热带东太平洋的SSTA与地球自转速度都保持着同步的年代际变化趋势．我们再注意70年代后期的海温异常突变，这种突变不但表现在热带太平洋上，

1) Folland C K, Hsiung J, et al. Global Ocean Surface Temperature Atlas. A Joint Project of the Meteorological Office, Bracknell, UK and the Department of Bottomley M, Earth, Atmospheric and Planetary, MIT, 190

也同时反映在全球海洋中. 图 1 中的 1977 年前后,年代际的海温发生了突变,这正对应着地球自转速度的加快时期. 为更好地认识 1977 年后海洋基本态的特征和它对年际海温异常变化的作用,我们还要分析本世纪前几次的年代际变化以及这种变化产生的机制.

## 2　基于地球自转年代际变化的气候预测

根据地球自转速度年代际变化的周期分析,自 60 年代以来地球自转速度正处在一个长周期的变化时段内,预期地球自转年代际偏快将会持续到本世纪末,它的负距平预计会在 2020 年前后. 于是,本世纪末到 2010 年前热带太平洋和热带海洋的海温都会维持在一个偏暖的基本态. 从现在到 2010 年萨哈拉地区的降水将主要为正距平. 根据长江下游降水(以上海站为代表)的年代际变化与地球自转速度年代际变化之间的反位相关系[10],未来长江下游地区的降水将处于一个偏少的时段.

## 3　机制问题

基于地气系统角动量守恒的约束,我们能较好地解释年际时间尺度内大气角动量(西风角动量和大气质量分布角动量)与地球自转速度变化之间的关系. 这说明在年际时间尺度内,地球自转速度的变化是与行星尺度的海气耦合相联系的. 对地球自转速度的年代际变化,普遍认为是由地球的刚体地幔与地核流体之间交换角动量引起的[12]. 因此,年代际的地球自转速度变化与年际地转速度变化的成因完全不同. 一个有待于研究的问题是:如何从物理机制上解释年代际全球海温异常与地球自转速度变化的关系.

**致谢**　本工作为国家攻关(96-02-05)资助项目.

### 参　考　文　献

1　Graham N E. Decadal-scale climate variability in the tropical and North Pacific during the 1970s and 1980s: observations and model results. Climate Dynamics, 1994, 10: 135～162

2　Wang B. Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades. J Climate, 1995, 8: 267～285

3　Rasmusson E M, Carpenter T H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. Mon Wea Rev, 1982, 110: 354～384

4　Qian Weihong. The understanding of ENSO cycle mechanism and ENSO potential prediction ability. Acta Meteor Sinica, 1997, 11(1): 105～118

5　Rosen R D, Salstein D A, Eubanks T M, et al. An El Niño siginal in atmospheric angular momentum and earth rotation. Science, 1984, 225: 411～414

6　郑大伟,罗时芳,宋国玄. 地球自转年际变化,El Niño 事件和大气角动量. 中国科学,B 辑,1988,(3):332～337

7　Chao B F. Length-of-day variations caused by El Niño—Southern Oscillation and Quasi-biennial Oscillation. Science, 1989, 243: 923～925

8　Dickey J O, Marcus S L, Hide R. Global propagation of interannual fluctuations in atmospheric angular momentum. Nature, 1992, 357: 484～488

9　钱维宏,丑纪范. 地气角动量交换与 ENSO 循环. 中国科学,D 辑,1996,26(1):80～86

10　钱维宏. 长期天气变化与地球自转速度的若干关系. 地理学报,1988,43(1):60～66

11　王绍武,赵宗慈. 我国旱涝 36 年周期及其产生的机制. 气象学报,1979,37(1):64～73

12　Mouel J L L, Courtillot D J, Jault D. Changes in Earth rotation rate. Nature, 1992, 355(2): 26～27

(1996-11-11 收稿,1997-01-30 收修改稿)