

天气变化研究进展

苗峻峰 王贵生

(天津市气象局, 300074)

提 要

近些年来,随着长期天气预报理论基础的不断完善,人们逐渐认识到地球自转速率的变异是导致长期天气变化的一个重要原因。该文概述了80年代以来国内外有关地球自转速率变异与长期天气变化相关关系的研究成果,从不同的侧面归纳分析了地球自转速率变异对长期天气变化的影响及其可能机制。

关键词: 地球自转速率 长期天气变化 研究进展

1 地球自转速率的变化

古生物学家曾用生物化石研究了地转速率的长期变化,发现地转速率长期以来是逐步减慢的,在长期减慢过程中又叠加着不同时间长度的波动^[1]。到目前为止所积累的地转速率变化资料不到200年,因而人们还不能准确地分析出地转速率变化是否存在世纪周期和更长的周期。但可以肯定大于几百年的地转速率变化的波动是存在的。罗时芳等^[2]用周期图的方法分析了1820—1970年的地球自转资料,得出地球自转速率变化的12个周期:9.2, 11.169, 12.15, 18.6, 19.855, 22.337, 29.783, 34.503, 45.0, 59.555, 89.348, 178.698。所找到的周期,大部分与太阳黑子、月亮及大行星等天文上的有关周期对应。其中59.6年是分析出的周期中振幅最大者。钱维宏^[3](1988)用1820—1983年的地球自转速率的年变化率资料分析得出地转速率存在交替出现的准24年和准49年的变化周期,这两种周期组成的周期变化称为地转速率的长期变化;用1956—1978年的地球自转速率的月变化率资料分析得出地转速率的短期变化存在2—5年不

等的波动,其周期约为44个月。

2 地球自转速率变异与长期天气变化的关系

大量的研究工作表明,对应着地球自转速率的不同周期,在大气环流、不同洋面上的海温以及各地的长期天气、气候变化上都有反映。

2.1 地转速率变化与南方涛动指数长期变化的关系

南方涛动指数(SOI)是反映大气环流特性的一个重要因子,也是人们用来作长期天气预报的一个有效因子。SOI的变化可表示大气环流的变化。钱维宏的研究工作^[3]表明,SOI变化与地转速率长期变化呈反相关关系。即在地转长期加速时段,SOI减弱;反之,地转长期减速时段,SOI增强。

南方涛动指数与地球自转速率长期变化这一反向变化的可能机制是地转速率的长期变化,首先改变海温场的变化,再由海温场改变海平面气压场的变化。即地转加速时,大洋东部海温降低,西部海温升高,海平面气压东部升高,西部降低,SOI减弱;反之,地转减速时,大洋东部海温升高,西部海温降低,海平面气压东部降低,西部升高,SOI

增强。

由此可见,南方涛动指数与相应时段的地转速率变化有着内在的联系。

2.2 地转速率变化与海温变化的关系

2.2.1 地转速率短期变化与赤道东太平洋海温异常变化的关系

近些年来,人们越来越注意到赤道东太平洋地区海温异常对天气气候的影响,许多气象工作者常引用赤道东太平洋海温来作为长期天气预报的指标。地转速率短期变化与赤道东太平洋海温逐月距平变化呈反相关关系^[3]。即当地转速率短期加快时,赤道东太平洋海温降低;反之,地转速率短期减慢时,赤道东太平洋海温升高。这种相关关系的可能机制是地转速率的短期变化使洋流发生了变化。

人们已观测到,当赤道东太平洋海温异常升高时,赤道太平洋表层海水自西向东大规模地运动,对多年平均海面高度而言,大洋东西部海面水位出现东高西低的现象,与此同时,大气中海平面气压发生变化,东赤道太平洋上东南信风减弱,中高纬地区高空风加强。而这些现象都发生在地转减速的同时。

2.2.2 地球自转速率变化与北半球海温的长期振动的关系

近年来人们开始注意到海温的异常与地球自转速率有联系,从气候的角度来说就应考虑海温在几年到几十年时间尺度内的变化,即长期变化。由于海洋不但具有很大的热惯性,而且海水具有可流动性,这一点可能使得洋面气温具有明显的长期振动。钱维宏^[4]分析了地转速率偏差值与北半球洋面气温距平分布的极值年份的关系,初步估计了地转变化率与北半球洋面气温的联系:北半球洋面气温的长期振动位相落后于地转速率偏差值位相,后延时间为2—10年。这表明地转速率减慢(加快)后,北半球洋面气温距平曲线下降(上升)。为了更好地研究地转速率

变化率与北半球海温之间的关系,钱维宏^[4]进一步计算了北半球洋面气温距平值的功率谱和北半球洋面气温距平值与地转速率偏差值之间的相关系数及对应相同周期的凝聚谱值。计算结果表明,北半球洋面气温距平除具有明显的年际振动外,还具有准10年的振动周期,且这种振动周期很显著。地转速率偏差值与北半球洋面气温距平值的交叉相关计算结果表明,地转速率偏差值与北半球洋面气温距平值存在着后延0—7年左右的高正相关,最高正相关值0.38的后延时间为3年。利用这种关系可以根据地转速率长期变化来预测北半球气温的长期振动。

2.2.3 地球自转速率与厄尔尼诺现象

众所周知,厄尔尼诺现象是东太平洋赤道地区海温异常增暖现象,它对全球性大气环流和气候异常有重要影响。关于厄尔尼诺的成因,目前众说不一。任振球和张素琴^[5]认为,需要从整个地球转动状态的影响问题着手探讨其成因。他们的研究工作表明,厄尔尼诺事件的发生与地球自转速率的变化有密切关系,地球自转减慢有可能是形成厄尔尼诺的原因。其物理原因在于,绝大多数厄尔尼诺增温都首先开始于赤道太平洋东部的冷水区。海水和大气都是附在地球表面跟随地球自转快速向东旋转,在赤道转速为最大。当地球自转突然减速时,必然出现“刹车效应”,使大气和海水获得一个向东的惯性力,从而使自东向西流动的赤道洋流和赤道信风减弱,导致赤道太平洋东部的冷水上翻减弱而发生海水增暖的厄尔尼诺现象。

David A. Salstein 和 Richard D. Rosen^[6](1984)主张厄尔尼诺现象是外力强迫产生的海气系统振动。基于厄尔尼诺事件大都出现在地球自转速率减慢的时候,进而提出了一种假设。假定整个地球(地球-大气系统)是一个闭合的动力系统,大气与地球之间有角动量交换,但整个地球的角动量是守恒的。因此,当地球自转速率减慢时,大

气中西风带就要加速,东风带就要减速。此时,就将使西风带扩张和南移,信风减弱,从而有利于赤道凯尔文波的发展和赤道增暖。另一方面,赤道增暖的结果,将使哈德莱环流进一步加强,中纬度西风进一步增强。这样的西风增强,也就是大气西风动量的增大会进一步使地转速率变慢,这是一种正反馈机制。显然,还需要存在一种负反馈,使地球由减速转为加速的过程,才有可能使海气系统发生振荡。

2.3 地球自转速率变化与局地长期天气变化的关系

2.3.1 地转速率变化与中国旱涝长期振动的关系

彭公炳和陆巍^[7](1983)的研究结果表明:地转加速时,长江中下游地区降水偏少,而华南和华北降水偏多,气温偏低;反之,地转减速时,长江中下游地区降水偏多,而华南和华北降水偏少,气温偏高。这一现象可以解释为:地转加快阶段,北太平洋副高的夏季位置偏西,500hPa等压面天气图上的高压中心移入中国江南地区上空,从而造成长江中下游地区的高温少雨天气,但在高压的西南和西北边缘锋面活动频繁,降水偏多。地转减慢的同时,西伯利亚高压中心位置亦偏西,冬季的偏西路冷空气可直灌中国华北地区,降温显著,而中国东北地区年平均气温偏高。

钱维宏^[3]的工作表明,中国上海年降水量的平均趋势基本与地转速率长期变化呈反相关。这种关系可解释为:地转长期加速阶段,大气活动中心位置向西北移动,西北太平洋副热带高压位置移近中国东南沿海,上海受高压控制,降水偏少;反之,地转长期减速阶段,大气活动中心位置向东南移动,西北太平洋副高位置偏东,北方来的冷空气与青藏高原南侧海洋上吹来的暖湿空气在长江一带交汇,上海降水偏多。

苗峻峰和徐祥德^[8](1993)分析了地球自

转速率年际变化与中国160站降水量的相关场,发现地转速率变化对东亚不同区域的影响效应存在着显著差异。这种差异与副热带高压系统南北摆动或位置变异有一定的联系。

2.3.2 地转速率变化与非洲干旱区降水的长期变化的关系

地转速率变化影响大气活动中心位置的移动,而大气活动中心又制约着它所控制地区的天气气候变化。非洲撒哈拉沙漠以南的萨赫勒地区,降水持续短缺,形成旱灾。钱维宏^[3]分析了地转长期变化与萨赫勒地区降水距平变化的关系,发现非洲干旱区萨赫勒的降水距平变化基本与地转速率长期变化呈正相关。这种关系可解释为:地转长期加速阶段,大气活动中心位置向西北移动,北大西洋高压中心远离非洲大陆,非洲干旱区受北大西洋高压控制的范围缩小,降水偏多;反之,地转长期减速阶段,大气活动中心位置向东南移动,北大西洋高压中心由亚速尔群岛附近向非洲大陆靠近,受其影响,非洲干旱区降水偏少。

2.4 地球自转速率变化与副热带高压南北移动的关系

西太平洋副热带高压作为行星尺度的超长波系统,其脊线位置的南北进退决定着影响我国雨带的南北移动^[9]。彭公炳和陆巍^[7]统计发现在地转减慢阶段副高位置偏南,地转加快阶段副高位置偏北以及北太平洋高压中心纬度有世纪南移的现象。

钱维宏^[3]从理论上说明了地转变速对副高脊线南北进退的作用。他认为:考虑地球自转速率的变化,在控制大气运动的方程中会出现一个与地转变化有关的力,称之为“地转附加力”($-d\Omega/dt \cdot a \cos\Phi$)。在以年为时间尺度时,地转速率的变化通过这种“地转附加力”对超长波(如副高)的活动有不可忽略的影响,地转加快时,副高脊线位置北移;地转减慢时,副高脊线位置南退。

钱维宏^[9]的工作亦表明:历年副高脊线北进的迟早与地球自转速率的短期(年际)变化有着内在的联系,地转加快时段对应副高脊线北进偏早,地转减慢时段对应副高脊线北进推迟。根据地转速率年际变化与历年副高脊线南进北退迟早的关系,我们可较为方便地利用地球自转年际变化趋势预测来年副高北抬的迟早及影响某一地区雨季开始的迟早。

2.5 地球自转速率的准60年周期对自然灾害的影响

在地球自转速率变化的长周期中,准60年周期变化是相当显著的。文献[10]表明,地球系统的自然灾害与地球自转速率变化存在着大体一致的同步演变。在本世纪内,本世纪初地球自转最慢,相应这一时期,火山喷发最强,气候最冷,全球八级大地震能量释放最多,厄尔尼诺频次增多,同时也是干旱沙漠化时期。在60年代,再次出现地球自转减慢,相应地球系统的自然灾害又处在相对严重和多发时期。相反在30—40年代,随着自转速率加快,相应火山喷发较弱,气候转暖,厄尔尼诺频次较少,全球八级大地震释放能量相对较少,仅在稍后时段(40年代)出现稍弱的干旱沙漠化时期。在准60年尺度上,地球自转减慢是引起地球系统一系列环境变化的主要原因。

3 地球自转速率变化影响长期天气变化的可能物理机制

众所周知,地球转动时将产生形变(变扁),转动愈快,则形变愈大,转动减慢时,则形变减小。地球、大气、海洋可近似地被视为一个封闭系统。大气和海洋覆盖于整个地球,地球的演变(地转速率的变化)必将影响附着在其上的大气、海洋的运动,从而引起大气和海洋中出现一些同步变化的异常现象。有关的研究工作从观测资料的分析、理论分析、数值试验等几个方面研究了地转速率变异对天气气候影响的可能物理成因,具体可归纳为

以下几点:

3.1 地球自转速率直接对气候有显著影响的时间尺度是大于几十年的长期变化,地球自转速率变化对气候影响的短时间尺度的作用过程为地转速率变化首先影响海温场,再由海温场的变化影响大气环流和气候^[11]。

3.2 地球自转速率的变化通过“地转附加力”对超长波的活动产生影响^[9]。

3.3 地转异常变化引起的“地转附加力”改变了海洋中正常的高低纬之间的热量交换,使海温出现异常分布,相应地洋面气温也出现距平偏差^[12]。

3.4 地球自转速率的变化对大气、海洋的作用,主要发生在低纬度地区^[5]。

3.5 地球自转速率变化对大气运动的影响存在着显著的“纬度效应”,这类地转变速的“纬度效应”可引起大气环流结构的变异^[8]。

3.6 地转变速与副高脊线时空变化相关,地转变速对大气环流运动的影响亦存在环流系统“尺度效应”关系^[8]。

3.7 地转变速可造成大气环流结构的“形变”,即高、低纬西风带反向增强;西风廓线“形变”;副热带高压系统时空特征的变异^[8]。

4 总结与展望

综上所述,我们可以看出地球自转速率的变异不同程度地影响着长期天气、气候的变化。具体表现为:

(1)在地转长期(准24年和准49年周期)加速时,南方涛动指数减弱,大气活动中心向西北移动,副高位置偏北,我国东部地区降水偏少,非洲干旱区降水偏多;反之,在地转长期减慢时,南方涛动指数增强,大气活动中心向东南移动,副高位置偏南,我国东部地区降水偏多,非洲干旱区降水偏少。

(2)地球自转速率的大幅度持续减慢可能是引起厄尔尼诺现象的一个主要原因。

(3)地转短期(准44个月周期)加快时,赤道东太平洋海温降低;反之,在地转短期减慢时,赤道东太平洋海温升高。

(4)地转短期(年际)变速与副热带高压脊线的年际进退迟早有内在的联系。地转(短期)加快时段,副高脊线北进偏早;地转(短期)减慢时段,副高脊线北进推迟。

这些现象形成的可能物理原因解释如下:

大家知道,低纬地区入射的净辐射远大于向外空的辐射,极地正好相反。也就是说低纬地区是热源,高纬和极地为冷源。如果这种状态一直维持,极地将越来越冷,热带地区则越来越热,这就发展成极端气候,事实并非如此。辐射不平衡导致了动力输送过程,大气和海洋在把能量从辐射盈余区输送到净辐射亏损区的运动中起重要作用,大气和海洋的运动正是缓和了极端气候的形成^[12]。但当地转速率发生异常时,“地转附加力”就会改变大气环流和海洋的运动,地转持续加快或减慢就会改变气候状况。地转减慢时有一个附加的在北半球向东南方向的运动分量,这就会减弱由低纬指向高纬地区的热量输送,因此,除赤道大洋东部局部地区海温会升高外,中高纬地区海温就会有所降低,因而洋面气温也有所降低。这就导致地转减慢后,赤道大洋东部海温升高,整个大洋平均海温降低,洋面气温亦降低;反之,地转加快后,赤道大洋东部海温降低,增大低纬向中高纬地区的热量输送,整个大洋平均海温升高,洋面气温亦升高。

地球自转的大幅度持续减慢,使赤道附近海水(或大气)获得较多的向东角动量,引起赤道洋流减弱(或引起赤道信风减弱而使赤道洋流减弱),由此导致东太平洋涌流(与美洲西海岸地形有关的补偿离岸风海水质量亏损而形成的冷水上翻)得以减弱,从而造成这一地区大范围海表温度异常增暖的厄尔尼诺现象。

关于南方涛动的成因,可以解释为地转速率的变化改变了大洋东西部海温的变化,而海温的变化又引起了不同区域海平面气压

场的改变。

关于地球自转速率变化与大气运动的相互关系,由于研究问题的出发点和着眼点不同,有些研究结果相互矛盾,须进一步探讨,加以统一。例如:天文工作者认为地球自转速率变化主要是由大气西风角动量改变等地球物理原因引起的,而一些气象工作者则认为地转速率变异影响大气运动变化。对此,文献[13]认为,地球自转和大气、海洋运动是相互作用的,地球、大气、海洋三者近似地视为一个封闭系统。在 ENSO 时间尺度上,首先是全球大气角动量的改变(由中高纬度冷引起)导致地球自转速率变化,地球自转速率变化反过来对于大气、海洋也有一定的反作用。这种反作用主要发生在低纬地区,即有地区性;而上述大气角动量对自转速率的影响则是全球性的,即由全球的大气角动量变化所决定。

到目前为止,关于地球自转速率与长期天气变化相互关系的研究已取得了不少成果,为长期天气预报和气候预测提供了一些重要依据。可是,由于这方面的研究工作刚刚开始,同时由于这一课题本身的复杂性及科研工作的局限性,尚有许多问题还未弄清楚,譬如:

(1)地球自转长期变化与全球性干旱沙漠化的关系。

(2)地球自转速率的变化可能是引起厄尔尼诺现象的一个主要因素,但不会是唯一的因素。需从理论上(物理模型)研究地球自转和 ENSO 的因果关系^[14]。对厄尔尼诺的预测研究可望成为气候预测的有效途径。

(3)地球自转减速的同时,大气和海洋中出现了一些同步变化的异常现象,弄清楚这些现象之间的因果关系,对长期天气预报是很有意义的。

而上述这些问题对于预测大气环流变化和气候变化都是极为重要的,有待于深入研究。

致谢 本文得到中国气象科学研究院徐祥德副教授的大力支持,在此深表谢意。

参考文献

- 1 陈道汉等. 中国科学, A 辑, 1986, 1: 67-73.
- 2 罗时芳等. 地球自转速率变化的周期分析. 天文学报, 1974, 15(1).
- 3 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): 19.
- 4 钱维宏. 北半球海洋气温的长期振动与地球自转. 海洋预报, 1991, 6(4).
- 5 任振球, 张素琴. 地球自转与厄尼诺现象. 科学通报, 1985, 6.
- 6 David A. Salstein and Richard D. Rosen. ElNino and the Earth's Rotation. Oceans, 1984, 27(2).
- 7 彭公炳, 陆巍. 气候的第四类自然因子. 北京: 科学出版社, 1983.
- 8 苗峻峰, 徐祥德. 地球旋转变速对东亚夏季环流型影响的探讨. 待发表.
- 9 钱维宏. 地球自转速度变化对副高脊线南北进退的作用. 气象学报, 1991, 49(2).
- 10 任振球. 地球自转和自然灾害的准60年周期的成因探讨. 天文与自然灾害, 北京: 地震出版社, 1991.
- 11 钱维宏. 我国气候振动与地球自转速度变化的关系. 热带气象, 1993, 2(2).
- 12 丁一汇. 高等天气学. 北京: 气象出版社, 1991.
- 13 任振球. 全球变化. 北京: 科学出版社, 1991.
- 14 吕厚远, 王永吉. 地球自转、月亮位置与埃尔尼诺现象的长期预报探讨. 海洋学报, 1993, 15(2).

The Variation of Earth's Rotation Rate and Changes of Long-Range Weather

Miao Junfeng Wang Guisheng
(Tianjin Meteorological Bureau, 300074)

Abstract

In recent years, it has been recognized that changes of long-range weather are related with the fluctuations of the earth rotational rate. The achievements in domestic and overseas research of relationships between changes of the earth rotational rate and variations of long-range weather since 1980s are reviewed. The effect of changes of the earth's rotation rate for long-term weather change and its possible mechanism are summarized and analysed from different aspects.

Key Words: the earth rotation rate long-range weather change review