

中国及周边地区气温年代际变化的研究*

王 琼 张 铭

(解放军理工大学气象学院, 南京 211101)

摘 要 利用 NCEP/ NCAR 资料对中国及周边地区的气温场作了分析, 发现该区域各季节、各高度上的气温 10 年滑动距平场均有明显的年代际变化, 500 hPa 冬、夏季威海地区和日本海地区该气温距平场则有明显的反相关和“跷跷板”现象, 且这两地区 500 hPa 年平均气温变化均含有 10 年的振荡周期。

关键词: 气温; 年代际变化; 威海; 日本海

1 引言

同全球气候变化相似, 中国及周边地区的气候变化也有其多时间尺度特征^[1,2]。年代际变化则是气候变化中非常重要的一环, 其研究一直受到人们的重视^[3,4]。气温的变化比较复杂, 除日变化、年变化这类周期性变化以外, 还包含有准周期和非周期性大型过程所引起的缓慢气候变化^[5]。采用 10 年滑动平均, 可滤去 10 年以下的气候波动, 而突出年代际的气候变化。因此本文采用 10 年滑动平均的方法, 分别对不同季节和不同层次上的各气象要素场进行处理, 得到它们相对于 40 年平均值的 10 年滑动距平场, 并用以研究中国及周边地区气温的年代际变化。此外为配合当前西部大开发的需要, 本文也将我国西北地区(大体指新疆、青海、甘肃、陕西、内蒙古西部等地区, 下同)作为讨论的重点。

本文采用美国国家环境预报中心(NCEP)和国家大气研究中心(NCAR)通过 CDC (Climate Diagnostic Center) 发行的全球大气 40 年再分析资料。资料年代为 1958~1997 年, 格距为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 经纬网格, 网格点数为 144×73 , 范围为 ($90^{\circ}\text{N} \sim 90^{\circ}\text{S}$, $0^{\circ} \sim 180^{\circ}\text{E}$ 和 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}\text{W}$)。该资料在垂直方向共有 17 层标准等压面, 即 1 000、925、850、700、600、500、400、300、250、200、150、100、70、50、30、20、10 hPa。

2 我国西北地区气象要素场的年代际变化

本文用 1、4、7、10 月份来代表冬、春、夏、秋四季。表 1 给出了我国西北地区各季节、各层次、各气象要素滑动 10 年距平中心的变化情况。由表可见, 我国西北地区各季节、各层次、各气象要素场的年代际变化十分明显。

2002-10-08 收到, 2003-06-25 收到再改稿

* 国家重点基础研究发展规划项目“我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究”(G1998040900)资助

表1 1958~1997年我国西北地区各季节、各气象要素场的距平中心变化情况

月份	层次/hPa	气温	位势高度	西风风速	比湿	南风风速
1	1000	-7+18-26+31	+4-18+31	-5+19-31	-11+17-31	-7+17-31
1	850	-7+18-24+31	+4-18+31	-5+19-31	-9+17-28+31	-7+17-31
1	500	-8+18-22+31	+3-19+31	-6+20-24+31	—	-8+18-31
1	200	-16+31	+4-21+31	-8+17-20+31	—	-9+19-31
4	1000	+10-14+17-31	-10+31	+19-31	—	+10-13+17-31
4	850	+10-14+17-31	-10+31	+19-31	—	+10-13+17-31
4	500	+17-31	-11+31	+19-31	—	+9-14+17-31
4	200	+12-22+26-31	+24-31	-10+31	—	+8-15+18-31
7	1000	+9-31	-13+31	+8-31	+15-31	+10-31
7	850	+9-31	13+31	+8-31	+15-31	+10-31
7	500	+10-31	-15+31	+9-31	—	+10-31
7	200	+10-20+26-31	+10-20+31	+5-16+31	—	+9-31
10	1000	-10-31	-13+31	+17-31	—	+10-31
10	850	+10-31	-13+31	+17-31	—	+10-31
10	500	+12-31	-13+31	+17-31	—	+11-31
10	200	-9+14-22+31	-12+31	-9+18-22+31	—	-8+15-20+31

注：“—”表示未作统计。

表中间的数值表示距平的变化，例如，-7+18-26+31代表开始该距平为负，到第8个滑动10年时则变为正距平，然后正距平一直维持到第18个滑动10年，之后又变为负距平，该负距平一直维持到第26个滑动10年，以后再变为正距平，最后正距平一直持续到第31个滑动10年（最末一个滑动10年）。

3 我国及周边地区气温场的年代际变化

由于500 hPa以下各层温度距平场的分布基本一致，这里用500 hPa的结果作为代表。200 hPa温度距平场的分布在秋、冬、春季与500 hPa以下有较大差别，而夏季则差别不大。因篇幅所限，下面仅以500 hPa和200 hPa第1个与第31个滑动10年的温度距平图为例来讨论该问题。

3.1 冬季

1月500 hPa，相对于40年同期的平均温度场，第1年的滑动平均温度距平，威海及我国华南地区有明显的正温度距平中心存在，我国西北地区、日本及朝鲜半岛有明显的负温度距平中心（图1a）；到第31年，威海的正温度距平中心已转为负温度距平中心，日本及朝鲜半岛的负温度距平中心则转为正温度距平区，中心在日本以东，孟加拉湾到波斯湾还有一正温度距平区（图1b）。

从表1可看出，200 hPa上温度距平场的变化与低层不同步，甚至相反。200 hPa第1年的滑动平均温度距平，由威海经青藏高原到长江口以东为负温度距平区（图1c）；而在第31年该区域则反转为正温度距平区（图1d）。

3.2 春季

4月500 hPa第1年的滑动平均温度距平，有一个大的正温度距平中心位于渤海，正温度距平区覆盖我国大部地区；在第31年该正温度距平区已反转为负温度距平区；200 hPa上温度距平的分布也与低层不同（图略）。

3.3 夏季

7 月 500 hPa 第 1 年的滑动平均温度距平，我国华北有一明显的正温度距平中心，威海有一个负温度距平中心（图 2a）；在第 31 年上述两地区的温度距平也发生了倒转（图 2b）。

7 月 200 hPa 层上，温度距平场的变化与中低层的差别不是很大，第 1 年的滑动平均温度距平，我国华北地区也有一明显的正温度距平中心（图 2c）；在第 31 年该地区的温度距平同样发生了倒转（图 2d）。

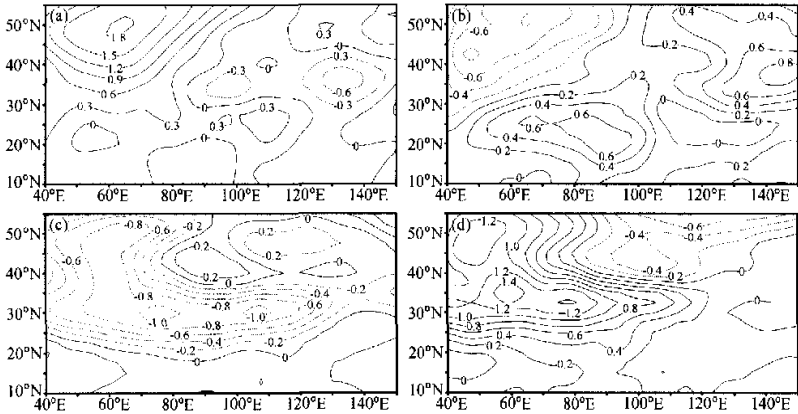


图 1 1 月滑动 10 年的温度距平（单位：℃）
(a) 500 hPa 第 1 个滑动 10 年；(b) 500 hPa 第 31 个滑动 10 年；
(c) 200 hPa 第 1 个滑动 10 年；(d) 200 hPa 第 31 个滑动 10 年

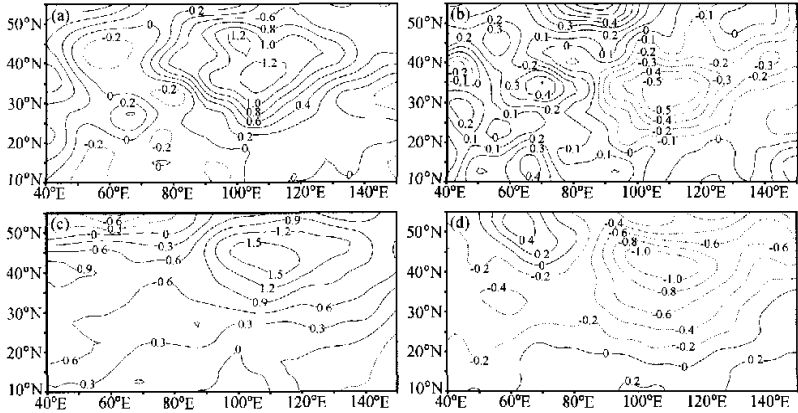


图 2 7 月滑动 10 年的温度距平（单位：℃）
(a) 500 hPa 第 1 个滑动 10 年；(b) 500 hPa 第 31 个滑动 10 年；
(c) 200 hPa 第 1 个滑动 10 年；(d) 200 hPa 第 31 个滑动 10 年

3.4 秋季

10月份500 hPa第1年的滑动平均温度距平,从库页岛经我国东北、华北、西北至伊朗为一正温度距平带,华北有明显的正温度距平中心,其为负距平区变温中心;在第31年该带上的温度距平发生了倒转。200 hPa上温度距平的分布同样与低层不同(图略)。

由以上分析可见我国及周边地区各季节、各高度上气温的年代际变化是明显的,第1年与第31年滑动平均温度距平往往有反位相的趋势。

4 威海地区和日本海地区气温距平的相关性分析

在500 hPa,我国西北、中亚、西亚和西太平洋上经常有大的距平中心存在,它们之间有些有较好的相关性。表2给出了日本海地区(125~136°E, 32~38°N)和威海地区(55~66°E, 42~48°N)500 hPa上1月、7月温度场和高度场的10年滑动平均场相对40年平均场的距平符号及其随年份的变化情况。

从表中可见,冬、夏两季威海地区和日本海地区的温度距平有着很好的负相关,其负相关比率高达90%,且有明显的“跷跷板”现象,即当威海地区为正距平时,日本海地区则为负距平,反之亦然。在高度距平上,冬季也有上述温度距平的特点,但夏季这种相关关系却不好。

为进一步研究威海地区和日本海地区500 hPa气温距平的“跷跷板”现象,本文分析了其气温距平的变化趋势。这里采用三次多项式来拟合两地区500 hPa上气温滑动10年平均的距平序列,其拟合函数方程为

$$Y = A + BX + CX^2 + DX^3,$$
 (1)

式中, X 表示时间坐标, X 的取值范围为1到31,分别代表第1个滑动10年(1958~1967年)、第2个滑动10年(1959~1968年)、……、第31个滑动10年(1988~1997年); A 、 B 、 C 、 D 则为系数。图3a、b分别给出了1月和7月在威海地区和日本海地区的拟合曲线。由图可见,不论是1月还是7月,威海地区和日本海地区500 hPa温度距平上均存在明显的“跷跷板”现象;另外,在日本海地区冬季该温度距平有一明显的长期增暖趋势。

表2 日本海地区 and 威海地区 500 hPa 温度场、高度场的距平符号

1月日本海地区温度场:	- - - - - + + + + + + + + + + + + + - - - - - + + + + +
1月威海地区温度场:	+ + + + + - - - - - - - - - - - + + + + + + + + - - - - -
7月日本海地区温度场:	+ + + + + + + + + + + + + + - - - - - + + + + + + + + + + +
7月威海地区温度场:	- - - - - - - - - - - - - - - + + + + + + + + + + + + + + +
1月日本海地区高度场:	- - - - - + + + + + + + + + + - - - - - - - - - + + + + + + +
1月威海地区高度场:	+ + + + + - - - - - - - - - - - + + + + + + + + - - - - -
7月日本海地区高度场:	- - - - - - - - - - - + + + + + + + + + + - + - - - - + + + +
7月威海地区高度场:	- - - - - - - - - - - - - - - + + + + + + + + + + + + + + + + +

注: +、-表示正负距平

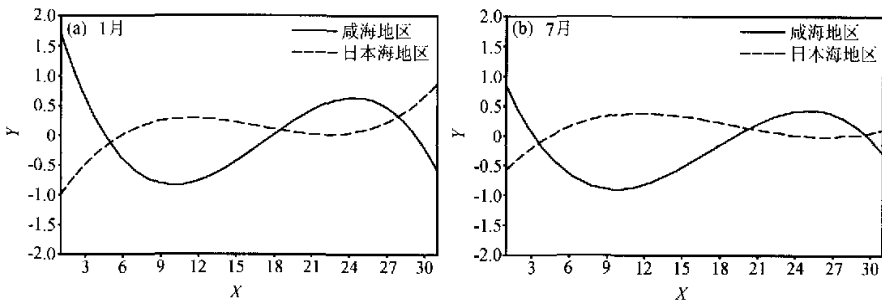


图3 500 hPa 气温距平变化趋势 (单位:℃)
(a) 1月; (b) 7月

5 威海地区和日本海地区 500 hPa 年平均气温的周期变化

气温变化过程,除长期变化趋势外,主要是周期变化。分析这种周期变化,通常采用谐波分析、方差分析、周期图和功率谱分析方法。利用谱分析方法不仅能分析整数长度的周期,也能分析非整数长度的周期。本文选取点 I(55°E, 48°N)(位于威海地区)和点 II(136°E, 38°N)(位于日本海地区),对其上 500 hPa 年平均气温变化的周期性进行了研究。

因本文气温的序列长度 $n=40$ 年,故取最大时间后延 $m=4/n=10$ (年) 来计算自协相关函数:

$$R(\tau) = \frac{1}{n-\tau} \sum_{i=1}^{n-\tau} (x_i - \bar{x})(x_{i+\tau} - \bar{x}), \quad \tau = 0, 1, 2, \dots, m \tag{2}$$

式中 m 为最大时间间隔,又称最大时间后延。利用谱分析计算公式:

$$\hat{S}_l = \frac{1}{m} \left[R_0 + 2 \sum_{\tau=1}^{m-1} R_\tau \cos \frac{\pi l}{m} \tau + R_m \cos l\pi \right], \quad l = 0, 1, 2, \dots, m \tag{3}$$

可得功率谱。

表 3 给出了通过 $\alpha=0.20$ 的显著性检验标准后,500 hPa 年平均温度的振荡周期和其相应的功率。由表知,虽然点 I 和点 II 上 500 hPa 年平均温度变化的振荡周期并不完全相同,但它们均含有 10 年的振荡周期,故有上述“跷跷板”现象出现的可能。这也可解释为什么第 1 年与第 31 年的滑动平均温度距平往往有反位相趋势。

表 3 点 I、II 通过 $\alpha=0.20$ 显著性检验标准的周期和功率

	I		II		
周期/a	2	10	2.2	3	10
功率	67.7	103.9	99.8	124.1	206.8

6 结语

通过对我国及周边地区气温场的分析,发现该区域的气温场存在明显的年代际变

化。其原因可能是20世纪60年代中期和80年代到90年代初,赤道中东太平洋海表温度明显增加,而在70年代该海表温度明显降低所致。这种现象有人称其为年代际的“ENSO循环”,它对全球和我国气候变化都有较大影响,特别对华北地区干旱化趋势影响更大^[6]。另外还发现,在500 hPa上咸海地区和日本海地区气温距平场有明显的“跷跷板”现象,且以10年为周期。该现象发生的地理位置与欧亚—太平洋型遥相关(EUP)的东部一环相近^[7],也许两者间有某种联系;又由于咸海地区处于青藏高原的上游而日本海地区处于其下游,故该现象也可能与青藏高原大地形对其北侧西风强迫的响应有关,这些均值得深入研究。

最后须指出,本文主要揭示了我国及周边地区气温场年代际变化的事实;不足之处是缺乏对该事实的深入物理分析,以及找出其发生的原因和机理;但这难度很大,需通过深入的诊断分析、动力学研究和数值试验来完成,这方面的工作有待今后进行。

参 考 文 献

- 1 王绍武、蔡静宁、朱锦红、龚道溢,中国气候变化的研究,气候与环境研究,2002,7(2) 137~145.
- 2 季劲钧、曾昭美、严中伟、章名立,本世纪全球和中国气候变化中的空间差异,北京:气象出版社,1997.
- 3 李崇银、廖清海,东亚和西北太平洋地区气候的准10年尺度振荡及其可能机制,气候与环境研究,1996,1(2), 124~133.
- 4 李崇银、朱锦红、孙照渤,年代际气候变化研究,气候与环境研究,2002,7(2), 209~219.
- 5 张先恭、李小泉,本世纪我国气温变化的某些特征,气象学报,1982,40(4), 198~208.
- 6 Chen Longxun, Zhao Zongci, Ren Zhenhai, and Tian Guangsheng, Change of climate and its influence on the cropping system in China, *Acta Meteorologica Sinica*, 1990, 4(4), 464~474.
- 7 Wallace, J. M., and D. S. Gutzler, Teleconnection in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, *Mon. Wea. Rev.*, 1981, 109, 785~812.

A Study of Temperature Change on Decennary Scale in China and Peripheral Area

Wang Qiong, and Zhang Ming

(Meteorology College of Science & Technology University of
People's Liberation Army, Nanjing 211101)

Abstract The temperature field in China and the peripheral area is analyzed with NCEP/NCAR data. It is found that there is distinct decennary change of the temperature departure field with decennary moving average in every season and height. In summer and winter, the inverse correlation phenomenon and the seesaw structure of the temperature departure field on 500 hPa in Aral Sea and Japan Sea are very clear. The change of annual average temperature on 500 hPa in Aral Sea and Japan Sea contains decennary oscillation period too.

Key words: temperature; decennary change; Aral Sea; Japan Sea