

高空温度、高度变化特征及其与地面气温的相关分析

陈芳 马英芳 金惠瑛

(青海省气象局气候资料中心, 西宁 810001)

摘要 利用青海省 7 个探空站 1970~2001 年高空观测资料,对各站 500 hPa 标准等压面层的温度、高度进行了突变和异常分析,揭示了该层温度、高度变化的基本事实和规律,同时探讨了 500 hPa 高度、温度变化,尤其是异常变化对地面气温的影响及相互联系。结果表明:500 hPa 高度、温度多数台站在 20 世纪 80 年代中期发生了由低(冷)转向高(暖)的突变;自 1987 年以后,500 hPa 高度、温度的正异常明显增加,负异常明显减少;500 hPa 高度、温度的异常偏高(暖)和偏低(冷)变化与同期地面气温的变化相关密切。

关键词 500 hPa 高度场 温度 地面气温 突变和异常

引言

随着全球气候的变暖,各地异常气候事件频繁发生,青海省也不例外。尤其近 10 年来,青海省热害和干旱加剧;降水增多,雨强增大;雪灾频繁,成灾率高^[1],致使农牧业生产严重受损,影响生态系统的平衡。

地面异常气候的发生一般伴随着不同程度的气候灾害。地面异常气候的发生往往与高空气候异常有着密切的联系,有可能是高空气候异常的一种反映。关于青海地面异常气候的研究,已有相当多成果^[2~5],但青海高空异常气候的分析和研究并不多见。本文着重就青海高空异常气候的基本事实和变化规律以及与地面异常气候的相互联系做初步分析。

1 资料处理和异常标准

根据青海省西宁、格尔木、都兰、茫崖、托托河、达日和玉树 7 站 1970~2001 年 07:00、19:00(北京时间,下同)两个时次高空观测资料,计算各站 500 hPa 标准等压面层的月平均温度(单位:℃)和月平均高度(单位:gp m)的两个时次平均值和年平均值,并分别求取 500 hPa 年平均高度与本站海拔高度之差作为地面至 500 hPa 两层之间的厚度。世界气象

组织给出的气候异常判别标准:某一气象要素值(x_i)与多年平均值(\bar{x})的差异超过标准差(S)的 2 倍以上时该要素即达到异常标准,即 $|x_i - \bar{x}| \geq 2S$,因 S 总大于零,故若 $(x_i - \bar{x}) > 0$,且 $x_i \geq (\bar{x} + 2S)$,则 x_i 为正异常值;若 $(x_i - \bar{x}) < 0$,且 $x_i \leq (\bar{x} - 2S)$,则 x_i 为负异常值。

由于 500 hPa 年平均温度、年平均高度变化相对比较平稳,按上述异常标准统计则发生异常的年份极为少数,甚至于不出现异常年。为突出变化幅度较大的年份,本文在统计青海省年平均温度、高度异常时,标准定为: $|x_i - \bar{x}| \geq 0.5S$

2 500 hPa 温度变化特征

2.1 温度的突变性

应用“Mann-Kendall”法对各站 500 hPa 年平均温度序列进行气候突变诊断可知,西宁、玉树、达日、都兰和茫崖 500 hPa 年平均温度在 20 世纪 80 年代不同年份先后发生由冷变暖的明显突变。格尔木虽无明显的突变点存在,但由年平均温度变化曲线(图略)看出,自 1986 年以后 500 hPa 温度也是逐渐上升的。另外,玉树、托托河 500 hPa 年平均温度分别在 1976、1986 年发生一次由暖变冷的突变,而 90 年代又回升。

青海省气象局“青海省高空异常气候研究”项目资助

作者简介:陈芳,女,1957 年生,工程师,从事气候分析和气象资料审核工作

收稿日期:2003 年 11 月 10 日;定稿日期:2004 年 2 月 22 日

蔡英等^[6]用青藏高原及其邻近几省区(包括西藏、青海的全部及新疆、甘肃、四川、云南的部分地区)100多个气象台站近50年的月平均气温资料研究表明,近50年来青藏高原地面气温变化以1963年和1987年分别作为60年代变冷和80年代增温的开始年,1963~1986年为一相对冷段,1987年以后为一相对暖段。由此可见,青海省多数高空站500 hPa层年平均温度发生在20世纪80年代中后期的暖突变是与整个(广义的)青藏高原地面气温自1987年以来的增暖相一致的。

2.2 温度的异常性

统计各站500 hPa年平均温度异常结果表明,20世纪70年代至80年代中期(1970~1986年)正异常频次少于负异常频次。正异常站次占异常站次的28.6%,负异常占71.4%。最强负异常出现在1983年,500 hPa年平均温度在7站均出现负异常,并且茫崖、都兰、格尔木、达日4站的异常指数在-2.357~-2.171之间,西宁、玉树、托托河的异常指数也在-1.868~-1.010之间^[2]。而自80年代中后期开始出现了相反状况,正异常站次明显增加,负异常明显减少,正异常占异常站次的69.6%,负异常占30.4%。1998、1999年全省7个探空站500 hPa年平均温度均出现正异常,且异常指数较大(分别为32年异常指数序列的1位和2位),故这两年可作为典型温度异常年。以上500 hPa典型异常年与各站地面气温的异常情况相一致。据地面资料统计,1983年7个探空站地面年平均气温均异常偏低,其中5个站的异常指数在-2.088~-1.343之间。1998、1999年7站地面气温异常偏高,且异常指数较大,强度较强,1998年西宁、都兰和格尔木异常指数均在2.4以上,1999年西宁、达日、格尔木和玉树异常指数均在2.0以上,玉树甚至达到了2.8。因此,1998、1999年也是典型的地面气温异常偏高年。

3 500 hPa高度变化特征

3.1 高度的突变性

西宁、格尔木等各站500 hPa年平均高度序列的“Mann-Kendall”突变检验结果表明:达日、托托河和都兰分别在1984、1985和1987年出现了由低变高的突变,茫崖于1985~1986年、西宁于1989~1990年之间也出现了由低变高的突变,虽然玉树于

1975~1976年之间发生了由高变低的突变,格尔木没有明显突变点存在,但从1986年以后两站500 hPa高度均逐渐回升,这与其温度变化相一致。

3.2 高度的异常性

青海省7站500 hPa年平均高度异常变化类似于年平均温度的异常变化。1970~1986年异常站次少,共44次,其中正异常站次占异常站次的18.2%,负异常占81.8%,1984年为最强负异常年,其次是1985年和1989年。而从1987年以后异常站次明显增加,达66次。其中正异常站次占异常站次的74.2%,负异常占25.8%;最强正异常年是1998年,1999年次之。同样这与地面气温的异常变化也是相一致的。各站地面年平均气温的异常统计结果表明:70年代至80年代中期(1970~1986年),异常站次少(64次),其中正异常站次占异常站次的12.1%,负异常占87.9%,而自80年代中后期之后(1987~2001年),这种正、负异常的比例关系逆转,异常站次也增多(72次),其中正异常站次占异常站次的84.7%,负异常只占15.3%。

500 hPa高度异常变化与地面气温异常变化有很好的对应关系,反映了青藏高原海拔高,地面热状况的明显变化必然会影响到500 hPa高度场的变化,也反映了本文500 hPa年平均高度(温度)异常标准的确定基本是合理的。

4 500 hPa高度异常背景下地面气温的变化特征

4.1 厚度与地面气温的相关

500 hPa厚度与地面气温关系十分密切,地面气温变化与500 hPa厚度变化的相互反馈非常敏感,尤其在当月表现得十分明显。由压高公式 $H_{p_0}^s = 18410 \cdot \frac{\overline{T}_v}{273} \cdot \lg \frac{p_0}{p_s}$ ($H_{p_0}^s$ 为两层间厚度, p_0 、 p_s 分别为地面和等压面气压)和两层间平均虚温 $\overline{T}_v = T + t_v \cdot U$ (T 为两层间平均气温, t_v 为饱和虚温, U 为相对温度)可见厚度与气温的关系:当地面气压(p_0)不变时,厚度主要随着平均气温的改变而变化。

计算各站1、4、7、10月和年500 hPa平均厚度与当月、当年地面气温相关系数,列于表1。由表1可见,除玉树7、10月和年,托托河1、10月和年平均厚度与同期地面气温相关系数未能通过显著性检验外,多数台站相关系数均通过信度0.05、0.01和0.001的显著标准。

表 1 500 hPa 厚度与当月(年)地面气温的相关系数

	1 月	4 月	7 月	10 月	年
西宁	0.679 ***	0.760 ***	0.670 ***	0.468 **	0.774 ***
玉树	0.532 **	0.447 **	0.248	- 0.035	- 0.046
达日	0.380 *	0.643 ***	0.418 **	0.269	0.396 *
托托河	0.194	0.451 **	0.376 *	0.054	0.144
格尔木	0.583 ***	0.820 ***	0.718 ***	0.468 **	0.685 ***
都兰	0.613 ***	0.842 ***	0.565 ***	0.442 **	0.793 ***
茫崖	0.556 ***	0.674 ***	0.701 ***	0.427 **	0.684 ***

注: *、**、*** 分别表示通过 0.05、0.01、0.001 的显著水平。

表 2 是各站 1、4、7、10 月 500 hPa 厚度与下月地面气温的相关系数。结果表明,500 hPa 厚度对下月地面气温的影响,或者说地面气温对上月 500 hPa 厚度变化的响应已不如当月明显。但是在季节转换的月份,在一些台站,仍保持着较为好的对应关系,如都兰 4 月,茫崖 7 月,西宁、达日 10 月,两者的相关程度仍可达到 0.05 以上的置信水平。

表 2 500 hPa 厚度与下月地面气温的相关系数

	1 月	4 月	7 月	10 月
西宁	0.254	0.024	0.221	0.378 **
玉树	- 0.057	0.028	0.149	- 0.138
达日	0.042	0.338 *	0.143	0.365 **
托托河	- 0.110	0.335 *	0.220	0.105
格尔木	0.030	0.170	0.225	0.030
都兰	0.054	0.364 **	0.226	0.202
茫崖	0.206	0.127	0.443 ***	0.325 *

注: *、**、*** 分别表示通过 0.1、0.05、0.02 的显著水平。

表 3 500 hPa 高度异常年地面年平均气温的平均差异状况

	正异常		负异常		异常气温极差		极差 t 值	
	当年气温与多年平均差异 ℃	下年气温与多年平均差异 ℃	当年气温与多年平均差异 ℃	下年气温与多年平均差异 ℃	当年气温差异 ℃	下年气温差异 ℃	当年差异 t 值	下年差异 t 值
西宁	0.5	0.4	- 0.4	- 0.4	1.0	0.9	3.4316 **	3.3073 **
玉树	- 0.1	- 0.1	- 0.1	0.1	0.0	- 0.2	0.2058	- 0.6832
托托河	0.2	0.4	- 0.2	- 0.5	0.4	0.8	0.7694	1.9149
达日	0.6	0.4	- 0.3	- 0.2	1.0	0.6	3.3782 **	2.3432 *
格尔木	0.4	0.2	- 0.4	- 0.3	0.8	0.5	4.3198 ***	2.0797
都兰	0.5	0.3	- 0.7	- 0.5	1.2	0.8	4.6391 ***	3.9460 **
茫崖	1.1	1.3	- 1.0	- 0.7	2.1	1.9	4.0924 **	3.8661 **

注:表中 *、**、*** 分别表示通过 0.05、0.01、0.001 的显著水平。

5 结论

(1)在 1970~2001 年的 32 年中,500 hPa 年平均温度和高度正、负异常具有明显的阶段性,1970~1986 年负异常占优势,1987~2001 年正异常占优势,20 世纪 80 年代中后期 500 hPa 温度、高度发生由低向高的突变,这与地面气温暖突变发生的时间相吻合。1998、1999 年为青海省地面和高空 500 hPa 温度的异常偏高典型年。

4.2 高度异常年地面气温的平均差异

表 3 列出了青海省 7 站 500 hPa 年平均高度异常偏高年和异常偏低年所导致的地面气温的平均差异情况。由表 3 可见,除玉树情况有所不同外,其余各站 500 hPa 高度场异常偏高时,当年地面气温和 下年地面气温均比多年平均值偏高,其中,茫崖不论是当年还是下一年,偏高均在 1.0℃以上,西宁、达日、都兰当年气温偏高 0.5~0.6℃;相反,当 500 hPa 高度异常偏低时,当年地面气温和 下年地面气温(除玉树下年)均比多年平均值偏低。其中,茫崖偏低值较大,当年偏低 1.0℃,下年偏低 0.7℃。高度场异常偏高年和异常偏低年的地面气温在不同时间和不同地区有不同差异,并且当年差异比下年差异显著。这种极差较大的站属茫崖,其当年差值达 2.1℃,下年差值达 1.9℃;其次是西宁、达日和都兰,当年差值均在 1.0℃以上。经极差显著性 t 检验,西宁、达日和茫崖当年地面气温差异 t 值超过了 0.01 的显著水平,格尔木、都兰达到了 0.001 的显著水平;而下年地面气温差异也较显著,西宁、都兰和茫崖均达到了 0.01 的标准,达日也超过了 0.05 的标准;玉树、托托河无论是当年,还是下年地面气温差异均不显著。

(2)500 hPa 厚度与地面气温关系十分密切,地面气温变化与 500 hPa 厚度变化的相互正反馈非常敏感。除少数站,一般情况下当 500 hPa 年平均高度出现正异常时,当年及下年地面年平均气温偏高,反之亦然。当年的这种对应关系好于下年的对应关系。

参考文献

1 周陆生.青海省长期气候变化趋势及其对生态环境可能影响的初步展望.青海气象,2001,(2):2-13

- 2 朱西德.青海省气温异常的时空分布特征.青海气象,2002,(1): 32 - 36
- 3 陈彦山,唐跃萍.青海近 30 年气候异常浅析.青海气象,1999,(4):5 - 8
- 4 王志俊.青海省气候异常的部分事实揭示.青海环境,1997,(3): 112 - 117
- 5 汪青春,周陆生,伊海明,等.青海高原器测时期以来的气温变化特征.青海气象,2000,(1):17 - 21
- 6 蔡英,李栋梁,汤懋苍,等.青藏高原近 50 年来气温的年代际变化.高原气象,2003,22(5):464 - 469

Upper Level Height and Temperature Change Characteristics and Its Correlation with Surface Temperature

Chen Fang Ma Yingfang Jin Huiying

(Climatic Data Center , Qinghai Province , Xining 810001)

Abstract: Based on the upper-level radiosonde observation data of seven stations from 1970 to 2001 in Qinghai Province, the abrupt change and abnormality analysis of 500 hPa temperature and height were analyzed by the statistical method, and the basic facts and regulations were found. The changes of height and temperature at 500 hPa, especially the effects of abnormal changes on surface air temperature and precipitation and their mutual relation, are discussed. The results show that there were abrupt changes from low (cold) to high (warm) at 500 hPa in height and temperature at most stations in the middle 1980s; since 1987, there have been an increasing trend in positive abnormality and a decreasing trend in negative abnormality for height and temperature, which were correlated with the surface air temperature change.

Key words: 500 hPa, height field, temperature, surface temperature, climate abnormality