

张掖国家气候观象台常规气象资料检验分析

张 良, 李耀辉, 王 胜, 柳媛普, 刘宏谊, 赵建华, 李 刚

(中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,
中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020)

摘 要:选取2007年建成的张掖国家气候观象台梯度塔2007年9月至2008年8月5层风速、温度、湿度和水汽压观测资料,统计了这段时期内资料的缺测率,分析了张掖地区不同季节的气候要素变化特征,通过与其他观测台站资料比较,验证了资料的可靠性。

关键词:张掖国家气候观象台;风速;温度;湿度;水汽压

中图分类号:P413.2

文献标识码:A

引 言

张掖位于中国甘肃省河西走廊中部,南依祁连山脉,北望巴丹吉林沙漠,地处欧亚大陆腹地,远离海洋,属大陆性荒漠草原气候。气候干燥,年降雨量稀少,蒸发量大。光照充足,四季分明,冬季寒冷而漫长,夏季炎热而短暂,春季升温快,秋季降温较慢。气温日较差大,常年以西北风和东风为主。

张掖绿洲是甘肃省的商品粮重要产区,素有“金张掖”的美称^[1]。然而近年来随着气候变化的影响,加之本地区生态条件的敏感性和土地利用/覆盖的变化,使张掖地区气候和生态环境发生了一系列明显的变化:近40 a来张掖气温升高幅度较之全国其它区域更为明显,多年降水变化相对不大,但冬春季降水出现缓慢增加的趋势^[2]。随着农田有效灌溉面积的增大,地表年耗水量从1980年的 $6.78 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加到1999年的 $9.21 \times 10^8 \text{ m}^3$,正义峡的下泻水量逐年减少,下游生态与环境退化。区内的蒸发格局发生变化,土地利用/覆盖变化强度较大的甘州区、临泽县和高台县年蒸散量呈下降趋势;而土地利用/覆盖变化强度较小的山丹县、民乐县和肃南县年蒸散量变化趋势不太明显^[3]。对气候变化响应的研究还表明^[4]:肃南为气候变化响应最脆弱地区,甘州区属于中等脆弱地区,高台、民乐属于较不脆弱地区,临泽、山丹属于最不脆弱地区。

可见,加强张掖典型绿洲区的气象观测,加强对该地区气候变化适应性和响应评价的研究^[5-6],对于本地区提出应对气候变化的适应性对策和对调整优化区域土地利用结构,促进区域生态、经济的可持续发展具有重要意义^[7]。本文对2007年建站的张掖国家观象台2007年9月至2008年8月梯度塔风速、水汽压、温度和湿度资料进行验证分析,研究观象台资料的合理性和可靠性。

1 张掖国家气候观象台和仪器简介

1.1 观象台简介

国家气候观象台的布局主要依据中国气候系统委员会关于中国气候观测系统的设计原则和确定的重点气候观测区,结合世界气象组织(WMO)对全球气候观测系统(GCOS)和区域气候站网选择原则,在原有国家级观测站基础上择优选址确定。国家气候观象台是对地球气候系统多圈层及其相互作用开展长期、连续、立体和综合观测并开展资料分析、评估研究和提供服务的平台。张掖国家气候观象台位于荒漠观测区,是中国气象局首批设立的5个国家气候观象台示范站之一,重点是对荒漠陆面边界层及其生态环境进行试点观测,建立一体化的数据采集和业务服务平台。

张掖气候观象台地处张掖市甘州区和临泽县之间($100^{\circ}16'E, 39^{\circ}04'N$),海拔高度1 461.53 m,观测

收稿日期:2009-10-19;改回日期:2009-11-18

基金项目:中国气象局兰州干旱气象研究所科研业务项目“张掖气候观象台资料分析检验”资助

作者简介:张良(1980-),男,陕西渭南人,助理研究员,主要从事陆面过程和水资源研究. E-mail: lzhang1980@yahoo.cn

场下垫面平坦,受人为活动影响较小。在观测场及周围,下垫面以戈壁为主,附近有少量植被。

1.2 仪器简介

观象台梯度塔共 5 层,高度分别为 1 m、2 m、4 m、10 m 和 16 m,各层均安装有温、湿度和风向、风速观测仪器。温度和湿度观测仪为芬兰 Vaisala 公司的 HMP45D 温湿传感器,风速观测仪器为 Vaisala 公司的 WAA151,风向观测仪是 Vaisala 的 WAV151。

2 资料说明

张掖观象台于 2007 年 9 月建成并开始观测,选取 2007 年 9 月至 2008 年 8 月的梯度塔各层(共 5 层)风速、水汽压、温度和湿度观测资料,验证分析资料的可靠性。表 1 为选取时间段内观测资料的缺失率,在上述观测期内,总共缺失 107 d,缺失率为 29.3%。

表 1 观测资料的缺失率

Tab. 1 The missing value percentage of observed data from Sep. 2007 to Aug. 2008

时间	缺测天数/d	缺测率
2007 年 9 月	24	85%
2007 年 10 月	6	19%
2007 年 11 月	13	43%
2007 年 12 月	23	74%
2008 年 1 月	2	6%
2008 年 2 月	15	51%
2008 年 3 月	0	0
2008 年 4 月	6	20%
2008 年 5 月	6	19%
2008 年 6 月	3	9%
2008 年 7 月	3	9%
2008 年 8 月	6	19%

3 结果分析

3.1 季节变化

从图 1 可以看出,梯度塔上的 5 层风速各月变化一致,从 9 月份各层风速开始减小,12 月份又有所增加。之后风速在 1 月降到全年的最小值,然后开始逐渐增加,在春季各层风速最大,这与河西地区春季多发沙尘暴的天气形势相对应。从每月不同层次的风速来看,每相邻 2 层之间高层风速比低层风速大 0.3 ~ 0.6 m/s,在 1 月相邻 2 层风速差值较小,

春、夏季较大;第 5 层与第 1 层的风速差变化不大,常年保持在 1.2 ~ 1.8 m/s。从季节来看,冬季观象台附近地区风速最小,秋季次之,春季最大。

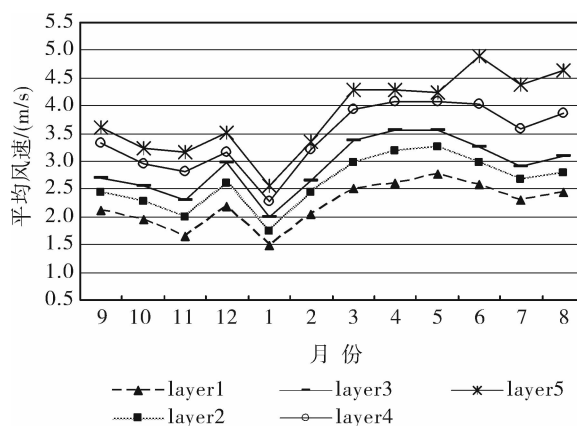


图 1 2007 年 9 月至 2008 年 8 月
梯度塔各层的风速曲线

Fig. 1 Each layer's wind speed of the gradient tower from September 2007 to August 2008

通过与张掖市常规气象观测站的 10 m 处风速资料比较表明(图略),观象台资料各月份变化趋势与常规站的变化趋势一致,且 2 站各月风速差值在 0.7 ~ 2 m/s 之间,较大差值出现在风速高值的春季和夏初。处于戈壁滩上的观测站四周植被很少,张掖常规气象站位于城市边缘,四周植被覆盖度好,并且有高树和建筑存在,对风速的阻挡作用明显,所以常规站风速值比观象站资料一致偏低。张掖观象站风速资料处于合理范围内。

空气温度是梯度塔观测的另一重要气象要素,由图 2 可以看出,张掖地区 11 ~ 12 月日平均温度逐

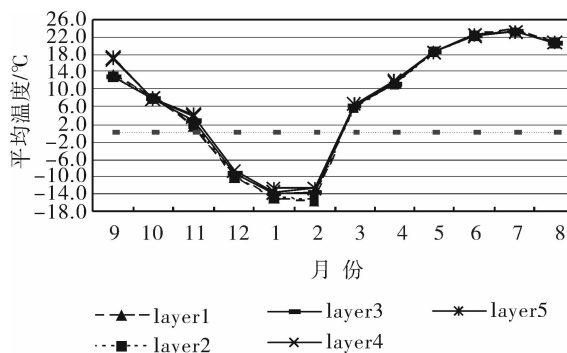


图 2 2007 年 9 月至 2008 年 8 月
梯度塔各层的空气温度曲线

Fig. 2 Each layer's air temperature of the gradient tower from September 2007 to August 2008

渐降为 0℃ 以下,在 2~3 月日平均温度逐渐由 0℃ 以下转为 0℃ 以上。各层温度 2007 年 9 月至 2008 年 8 月变化一致,并且各层温差不大,在温差最大的 2 月第 1 层和第 5 层的温差为 3.3℃。说明张掖地区在下垫面为戈壁的条件下,冬季近地面层的温差较大,春季、夏季和秋季近地面层温差非常小。图中 2007 年 9 月第 4、5 层与其他 3 层的温差较大,是由于该月第 1、2、3 层在 9 月 3 日至 9 月 26 日缺测,这个月份天气逐渐转凉,气温逐渐降低,从而导致该 3 层的月平均温度偏低。

与张掖市常规气象站的月平均温度比较(图略),2 站温度曲线变化趋势一致。常规站的数据在冬季(12 月至次年 2 月)普遍较观象台偏高,这是由于城市冬季取暖对常规站附近地区的加热效应所致。而在受人类活动影响较小的其他月份,2 站温度差值则不明显。表明观象站温度资料符合实际情况,较为可信。

从图 3 可以看出,在上述观测期内的各层相对湿度变化一致性较好,各层之间相对湿度差距小。其中 2007 年 9 月第 4、5 层的相对湿度较小,是由于前 3 层在 9 月 3~26 日内缺测引起的。计算资料较全的第 4 层上述 9 个月的相对湿度平均值为 52%,与西北其他 4 个城市的平均相对湿度比较^[8],兰州、西宁、乌鲁木齐、银川在 2000 年之后年平均湿度在 50%~60% 之间,所以认为观测的相对湿度资料可靠。

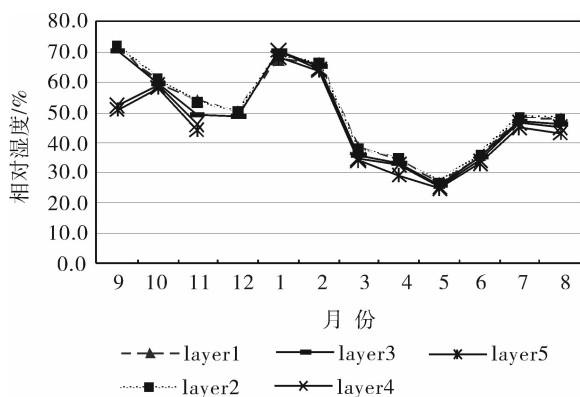


图 3 2007 年 9 月至 2008 年 8 月
梯度塔各层相对湿度曲线

Fig. 3 The each layer's relative humidity of the
gradient tower from September 2007 to August 2008

另外,从图 3 还可以看出,从 9 月到次年 5 月,

相对湿度不断减小,之后 6~8 月又逐渐增加,1 月与 2 月除外。相对湿度的计算公式:

$$\varphi = \frac{\rho_{\omega}}{\rho_{\omega, \max}} \cdot 100\% = \frac{e}{E} \cdot 100\% = \frac{s}{S} \cdot 100\% \quad (1)$$

公式(1)中, ρ_{ω} 为绝对湿度,单位是 g/m^3 ; $\rho_{\omega, \max}$ 是最高湿度,单位是 g/m^3 ; e 为水汽压,单位是 Pa; E 是饱和水汽压,单位是 Pa; s 为比湿,单位是 g/kg ; S 为最高比湿,单位是 g/kg 。

可以看出,由于秋初的 9 月到冬季,雨季结束,降水逐渐减少,空气中的水汽减少引起水汽压减小,从而相对湿度逐渐降低。与此同时,随着温度的降低,饱和水汽压(饱和水汽压是饱和空气下大气中的水汽压力,是温度的函数,温度越高,空气中所容水分子数量越多;反之越少)也逐渐降低,在温度最低的 1、2 月份,与水汽压相比,饱和水汽压的减小幅度更大,从而导致 1、2 月份的相对湿度变大。根据观象台资料,2007 年 12 月,2008 年 1、2 月份的平均温度分别为 -10.3°C , -15.0°C 和 -15.9°C ,由玛格努斯(Maynus)经验公式:

$$E = E_0 10^{\frac{at}{b+t}} \quad (2)$$

E_0 是 0°C 的饱和水汽压 6.11 hPa, t 是摄氏温度, a 和 b 是常数。对水面, $a = 7.5$, $b = 237.3$; 对冰面, $a = 9.5$, $b = 265.5$ 。

可以得到这 3 个月的饱和水汽压依次为 2.80、1.91 和 1.77 hPa。又由相对湿度计算公式可以求得这 3 个月的水汽压分别为 1.41、1.28 和 1.17 hPa。从上面各月的水汽压值可以看出,在水汽压变化幅度不大的情况下,由于张掖地区在上述 3 个月中的平均气温低($< -10.3^{\circ}\text{C}$),使得饱和水汽压值与水汽压值相当,所以在水汽压的变化幅度小,而饱和水汽压的变化幅度大的情况下,相对湿度变化明显。而 1、2 月水汽压的增大与该地区在 2008 年 1 月 9.2 mm 和 2 月 0.5 mm 的降雪有关。

从图 4 中可以看出,从秋季到冬季水汽压随着空气中水分的减少而逐渐减小。春季由于冬季降雪的逐渐融化使水汽压又逐渐变大,但是变化的幅度没有秋季大,说明春季降水依然很少。另外,与附近气候特征相似的玉门镇观测资料比较^[9],张掖观象台水汽压值处于合理范围以内。

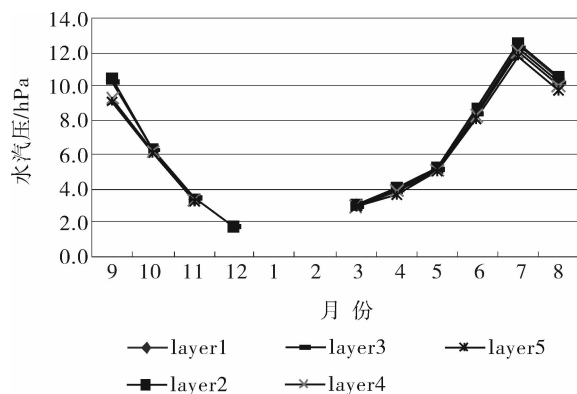


图4 2007年9月至2008年8月
梯度塔各层水汽压曲线
Fig. 4 Each layer's vapour pressure of the
gradient tower from September 2007 to August 2008

3.2 日变化

气温和相对湿度具有显著的日变化特征,选取2007年11月1日晴天时的梯度塔第1层每30 min气温和相对湿度资料,来检验资料序列能否反映出气象要素的日变化特征。

由图5可以看出,当地气温在日出前达到一天中的最低值,最高值出现在一天的下午。由文献[7]可知,相对湿度的日变化与气温的日变化相反。日出前由于温度最低,所以饱和水汽压也为最小值,当日空气中水汽压变化不大的情况下(图略),水汽压逐渐接近饱和水汽压,从而使空气的相对湿度增大,达到一天中的最大值,甚至有时产生露水,在午后的情况与之刚好相反。图5中张掖观象台资料能够充分反映出气温与相对湿度的日变化特征。

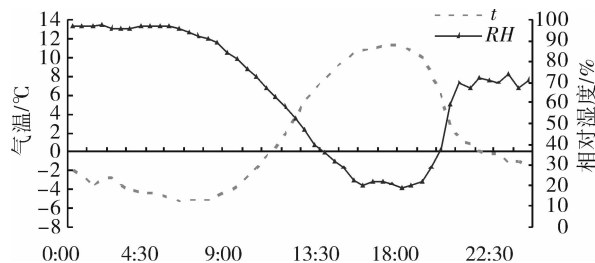


图5 2007年11月1日气温与相对湿度日变化
Fig. 5 Diurnal cycle of air temperature and
relative humidity on Nov. 1, 2007

3.3 与天气过程的比较

为了检验观象台梯度塔仪器是否具有灵敏性,选取2007年降水较多的时段(该时期内张掖降水总量为14.6 mm)2007年9月25日至10月7

日这段时期内的温度和水汽压与张掖自动气象站的观测资料进行比较,进一步检验资料的可靠性。选取9月27日至10月7日每日02:00,08:00,14:00和20:00 4次的观测资料进行研究。

从图6中可以看出,2观测地点虽然相距18 km,但是温度仍然具有很好的相关性($r = 0.99$)。同时从图7中也可以看出,观象台资料与自动站资料在每天的不同时次的变化趋势一致,说明观象台资料日变化特征明显。

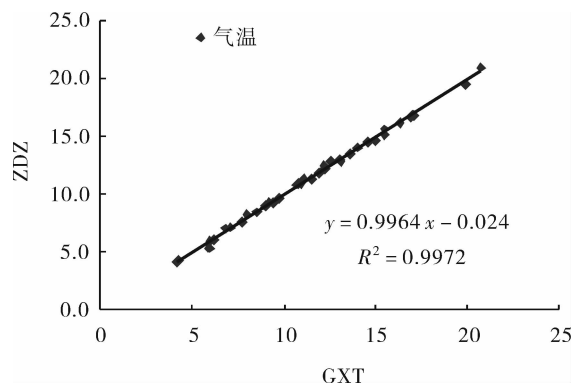


图6 2007年9月27日至10月7日观象台第2层
气温与张掖自动站干球温度散点分布
Fig. 6 The scatter diagram of air temperature
at the second layer of the gradient tower and
automatically measurement data in Zhangye
from September 27 to October 7, 2007

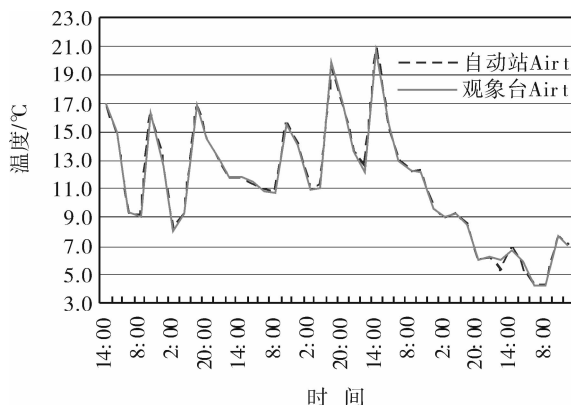


图7 2007年9月27日至10月7日观象台第2层
气温与张掖自动站干球温度曲线
Fig. 7 The diurnal change curves of air temperature
at the second layer of the gradient tower and
observed data at Zhangye station
from September 27 to October 7, 2007

在图8中,伴随着这次降水过程的发生,水汽压从9月27日逐渐升高,在10月3日和4日达到最大值,同时降水量也逐渐增大。之后随着空气中水汽的减少(水汽压减小),降水量逐渐减小,这次降水过程逐渐结束,可见水汽压的变化与降水过程较为一致。所以,从图6、图7和图8可以看出,张掖观象台资料能够充分反映出有天气过程时各气象要素的变化特征,灵敏度可信。

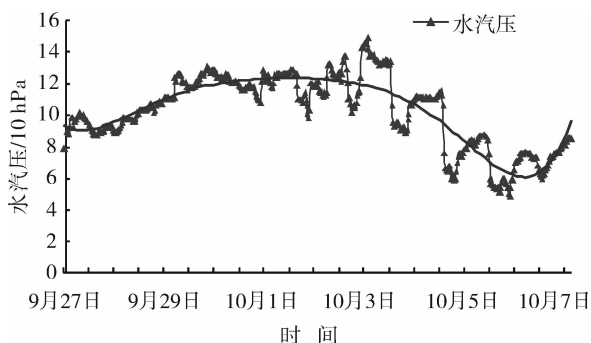


图8 2007年9月27日至10月7日观象台第2层气温与张掖自动站水汽压曲线

Fig. 8 Same as Fig. 7, but for vapour pressure

4 结 论

(1) 对张掖观象台梯度塔各层风速、温度、相对湿度和水汽压的季节变化分析可以看出,各层气象要素具有显著的季节变化特征,并且不同层次变化一致。

(2) 与西北4省其他城市的相对湿度比较和与中国气象局兰州干旱气象研究所观测塔的资料比较

来看,各气象要素的量级和观测值范围合理,可信。

(3) 从与张掖自动观测站的温度对比可以看出,两者的相关系数为0.99。与天气过程的比较发现,水汽压与降水过程的对应较好。同时资料具有显著的日变化特征。

所以,在可用的71%的观测资料内,张掖观象台梯度塔风、压、温、湿气象要素具有明显的日变化和季节变化特征,观测数据量级和观测值范围合理,观测数据较为可靠。同时观测资料时间序列的完整性有待提高。

参考文献:

- [1] 金博文, 赵军. 张掖地区沙漠化与可持续发展问题探讨[J]. 甘肃农业大学学报, 2001, 36(2): 214-220.
- [2] 李鸣骥, 石培基. 黑河流域张掖市近38 a以来气候变化特征分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(6): 1048-1054.
- [3] 孟宝, 张勃, 张华, 等. 黑河中游张掖市土地利用/覆盖变化的水文水资源效应分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(3): 94-99.
- [4] 徐进祥, 尚庆生. 西北干旱区农业生产对气候变化的响应评价初探—以黑河流域中段张掖市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(6): 119-123.
- [5] 冯建英, 王劲松, 韩永翔. 甘肃省河西内陆河径流量对河西地区春小麦产量的影响[J]. 干旱气象, 2004, 22(1): 17-20.
- [6] 殷雪莲, 郝志毅, 魏锋, 等. 气候变暖对河西走廊中部农业的影响[J]. 干旱气象, 2008, 26(2): 90-94.
- [7] 周立华, 樊胜岳. 张掖绿洲地区草畜产业发展战略[J]. 中国草地, 2002, 24(1): 68-72.
- [8] 任春艳, 吴殿廷, 董锁成. 西北地区城市化对城市气候环境的影响[J]. 地理研究, 2006, 25(2): 233-241.
- [9] 沈艳, 熊安元, 施晓晖, 等. 中国55年来地面水汽压网格数据集的建立及精度评价[J]. 气象学报, 2008, 66(2): 283-291.

Examination and Analysis of Meteorological Data from Zhangye National Climate Observatory

ZHANG Liang, LI Yaohui, WANG Sheng, LIU Yuanpu, LIU Hongyi, ZHAO Jianhua, LI Gang

(Institute of Arid Meteorology, CMA; Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province; Key Open Laboratory of Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Based on five-layer wind speed, air temperature, humidity and vapor pressure of the gradient tower of Zhangye National Climate Observatory built in 2007 from September 2007 to August 2008, the percentage of missing value was calculated, and the climate characteristics of Zhangye in different seasons were also analyzed. The reliability of data from the gradient tower was checked by comparing with some other observational stations.

Key words: Zhangye National Climate Observatory; wind speed; temperature; humidity; vapor pressure