中国气温异常的区域特征研究*

屠其璞 邓自旺 周晓兰

(南京气象学院,南京,210044)

摘 要

用REOF法对中国的年和春、夏、秋、冬季平均气温年际变化进行了分区,并研究了各区气温的变化趋势。结果表明,中国年平均气温可分为8个变化区,春季7区,夏季9区,秋季7区,冬季5区。从年平均气温看,近46 a来中国的主要升温区为东北、华北北部和新疆自治区,升温幅度为1.2℃左右。降温区为四川、贵州,幅度为0.3～0.4℃。东南部、西北东部、西藏和云南地区1970年代初以前降温,以后升温,与北半球气温变化一致。各季节升降温区与年平均有一定的差异。升温区范围和升温幅度最大的为冬季。降温主要集中在春季西部、华南地区和夏季长江流域和新疆南部。降温幅度最大的为夏季。秋冬季全国则无降温趋势。

关键词:气温异常,分区,季节,变化趋势。

1 引 言

20世纪全球气候变暖,公众对气候变化的关注于日俱增,气候变化已成为大气科学研究的一个热点。然而,由于气候变化的原因非常复杂,不同地区的气候变化各有其特点。中国幅源辽阔,各地气候的形成原因不完全相同,在全球气候持续变暖的过程中,中国各地气候又是怎样变化的呢?对这个问题中国学者进行了许多研究,并得到了一些很好的结果。王绍武[1]利用中国气温等级资料研究了近百年中国气温变化规律,表明中国的气候变化与全球有相同的时候,却并不总是一致。中国与全球气温的相关系数在0.3～0.4之间。中国东北、华北及新疆的变暖可能与北半球一致,但长江流域气温反而有所下降。施能等[2]利用自然正交展开插补了中国28个测站近100 a月平均气温,研究表明,20世纪以来中国绝大部分地区气温变暖。数十年尺度冷暖背景下,中国气候变化有区域特征。林学椿等[3]收集了中国711个站的温度资料,建立了中国近一百多年的温度序列。研究表明,中国年温度变化与北半球年温度变化相似。另外,李栋梁等[4]也分别对中国气温变化进行了研究。虽然这些研究结果不尽相同,但都揭示了这样一个事实,即中国气温变化与全球变化有相似之处,同时也具有区域特征。因此,研究中国气温变化,不但要研究全国气温总的变化特征,而且要研究其区域特征。然而,以前人们研究中国气温区域变化时,其区域的划分总是预先给定的,往往缺乏客观性。本研究是以气温的年际变化的区域差异为依据,将中国分为多个气温变化区,然后再研究各气温变化区的标准温度序列。

2 资料及其预处理

所用资料为中国160站1951～1996年的月平均气温序列和P. D. Jones整理的相对

* 初稿时间:1998年4月15日;修改稿时间:1998年8月21日。
资助课题:九五攻关课题96-908-01-01-1。

于1961～1990年30 a平均值的同期北半球月平均气温距平值序列。以此为基础,建立了各站及北半球的年平均(1～12月)序列,春季(3～5月)、夏季(6～8月)、秋季(9～11月)和冬季(12～2月)的季平均气温序列。为了消除因地理原因引起的平均值和变率差异的影响,对这些资料序列分别进行了标准化处理。

3　REOF分区

由于REOF分析在很多文献[5～7]中都可查到,在此不再赘述。众所周知,REOF能将空间相关的地区减少到少数几个,能用来客观地识别空间型。空间场上每一个空间点对应的变量只与一个主成分存在高相关,因此,用REOF法可以较客观地进行分区。

本工作中,对中国的年和春、夏、秋、冬4季平均气温变化区的分区原则为:(1)对气温场进行REOF分析,其中选取累积方差≥85%作为旋转点,令$\epsilon=10^{-3}$,即直到相邻两次的方差贡献之差小于ϵ停止旋转。绘制各旋转主成份荷载向量场,标明荷载≥0.5的站点。(2)在同一荷载向量场中,荷载≥0.5且地理上连成一片的测站多于4个的区域划分为同一个气温变化区。(3)在同一荷载向量场中,若有地理上不连续的两块或以上符合(2)的区域,则将其作为不同的气温变化区。(4)若在某一荷载向量场中,荷载≥0.5的站数少于或虽多于4,但地理上连成一片的站点数少于4,则认为无与该荷载向量场相对应的气温变化区。这些荷载较大的测站的归属,按其与其他荷载场的关系密切程度进行划分。(5)个别测站按上述原则可能同时归于两个或以上相邻气温变化区,对这些测站,也按其与这些相邻气候变化区对应的荷载向量场的荷载的大小,将其归于荷载最大的区域。这样一来在同一区域内各站平均气温具有相似的变化特征。结果将中国年平均温度分为8个变化区,春季7区,夏季9区,秋季7区,冬季5区。结果如图1所示:

3.1　年平均气温

由图1a可见,中国东部(约110°E以东)年平均气温变化以黄河、南岭-武夷山为界分为3个区,其中I区为中国东北部,包括5省2市,II区为华北平原南部及长江中下游地区,III区为华南地区。IV区为西藏和云南,V区为四川、贵州,VI区为西北东部的陕西、甘肃和青海,VII区为新疆南部,VIII区为新疆北部。可以看出分区结果与地理环境有很大关系。为了探讨分区的合理性,我们对各区内的所有测站进行了主成分分析,各区第一主成分方差贡献率除IV区为50.2%外,其余均大于60%。这说明各区域内的气温变化确实一致,各区第一主成分之间的相关系数大部分都小于0.5,但也有一些区域,由于它们对应于同一旋转荷载场,第一主成分之间相关系数较大,如III区(华南)与VI区(西北东部)为0.76,I区(东北)与VIII区(北疆)为0.55,由于在地理上不能连成一片,仍不能算作同一区域。有些区域之间相关系数之所以较大,是由于第一主成分中不但包括年际变化,而且包括方差贡献率较大的年代际变化,而年代际变化各区域之间相关性很大。为此我们计算了各主成分10 a滑动平均序列之间的相关系数,结果表明有较多的相关系数大于0.6。采用高斯高通滤波器滤去年代际变化成分后,各序列之间的相关系数显著变小,除对应于同一荷载向量场的区域外,其它都小于0.4。这说明,虽然有些区域年代际变化具有较好的一致性,但年际变化则相差较大。

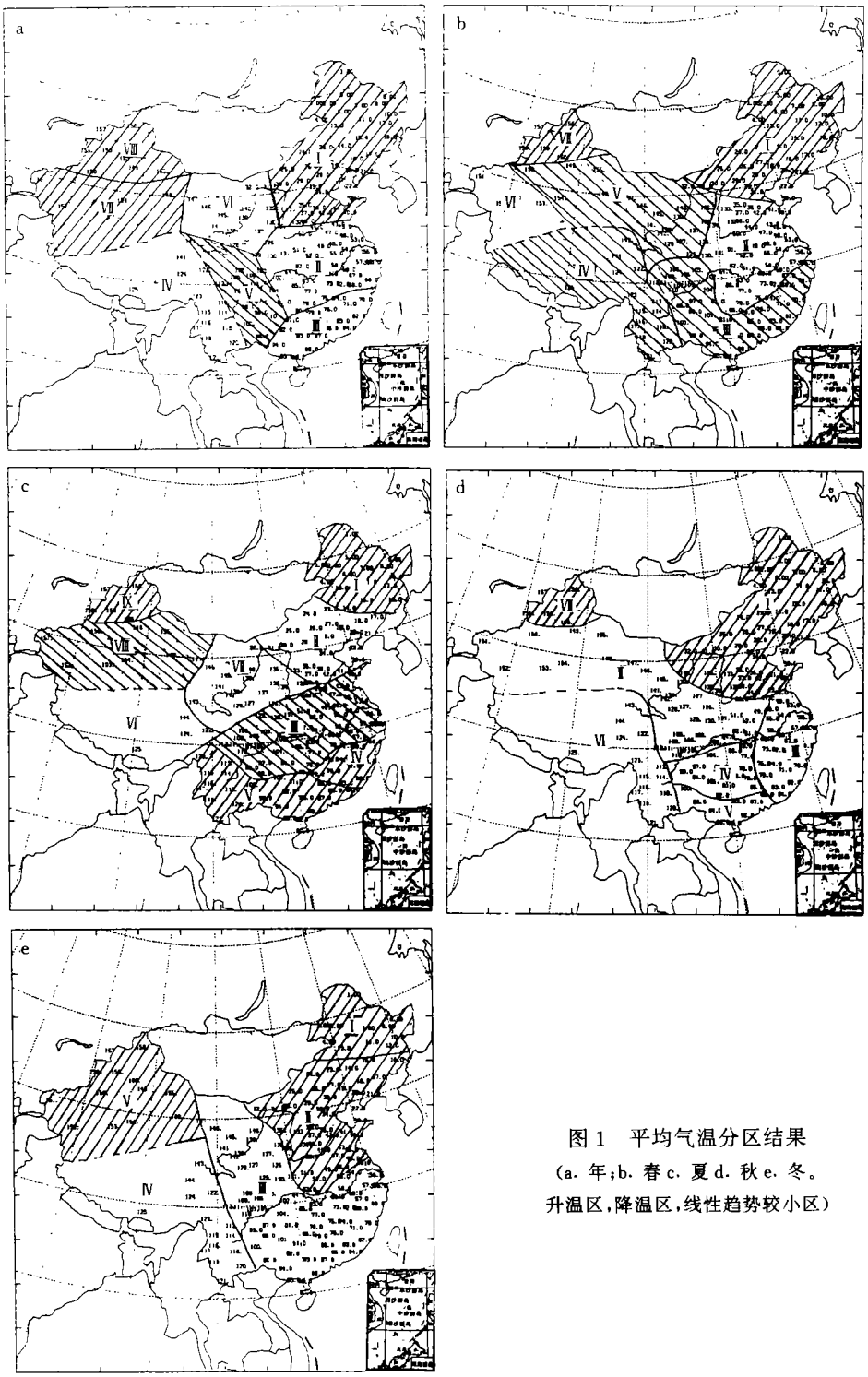


图1 平均气温分区结果

(a. 年;b. 春 c. 夏 d. 秋 e. 冬。
升温区,降温区,线性趋势较小区)

3.2 春季平均气温

由图 1b 可见，春季气温可分 7 个变化区：I 区为东北三省、北京、内蒙古东部；II 区为华北平原和长江中下游平原；III 区为东南沿海、华南、四川、贵州；IV 区为西藏、云南；V 区为西北东部和新疆中部；VI 区为新疆西部；VII 区为新疆北部。除 IV 区第一主成分为 52%外，其余均大于 63%，第一主成分之间的相关系数均小于 0.5。

3.3 夏季平均气温

由图 1c 可见，夏季气温可分为 9 个变化区：I 区为东北北部；II 区为东北南部、华北北部；III 区为华北平原和长江流域；IV 区为福建；V 区为华南、云南；VI 区为西藏；VII 区为西北东部；VIII 区为南疆；IX 区为北疆。夏季各区第一主成分的方差贡献率相对于年平均和其它季节要小，但仍然大于 50%，各区第一主成分之间的相关系数也都小于 0.5，说明夏季气温变化的区域特征更加明显。

3.4 秋季平均气温

由图 1d 可见，秋季可分为 7 个气温变化区：I 区为东北、华北北部；II 区为秦巴山区，四川和西北；III 区为江苏、安徽、福建、江西等东部地区；IV 区为湖南、贵州和两广北部；V 区为两广南部；VI 区为西藏和云南；VII 区为新疆北部。各区第一主成分的方差贡献率均大于 60%。东部 5 区之间的相关系数较大，均在 0.37～0.64 之间，说明秋季中国东部气温变化具有较好的一致性。

3.5 冬季平均气温

如图 1e 所示，冬季气温可分为 5 个变化区：I 区为东北北部；II 区为东北南部、华北；III 区为东南部、和西北东部；IV 区为西藏和云南；V 区为新疆。各区第一主成分的方差贡献率除 IV 区为 54%外，其余均大于 70%。除 IV 区与其它区域、I 区和 III 区第一主成分相关系数小于 0.23 外，其余相关系数均在 0.4～0.6 之间。可见冬季气温是四季中一致性最好的季节。

4 各区域气温的变化趋势分析

由前叙可知，虽然可分别将中国分为多个年平均、春、夏、秋、冬季平均气温变化区，但有些区域气温变化之间仍有较好的相关性，总的趋势则并不一定相差悬殊。为此我们有必要进一步分析不同季节、不同区域气温的变化特征。为了研究各区域气温变化的幅度大小，计算了与各区第一主成分相关系数最大测站(均大于 0.9)的均方差，标准化序列的变化幅度与该方差的乘积即可代表该区温度变化幅度。因篇幅所限文中只绘了有代表性的气温变化曲线。

4.1 年平均气温

图 2a，b，c 分别为 I、VI、V 区年平均气温第一主成分标准化序列及其 10a 滑动平均曲线(其它图略)，分别代表中国近 46 a 来年平均气温变化趋势的 3 种基本型态。第一种代表中国东北部和新疆(I，VII，VIII 区)，气温呈持续上升趋势，其中东北升温幅度达 1.2℃左右，南疆 0.5℃，北疆 1.4℃。三者的差别除升温幅度和年际变率外，还在于温度变化的阶段性特征不同。I 区气温基本上是一直上升；VII 区 1970 年代以前气温缓慢变化，以后升温较快；VIII 区则为 1950 年代升温，1960 年代略有降温，1970 年代快速升温，1980

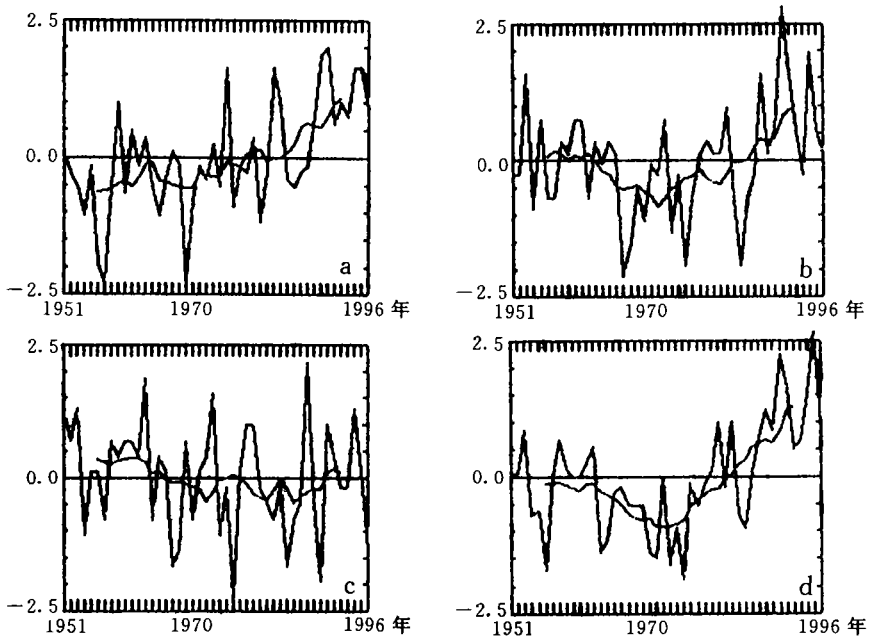


图 2 I (a)、VI (b)、V (c)区第一主成分及北半球年平均气温标准化(d)序列曲线

年代以后气温变化不明显。

第二种代表东南部(II,III 区)、西藏、云南(IV 区)、西北东部(VI 区),呈"V"形变化,即前期降温后期升温,其主要差别在于降升温的转折点不同。II 区 1950 年代略有升温,1960 年代和 1970 年代初降温,以后升温。III 区 1950 年代温度变化缓慢,1960 年代降温,1970 年代变温缓慢,1980 年代以后快速升温。IV 区 1970 年代初以前降温,以后升温。VI 区 1950 年代变温缓慢,1960 年代到 1970 年代初降温,以后升温。

第三种是四川、贵州(V 区)为降温型,即气温基本上是呈下降趋势的,幅度约为 0.3～0.4℃。图 2d 为北半球年平均气温标准化序列及其 10 a 滑动平均曲线。将图 2d 与 a,b,c 相比较可见,与北半球最相似的是 II、III、IV、VI 区,其中 II 区和 VI 区与北半球 10 a 滑动平均序列之间的相关系数分别达 0.91 和 0.93。

4.2 春季平均气温

图 3 a,b,c 分别代表了春季平均气温变化的 3 种基本趋势,但春季气温的变化要比年平均气温复杂一些,区域性特征更加明显。

第一种趋势是 46 a 来呈上升趋势,主要为东北和新疆北部(I、VII 区),其中东北持续升温,幅度达 1.6℃左右,北疆 1970 年代以前升温明显,以后升温缓慢。第二种为倒"V"型,即前期为升温,后期为降温,主要为华北、长江中下游、新疆西部(II、VI 区),但转折点则有较大差异,华北和长江中下游在 1980 年代初,新疆西部在 1970 年代末。第三种为降温型,主要为西南、西北和东南(III、IV、V 区)。西藏云南区 1960 年代末降到最低点后基本少变,一直维持到 1990 年代,而西北则持续缓慢降温,东南沿海和川贵则 1960 年带初开始持续降温。图 3 d 为根据 Jones 资料作出的北半球春季气温变化曲线,与图 3a,b,c

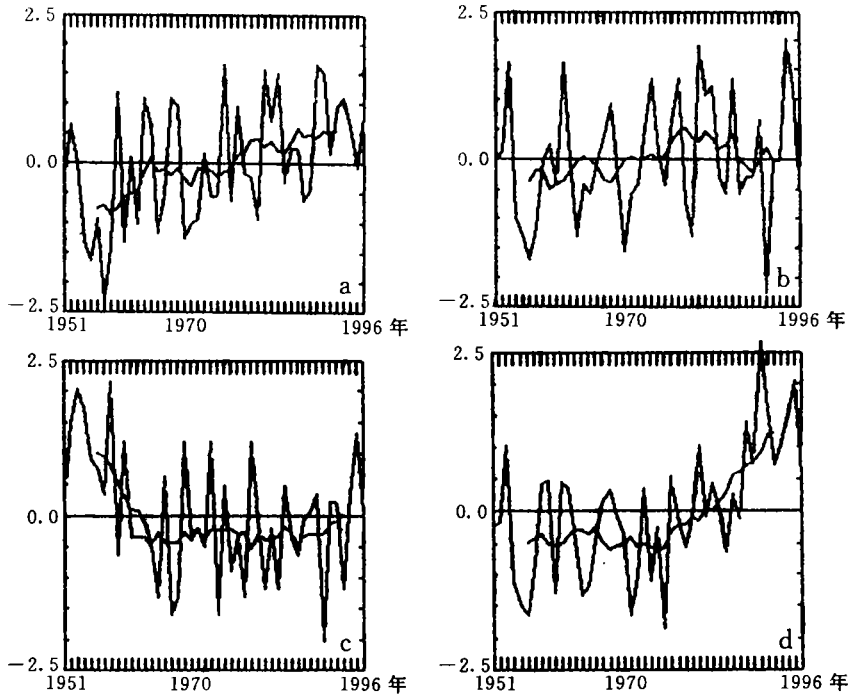


图 3　I (a)、II (b)、IV (c)区及北半球春季平均气温变化(d)趋势

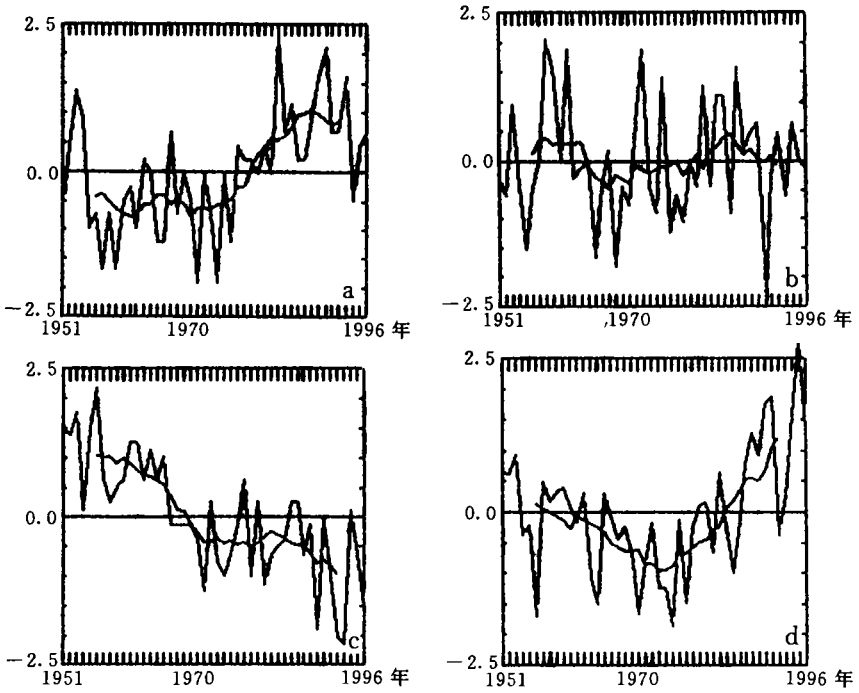


图 4　夏季 V (a)、VI (b)、VIII (c)区平均气温第一主成分及同期北半球气温标准化(d)序列曲线

比较，可见，北半球气温变化趋势与第一型较为一致，滑动平均序列之间的相关系数达0.76，但又不完全一致，主要差别在于北半球平均气温在1970年代中期以前稳定少变，以后则快速升高，而中国东北则持续升温。

4.3 夏季气温

夏季9区气温变化趋势相差较大，但也可归结为3种基本型态，如图4a，b，c所示。第一种为升温型，包括东北北部、福建、华南、西南、新疆北部(I、IV、V、IX区)。其中东北北部、福建升温幅度较小，约为0.4～0.6℃，而华南、西南、北疆升温幅度达1.5℃左右。另外虽然均为升温趋势，但各区升温所表现的阶段性特征也是不同的。I区和IV区1960年代末以前气温有微弱降低，以后则快速升温，V区和IX区1970年代初以前缓慢升温，1970年代和1980年代初快速升温，以后则无明显的趋势。

第二种为波状型，包括东北南部、华北北部、西北东部、西藏(II、VI、VII区)，气温变化无明显的线性趋势，其中VII区波动幅度很小，气温在平均值附近振动。II、VI区有两个转折点，分别为1960年代初和1970年代初，将整个时段分为3个阶段，气温呈升温—降温—升温变化。

第三种为降温型，包括华北南部、长江流域和新疆南部(III、VIII区)，其中南疆除1970年代气温变化缓慢外，均有明显降温，幅度1.6℃，而华北南部和长江流域主要降温出现在1960年代末到1980年代末。

图4 d为北半球夏季平均气温标准化序列及其10 a滑动平均曲线，与各区第一主成分之间的相关系数均小于0.43，北半球与各区滑动平均序列之间的相关系数中II区最大，为0.75，其次为V区，为0.69。

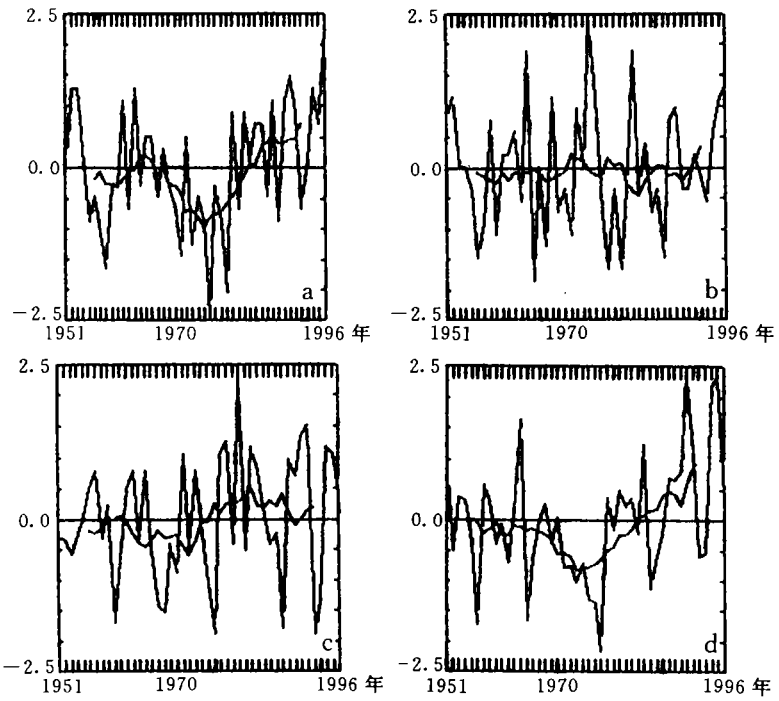


图5 秋季V (a)、VI (b)、VII (c)区平均气温第一主成分和同期北半球气温标准化(d)序列曲线

4.4 秋季气温

秋季气温变化比较平缓,趋势都不明显,我们也将其归结为 3 种类型:

第一种包括东北、华北北部、新疆北部(I、VII 区)为升温型(如图 5c 所示),其中 I 区升温主要在 1980 年代以后,幅度约为 0.8℃左右,VII 区升温主要在 1970 年代。

第二种为波动型(如图 5a 所示),包括华北南部、西北、东南沿海(II、III、V 区),整个时段分为升温、降温、升温 3 个阶段,它们的主要差别在于波动的振幅和分界点的位置。II 区分界点位于 1960 年代中期和 70 年代中期,振幅较小,III 区为 1960 年代末和 1970 年代末,V 区则为 1960 年代中期和 1970 年代初期,幅度较大。

第三种为平缓型,即气温变化平缓。只在平均值周围振动,包括西藏、云南、湖南、贵州等(IV、VI)区,两区趋势虽不明显,(如图 5 b 所示)但却反向,转折点约在 1970 年代初期。秋季无大范围降温。华南秋季气温变化与北半球(如图 5 d 所示)相关最好,两者滑动平均序列之间的相关系数达 0 .89。

4.5 冬季气温

冬季气温变化(如图 6 所示)总的来说,表现为较为一致的升温趋势,其中中国东北北部和新疆(I、V 区)尤其明显,升温开始于 1960 年代末,幅度达 2.0℃左右。II 区也有明显的升温,主要为 1970 年代初期以后,幅度约为 1.5℃左右,而 1970 年代以前则有微弱降温。III 区气温变化平缓,无明显的趋势。IV 区 1950 年代降温,1960 年代 1970 年代无明显变化趋势,1980 年代以后升温。冬季也无大范围降温区。冬季北半球气温变化与各区相关系数都较大,10 a 滑动平均序列之间的相关系数除 III 区为 0 .42 外,其余均大于等于 0.72。

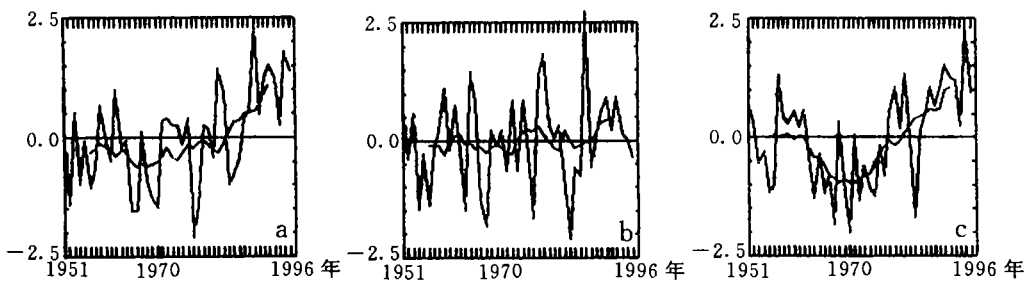


图 6　冬季 I (a)、III (b)区气温第一主成分和同期北半球气温标准化(c)序列

5 结　论

通过对 160 站年平均气温和春、夏、秋、冬 4 季平均气温近 46 a 来的变化进行的 REOF 分析,研究了不同季节各个气温变化区气温的变化特征,从中可以得到以下结论:

(1)中国可以分为 8 个年平均气温变化区,春、夏、秋、冬季平均气温分别可分为 7,9,7,5 个变化区,年和各季分区的界线均不相同。

(2)各区气温的年际变化差异较大,但有些区域之间年代际尺度变化相关性较好。

(3)从年平均气温看,近 46 a 来中国的主要升温区为东北、华北北部和新疆,升温幅度为 1.2℃左右。降温区为四川、贵州,幅度为 0.3～0.4℃。东南部、西北东部、西藏和云南地区 1970 年代初以前降温,以后升温,与北半球气温变化一致。

(4)各季节气温变化的区域差异有所不同,但除夏季东南沿海、西南地区也为升温区外,其他季节则与年平均较一致。升温幅度最大的为冬季,最小的为秋季。降温主要集中在春季中国西部、华南地区和夏季长江流域和新疆南部。降温幅度最大的为夏季。秋冬季全国则无明显的降温趋势。

参考文献

1 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

2 施能,陈家其,屠其璞.中国近百年来4个年代际的气候变化特征.气象学报,1995,53(4):431～439

3 林学春,于淑秋,唐国利.中国近百年气温序列.大气科学,1995,19(5):525～534

4 李栋梁,吴洪宝等.中国夏季月平均气温异常研究.高原气象,1995,14(2):165～175

5 黄嘉佑.我国夏季气温、降水量场的时空特征分析.大气科学,1991,15(3):124～132

6 Richman M B,Obliquely rotated principal compinents: An improved meteorological map typing technique. J Appl Meteor, 1981, 20,1145—1159

7 O'lenic E A,Livezey R E. Practical considerations in the use of rotated principal component analysis in diagnostic studies of upper-air height fieldes. Mon Wea Rev, 1988, 116,1682—1689

STUDIES ON THE REGIONAL CHARACTERISTICS OF AIR TEMPERATURE ABNORMAL IN CHINA

Tu Qipu Deng Ziwang Zhou Xiaolan

(*Nanjing Institute of Meteorology , Nanjing* , 210044)

Abstract

In this study, annual, spring, summer, autumn and winter average air temperature change sub-regions have been get by the REOF . The air temperature trends have been examined for those sub-regions . It is noted that eight, seven, nine, seven, and five sub-rigions can be taken for annual, spring, summer, autumn and winter respectively. The increase of annual average air temperature is mainly in the Northeast , the north of North China and Xinjiang, and it is about 1.2℃. The areas with negative trend of 0.3～0.4℃ are mainly in Sichuan and Guizhou provinces. In Southeast, east of Northwest, Xizang and Yunnan, temperature increase started from the 1970's after a decrease, the trend is similar with that of North Hemisphere. The seasonal temperature variation is different from annual. It is winter in which both the largest area and the maximum value of increase temperature was experienced. The decrease of temperature experienced in West and Sorth China in spring and in Changjiang Valley and the south of Xinjiang. The maximum decrease temperature experiencd in summer. There is not negative trend in autumn and winter.

Key words: Temperature abnormal, Sub-region, Season, Trend.