

用地面气温特征向量场探讨 北半球七十年代的气候特征

巴文伦

(空军气象学院)

提 要

本文利用自然正交展开的分析方法,对 10°S — 80°N 地区1968年12月—1978年11月历年逐月的地面温度距平场进行了解。从分析中得到七十年代地面气温场变化的主要特征是:温度变化趋势是以多振动为主;夏季平均变化是偏冷的,冬季是偏暖的。再者是东半球的变化大于西半球,极区与中高纬的变化是反相的。通过分析温度变化的特征,进一步探讨了七十年代异常气候频繁出现的原因,表明气候异常主要是由于中高纬地区温度梯度变化加强,致使大气斜压性产生剧烈的变化而造成的。

一、引 言

近年来,自然正交展开的方法被广泛应用于气候分析研究,对于全球气候的变化趋势用全球温度变化来表示是比较简单而且直观的。但是,如何适当地表示全球温度的倾向和趋势是一个重要的问题。有不少作者用自然正交分解从多年的气温场中提取主要信息,用来分析气候变化的趋势和特征。如 Walsh^[1]对1945—1975年高纬度地面气温场进行客观分析,发现在22年期间,高纬度净倾向变化很小,为 $-0.02^{\circ}\text{C}/\text{年}$,但是最大冷却在 70° — 80°N ,如 75°N 处变化为 $-0.054^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 60° — 65°N 变化却很小。如果分阶段来看,六十年代中期以前是冷期,以后就变暖了。这是因为前一个时期北极东部特别冷,而后一个时期东半球 60°N 变暖。Barnett^[2]对1950—1977年中共28年的北半球气温场进行分析得到在1950—1962年期间冬半年温度的方差基本上是常数,而从1963年以后半球温度的方差有较大的振荡,周期为三年左右。

进入七十年代以来,北半球的气温变化具有多振荡,大振幅的特征^[3],因而异常气候频繁出现。为了从七十年代气温场分布的特征分析异常气候频繁出现的原因,我们对七十年代北半球气温场用自然正交展开的方法来进行研究。

二、资料与分析

我们在 10°S — 80°N 范围内,取1968年12月—1978年11月历年逐月,格距为 $20^{\circ}\times$

1983年12月22日收到,1984年6月20日收到修改稿。

20° 经纬度的格点上地面气温距平值来进行分解。气温距平值资料取自文献[4]。

在这篇文章中所使用的正交函数展开的计算方法采用了冯康等用 *jacobi* 法求矩阵的特征值和特征向量的方法^[1]。

我们对下列几个资料序列分别进行场的正交展开：(1)十年中 120 个月的全年各月温度场序列；(2)一年四季中各季的温度场序列；(3)按中纬度 40°—60°N 温度的特征^[4]对冬、夏两季分别区分出中纬度冷、暖冬季和冷、暖夏季。其中冷冬有 1968 年 12 月—1969 年 2 月、1971 年 12 月—1972 年 2 月、1976 年 12 月—1977 年 2 月；暖冬为 1969 年 12 月—1970 年 2 月、1972 年 12 月—1973 年 2 月、1975 年 12 月—1976 年 2 月；冷夏为 1969 年 6—8 月、1972 年 6—8 月、1976 年 6—8 月，暖夏为 1970 年 6—8 月、1973 年 6—8 月、1975 年 6—8 月、1978 年 6—8 月。对上述各种类型分别进行场的正交分解。

三、七十年代地面气温场的分布特征

由于七十年代具有气候异常比较频繁的特点，我们用气温场分布的主要特征来讨论它们在气候异常形成中的作用。因为我们分析所用的资料序列只有十年，对于讨论变化趋势来说这个序列显得短了一些，所以我们不着重于这方面的分析。

为了说明各个特征向量的权重，表 1 中我们给出了前十个分量的方差占总方差的百分数。

表 1 各种情况下前十个分量的方差占总方差的百分数

方 差 值 (%) 类 别	特 征 量										累 加 值 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
全年	15.7	13.9	10.1	7.0	5.2	4.2	3.5	3.1	3.0	2.6	68.3
春季	20.6	15.8	9.0	6.4	5.4	4.6	4.3	3.8	3.2	2.9	76.0
夏季	14.9	10.0	8.6	7.0	6.2	5.4	5.1	4.3	3.8	3.5	68.8
秋季	23.4	19.1	10.6	7.3	6.1	5.0	3.5	2.8	2.8	2.4	83.0
冬季	18.9	17.0	12.7	9.0	6.2	4.7	4.3	4.0	3.3	2.7	82.8
冷夏	30.2	17.2	12.3	11.8	8.2	6.6	5.6	4.6	3.5	3.0	100
冷冬	39.6	15.8	14.5	9.8	6.7	5.1	3.9	2.7	1.9	0.0	100
暖夏	22.7	16.4	12.7	9.4	8.6	5.8	5.5	5.0	4.4	3.6	94.1
暖冬	27.4	13.5	12.4	10.6	7.8	6.4	5.6	4.5	3.8	3.4	95.4

1. 年温度场的分布特征

图 1 表示了全年地面气温变化的第一特征向量分布型式。从图中我们可以清楚地看到，十年温度场分布的主要特征表现为：(1) 温度场主要呈纬向分布，大致可以分为三个带：60°N 以北的高纬、极区为一个带；中纬度 40°—60°N 为一个带；热带、副热带地区为一个带。其中，高纬的变化与中纬的变化是相反的，也就是说，当高纬变暖时，中纬地区就将变冷。反之，高纬变冷时，中纬就将增暖。在热带副热带纬度上呈三波分布，但变率很小；(2) 北半球存在三个大变率中心，其一是在极地地区偏于新地岛的地方；第二个是在

欧亚大陆的西北部;第三个是在北美大陆的北部。在这三个大变率中心中,极区变率中心的强度最大,欧亚中心次之,这两个地区组成一对符号变化相反的变率中心。当新地岛附近增暖则欧亚大陆上变冷;当极区变冷则大陆增暖。因此东半球的高纬度经向温度梯度有着很大的变化,在一个时期内斜压性很大,在另一个时期则相对地斜压性明显减小。在西半球这种南北差异较东半球要小。从变率的分布看,东半球的变率大于西半球;(3)在中高纬度地区还存在有两波的特征,波动的分布与海陆分布的状况是一致的;(4)变率的分布为高纬大于低纬,陆地大于海洋,陆地的变率大约为海洋的2—4倍。

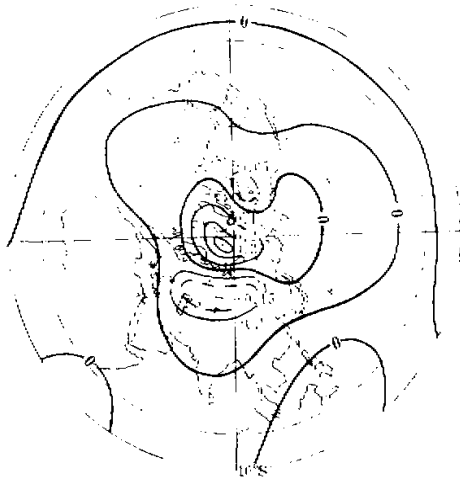


图1 全年地面气温变化的第一特征向量分布型式

根据相应的时间序列图,近十年来温度变化最突出的特征是多振动变化。这也是由于气候异常的不断出现而造成,它与章名立等^[5]指出的结果是一致的。从而它也反映了气候异常频繁出现的事实。

对于全年温度变化的第二特征向量分布型式(图略),在 50°N 以南仍以纬向分布为主,而在 50°N 以北的高纬度地区,东西半球各有一变率中心,这两个变率中心的符号是相反的,也就是说东西半球具有气候向着相反方向变化的特点。在第三特征向量分布图上,它与第一、第二特征向量的分布型式完全不一样,主要表现了北半球地面气温变化的波动特征,温度变化以三波为主。

从上面三个特征向量的分布特点,我们认为七十年代北半球气温场有以下特点,这些特点也正反映了七十年代异常气候的频繁。

- (1) 极区与中高纬度温度变化方向是相反的;
- (2) 东半球温度变率大于西半球;
- (3) 东半球变化与西半球有相反的趋势;
- (4) 纬度变化引起的气温差异大于海陆分布引起的差异。

2. 夏季温度场的分布特征

图2a表示了夏季地面气温变化的第一特征向量分布型式。从图中可以看到,夏季气温场的特征与全年平均情况有较大的差异,所表现出的温度变化特征是:(1)温度变率明显地较年平均情况小;(2)在中高纬度纬向变化大于经向变化,极地不再存在与高纬度大陆符号相反的中心;(3)变率值并没有随着纬度的降低而迅速减小,相反,在热带和赤道地区存在着几个变率中心,其中最强的变率中心位置是处在赤道中、东太平洋地区;(4)海上的变率明显增大。

图 3b 是暖年冬季温度变化的第一特征向量图, 与图 3a 相比较也能清楚地看到, 它们的分布特征基本上是一致的。暖冬温度分布场上的几个变率中心的位置与冬季平均场上的几个变率中心位置相对应, 几乎没什么变化, 只是在强度上, 北美大陆上的两个变率中心要比冬季平均场上的强一些。对于暖冬的第二特征向量图, 它同样表示了差异较大的海陆分布特征, 陆上变化大于海上变化, 最大差值也达七倍左右。而在冷冬温度变化的第一特征向量图上(图略), 它的分布特征就不相一致了, 主要变化区域集中在欧亚和北美大陆上, 在欧亚北部地区存在一个比较强的与北美变率中心反相的变率中心。也就是说, 冷年冬季当欧亚大陆增温时, 北美大陆的北部地区是降温的。反之, 则北美大陆是增温的。还有一点是海陆变化更加剧烈, 陆上变化大于海上变化, 其最大差值高达十倍左右。在第二、第三特征向量分布图上, 同样表示了类似的特征。

这样, 通过上面的对比分析, 我们可发现, 十年冬季地面温度场的平均变化状况是与暖冬地面气温的变化型式相似的。于是, 可以认为, 北半球冬季地面温度的平均变化状况是偏暖的。

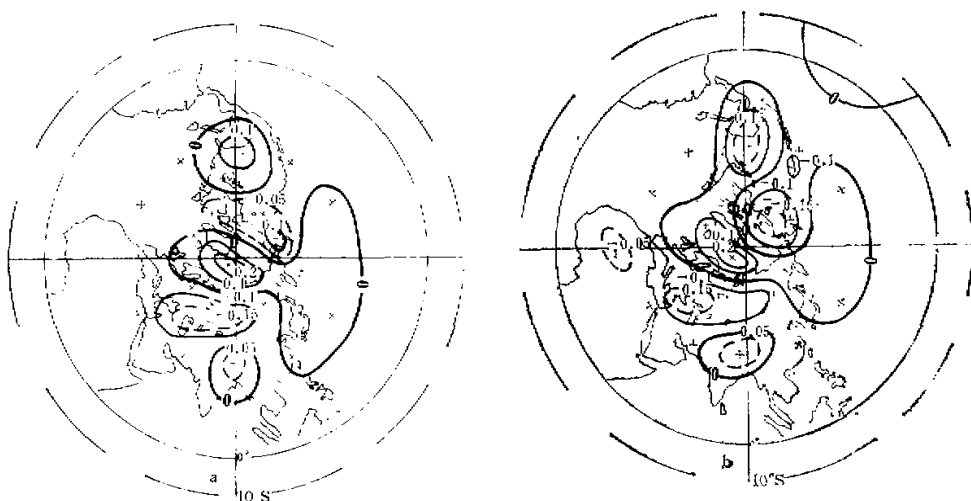


图3 冬季(a)、暖冬(b)地面气温变化的第一特征向量分布型式

4. 春秋季节温度场分布特征

春、秋过渡季节的地面气温变化特征(图略)与全年第一特征向量的变化情况基本相似。其主要特点为: 经向变化大于纬向变化, 关键变率区在欧亚、极地和北美大陆上。其中, 极区变率中心的强度最大, 比欧亚和北美变率中心的强度平均大三倍左右。

四、几点讨论

通过上面的分析, 我们认为有以下几个问题对于讨论七十年代气候异常形成的原因

是有参考意义的。(1) 在北半球, 中高纬度具有很强的变率中心区, 这些地区的气温变化可能会对北半球的气候变化产生很大的影响。变率中心分布的另一特点也是很值得我们注意的, 就是在极区和高纬大陆之间存在着一对符号相反的变率中心。这使得北半球 40°N 以北地区温度梯度的大小产生剧烈的变化, 亦就是有一段时间梯度很大, 而另一段时间则较小。这种变化导致大气斜压性的剧烈变化, 因此使得气候变化异常。把我们分析的七十年代的特征与 Barnett 的 1950—1977 年的特征相比较, 可知在 Barnett 的气温第一特征向量图上没有这样大的南北差异。于是可以推论, 这个特点不同于 1950—1977 年 28 年的平均情况, 反映了七十年代气候异常的特征;(2) 就温度场的变化特征来看, 冷夏年的特征接近于七十年代平均夏季的特征, 而暖夏年与之差异较大, 说明七十年代夏季以偏冷为主。而冬季却相反, 暖冬年的形势接近于冬季平均状况, 也就是说冬季偏暖;(3) 东西半球的气温变化有明显的差异, 在全年的特征中, 第二个特征向量反映出这种特点, 而冬季的特征向量中亦有明显的反映, 尤其是在冷冬的分布特征中更为明显地反映出这种特征的出现, 这是值得讨论的;(4) 海洋的影响是明显的。赤道东太平洋的变率在夏季达到很大的强度; 在中高纬度夏季海上的变率亦明显地增大。冬季由于陆地和极圈的变率太大, 使低纬度海洋上的变率相比之下小得多。所以, 海洋的影响在夏季特别值得注意。

另外, 我们再看一下极地和欧亚两大变率中心的位置和强度的变化情况。对于强度, 不论是极区还是欧亚大陆, 它们都不随季节的变化而变化, 极区的变率比欧亚大陆的大两倍左右。而对于位置, 欧亚变率中心是有季节性变动的, 春季在 50° — 70°E 和 50°N 处; 夏季东移北上到 60° — 80°E , 60°N 处; 秋季再东移至 90° — 120°E 处; 而冬季又西退到 50° — 80°E 和 50°N 处。极区变率中心除了在夏季消失处(夏季主要受中东太平洋强变率中心的影响), 其它季节都处于 50° — 80°E 和 80°N 的位置。于是, 我们可以认为, 欧亚大陆的变率中心相当于起一个扰动源的作用。随着季节的变化, 它可以使温度的变化产生向东西南北各方振荡的传播现象。

再有一点是在影响北半球温度变化的几大变率区中, 我们发现, 它们所处的位置与其下垫面的特性有关。极区是终年积雪的地方; 而欧亚大陆的中西部又是积雪状况变化最激烈的地方; 赤道太平洋为著名的赤道冷水带, 那里是海面温度变化很剧烈的地方。这些与符淙斌等的结果是相符的^[7]。也就是说, 几个大变率中心形成的原因可能主要是由于下垫面的热力特性所决定的。

五、结 论

(1) 七十年代温度变化的主要特征是: 东半球变化大于西半球, 东西两半球有相反的变化趋势; 极区与中高纬温度变化也是相反的, 冷年纬向变化大于经向变化, 暖年则经向变化占优势。

(2) 地面气温变化以多振动特征为主, 夏季主要是偏冷的, 而冬季则是增暖的。这种变化有一定的持续性。

(3) 七十年代气候异常的主要原因可能是: 在极区和中高纬大陆之间存在着一对符

号相反的强变率中心, 它们的存在使得 40°N 以北地区温度梯度产生剧烈的变化。这种变化导致了大气斜压性的强烈变化。于是, 使得气候变化异常。

致谢: 本文是在章名立老师指导下完成的, 并经巢纪平教授帮助提供意见, 在此特表谢意。

参 考 文 献

- [1] Walsh I. E. and C. M. Johnson, 1979, *Jour. Geop. Res.*, Vol. 84, No. C11, P. 6915—6928.
- [2] Barnett, T. P., 1978, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 106, No. 9, P. 1353—1367.
- [3] 章名立、曾昭美 1984, 中国科学(B辑), No. 1, P. 87—96.
- [4] 章名立等, 1982, 大气科学, Vol. 6, No. 3, P. 229—236.
- [5] 冯 康等, 1978, 数值计算方法, P. 439—441.
- [6] 章名立等, 1983, 大气科学, Vol. 7, No. 1, P. 23—32.
- [7] 符淙斌等, 1982, 大气科学, Vol. 6, No. 4, P. 405—412.

THE STUDY OF CLIMATIC FEATURES OF THE NORTHERN HEMISPHERE IN 70'S BY THE CHARACTERISTIC VECTOR FIELD OF SURFACE AIR TEMPERATURE

Ba Wenlun

(Meteorological Institute of Air Force)

Abstract

In this paper, monthly surface air temperature departure field during December 1968—November 1978 in the 10°S — 80°N region is resolved with the method of natural cross unfolding analysis. The features of variation in the surface air temperature field are found: the trend of temperature variation is characterized by vibration; the average variation in summer inclines to coldness and in winter to warmth; the variation in the Eastern Hemisphere is greater than in the Western Hemisphere; and the variations in the polar region are opposite to those of middle-high latitude regions. The cause of abnormal climate frequent in 70'S to be studied shows that the abnormal climate results mainly from the enhancement of temperature gradient change in the middle-high latitude regions which leads to the great change in atmospheric baroclinicity.