

北半球增暖对我国气候的影响

屠其璞

(南京气象学院)

摘要 本文在分析100多年来北半球平均气温长期变化基本特征的基础上,讨论了北半球气温变化对我国气候变化的影响。结果表明,我国大范围气温距平与北半球平均气温有显著的正相关,长江中下游和华北平原的温度距平值平均为北半球平均气温距平的1.4—1.6倍。还表明,我国降水距平分布与北半球气温变化也有一定的联系。在北半球平均气温偏高和偏低年份,欧亚地区500hPa环流特征的差异是显著的。这表明,我国大范围气候距平与北半球平均气温距平的统计相关是有一定的物理基础的。

关键词 北半球, 气温, 气候影响

在过去的100多年中,北半球平均气温的变化是十分明显的^[1]。全球气候作为一个总体,可以看作是我国气候变化的背景;另一方面,我国气候变化也对全球平均气候状况的变化给出一定的方差贡献。由于大气中CO₂浓度增加以及由此可能引起的全球增暖已经得到普遍重视,全球气候增暖背景上区域气候的变化问题也得到越来越多的关注。Wigley^[2]认为,鉴于用数值模拟方法研究CO₂增加时,区域气候变化的细节尚有许多困难,研究全球温暖年份气候距平分布特征有可能为我们提供CO₂增加时区域气候变化的初步认识。分析表明^[3],我国近百年来气候变化与半球范围气候变化是有一定联系的。在这里,我们将对全球气温变化与我国气候变化的关系作进一步分析,以期有助于认识我国未来可能发生的气候变化。

1 100多年来北半球平均气温的变化

在过去100多年中北半球平均气温的变化,作为我国气候变化的背景,值得从各种角度加以深入地分析。Jones^[4]等人在收集更多的观测资料的基础上,重建了1851—1984年北半球平均气温序列,为研究北半球平均气温变化提供了良好的基础。对各月标准化月平均气温作主成分分析,则北半球各月标准化月平均气温序列可以表示为

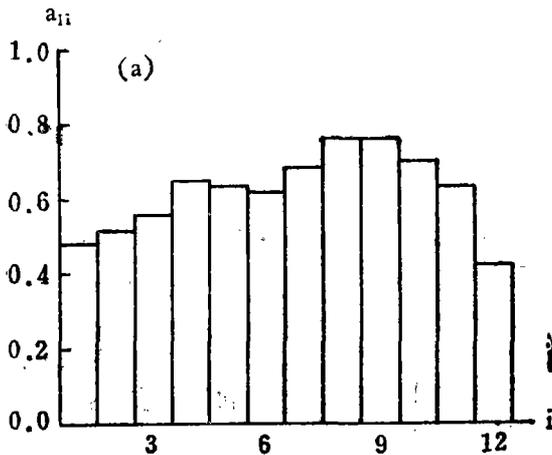
$$T_{it} = \sum_{k=1}^{12} a_{ki} P_{kt} \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, 12 \\ t=1, 2, \dots, 134 \end{matrix} \quad (1)$$

式中 T_{it} 为标准化月平均气温, i 为月序号, t 为年序, a_{ki} 为主成分荷载, P_{kt} 为主成分, k 为主成分序号, 按主成分对序列方差贡献大小顺序排列。表1给出各主成分对月平均气温序列的方差贡献。对主成分的方差贡献显著性检验表明, 前五个主成分的方差贡献在信度 $\alpha = 0.05$ 时达到了显著标准。图1给出北半球月平均气温第一主成分荷载及第一主成分时间序列。由图可见, 各月第一主成分荷载都取正号且数值上相当接近。因此, 第一主成分可以看作是各月平均气温长期变化的共同特征。实际上, 第一主成分序列与

表1 北半球月平均气温主成分对序列的方差贡献(%) (1851—1984)

主成分序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
方差贡献	37.0	13.0	9.9	8.4	7.8	6.3	4.4	3.8	3.0	2.5	2.2	1.9

北半球年平均气温序列是十分接近的。对第一主成分用三阶二节点样条函数^[5]拟合长期趋势函数, 即令长期气候趋势函数



$$F(t) = \begin{cases} F_1(t) & 1 \leq t \leq 45 \\ F_2(t) & 45 < t \leq 90 \\ F_3(t) & 90 < t \leq 134 \end{cases} \quad (2)$$

在样条函数的节点 $\tau_1 = 45, \tau_2 = 90$ 处, $F(t)$ 及其一阶、二阶导数连续

$$\begin{cases} F_i(\tau_k) = F_{i+1}(\tau_k) \\ F_i'(\tau_k) = F_{i+1}'(\tau_k) \\ F_i''(\tau_k) = F_{i+1}''(\tau_k) \end{cases} \quad \begin{matrix} i=1, 2 \\ k=1, 2 \end{matrix} \quad (3)$$

式中 $F_i(t)$ 是时间的三次多项式

$$F_i(t) = b_{0i} + b_{1i}t + b_{2i}t^2 + b_{3i}t^3 \quad (4)$$

其系数由最小二乘法求得。图1b中气候趋势函数由平滑曲线给出。由图可见, 从上世纪末开始, 北半球平均气温出现持续上升趋势, 在40年代中期趋势值达极大值, 在这一期间, 第一主成分趋势值平均年际增加率为0.40/10年。40年代中期以后, 北半球平均气温第一主成分趋势值下降,

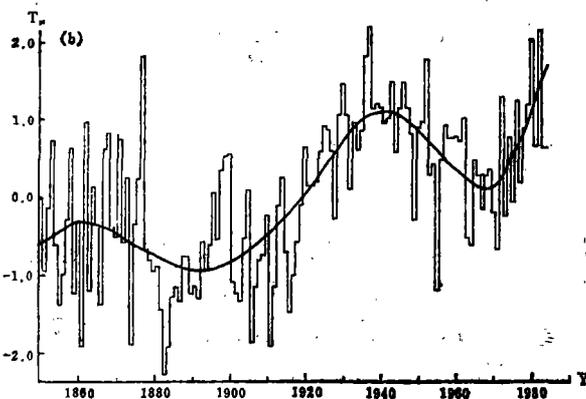


图1 a.北半球月平均气温第一主成分荷载分布
b.北半球月平均气温第一主成分时间序列

在60年代末到极小值; 70年代开始, 主成分趋势值重又急剧上升; 到80年代初, 北半球平均气温第一主成分趋势值已接近40年代中期, 形成了近百年中第二个温暖时期。

图1a表明, 北半球第一主成分荷载有明显的年变化: 夏、秋季荷载最大, 春季次之, 冬季最小。统计第一主成分对各月平均气温序列方差贡献(表2)表明, 第一主成分对秋季各月平均气温的方差贡献约为第一主成分对冬季各月方差贡献的两倍。所以, 就100多年中气温的长期趋势的统计显著性而言, 秋季最为显著, 夏季次之, 冬季最不显著。由于冬季气温自然变率最大, 夏季最小, 所以, 温度长期趋势的绝对幅度仍以冬季为最大。

表2 北半球月平均气温第一主成分对各月平均气温序列的方差贡献(%)

季 节	春(3, 4, 5月)	夏(6, 7, 8月)	秋(9, 10, 11月)	冬(12, 1, 2月)
1 月方差贡献	37.5	39.3	43.6	22.3

在增暖过程中, 由于冬季增暖幅度大于夏季, 导致了年温度振幅与年平均气温相反的长期趋势。分组统计逐年北半球平均气温在不同区间取值时温度年振幅距平的结果(表3)表明, 年平均气温偏高年份, 温度年振幅平均偏小; 反之, 在年平均气温偏低的年份, 温度年振幅偏大。

表3 北半球平均气温距平取不同数值时气温年振幅距平的平均值

北半球平均气温距平	<-0.40	-0.40 -0.20	-0.20 0.00	00.0 0.20	>0.20
年平均温度振幅	0.73	0.07	0.03	-0.03	-0.17

数值模拟的研究结果表明, 当大气中CO₂浓度加倍时, 全球年平均气温将明显升高, 尽管不同的研究者用不同的模式得出的增温幅度不完全相同, 但大多数研究者倾向于CO₂加倍引起的全球增暖幅度大约在3℃左右^[6]。Jones^[6]等的研究表明, 在过去100多年中, 南北两个半球温度长期变化趋势十分相似, 增暖幅度也大致相当。如果全球CO₂浓度加倍时北半球增暖幅度也在3℃左右, 那么按表3给出的关系推算, 北半球平均气温年振幅将减小1.0℃左右。

2 北半球温暖时期我国的温度特征

当大气中CO₂浓度增加时, 预计全球将会显著增暖。在全球增暖时, 我国气候将怎样变化? 为了回答这个问题, 考察北半球温暖时期我国的气候特征是会有所帮助的。

表4给出北半球年平均气温距平取不同数值时, 散布在我国不同气候区内42个代表测站^[3]年平均气温第一主成分平均值。在1881—1980年间, 北半球年平均气温距平平均值为-0.10℃(以1951—1970年为参照期), 所以, 表中第三组所代表的北半球平均气温取值区间恰好落在累年平均值附近。我国年平均气温第一主成分荷载各站均取正值且分布相当均匀^[3], 所以, 可以看作是我国各地气温的加权平均值。当42站年平均气温第一主成分取正值时, 我国大部分地区有明显的气温正距平; 反之, 当第一主成分取负值时, 全国大范围气温偏低。表4表明, 当北半球偏暖时, 我国年平均气温第一主成分平

表4 北半球年平均气温在不同区间取值时, 我国42站年平均气温第一主成分的平均值(1881—1980年)

北半球平均气温距平 (T_N)	< -0.40	-0.40 -0.20	-0.20 0.00	0.00 0.20	> 0.20
中国气温第一主成分 (P_1) 平均值	-1.27	-0.64	-0.64	0.80	1.90
P_1 的均方差	1.22	1.37	1.37	1.62	0.80
$P_1 > 0$ 频数	0	4	13	27	7
$P_1 < 0$ 频数	12	21	13	3	0
观测次数	12	25	23	30	7

均取正值, 全国大范围温度偏高的概率偏大。根据1881—1980年间和1951—1980年间的观测资料, 可以求得北半球年平均气温距平与我国42站年平均气温第一主成分的统计关系分别为

$$P_1 = 0.33 + 3.25T_N \quad (5)$$

和

$$P_1 = 0.17 + 2.99T_N \quad (6)$$

由不同的资料求得两个关系式是相当接近的。它们表明, 在过去的100多年中, 我国气温与北半球平均气温的统计联系特征是相当稳定的。上述两个一元回归方程的相关系数分别为0.743和0.675, 可以说, 我国气温与北半球平均气温的统计联系也是相当密切的。根据各站年平均气温主成分荷载值 a_{1i} 和各站年平均气温均方差 S_i , 可以计算与主成分值变化相应的各站年平均气温变化 ΔT_i :

$$\Delta T_i = a_{1i} \cdot S_i \cdot \Delta P_1 \quad (7)$$

而根据(5)、(6)式, 北半球平均气温偏高 1°C 时, 我国年平均气温主成分平均增加3.0—3.3, 由此可以求得北半球气温偏高 1°C 时, 我国各地年平均气温距平平均值(图2)。

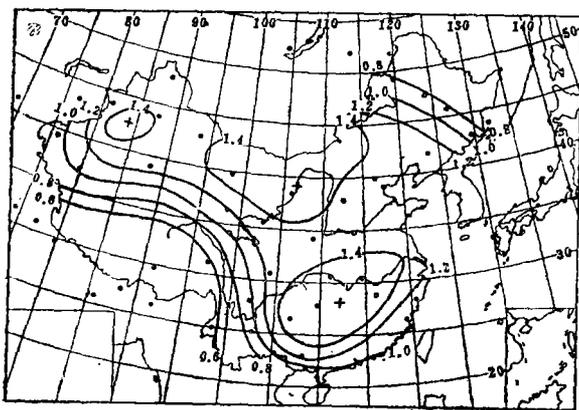


图2 北半球年平均气温偏高 1°C 时我国年平均气温距平平均值

从图2可见, 当北半球平均气温偏高时, 我国大部分地区气温正距平平均值大于北半球平均气温距平, 其中尤以长江下游和华北平原北部最为突出, 平均温度距平可望达到北半球平均温度距平的1.4—1.6倍以上, 东北地区北部、新疆地区和青藏高原, 是温度距平较小的地区, 温度距平值约为北半球平均气温距平的0.4—0.8倍。 CO_2 浓度加倍时, 如果北半球平均气温增高 3°C , 那么, 我国大部分地区可能增暖4— 5°C 左右。

平均气温升高, 将使以温度状况为主要标志的气候带明显北移。我国东部地区年平均气温随纬度变化大致可用经验公式

$$T = 27.67 - 0.0713\varphi - 0.0099\varphi^2$$

描述。经向温度梯度 $\partial T/\partial\varphi = -0.0713 - 0.0198\varphi$ 。由此, 可以推算出北半球平均气温升高 1°C 时我国东部地区气候带的位移(表5)。在 $25-30^\circ\text{N}$ 纬度带内, 由于增暖幅度大, 温度梯度小, 温度带位移最明显; 我国东北地区, 增暖幅度小, 温度梯度大, 气候带位移最小。

表5 我国东部地区在北半球平均气温升高 1°C 时气候带位移距离

纬度带范围	20—25°N	25—30°N	30—35°N	35—40°N	40—45°N	45—50°N
平均气温距平($^\circ\text{C}$)	0.99	1.41	1.39	1.73	1.40	0.77
平均气温梯度($^\circ\text{C}/\text{纬距}$)	-0.52	-0.54	-0.71	-0.81	-0.91	-1.01
气候带位移(纬距)	1.70	2.61	1.96	1.64	1.54	0.77

如果 CO_2 加倍之后北半球平均气温升高 3°C , 那么, 由于气候带的位移, 黄河流域的气温状况将变得与今日的长江流域相似, 这样明显的变化可能产生的社会、经济影响无疑是十分值得重视的。

3 北半球温暖时期我国的降水量

与温度相比, 我国降水距平在北半球温暖时期的分布较为复杂。表6给出1881—1980年间北半球平均气温取不同值时我国42个代表测站年降水量前三个主成分的平均值。从表可见, 第一主成分与北半球平均气温的统计联系并不明显, 而第二、第三主成分随北半球平均气温的变化却是相当有规律的。我国年降水量第二主成分荷载代表的降水量距平分布以长江流域、华北平原和东北地区呈明显的负距平为特征, 第三主成分荷载则以我国长江以南广大地区及河西走廊取明显正值为特点^[7]。类似于前面讨论温度变化时用的方法, 可以求得北半球气温偏高时主成分的变化以及相应的各地年降水量的变化。计算结果表明, 在北半球温暖时期, 我国江南地区和东北地区降水量偏多, 其中尤以苏、浙、闽沿海增加最为明显; 同时, 我国西北地区降水偏少, 降水量从东南向西北递减的特征更为突出。

用方差分析法对表6给出的降水主成分平均值作差异显著性检验的结果表明, 北半球平均气温取不同数值时我国年降水量前三个主成分平均值的差异都未能达到信度 $\alpha = 0.05$ 时的显著标准。这表明, 我国降水距平分布特征与北半球平均气温之间的统计联系远远不如我国气温距平与北半球平均气温之间的关系那么容易肯定。实际上, 在关于 CO_2 加倍可能引起的全球气候变化的数值模拟研究中, 对于全球气候增暖几乎没有异议, 而对于与此相应的降水区域分布的变化, 则各种不同模式出入很大, 有的地区不同模式得到的距平符号都可以不同。这些都表明了降水变化的复杂性, 只有待观测资料进

一步积累后,才可能使结论更趋明朗。

表6 北半球平均气温取不同值时我国42站年降水量主成分平均值(1881—1980)

北半球平均气温距平		≤ -0.40	-0.40 -0.20	-0.20 0.00	0.00 0.20	> 0.20
P ₁	平均值	-0.01	-0.08	0.11	0.05	-0.28
	均方差	0.25	0.33	0.59	0.51	0.46
P ₂	平均值	0.31	0.01	-0.05	-0.02	-0.23
	均方差	0.30	0.52	0.69	0.43	0.58
P ₃	平均值	-0.06	-0.11	-0.11	0.11	0.49
	均方差	0.45	0.47	0.54	0.64	0.79

4 北半球温暖时期亚欧500hPa环流特征

对1951—1980年间1,7两月10—70°N, 10—150°E范围内10°×10°网格点上500hPa等压面高度作主成分分析,统计前三个主成分在北半球月平均气温偏高、偏低年份

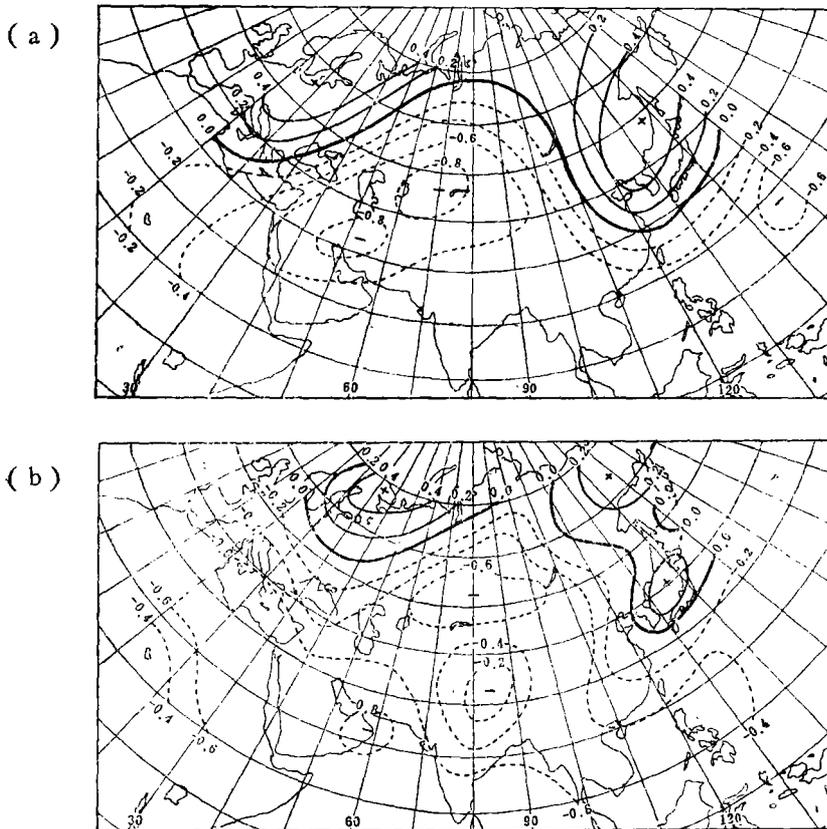


图3 亚欧500hPa高度第一主成分荷载分布 a.1月, b.7月

的平均值并作差异显著性检验的结果表明:1, 7 两月500hPa高度场第一主成分在北半球偏暖和偏冷年份的差异是统计显著的($\alpha=0.05$),其它主成分差异则不显著。无论是1月还是7月,在北半球温暖时期,亚欧地区500hPa高度第一主成分的平均值都是负值。

1月500hPa高度第一主成分荷载在亚欧大部地区均为负值,负荷载中心在 50°N , 70°E 附近;此外,在 50°N , 140°E 和 60°N , 20°E 处各有一个正荷载中心。在北半球1月平均气温偏高的9年中,500hPa高度第一主成分平均为负值,这意味着在北半球温暖时期亚欧大部分地区500hPa高度正距平占优势;与此同时,东亚平均长波槽和大西洋平均脊所在位置出现显著的高度负距平。如果简单地考虑与上述环流特征相应的经向空气质量输送的增加,是很难解释与此联系的我国大范围温度正距平的。由此可见,与北半球气温偏高(偏低)同步的我国气温变化主要不是半球范围内热量分布改变的结果,而可能是与半球范围内热量收支及改变有关。

7月500hPa高度第一主成分荷载分布与1月很相似:亚欧大部分地区为负荷载,在西北欧和西北太平洋各有一正荷载区。与1月不同的是,7月负荷载分布的范围更大,在 90°E — 110°E 之间,各个纬度带都是负荷载区。在北半球7月平均气温偏高的年份,亚欧地区副热带高压以势力强、范围广为特点,而通常位于东亚大陆上空的长波槽则显得比较平浅。

亚欧地区环流特征在北半球平均气温偏高、偏低年份的显著差异表明,北半球平均气温与我国大范围温度距平的统计联系是有一定的环流背景的,或者说,可以看作是一定的大气运动过程的反映,在一定的条件下也将是相对稳定的。

5 结 论

通过上述分析,对于北半球温暖时期我国气候的特征可以有下列几点基本认识:

1. 在北半球平均气温偏高年份,我国绝大部分地区气温明显偏高,其中以长江中下游地区、华北平原北部最为明显;温度正距平的平均幅度可达北半球平均气温距平的1.4—1.6倍。我国东北地区和青藏高原,温度正距平幅度比较小,大致为北半球平均气温距平的0.4—0.8倍。

2. 如果大气中 CO_2 浓度加倍,北半球平均气温升高 3°C 左右,那么以温度为主要标志的气候带将明显北移,黄河流域的温度状况将可能与现今长江流域的温度状况相似。

3. 北半球温暖时期,我国东南沿海降水量偏多,西北地区降水量偏少。但是,根据现有资料,这种变化尚未能达到一定信度下的统计显著标准。

4. 北半球气温偏高时,1月和7月亚欧地区500hPa环流特征对平均状况的差异是显著的。欧亚大部分地区500hPa高度出现明显的正距平,只是在西北欧和西北太平洋各有一负距平区。

参 考 文 献

- 2 Wigley T M L et al. Nature, 1980; 283 (5742): 17—21
- 3 屠其瑛.南京气象学院学报, 1984; 7(2): 151—162
- 4 Jones P D. Climate Monitor, 1985; 14(1): 14—21
- 5 中国科学院计算中心概率统计组. 概率统计计算, 北京: 科学出版社, 1979; 175—180
- 6 Jones P D et al. Climate Monitor, 1987; 16(5): 175—185
- 7 屠其瑛.南京气象学院学报, 1987; 10(2): 177—187

THE EFFECT OF THE NORTHERN HEMISPHERE WARMING ON THE CLIMATE CHANGE IN CHINA

Tu Qipu

(Nanjing Institute of Meteorology)

Abstract Based on the analysis of the long-range variation of the Northern Hemisphere mean temperature(NHMT), the effect of the NHMT variation on the climate in China is discussed. It is shown that there is a significant positive correlation between the temperature anomalies in China and the NHMT, and the temperature anomaly in the middle and lower reaches of the Changjiang River and the North China Plain is about 1.4-1.6 times in magnitude as large as the NHMT anomaly. It is also shown that the precipitation anomaly in China is correlated with the NHMT. The significant difference of the 500hPa atmospheric circulation over Eurasia between the warm and cold years in the Northern Hemisphere shows that the statistical correlation between the climate in China and the NHMT can be interpreted by some physical processes.

Key words the Northern Hemisphere, air temperature, climate change