

武汉市近百年气温变化特征

郑祚芳

祁文

张秀丽

(北京市气象局,100089)

(南京气象学院)

(安徽省铜陵市气象局)

提 要

利用小波分析等方法对武汉市1906~2000年的气温资料进行了分析,发现武汉市气温变化具有明显的阶段性和突变性特征,气温气候基本态在20世纪经历了低、高、低、高4个阶段,目前处于高基本态高变率时段。揭示了气温变化的多时间尺度特点,年气温存在65年、33年、18年左右的主要周期,冬季气温存在67年、27年、18年、13年、7年左右的主要周期。分析了武汉市近百年来严重冷暖冬事件出现的规律和特征。

关键词: 气候变化 气候基本态 冷暖事件 小波分析

引 言

在过去100年中,全球气候变暖趋势非常明显,全球平均气温约上升了 $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。气候变化表现出明显的阶段性和跃变特征,两次跃变式增温出现在1925年和1980年^[1]。近年来,不少学者对我国气温气候变化进行了研究^[2~4]。结果表明,我国的增温趋势与北半球大体相同,但有自己的特点。近百年来我国气温变化主要经历了3个持续近30年的冷暖交替时期,分别是1919年前的偏冷期,1920~1954年的偏暖期和1955~1986年的偏冷期,对应有十分明显的突变特征,冷暖交替突变点在1920、1955和1987年。与全球气候变暖不同的是,我国最高气温出现在40年代而不是80年代以后。张明庆等^[5]的研究也表明,我国各地区对全球气候变暖的响应并不完全相同,近40年我国气候变暖主要发生在华北、西北和东北等地区,并且主要表现为冬季气温的增高。总的来看,目前对于区域气候变化的研究还不多,也不够全面^[6]。进一步研究气候变化的区域差异,对于充分认识和利用区域气候资源有着重要的意义。本文用小波分析等方法研究了武汉市近百年来气温变化特征,以了解其不同时间尺度上的冷暖结构,分析气候变化的周期性和突变点,揭示其长期变化

规律。

1 资料和方法

本文选用武汉市1906~2000年历年逐月气温资料,其中1906~1950年取自湖北省气象局气候资料室,1951~2000年取自国家气候中心整理公布的中国160站逐月平均气温资料。对于武汉市月平均气温在30年代末至40年代中期存在的缺测部分,参考涂诗玉等^[7]的研究结果,在武汉月平均气温与湖南芷江站的相关程度通过信度为0.01的F检验的基础上,采用芷江站相应时段的实测资料经线性回归方法进行插补,从而得到武汉市近百年较完整的逐月气温资料。本文中春、夏、秋、冬季及年平均序列所指月份分别为:3~5月、6~8月、9~11月、12月~次年2月和1~12月。

气候学上通常将气象要素在最近30年的平均值作为气候基本态,平均值的改变表明了气候基本态的变化。气候变化也表现在气象要素的均方差(也称为气候变率)的改变上,均方差的改变往往是与异常天气的频率及强度相联系的^[6,8],因此需了解气象要素均方差的长期变化。本文分析了武汉市平均气温29年滑动均方差的变化情况,其计算公式为:

$$S_{x(i)} = \text{SQRT} \left(\frac{\sum_{k=-14}^{14} [x(i+k) - \bar{x}(i+k)]^2 / 29}{i} \right)$$

$$i = 15, 16, \dots, n - 14$$

小波分析被认为是傅里叶分析方法的突破性进展,其核心是多分辨率分析。小波分析不仅可以给出气候序列变化的尺度,还可以显示出各频率随时间的变化以及不同频率之间的关系,并且具有分析函数奇异性的能力,可以用来分析气候变化中的突变。由于小波分析对信号处理的特殊优势,很快得到气象学家们的重视,将其应用于气象和气候序列的时频结构分析中,并已有不少引人注目的研究成果^[9]。本文采用标准 Morlet 小波分析了武汉市近百年来气温变化的多尺度特征。

此外,本文计算了武汉市近百年来出现的严重冷暖冬事件,分析了其出现的规律和特征。

2 阶段性特征

2.1 线性倾向估计

为了分析武汉市气温的长期变化,用线性倾向的最小二乘法来估计其演变趋势,制作了武汉市近百年来年及春、夏、秋、冬季平均气温距平随时间变化曲线和九点二次平滑曲线。从中我们发现,武汉市近百年来年及春、夏、秋、冬季平均气温均有不同程度的下降趋势,95年来年平均气温每10年约下降0.04℃(见图1)。从各季节情况来看,夏、秋

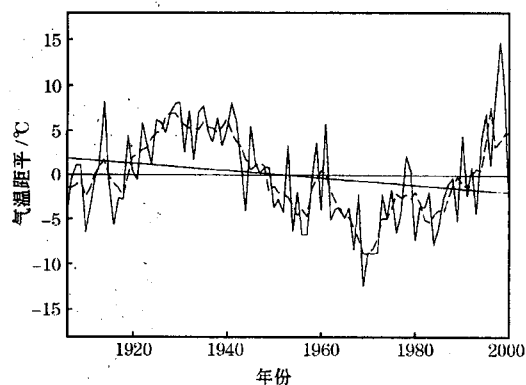


图1 武汉市年平均气温距平随时间变化曲线(实线)和九点二次平滑曲线(虚线)
单位:0.1℃

季平均气温下降的趋势较大,每10年分别下降约0.03℃和0.11℃(图略)。这与全球在20世纪的总体增温趋势有明显的不同。

同时我们发现,武汉市年平均气温的变化具有明显的阶段性,近百年来两个偏冷时段出现在20年代以前和50年代初期至80年代中期,20年代至40年代末期以及80年代中期以来为偏暖期,与全国平均气温的演变趋势^[2]较为相似。从各季节平均气温变化幅度来看,冬季最大,夏、秋季次之,春季最小。另外我们还注意到,武汉市在20世纪30年代以前的增温和30~70年代的降温主要表现为春季气温的增高和降低,而70年代以来的增温则主要表现为冬季气温的增高,30年来(1970~1999年)季平均气温约上升了2.2℃。

2.2 基本态及变率特征

图2给出的是武汉市年及冬季平均气温气候基本态距平和滑动均方差随时间的演变情况。从图2a中我们可以看出,20世纪武汉市年平均气温气候基本态经历了低、高、低、高4个阶段,表明近百年来武汉市年平均气温经历了冷、暖、冷、暖4个时期,目前处于相对暖期。结合70年代以前基本上维持的低气温变率,我们能够推知,武汉市70年代以前的气温变化是较平缓的。自70年代末期以来年平均气温基本态和气温变率都有较大幅度的上升,表明气候在变暖的同时,气温的异常幅度在加大。

从图2b中我们可以发现,武汉市冬季平均气温气候基本态在60年代中期以前基本上保持下降趋势,气温变率则一直为上升趋势。说明60年代中期以前,武汉市冬季平均气温在总体下降的同时,气温的异常幅度在逐渐加大。注意到自70年代初期以来,武汉市冬季平均气温气候基本态上升得非常快,同时气温变率一直保持着加大的趋势,当前处于高气温基本态高变率状态,极易出现异常冷暖冬事件。

3 周期性和突变性特征

研究表明^[2],将 Morlet 小波用于气候序列的分析时,小波系数的变化趋势与气候信号的起伏是基本一致的,等值线中心为冷暖

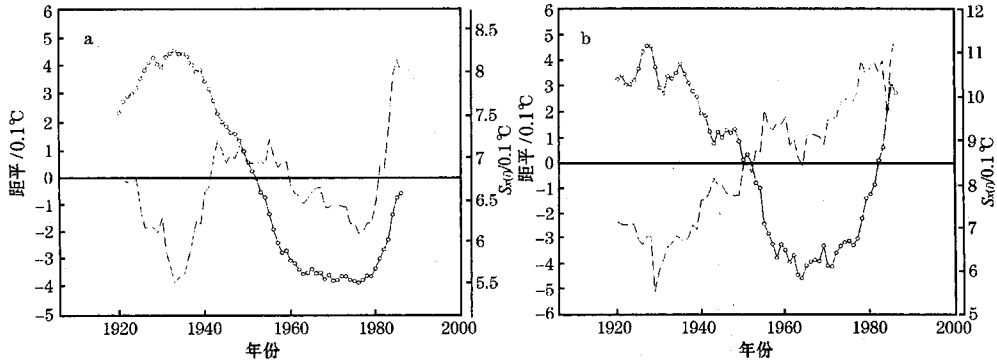


图2 武汉市年(a)及冬季(b)平均气温气候基本态距平(实线)和29年滑动均方差(虚线)随时间的变化
单位:0.1℃

中心(正小波为暖,负小波为冷),中心值的大小可以反映出波动的振荡强度,小波系数的零点可能对应于气候突变点。本文采用标准 Morlet 小波变换,分析了武汉市近百年来气温的多时间尺度特征。

图3显示的是武汉市年及冬季平均气温的小波系数图。由图3a可见,武汉市年平均气温主要存在65年、33年、18年左右的周期振荡。分析它们存在的阶段可知:(1)65年和33年左右的周期从20世纪初一直维持到20世纪末期;(2)18年左右的周期振荡主要存在于20年代末期以来。从小波系数所反映的振荡强度来看,65年左右的周期振荡最强,其次是18年左右的周期。另外,从图中我们可以很清楚地看到近百年来气温的变化阶段及目前我们所处的气候背景,在不同的时间尺度上所反映出的冷暖结构是不一样的。武汉市20世纪在65年左右尺度上的气温变化可分为两个相对偏冷时段和两个相对偏暖时段,即20年代以前的低温段,在10年代末达最低;20~40年代末期的偏暖期,于30年代中后期达最高;50~80年代中期的偏冷期,在60年代后期达最低;以及80年代中期至今的偏暖期。其中50~80年代中期的偏冷期是1906年以来持续时间最长的冷期,最冷期也出现在该时段内即1970年前后。对比北半球及中国近百年的气温变化^[2],可知,武汉市20~40年代末期的高温期略微超前于北半球及我国区域的变化。

分析小波系数的零点能够大致确定气候

突变点的发生时间,由图3a我们可以找出武汉市年平均气温在65年左右主周期尺度上的三个突变点,约发生在1920年、1953年和1984年前后。从小波系数图中我们还可以推断未来气温的演变趋势,从图3a可见,除边界外,各个正、负中心都对出现,且对应的周期也基本相同。由此并考虑到目前小波系数的变化趋势,可以推断目前65年左右的低频波仍将维持,即目前的暖期还将持续一段时间。

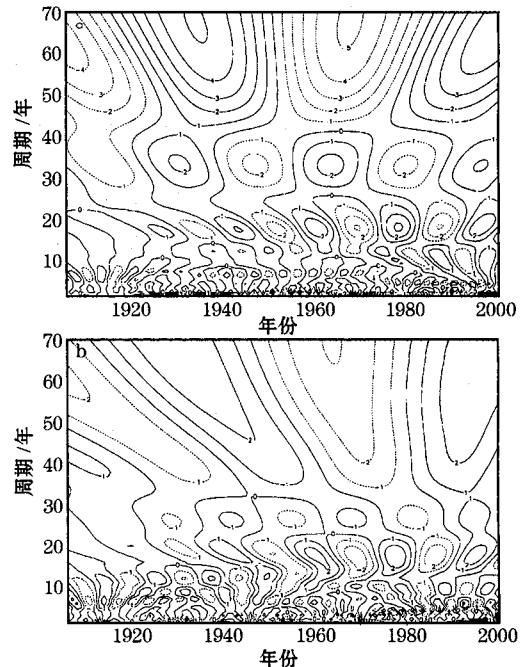


图3 武汉市年(a)及冬季(b)平均气温的小波变换系数图

由图 3b 可见,武汉市冬季气温存在 67 年、27 年、18 年、13 年、7 年左右的周期振荡。分析它们存在的阶段及强度可知,67 年左右的周期振荡存在于整个 20 世纪,强度最大;33 年和 18 年左右的次周期振荡主要存在于 30 年代以后;13 年左右的周期主要存在于 50 年代以前;7 年左右的周期在 80 年代以后表现得较明显。

考查小波系数的变化趋势,发现周期为 67 年左右的低频波已度过了峰值期,但小波系数正值将继续维持一段时间,考虑到周期为 27 年和 18 年左右的小波系数将逐渐由正值向负值转变,我们可以认为,武汉市目前的冬季偏暖期仍将持续一段时间,但偏暖的程度将会逐渐降低。

4 近百年来严重冷暖冬事件

以气温来表征的气候灾害主要有冷冬和暖冬,严重冷暖冬事件的出现往往会给国民经济带来巨大的损失。根据 WMO 的规定,月平均气温距平大于或等于两个标准差 (2σ) 为异常暖,小于或等于两个标准差为异常冷。如果要素序列符合正态分布,则异常冷暖事件出现的几率约为 44 年一遇,考虑到出现异常气候的几率较小,王绍武等^[10]将出现几率约为 10 年一遇的距平大于 1.3 个标准差的事件定义为严重气候灾害。本文计算了武汉市近百年来出现的严重冷暖冬事件(表 1)。

表 1 武汉市近百年来出现的严重冷、暖冬事件

冷冬		暖冬	
年份	气温距平/ σ	年份	气温距平/ σ
1944	-1.36	1914*	2.52
1954	-1.70	1946	1.48
1964	-1.98	1979	1.38
1967	-1.91	1992	1.72
1969*	-3.12	1998	1.38
1972	-1.60	1999*	2.93
1974	-1.56		
1984*	-2.39		

注: σ 为标准差,带 * 表示异常冷暖冬年

从表 1 我们发现,武汉市近百年来共出现过较严重的冷冬 8 次,暖冬 6 次(其中异常各 2 次)。严重/异常冷冬主要出现在 60~70 年代(共出现 5 次),尤其是在 60 年代中后期

中就出现了 3 次。气温距平的最低值出现在 1969 年 12 月至 1970 年 2 月。对比王绍武等的分析结果^[10],可知,武汉市 20 世纪冷冬事件的出现时间与全国相比是有差别的,说明我国不同地区对气候变化的响应并不完全相同。

20 世纪武汉市严重/异常暖冬主要出现在 90 年代,10 年间出现了 3 次,表明 80 年代中期以来武汉市冬季增温趋势是非常明显的。1999~2000 年冬季是 20 世纪最强的一次暖冬事件。

5 结语

(1)武汉市近百年来气温变化具有明显的阶段性,两个偏冷时段出现在 20 年代以前和 50 年代初至 80 年代中期,20~40 年代末期以及 80 年代中期以来为相对偏暖。春、冬季气温的变化对武汉市年平均气温的影响较大。

(2)武汉市年平均气温气候基本态在 20 世纪经历了低、高、低、高 4 个阶段。目前年及冬季气温均处于高基本态高变率时段,易出现异常冷暖事件。

(3)利用小波分析发现,武汉市年气温主要存在 65 年、33 年、18 年左右的主要周期。冬季气温主要存在 67 年、27 年、18 年、13 年、7 年左右的周期。年气温的三个突变点约发生在 1920 年、1953 年和 1984 年前后。分析小波系数的变化趋势,推断出目前的暖期还将持续一段时间,但偏暖的程度将逐渐降低。

(4)武汉市 20 世纪共出现严重/异常冷、暖冬事件 14 次,冷冬多出现在 60~70 年代,暖冬多出现在 90 年代。

参考文献

- 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究. 气象学报, 1994, 52(3): 261~273.
- 尤卫红著. 气候变化的多尺度诊断分析和预测的多种技术方法研究. 北京:气象出版社, 1998, 9~20.
- 魏凤英, 曹鸿兴. 中国、北半球和全球的气温突变分析及其趋势预测研究. 大气科学, 1995, 19(2): 140~148.
- 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来温度变化. 气象, 1994, 20(12): 19~26.

(下转第 37 页)

(上接第 21 页)

- 5 张明庆,刘桂莲. 我国近 40 年气温变化地域类型的研究. 气象. 1999,25 (4):10~14.
- 6 施能,马丽,袁晓玉等. 近 50 年浙江省气候变化特征分析. 南京气象学院学报. 2001,24(2):207~213.
- 7 涂诗玉,陈正洪. 武汉和宜昌缺测气温资料的插补方法. 湖北气象,2001(3):11~13.
- 8 Rasmusson E M, Wang X L and Ropelewki C F. Secular variability of ENSO cycle. Decade to century time scales of natural climate variability. Academic Press, 1994, 458—469.
- 9 邓自旺,尤卫红,林振山等. 子波变换在全球气候多时间尺度变换分析中的应用. 南京气象学院学报,1997,20 (4):505~510.
- 10 王绍武,龚道溢,陈振华等. 近百年来中国的严重气象灾害. 应用气象学报,1999(增刊):43~53.

The Character of Temperature Variation of Wuhan City during Recent 95 Years

Zheng Zuofang

(Beijing Meteorological Bureau 100089)

Qi Wen

(Nanjing Institute of Meteorology)

Zhang Xiuli

(Tongling meteorological office)

Abstract

By using wavelet analysis method, the temperature variation of Wuhan city during recent 95 years (1906—2000) is investigated. The results show that Wuhan temperature variation is of the abrupt and periodical characters. The Wuhan climate experiences four phases and now it is in warming basic regim with high variability. The main period of Wuhan temperature is about 65, 33, 18 years in mean annual temperature and 67, 27, 18, 13, 7 years in winter. In addition, the serious cold/warm winter events in Wuhan city are also studied.

Key Words: climate change climate basic regim cold/warm event wavelet analysis