

文章编号: 1000-2022(2003) 02-0219-09

## 近 50 a 北半球和青藏高原地面 及其高空温度变化的初步分析

周宁芳<sup>1</sup>, 屠其璞<sup>1</sup>, 贾小龙<sup>2</sup>

(南京气象学院 1. 资源环境与城乡规划系; 2. 大气科学系, 江苏 南京 210044)

**摘要:** 通过分析北半球和青藏高原地面平均气温与它们上空 500 hPa 平均温度、200 ~500 hPa 平均厚度在不同时期和不同纬度带的趋势变化特征, 了解其地面气温和其对流层中上层温度的年代际变化趋势以及相互关系。可以看到近 50 a 地面气温和 500 hPa 温度年代际变化大致相同, 20 世纪 70 年代中期之前都为降温, 70 年代中期以后为不同程度的升温。200 ~500 hPa 厚度代表的对流层上层温度与对流层下层温度变化趋势相反, 70 年代前明显升温, 70 年代后明显降温。分析还表明, 对流层各层温度在不同纬度和不同季节的变化也不同。

**关键词:** 北半球; 青藏高原; 对流层; 温度变化特征

**中图分类号:** P467 **文献标识码:** A

大气环流作为大气运动最基本的特征, 是大范围天气气候形成和演变的基本原因之一, 地面天气系统的发生、发展与其周围高空要素的变化是紧密相连的。温度作为重要的气候要素, 关于它在对流层各层的变化特征早有过分析, 如 Angell 等<sup>[1-4]</sup>使用全球分布的探空站资料, 已经分析过全球、北半球、南半球地面和对流层温度的变化趋势特征, Oort 等<sup>[5]</sup>使用不同的高空资料, 也作了详细的研究, 并与 Angell 的结果作了比较, 这些研究提供了许多重要的科学认识。现在已经有了连续性好、且精度较高的 NCEP/NCAR 高空温度的再分析资料(网格距  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ), 因此, 本文拟根据新的系统资料对北半球和青藏高原对流层中上层温度的年代际变化特征进行分析, 并进一步讨论它们与地面气温变化的关系。

### 1 资料和方法

本文采用 Jones 等建立的北半球海、陆面月平均气温距平序列作为北半球地面气温资料。将 NCEP/NCAR 500 hPa 温度、200 hPa 和 500 hPa 高度格点资料进行北半球面积加权平均, 得到的北半球平均 500 hPa 温度、200 ~ 500 hPa 厚度分别代表北半球对流层中层温度和对流层上层温度。资料长度都从 1950 年 1 月—2000 年 12 月, 共 51 a。另外, 根据台站气温资料的长短以及连续性标准, 挑选了青藏高原 32 个海拔高度在 3 000 m 以上的台站, 1960—1998

收稿日期: 2002-06-28; 改回日期: 2002-10-21

基金项目: 科技部课题“气候变暖对北方持续性干旱影响的研究”(97G1)

作者简介: 周宁芳(1975-), 女, 陕西渭南人, 硕士生。

年,这些台站有比较完整的气温观测记录,其中少数几个台站缺少个别月份的资料,利用前后两个月份的平均值推算补上。500 hPa 温度和 200 ~ 500 hPa 厚度序列是 NCEP/NCAR 格点资料经过 75 ~ 105 E、25 ~ 40 N 区域的面积加权所得,分别代表青藏高原对流层中、上层的温度。资料长度为 1950—2000 年。

为了突出长期气候变化情况,去掉高频变化部分,对各温度和厚度序列的长期趋势做二项式系数 11 a 加权滑动平均,这种滑动平均法过滤器权重值的分布遵从二项分布,突出滑动中心点的作用。在序列两个端点由于没有前和后数据,可用端点后一点和前一点的数据代替,使得在过滤后的序列长度与过滤前一样。此外,用 Mann-Kendall 法检测 1950—2000 年北半球地面温度、500 hPa 温度序列和 200 ~ 500 hPa 厚度序列的突变,明确了突变开始的时间以及突变区域,从而将近 50 a 划分为前后两个时期,并计算不同时期、不同季节的气候趋势系数以及气候倾向率。

## 2 北半球地面与对流层中上层温度变化趋势基本特征

### 2.1 变化趋势基本特征

由图 1 可知,近 50 a 北半球地面年平均温度最显著的变化特征是:经历了 20 世纪 50 年代后期缓慢的降温之后,70 年代中期达到最低,之后温度迅速上升,20 世纪最后一个年代已成为上世最温暖的年代。4 季的平均温度变化与年平均温度变化趋势基本一致,只是 70 年代中期前温度的变化在不同季节略有差别。70 年代前,春季温度持续较低,夏季、秋季是缓慢降温,冬季 50 年代后期有所增温,之后从 60 年代前期才开始降温。80 年代后温度都明显上升。

图 1 中北半球 500 hPa 温度的趋势变化,其主要特征与北半球地面温度的变化特征比较一致,50 年代到 70 年代温度有一个下降过程,逐渐进入低温期,70 年代中期达最低,之后呈明显的上升趋势。但 70 年代之前的降温幅度比北半球地面温度降温幅度大,低温期的开始时间相对地面提前,持续时间较长。80 年代后特别是世纪末的升温的幅度都不如地面。

对流层上层的厚度年际变化波动小,年代际变化趋势与地面气温相反的规律十分突出。200 ~ 500 hPa 厚度近 50 a 变化呈现很清晰的单峰状,70 年代前都是逐渐上升,70 年代中期是峰顶,之后又逐渐下降(图 1c)。此外,可以看到 80 年代后,夏季厚度下降幅度最小,冬季最大。

### 2.2 不同时期变化趋势基本特征

由图 1 可知,各个季节地面温度、500 hPa 温度和 200 ~ 500 hPa 厚度的年代际变化特征大致相似,70 年代是近 50 a 温度变化的转折时期,为了更好的了解各层的变化特征,用 Mann-Kendall 法检测 1950—2000 年北半球地面温度、500 hPa 温度序列和 200 ~ 500 hPa 厚度序列的突变情况,发现虽然突变开始的时间有所不同,但 70 年代中期是共同的突变区域。因此,以 70 年代中期为界将近 50 a 划分为前后两端时期,并计算不同时期各个季节的气候趋势系数  $r_{xt}$  和气候倾向率  $b$ 。

表 1 中可以看到,北半球对流层中层温度和地面温度前期都为负趋势,后期都为正趋势,200 ~ 500 hPa 厚度趋势与它们相反,前期为正,后期为负。北半球地面后期的升温趋势比前期的降温趋势明显,而 500 hPa 温度与地面不同,前期降温比后期的升温趋势要明显。整个 51 a 北半球地面温度呈上升趋势,但对流层中上层的温度变化趋势不明显。

地面温度在后期以及整个时期升温趋势都很明显。由于各季气温变率不同,各季气候倾向率和气候趋势系数大小排序不完全相同。比较各季的温度变化差异,可以看到,在 70 年代以

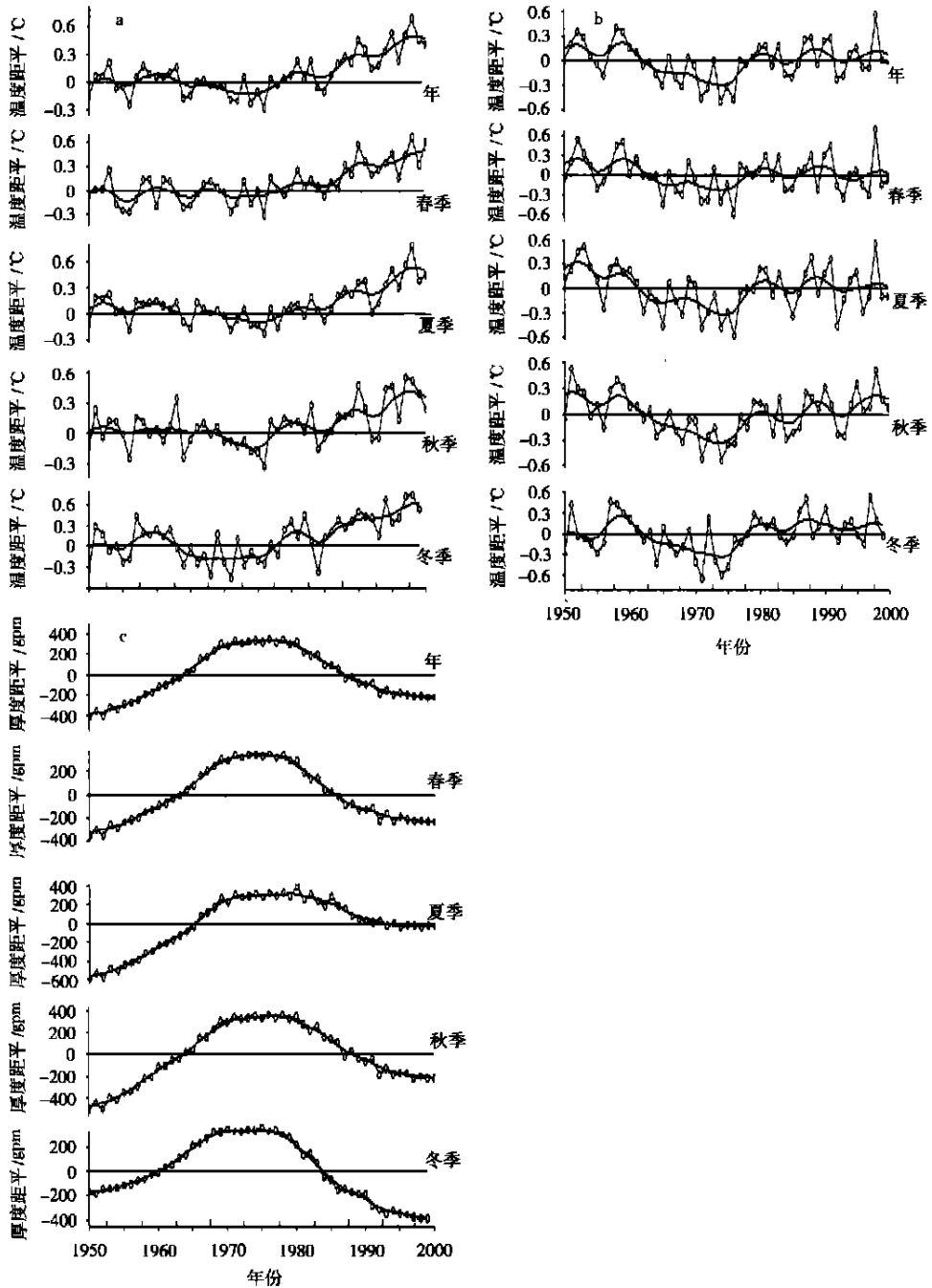


图 1 1950—2000 年北半球地面(a)和 500 hPa(b)温度距平以及 200 ~ 500 hPa 厚度距平(c)的  
 际年变化曲线(连续实线为二项式系数 11 a 滑动平均曲线)

Fig. 1 Interannual variation of the surface(a), 500 hPa temperature(b) and  
 200 ~ 500 hPa thickness(c) over the Northern Hemisphere, 1950—2000  
 (sequential curves have been smoothed with a 11-year filter)

后,夏季的升温趋势最明显,春季、冬季次之;而表示升温幅度大小的气候倾向率,冬季最大,夏季、春季次之。整个时期以春季升温趋势最明显,冬季的升温幅度最大。

表 1 北半球对流层各层平均温度的气候趋势系数和气候倾向率

Table 1 Climatic trend coefficients and climatic tendency rate of the temperature at the various troposphere layers over the Northern Hemisphere

	春季		夏季		秋季		冬季		年平均		
	$r_{xt}$	$b$	$r_{xt}$	$b$	$r_{xt}$	$b$	$r_{xt}$	$b$	$r_{xt}$	$b$	
地面	前期	-0.060	-0.001	-0.387 <sup>1)</sup>	-0.007	-0.290 <sup>1)</sup>	-0.006	-0.333 <sup>1)</sup>	-0.010	-0.326 <sup>1)</sup>	-0.006
	后期	0.778 <sup>2)</sup>	0.235	0.827 <sup>2)</sup>	0.265	0.660 <sup>2)</sup>	0.198	0.750 <sup>2)</sup>	0.300	0.817 <sup>2)</sup>	0.243
	整个时期	0.651 <sup>2)</sup>	0.100	0.522 <sup>2)</sup>	0.007	0.471 <sup>2)</sup>	0.006	0.537 <sup>2)</sup>	0.112	0.614 <sup>2)</sup>	0.009
500 hPa	前期	-0.548 <sup>2)</sup>	-0.211	-0.691 <sup>2)</sup>	-0.272	-0.729 <sup>2)</sup>	-0.266	-0.430 <sup>1)</sup>	-0.179	-0.660 <sup>2)</sup>	-0.227
	后期	0.088	0.032	0.192	0.067	0.483 <sup>2)</sup>	0.145	0.292 <sup>1)</sup>	0.089	0.298 <sup>1)</sup>	0.088
	整个时期	-0.114	-0.021	-0.128	-0.024	-0.007	-0.001	0.181	0.034	-0.021	-0.003
200~500 hPa	前期	0.990 <sup>2)</sup>	333.2	0.991 <sup>2)</sup>	425.5	0.990 <sup>2)</sup>	399.7	0.982 <sup>2)</sup>	264.2	0.990 <sup>2)</sup>	355.8
	后期	-0.960 <sup>2)</sup>	-278.7	-0.940 <sup>2)</sup>	-183.6	-0.970 <sup>2)</sup>	-281.7	-0.977 <sup>2)</sup>	-353.1	-0.970 <sup>2)</sup>	-272.9
	整个时期	0.035	5.489	0.572 <sup>2)</sup>	107.6	0.256	45.4	-0.340 <sup>1)</sup>	-56.8	0.163	26.2

注: 1) 达到 0.05 的显著性水平 ( $\alpha_{0.05} = 0.273$ ); 2) 达到 0.001 的显著性水平 ( $\alpha_{0.001} = 0.443$ );

b 单位: 地面和 500 hPa 为  $^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$ , 200~500 hPa 为  $\text{gpm}/(10 \text{ a})$ .

70 年代中期前 500 hPa 温度降温趋势显著, 尤其秋季降温趋势最明显, 降温幅度也以夏季、秋季最大。冬季相对其他季节降温趋势和幅度都最小。70 年代中期后, 500 hPa 温度呈微弱上升趋势, 通过 0.05 的显著性检验的有秋季、冬季和年平均温度。

200~500 hPa 厚度在前期和后期线性增强和减弱都很明显。前期降温幅度夏季最大, 冬季最小。后期升温幅度冬季最大, 夏季最小。在整个时期, 夏季升温趋势和幅度相对其他季节比较大, 其他季节的正负趋势都不显著。

### 2.3 北半球地面温度与对流层中上层的关系

由表 2 可以看出, 北半球地面温度与 500 hPa 温度关系最密切, 几乎都达到 0.001 的显著

表 2 北半球地面平均气温与对流层中上层温度的相关系数

Table 2 Correlation coefficients of the surface temperature and the middle-upper troposphere temperature over the Northern Hemisphere

	春季	夏季	秋季	冬季	年平均
地面与 500 hPa	0.439	0.570	0.691	0.706	0.634
	0.192	0.404	0.653	0.790	0.548
地面与 200~500 hPa 厚度	-0.358	-0.169	-0.308	-0.643	-0.407
	-0.453	-0.214	-0.441	-0.832	-0.492
500 hPa 与 200~500 hPa 厚度	-0.329	-0.414	-0.579	-0.419	-0.475
	-0.694	-0.705	-0.842	-0.705	-0.771

注: 表中上行数据表示原始序列所得相关系数, 下行数据是原始序列经过二项式系数 11 a 加权滑动平均后所得相关系数。

性水平, 表明了地面和 500 hPa 温度年际变化是相当一致的。经过二项式系数 11 a 滑动平均后相关系数在春季、夏季是减小的, 其原因可能是地面气温气候趋势系数为正, 而 500 hPa 温度呈较小的负趋势。地面温度与 200~500 hPa 厚度呈负相关, 在 4 季都不如与 500 hPa 温度的关系密切, 此外季节差异大, 其中冬季相关密切, 系数达到 -0.643, 夏季却不能通过显著性

检验。500 hPa 温度与 200 ~ 500 hPa 厚度的相关也很显著,比地面温度与 200 ~ 500 hPa 厚度的关系要密切一些。夏、冬季都通过了 0.01 的显著性检验,秋季和全年通过 0.001 的显著性水平检验。

综合看来,北半球各层温度长期变化有相当密切的相关,它们之间秋冬两季比春夏两季关系密切,地面与中层的关系最密切。已有很多工作利用了地面温度场与 500 hPa 高度场的密切时空关系,对地面温度场进行插补和预报。

### 3 北半球各纬度带对流层中上层温度的变化趋势特征

#### 3.1 500 hPa 温度趋势随纬度的变化特点

Angell 等<sup>[2]</sup>指出,1958—1975 年地面到 100 hPa 中热带至温带区域温度径向梯度变化随纬度增大,而温带至极地是减小的。Oort 等<sup>[5]</sup>也指出 1958—1989 年对流层在热带温度升温最明显,而高纬这一趋势不明显。本文用 0 ~ 20 N、20 ~ 40 N、40 ~ 60 N 和 60 ~ 90 N 4 个不同纬度带分别说明北半球低纬度、中纬度、高纬度和极地 500 hPa 平均温度的变化特征。温度变化曲线表明(图略),与北半球 500 hPa 温度变化相类似,各纬度带 500 hPa 温度在 70 年代前都有缓慢的降温,70 年代是近 50 a 温度最低的时期,70 年代以后有缓慢的上升趋势。

各个纬度带的 500 hPa 温度变化存在季节和纬度差异。同样以 70 年代中期为分界,将各纬度带温度序列近 50 a 划分为前后两个时期,并计算相应时期气候趋势系数和气候倾向率,结果列于表 3。可以看出 500 hPa 温度在各纬度带、各季前期的降温趋势都显著,气候趋势系数和气候倾向率高纬度大于低纬度,夏季、秋季大于冬季、春季。

表 3 500 hPa 平均温度气候趋势系数和气候倾向率

Table 3 Climatic trend coefficients and climatic tendency rate of 500 hPa temperature

	0 ~ 20 N		20 ~ 40 N		40 ~ 60 N		60 ~ 90 N		
	$r_{xt}$	$b/( / (10 a))$	$r_{xt}$	$b/( / (10 a))$	$r_{xt}$	$b/( / (10 a))$	$r_{xt}$	$b/( / (10 a))$	
前期	春季	- 0.307 <sup>1)</sup>	- 0.156	- 0.264	- 0.132	- 0.537 <sup>2)</sup>	- 0.265	- 0.606 <sup>2)</sup>	- 0.435
	夏季	- 0.231	- 0.093	- 0.576 <sup>2)</sup>	- 0.229	- 0.786 <sup>2)</sup>	- 0.498	- 0.678 <sup>2)</sup>	- 0.454
	秋季	- 0.336 <sup>1)</sup>	- 0.136	- 0.687 <sup>2)</sup>	- 0.284	- 0.681 <sup>2)</sup>	- 0.322	- 0.688 <sup>2)</sup>	- 0.470
	冬季	- 0.329 <sup>1)</sup>	- 0.196	- 0.264	- 0.135	- 0.486 <sup>2)</sup>	- 0.274	- 0.114	- 0.076
	年平均	- 0.355 <sup>1)</sup>	- 0.140	- 0.513 <sup>2)</sup>	- 0.189	- 0.850 <sup>2)</sup>	- 0.338	- 0.728 <sup>2)</sup>	- 0.345
后期	春季	- 0.048	- 0.024	0.010	0.004	0.178	0.092	0.293 <sup>1)</sup>	0.145
	夏季	0.101	0.037	0.032	0.011	0.356 <sup>1)</sup>	0.180	0.133	0.081
	秋季	0.096	0.029	0.361 <sup>1)</sup>	0.142	0.453 <sup>2)</sup>	0.240	0.530 <sup>2)</sup>	0.298
	冬季	0.019	0.010	0.244	0.117	0.495 <sup>2)</sup>	0.280	- 0.174	- 0.094
	年平均	0.062	0.022	0.235	0.074	0.474 <sup>2)</sup>	0.189	0.336 <sup>1)</sup>	0.126
整个时期	春季	- 0.089	- 0.023	- 0.121	- 0.027	- 0.108	- 0.027	0.018	0.005
	夏季	0.069	0.013	- 0.110	- 0.020	- 0.211	- 0.060	- 0.196	- 0.062
	秋季	0.079	0.014	0.040	0.008	- 0.044	- 0.011	- 0.137	- 0.043
	冬季	0.061	0.017	0.231	0.060	0.165	0.047	- 0.013	- 0.004
	年平均	0.025	0.005	0.037	0.006	- 0.081	- 0.016	- 0.110	- 0.023

注: 1) 达到 0.05 的显著性水平( $\alpha_{0.05} = 0.273$ ); 2) 达到 0.001 的显著性水平( $\alpha_{0.001} = 0.443$ )。

500 hPa 温度后期气候趋势系数大多都为正值,气候趋势系数和温度变化幅度也是高纬度大于低纬度,年平均和秋季要大于其他季节,与 Oort 等<sup>[5]</sup>的结论有差别,这可能是与资料以

及资料覆盖时期不同有关。整个时期 500 hPa 温度变化趋势不显著,但可以看出低纬度带与高纬度带相反的变化趋势,只是幅度很小。值得注意的是,从中纬至高纬,温度变化趋势和幅度最大。极地纬度带的冬季比较例外,在各个时期温度趋势和变化幅度都不显著。

### 3.2 厚度趋势随纬度变化特点

各纬度带 200~500 hPa 厚度变化曲线年际波动平缓(图略),与北半球 200~500 hPa 厚度变化特征相似。70 年代中期前、后升温和降温趋势都很明显,气候趋势系数绝对值都在 0.90 以上。因此,只将近 50 a 整个时期的变化趋势系数和气候倾向率列于表 4。在表 4 中可以看出各纬度带对流层上层温度与北半球对流层上层温度的季节变化比较一致。各纬度带之间温度变化的差异并不明显,但可以看到厚度的气候倾向率是随着纬度的增加而减小。此外,季节差异十分明显,夏季增温在各纬度带都是很显著的,其次冬季的降温也很显著,秋季是略有升温的,春季和年平均变化趋势不显著。

表 4 200~500 hPa 厚度的气候趋势系数和气候倾向率

Table 4 Climatic trend coefficients and climatic tendency rate of 200~500 hPa thickness

	0~20 N		20~40 N		40~60 N		60~90 N	
	$r_{xt}$	$b/(gpm/(10 a))$	$r_{xt}$	$b/(gpm/(10 a))$	$r_{xt}$	$b/(gpm/(10 a))$	$r_{xt}$	$b/(gpm/(10 a))$
春季	0.047	7.4	0.037	5.8	0.025	3.9	0.018	2.8
夏季	0.578 <sup>2)</sup>	109.5	0.570 <sup>2)</sup>	107.7	0.565 <sup>2)</sup>	106.2	0.561 <sup>2)</sup>	104.8
秋季	0.257	47.7	0.256	45.6	0.246	43.6	0.238	42.1
冬季	-0.32	-54.4	-0.340 <sup>1)</sup>	-56.9	-0.349 <sup>1)</sup>	-58.5	-0.356 <sup>1)</sup>	-59.7
年平均	0.174	28.2	0.163	26.3	0.153	24.6	0.146	23.4

注: 1) 达到 0.05 的显著性水平( $\alpha_{0.05} = 0.273$ ); 2) 达到 0.001 的显著性水平( $\alpha_{0.001} = 0.443$ )。

### 3.3 不同纬度带对流层中层与上层的关系

表 5 给出了 500 hPa 温度与 200~500 hPa 厚度在不同纬度带、各个季节的同期相关系数。对流层中层和上层在 0~20 N 相关系数最小,在较高纬度带相关紧密,尤其在 40~60 N,关系最密切,通过了 0.001 显著性检验。从季节变化来看,中高纬度带夏、秋、冬季以及年平均的相关普遍都密切,春季相对不密切。其中,极地纬度带冬季相关系数为 -0.009,与其他季节有很大差别。

表 5 500 hPa 温度与 200~500 hPa 厚度同期相关系数

Table 5 Correlation coefficients of 500 hPa temperature and 200~500 hPa thickness

	春季	夏季	秋季	冬季	年平均
0~20 N	-0.166	-0.073	-0.200	-0.218	-0.216
20~40 N	-0.135	-0.288	-0.487	-0.325	-0.352
40~60 N	-0.363	-0.587	-0.557	-0.521	-0.672
60~90 N	-0.433	-0.469	-0.580	-0.010	-0.530

## 4 青藏高原地面与对流层中上层温度变化趋势基本特征

### 4.1 变化趋势基本特征

由图 2 可以看出,自 1960 年以来青藏高原地面温度的年际变化,基本特征是气温在 60 年代中期最低,70 年代至 80 年代前期为缓慢升温期,80 年代的中后期转为高温期。高原气温的

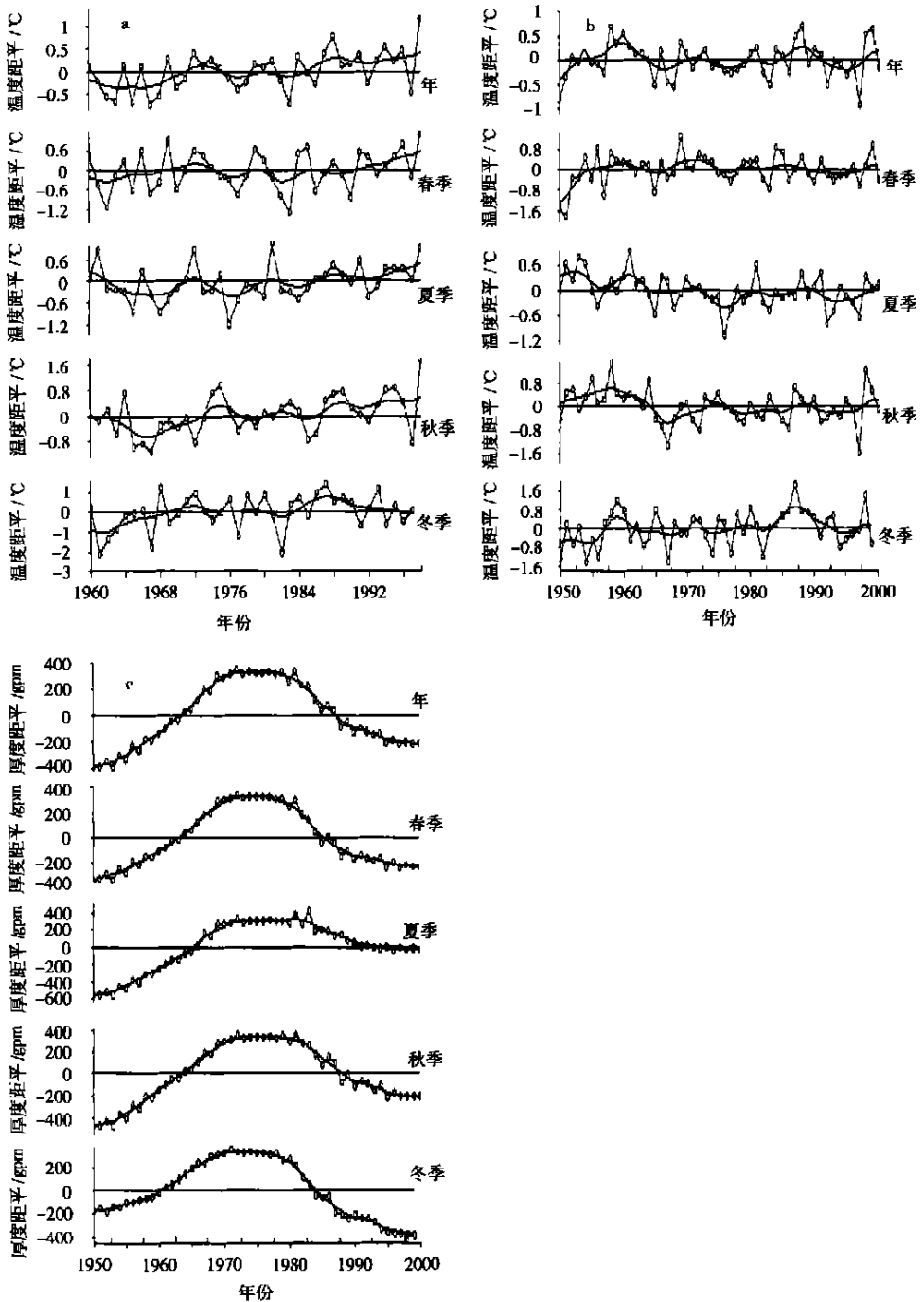


图2 青藏高原地面(a)和500 hPa(b)温度距平以及200~500 hPa厚度距平(c)的年际变化曲线  
(连续实线为二项式系数 11 a 滑动平均曲线)

Fig. 2 Interannual variation of the surface(a) and 500 hPa(b) temperature and 200~500 hPa thickness(c) over the Tibetan Plateau(Sequential curves have been smoothed with a 11-year filter)

年代际变化与北半球地面气温基本一致,如在60年代中期和80年代初期都存在明显变化。从4季气温的变化曲线看来,春季、冬季最低温度出现时间比较于北半球地面气温提前到60年

代前期,之后缓慢上升;冬季气温与年平均及其他季节不同,进入 90 年代后呈现下降趋势。

青藏高原对流层中层(500 hPa)年平均温度变化(图 2)就整个 50 a 而言没有明显的升降趋势,但在 50 年代后期温度较高。在 60 年代至 80 年代后期,基本上与高原地面气温变化一致,60 年代中期温度最低,70 年代至 80 年代后期为缓慢上升,从 90 年代开始,温度没有明显变化趋势。各季温度与年平均温度总趋势比较一致,较为明显的差异体现在夏季和秋季在整个 50 年代及 60 年代前半期都为明显的高温期。与北半球 20~40°N 纬度带 500 hPa 温度的变化趋势相比较(图略),70 年代的低温期不再显著。

从青藏高原上空 200~500 hPa 厚度的变化曲线,可以看出对流层上层年平均及 4 季皆为 50 年代开始持续升温,至 70 年代中期温度最高,之后温度开始持续下降,其中夏季降温幅度最小,年平均和春、夏、秋 3 季温度到 2000 年还没达到 50 年代低温水平,冬季降温幅度最大,温度已经明显低于 50 年代。青藏高原与北半球 20~40°N 纬度带 200~500 hPa 厚度的变化曲线很一致。

#### 4.2 青藏高原地面气温与对流层中上层温度的关系

表 6 给出自 1960—1998 年青藏高原地面气温与对流层中上层温度的相关系数。高原地面气温与 500 hPa 温度呈正相关,且相关系数均能通过 0.001 显著性检验;与 200~500 hPa 厚度呈负相关,但相关不密切,均不能通过 0.05 的显著性检验;但是对流层上层和中层、地面的关系不密切,这与北半球所得结果有所不同。

表 6 青藏高原地面平均气温与对流层中上层温度相关系数

Table 6 Correlation coefficients of the surface temperature and the middle-upper troposphere temperature over the Tibetan Plateau

	春季	夏季	秋季	冬季	年平均
地面与 500 hPa	0.702	0.692	0.731	0.635	0.638
地面与 200~500 hPa 厚度	-0.141	-0.193	-0.256	-0.277	-0.238
500 hPa 与 200~500 hPa 厚度	0.287	-0.389	-0.316	-0.059	-0.039

青藏高原地面气温和 500 hPa 温度存在密切的相关,在进一步细致分析各地面站温度与 500 hPa 温度相关的基础上,有可能利用 500 hPa 温度场插补地面温度场。

## 5 结论和讨论

(1) 对流层的不同高度、温度变化有明显不同的特征,北半球地面平均气温在 20 世纪 50 年代后呈缓慢下降趋势,70 年代达最低,以后升温趋势很突出,90 年代成为 20 世纪最温暖的年代。500 hPa 温度变化与地面有相似的趋势,但世纪末的增暖幅度和显著性都不如地面气温。对流层上层年际变化波动小,70 年代温度最高,温度的年代际变化趋势与地面气温相反。

(2) 500 hPa 温度在各个纬度带变化特征总趋势比较一致,随着纬度升高,季节差异更加明显。近 50 a 500 hPa 温度变化随纬度变化幅度不明显,但低纬和高纬变化趋势相反。对流层上层温度变化幅度随纬度变化而减小,但是变化幅度也不大。

(3) 青藏高原气温近 40 a 来表现为,60 年代中期最低,70 年代至 80 年代前期为缓慢升温期,80 年代的中后期转为高温期。高原对流层 500 hPa 在 60 年代至 80 年代后期,基本上与高原地面气温一致,但是 90 年代以后,升温趋势不明显。

(4) 北半球和青藏高原地面气温和 500 hPa 温度的关系比他们与 200~500 hPa 厚度的关



系更加密切。500 hPa 温度与 200~500 hPa 厚度的关系在较高纬度比在低纬度好。

### 参考文献:

- [1] Angell J K, Korshover J. Estimate of the global change in tropospheric temperature between 1958 and 1973[J]. *Mon Wea Rev*, 1975, 103(11): 1 007-1 012.
- [2] Angell J K, Korshover J. Estimate of the global change in temperature, surface to 100mb, between 1958 and 1975[J]. *Mon Wea Rev*, 1977, 105(4): 375-385.
- [3] Angell J K, Korshover J. Global temperature variations in the troposphere and stratosphere, 1958—1982[J]. *Mon Wea Rev*, 1983, 111(5): 901-921.
- [4] Angell J K. Variations and trends in tropospheric and stratospheric global temperatures, 1958—1987[J]. *J Climate*, 1988b; 1 296-1 313.
- [5] Oort A H, Huanzhu. Upper-air temperature trends over the globe, 1958—1989[J]. *J Climate*, 1993, 6(2): 292-307.

## A Preliminary Analysis of Surface and Middle-Upper Level Temperature over the Northern Hemisphere and the Tibetan Plateau in Recent 50 Years

ZHOU Ning-fang<sup>1</sup>, TU Qi-pu<sup>1</sup>, JIA Xiao-long<sup>2</sup>

(1. Department of Geography; 2. Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** Monthly mean temperature at surface and 500 hPa, and the thickness between 200 hPa and 500 hPa over the Northern Hemisphere and Tibetan Plateau are analysed to investigate their interdecadal variation tendency in different seasons and latitudes, and their relations as well. It's revealed that the interdecadal tendency in temperature at surface is similar to that at 500 hPa in the recent 50 years, with a cooling (warming) tendency before (after) the middle of 1970s. While the interdecadal tendency of temperature in the upper troposphere is opposite to that in the lower troposphere, with a warming (cooling) tendency before (after) 1970s. Analysis also shows difference among the changes of the temperature at different levels of troposphere in different latitudes and seasons.

**Key words:** Northern Hemisphere; Tibetan Plateau; troposphere; feature of temperature change