

# 重庆市年平均气温变化多时间尺度特征的诊断研究\*

刘 德 李永华 阳作明 向 波

(重庆市气象台,重庆 400039)

何卷雄

(南京大学大气科学系,南京 210093)

## 摘 要

利用长年代气温资料讨论了重庆市年平均气温的多时间尺度特征,结果表明:重庆市近几十年气温变化有明显的阶段性,但总的趋势是下降的,这与同期全球、北半球及中国气温有显著上升趋势有差异。

关键词:气温变化 多时间尺度 小波变换

## 引 言

全球气候变暖是当今国际社会和各国政府所关注的重大问题。参考文献[1]表明,从 19 世纪末期到 20 世纪 90 年代,全球平均温度有显著的上升趋势。虽然中国近代气候变暖与全球的变暖并不完全一致,但中国气候也有明显的变暖趋势。陈隆勋等<sup>[2]</sup>分析了近几十年中国气候的变化,指出中国四川盆地的气候变化与全球及中国气温的增暖趋势不同,呈变冷趋势。位于四川盆地东部的重庆市近几十年来气温变化的年代际及年际时间变率的演变特征如何?它与全球、北半球及中国的变化趋势到底有何异同?这些都是我们有必要研究的问题。本文主要采用在时域和频域上都具有很强分辨力的小波分析方法对重庆市年平均气温变化作诊断研究,以期得到有意义的信息。

## 1 重庆市年平均气温变化分析

本文采用重庆市沙坪坝站 1924 年 1 月~2001 年 12 月的逐月平均气温资料,计算年(1~12 月)平均气温距平(对 1971~2000 年平均的偏差),将该序列(1924~2001 年共 78 年)作为研究对象,研究其变化特征。文中采用 MHF 小波变换<sup>[3~5]</sup>进行分析,所有小波系数图中纵坐标为时间尺度(a),横坐标为时间(年份),虚线为负等值线,实线表示小波变换系数的零或正等值线,等值线间隔为 0.2。

从图 1a 重庆市年平均气温距平序列的趋势线(虚线)可以看出,1924~2001 年间重庆市年平均气温的总趋势是下降的(下降率为  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ ),从年平均气温序列(细实

\* 重庆市科技攻关项目“重庆市气候异常基本规律及形成原因研究”资助。

2002-10-22 收到,2003-07-20 收到修改稿。

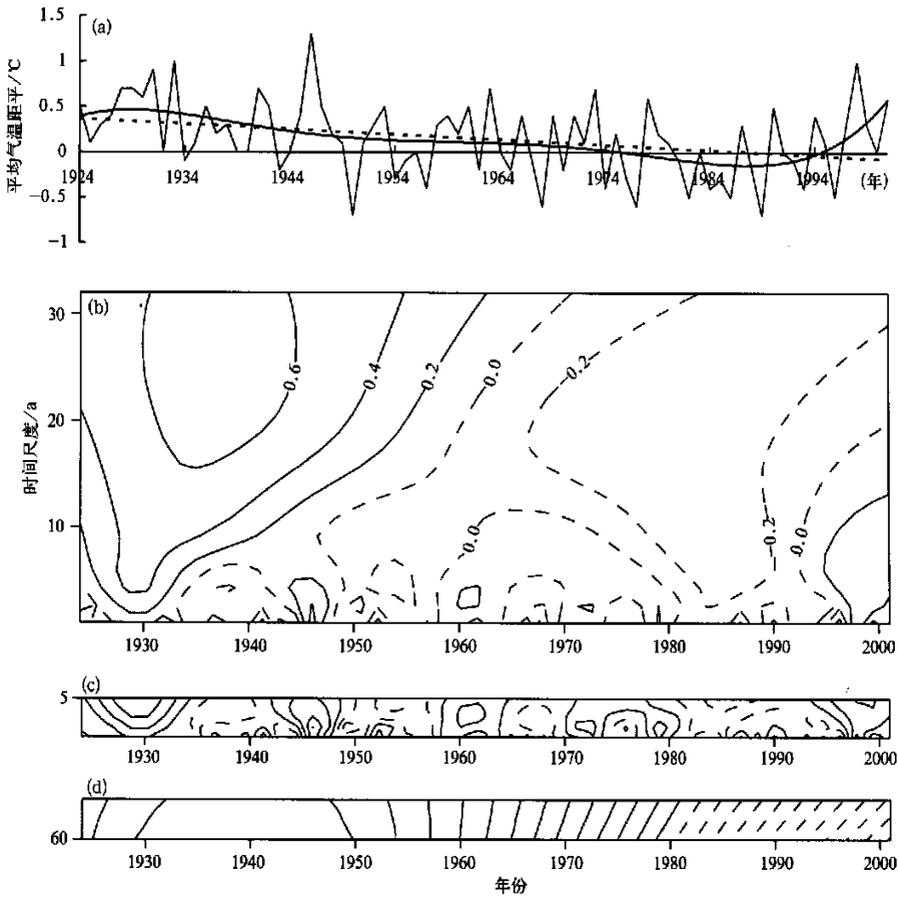


图 1 重庆市年平均气温距平(a)(年平均气温距平序列趋势: ---, 年平均气温序列: ——, 多项式拟合: —)及其小波变换(b,c,d)

线)及多项式拟合曲线(粗实线)可以看出,20世纪20年代中期以来,重庆市年平均气温大体上经历了三个变化阶段,即20世纪20年代中期到70年代前期的相对偏暖期,70年代中期到90年代前期的偏冷期,从90年代中期开始至今重庆市年平均气温相对偏暖,现在正处于气温上升阶段。从图1a中还可知,20世纪20年代后期至30年代前期以及90年代后期是年气温最暖的时期,而80年代则是最冷的时期。为了揭示该域内序列中隐含的周期振动信号,我们应用较普遍的功率谱<sup>[6]</sup>来计算显著周期,重庆市年平均气温变化的显著周期约为64年和3年(信度为0.05)。

从图1b年平均气温距平变化的MHF小波变换结果可以看出,图的上半部分等值线相对稀疏,对应较长尺度周期的振荡(低频振荡),而下半部分等值线相对密集,对应较短尺度周期振荡(高频振荡)。重庆市年平均气温的各种时间尺度周期变化在时间域中的分布有差异,20世纪20年代中期以来,重庆市年气温的各个时期的主要振动周期是变化的。最强的振动中心出现在30年代,其周期大致为20~30a,即图1b中的正等值线中心。也就是说,周期在20~30a的振动,最显著地出现在30年代,而其它时段这种周期

振动则不显著。由此可见,不同尺度周期信号的强弱在时-频域中的分布具有较强的局部特征,可能是由于影响气候变化的诸如海温、太阳活动、积雪等因子信号强弱在不同阶段存在差异以及气候系统内在的非线性作用所致。另外,从图 1c(时间尺度为 1~5 a 区间)、1d(时间尺度为 60~64 a 区间)中可以看到,小波变换结果较好地表现出了功率谱分析出的显著周期。

从多种时间尺度来看,对大尺度而言,重庆市年平均气温表现出年代际变化,而小尺度则为年际变化。由于 MHF 小波变换系数的零点对应于气温变化的拐点,于是小波变换系数的零点位置对应于重庆市年气温变化的突变点位置,由此可以诊断出不同时间尺度上变化的突变点位置,从而得出多时间尺度特征和规律。对应于 32 a 时间尺度,重庆市年气温主要经历了两个较大时间尺度的冷暖更替,它们是 1971 年以前的偏暖期及 1971 年以后的相对偏冷期,很明显看出 1971 年是突变点。对应于较小时间尺度的气候演变,相对较为复杂一些,如对 16 a 时间尺度来说,主要经历了三个变化阶段,它们是 1959 年以前的偏暖期、1959~1995 年的偏冷期、1996 年后的偏暖期,1959 年、1996 年是突变点。对 8 a 时间尺度来说,主要经历了五个变化阶段,它们是 1947 年以前的偏暖期、1947~1960 年的偏冷期、1961~1975 年的偏暖期、1976~1992 年的偏冷期、1993 年后的偏暖期,1947 年、1961 年、1976 年、1993 年是突变点。对于更小时间尺度来说,则更为复杂,周期性也较弱。从图 1b 还可以看出,在重庆最暖的 1930 年前后,其低频和高频振荡都一致反映出偏暖的特征,而在最冷的 80 年代,低频振荡和高频振荡都一致为偏冷的特征。从近几年的年气温变化来看,其较大尺度变化处于减弱的偏冷期,而较小尺度的变化处于偏冷期向偏暖期的过渡,更小尺度的变化则为加强的偏暖期。另外,从气温变化的能量来说,其较小时间尺度变化的能量是十分强大的。

## 2 重庆市与全球、北半球、中国年平均气温变化特征的比较

从以上的分析可以看到,1924~2001 年重庆市年平均气温变化的总趋势均是下降的,下面讨论重庆市的年平均气温多时间尺度变化特征与同期全球、北半球及中国气温变化的异同。为了比较客观,全球、北半球及中国的气温资料也选为 1924~2001 年。

从图 2a、b、c 可以看出,全球、北半球及中国的年气温变化也有明显的阶段性,前两者的变化大体上是一致的,而中国的气温变化虽与之有一定的差异,但总的趋势都是变暖的,全球、北半球气温变化的上升率分别为  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ 、 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ ,而中国气温变化的上升率为  $0.76\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ ,稍大于前两者的变率,说明中国的增暖趋势较前两者明显。从图 2d、e、f 可以看到,对于较大时间尺度来说(图 2d、e),全球、北半球及中国的变化趋势总体而言大体是一致的,重庆的变化则大体上与它们有相反的变化趋势,这也可以从表 1 看出。从较小时间尺度来说(图 2f),重庆的气温变化仍然与全球、北半球及中国的趋势在大部分时段是接近相反的,但部分时段(特别是近年来)重庆的气温变化与全球、北半球及中国有一定程度的趋同性,都处于偏暖阶段。在一些阶段(特别是 20 世纪 80 年代)重庆市气温变化与全球、北半球及中国的变化的不同步,可能与所处的天气气候背景及大气环境改变<sup>[7]</sup>有关。20 世纪 80 年代,四川盆地特别是重庆地区随着工业的迅速发展, $\text{SO}_2$

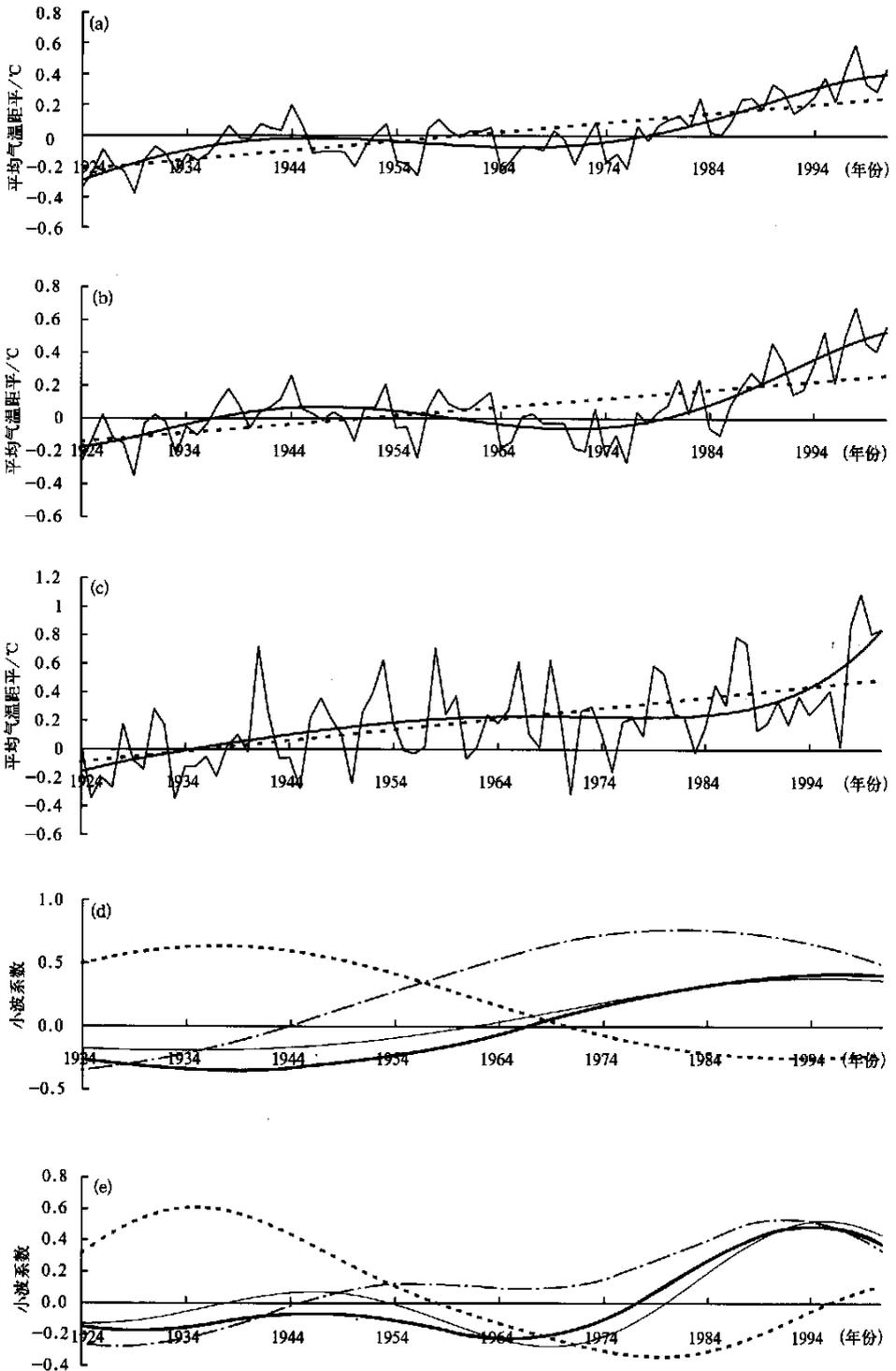
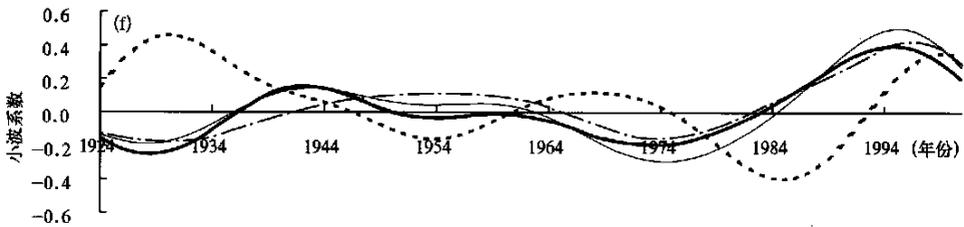


图2 全球(a)、北半球(b)、中国(c)年平均气温距平(说明同图1)及其时间尺度为32 a(d)、16 a(e)和8 a(f)小波系数(—全球, —北半球, -·-中国, ···重庆)



续图 2

等气体及粉尘大量排放,再加上特殊的地形,空气污染加重,使得地面太阳辐射减少,从而导致该区域气温变冷;另一方面可能的原因是 20 世纪 80 年代以来,较强 ENSO 暖事件发生较频繁,使得对中国天气有重要影响的西太平洋副热带

高压等大气环流系统异常<sup>[8]</sup>,从而造成重庆等地区频繁的冷夏和洪涝,而中国北方及华南等地区高温干旱严重,使得中国总体趋势为偏暖,因而造成了中国乃至北半球、全球气温偏高而重庆地区偏低。全球近百年来气温的显著增暖趋势,不仅与人类活动所引起的温室效应有关,可能还与气候系统内的自然变化有关<sup>[1]</sup>,以上对重庆气温变化的可能原因的分析,还有待进一步深入研究和证实。

### 3 小 结

通过对重庆市气温变化的诊断分析,得出如下主要结论:

(1) 重庆市年平均气温变化的总趋势是偏冷的。近几十年来重庆气温变化具有明显的阶段性特征。从多种时间尺度来看,对应于 32 a 时间尺度,重庆市年气温主要经历了两个较大时间尺度的冷暖更替,它们是 1971 年以前的偏暖期及 1971 年以后的相对偏冷期,1971 年是突变点。对应于较小时间尺度的气候演变,相对较为复杂。从近几年的年气温变化来看,其较大尺度变化处于减弱的偏冷期,而较小尺度的变化处于偏冷期向偏暖期的过渡,更小尺度的变化则为加强的偏暖期。

(2) 从较大时间尺度来说,全球与北半球的变化趋势总体而言基本是一致的,重庆的变化则基本与前两者相反。从较小时间尺度来说,重庆的气温变化仍然与全球及北半球的趋势在大部分时段是接近相反的,但近年来重庆的气温变化与全球、北半球及中国有一定程度的趋同性。

(3) 在一些阶段(特别是 20 世纪 80 年代)重庆市气温变化与全球、北半球及中国的变化的不同步,可能与所处的天气气候背景及大气环境改变有关。

### 参 考 文 献

1 王绍武主编. 现代气候学研究进展. 北京:气象出版社, 2001. 80~116.

表 1 全球、北半球、中国气温变化小波系数序列 ( $n=78$ )与重庆的相关系数

	32 年	16 年	8 年
全球	-0.989	-0.356	-0.148
北半球	-0.990	-0.065	-0.003
中国	-0.914	-0.754	-0.185

- 2 Chen Longxun, Shao Yongning, Dong Min, et al. Preliminary analysis of climatic variation during the last 39 years in China. *Adv Atmos Sci.*, 1991, 8:279 ~ 288.
- 3 林振山. 气候建模、诊断和预测的研究. 北京: 气象出版社, 1996. 136 ~ 186.
- 4 丁裕国, 江志红. 气象数据时间序列信号处理. 北京: 气象出版社, 1998. 278 ~ 283.
- 5 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术. 北京: 气象出版社, 1999. 106 ~ 113.
- 6 丁裕国, 江志红. 气象数据时间序列信号处理. 北京: 气象出版社, 1998. 149 ~ 155.
- 7 Zhou Xiuji, Chen Longxun, Li Weiliang, et al. Environment and climate change in China. *Annual Report* (1991 - 1995), CAMS, 1996. 10 ~ 20.
- 8 黄荣辉. 引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究. 旱涝气候研究进展. 北京: 气象出版社, 1990. 37 ~ 50.

## A DIAGNOSTIC ANALYSIS OF MULTI-TIME SCALE VARIATIONS OF TEMPERATURE IN CHONGQING

Liu De Li Yonghua Yang Zuoming Xiang Bo  
(*Meteorological Observatory of Chongqing, Chongqing 400039*)

He Juanxiong  
(*Department of Atmospheric Sciences of Nanjing University, Nanjing 210093*)

### Abstract

Based on MHF wavelet transform during the past long years in Chongqing the variations of temperature were analyzed. Some multi-scale and jump features of variations were discovered. Results show that the variations of temperature in Chongqing contain obvious staggered features. The variation tendency of temperature is descend. It is opposite to the tendency of the variations of temperature of the global, northern hemisphere and China.

**Key words:** Temperature variations Multi-time-scale Wavelet transform