

# 地球自转与东北地区夏季温度变化\*

张素琴

(国家气候中心, 北京 100081)

## 提 要

该文研究了东北地区夏季温度与地球自转速度变化的关系. 得到: 地球自转减慢时东北温度偏低, 当自转年变量  $\Delta U \leq -22$  时出现典型的低温冷害年; 自转加快时东北温度偏高. 东北地区夏季温度与极移振幅的位相也有较好的关系: 在极移振幅的峰值年附近容易发生冷夏年, 在极移振幅的谷值年附近容易发生热夏年.

关键词: 地球自转速度 东北夏季低温 极移振幅

## 引 言

夏季低温是造成东北地区粮食减产的重要气候灾害, 因此, 研究东北夏季低温的发生发展规律并提高其预测能力具有很大的经济意义. 近十多年来, 国内外开展了大量的研究工作并有不少研究成果在短期气候预测中使用, 这些工作主要是从大气环流和海洋相互作用进行研究. 我们认为, 大气圈、水圈、生物圈及岩石圈四大圈层的异常变化有大致同步的现象, 它们都与地球自转速度迅速减慢有密切的关系<sup>[1]</sup>. 文献<sup>[2]</sup>研究得到, 地球自转月变量的大幅度持续减慢与赤道太平洋东部海温的增暖以及南方涛动指数的负异常有密切的关系, 且前者比后两者均略有超前, 指出地球自转速度的大幅度持续减慢是东部型厄尔尼诺事件形成的主要原因. 本文从地球自转速度异常的角度研究东北夏季低温冷害的成因.

## 1 资料及处理方法

本文使用的温度资料是原气象科学研究院天气气候所和中央气象台合作整理的区域平均气温等级资料(1911~1980年)以及由国家气候中心气候预测室提供的后续气温等级资料(1981~1997年). 平均气温等级分为 5 级, 其含义是: 1 级为暖; 2 级偏暖; 3 级正常; 4 级偏冷; 5 级冷. 气温等级值愈大, 表示气温愈低. 我们定义东北地区夏季气温等级  $TI \geq 3.5$  作为冷夏年, 气温等级  $TI \leq 2.5$  作为热夏年. 用这一标准定出的冷夏年与文献<sup>[3]</sup>用 10 个站求区域平均气温距平  $\Delta T \leq -0.5^\circ\text{C}$  的年份基本相同. 表 1 列出 1911 年以来

\* 本研究得到国家“九五”重中之重项目“96-908”的资助.

1999-05-14 收到, 1999-08-25 收到修改稿.

各年代的冷夏年和热夏年.

地球自转资料采用北京天文台提供的 UT1 相对变化值  $\Delta\omega/\omega$ , 单位为  $10^{-10}$ ,  $\omega$  为地球平均自转角速度,  $\Delta\omega$  为自转速度的变化量. 在研究几年时间尺度地球自转速率与东北夏温的关系时, 选取 1956 年以后用原子钟观测的资料, 在此之前用石英钟观测的地球自转资料由于精度不够, 难以用作成因分析. 天文观测的地球自转资料中, 除了年际变化以外, 还包含了季节振荡、年代际振荡和更长时间尺度的振荡, 由于地球自转速度存在着长期减慢, 不宜作距平处理. 为了在观测资料中消除 1 年以内的周期成份而保留其中的年际变化, 本文采用地球自转速度的变量, 即相邻年同月的地球自转相对变化值相减而得.

表 1 1911~ 1997 年各年代冷、热夏年表

年代		冷夏年				热夏年			
1910	1911	1913	1915	1918	1917	1919			
1920					1921	1924	1925	1926	1928
1930	1931	1934	1936		1938	1939			
1940	1940	1945	1947		1943	1944	1946	1948	1949
1950	1954	1956	1957		1950	1952	1955		
1960	1964	1969			1961				
1970	1971	1972	1976		1970	1973			
1980					1980	1982	1988		
1990	1992	1993			1994	1997			

## 2 地球自转减慢与东北夏季低温的关系

### 2.1 近 40 年地球自转速率减慢与东北夏季低温

图 1 是地球自转年变量与东北夏季温度等级的关系, 自转年变量  $\Delta U$  用 UT1 当年的年均值减去前一年得到. 温度等级向下的级别表示偏冷, 向上的级别表示偏暖. 由图 1 可以看到, 地球自转速率的快慢与东北地区温度的高低有密切的关系, 即地球自转速率减慢的年份东北温度偏低, 尤其是自转年变量  $\Delta U \leq -14$  (图 1a 中横线以下) 的年份, 东北温度明显偏低, 图 1b 中标“\*”的为温度等级  $TI \geq 3.5$  的冷夏年. 对照图 1a 可见, 这些冷夏年, 全都发生在地球自转速率减慢且年变量  $\Delta U \leq -14$  的年份, 1957 年以来 5 个典型的低温冷害年即 1957、1964、1969、1972 和 1976 年无一例外地处于自转大幅度持续减慢的谷值年. 反过来说, 50 年代以来, 地球自转大幅度持续减慢  $\Delta U \leq -22$  的谷值年, 除 1990 年以外均为典型的低温冷害年.

表 2 给出 1957 年以来地球自转速率减慢, 自转年变量  $\Delta U \leq -14$  的年份东北夏季的温度等级. 由表可见, 自转年变量  $\Delta U \leq -14$  的 16 年中, 东北夏季温度偏低(温度等级  $TI > 3.0$ ) 的有 14 年(14/16). 其中温度等级  $TI \geq 3.5$  的冷夏年(表中用“●”表示): 1957、1964、1969、1971、1972、1976、1992 和 1993 年全都发生在地球自转年变量  $\Delta U \leq -14$  的年份, 1956 年以来 5 个典型的低温冷害年: 1957、1964、1969、1972 和 1976 年当年的自转变量均  $\Delta U \leq -22$ . 由此表明, 东北地区夏季低温冷害年的发生与地球自转的迅速减慢有着相当好的一致性. 也就是说, 每次东北夏季低温冷害年都是出现在地球自转大幅度持续

减慢的谷值年.

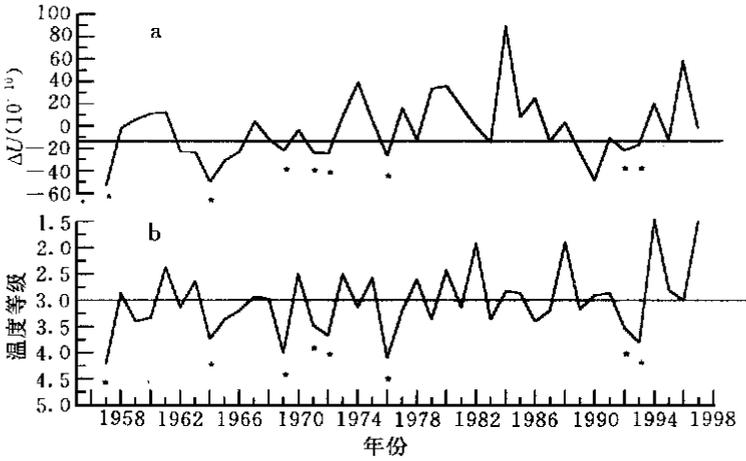


图1 地球自转年变量(a)与东北夏季温度等级(b)

表2 地球自转年变量  $\Delta U \leq -14$  的年份东北夏季温度等级

	1957	1962	1963	1964	1965	1966	1969	1971	1972	1976	1983	1987	1989	1990	1992	1993
自转年变量	-53	-23	-24	-50	-31	-23	-22	-24	-25	-27	-14	-14	-24	-49	-22	-17
温度等级	4.2	3.1	2.6	3.7	3.4	3.2	4.0	3.5	3.7	4.1	3.4	3.2	3.2	2.9	3.5	3.8
冷夏年	●			●			●	●	●	●					●	●

当地球自转速度加快(包括减慢的幅度小)时,东北地区温度偏高,表3为自转年变量  $\Delta U > -14$  的年份东北夏季温度等级. 可以看到,自转年变量  $\Delta U > -14$  的年份中,东北夏季温度普遍偏高,温度等级  $TI \leq 3.0$  的年份达 18/25, 其中温度等级  $TI \leq 2.5$  的热夏年(表3中标“○”者): 1961、1970、1973、1980、1982、1988、1994 和 1997 年当年的自转年变量全部达到  $\Delta U \geq -4$ .

表3 地球自转年变量  $\Delta U > -14$  的年份东北夏季温度等级

	1958	1959	1960	1961	1967	1968	1970	1973	1974	1975	1977	1978	1979
自转变量	-2	6	11	12	4	-12	-4	9	39	4	16	-13	32
温度等级	2.9	3.4	3.3	2.4	2.9	3.0	2.5	2.5	3.1	2.6	3.2	2.6	3.4
热夏年				○			○	○					

	1980	1981	1982	1984	1985	1986	1988	1991	1994	1995	1996	1997
自转变量	37	17	-1	89	8	25	3	-11	20	-13	58	-4
温度等级	2.4	3.1	1.9	2.8	2.9	3.4	1.9	2.9	1.5	2.8	3.0	1.5
热夏年	○		○				○		○			○

### 2.2 显著性检验

表4给出1957~1997年地球自转年变量与东北夏季温度的统计关系. 由表可见,在自转速度减慢( $\Delta U \leq -14$ )的16年中,东北夏季温度偏低的有14年,偏高的只有2年,其对应关系达到88%,远远高于气候概率(1957~1997年41年间温度偏低有21年,偏高有20年,温度偏低和偏高的气候概率各占50%). 经  $\chi^2$  检验,其信度超过0.01. 在自转速度加快( $\Delta U > -14$ )的25年中,东北夏季温度偏高的有18年,偏低的有7年,其对应关系达

到 72%, 明显高于气候概率. 经  $\chi^2$  检验, 其信度也超过 0. 01.

这就表明, 从地球自转的年际变化看, 地球自转速率的减慢或加快与东北地区夏季低温和高温的发生有明显的关系.

表 4 1957~ 1997 年地球自转年变量与东北夏季温度的关系

	温度偏低( $TI > 3. 0$ )	温度偏高( $TI \leq 3. 0$ )	合计(年)
自转减慢( $\Delta U \leq - 14$ )	14	2	16
自转加快( $\Delta U > - 14$ )	7	18	25
合计(年)	21	20	41

### 2. 3 本世纪地球自转与东北夏季温度的关系

本世纪地球自转年均值的变化是相当大的, 由图 2 可见, 地球自转最慢的时段是本世纪初, 最慢的 1902 年的自转年均值仅为- 471 相对变化, 60 年代中后期至 80 年代初是仅次于它的另一段减慢时期, 其间最慢的 1972 年自转年均值为- 362 相对变化, 40 年代至 50 年代前期以及 90 年代初均为弱的自转减慢期.

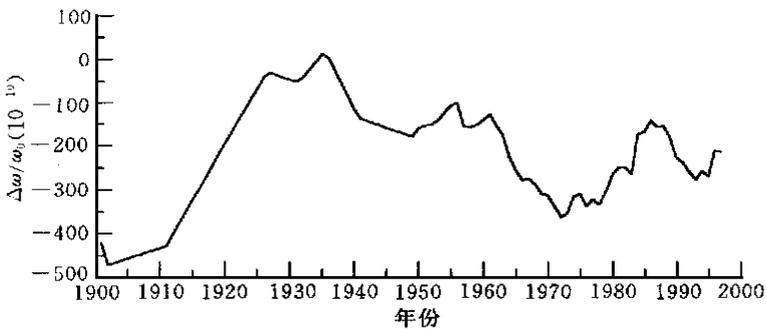


图 2 本世纪地球自转年均值的演变

对照表 1 可见, 在上述地球自转减慢时期, 东北地区夏季低温频繁发生, 东北地区本世纪最严重的夏季低温冷害年 1902 年(- 1. 9℃) 及 1913 年(- 1. 5℃)<sup>[3]</sup>, 它们发生于自转最慢的时期. 建国以来的几次典型低温冷害年: 1964、1969、1972 和 1976 年集中发生于另一段地球自转减慢时期即 60 年代后期至 80 年代初. 相反, 在自转速度明显加快的 20 年代, 东北夏季温度最暖, 冷夏年一次也没有发生, 自转加快的另一段时期, 80 年代温度也偏高, 没有出现过冷夏年. 说明地球自转速度的年代际振荡与东北地区夏季温度变化也有很好的关系: 在自转速度减慢的年代东北地区冷夏年频繁发生, 而在自转速度加快的年代东北地区多为热夏年.

### 3 极移振幅与东北低温的关系

我们又分析了地极移动(即地球自转的瞬时轴在地球本体内的摆动, 简称极移) 振幅与东北夏季温度的关系, 极移数据用 ILS 资料, 采用中国科学院北京天文台李启斌的极移振幅计算方法计算极移的年平均振幅<sup>[2]</sup>. 由极移振幅的逐年变化(图 3) 可以看到其 6~

7 年的周期相当稳定.

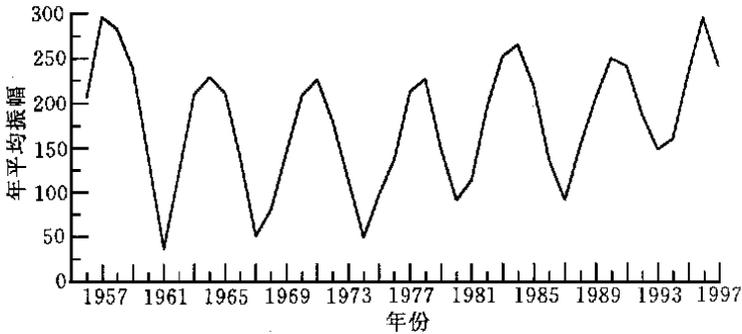


图 3 极移振幅的逐年变化

分析极移年振幅与东北夏季温度的关系,发现东北冷夏年多发生于极移振幅的峰值附近,而热夏年则多发生于极移振幅的谷值年附近.我们将 1957~1997 年的极移振幅按 6~7 年周期排表(表 5),从峰值年的前 2 年开始,分别记为峰<sub>2</sub>、峰<sub>1</sub>、峰、峰<sub>+1</sub>、谷<sub>1</sub>、谷、谷<sub>+1</sub>共 7 个位相.因为各个周期的实际长度不一定相同,所以在具体排表时,有的位置排了两年,有的位置则空着.由表 4 可见,8 次冷夏年中,出现在峰<sub>2</sub>~峰<sub>+1</sub>的有 6 次,其中 5 次典型的低温冷害年无一例外地出现在峰<sub>2</sub>~峰<sub>+1</sub>位相内.相反地,8 次热夏年出现在谷<sub>1</sub>~谷<sub>+1</sub>的有 6 次.以上说明,东北夏季温度与极移振幅所处的位相有关.

表 5 极移位相与东北冷、热夏年

极移位相	年 份	冷夏年数	热夏年数
峰 <sub>2</sub>	1969* 1976* 1982 <sub>o</sub>	2	1
峰 <sub>1</sub>	1963 1970 <sub>o</sub> 1977 1983 1989 1995		1
峰	1957* 1964* 1971* 1978 1984 1990 1996	3	
峰 <sub>+1</sub>	1958 1965 1972* 1979 1985 1991	1	
谷 <sub>1</sub>	1959 1960 1966 1973 <sub>o</sub> 1986 1992* 1997 <sub>o</sub>	1	2
谷	1961 <sub>o</sub> 1967 1974 1980 <sub>o</sub> 1987 1993*	1	2
谷 <sub>+1</sub>	1962 1968 1975 1981 1988 <sub>o</sub> 1994 <sub>o</sub>		2

注:年份右上角“\*”代表冷夏年,年份右下角“o”代表热夏年.

#### 4 小结与讨论

综上所述,可以得到以下结论:东北地区夏季温度与地球自转速度变化有很密切的关系:地球自转减慢时东北温度偏低,当自转年变量  $\Delta U \leq -22$  时出现典型的低温冷害年;地球自转加快时东北温度偏高.东北地区夏季温度与极移振幅的位相也有较好的关系:在极移振幅的峰值年附近容易发生冷夏年,在极移振幅的谷值年附近容易发生热夏年.

由于地球自转速度及极移振幅资料可以及时地从天文观测得到,极移振幅又有相当稳定的 6~7 年的周期变化,地球自转年变量的变化也存在准 6~7 年的周期,与极移振幅呈反位相演变<sup>[4]</sup>,因而可以根据地球自转年变量及极移振幅的变化趋势预测东北地区夏季的温度.

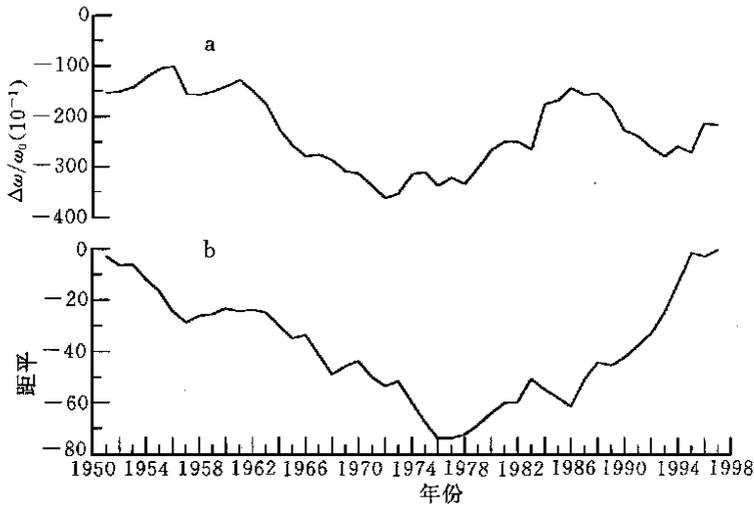


图 4 地球自转速度逐年变化(a)与西太平洋副高面积年距平累积(b)的关系

地球自转变化与东北夏季温度的关系,主要是与东亚环流的关系,特别是对西太平洋副热带高压的强度和位置的影响而起作用的.研究表明,在冷夏年西太平洋副热带高压比热夏年明显偏弱<sup>[5]</sup>.图 4 为建国以来地球自转速度逐年变化与西太平洋副热带高压面积年距平累积值的关系.由图可见,两者有大致同步的变化趋势,即自转减慢的时段副高减弱,自转加快的时段副高增强.在 60 年代中后期至 70 年代为地球自转减慢时期,副高处于长周期的减弱阶段,这一时段正是东北夏季低温冷害频繁发生的时期.在 80 年代自转加快,副高也明显增强,这一时期东北夏季温度偏高,没有低温冷害年发生,在 50 年代地球自转加快的时段中有一相对弱的减慢时期,副高也有一相对短暂的减弱.

### 参 考 文 献

- 1 张素琴,任振球,李松勤. ENSO 期间全球变化的相互作用. 天地生综合研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 1989. 26~ 34.
- 2 任振球,张素琴. 地球自转减慢与厄· 尼诺现象的形成. 气象学报, 1986, 44(4): 411~ 416.
- 3 王绍武. 近 400 年东亚的冷害. 气候(中国科学技术蓝皮书第 5 号). 北京: 科学技术文献出版社, 1990. 332~ 337.
- 4 任振球. 全球变化. 北京: 科学出版社, 1990.
- 5 《东北低温长期预报方法和理论的研究》课题技术组. 对东北夏季低温长期预报问题的初步认识. 东北夏季低温长期预报文集. 北京: 气象出版社, 1983. 1~ 8.

## RELATIONSHIP BETWEEN EARTH ROTATION SPEED AND TEMPERATURE OF NORTHEAST CHINA IN SUMMER

Zhang Shuqing

(*National Climate Center, Beijing 100081*)

### Abstract

The relationship between temperature of Northeast China in summer and the earth rotation speed is studied. The results indicate that temperature of Northeast China is lower when earth rotation speed decreases and higher when earth rotation speed increases. The temperature of Northeast China in summer has also relevance to the phases of amplitude of polar motion.

**Key words:** Earth rotation speed Low temperature of Northeast China in summer  
Amplitude of polar motion