

# 青藏高原地面加热场与春季川渝地区气温的关系\*

黄仪方

(中国民航飞行学院 空中交通管理系, 四川 广汉 618307)

**摘要:**应用奇异值分解(SVD)技术,研究了青藏高原地面加热场与东亚地区上空 500 hPa 高度场及其东侧川渝地区春季气温场的时空联系和冷暖异常成因.结果表明:前期冬季青藏高原地面加热场与后期春季高度场的第 1 模态代表了两场间的主要耦合特征,具有显著的时空相关;前期冬季青藏高原地面加热场通过影响后期春季 500 hPa 高度场,导致未来春季大气环流变化,是造成川渝地区春季气温异常的重要原因.

**关键词:**青藏高原;加热场;大气环流;春季气温;奇异值分解

**中图分类号:**P 461.3 **文献标识码:**A **文章编号:**0258-7971(2003)05-0428-06

青藏高原地势高耸、面积广大,对我国、东亚、北半球乃至全球的大气环流和天气气候都有重要影响<sup>[1]</sup>,对高原的热力影响已进行了不少有意义的工作,取得了很多有价值的成果,1990年,李栋梁、陈丽萍<sup>[2]</sup>指出高原地面加热强度和东亚大气环流及其西北地区干旱有密切关系.1994年,徐国昌等<sup>[3]</sup>研究了青藏高原雪盖对我国大气环流和降水异常的影响.这些研究加深了我们对高原热力作用及其影响的认识.

青藏高原热力作用对川渝地区(指四川盆地和重庆市)也有着特殊而重要的影响.华明<sup>[4]</sup>的分析表明冬季高原温度与四川省春季降水有较好的相关关系,李跃清<sup>[5]</sup>指出春季我国青藏高原、川渝地区到东部 500 hPa 的高度场升高(降低),则相应地川渝地区的春季气温也升高(降低);大气环流的异常演变,通过影响区域气候变化,是造成川渝地区春季冷暖异常及气候变冷的重要原因之一.

但是,青藏高原热力作用在川渝地区春季气温变化中的重要作用如何,高原加热场及其上空环流场与川渝地区温度异常的整体时空联系怎样,还需要进一步开展分析研究.我们应用高原地面加热场强度距平指数<sup>[2]</sup>,通过奇异值分解(SVD)技术,在大气环流与川渝地区春季气温相互关系<sup>[5]</sup>的基础

上,综合分析研究了青藏高原地面加热场与其上空 500 hPa 环流场和高原东侧川渝地区春季气温的耦合联系及影响机理,得到了一些有意义的结果.

## 1 资料与方法

应用 1958~1995 年共 38 a 逐月高原地面加热场强度距平指数<sup>[2]</sup>、国家气象中心 1951~1996 年共 46 a 北半球 10°×5 经纬度 500 hPa 月平均高度场和 1961~1994 年共 34 a 川渝地区具有代表性的成都、宜宾、广元、遂宁、达川、重庆和酉阳等 21 站月平均温度资料.

文献[2]用青藏高原 60 个站地-气温差资料计算了高原地面加热场强度,并经 EOF 分解,选取信息载荷量最大的玉树和日喀则作为代表站,计算了两站地面加热场强度的月平均距平指数,用以表征青藏高原地面加热场强度.计算公式如下:

$$(B-H)_p = a + b(T_s - T_a)_{\text{日}} + c(T_s - T_a)_{\text{玉}} - \tilde{M}$$

其中,  $(B-H)_p$  为高原地面加热场强度距平指数,单位为  $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $(T_s - T_a)_{\text{日}}$  和  $(T_s - T_a)_{\text{玉}}$  分别为日喀则和玉树月平均地面(0 cm)温度与百叶箱温度之差,  $\tilde{M}$  为日喀则和玉树两站地面加热场强度气候平均值,  $a, b, c$  为系数<sup>[2]</sup>.

\* 收稿日期:2003-04-07

作者简介:黄仪方(1950-),男,四川达县人,副教授,主要从事气象学和航空气象方面的研究.

SVD (Singular value decomposition) 方法在气象场的时空分布耦合信号的诊断分析中具有普适性<sup>[6]</sup>,是研究 2 个要素场序列间时空关系的有力工具<sup>[7]</sup>.我们在春季东亚地区(90°~120°E,25°~45°N(以下同))500 hPa 高度场与春季高原东侧川渝地区温度场 SVD 分析<sup>[5]</sup>的基础上,用后期春季东亚地区 500 hPa 高度场为左场  $X(t)$ ,前期青藏高原地面加热场强度距平为右场  $Y(t)$ ,进行 SVD 分解.由于右场高原地面加热场强度距平是代表整个高原平均情况的一个单时间序列指标<sup>[3]</sup>,因此对左、右场构造如下:

$$X_{s \times n}(t) = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \dots & & \dots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix},$$

$$Y_{m \times n}(t) = \begin{bmatrix} Y_{11} & \dots & Y_{1n} \\ \dots & & \dots \\ Y_{m1} & \dots & Y_{mn} \end{bmatrix}.$$

其中,  $s$  为空间格点,  $m$  为月份,  $n$  为左右场时间序列长度(年份)<sup>[8]</sup>.将右场高原地面加热场强度距平的月份时间点作为通常 SVD 分析的空间点,年份时间点为 SVD 分析的时间点,这种变换有利于反映不同月份加热场的不同持续作用<sup>[9]</sup>.

## 2 高原加热场与高度场的 SVD 分析

对上述两场 SVD,分别计算它们各模态左、右场展开时间系数间的相关即模态相关系数,结果表明,前期冬季(1~2月(以下同))青藏高原地面加热场强度距平场与后期春季东亚地区 500 hPa 高度场时空相关密切.由表 1 可知,前期冬季青藏高原地面加热场强度距平场与后期春季东亚地区 500 hPa 高度场 SVD 分解的第 1 模态左右场空间分布型的协方差贡献率达到 90.7%,收敛速度相当快;第 1 模态左右场的模态相关系数为 0.59,达到 0.001 的信度(临界相关系数  $r = 0.54$ );它们各自要素场的方差也很有效,其收敛速度也很快.因此,前期冬季青藏高原地面加热场强度距平场与后期春季东亚地区 500 hPa 高度场具有密切的非同步时空相关,第 1 模态代表了两场相互耦合作用的主要特征.

从前期冬季青藏高原地面加热场强度距平场的第 1 模态空间场可知,由月份构成的第 1 模态空

表 1 500 hPa 高度场与高原加热场 SVD 第 1,2 模态的模态相关系数及方差贡献

Tab. 1 The variance contributions and correlation coefficients of the first and second modes derived from SVD with 500 hPa height and the Plateau heating

模态	模态相关系数 $r$	协方差贡献	表示高度场的方差贡献	表示气温场的方差贡献
1	0.59	90.7%	41.4%	69.3%
2	-0.53	9.4%	12.0%	30.7%

间分布,1,2月都为正值,大小分别为 0.71,0.71,表明冬季 1~2 月高原地面加热场异常是一致的.而从后期春季东亚地区 500 hPa 高度场第 1 模态空间分布(见图 1)看到:高度场上,除青藏高原中部一小部分为很弱的负值外,整个区域都为正值区,并以高原为中心向四周逐步增大,蒙古为一正异常中心,我国华中也为一正中心,相应川渝地区为较强的正值区控制.

两场第 1 模态的时间系数(见图 2)进一步表明:1961~1994 年间,冬季青藏高原地面加热场表现出明显由高到低的变化,60 年代相对较高,10 a 中有 8 a 为正值,70 年代开始进入低值区,10 a 中有 8 a 为负值,80 年代 10 a 中有 9 a 为负值,到 90 年代有回升趋势.与之对应,后期春季 500 hPa 高度也表现出由高到低的变化,60 年代显著偏高,10 a 中 7 a 为正值,70 年代开始进入低值区,10 a 中有 7 a 为负值,80 年代 10 a 中有 9 a 为负值,到 90 年代有回升趋势.加热场与高度场的变化趋势一致,相关为 0.59.高度场的这种变化与观测分析一致.

结合空间场和时间系数看到,前期冬季青藏高原地面加热场强度场异常偏强(弱),后期春季青藏高原,川渝地区及我国东部高度场将异常偏高(低),川渝地区处于高度场正(负)距平控制.

后期春季青藏高原,川渝地区到我国东部 500 hPa 高度场与前期冬季青藏高原地面加热场第 1 模态时间系数的异类相关(图 3),反映了高度场与加热场的相关分布,其分布与高度场第 1 模态空间分布型(图 1)非常一致,相关系数在 0.34 以上,达到 0.05 信度的正相关区主要位于高原以东和以北地区,我国华中地区为一相关中心,蒙古为一中心,这些中心区域相关达到了 0.01 信度,川渝地区也

位于相关大值区附近. 当前期冬季青藏高原地面加热场异常偏强(弱)时, 未来春季这些区域 500 hPa 高度场将升高(降低), 川渝地区上空受正(负)距平控制. 表明春季川渝地区上空高度变化与前期冬季青藏高原地面加热场变化有密切联系.

### 3 高原加热场与川渝地区温度场的关系

文献[5]的 SVD 分析表明: 春季青藏高原、川

渝地区到我国东部的 500 hPa 高度场与川渝地区春季气温场具有密切的时空相关, 当高度场异常偏高(低)时, 川渝地区气温也异常偏高(低), 呈同步变化. 高度场的异常演变, 是造成川渝地区春季气温异常的重要原因. 那么, 高原加热场对川渝地区气温变化的影响如何? 加热场 - 环流场 - 气温场三者间的关系怎样? 下面进一步分析.

图 4 中,  $H_1$  是春季川渝地区气温场与春季东

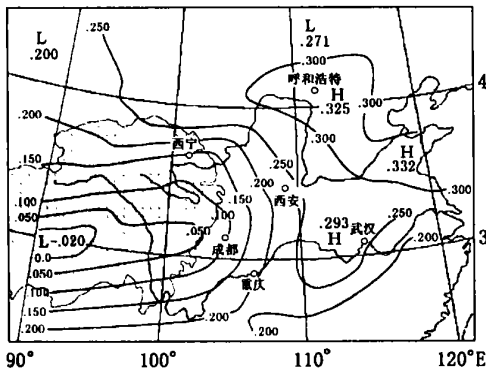


图 1 前期冬季青藏高原地面加热场与后期春季 500 hPa 高度场 SVD 得到的春季 500 hPa 高度场空间结构的第 1 模态

Fig. 1 The distribution of the first modes of 500 hPa geopotential height field in spring derived from SVD of heating field in Tibetan Plateau in previous winter and 500 hPa geopotential height field in next spring

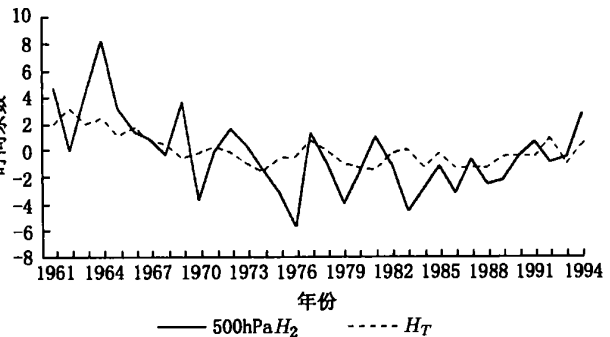


图 2 由 SVD 得到的后期春季 500 hPa 高度场与前期冬季青藏高原地面加热场第 1 模态的时间系数

Fig. 2 The time coefficients of the first modes derived from SVD of 500 hPa geopotential height field in next spring and surface heating field in Tibetan Plateau in previous winter

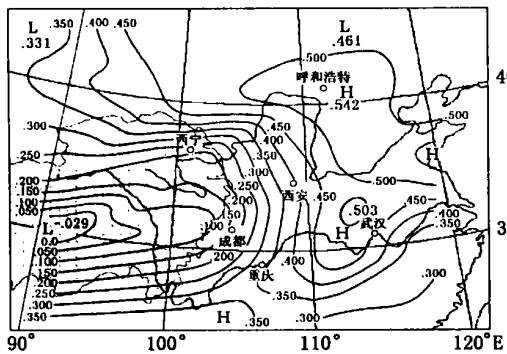


图 3 前期冬季青藏高原地面加热场与高度场 SVD 第 1 模态时间系数和后期春季 500 hPa 高度场的异类相关

Fig. 3 The correlation between the time coefficients of the first modes derived from SVD of surface heating field in Tibetan Plateau in previous winter and 500 hPa geopotential height field in next spring

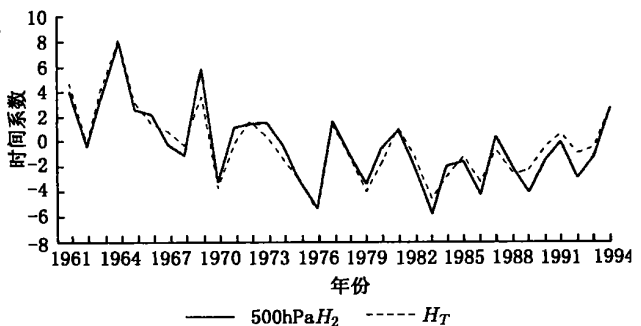


图 4 由 SVD 得到的春季东亚地区 500 hPa 高度场第 1 模态的时间系数  $H_1$  和  $H_2$

Fig. 4 The first modes time coefficients  $H_1$  and  $H_2$  of 500 hPa geopotential height field in spring of east Asia area derived from the SVD

亚地区 500 hPa 高度场 SVD 分解得到的春季 500 hPa 高度场第 1 模态的时间系数,  $H_2$  是前期冬季青藏高原地面加热场与后期春季东亚地区 500 hPa 高度场 SVD 分解得到的春季 500 hPa 高度场第 1 模态的时间系数, 二者的变化非常一致. 而且, 1961 ~ 1994 年 34 a 中, 有 30 a  $H_1$  与  $H_2$  同号, 占 88.2%, 并且,  $H_2$  与春季川渝地区气温场和同期东亚地区 500 hPa 高度场 SVD 分解得到的春季气温场第 1 模态的时间系数  $T_1$ , 二者的变化也非常一致 (图 5), 34 a 中有 26 a 同号, 占 76.5%. 表 2 进一步表明, 春季川渝地区气温场和同期东亚地区 500 hPa 高度场 SVD 分解得到的春季高度场第 1 模态的时间系数  $H_1$  与春季川渝地区区域平均气温距平  $T_T$ , 34 a 中有 29 a 同号, 占 85.3%, 而  $H_2$  与春季川渝地区区域平均气温距平  $T_T$ , 34 a 中有 28 a 同号, 占 82.4%, 与温度具有很好的对应关系. 这反映了高原热源与川渝地区冷暖的内在物理联系和影响机制. 由于青藏高原加热场直接与川渝地区气温场的 SVD 分解时空相关不显著, 这可能说明高原加热是通过大气环流而影响气温变化的, 高原地面加热场 - 500 hPa 高度场 - 川渝地区气温之间的这种关系, 具有明显的物理基础.

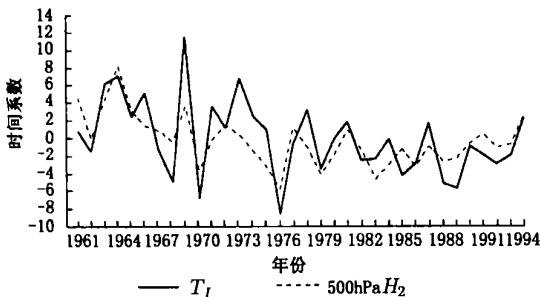


图 5 春季气温第 1 模态的时间系数  $T_1$  和春季 500 hPa 高度场第 1 模态时间系数  $H_2$

Fig. 5 The first modes time coefficients  $T_1$  of the air temperature in spring and the The first modes time coefficients  $H_2$  of the 500 hPa geopotential height field in spring

由上可知, 前期冬季 1 ~ 2 月高原地面加热场与后期春季东亚地区上空 500 hPa 高度场 SVD 分析和春季东亚地区高原上空 500 hPa 高度场与同期川渝地区温度场 SVD 分析得到的春季 500 hPa

高度场第 1 模态的空间分布比较相似, 并且它们对应的春季 500 hPa 高度场第 1 模态的时间系数  $H_2$  和  $H_1$  也是一致的 (见图 4). 这种等价性表明前期冬季高原地面热源的持续变化, 引起后期春季东亚地区上空 500 hPa 高度场的异常变化, 而春季高度场的这种变化正是引起春季川渝地区气温异常的主要因素. 说明冬季青藏高原地面加热场异常, 通过影响大气环流变化, 是造成未来春季川渝地区气温异常的重要原因.

## 4 结 论

(1) 前期冬季青藏高原地面加热场与后期春季青藏高原, 川渝地区到我国东部的 500 hPa 高度场有密切的时空相关, 2 场 SVD 分解的第 1 模态方差贡献率达到 90.7%, 模态相关系数为 0.59, 超过 0.001 的信度, 2 场变化存在同位相的非同步耦合联系.

(2) 前期冬季高原地面热源的持续变化, 引起后期春季青藏高原、川渝地区到我国东部上空 500 hPa 高度场的异常变化, 而春季高度场的这种变化正是引起春季川渝地区气温异常的主要因素.

(3) 青藏高原地面加热场强度前期 1 ~ 2 月偏强 (弱), 则后期春季青藏高原, 川渝地区到我国东部上空 500 hPa 高度场偏高 (低), 高原东侧川渝地区春季气温偏高 (低), 易于发生暖春 (春季低温).

(4) 1961 ~ 1994 年期间, 前期冬季青藏高原地面加热场表现出明显的由高到低的变化, 60 年代相对较高, 70 年代开始进入一个低值区, 到 90 年代有回升趋势; 后期春季 500 hPa 高度也表现出由高到低的变化, 60 年代显著偏高, 70 年代开始进入一个低值区, 到 90 年代有回升趋势; 相应春季川渝地区气温也表现出明显的由暖到冷的变化过程.

(5) 加热场 - 高度场 - 气温场之间的这种非同步联系, 反映了川渝地区气温冷暖异常形成的物理本质, 表明冬季青藏高原地面加热场异常, 通过影响未来春季大气环流变化, 是造成川渝地区春季气温异常的重要原因.

表 2 第 1 模态时间系数  $T_1, H_1, H_2$  及春季川渝地区区域平均气温距平  $T_T$  ( )Tab. 2 The first modes time coefficients  $T_1, H_1, H_2$  And the average departure of the air temperature  $T_T$  ( ) in spring of Sichuan - Chongqing area

年份	$T_1$	$H_1$	$H_2$	$T_T$	$T_T$ 与 $H_1$ 同号	$H_1$ 与 $H_2$ 同号	$T_T$ 与 $H_2$ 同号
1961	0.76	3.95	4.64	0.1			
1962	-1.55	-0.42	-0.10	-0.2			
1963	6.22	3.71	4.35	0.9			
1964	7.11	7.86	8.21	1.0			
1965	2.37	2.57	3.15	0.3			
1966	5.17	2.18	1.43	0.7			
1967	-1.30	-0.26	0.83	-0.2		×	×
1968	-4.96	-1.14	-0.34	-0.7			
1969	11.59	5.79	3.58	1.7			
1970	-6.79	-3.20	-3.71	-1.0			
1971	3.60	1.11	-0.14	0.5		×	×
1972	1.16	1.35	1.54	0.2			
1973	6.78	1.45	0.30	1.0			
1974	2.48	-0.37	-1.40	0.3	×		×
1975	0.95	-3.32	-3.23	0.1	×		×
1976	-8.50	-5.35	-5.71	-1.2			
1977	-0.70	1.54	1.26	-0.1	×		×
1978	3.27	-0.93	-1.07	0.5	×		×
1979	-3.40	-3.41	-4.02	-0.5			
1980	-0.05	-0.64	-1.81	0.0	×		
1981	1.89	0.81	1.04	0.3			
1982	-2.47	-1.93	-1.12	-0.3			
1983	-2.33	-5.79	-4.57	-0.3			
1984	-0.05	-1.93	-2.87	0.0			
1985	-4.24	-1.59	-1.18	-0.6			
1986	-2.86	-4.26	-3.21	-0.4			
1987	1.69	0.32	-0.73	0.2		×	×
1988	-5.12	-2.12	-2.58	-0.7			
1989	-5.63	-4.04	-2.23	-0.8			
1990	-0.81	-1.51	-0.40	-0.1			
1991	-1.76	-0.05	0.64	-0.2		×	×
1992	-2.82	-2.96	-0.87	-0.4			
1993	-1.80	-1.32	-0.56	-0.2			
1994	2.49	2.65	2.77	0.4			
合计					29/34 = 85.3 %	30/34 = 88.2 %	28/34 = 82.4 %

## 参考文献:

- [1] 叶笃正,高由禧. 青藏高原气象学[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [2] 李栋梁,陈丽萍. 青藏高原地面加热场强度与东亚环流及西北初夏旱的关系[J]. 应用气象学报,1990,1(4):383—391.
- [3] 徐国昌,李珊,洪波. 青藏高原雪盖异常对我国环流和降水的影响[J]. 应用气象学报,1994,5(2):116—124.
- [4] 华明. 高原加热与四川降水关系的相关分析[J]. 四川气象,1997,17(4):22—24.
- [5] 李跃清. 春季川渝地区气温与500 hPa高度场的奇异值分解[J]. 高原气象,2001,20(2):165—172.
- [6] 丁裕国,江志红. SVD方法在气象诊断分析中的普适性[J]. 气象学报,1995,54(3):365—371.
- [7] 孙照渤,章基嘉,华莱士 J M. 冬季北大西洋地区海表温度与500 hPa高度奇异值分解[J]. 南京气象学院学报,1991,14(3):287—293.
- [8] 李跃清. 青藏高原地面加热及上空环流场与东侧旱涝预测的关系[J]. 大气科学,2003,27(1):107—113.
- [9] 李跃清,童文林. 东亚冬季风异常与 ENSO 事件及其预测意义[J]. 成都气象学院学报,1999,14(1):14—19.

## The relationship between the surface heating in Tibetan Plateau and spring air temperature in sichuan-chongqing area

HUANG Yi-fang

(The Department of Air Traffic Management, China Civil Aviation Flying College, Guanghan 618307, China)

**Abstract:** Using singular value decomposition (SVD) technique, the relationship of time and space between the surface heating field in Tibetan Plateau and 500 hPa geopotential height field of east Asia area as well as the spring air temperature in Sichuan-Chongqing area and the cause of abnormal cold and warm is studied. The result shows that: The first modes, derived from the surface heating field in Tibetan Plateau in previous winter with the geopotential height field in next spring represent the main coupling feature between the two fields, and have significant time-space correlations. The surface heating field in Tibetan Plateau in previous winter by influencing the 500 hPa geopotential height field in next spring, and influencing the general circulation, is the main factor of abnormal air temperature in spring in Sichuan-Chongqing area.

**Key words:** Tibetan Plateau; heating field; general circulation; air temperature in spring; singular value decomposition