

郁珍艳, 范广洲, 华维, 等. 2010. 气候变暖背景下我国四季开始时间的变化特征 [J]. 气候与环境研究, 15 (1): 73–82. Yu Zhenyan, Fan Guangzhou, Hua Wei, et al. 2010. Variation characteristics of season start dates over China under the global warming [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (1): 73–82.

气候变暖背景下我国四季开始时间的变化特征

郁珍艳 范广洲 华维 周定文 赖欣 刘雅星

成都信息工程学院高原大气与环境研究中心, 成都 610225

摘要 利用中国气象局国家气象信息中心提供的中国 599 个测站 1961~2007 年逐日温度资料, 分析了我国近 47 年来四季开始日期的变化趋势。结果表明, 四季开始日期在全国范围内主要表现为春季、夏季提早, 秋季、冬季推迟的变化趋势, 其中以夏季的变化最为明显, 且在显著增温的 21 世纪初最为明显。这种趋势在空间分布上有所差异, 北方比南方明显, 东部比西部明显。东北最北部、华南最南部以及新疆局部区域春季推迟, 青海东部以及内蒙古最北部的小范围地区夏季推迟, 华南及西南局部地区冬季提早。此外, 全国平均四季开始日期的年代际变化在 20 世纪并不是很明显, 而在 21 世纪初非常明显。但年代际变化特征存在区域性差异, 高原地区 20 世纪 80 年代和 90 年代春季提早, 冬季推迟。而在 21 世纪初春季、冬季均推迟, 但冬季的变化比春季明显得多。华南南部地区春季推迟、冬季提早。西南地区在 21 世纪初春季、夏季明显提早, 秋季、冬季推迟, 但之前这种趋势并不明显。

关键词 四季开始日期 季节变化 全球变暖 气候趋势系数

文章编号 1006-9585 (2010) 01-0073-10 **中图分类号** P467 **文献标识码** A

Variation Characteristics of Season Start Dates over China under the Global Warming

YU Zhenyan, FAN Guangzhou, HUA Wei, ZHOU Dingwen, LAI Xin, and LIU Yaxing

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

Abstract The variation trends of season start dates during recent 47 years were analyzed by using daily temperature data of 1961–2007 from 599 standard meteorological stations provided by the National Meteorological Information Center, China Meteorological Administration. The results show that the season start dates of spring and summer become earlier, of autumn and winter become later, of summer have the most obvious change, and this trend is the most evident in the beginning of the 21st century when the global warming is significant. This trend has different spatial distribution all over China, which is more evident in the north than in the south and more evident in the eastern part than in the western part. In the northernmost part of Northeast China, the southernmost part of South China and some areas of Xinjiang, spring become later; in small area of the east of Qinghai and the northernmost part of Inner Mongolia, summer become later; in some areas of East China and Southwest China, winter become earlier. And the decadal change in national average is not very obvious in the 20th century, but reverse in the begin-

收稿日期 2008-11-28 收到, 2009-10-20 收到修定稿

资助项目 国家自然科学基金项目 40875053 和局校合作项目“西藏近 40 年植被物候资料恢复重建研究”

作者简介 郁珍艳, 女, 1984 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为气候诊断与数值模拟。E-mail: yuzhenyan@126.com

ning of the 21st century. The features of decadal change are not the same in different regions. In the plateau, there is earlier spring and later winter in the 1980s and the 1990s. In the beginning of the 21st century, both of spring and winter are late, but the change in winter is more obvious than in spring. In the south of South China, spring become later when winter become earlier. In the beginning of the 21st century, the trend that spring and summer become earlier is more obvious than the trend that autumn and winter become later in Southwest China.

Key words season start date, season change, global warming, climate trend coefficient

1 引言

全球变暖以及由此而带来的全球环境变化问题已引起全世界人们及各国政府的密切关注,全球气候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。研究气候变暖及温度变化在区域和季节上的差异,指出气候变暖对人类社会发展的影响,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,具有重大的意义。

20 世纪 80 年代以来,国内学者对中国器测时期的气候变化进行了很多研究,取得了大量成果(张先恭和李小泉,1982;Bradley et al., 1987;王绍武,1990;唐国利和林学椿,1992;丁一汇和戴晓苏,1994;任国玉和周薇,1994;施能等,1995;林学椿等,1995;王绍武和姚檀栋,1998;Zeng et al., 2001;王绍武等,2002;魏凤英和曹鸿兴,2003;任国玉等,2005a, 2005b;唐国利和任国玉,2005)。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,但相对于北半球中国 30~40 年代的温暖期更为明显,同时中国一些地区的夏季气温具有不同程度的降低趋势。任国玉等(2005b)的研究表明,我国近 50 多年来年平均地表气温变暖比全球或半球同期平均增温速率高得多,全国大范围增暖主要发生在近 20 余年。我国从 20 世纪 80 年代初期开始的明显增暖主要表现在冷季,但进入 90 年代以后夏季增暖也日趋明显。从区域上看,中国大陆地区最明显的增温发生在北方和青藏高原地区,而西南的四川盆地和云贵高原北部仍维持弱的降温趋势。沙万英等(2002)分析了 80 年代以来我国年和四季温度的变化,发现中国的气候变暖表现为非均衡响

应——区域和季节差异颇大,在区域变化上有“北暖南冷”的趋势,在季节变化上有“冬暖夏凉”的特点。

虽然国内外的学者对全球气候变暖做了不少研究,但是对在全球变暖背景条件下四季时空变化特征的研究甚少。林之光(1987)指出,黑龙江北部是“长年无夏,春秋相连”的气候型。黑龙江中部开始有了夏天,所以该处已是“冬冷夏热,四季分明”气候区的北部。黑龙江南部地区冬冷渐减、夏热渐增。长江中下游是我国冬冷夏热区的中心,这里夏季气温高、湿度大,显得十分闷热,但冬季又是寒潮南下必经的通道,特别是在寒潮天气中,又冷又湿,使人感到格外寒冷。长江中下游的南部就是两广的“长夏无冬,秋去春来”的气候区,这里“三冬无雪,四时常花”。跨海进入南海诸岛,就是“四季皆夏”气候区了。此外,在 4500 m 以上的青藏高原,即使时值盛夏,平均气温仍在 10 °C 以下,从温度上讲是“全年皆冬”的气候。在这个区域周围,海拔较低,夏季平均气温还能上升到 10~22 °C 之间,所以这里和东北北部一样“长冬无夏,春秋相连”。在云南省中南部地区,还有令人向往的“四季如春”的气候。

我国大部分地区位于亚热带和温带,夏季骄阳高照,冬季冷空气频频南侵,我国的气候是冬冷夏热,四季变化十分鲜明。由于我国幅员广阔,地形复杂,各个区域四季变化可能不尽相同,为进一步了解各个地区四季开始日期的变化趋势是否存在明显差异,本文还依照 47 年平均四季开始日期的空间分布,并参考张家诚(1991)对我国气候的分区,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。希望通过研究分析,得到在全球变暖背景条件下中国地区近 47 年来四季开始日期变化趋势特征及其在各个区域上的表现。

2 资料来源和分析方法

2.1 资料

资料来源于中国气象局国家气象信息中心资料室提供的中国 740 个测站 1957~2007 年逐日气温资料, 这些站绝大部分属于国家基准气候站和基本气象站, 个别为一般气象站。

由于这些站点建站时间不同, 资料长度不一, 存在很多缺测, 而且缺测的类型也不一致: 有连续日缺测的, 也有月中间断缺测的, 甚至还有整年缺测的。因而本文在分析数据前对资料中的缺测值进行了订正。首先, 将连续缺测较多的测站剔除, 然后对单个缺测值运用中央差分方法进行插值, 对连续多个缺测值则用其他年份该日温度的多年平均值替代, 以保证每站的资料都包含了 1961~2007 年的连续记录。全国共选取了 599 个测站 1961~2007 年的资料计算我国四季开始日期。

为了检验订正后数据的可靠性, 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, 作为检验订正方法的序列。然后用以上方法对人为缺测资料进行订正, 并将订正序列与原始序列求相关, 通过相关系数检验确定此订正方法的可靠性。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, 完全通过了信度为 99% 的统计检验。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都可以达到 0.5 以上, 同样通过了信度为 99% 的统计检验, 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, 例如青藏高原的广大地区全年皆冬, 而华南最南部的一些测站基本上属于四季皆夏。每一年的情况也有所差异, 例如有些测站在有些年份有夏季, 而有些年份却没有, 所以最后计算得到的四季开始日期及其年代差并不是都包含了 599 个站。

2.2 分析方法

2.2.1 四季划分标准

气象部门通常据阳历划分四季, 即 3~5 月为春季, 6~8 月为夏季, 9~11 月为秋季, 12 月至次年 2 月为冬季。这种划分四季的标准和方法虽然十分简单明了, 但四季的开始日期都是固定的,

与实际气候状况常常发生很大的出入。例如, 按这种划分标准, 3 月份都属春季, 这时候长江以南固然桃红柳绿、一派春光, 可是黑龙江却依然寒风刺骨、冰天雪地, 而海南岛则已是炎热的夏天了。

张宝堃 (1934) 提出了一种尽量符合自然景象的四季划分标准, 这就是物候学的划分方法, 以候 (5 天) 平均气温为指标: 平均气温稳定在 10℃ 以下的时期划为冬季, 平均气温稳定在 22℃ 以上的时期划为夏季, 平均气温在 10~22℃ 之间的季节就是春季与秋季。用这种标准划分的四季比较符合我国东部地区的物候景象, 实际上这 10℃ 和 22℃ 的指标就是根据平均气温和物候间的关系而确定的。

所以本文运用了张宝堃 (1934) 提出的四季划分标准, 将 5 天平均气温出现 10℃ 以下的首日期定为冬季开始日期, 将 5 天平均气温出现 22℃ 以上的首日期定为夏季开始日期, 而将 5 天平均气温出现 10~22℃ 之间的首日期定为春季和秋季开始日期。

逐年气候因冷暖不同, 四季开始日期可能会发生很大变化, 所以本文首先分析了我国 1961~2007 年平均四季开始日期的空间分布。然后计算 2001~2007 年与 90 年代、90 年代与 80 年代、80 年代与 70 年代、70 年代与 60 年代平均四季开始日期的差值, 并作 t 检验以用来检验所得差值是否具有显著的统计学意义, 分析在十年时间尺度上四季开始日期是否存在显著的变化。

2.2.2 气候趋势系数

施能等 (1995) 为研究气象要素在气候变化中升降的定量程度, 并可对其进行统计检验, 计算了气候趋势系数 r_{xt} 。

气象要素的趋势变化通常用一次线性回归方程表示:

$$x = a_0 + a_1 t, \quad t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

t 表示时间, x 表示要素逐年值, a_1 常称为气候倾向率。 a_0 是常数, 取要素的单位。本文中由于日期数据的特殊性, 若开始日期为 1 月 1 日时, 取 $a_0 = 1$; 若开始日期为 1 月 2 日时, 取 $a_0 = 2$, 依次类推, 要素单位为天。

气候趋势系数 r_{xt} 定义为 n 时刻 (年) 的要素序列与自然数列 1, 2, 3, ..., n 的相关系数, 则

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{t})^2}}, \quad (2)$$

其中 n 为年数。 x_i 是第 i 年要素值, $\bar{x}$ 为其样本平均值。 $\bar{t} = (n+1)/2$ 。显然, 这个值为正(负)时表示该要素在所计算的 n 年内有线性增(降)的趋势。 $r_{xt}\sqrt{n-2}/\sqrt{1-r_{xt}^2}$ 符合自由度 $(n-2)$ 的 t 分布, 从而检验这种气候趋势是否有意义, 或是一种随机振动。

本文运用以上方法计算了全国各站、各区域平均及全国平均四季开始日期的趋势系数, 并对其进行统计检验, 以得到近 47 年来我国四季开始日期的基本变化趋势在空间、时间上的分布特征。

3 结果和讨论

3.1 平均四季开始日期空间分布

由我国 47 年平均春季开始日期空间分布图(图略)可以看出, 福建和云南两省南部、海南、两广地区, 是我国春季开始最早的地方, 在 2 月底至 3 月初就全部进入了春季。华东、华中地区大都在 3 月下旬进入春季。4 月下旬, 华北平原的京津地区春季已经开始。5 月上旬, 黑龙江南部开始春回大地, 但要到 5 月下旬, 我国最北的黑龙江省的每个角落才都进入了春季。我国西部地区, 北疆准噶尔盆地大约在 4 月春始, 南疆塔里木盆地 3 月底春天就开始了。青藏高原大部分地区

区在 5 或 6 月入春。

由图 1a 可以看出, 海南岛、两广地区只有一个短短的春季, 在 3 月就进入了夏季。4 月下旬至 5 月中旬, 华东、华中及西南东部地区都进入了夏季。6 月底, 黑龙江中部地区的夏天开始, 直到 7 月上旬, 内蒙古的北部地区才进入夏季, 黑龙江最北部基本常年无夏。我国西部地区, 准噶尔盆地和塔里木盆地都在 5 月中旬左右夏季开始, 但海拔接近海平面的吐鲁番盆地 4 月底就进入夏天了。青藏高原的广大地区, 由于海拔很高, 基本没有夏季。

由我国 47 年平均秋季开始日期空间分布图(图略)可以看出, 东北是我国东部地区秋季开始最早的地方, 黑龙江北部 7 月就进入了秋季, 8 月底东北地区全境入秋。华北平原在 8 月下旬也已。长江中下游北部地区要到 9 月下旬才进入秋季; 直到 10 月, 华东、华南地区才全部进入秋季; 两广地区 10 月底秋季开始。两广沿海地区与海南岛则到 11 月上旬秋季才开始。西部地区, 准噶尔盆地 8 月份已进入秋季, 塔里木盆地则要到 9 月进入秋季。青藏高原在 7 月秋季就开始了。

由图 1b 可以看出, 黑龙江北部在 9 月中旬就进入了漫长的冬季。10 月, 华北平原冬始, 11 月华东、华中及西南东部地区都已进入冬季, 华南最南部基本为无冬区。西部地区, 准噶尔盆地 9 月份进入冬季, 塔里木盆地则到 10 月才进入冬季。青藏高原的广大地区基本常年为冬季, 这些地方冬季在 7 月就算开始了。

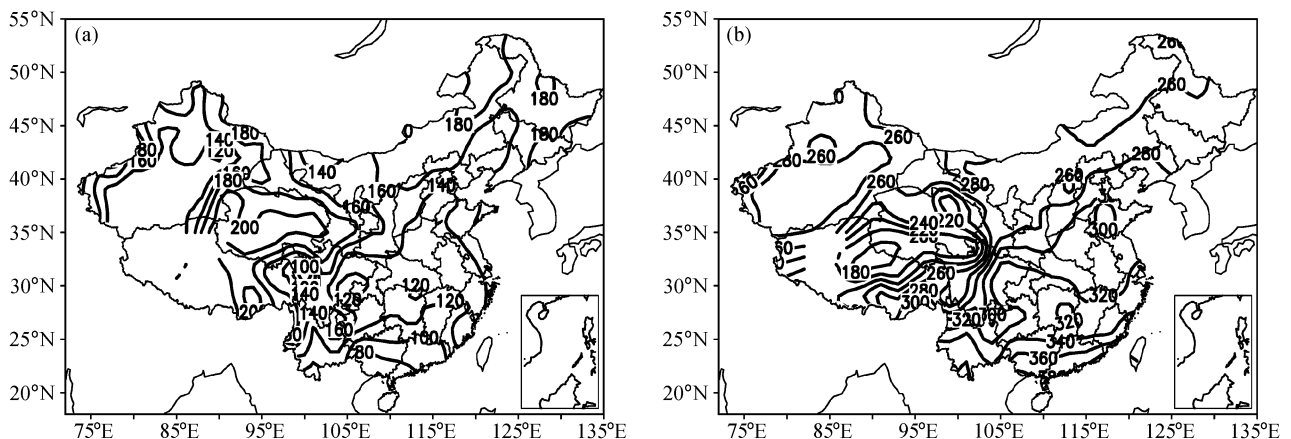


图 1 1961~2007 年平均四季开始日期分布: (a) 夏季; (b) 冬季。数字代表一年中的日序数

Fig. 1 The distribution of mean season start dates during 1961-2007: (a) Summer; (b) winter. Figures represent the day of year

3.2 四季开始日期年代际变化特征

由春季开始日期的年代际差值分布图（图略）可以看出，70 年代相对于 60 年代，东北、华北、准噶尔盆地、青藏高原地区的春季推迟。其他大部分地区有所提早，青海、西藏、云南、湖北、福建的局部地区通过了信度为 99% 的统计检验。80 年代相对于 70 年代，华东、华中、华南、西南、西北春季推迟。而东北、华北、青藏高原以及新疆东南部地区主要表现为春季提早，并且大部分地区都通过了信度为 99% 的统计检验。90 年代相对于 80 年代，全国大部分地区春季提早，东北、准噶尔盆地、甘肃、云南的局部地区通过了信度为 99% 的统计检验。21 世纪初相对于 90 年代，除塔里木盆地、青藏高原、云南、华南最南部有所推迟，其他地区春季明显提早，其中东北、

华北、华东、广西、准噶尔盆地的大部分地区通过了信度为 1% 的统计检验。

图 2 为夏季开始日期的年代际差值分布。由图可以看出，70 年代相对于 60 年代，东北、内蒙古、塔里木盆地、华南地区夏季提早，并在局部地区通过了信度为 99% 的统计检验。80 年代以后，全国大范围地区的夏季都比前一年代有所提早，其中华东、华中、西北、川西高原地区在 80 年代提早明显，青海、准噶尔盆地、内蒙古北部局部地区在 90 年代提早明显，而在 21 世纪初我国北方及云南部分地区提早最明显。

由秋季开始日期的年代际差值分布图（图略）可以看出，70 年代相对于 60 年代，大部分地区秋季推迟，其中在川西高原最为明显，并在东北、华北、西南的局部地区通过了信度为 99% 的统计

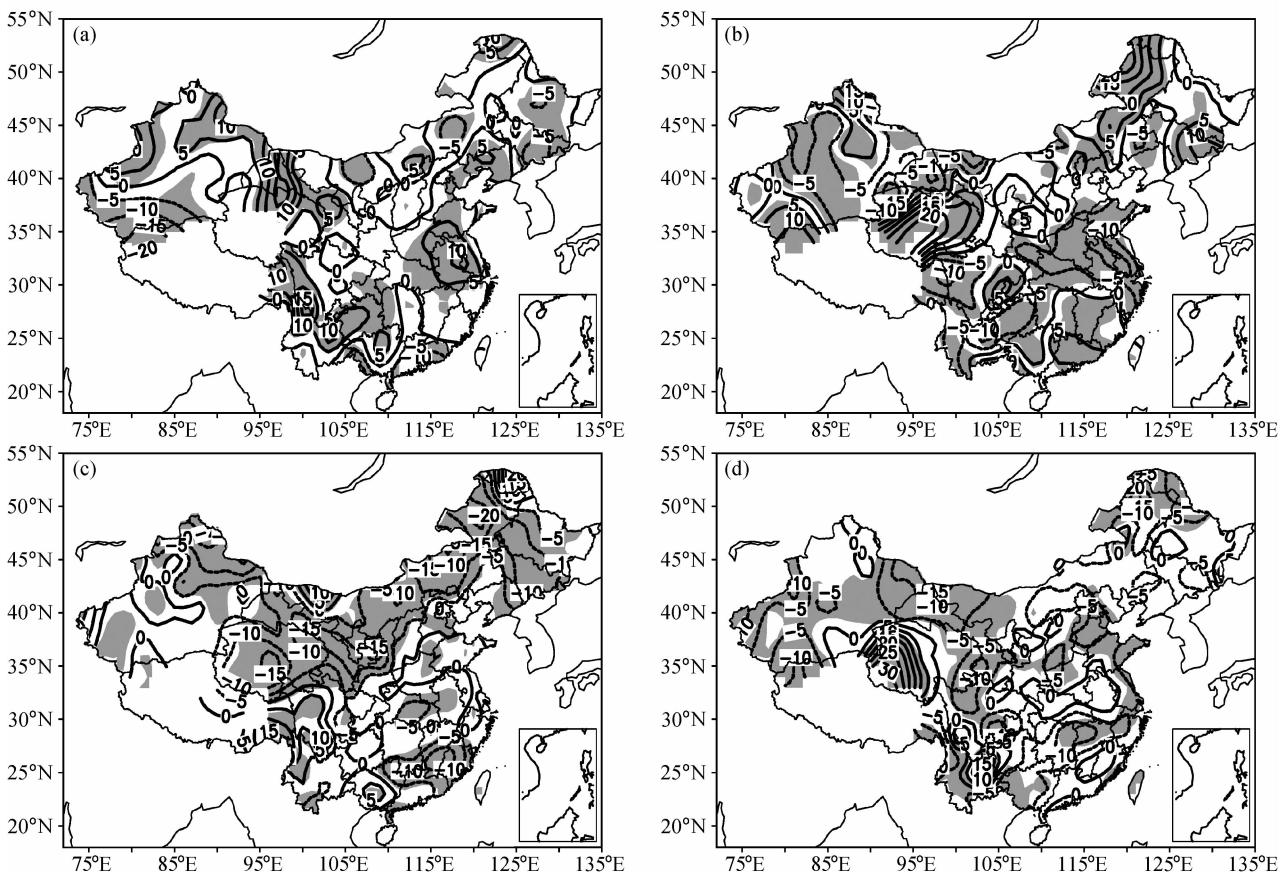


图 2 夏季开始日期 (a) 70 年代与 60 年代、(b) 80 年代与 70 年代、(c) 90 年代与 80 年代、(d) 21 世纪初与 90 年代的差值分布 (正值代表开始日期推迟, 负值代表开始日期提早; 阴影为通过了显著性水平为 1% 的统计检验)

Fig. 2 The distributions of decadal change for summer start dates: (a) 1970s minus 1960s; (b) 1980s minus 1970s; (c) 1990s minus 1980s; (d) early 21st century minus 1990s (the positive and the negative values represent the dates become later and earlier, respectively; shaded areas pass the 1% significance level)

检验。80 年代相对于 70 年代, 除东北中部、华北中西部、西北东部、川西高原外, 其他大部分地区秋季推迟。90 年代相对于 80 年代, 则表现为全国大部分地区秋季推迟, 华南、西南、青海、内蒙古北部、新疆局部地区秋季提早, 其中青海地区最为明显。21 世纪初相对于 90 年代, 除华北局部地区有所提早, 其他地区秋季明显推迟, 全国大部分地区都通过了信度为 99% 的统计检验。

图 3 为冬季开始日期的年代际差值分布。由图可以看出, 70 年代相对于 60 年代, 除青藏高原、川西高原、新疆东部局部地区外, 其他地区冬季推迟, 我国北方的大部分地区通过了信度为 99% 的统计检验。80 年代相对于 70 年代, 华东、华中、新疆、东北中部地区冬季提早, 其他地区主要表现为冬季推迟。90 年代相对于 80 年代, 则表现为全国大部分地区冬季推迟, 其中东北、云南、西藏的局部地区以及青海和新疆交界处推迟明显。川西高原、西北东部局部地区冬季提早,

其中川西高原最为明显。21 世纪初相对于 90 年代, 除华南、东北北部外全国大部分地区冬季明显推迟, 并且大都通过了信度为 99% 的统计检验。

表 1 为全国平均四季开始日期年代际变化的 t 检验值。因此, 从全国平均来看, 春季在 80 年代及 21 世纪初提早, 夏季和秋季从 80 年代开始分别表现为提早与推迟, 冬季在 90 年代以后都表现为推迟。其中 21 世纪初与 90 年代四季开始日期的差值分别通过了信度为 99%、90%、95%、99% 的统计检验, 可以说这两个时间段内四季开始日期的变化是非常明显的。

表 1 四季开始日期年代际变化 t 检验值

Table 1 The t -test of the decadal change for season start dates

差值	春季	夏季	秋季	冬季
70 年代与 60 年代	0.90	0.55	-0.48	0.54
80 年代与 70 年代	-0.12	-0.35	0.63	-0.31
90 年代与 80 年代	0.10	-1.96	0.83	0.16
21 世纪初与 90 年代	-3.00**	-1.85	2.14*	6.72**

* 0.05 显著性水平, ** 0.01 显著性水平。

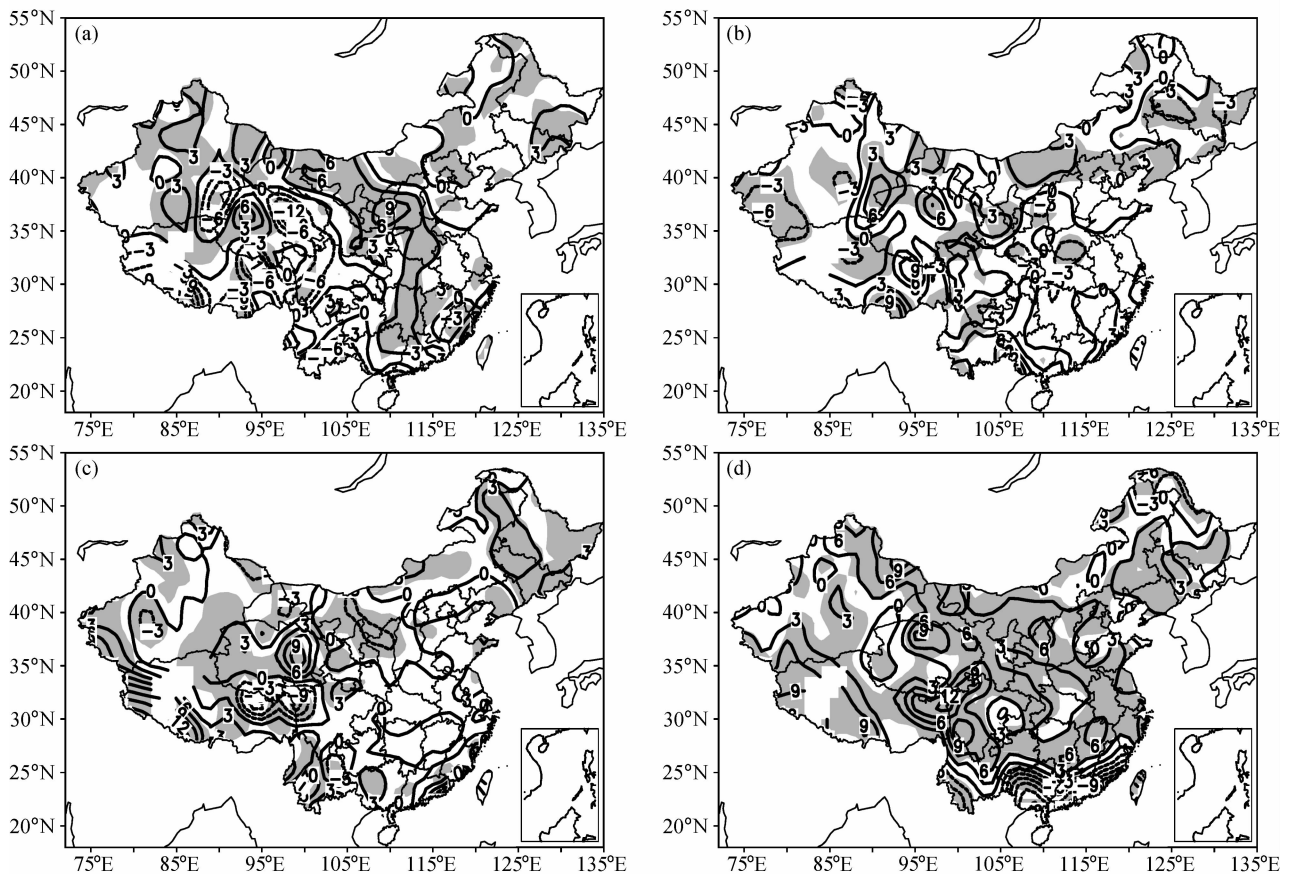


图 3 同图 2, 但为冬季

Fig. 3 Same as Fig. 2, but for winter

由以上分析可以得到,在全球变暖背景条件下,全国平均开始日期在 20 世纪并没有很明显的年代际变化,而在 21 世纪初非常明显。我国北方及华东、华中大部分地区四季开始日期年代际变化的基本特征是:春季、夏季提早,秋季、冬季推迟,在增温明显的 21 世纪初这种变化也最为明显,其中冬季推迟最明显。夏季提前从 90 年代开始比较明显。高原地区 80 年代和 90 年代春季提早,冬季推迟。而在 21 世纪初春季、冬季均推迟,但冬季的变化比春季明显得多。这很好地对应了我国最明显的增温发生在北方和青藏高原地区,明显增暖主要表现在冷季,但进入 90 年代以来夏季增暖也日趋明显(任国玉等, 2005b)。华南南部地区春季推迟、冬季提前,这与我国有“北暖南冷”的变化趋势一致(沙万英等, 2002)。西南地区在 21 世纪初有明显的春季、夏季提前,秋季、冬季推迟的现象,但之前这种趋势并不明

显,这也和许多学者研究得到的西南地区 20 世纪维持弱的降温趋势一致(丁一汇和戴晓苏, 1994)。所以我国四季开始日期的年代际变化很好地对应了温度的年代际特征。

3.3 四季开始日期的趋势变化特征

3.3.1 全国四季开始日期趋势变化

由图 4 可见,全国大部分地区春季、夏季提早,秋季、冬季推迟。东北最北部、华南最南部以及新疆局部区域春季推迟,青海东部以及内蒙古最北部的小范围地区夏季推迟,华南及西南局部地区冬季提早。华东地区春季提早最明显,西北及东北地区夏季提早最明显,秋季推迟在北方和华东地区最明显,而冬季推迟也主要在北方最明显。北方地区最为明显的四季变化特征很好地反映了我国变暖趋势主要发生在北方(沙万英等, 2002; 任国玉等, 2005b)。

由图 5 可见,全国平均春季、夏季开始日期

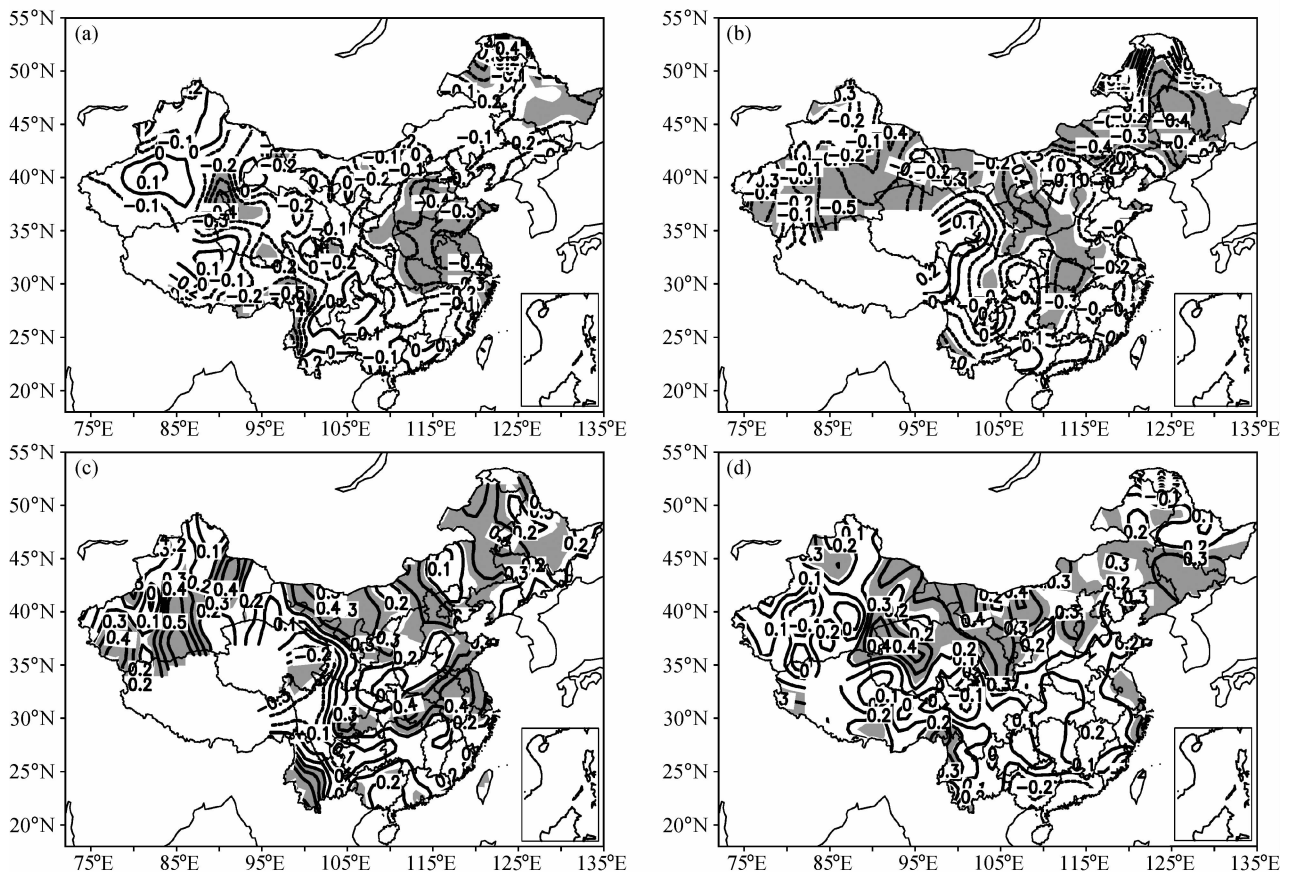


图 4 1961~2007 年四季开始日期的趋势系数分布: (a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季。阴影通过显著性水平为 5% 的统计检验
Fig. 4 The trend coefficients of season start dates during 1961–2007: (a) Spring; (b) summer; (c) autumn; (d) winter. Shaded areas pass 5% significance level

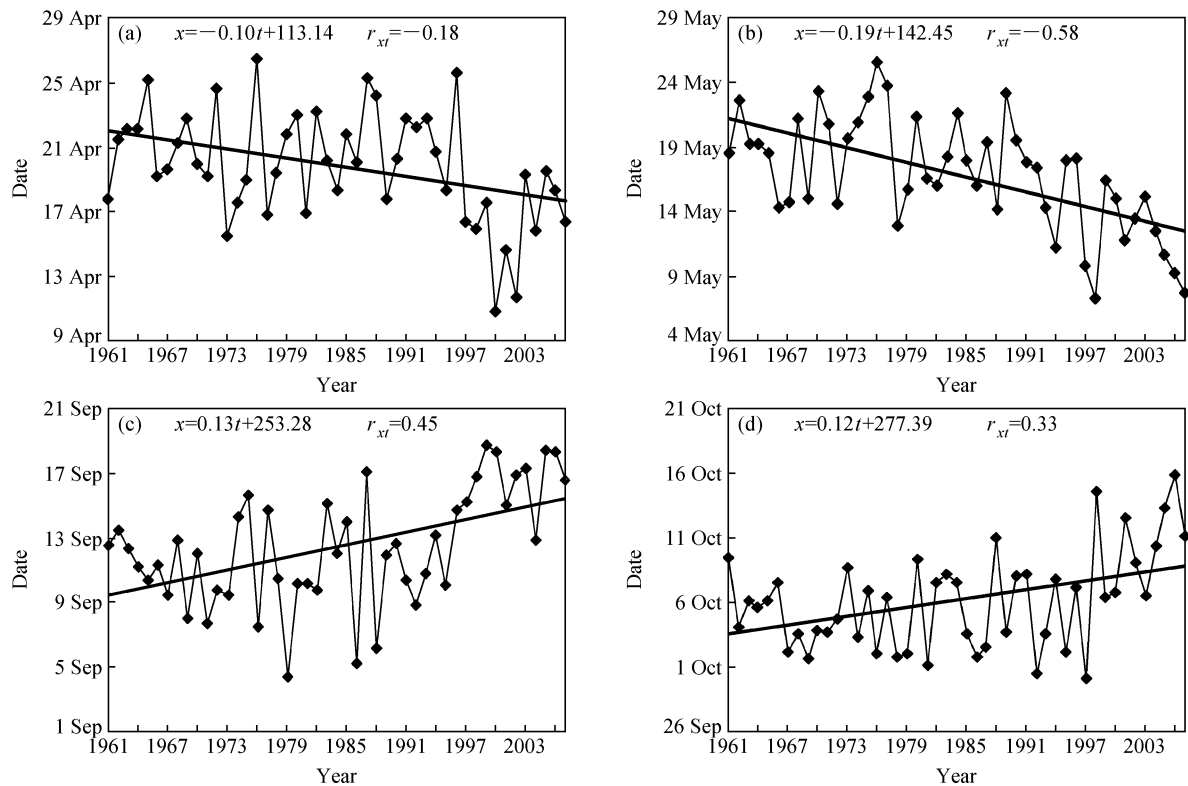


图5 1961~2007年全国平均四季开始日期年际变化趋势: (a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季

Fig. 5 The national average trends in season start dates during 1961–2007 over China; (a) Spring; (b) summer; (c) autumn; (d) winter

总体上呈提早的趋势, 倾向率分别为 $1 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 、 $1.9 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 趋势系数分别为 -0.18 、 -0.58 , 可见夏季比春季提前趋势更明显。秋季、冬季开始日期总体上呈推迟的趋势, 倾向率分别为 $1.3 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 、 $1.2 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 趋势系数分别为 0.45 、 0.33 。因此, 从全国平均来看, 夏季变化趋势最明显, 夏季提前和秋季推迟都通过了信度为 99% 的统计检验, 冬季推迟也通过了信度为 95% 的统计检验。从图中还明显可见, 90 年代末开始有更明显的春季、夏季提前, 秋季、冬季推迟的趋势, 这与之前的年代际变化特征有很好的对应。

3.3.2 各区域四季开始日期趋势变化

为了更加客观地显示我国各个区域之间四季开始日期变化趋势的差异, 表 2 给出了全国各区域四季开始日期趋势系数。由于在华南基本无冬天, 高原地区基本无夏天和秋天, 所以表中不列出这 3 个趋势系数。由表 2 可见, 我国北方地区春季、夏季提早, 秋季、冬季推迟明显, 大部分通过了信度为 99% 的统计检验。华东、华中地区

春季、夏季提早及秋季推迟也很明显, 而冬季推迟较弱。华南地区夏季提早明显, 而春季反而有所推迟, 秋季推迟也较弱。西南地区有明显的夏季提早、秋季推迟, 冬季推迟还是比较明显, 春季变化不大。高原地区春季提早、冬季推迟明显。

表 2 各区域四季开始日期趋势系数

Table 2 The trend coefficients of the season start dates for the regions

	东北	华北	西北	华东
春季	-0.29^*	-0.44^{**}	-0.20	-0.39^{**}
夏季	-0.48^{**}	-0.45^{**}	-0.37^{**}	-0.38^{**}
秋季	0.39^{**}	0.52^{**}	0.26^*	0.44^{**}
冬季	0.41^{**}	0.48^{**}	0.59^{**}	0.20
	华中	华南	西南	高原
春季	-0.33^*	0.03	-0.06	-0.41^{**}
夏季	-0.42^{**}	-0.38^{**}	-0.37^{**}	
秋季	0.40^{**}	0.11	0.37^{**}	
冬季	0.17	0.21^*	0.32^*	

* 0.05 显著性水平, ** 0.01 显著性水平。

由以上分析可得, 四季开始日期在全国范围内主要表现出春、夏季提早, 秋、冬季推迟的变化趋势。这种趋势在时间、空间分布上有所差异。从全国平均来看, 90 年代末开始这种变化趋势最明显。各个季节中夏季提早最明显, 秋季、冬季推迟次之, 春季提早相对较弱。从全国各区域来看, 这种变化趋势在北方比南方明显, 东部比西部明显。四季变化的区域特色明显, 各区域的四季变化存在一定差异。

4 结论

通过分析, 可以得到以下 2 个主要结论:

(1) 近 47 年我国四季开始日期主要表现出春季、夏季提早, 秋季、冬季推迟的基本变化趋势。这种趋势在时间、空间分布上有所差异, 区域特色明显。从全国平均来看, 夏季提早最明显, 为 $1.9 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$; 秋季、冬季推迟次之, 分别为 $1.3 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 、 $1.2 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$; 春季提早相对较弱, 为 $1.0 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。从全国各区域来看, 北方比南方明显, 东部比西部明显。东北最北部、华南最南部以及新疆局部区域春季推迟, 青海东部以及内蒙古最北部的小范围地区夏季推迟, 华南及西南局部地区冬季提早, 其他与全国平均变化趋势基本一致。

(2) 全国平均四季开始日期在 20 世纪并没有很明显的年代际变化, 而在 21 世纪初非常明显。但年代际变化特征存在区域性差异, 北方及华东、华中大部分地区四季开始日期年代际变化的基本特征是: 春季、夏季提早, 秋季、冬季推迟。在增温明显得 21 世纪初这种变化也最为明显, 并且冬季推迟最明显。夏季提前从 90 年代开始比较明显。高原地区 80 年代和 90 年代春季提早, 冬季推迟。而在 21 世纪初春季、冬季均推迟, 但冬季的变化比春季明显得多。华南南部地区春季推迟、冬季提早。西南地区在 21 世纪初有明显的春季、夏季提早和秋季、冬季推迟的现象, 但之前这种趋势并不明显。

可见, 在全球变暖趋势下, 我国各区域的温度也发生了明显的变化, 而分析表明我国四季开始日期的变化很好地反映了这种变化。因此, 随着气候变暖、四季变化, 我们应该遵循自然的规

律, 适当地调整生态环境的配置和农业布局, 实现人类与自然环境的可持续发展。

参考文献 (References)

- Bradley R S, Diaz H F, Jones P D, et al. 1987. Secular fluctuation of temperature over northern land areas and mainland China since the mid-19th century [M] // Ye D, Fu C, Chao J, et al. The Climate of China and Global Climate. Beijing: China Ocean Press, 76-87.
- 丁一汇, 戴晓苏. 1994. 中国近百年来来的温度变化 [J]. 气象, 20 (12): 19-26. Ding Yihui, Dai Xiaosu. 1994. Temperature variation in China during the last 100 years [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 20 (12): 19-26.
- 林之光. 1987. 中国气候 [M]. 北京: 气象出版社, 32-33. Lin Zhiguang. 1987. Climate in China [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 32-33.
- 林学椿, 于淑秋, 唐国利. 1995. 中国近百年温度序列 [J]. 大气科学, 19 (5): 525-534. Lin Xuechun, Yu Shuqiu, Tang Guoli. 1995. Series of average air temperature over China for the last 100-year period [J]. Scientia Atmospherica Sinica (in Chinese), 19 (5): 525-534.
- 任国玉, 周薇. 1994. 辽东半岛本世纪气温变化初步研究 [J]. 气象学报, 52 (4): 493-498. Ren Guoyu, Zhou Wei. 1994. A preliminary study of 20th century temperature change on the Liaodong Peninsula, China [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 52 (4): 493-498.
- 任国玉, 初子莹, 周雅清. 2005a. 中国气温变化研究最新进展 [J]. 气候与环境研究, 10 (4): 701-716. Ren Guoyu, Chu Ziyang, Zhou Yaqing. 2005a. Recent progresses in studies of regional temperature changes in China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (4): 701-716.
- 任国玉, 徐铭志, 初子莹. 2005b. 近 54 年中国地面气温变化 [J]. 气候与环境研究, 10 (4): 717-727. Ren Guoyu, Xu mingzhi, Chu Ziyang. 2005b. Changes of surface air temperature in China during 1951-2004 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (4): 717-727.
- 施能, 陈家其, 屠其璞. 1995. 中国近 100 年四个年代际的气候变化特征 [J]. 气象学报, 53 (4): 431-439. Shi Neng, Chen Jiaqi, Tu Qipu. 1995. 4-phase climate change features in the last 100 years over China [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 53 (4): 431-439.
- 沙万英, 邵雪梅, 黄玫. 2002. 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), 32 (4): 317-326. Sha Wanying, Shao Xuemei, Huang Mei. 2002. The climatic warming and its infection to the borderline of natural region over China from 1980s [J]. Science in China (Ser. D), 32 (4): 317-326.
- 唐国利, 林学椿. 1992. 1921~1990 年我国气温序列及变化趋势

- [J]. 气象, 18 (7) : 3 - 6. Tang Guoli, Lin Xuechun. 1992. Temperature series and change trend of 1921 - 1990 over China [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 18 (7) : 3 - 6.
- 唐国利, 任国玉. 2005. 近百年中国地表气温变化趋势的再分析 [J]. 气候与环境研究, 10 (4) : 791 - 798. Tang Guoli, Ren Guoyu. 2005. Reanalysis of surface air temperature change of the last 100 years over China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (4) : 791 - 798.
- 魏凤英, 曹鸿兴. 2003. 20 世纪 80~90 年代我国气候增暖进程的统计事实 [J]. 应用气象学报, 14 (1) : 79 - 86. Wei Fengying, Cao Hongxing. 2003. Climatic warming process during 1980s - 1990s in China [J]. Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese), 14 (1) : 79 - 86.
- 王绍武. 1990. 近百年我国及全球气温变化趋势 [J]. 气象, 16 (2) : 11 - 15. Wang Shaowu. 1990. China and global temperature change trends in recent 100 years [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 16 (2) : 11 - 15.
- 王绍武, 姚檀栋. 1998. 近百年中国年气温序列的建立 [J]. 应用气象学报, 9 (4) : 392 - 401. Wang Shaowu, Yao Tandong. 1998. Construction of mean annual temperature series of the last one hundred years in China [J]. Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese), 9 (4) : 392 - 401.
- 王绍武, 蔡静宁, 朱锦红, 等. 2002. 中国气候变化的研究 [J]. 气候与环境研究, 7 (2) : 137 - 145. Wang Shaowu, Cai Jingning, Zhu Jinhong, et al. 2002. Studies on climate change in China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 7 (2) : 137 - 145.
- 张宝堃. 1934. 中国季节之分配 [J]. 地理学报, 1 (1) : 29 - 74. Zhang Baokun. 1934. The duration of four seasons in China [J]. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 1 (1) : 29 - 74.
- 张先恭, 李小泉. 1982. 本世纪我国气温变化的某些特征 [J]. 气象学报, (02) : 198 - 208. Zhang Xiangong, Li Xiaoquan. 1982. Some features of air temperature change over China [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), (02) : 198 - 208.
- 张家诚. 1991. 中国气候总论 [M]. 北京: 气象出版社, 256 - 305. Zhang Jiacheng. 1991. Pandect for China's Climate [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 256 - 305.
- Zeng Z, Yan Z, Ye D. 2001. Regions of most significant temperature trend during the last century [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 18 (4) : 481 - 496.