

1月中国地温异常与北半球500hPa 高度场异常关系的合成分析*

孙照渤

(南京气象学院气象学系, 南京 210044)

曾煜

(四川省气象台, 成都 610072)

摘要 对中国区域1月份0.8m月平均地温距平场进行EOF分析的基础上, 研究了中国地温异常与北半球500hPa高度异常的关系。结果表明: 地温异常与大气环流有一定的关系; 与地温异常同月和前一月的大气环流距平分布相似, 而与后一月的大气环流不同。进一步分析表明, 前一月的大气环流异常至少部分地激发了1月份的地温异常, 反过来地温又影响大气环流。

关键词 地温异常, 合成分析, 500hPa高度场异常

分类号 P434

大气与下垫面的相互作用可导致各种尺度的天气气候变化。因此, 研究下垫面热状况异常与大气环流异常的相互关系, 对了解短期气候变化的内在机制和长期天气预报具有重要意义。

土壤温度异常是下垫面过程异常的一种重要方式。许多研究表明^[1~6], 地温异常是长期天气过程和短期气候异常的一个重要因子。因此, 这方面的研究有必要进一步深入和加强。本文目的就是要对大尺度地温异常与北半球大气环流异常的关系进行初步的探讨。

1 资料与方法

本文所用的地温资料为兰州高原大气物理研究所整编的中国区域0.8m月平均地温1954~1989年的实测资料, 500hPa高度场资料为国家气象中心整编的1951~1987年北半球 $5^\circ \times 10^\circ$ 网格点资料。

本文采用以EOF分解为基础的合成分析方法。为此, 我们挑选了30个资料质量较好且有地域代表性测站组成地温场, 并进行EOF分解, 得到特征分量和对应的时间系数。合成分析是根据第1、2特征向量的时间系数序列, 挑选时间系数绝对值较大的年份作为典型年份, 分别得到正负异常年份组。然后就各组对应的500hPa同月(同年1月), 前1月(前一年12月), 滞后1月(同年2月)的位势高度距平场做合成, 并求出差值(正组减负组)。

对差值图的显著性检验, 采用 t 检验法。统计量

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

* 中国气象局长期预报项目资助

收稿日期: 1994-10-25; 改回日期: 1995-02-21

是自由度 $\gamma = n_1 + n_2 - 2$ 的 t 变量。式中, \bar{X} 、 \bar{Y} 分别是正、负个例样本的均值; S_1^2 、 S_2^2 分别是正、负个例样本的方差; n_1 、 n_2 分别是正、负个例样本的长度。

2 地温距平场的 EOF 分析

通过对中国 30 个代表站 1 月 0.8m 月平均地温距平进行自然正交函数分解,得到了主要的特征向量场和相应的时间系数。

1 月地温距平场前 5 个特征向量的方差占总方差的百分比分别是 29.21, 12.15, 9.79, 7.83, 7.19。由此可见,前 2 个特征向量贡献最大,两者累积方差百分比达 41%。故以后的分析只讨论前 2 个特征向量场的情况。

2.1 第 1 特征向量场的空间分布特征

由图 1 可见,零值线把青藏高原与中国其他地区分隔为符号相反的区域,即除青藏高原外的全国大范围是同号变化型;同时,从青藏高原至华北、东北是一条相对低值中心轴线,而西北至新疆,东南沿海为高值区。

2.2 第 2 特征向量场的空间分布特征

由图 2 可见,主要特征为南北向的反位相变化,即我国三北大部分地区与其他地区的南北向异号变化型式;同时,位于青藏高原的负值中心向东北伸至黄土高原,而正值中心分别位于东北及新疆西部。

为了检验以上两个特征向量场能否反映实际地温距平场的主要典型分布特征,我们选取了时间系数绝对值较大的年份的实测地温距平场做合成分析(图略),结果表明,两者是基本相符的。

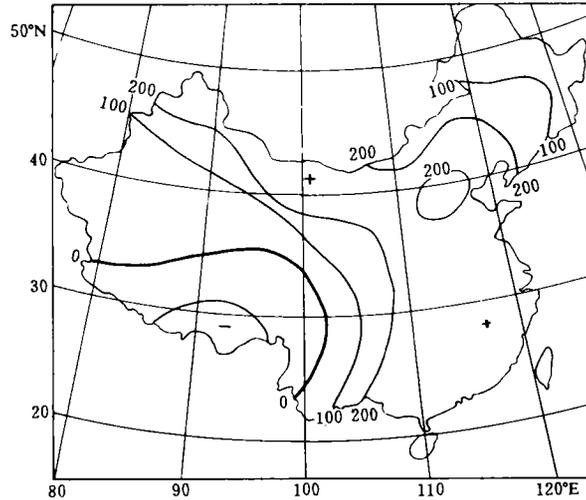


图 1 地温距平场第 1 特征向量空间分布
Fig. 1 Spatial pattern of the first eigenvector of the departure field of surface temperature in January

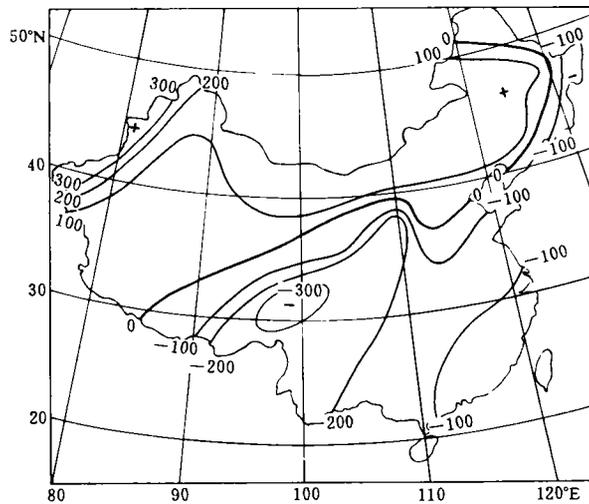


图 2 地温距平场第 2 特征向量空间分布
Fig. 2 The same as in Fig. 1 but for the second eigenvector

3 1 月地温异常与大气环流异常的相互关系

根据前述方法,我们挑选的第 1、2 特征向量时间系数的正负异常年份如表 1、2。据此进行了对应的 500hPa 位势高度距平合成分析。

表 1 第 1 特征向量正负异常年份

Table 1 Years of positive and negative anomaly of the first eigenvector

异常型	年 份								
正	1964	1965	1978	1979	1987	1988	1989		
负	1955	1959	1961	1967	1968	1970	1977	1985	

表 2 第 2 特征向量正负异常年份

Table 2 As in Table 1 but for the second eigenvector

异常型	年 份								
正	1974	1976	1978	1981	1983	1984	1986		
负	1957	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1969	

3.1 地温场第 1 特征向量型异常时对应的 500hPa 高度距平场异常

(1)同月 500hPa 高度距平场异常 当地温场出现第 1 特征向量场正异常时,500hPa 高度距平场(图略)上,东半球极区直至 60°E~150°W 的中高纬地区为负距平区,极涡明显加深,我国东北至副热带北太平洋中部为一大片正距平区,加拿大和欧洲北部各有一个正距平中心。而地温负异常相对应的 500hPa 高度距平场分布特征恰与正异常的相反(图略)。由差值图(图 3)可见有 3 个通过信度 $\alpha = 0.05$ 的 t 检验的显著性区域:极地上空(尤其是东半球)、我国东北至日本上空和加拿大东部上空。这说明,与地温距平异常对应的 500hPa 高度距平也有相应的显著性异常分布。

根据第 1 特征向量的分布特征,取除青藏高原外的全部测站距平求区域平均,得到一个序列,用这个序列与 500hPa 高度距平

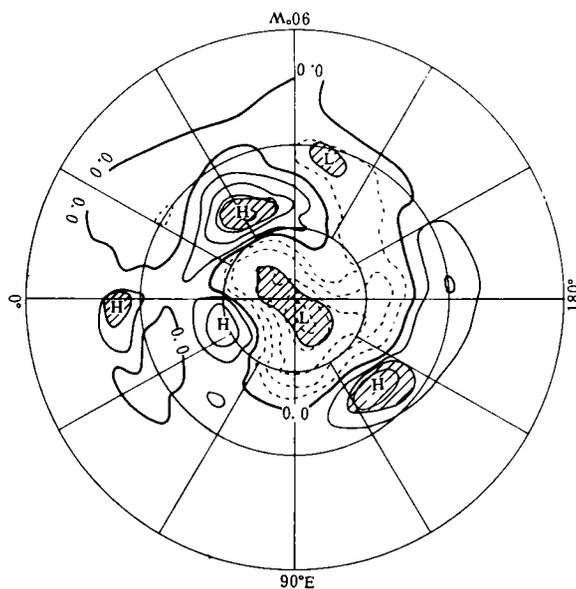


图 3 地温异常时(同月)500hPa 高度距平场合成差值图
(图中阴影区域表示通过信度为 $\alpha = 0.05$ 的 t 检验的区域,等值线间隔 2.0dagpm)

Fig. 3 Composite difference map of 500 hPa height departure in January with the surface temperature anomaly in China. Contour interval is 2.0 dagpm and the shaded area is a place that has passed t test with $\alpha = 0.05$

场求相关。结果(图略)表明,通过 $\alpha = 0.05$ 的相关显著性检验的区域及最大中心位置,与图 3 相当一致。

(2)前(后)一个月 500hPa 高度距平场异常 从图 4 可见,在地温异常对应的前一个月 500hPa 高度距平场上,从我国西北至中纬北太平洋中部是一大片正值区,其中以我国东北至 160°E 区域最显著。而在东半球极区至中高纬则是一大片负值区,从正负区和通过显著性检验区的地理分布看,与同月(图 3)非常相似,但主要中心的强度和范围超过了同月情况。

利用上述地温区域平均距平序列与前一个月 500hPa 高度求相关,其分布特征与图 4 相当一致。

图 5 表示与地温异常对应的后一个月 500hPa 高度距平场的情况。可见,格陵兰上空、中纬大西洋、北美南部及中国西北通过了显著性检验。但正负区分布与图 3、4 明显不同,强度减弱,范围缩小。尤其在东亚地区,变化更加明显。

3.2 地温场第 2 特征向量型异常时所对应的 500hPa 高度距平场异常

(1)同月 500hPa 高度距平场异常 与正异常对应的 500hPa 高度距平场(图略)上,中国除三北地区北部以外均为负距平,中纬北太平洋中部和格陵兰为负距平。而加拿大西部,低纬北太平洋中部,中纬大西洋为正距平。负异常对应的 500hPa 高度距平场分布基本相反,同样可得到差值图 6,上述的距平中心均通过显著性检验。

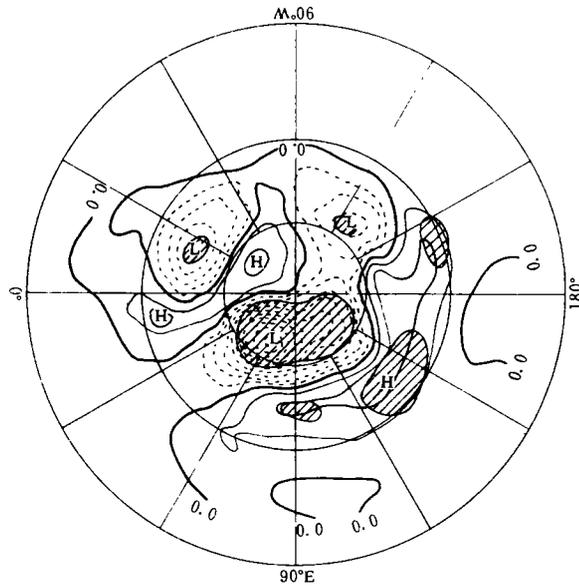


图 4 地温异常前一个月 500hPa 高度距平场合成差值图
(图中说明同图 3)

Fig. 4 Same as in Fig. 3 except for the height departure in December

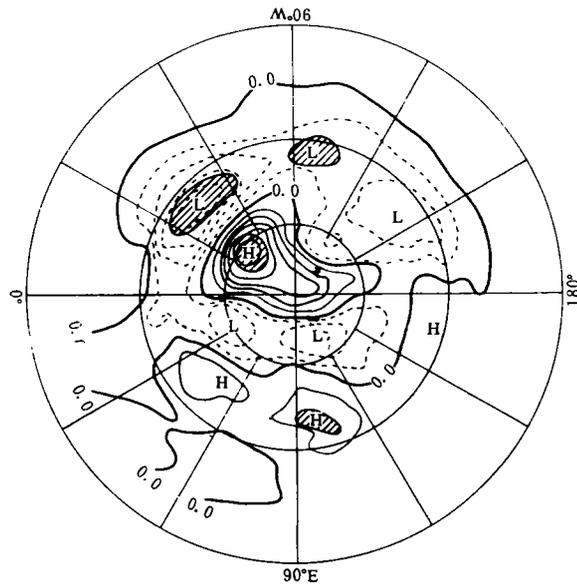


图 5 地温异常后一个月 500hPa 高度距平场合成差值图
(图中说明同图 3)

Fig. 5 Same as in Fig. 3 except for the height departure in February

(2)前(后)一个月 500hPa 高度距平场异常 从图 7 可见,地温异常前一个月 500hPa 高度距平场上,欧亚地区有显著的异常分布,大西洋东部至西欧,西伯利亚为正距平区,北欧、我国江淮地区至日本为负距平区。

在地温异常后一个月的 500hPa 高度距平场(图 8)上,可见波斯湾、西欧、中纬北太平洋中部有显著异常。但正负区域的地理分布以及强度等都与同月情况(图 6)差异很大。

3.3 讨论

为了深入认识地温与大气间的相互影响,我们进一步讨论 1 月地温异常与前后各一个月的大气环流演变间的关系。

从地温距平的第 1 和第 2 特征向量与 500hPa 高度距平场的正负区的地理分布、中心强度和通过显著性检验区域看,地温异常前一个月和同月的 500hPa 位势高度距平相似,与地温异常后一个月的 500hPa 高度距平分布明显不同。

众所周知,大气在时间尺度 1 周以上的变化必须与外界有足够的能量交换。我们使用的是月平均图,在一个月时间尺度内,大气与下垫面间足以有热量交换。

上述分析表明,地温异常前一个月与同月的大气环流变化相同,而与后一个月的情况不同。这说明,在我们研究的时段内,1 月份的地温异常与前一个月的大气环流有关,地温异常形成后,由于持续性,又影响大气环流。由此可见,1 月份地温的异常,至少部分地由前一月的大气环流激发后,与其他条件共同作用而形成。

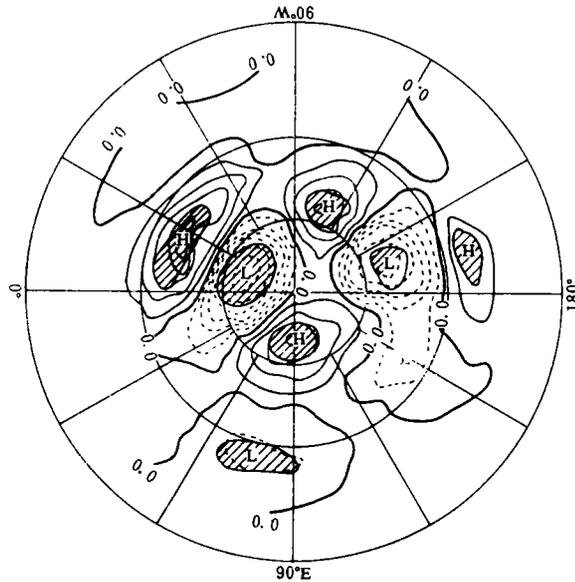


图 6 地温异常时(同月)500hPa 高度距平场合成差值图
(图中说明同图 3)

Fig. 6 Same as in Fig. 3 except for the same month as the temperature anomaly occurs

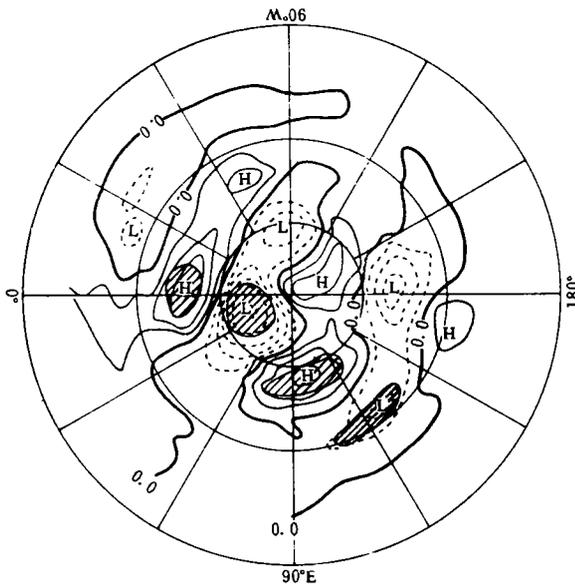


图 7 地温异常前一个月 500hPa 高度距平场合成差值图
(图中说明同图 3)

Fig. 7 Same as in Fig. 3 except for December

4 结 语

通过以上的分析讨论,我们可得到以下几点结论

(1) EOF 分析结果表明,1 月份中国 0.8m 地温距平场前 2 个特征向量的累积方差百分比可达 41%。第 1 特征向量的分布特征是除青藏高原外的全国大范围同号变化型式,并且从青藏高原至华北,东北是一条相对低值区轴线,而西北、东南沿海为高值区。第 2 特征向量的分布特征为我国三北大部分地区与其他区域的南北向异号变化型式,位于青藏高原的负值中心向东北伸至黄土高原,而正值中心位于东北及新疆西部。

(2) 合成分析结果表明,地温异常与大气环流有一定的联系。

与地温异常有关的 500hPa 高度距平正负中心的地理分布,通过显著性检验情况都表明,地温异常前一月和同月的大气环流异常相似,而后一月大气环流明显不同。

(3) 在研究的时段内,看来前一月的大气环流异常对 1 月份地温异常有激发作用,而地温的持续性又对大气环流异常起作用。

最后应指出,以往的研究表明地温与我国降水和环流状况有关系,但是,要深入认识这种关系就必须了解引起这种关系的物理过程,这无疑是个困难的课题。本文仅对 1 月份地温及其前后各一个月(包括同月)的大气环流之间的关系进行分析,得到部分初步结果,而对其余各月地温以及在更长时段内与大气环流的关系有待进一步研究。

致谢: 本文作者曾与李永平博士进行了多次有益的讨论,在此谨致谢意!

参 考 文 献

- 1 汤懋苍,孙淑华,钟 强等. 下垫面能量储放与天气变化. 高原气象,1982,1(1):24~33
- 2 汤懋苍,尹建华,蔡洁萍. 冬季地温分布与春夏降水相关的统计分析. 高原气象,1986,5(1):40~52
- 3 汤懋苍,张 建,王敬香等. 我国季平均的 0.8m 地温距平场与后一季降水的相关分析. 气象学报,1988,46(4):481~485
- 4 刘晓东,韦志刚. 地温异常的气候学分析. 高原气象,1992,11(3):312~319
- 5 刘永强,叶笃正,季劲钧. 土壤湿度和植被对气候的影响—— I. 短期气候异常持续性的理论分析. 中国科学(B 辑),1992,(4):441~448
- 6 刘永强,叶笃正,季劲钧. 土壤湿度和植被对气候的影响—— II. 短期气候异常持续性的数值试验. 中国科学(B 辑),1992,(5):554~560

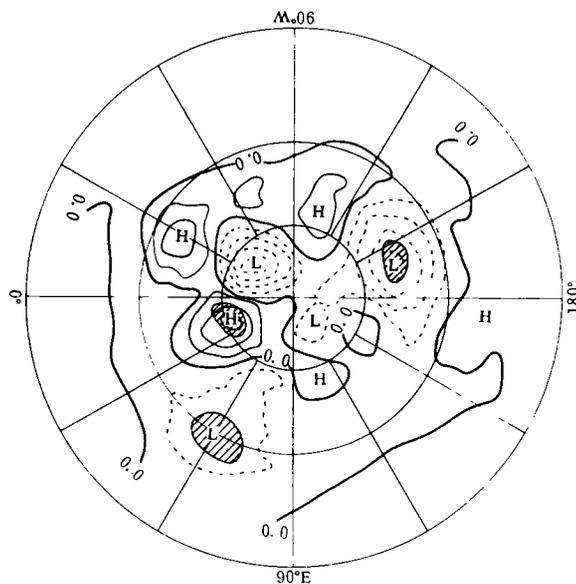


图 8 地温异常后一个月 500hPa 高度距平场合成差值图
(图中说明同图 3)

Fig. 8 Same as in Fig. 3 except for February

COMPOSITE ANALYSIS OF RELATION OF JANUARY SURFACE TEMPERATURE ANOMALY IN CHINA TO NORTHERN 500 hPa HEIGHT ABNORMALITY

Sun Zhaobo

(Department of Meteorology, NIM, Nanjing 210044)

Zeng Yu

(Sichuan Meteorological Administration, Chengdu 610072)

Abstract Based on the EOF analysis of the January mean temperature field at 0.8 m under the ground over China; a study is made of the dependence of the surface temperature anomaly on northern 500 hPa height anomaly. Results show that the temperature abnormality bears a certain relation to atmospheric circulation regime, and that the circulation departure pattern is similar in the month with the ground temperature anomaly to that of December and different from that of February. Further investigation indicates that the December atmospheric circulation anomaly is responsible at least partially for the surface anomaly in China, which, in turn, exerts effect on the circulation.

Keywords surface temperature anomaly, composite analysis, 500 hPa height anomaly