

郁珍艳, 范广洲, 华维, 等. 气温突变对我国四季开始日期的影响[J]. 气象, 2010, 36(11): 32-37.

# 气温突变对我国四季开始日期的影响<sup>\* 1</sup>

郁珍艳<sup>1,2</sup> 范广洲<sup>1</sup> 华 维<sup>1</sup> 周定文<sup>1</sup> 赖 欣<sup>1</sup> 刘雅星<sup>1</sup>

1 成都信息工程学院高原大气与环境研究中心, 成都 610225

2 浙江省气候中心, 杭州 310017

**提 要:** 利用我国 599 个站 1961—2007 年逐日温度资料, 运用墨西哥帽小波函数, 分析了近 47 年来我国四季开始日期多时空尺度的变化特征。结果表明: 我国四季开始日期的变化与温度的变化较一致。全国平均四季开始日期均存在 20 年左右的周期特征, 在 20 世纪 80 年代末表现出明显的春、夏季提前, 秋、冬季推迟的趋势。在第一主周期的时间尺度上做小波变换后, 各个区域的变化趋势与全国平均基本一致。但仍存在一定差异, 2005—2007 年东北的夏季偏迟, 2004—2007 年西北的冬季偏早及华南的春季偏迟, 2003—2007 年高原地区也有春季偏迟的现象, 结合其他季节的变化, 这些地区四季的变化特征与温度的变化仍有较好的对应。

**关键词:** 四季开始日期, 小波分析, 四季划分标准, 季节变化, 全球变暖

## The Impact of Temperature Mutation on the Seasonal Start Date over China

YU Zhenyan<sup>1,2</sup> FANG Guangzhou<sup>1</sup> HUA Wei<sup>1</sup> ZHOU Dingwen<sup>1</sup> LAI Xin LIU Yaxing<sup>1</sup>

1 Center for Plateau Atmospheric and Environmental Research, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225

2 Zhejiang Climate Center, Hangzhou 310017

**Abstract:** The daily temperature data at 599 stations during 1961—2007 are utilized to analyze the multi-spatial scale, multi-time scale changes of seasonal start date based on wavelet analysis. The results show that the changes of seasonal start date are accordant with the changes of temperature over China. On national average, the seasonal start date all has a time period of nearly 20 years, and show a clear trend that spring and summer became earlier, autumn and winter became later in the late 1980s. After doing a wavelet transform to the major cycle over all regions, the trends are the same as the national average basically. However, some differences are still existing in varied regions. For example, in Northeast China there was a phenomenon of summer occurring later during 2005—2007. Winter occurring earlier in Northwest China and spring occurring later in South China during 2004—2007. In the Plateau spring also occurred later during 2003—2007, combined with the other seasonal changes, the changes of seasonal start date in these regions are also corresponding to the changes of temperature well.

**Key words:** seasonal start date, wavelet analysis, standard for seasonal classification, seasonal change, global warming

## 引 言

全球变暖, 以及由此带来的全球环境变化问题已引起人们的密切关注, 全球变暖会对社会经济活

动、农业、环境和生态系统产生巨大的影响。Folland 等<sup>[1]</sup> 研究得到 20 世纪期间全球温度增加了  $0.6 \pm 0.2$  °C, 北半球气温上升趋势更明显, 增温达 1 °C 以上<sup>[2]</sup>, 而 20 世纪 80 年代以来, 增温最为迅速, 统计学上达到了突变程度<sup>[3]</sup>。国内许多学者也对我国

\* 国家自然科学基金项目“我国物候变化特征及其对气候变化的响应(编号:40875053);局校合作项目“西藏近 40 年植物物候资料恢复重建研究”共同资助

2008 年 11 月 29 日收稿; 2010 年 3 月 27 日收修定稿

第一作者: 郁珍艳, 主要从事气候诊断与数值模拟研究. Email: yuzhenyan@126.com

气候变化做了一系列的研究,取得了大量成果<sup>[4-13]</sup>。这些研究都表明,中国近百年温度变化与全球或北半球相似,均显示出 20 世纪 30—40 年代和 80 年代以来两个显著的增温期。1998 年是 20 世纪中国最暖的一年,气温距平达到了  $+1.38\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[14]</sup>。而 2007 年,中国年平均气温较常年偏高  $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,为 1951 年以来最暖的一年<sup>[15]</sup>。

目前关于全球变暖背景下四季时空变化特征的研究甚少,所以本文运用张宝堃<sup>[16]</sup>提出的四季划分标准计算了四季开始日期,即以候(5 天)平均气温为指标,凡 5 天平均气温稳定在  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下的时期,划为冬季;平均气温稳定在  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上的时期划为夏季;平均气温在  $10\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间的季节就是春季与秋季。由于我国幅员辽阔,各个地区四季的空间分布存在明显差异,因此参考了张家诚<sup>[17]</sup>对我国的气候分区,大致将我国分为东北、华北、西北、华东、华中、华南、西南以及高原地区,采用墨西哥帽小波分析方法<sup>[18]</sup>对全国平均和各个地区四季开始日期年际变化时间序列做了小波分析,希望可以揭示四季开始日期的多时空尺度的变化特征,为生态环境的合理配置和农业布局的调整等问题提供参考依据。

## 1 资 料

选取国家气象信息中心提供的我国 599 个测站 1961—2007 年逐日气温资料,这些测站的数据资料相对较为完整。并对资料进行了订正,对单个缺测值进行中央插值,对连续多个缺测值进行多年平均。

为检验订正数据的可靠性,选取了 20 个包括 1961—2007 年完整资料的站点,随机剔除一些资料,作为检验序列,然后用以上方法对人为缺测资料进行订正。在对单个缺测值进行插值订正后,订正序列与原始序列的相关系数达到了 0.99 以上,而对连续多个缺测值进行多年平均订正后,订正序列与原始序列的相关系数也可以达到 0.5 以上,都通过了 0.01 的显著性水平检验,因此可以认为订正后的资料是可靠的。

由于各个测站四季的情况各异,如青藏高原的广大地区全年皆冬,而华南的最南部的一些测站基本上四季皆夏。每年的情况也有所差异,如有些站在有些年份有夏季,而有些年份却没有,所以计算得到的四季开始日期序列并不是都包含了 599 个站。

## 2 结果和讨论

### 2.1 全国平均及各个区域四季开始日期年代际变化分析

四季开始日期的年代距平为年代平均四季开始日期与 1961—2007 年平均四季开始日期的差值。由表 1 来看,20 世纪 90 年代开始春季、夏季偏早,秋季偏晚;冬季则在 21 世纪初偏晚,这些变化在增温明显的 21 世纪初表现最明显。从各个区域来看(表略),北方地区的变化与全国平均基本一致,只有冬季偏晚超前于全国平均,东北、西北是从 20 世纪 90 年代开始,华北更是从 80 年代开始。高原地区从 80 年代开始春季偏早,西南在 80、90 年代春季反而偏晚,这与我国温度的变化有很好的对应<sup>[19]</sup>。华东的春季在 21 世纪初才偏早,华中地区在 70 年代和 21 世纪初春季偏早,冬季偏晚。华南在 70 和 90 年代以后春季偏早,夏季从 80 年代开始偏早,秋季则在 60 年代和 21 世纪初偏晚。可见,各个区域夏季、秋季的变化趋势基本一致,而春季、冬季的变化趋势在 20 世纪存在差异。而且各个区域的变化幅度存在一定差异,华东、华中春季偏早最明显,华南最弱;夏季偏早的趋势在各个区域均较明显;高原和华东秋季、冬季偏晚的趋势最明显。我国四季开始时间的年代际变化与温度的年代际变化<sup>[4-10]</sup>有较好的对应。

表 1 1961—2007 年全国平均四季开始日期年代距平(单位:d)

Table 1 The decadal departure of national average seasonal start date during 1961—2007(unit:d)

	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	21 世纪初
春	1.33	0.51	1.13	-0.51	-3.31
夏	1.83	2.92	1.12	-2.34	-5.41
秋	-1.06	-2.02	-1.02	1.28	4.03
冬	-1.16	-1.29	-0.67	-0.44	2.83

### 2.2 全国平均四季开始日期年际变化时间序列的小波分析

#### 2.2.1 春季、夏季开始日期变化特征

由图 1d 和图 2d 可见,全国平均春季、夏季总体上呈提前的趋势,分别通过了 0.1 和 0.01 的显著性水平检验。由图 1b 和图 2b 可见,两季开始日期小波方差在 21 年左右的时间尺度上为一明显的峰值,说明两季在 21 年左右的周期振荡最强。图 1a 和图

2a 显示了两季在不同时间尺度上的周期振荡, 同样可见两季在 21 年左右的周期振荡非常明显, 后面的等值线并未出现闭合, 说明 2007 年以后一段时间内两季将继续偏早。

对两季开始日期在 21 年时间尺度上做小波变

换后, 小波系数在 1987 年处通过零点, 说明两季在 1987 年发生了突变(图 1c 和图 2c)。经统计, 两季在发生突变的前一时段 1961—1987 年的距平平均值分别为 0.94 和 2.03, 后一时段的 1988—2007 年的距平平均值分别为 -1.27 和 -2.75, 突变前后距

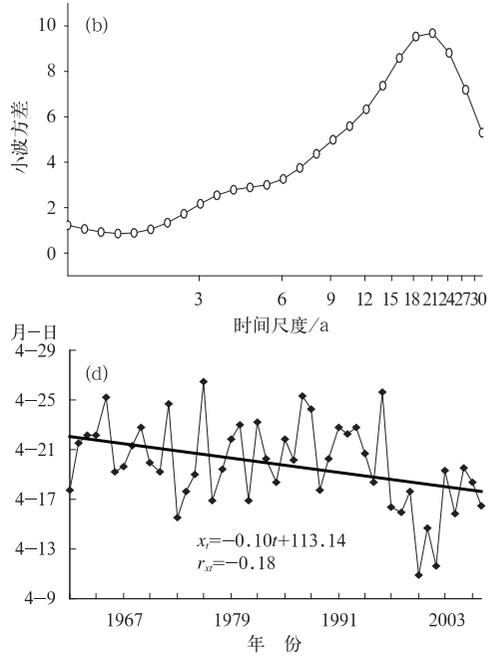
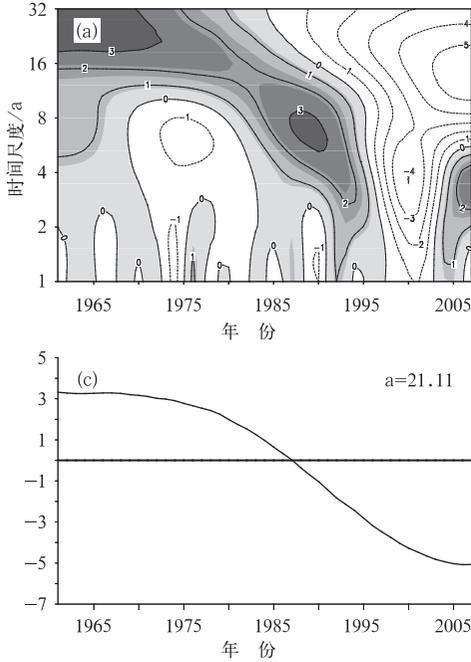


图 1 全国平均春季开始日期小波变换(a)、小波方差(b)、时间尺度约为 21 年的小波变换(c)、年际变化(d) 正值代表春季推迟, 负值代表春季提前

Fig. 1 Wavelet transform (a), wavelet variance (b), wavelet transform for the time scale of 21 a (c) and the interannual change (d) for the start date of spring on national average positive value denotes the spring delay, negative value denotes the spring advancing

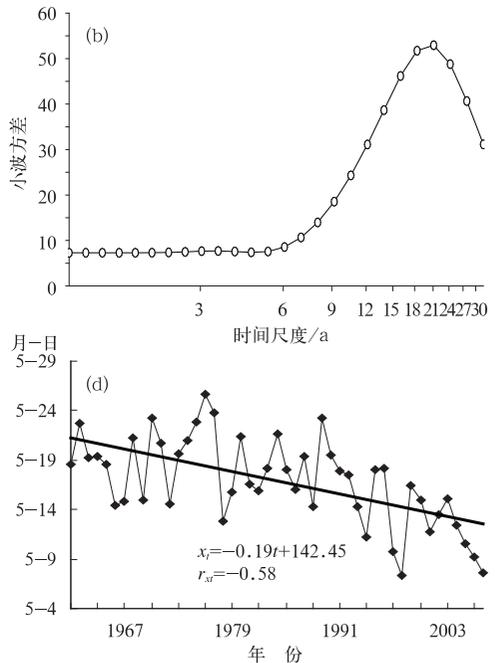
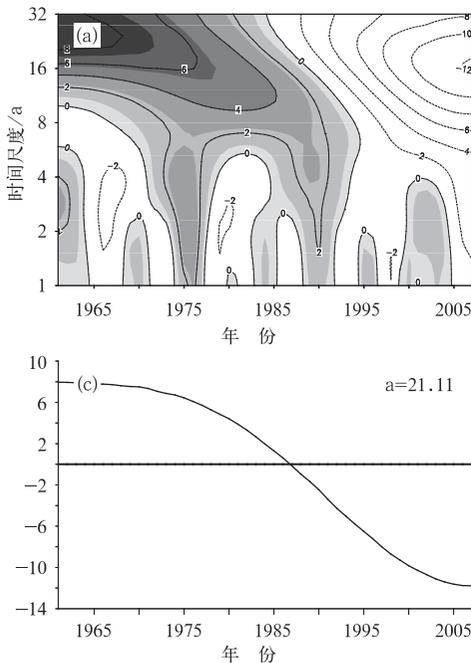


图 2 同图 1, 但为夏季 Fig. 2 As in Fig. 1, but for summer

平平均值的  $t$  检验值分别达到了  $-2.32$  和  $-4.44$ , 通过了  $0.05$  和  $0.01$  的显著性水平检验。可见,就 21 年时间尺度上而言,春、夏两季开始日期从 1987 年起由偏迟 to 偏早。

### 2.2.2 秋季、冬季开始日期变化特征

由图 3c 和图 4c 可见,全国平均秋、冬季开始日

期总体上呈推迟的趋势,分别通过了  $0.01$  和  $0.05$  的显著性水平检验。由图 3b 和图 4b 可见,两季的小波方差在 18 年左右的时间尺度上为一明显的峰值。同样在图 3a 和图 4a 中 18 年左右的周期振荡非常明显,后面的等值线并未出现闭合,说明 2007 年以后一段时间内两季将继续偏迟。

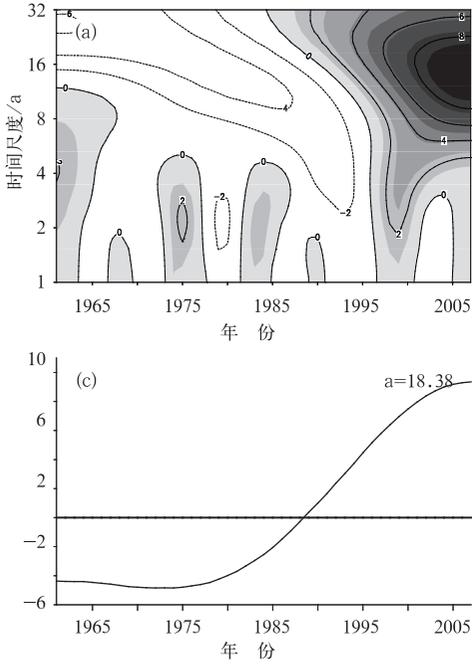


图 3 同图 1,为秋季,时间尺度约为 18 年

Fig. 3 As in Fig. 1, but for autumn (wavelet transform for the time scale of 18 a)

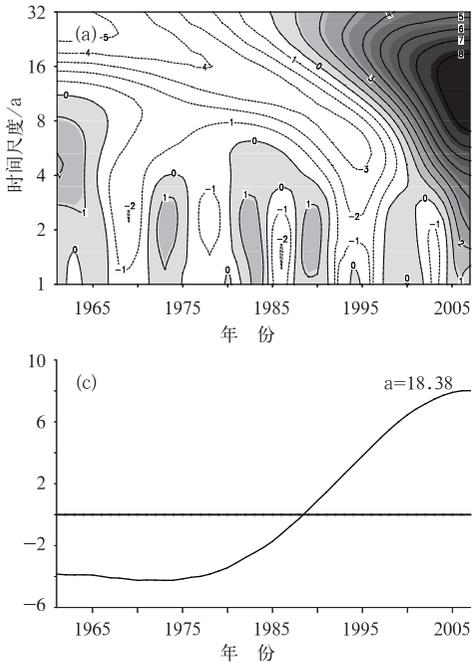


图 4 同图 1,为冬季,时间尺度约为 18 年

Fig. 4 As in Fig. 1, but for winter (wavelet transform for the time scale of 18 a)



### 3 结 论

我国幅员辽阔,四季分明,各个区域四季存在明显差异。我国四季开始日期的变化有多空间尺度,多时间尺度的复杂结构。通过分析主要得到以下 3 个结论:

(1) 从全国平均来看,20 世纪 90 年代开始春季、夏季偏早,秋季偏晚,冬季则在 21 世纪初偏晚,这种变化均在增温明显的 21 世纪初表现最为明显。各个区域夏、秋季的变化趋势基本一致,而春、冬季的变化趋势在 20 世纪存在差异。各个区域的变化幅度也存在较大差异。

(2) 全国平均四季开始日期均存在 20 年左右时间尺度的周期特征,小尺度的周期特征表现得并不是很明显。在 20 世纪 80 年代末表现出明显的春季、夏季提前,秋季、冬季推迟的趋势,这很好地对应了我国从 80 年代开始表现出的明显的变暖趋势。

(3) 在第一主周期的时间尺度上做小波变换后,各个区域的变化趋势与全国平均基本一致。21 世纪初,2005—2007 年东北的夏季偏迟,2004—2007 年西北的冬季偏早及华南的春季偏迟,2003—2007 年高原地区也有春季偏迟的现象,但结合其他季节的变化,这些地区四季开始日期的变化特征与温度的变化仍有较好的对应。

### 参考文献

- [1] Folland C K, Rayner N A, Brown S J, et al. Global temperature change and its uncertainties since 1861[J]. *Geophys Res*, 2001, 28: 2621-2624.
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*[R]. Houghton J T, et al. eds. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1996: 141-143.

- [3] Goossens C, Berger A. How to Recognize an Abrupt Climatic Change[M]. In: Berger W H, Labeyrie L D, eds. *Abrupt Climatic Change: Evidence and Implication*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1987, 31-46.
- [4] 唐国利, 林学椿. 1921—1990 年我国气温序列及变化趋势[J]. *气象*, 1992, 18(7): 3-6.
- [5] 施小英, 徐祥德, 徐影. 中国 600 个站气温和 IPCC 模式产品气温的比较[J]. *气象*, 2005, 31(7): 49-53.
- [6] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际气候变化特征[J]. *气象学报*, 1995, 53(4): 431-439.
- [7] 王绍武. 近百年我国及全球气温变化趋势[J]. *气象*, 1990, 16(2): 11-15.
- [8] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. *气象*, 1994, 20(12): 19-26.
- [9] 林学椿, 于淑秋, 唐国利. 中国近百年温度序列[J]. *大气科学*, 1995, 19(5): 525-534.
- [10] 魏凤英, 曹鸿兴. 20 世纪 80~90 年代我国气候变暖进程的统计事实[J]. *应用气象学报*, 2003, 14(1): 79-86.
- [11] 叶春华, 吕建周, 林之光. 我国新极端最高气温的考察研究[J]. *气象*, 2008, 34(11): 3-6.
- [12] 张雪慧, 官莉, 王振会, 等. 利用人工神经网络方法反演大气温度廓线[J]. *气象*, 2009, 35(11): 137-142.
- [13] 司鹏, 李庆祥, 李伟. 城市化进程对中国东北部气温变暖的贡献检测[J]. *气象*, 2010, 36(2): 13-21.
- [14] 龚道溢, 王绍武. 1998 年: 中国近一个世纪以来最暖的一年[J]. *气象*, 1999, 25(8): 1-3.
- [15] 邹旭恺, 陈峪, 刘秋锋, 等. 2007 年中国气候概况[J]. *气象*, 2008, 34(4): 120-125.
- [16] 张宝堃. 中国季节之分配[J]. *地理学报*, 1934, 1(1): 29-74.
- [17] 张家诚. *中国气候总论*[M]. 气象出版社, 1991: 256-305, 477.
- [18] 许月卿, 李双成, 蔡运龙. 基于小波分析的河北平原降水变化规律研究[J]. *中国科学 D 辑, 地球科学*, 2004, 34(12): 1176-1183.
- [19] 任国玉, 徐铭志, 初子莹. 近 54 年中国地面气温变化[J]. *气候与环境研究*, 2005, 10(4): 717-727.
- [20] 沙万英, 邵雪梅, 黄玫. 20 世纪 80 年代以来中国的气候变暖及其对自然区域界线的影响[J]. *中国科学 (D 辑)*, 2002, 32(4): 317-326.