

# 青海省最高、最低气温不对称性变化的诊断分析

汪青春 王志俊 邵玉红

(青海省气候资料中心, 西宁 810001)

## 提 要

利用青海省 13 个站逐月最高、最低气温资料, 分析了月、季、年平均最高、最低气温的变化。结果表明最高、最低气温存在明显不对称变化趋势, 尤其是 3、4 月存在明显的反向变化趋势。同时分析了西宁城市效应对最高、最低气温的影响。

**关键词:** 最高、最低气温 不对称变化 影响因素

## 引 言

青海省地处青藏高原东北部, 是 80 年代以来全国气候变暖较明显的地区之一。变暖的季节主要是冬季和春季。最近几年关于全球变暖存在一种新观点<sup>[1]</sup>, 即日最高和日最低气温的不对称变化。夜间的最低气温明显上升, 而白天的最高气温没有上升或呈下降趋势。本文选取青海省内分布较均匀, 资料序列较长和均一性较好的冷湖、大柴旦、刚察、格尔木、都兰、贵德、民和、伍道梁、泽库、玛多、清水河、达日和昂欠 13 站为代表站, 取 1957~1996 年逐月平均最高、最低气温资料, 对最高、最低气温的不对称变化进行了诊断分析。

## 1 最高、最低气温的不对称性变化事实

分析气温的变化趋势可采用一元回归求取气温序列的线性趋势<sup>[2]</sup>, 即直线变化趋势。设  $x$  为某一气象变量,  $t$  为时间变量(年份或序号), 建立  $x$  与  $t$  之间的一元线性回归方程:

$$x = a + bt$$

$a$  为方程的截距,  $b$  为方程的斜率(本文称为倾向率), 代表气温的线性趋势。 $b < 0$  表示气温为下降趋势,  $b > 0$  表示气温呈上升趋势。 $b$  值绝对值的大小可以度量其演变趋势上升、

下降的幅度。其变化趋势的显著程度可利用回归系数与相关系数之间的关系, 求出时间  $t$  与变量  $x$  之间的相关系数  $R$ :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n t_i - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n t_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} b$$

如果  $R$  通过显著性检验, 说明趋势变化幅度是显著的。

图 1 是 13 个代表站平均最高、最低气温各月和年的倾向率及线性拟合值与观测值的相关系数。从图中看出, 各月和年平均最高、最低气温变化的不对称性趋势十分明显, 其最低气温的倾向率远大于最高气温。尤其是 3、4 月份呈现出十分明显的相反变化趋势, 3、4 月份最低气温的倾向率为  $+0.50^\circ\text{C}/10$  年和  $+0.15^\circ\text{C}/10$  年, 而最高气温为  $-0.22^\circ\text{C}/10$  年和  $-0.36^\circ\text{C}/10$  年。同时 7 月份平均最高气温的变化也呈较明显的负变化, 倾向率为  $-0.14^\circ\text{C}/10$  年, 平均最低气温几乎没有变化。平均而言, 平均最低气温的倾向率是平均最高气温的 3~4 倍。平均最低气温最大倾向率出现在 2 月份, 其次是 12、3 和 11 月份。

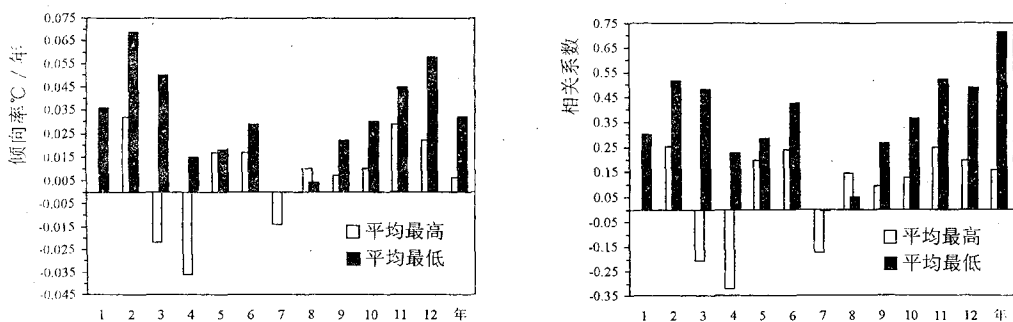


图1 青海省最高、最低气温月、年倾向率及相关系数

## 2 变化趋势的季节和空间分布

表1是分季节最高、最低气温和日较差的倾向率及线性拟合与观测值的相关系数。可以清楚地看出,最高、最低气温的非对称性变化,存在明显的季节性。最高气温四季变化均不明显。其中,春季呈负趋势,其它季节呈正趋势。相对于最高气温,最低气温的增温十分明显。最大增温出现在冬季,倾向率为 $0.58^{\circ}\text{C}/10$ 年,其次是春季和秋季,倾向率分别为 $0.33^{\circ}\text{C}/10$ 年和 $0.27^{\circ}\text{C}/10$ 年。线性拟合值与观测值的相关系数均达到信度为 $0.001$ 的极显著标准( $\alpha_{0.001}=0.4896$ )。夏季呈正趋势但变化不显著。就全年平均最低气温来说,线性拟合值与观测值的相关系数高达 $0.714$ ,说明最低气温的增温十分突出。

表1 四季最高、最低气温及日较差的倾向率和线性拟合值与观测值的相关系数

项目	倾向率 $b$	相关系数 $r$	信度标准
最高气温	冬季	0.014	0.166
	春季	-0.013	-0.202
	夏季	0.004	0.080
	秋季	0.006	0.158
最低气温	冬季	0.058	0.592
	春季	0.027	0.592
	夏季	0.011	0.214
	秋季	0.033	0.536
日较差	冬季	-0.044	-0.595
	春季	-0.041	0.675
	夏季	-0.007	-0.151
	秋季	-0.026	-0.603

率的空间分布来看,增温最明显的区域是柴达木盆地,其次是青南东部。有意思的是前者是青海省的少雨区,后者是多雨区,与年平均气温的变化情况相一致。

## 3 年最高、最低和气温日较差的年际变化

日较差是同期最高气温与最低气温之差。最高气温和最低气温的不对称性变化,势必引起日较差的明显变化。由表1看出,四季和年气温日较差均为减小趋势。春季、冬季日较差减小最明显,倾向率分别为 $-0.44^{\circ}\text{C}/10$ 年和 $-0.41^{\circ}\text{C}/10$ 年,年日较差的倾向率为 $-0.20^{\circ}\text{C}/10$ 年。以年份为时间变量的线性拟合值与观测值的相关系数分别为 $-0.595$ 、 $-0.675$ 和 $-0.470$ ( $\alpha_{0.001}=0.3932$ ,  $\alpha_{0.001}=0.4896$ )。

图2是青海省年平均最高、最低和气温日较差的时间序列演变图。年平均最高气温的年际变化不明显,年倾向率为 $0.06^{\circ}\text{C}/10$ 年;年最低气温从70年代初开始明显升高,1957~1996年40年中,可分为1957~1970年,1971~1986年和1987~1996年3个阶段,经计算后两阶段分别较第一阶段年平均最低气温升高 $0.58^{\circ}\text{C}$ 和 $1.06^{\circ}\text{C}$ ,年最低气温倾向率为 $0.32^{\circ}\text{C}/10$ 年。年平均气温日较差从60年代中期开始一直在逐渐减小,年平均日较差倾向率为 $-0.26^{\circ}\text{C}/10$ 年。

从13个代表点的年平均最低气温倾向

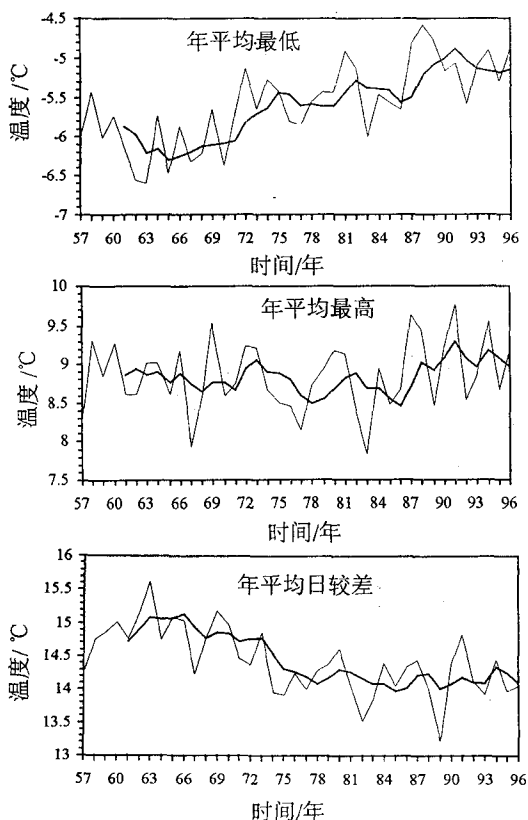


图2 青海省年平均最高、最低气温与日较差的时间变化

对年平均最高、最低气温和日较差时间序列进行周期和突变分析。经功率谱分析三序列均无明显的周期性变化。对3个序列用Mann-Kendall法进行突变检验,年平均最低气温70年代初、中期是一个过渡期,1977年以后明显上升,是一个明显的突变点;年平均气温日较差1973年以后明显减小;年平均最高气温不存在明显的突变点。

#### 4 影响气温日较差的因素分析

影响气温日较差的因素很多,相互间的作用也较复杂。影响因素就大的尺度而言有温室效应和对流层气溶胶的变化;就局地而言又有城市化、沙漠化等的变化。以下就城市化效应和一些一般气象台站所观测的气象要素的统计分析,来寻找气温日较差减小的局

地原因。

#### 4.1 城市热岛效应

众所周知,城市热岛效应在夜间表现最强,城市化的增加将使最低气温相对于最高气温有不同程度的升高,使日较差减小。西宁的城市化效应也是较明显的<sup>[3]</sup>,本文特作了西宁站最高、最低气温及日较差的变化分析,以便与全省进行比较,得出西宁城市化对最高、最低气温的影响效应。

经计算西宁冬、春、夏、秋最低气温倾向率分别为1.80°C/10年、0.83°C/10年、0.68°C/10年和1.02°C/10年。分别较全省平均高1.22°C/10年、0.56°C/10年、0.57°C/10年和0.69°C/10年。说明西宁城市化影响使冬季最低气温的升高速率比全省同期平均偏高1.22°C/10年;春、夏、秋三季影响较小,影响效应只有冬季的约1/2。

最高气温冬、春、夏、秋四季的倾向率分别为1.21°C/10年、-0.29°C/10年、0.26°C/10年和0.69°C/10年,分别比青海全省高1.07°C/10年、0.16°C/10年、0.22°C/10年和0.52°C/10年,城市化效应对最高气温的影响没有最低气温大。

日较差冬、春、夏、秋倾向率分别为-0.68°C/10年、-1.11°C/10年、-0.42°C/10年和-0.33°C/10年,从表1比较看出城市化使日较差明显减小,四季平均减小率是全省平均的2.39倍。倾向率最大出现在春季,原因是春季最高气温呈减小趋势。

#### 4.2 可能影响气温日较差减小的一些气象要素的变化

众所周知,下垫面边界层的吸收、辐射和输送等能力及混合感热不同程度地影响着最高和最低气温。相对湿度、云量和降水是影响这些边界层特征的重要气象变量。另外,入射太阳辐射(本文以日照时数代替)的变化也直接影响着地面气温。为了使讨论问题简便化,本文以最高、最低气温呈明显反向变化的3、

4月为统计分析时段,以日较差减小最明显的大柴旦(属柴达木干旱区)和达日(青南东部多雨区)为代表点进行分析。

### 4.2.1 降水量

降水能使日较差明显减小。由图2看出降水量呈增多趋势,达日年倾向率为4.6mm/10年,大柴旦为1.5mm/10年。线性回归值与实测值间都有很高的相关,其中达日相关系数达到0.01的置信水平( $\alpha_{0.001}=0.3832$ ),说明这种线性上升趋势是显著的。

### 4.2.2 日照时数

图3资料为1957~1996年3、4两月平均日照时数(单位:小时/月)。由图看出,达日3、4月日照时数呈增加趋势,拟合直线趋势(倾向率)为2.2小时/10年。大柴旦日照时数无明显变化趋势,直线趋势线与多年平均线基本重合。日照时数的变化直接反映了到达地面太阳辐射的变化,日照时数的增加会引起地面温度的升高,由此可见,日照的变化不太可能是引起气温日较差减小的原因。

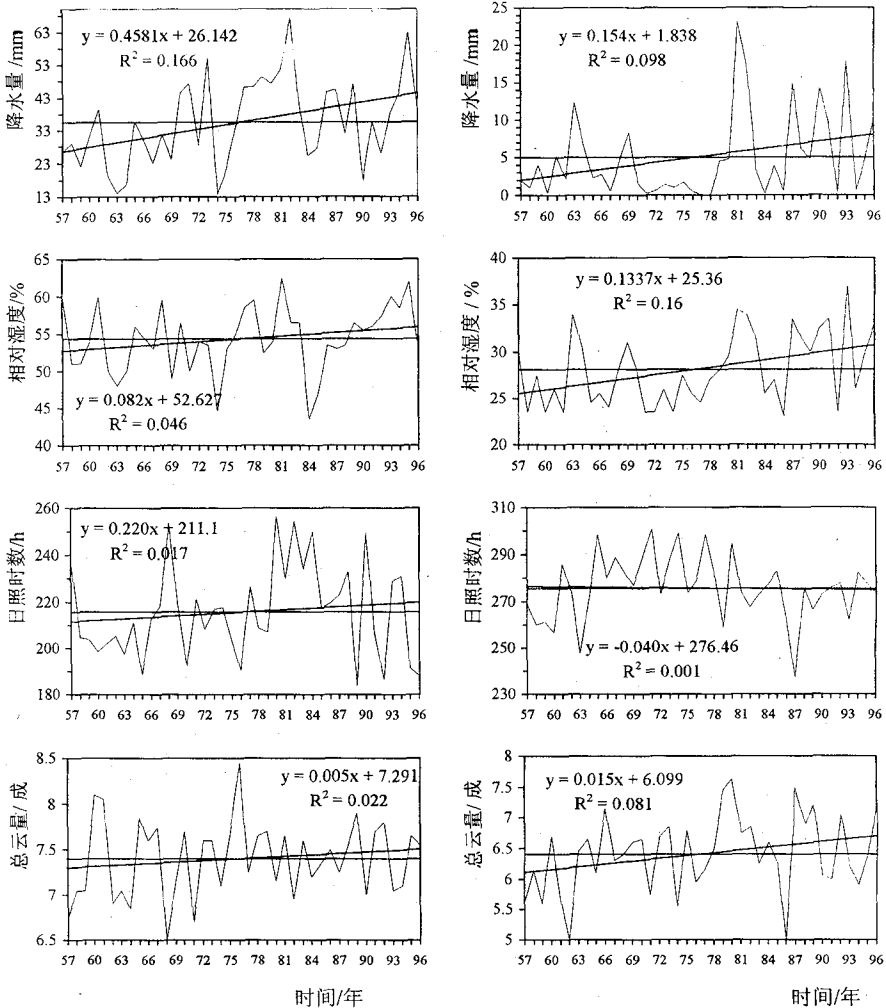


图3 达日(左)、大柴旦(右)3、4月降水量、相对湿度、日照时数总量变化

### 4.2.3 总云量

图3所用云量资料为达日、大柴旦1957

~1996年3、4两月平均总云量(单位:成)。由图看出两代表点总云量呈增多趋势。我们

知道,云对太阳辐射具有吸收和散射的作用,使到达地面的短波辐射减少,白天气温不易升高。夜间云量会减少地面的长波有较辐射;气温不易降低。因此,总云量的增加会导致日较差的减小。

#### 4.2.4 相对湿度

空气中的水汽含量对日较差的影响与云量具有相同的作用。相对湿度越大,日较差越小。图3是近40年3、4月平均相对湿度演变图,直线拟合趋势表明两代表站相对湿度均有明显增大趋势,尤其是干旱的柴达木盆地相对湿度增大最明显。

#### 4.3 气象要素与气温日较差的相关,偏相关分析

我们知道,日照时数、相对湿度、云量和降水的变化并不是独立的,也就是其变化是相互关联的。表2是以上4要素与气温日较差的相关和偏相关关系。可以看出,相对湿度、降水量和气温日较差的单相关系数均很高,达到0.001的信度标准,总云量也在0.05的信度标准之上。同时,由表2看出由于每个变量之间相互关联,变量与气温日较差的偏相关系数明显不同于相关系数。与单相关相比达日站日照时数和总云量的偏相关系数较大,是由于降水量与云量、日照时效之间的高相关所造成。综合前文分析,总云量增加和降水增多是气温日较差减小的主要原因。

表2 各气象变量与气温日较差的关系

项目	达日站		大柴旦站	
	单相关	偏相关	单相关	偏相关
相对湿度	-0.702	-0.557	-0.549	-0.204
日照时数	-0.099	-0.334	0.227	0.038
总云量	-0.349	-0.401	-0.450	-0.338
降水量	-0.596	-0.306	-0.492	-0.073

## 5 小结

5.1 近40年来青海最高、最低气温存在明显不对称变化,相对于最高气温,最低气温的增温十分明显,最大增温出现在冬季,其次是秋季。其中,3、4月份最高气温呈明显降低趋势。由于气温的不对称变化,使气温日较差显著减小。

5.2 西宁城市化效应,使最高、最低气温的不对称变化更突出。日较差四季平均倾向率是全省四季平均倾向率的2.39倍。

5.3 使气温日较差减小的影响因素很多。分析表明,除城市化效应外,近年来气温日较差减小可能与总云量的增多和降水量增加有关。

## 参考文献

- 1 Thomas R. Karl 等. 对最近全球变暖的一种新观点:日最高和最低温度的不对称趋势. 大气科学, 1996, 16(4).
- 2 黄嘉佑. 气候状态变化趋势与突变分析. 气象, 1995, 21(7).
- 3 刘蓓. 西宁城市气候变化及影响. 青海气象, 1995, (2).

## An Diagnosis Analysis of Asymmetry Variations of Maximum and Minimum Temperature in Qinghai Province

Wang Qingchun Wang Zhijun Shao Yuhong

(Qinghai Climate Data Centre, Xining 810001)

### Abstract

Using the monthly maximum and minimum temperature data in 13 represent ative stations in Qinghai province, the variations of mean monthly, seasonal and year maximum and minimum temperature are analysed. The analysis result shows that there exists an obvious asymmetry variations, especially, obvious anti-variatiois are seen in March and April. At the same time, urbanization effect on maximurn and minimum temperature are analysed.

**Key Words:** maximum and minimum temperature asymmetry variatons impact factor