第40卷 第2期 气 象 学 报 Vol. 40, No. 2
1982 年 5 月 ACTA METEOROLOGICA SINICA May, 1982

气候及其环流因子对地球自转速度变化的若干响应*

彭公炳 陆 巍 殷延珍

（中国科学院地理研究所）

提 要

本文揭示了一系列事实，说明气候及其环流因子与地球自转速度变化有关，同时阐明了两者相互联系的物理原因。最后，作者论述了地球自转速度变化影响天气气候的空间特征和时间尺度。

一、问题的由来

以往关于天气气候和大气环流成因的研究，都突出太阳辐射的作用；而长期天气过程和气候变化的原因，有些人往往归结为太阳活动。太阳辐射在大气环流和天气气候形成中的作用，得到了理论分析和实际资料的证明。虽然迄今没有公认的太阳活动影响长期天气过程和气候变化的理论，但是天气气候演变与太阳活动相联系的事实却不断被人们所揭示。

我们认为，对以往的这些研究成果应当加以肯定；但同时也应当看到，有些天气气候现象是难以用太阳辐射或太阳活动的特点来解释的。例如，赤道带大面积地区存在下沉气流的事实[1]，以及两个半球副热带高压的年变化特点都不能用太阳辐射年变程来解释；从多年平均逐月海平面气压图[2]上可以看到，北半球的夏季，南、北大西洋，南、北太平洋和印度洋的副热带高压都同时加强；它们的减弱也出现在大致相同的月份里。按照太阳辐射年变程的特点，则在同一月份里南、北半球副热带高压的强弱变化应该是反向的。因此才考虑到，可能存在同时作用于南、北半球的动力因素。例如，地球自转速度变化和地极移动。我们的研究[1),3,4]表明，大气环流和天气气候的若干演变特点可以从地球自转速度变化和地极移动得到解释，其中有的特点不能从太阳辐射或太阳活动来解释。因而，这方面的研究可以作为现有天气气候学的补充内容。

文献[5]中从模拟实验的角度证实了地球自转速度的变化对大气环流和气候变化的影响；然而，根据自然界实际气象观测资料的分析研究却很少。本文的重点是，进一步揭示气候及其环流因素对地球自转速度变化影响的事实；同时讨论到这两者相联系的物理原因。

二、关于天气气候与地转变化相联系的物理原因

为了说明所揭示的天气气候与地转变化相联系的事实的合理性，首先应该对两者相

* 本文于1979年12月28日收到，1981年6月24日收到修改稿。

1) 中国科学院地理研究所气候室，地球自转速度变化和地极移动对天气气候的影响，长江流域水文气象技术交流文集，1975。

联系的物理原因有一个基本看法，我们将专文详细讨论这一问题，这里仅根据国内外学者的有关研究结果来阐明和引伸我们对这个问题的理解。

在文献[6]第八章中，叶笃正、朱抱真得到以下公式

$$\Delta(I_a\Omega_a)=-\Omega_m I_m\left(\frac{\Delta\Omega_m}{\Omega_m}+\frac{\Delta I_m}{I_m}\right) \tag{1}$$

上式中 I_a 和 I_m 分别为大气和地球中间层的惯性矩，Ω_a 和 Ω_m 分别为大气和地球中间层的角速度。Ω_m 的平均值为 0.729×10^{-4}秒$^{-1}$，Ω_a和 Ω_m 的值相差不大。

由(1)式可得

$$\Delta\Omega_a=\frac{-I_m\Delta\Omega_m}{I_a}-\frac{\Omega_m\Delta I_m}{I_a}-\frac{\Omega_a\Delta I_a}{I_a} \tag{2}$$

我们知道，惯性矩与质量成正比，而固体地球的质量比大气的质量大六个量级，所以 I_m 比 I_a 大六个量级。此外，(2)式中右边第二项和第三项都远远小于第一项，近似地可以忽略，于是 $\Delta\Omega_a$ 也比 $\Delta\Omega_m$ 大六个量级。而且，两者变化的符号相反。

从上面的讨论可以看到，虽然地球自转角速度变化($\Delta\Omega_m$)是一个小量，但可伴随大气角速度的较大变化($\Delta\Omega_a$)；而且，当地球自转角速度加快时，大气角速度减慢，相应地大气中纬向风速减慢，反之亦然。气象学家 Усманов[1]、天文学家 Сидоренков[7]、内藤勳夫[8]也都从角动量守恒原理出发得到了类似的结果。

三、气候及其环流因子对地球自转速度变化响应的若干事实

(1) 我们统计了 1956—1977 年各月地球自转速度变化的平均值。并利用 1951—1975 年 500 毫巴高度资料计算了北半球纬度 45°—65°、35°—55°以及亚洲纬度 45°—65°、亚欧 45°—65°地区各月多年平均纬向环流指数(二纬度间高度差)，同时计算了南半球纬度 45°—65°、35°—55°地区各月 500 毫巴环流指数的多年平均值。发现，当北半球夏季(7—8 月)地球自转速度最快时，南、北半球纬向环流指数也大都较低；而 3—5 月和10—12 月地球自转速度最慢，相应地南、北半球的环流指数也大都较高(图 1)，这与前一节的结论是一致的。即地球自转加快的季节，大气运动减慢；反之，当地球自转减慢的季节，大气运动加快。这个特点显然不能用太阳辐射的年变程来解释。

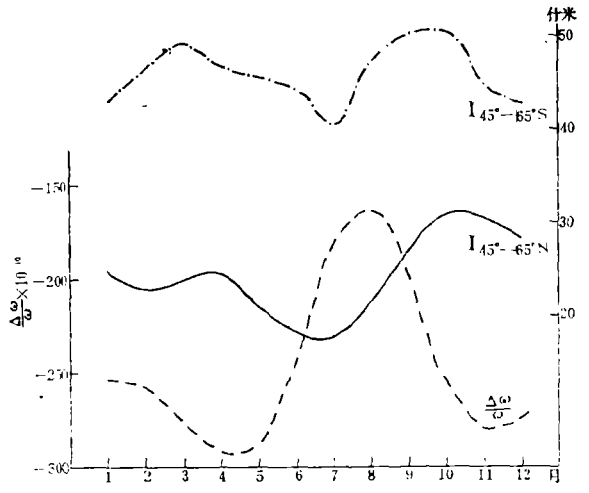

图 1 地球自转速度与南北半球纬度 45°—65° 西风指数的年变化

我们利用多年平均全球气候资料[9]计算了纬向地转风速的季节变化，其结果是，800 毫巴面上，从夏至冬(对北半球而言，以下同)，北半球平均纬向地转风速增大了 1.4 米/秒，同时南半球风速减小了 0.8 米/秒。即就全球而言，该风速增大了 0.6 米/秒。在 400 毫巴

上，从夏至冬，北半球风速增大了 7.3 米/秒，而南半球减小了 4.2 米/秒。即对全球来说，纬向地转风增大了 3.1 米/秒。我们还分析了 Mintz[10] 绘制的平均纬向大气环流图，在该图上，两个半球冬、夏季的强西风中心，都位于 200 毫巴面上下；从夏至冬，北半球西风中心平均纬向风速从 15 米/秒增加到 40 米/秒，即增加了 25 米/秒；而相应的南半球风速从 45 米/秒减小到 25 米/秒，即减小了 20 米/秒；就全球平均而言，夏季仍小于冬季的风速。可见，各个等压面上，从夏至冬，大气运动都是加快的，与地球自转减慢相对应，反之亦然。

(2) 我们计算了自 1956 年以来一些地球自转特征值时，45°—65°N、500 毫巴西风指数 $I_{45°-65°}$，其结果列于表 1（括号内数字为相应月份的多年平均值）。

表 1　地球自转速度变化[$\Delta\omega_1/\omega_1(10^0\times10^{-10})$]特征值时 $I_{45°-60°}$ 的变化

特　征　年　月	$\Delta\omega_1/\omega_1(10^0\times10^{-10})$	$I_{45°-65°}$(位势什米)
1956.7；　地转最快	−40(−180)	14.5(18.0)
1971.11；　地转最慢	−418(−280)	33.4(30.5)
1962.6；	−143(−245)	21.8(18.4)
1962.7；　较上月显快	−66(−180)	14.4(18.0)
1964.9；	−175(−201)	24.4(26.4)
1964.10；　较上月显慢	−247(−254)	30.9(31.5)

表(1) 清楚地说明，地转最快时该西风指数显著小于多年平均值，而地转最慢时，西风指数显著大于多年平均值，1962 年 7 月比 6 月地转显著加快，相应地西风指数减小了 7.4 位势什米，而从多年平均值看，6 月至 7 月西风指数仅减小了 0.4 位势什米；1964 年 10 月比 9 月地转显著减慢，西风指数增大了 6.5 位势什米，而从多年平均值看，在此期间增加了 5.1 位势什米。这些都表明，地球自转速度变化不仅在月平均西风指数上有反映，而且在一些地转速度变化剧烈的月份也有反映。

(3) 西风指数与地转速度的对应，不仅表现在季节变化上，而且表现在多年变化上。根据文献[11]提供的 1871—1960 年的资料，7 月南北半球海平面西风指数的多年变化总趋势都是明显加强的；这与该时期内地球自转速度变化的总趋势明显减慢的特点是对应的。根据 1820 年以来的资料，1871—1880 年地转最快，相应地这十年 40°—70°N 地面平均西风指数为 90 年中的最小值(−39%)，而 1902—1911 年地转最慢，相应地这十年平均西风指数也很大(+28%)。

(4) 我们考察了全球五大副热带高压强度的年变化与地球自转速度年变化的联系。副热带高压变化的资料取自文献[1]和[2]。看到地转加快的夏季(7—8 月)南、北大西洋、南、北太平洋和印度洋的副热带高压都是同时加强的，而 3—5 月以及 10—12 月地转减慢时，它们都同时减弱(图 2)，这与太阳辐射的特点是大不相同的。

(5) 从 10 年滑动平均资料来看，北半球基本环流型W，E 与地球自转速度多年变化有明显的关系。1903—1935年地球自转加快时期，W型年日数的总趋势是减小的，此后地转减慢，而该环流型年日数又增多；E 型环流年日数的多年变化，则基本相反，即地转加快，E 型增多，地转减慢，E 型减小(图 3)。W型环流频率大，对应着西风分量大的时期，

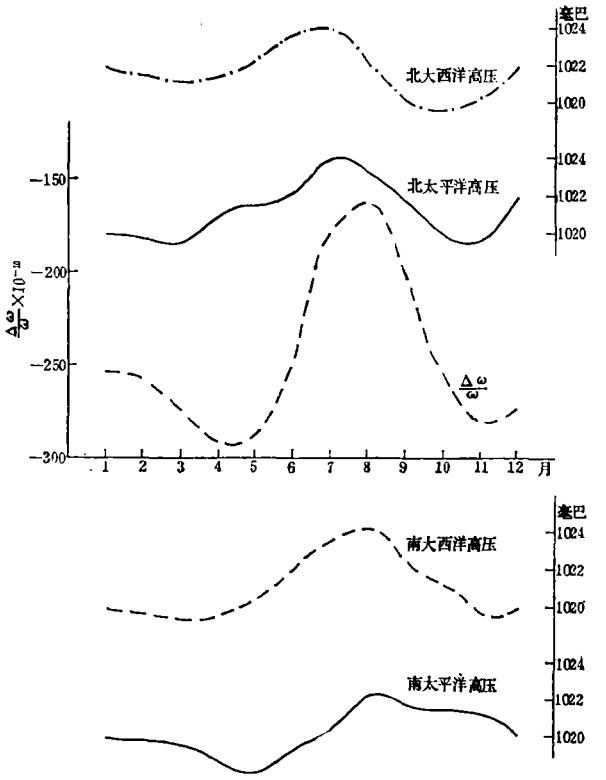

图 2 地球自转速度与各副热带高压中心强度年变化

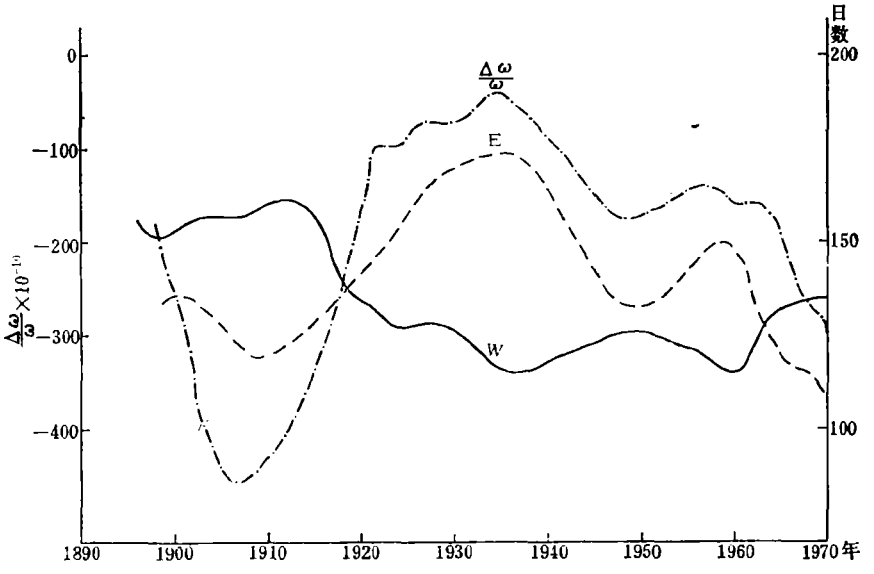

图 3 地球自转速度与W、E型环流日数多年变化10年滑动平均

而E型环流频率大则对应着西风分量小的时期；这个现象也从另一个侧面反映西风指数与地转速度变化之间的联系。我们知道，W、E、C型环流对包括我国在内的北半球许多地区的天气气候有明显的影响，因而，地球自转速度的多年变化，必然伴随大范围天气气候的变化。顺便指出，Максимов[12]等人依据地球自转速度变化、地极移动、月球潮汐和太阳活动四个因素与大气环流的联系，采用分部谐波分析方法，计算了1900—1960年W、C、E型以及 3、M_1、M_2 型环流的演变曲线，其结果与实际观测结果比较吻合。二者之间最高相关系数达0.84 ± 0.03。这也说明了地球自转速度变化对大气环流的影响。

(6) 从多年各月海平面气压图[2]上我们可以看到，全球各大洋的所有"永久性"大气活动中心位置，包括上述五大副热带高压和冰岛低压在内，都是1月偏东，7月偏西，即7月地转加快(加速度为正)时，大气活动中心向西移动；而1月地转减慢(加速度为负)时，它们都向东运动。这个特点在多年变化上也有反映。例如，地球自转加速度为正(曲线上升)的年代，7月北大西洋高压西移，反之则东移(图4)。7月印度低压中心的经度，亦有类似的多年变化趋势。上述资料取自文献[11]。这个现象是可以理解的，根据北京天文台的研究[1]，当地球自转加速度为正时，东西方向上的附加力使地壳质点向东移动；根据(2)式，大气角速度的变化与固体地球符号相反，于是，当地球自转加快时，空气质点向西移动，反之亦然。

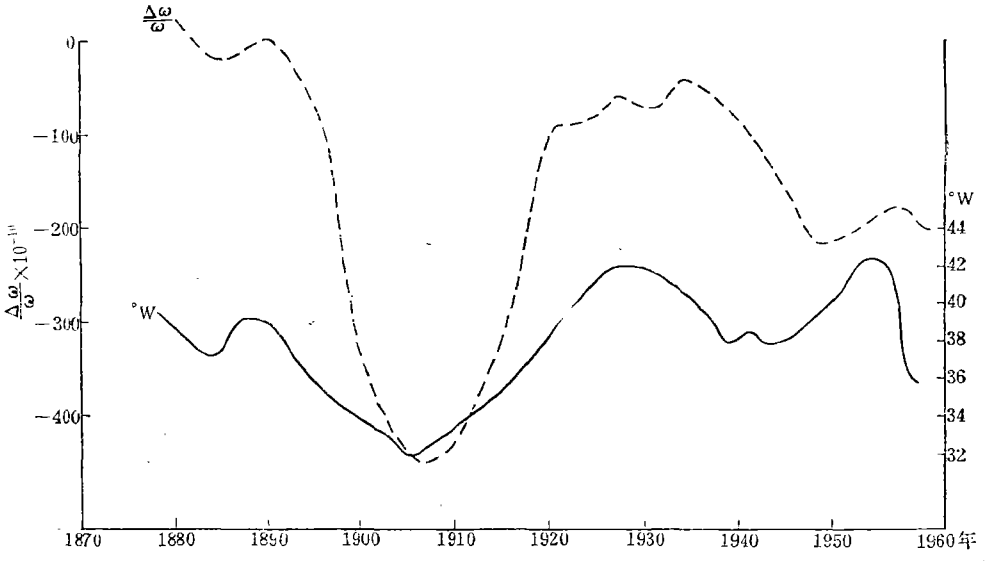

图 4　地球自转速度与7月北大西洋高压中心经度10年滑动平均

(7) 根据我们统计的近20年的资料[2]，太平洋副高脊线和588位势什米线各月纬度平均位置的变化曲线与地球自转速度的季节性变化曲线是对应的(图略)，两者呈明显的正相关。即地球自转加快时，副高脊线和588位势什米线向北移动；地球自转减慢时，它们向南移动。6—9月地球自转较快，副高脊线和588位势什米也较北；8月地转最快值，对应

1) 中国科学院北京天文台223组，我国地震与地球自转速度长期变化关系的初步分析，地震战线，1972年，第1期。
2) 见第1节脚註。

着这些线的最北位置。7月印度低压中心、北大西洋高压中心及北太平洋高压中心所在纬度的多年变化的总趋势是，地转较快的年代中心偏北；较慢的年代则中心偏南(图5)。据我们的统计，在1871—1902年自转减慢阶段，北太平洋副高平均南界为15.9°N；1903—1935年自转加快阶段，该副高平均南界为19.1°N；1936—1972年地转再次减慢阶段，该副高平均南界为14.9°N。而且，1月冰岛低压和阿留申低压以及北太平洋高压中心纬高都存在世纪南移现象，这与地球自转速度的世纪减慢是对应的。上述大气活动中心资料取自文献[11][13]。同样，根据前述北京天文台的研究，地球自转加快时，离心力南北分量使地壳质点向低纬移动，相应地空气质点向高纬移动，反之亦然。

图5 地球自转速度与7月北大西洋高压中心纬度10年滑动平均

(8) 据我们的分析，同上述大气环流与地球自转速度变化的联系相对应，我国一些地区的气候特点也与地转变化有明显的联系。例如，广东春季阴雨与地球自转速度多年变化有较好的对应。可能这种对应是通过E型环流的演变相联系的。地转加快时期，E型环流频率增大，该地区降水也增多，反之亦然。我们利用"方差法"对地球自转速度和华北年降水多年变化进行了周期分析，发现它们有共同的22年左右的周期。从22年周期分量的多年演变曲线对比(图6)来看，华北最大降水年份都出现在地转曲线的升段，而最小降水年份都出现在地转曲线的降段。我国其他一些地区也出现这种类型的降水多年变化。从我们计算的10年滑动平均曲线来看，东北年降水与地球自转速度多年变化也呈正相关。而且长江中下游等地区年降水与地转多年变化基本呈反相关(图略)，这些地区降水与地转的联系，也可能是通过E型环流的演变而起作用的。一些地区的气温与地转速度之间也有较密切的联系。例如，根据我们所作的10年滑动平均曲线，华北地区年绝对最低气温与地转速度呈反相关；即气温高处在地转曲线的下降段，气温低处在地转曲线的上升段(图略)。这与高纬地区的情况不同。挪威沿岸等高纬地区7月海温和气温都与地球自转指数呈明显的正相关[14]。这是可以理解的。在地转加快的年代，冬季的E型环流频率增加，有利于冷空气南下并使中纬降温；而夏季E型环流增强则可使高纬地区易受暖空气影响而增温。

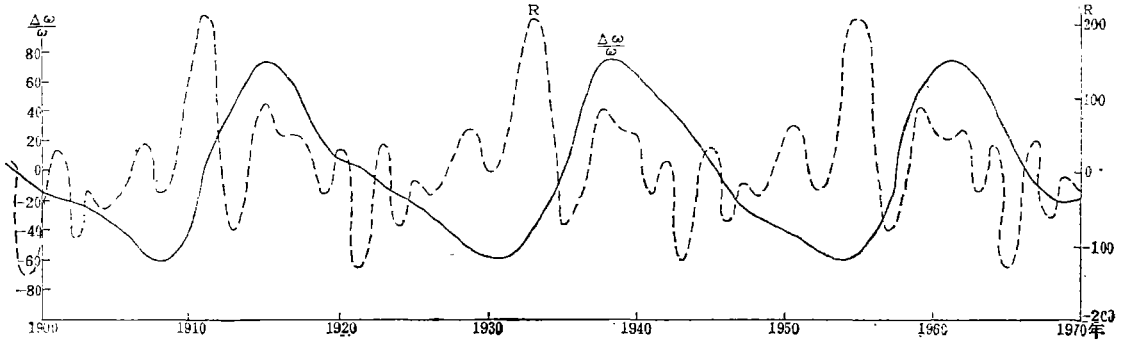

图 6　地球自转速度$\left(\frac{\Delta\omega}{\omega}\right)$与华北年降水(R)22年周期分量

(9) 我们用能谱分析和方差分析法，对地球自转速度年的资料序列进行了周期分析，得到了 52,22,11 年周期。同样，我们对若干大气环流指数和我国一些地区的气候要素进行了周期分析，得到了类似的周期。即与地球自转速度年周期相对应，大气中也存在相同的年周期。例如，1 月赤道低压南界(图 7)和 1 月西伯利亚高压北界(图略)都有53年周期。22—23年周期在气象上的反映更加普遍更加引人注目。我们的计算表明，7 月北半球40°—70°N西风指数，1 月和10月50°—60°N，60°W—60°E 西风指数都有23年左右的周期；一些大气活动中心的南北或东西摆动有22年周期；我国一些地区的降水量有22年左右的周期，华南年和 1—2 月绝对最低气温也有 22 年周期 (图 8)。11 年周期在气象上的反映，更为人们所熟知。我们知道，22 年和 11 年周期也是太阳活动的主要周期。据天文学者的研究，地球自转速度变化的一些周期可能受太阳活动周期的影响，但是前者又有其固有的特性。看来，太阳活动—地球自转速度变化—大气运动变化，是相互联结的。

四、结　　语

(1) 从以上的讨论可知，气候及其环流因子演变同地球自转速度变化的联系是有大量事实的。而且有一定的物理依据，因而是值得注意的。进一步分析可以概括出以下基本特征：就季节变化而言，地球自转从春到夏逐渐加快，北半球中纬西风指数由强逐渐变弱，赤道东风由弱逐渐变强。在这种情况下，北太平洋副热带高压从东南逐渐向西北推移。我国的雨带也从华南向长江流域然后向华北、东北地区推移。就多年变化而言，地球自转速度加快的年代，W型环流频率减少而 E 型环流频率增加，北半球中纬西风带减弱而赤道东风带加强。在这种情况下，北太平洋副热带高压带偏西偏北。相应地，与常年相比，东北地区多雨而长江中下游少雨；反之亦然。华北地区的降水量则介乎前二区之间，地转速度的升段降雨较多，其降段则降雨较少。

(2) 既要看到地球自转速度变化对大气环流和气候演变的可能影响，又不能片面强调它的作用。对于短时间尺度，其作用是不显著的。地球自转的速度变化主周期为几十年，可能还有更长的周期。因此，这种长期变化影响大气环流和气候的时间尺度主要为几十年或更长时间。地球自转速度的季节变化值接近其最大年变化值，所以其季节变化在大气环流和气候上也有明显的反映。此外，地球自转速度变化只是影响大气环流和气候

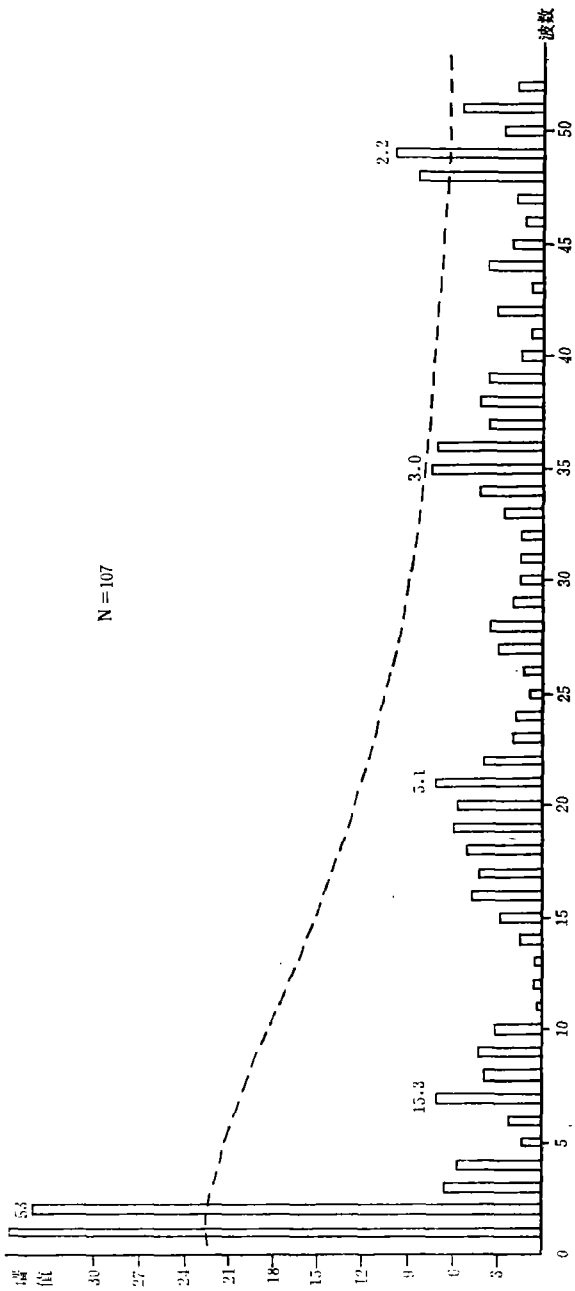

图 7. 1月赤道低压南界能谱

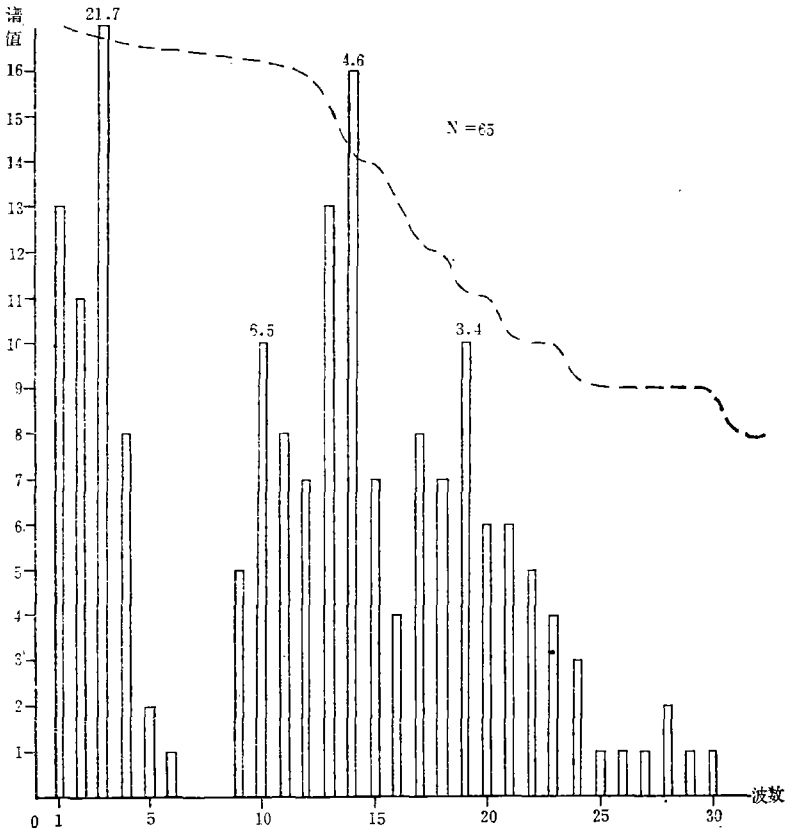

图 8　华南年绝对最低气温能谱

演变的一个因子，还应该同时考虑其他因子的作用。例如，地极移动、月球潮汐和太阳活动等；而且这些因子对大气环流和气候演变的作用是有机地联系在一起的。

参 考 文 献

[1] Усманов, Р. Ф., Влияние изменения скорости вращения земли на общую циркуляцию атмосферы, труды цип., вып. 104, 1961.
[2] Атлас океанов, СССР, 1971.
[3] 彭公炳、陆巍、殷延珍，地极移动与气候的几个问题，大气科学，1980年，第4期。
[4] 彭公炳、陆巍，气压场和大气活动中心对地极移动的若干响应，地理学报，1981年，第1期。
[5] Hunt, B. G., The influence of the earth's rotation rate on the general circulation, *Journal of the atmospheric sciences*, **36**, 1979.
[6] 叶笃正、朱抱真，大气环流的若干基本问题，科学出版社，1958.
[7] Сидоренков, Н. С., Исследование момента импульса атмосферы, *Физика атмосферы и океана*. **12**, No 6, 1976.
[8] 内藤勲夫，大気海洋と地球回転，天気，№ 11, 1977。
[9] Schutz, C., and Gates, W. L., Global climatic date for surface, 800 mb, 400 mb, 1971—1972.
[10] Mintz, V., The observed zonal circulation of the atmosphere, *BAMS*, **35**, № 5, 1954.
[11] 王绍武，大气环流的多年振动(下)，气象学报，第35卷，第2期，1965。
[12] Гирс, А. А., Многолетние колебания атмосферных циркуляции и долгосрочных Гидрометеорологических прогнозов, Гидрометеоиздат, 1971.
[13] 王绍武，大气环流的多年振动(上)，气象学报，第34卷，第4期，1964。
[14] Максимов, И. В. и др., Океан и космос, Гидрометеоиздат. 1970.

SOME RESPONDENCES OF CLIMATE AND ITS CIRCULATION FACTOR TO THE VARIATION OF EARTH ROTATION

Peng Gong-bing Lu wei Yin Yan-zhen

(Institude of Geography, Acondemia of Sinica)

Abstract

In this paper, the authors present a series of facts which can be used to explain the relationships between climate, included its circulation factor, and variation of earth ratation, and make interpretation about their relationships in physical respect. The space characters and time scales of weather-climate influenced by the variation of earth rotation's velocity have been discussed.