

中国气温的年代际振荡及其未来趋势

于淑秋¹ 林学椿² 徐祥德¹

(1 中国气象科学研究院灾害性天气研究所, 北京 100081; 2 国家气候中心, 北京 100081)

摘要 文章用 1851~2000 年中国年气温资料, 讨论了它的变化及其未来趋势。指出: ① 我国气温有 3 次全国性的跃变, 分别在 1920、1955 和 1978 年, 每个阶段平均持续期为 30 年, 这和北半球气温跃变点是基本一致的; ② 我国气温从 1978 年开始进入了一个稳定增温的气候阶段, 直到目前全国年平均气温比上一气候阶段增加了 0.31℃, 增暖地区主要在黄河以北的北方地区, 冬季增暖比夏季明显, 1998 年是我国近百年来最暖的一年; ③ 最近一次增温开始于 1978 年, 至 2000 年持续了 23 年, 估计这个增温阶段至少还能持续 10 年, 但未来 10 年主要的增温地区有可能南移, 长江流域将比现在暖, 夏季气温 37℃ 以上的日数要比现阶段增多。

关键词 年代际振荡 中国气温 跃变

引言

年代际气候振荡和年代际气候跃变都是 20 世纪 80 年代中后期气候分析、诊断研究提出的新概念, 因为它和非线性理论紧密相关, 受到国内外学者的普遍重视, 是当前气象科学的前沿课题之一^[1~5]。

从一个稳定的气候阶段向另一个稳定的气候阶段过渡, 且气候阶段的持续时间的长度远大于过渡时期的长度, 这种现象称作年代际气候跃变。所谓稳定气候阶段是指这一时间内的统计特征量(如平均值、方差等)无显著的差异, 换言之, 年代际气候跃变是指两个稳定气候阶段之间统计特征量发生显著差异的现象。可见, 气候跃变和气候阶段的概念与周期概念有本质的不同, 前者是不连续的跳跃变化, 统计上可把两个样本作为来自不同的母体处理, 后者则是渐变过程。

关于年代际跃变的研究方法很多^[6~7], 其中以 Mann-Kendall Rank statistic(称 M-K)方法和滑动 t 检验方法较普遍。Ai Wanxiu 等^[6]曾用滑动 t 检验方法研究了海平面气压、全球平均气温等要素的年代际气候跃变, 并指出, 在近百年中全球气候发生 3

次较大的跃变, 分别在 20 世纪 20 年代、50 年代和 70 年代末到 80 年代初, 每个稳定气候阶段持续期为 30 年左右。跃变前后北半球海平面气压、500hPa 高度和北太平洋海温结构都有显著差异, 发生了全球性的气候年代际变化。

本文讨论了近百年来中国气温的变化, 指出我国气温有 3 次全国性的跃变, 分别在 1920、1955 和 1978 年, 着重讨论 1978 年跃变前后中国气候的年代际振荡的特征及其未来趋势。

1 中国气温的年代际振荡

本文所用的资料为中国近 711 个观测站约 3×10^5 个数据的气温资料, 其中 165 个站 1951 年前后均有记录, 165 个站 1951 年后有资料, 381 个站 1951 年前有资料。将全国分成 10 个区。利用文献 [8] [9] 中的方法, 先计算各区的平均气温, 然后再计算全国平均气温, 得到全国 1873~1990 年气温序列。为讨论近期的气温变化趋势, 我们又利用全国 330 个站月平均气温补齐 1873~1999 年的年平均气温序列(图 1)。

作为对比, 图 1a 给出了北半球年平均气温变化曲线。这是 Jonse 等^[10]收集了 1851 年以来全球共

国家重点基础研究发展规划“973”项目(G199905700)和东亚季风预研究项目(2001ccb00400)共同资助

收稿日期: 2002 年 12 月 9 日; 定稿日期: 2003 年 3 月 24 日

作者简介: 于淑秋, 女, 1954 年生, 副研究员, 主要从事短期气候变化及其预测研究

2000 多个陆地站测站约 1 亿多个气温数据以及 6000 万个海洋观测记录,用插值法求出每隔 5 个纬度 10 个经度格点上的气温距平(相对于 1950 ~ 1979 年的平均),然后再按纬带面积加权得到的北半球年平均气温距平。

由图 1 可见,北半球气温从 19 世纪 80 年代末开始降温,到 20 世纪初下降到最低点,以后又开始增温,40 年代达到高点,50 年代中期气温开始下降,70 年代到达谷底,80 年代又开始上升,80 ~ 90 年代是近百年最暖的 20 年。由此可见,当代全球增暖可以说主要表现于近 20 年的持续增温。我国气温也有类似的变化(图 1b),从 19 世纪 80 年代开始增温,到 20 世纪初稍有下降,20 年代增温,40 年代达到最高,以后下降,80 年代增温,直至目前。

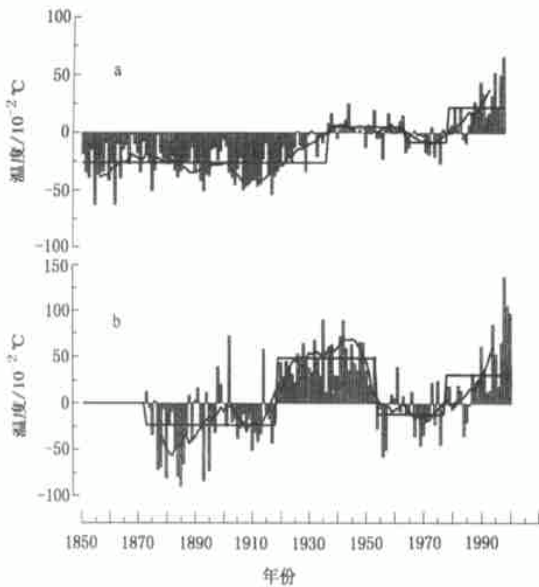


图 1 1850 ~ 2000 年北半球(a)和中国(b)年气温变化,10 年滑动平均(实曲线)及阶段平均和跃变点的位置(实折线)

尽管我国年平均气温的变化与北半球有许多相似之处,但还存在着几点较大的差异:①北半球气温从 20 世纪 80 年代开始的增温至 90 年代已高出 20 年代的增温,而我国 20 世纪 80 年代开始的增温还没有达到 20 年代开始增温的水平,但个别年份的增温已超过 1920 ~ 1954 年,1998 年是近百年来我国气温最高的一年;②我国气温变化的幅度要比北半球大,这可能与气温所代表区域面积的大小有关。

Ai Wanxiu 等^[6]曾用 20 年滑动 *t* 检验对北半球

气温和中国气温跃变作过研究。根据扩展后的资料,用同样的方法作检验,北半球和我国气温的主要跃变点(表 1)分别在 1934、1962、1980 和 1920、1955、1978 年。北半球气温的跃变点与文献[6]的跃变点有较大的差异(文献[6]的前 2 个跃变点分别为 1924 和 1955 年),这与前后两份资料的差异有关,文献[6]用的距平是相对于 1951 ~ 1980 年的平均,而本文用的距平是相对于 1971 ~ 2000 年的平均。由表 1 可见北半球气温的跃变点和我国气温的跃变点是很接近的,特别是近期。图 1 中折线表示稳定气候阶段的平均值和跃变点,北半球气温 1851 ~ 1938 年为第一阶段,平均为 - 0.26 °C;1938 ~ 1965 年为第二阶段,平均为 0.05 °C;1965 ~ 1980 年为第三阶段,平均为 - 0.08 °C;1980 年至目前为第四阶段,平均为 0.22 °C。由图可以清楚的看到:阶段内的变化都是在阶段平均值附近上下波动,没有显著的差异,而阶段与阶段间过渡期很短。一般认为,近百年来北半球增温为 0.30 ~ 0.60 °C,而从第一阶段到第四阶段的增温为 0.46 °C,可见近百年来北半球增温是以年代际振荡的跃变形式来完成的,而且主要的增温表现在第四阶段,即最近的 20 年。同样,中国气温的变化也是以年代际振荡的形式来完成的。1873 ~ 1920 年为第一阶段,平均为 - 0.23 °C,1920 ~ 1954 年为第二阶段,平均为 0.41 °C,1954 ~ 1978 年为第三阶段,平均为 - 0.11 °C,1978 年至目前为第四阶段,平均为 0.31 °C,阶段内的变化都是环绕阶段平均值进行的,而阶段与阶段间过渡期很短,也符合上述气候跃变的定义。每阶段的持续期平均为 30 年左右。1978 年至目前的增暖平均只有 0.31 °C,还没到达 1920 ~ 1954 年的平均增温。但个别年份的增温已超过 1920 ~ 1954 年,1998 年是我国近百年来最暖的一年。近百年来中国气温有 3 个跃变点,分别在 1920、1955 和 1978 年,每个阶段的平均持续期为 30 年。这和北半球气温跃变点是基本一致的,特别是后两个跃变点。

表 1 北半球和中国气温跃变点和稳定阶段的平均气温

	阶段平均	跃变点	阶段平均	跃变点	阶段平均	跃变点	阶段平均
北半球 年气温	- 0.26 °C	1934 年	0.05 °C	1962 年	- 0.08 °C	1980 年	0.22 °C
中国年 气温	- 0.23 °C	1920 年	0.41 °C	1955 年	- 0.11 °C	1978 年	0.31 °C

用 20 年滑动 *t* 检验对北半球

以1978年为跃变点,分别对跃变前(1956~1978年)、跃变后(1979~1999年)气温作平均,得跃变前后中国年气温分布图(图略)。在跃变前全国年气温以负距平为主,除了重庆、四川部分地区为正距平外,全国均为负距平,最大负距平在华北、东北和新疆西北部。在跃变后全国年气温以正距平为主,除了重庆、四川部分地区为负距平外,全国均为正距平,最大正距平在华北、东北和新疆西北部。图2为跃变后与跃变前的年气温差。由图可见跃变后比跃变前中国年平均气温除了重庆、四川东部下降外,全国大部地区都是上升的,增温主要发生在黄河流域以北的我国北方地区,其中东北地区(23站平均)增温最大,达 0.88°C ,其次是华北地区(18站平均),达 0.73°C ;长江以南上升幅度不大,长江中下游地区(23站平均)上升了 0.29°C ,华南地区(23站平均)上升了 0.19°C 。从季节来看,以冬季增温最大,全国冬季平均气温跃变后比跃变前增了 0.90°C ,几乎是年气温增幅的3倍,其中东北增温 1.53°C ;华北增温 1.39°C ;长江中下游增温 0.72°C ;华南增温 0.42°C 。

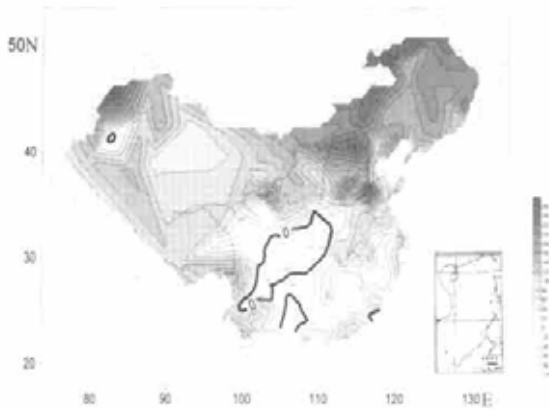


图2 中国年气温跃变后(1979~2000年)与跃变前(1956~1978年)之差(单位: 10^{-2}°C)

2 中国气温的未来趋势

由以上讨论可知,我国气温从1978年开始进入了一个稳定增温的气候阶段,直到目前,全国年平均气温比上一气候阶段上升了 0.31°C ,增暖地区主要在黄河以北的北方地区。冬季增暖最明显,自1986~1998年全国冬季平均气温已连续13年出现暖冬。1999年冬季全国气温虽然仍以正距平为主,但它比1998年降低了 0.22°C ,我国的东北和华北北

部以及西南地区出现了大片的负距平,降温幅度达到 $2\sim 10^{\circ}\text{C}$,这是近几年来罕见的。2000年冬季全国气温比1999年略有回升,但比1998年降低了 0.16°C ,东北和华北北部仍为负距平。各种媒体大量的报导,引起社会的普遍关注,持续13年的暖冬是否要结束?全国性增温是否要转向?我们认为开始于1978年的稳定增温的气候阶段至少还能持续10年,理由如下:

(1) 我国气温的稳定气候阶段平均持续期约为30年,最近一次增温开始于1978年,至今只持续了22年。再由图1可以看到,在20世纪90年代是增温的高峰期,1998年是中国近百年来最暖的一年,所以不可能马上开始转冷。这个稳定气候增温期至少还要维持10年。1999年和2000年气温偏低是稳定气候阶段中的正常波动。

(2) 由于人类活动使温室气体的大量增加,自1860年工业革命以来,大量的矿物燃料的燃烧,向大气排放的 CO_2 正以每年4%速度增加,到目前大气中的 CO_2 含量约为 353×10^{-6} ,据估计这个量足以影响地球。由于人类活动引起的增温和地球大气气温的自然变化还没有办法区分,因此,还不能估计人类活动引起增温的量级。但有证据表明人类活动引起的增温,正在影响着地球大气的自然变化。由表1可见,北半球气温在1934~1961年为增温阶段,持续了28年,而1962~1979年为降温阶段,持续了18年,1980年开始又为增温阶段,至今已持续了20年。同样在中国,1920~1954年为增温阶段,持续了35年;1955~1977年为降温阶段,只持续了23年;1978年至2000年的增温阶段,已持续了23年。可见增温阶段的持续时间都比降温阶段长,这可能是温室气体的增温影响大气气温的自然变化的证据。估计我国这次增温阶段至少能持续35年,21世纪的前10年还不可能发生转冷。

(3) 对于10~15年气候预测,目前还没有什么好办法。类似于图1b的时间序列,一般用主周期外推作预测,即找出序列的若干个主要周期,用这几个周期作拟合,并作外推预测。对图1b的序列我们用12个主周期,拟合后曲线的方差达到原曲线方差的98%,外推结果也表明在未来10年增温不会结束。

估计未来10年,我国目前的增温还会持续下去,而增温地区分布却可能会有些变化。

图3为20世纪90年代平均气温与20世纪80

年代平均气温之差的分布。由图可见,20 世纪 90 年代的平均气温比 80 年代在全国范围内要普遍偏高,且增温的主要地区已从黄河以北扩展到了长江流域。其中东北地区(23 站平均)增温达 0.51°C ;华北地区(18 站平均),达 0.54°C ;长江中下游地区(23 站平均)增温达 0.56°C ;华南地区(23 站平均)增温达 0.42°C 。与图 2 相比跃变后的主要增温区开始向南移动。长江中下游和华南地区的增温主要发生在 20 世纪 90 年代,而东北的增温则在 20 世纪 90 年代与 80 年代相比有所减弱。估计未来 10 年这种趋势还要维持下去,东北增温将减弱,长江中下游的增温将加强,该地区夏季气温高于 37°C 以上的日数将比 20 世纪 80 年代明显增多。

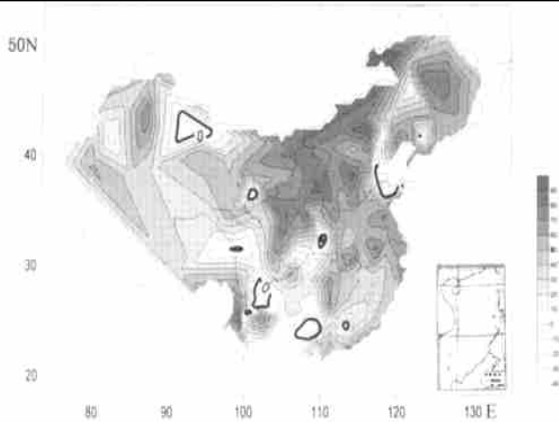


图 3 中国年气温 20 世纪 90 年代(1991~2000 年)平均与 80 年代(1981~1990 年)平均之差(单位: 10^{-2}°C)

3 结论

(1) 近百年来中国气温有 3 个跃变点,分别在 1920、1955 和 1978 年,每个阶段的平均持续期 30 年,这和北半球气温跃变点是基本一致的,特别是后两个跃变点,年代际气候振荡是以跃变方式来完成

(2) 我国气温从 1978 年开始进入了一个稳定增温的气候阶段,直到目前全国年平均气温比上一气候阶段上升了 0.31°C ,增暖地区主要在黄河以北的北方地区。冬季增暖比夏季明显。1998 年是我国近百年来最暖的一年。

(3) 最近一次增温开始于 1978 年,至 2000 年持续了 23 年,估计这个增温阶段至少还能持续 10 年,但未来 10 年主要的增温地区有可能南移,长江流域将比现在暖,夏季气温在 37°C 以上的日数要比现在多。

参考文献

- 1 Enomoto H. Fluctuation of snow accumulation in the antarctic and sea level pressure in the southern hemisphere in the last 100 years. *Clim. Change*, 1991, 18(1): 67 - 88
- 2 Van Loon H, Kidson J W, Mullan A B. Decadal variation of the annual cycle in the Australian dataset. *J. Climate*, 1993, 6(10): 1227 - 1231
- 3 Allan R J, Haylock M E. Circulation features associated with the winter rainfall decrease in south-western Australia. *J. Climate*, 1993, 6(11): 1356 - 1367
- 4 Trenberth K E. Recent observed interdecadal climate change in the Northern Hemisphere. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1990, 71(5): 1239 - 1250
- 5 于淑秋,林学椿. 北太平洋海温的气候跃变及其对中国汛期降水的影响. *热带气象学报*, 1997, 13(3): 266 - 275
- 6 Ai Wanxiu and Lin Xuechun. The climatic abrupt change in the Northern Hemisphere for 1920s and 1950s. *Acta Meteor. Sinica*, 1995, 9(2): 190 - 198
- 7 Yamamoto R, Iwashima T and Sanga N K. An analysis of climatic jump. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1986, 11(3): 273 - 281
- 8 唐国利,林学椿. 1921 - 1990 中国温度序列. *气象*, 1993, 18(7): 3 - 6
- 9 林学椿,于淑秋,唐国利. 中国近百年温度序列. *大气科学*, 1995, 19(5): 525 - 534
- 10 Jones P D. Hemisphere surface air temperature variations: A reanalysis and update to 1993. *J. Climate*, 1994, 7(11): 174 - 180

(下转 146 页)

INTERDECADAL CLIMATE OSCILLATION OF TEMPERATURE IN CHINA AND ITS FUTURE CHANGE

Yu Shuqiu¹ Lin Xuechun² Xu Xiangde¹

(1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

(2 National Climate Center, Beijing 100081, China)

Abstract: temperature variations in China and its future trend are discussed by use of annual temperature data in recent one hundred years. The results indicate that annual temperature has three relatively big jumps in recent one hundred years which happens in 1920, 1955 and 1978 respectively. The average period of the stable climate step is a thirty-year period and the interdecadal climate oscillation is completed by climate jump. The three jumps are similar with the Northern Hemisphere temperature jump. Since 1978 China's annual temperature has entered a new stable climate step. China's annual temperature is increased by $0.31\text{ }^{\circ}\text{C}$ in the step compared with that before. The primary temperature increasing area is located to the north of the Yellow River Valley. The temperature increasing is higher in winter than that in summer. China's temperature in 1998 is the highest in recent one hundred years. Since 1978 the warming step will be persisted at the next ten years and the primary temperature increasing area will be shifted to the Yangtzi River Valley.

Key words: interdecadal climate oscillation, China's annual temperature, jump