

严家德,金莲姬,王巍巍,等. 百叶箱与通风辐射罩的气温日最值差异. 应用气象学报,2014,25(2):185-192.

## 百叶箱与通风辐射罩的气温日最值差异

严家德\* 金莲姬 王巍巍 王 静

(南京信息工程大学中国气象局气溶胶-云-降水重点开放实验室,南京 210044)

### 摘 要

利用 2009 年 8 月—2010 年 7 月的平行观测资料,对新型自动气象站中百叶箱和通风辐射罩气温观测系统气温日最值对比差的分布、粗差率、一致率以及平均值等进行统计,对日最值的出现时间进行对比,对日最值对比差与环境风速的关系进行分析,建立并验证了百叶箱气温日最值的订正方法。结果表明:百叶箱和通风辐射罩气温日最值对比差的分布均呈右偏态,且偏斜程度较大,不服从正态分布;日最高气温与最低气温的一致率分别为 90.0%和 81.5%,两者存在较大差异,但其粗差率基本一致,均略高于 3.0%;与通风辐射罩气温观测系统相比,百叶箱的日最值数据总体偏高 0.2℃左右,同时其出现时间也存在不同程度的滞后;气温日最值的差异会随着环境风速的增强而减小,特别是当风速大于  $4.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,其差异可缩小到 0.1℃以内;以环境风速为主要参数的气温订正方法将最高气温的差异缩小到 0.03℃,一致率提高到 95.2%,将最低气温的差异缩小到 0.01℃,一致率提高到 94.1%。

**关键词:** 新型自动气象站;最高气温;最低气温;对比差订正

### 引 言

近年来,中国气象局在地面观测自动化方面投入了大量的人力物力,以提高地面气象观测的集约性和准确性。自 2008 年,中国气象局气象探测中心开始承担新型自动气象站的组织研发和考核工作,当前已完成开发与生产,并开始在部分省市投入运行。新型自动气象站是在总结我国近 10 年自动气象站和自动气候站实践经验的基础上,根据现代气象业务对综合气象观测提出的要求,按照统一标准、统一功能、统一结构、统一方法、统一规范的设计思路开发研制的<sup>[1]</sup>,它不仅保留了常规的百叶箱气温观测系统,还借鉴了美国气候观测网(USCRN)要素设计的成功经验,装备了通风辐射罩气温观测系统,可对气温变化进行长期高精度观测<sup>[2]</sup>。

观测系统改变是造成观测资料序列非均一性的重要原因之一<sup>[3-6]</sup>,需通过长期对比观测与研究,找出相应的订正方法,以保证订正前后数据的连续性

和可靠性<sup>[7-9]</sup>。2000 年开始自动气象站在我国正式投入业务运行<sup>[10]</sup>,开展了大量与人工观测的比对工作。研究结果<sup>[5,7-8,11-12]</sup>表明:自动观测与人工观测气温的偏差基本都在允许范围内,且没有明显的季节性和地域性差异,但由于自动气象站温度传感器的灵敏度比干湿球温度表高,导致在气温变化较快的情况下两者偏差较大。此外,太阳辐射、系统偏差以及观测时间上的不同步,也是造成观测数据存在偏差的主要原因<sup>[13-15]</sup>。美国于 20 世纪 90 年代初开始在全美布设自动地面气象观测系统(ASOS)后,就专门设立了自动观测系统气候资料连续性研究计划(CDCP),用于开展关于观测系统的变化对数据资料影响的研究,结果表明:ASOS 与人工观测系统相比,日平均值、日最值以及日较差的气温数据均存在明显差异<sup>[16-17]</sup>。而 2004 年开始建设的美国气候观测网(USCRN)<sup>[2]</sup>,与其他观测系统相比,也存在类似情况。受系统偏差、辐射、风速等因素影响,USCRN 与 ASOS 相比,日最高气温偏大,日最低气温偏小,总体偏差在 0.1℃左右<sup>[16]</sup>,而与美国最值测

2013-07-03 收到,2013-11-22 收到再改稿。

资助项目:公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106049),中国气象局大气物理与大气环境重点开放实验室开放课题(KDW1102)

\* email: yanjd@nuist.edu.cn

量系统 MMTS 相比,最大偏差达  $1^{\circ}\text{C}$  左右<sup>[18]</sup>。所有这些比对研究均为了解仪器改变对观测数据产生的影响以及为观测系统改变后数据的连续使用提供了参考。

## 1 数据简介

中国气象局综合观测培训实习基地(南京)位于南京市北郊,是中国气象局与南京信息工程大学共建的综合性气象观测培训与实习基地。自 2009 年建站以来,基地开展了新型自动气象站的常态化地面气象观测,为气象研究积累了大量资料。该基地新型自动气象站的百叶箱和通风辐射罩气温观测系统所用的温度传感器核心元件均为 Pt100 铂热电阻,具有良好的阻温关系,能准确快速感应被测空气的温度。百叶箱是气象台站安装温、湿度仪器的标准防护设备,能有效减少太阳对仪器的直接辐射和地面对仪器的反射辐射,主要依靠自然通风来实现对外界环境变化的感应。通风辐射罩气温观测系统借鉴了 USCRN 要素设计的成功经验,可对气温变化趋势进行长期高精度观测<sup>[2]</sup>。它由 3 个独立的测温单元联合完成对气温的观测,每一测温单元均由通风防辐射罩、自吸式通风扇和温度传感器等组成。在自吸式通风扇的作用下,单元体内外空气能进行高效交换,使温度传感器的温度能在较短的时间内与周围环境气温达到平衡<sup>[16]</sup>。该基地新型自动站百叶箱和通风辐射罩气温观测系统南北相距约 50 m,下垫面基本一致,温度传感器均安装在距离地面 1.5 m 处<sup>[19-20]</sup>,系统的采样频率为 0.5 Hz。

本文的平行观测时间段为 2009 年 8 月—2010 年 7 月,所涉及的气温数据样本为 1 min 平均值,日最值的统计时段从前一观测日的 20:00(北京时,下同)起,至当前观测日的 19:59 止,风速为 1.5 m 高度处的 10 min 滑动平均值。文中所指对比差为百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的气温数据之差

$$\Delta T = T_1 - T_c \quad (1)$$

式(1)中, $T_1$ 和 $T_c$ 分别为百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的气温数据。

## 2 数据对比

### 2.1 最值数据差异

#### 2.1.1 一致率和粗差率

一致率  $C_r$  表征两套仪器数据的一致性程度,用统计时段内对比差值绝对值小于 2 倍标准差的样本

比例表示,而粗差率  $G_r$  表示两套仪器异常差值的多少,其值越大说明存在异常的数据越多<sup>[21]</sup>。根据《对比观测期间监测资料评估技术方法》<sup>[22]</sup>, $C_r$  应大于 80%, $G_r$  应小于 3%。经计算,百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的日最高气温和最低气温数据的一致率  $C_r$  分别为 90.0% 和 81.5%,均优于规范要求 80%,但粗差率  $G_r$  分别为 3.3% 和 3.1%,略大于 3%,未能满足规范要求。

#### 2.1.2 差值分布

日最高气温对比差  $\Delta T_{\max}$  和日最低气温对比差  $\Delta T_{\min}$  直接反映了百叶箱与通风辐射罩气温观测系统在日最值观测上的差异,

$$\Delta T_{\max} = T_{l\max} - T_{c\max}, \quad (2)$$

$$\Delta T_{\min} = T_{l\min} - T_{c\min}. \quad (3)$$

其中, $T_{l\max}$ , $T_{l\min}$ 和 $T_{c\max}$ , $T_{c\min}$ 分别为百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的日最高值、日最低值,其分布如图 1 所示。

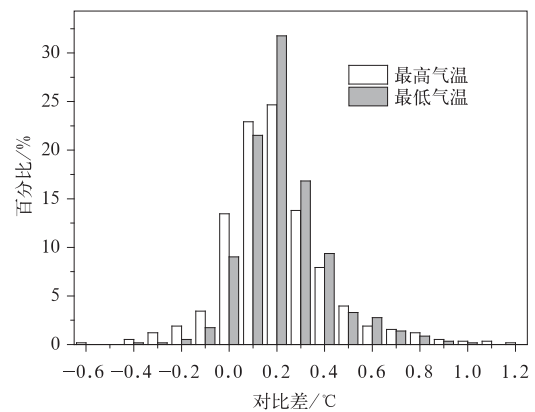


图 1 日最值对比差分布

Fig. 1 Frequency distribution of the extreme temperature difference

由图 1 可知, $\Delta T_{\max}$ 和 $\Delta T_{\min}$ 数据样本分布情况基本一致:大部分属于正偏差,分别达到 79.3% 和 88.4%,零偏差较少,仅为 13.4% 和 9.0%,负偏差低于 10%,仅为 7.2% 和 2.6%;两者分布比例最大值均出现在  $0.2^{\circ}\text{C}$  处,分别约 25% 和 32%,约 67% 的  $\Delta T_{\max}$  和 65% 的  $\Delta T_{\min}$  分布于  $[-0.2^{\circ}\text{C}, 0.2^{\circ}\text{C}]$ ;  $\Delta T_{\max}$  的平均值和标准差为  $0.20^{\circ}\text{C}$  和  $0.22^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta T_{\min}$  的平均值和标准差为  $0.22^{\circ}\text{C}$  和  $0.18^{\circ}\text{C}$ ,约 83% 的  $\Delta T_{\max}$  和 89% 的  $\Delta T_{\min}$  分布于  $[0^{\circ}\text{C}, 0.4^{\circ}\text{C}]$ 。

在 USCRN 和 ASOS 的对比研究中, $\Delta T_{\max}$  和  $\Delta T_{\min}$  零偏差样本比例分别高达 73% 和 55%<sup>[16]</sup>,是本文结果 13.4% 和 9.0% 的近 6 倍。这与 USCRN, ASOS 以及新型气象自动站通风辐射罩气温观测系

统有强制通风装置<sup>[23]</sup>,对气温改变的响应较快,而百叶箱气温观测系统仅靠大气湍流实现通风,响应速度易受环境风速等因素影响有关。

### 2.1.3 正态分布检验

对比差分布是否服从正态分布,可通过显著性检验来判断。假设样本服从正态分布,则其偏度系数  $g_1$  和峰度系数  $g_2$  亦服从正态分布,且数学期望均为 0。在 0.05 显著性水平下,若  $g_1$  和  $g_2$  与其均方差  $s_{g_1}$  和  $s_{g_2}$  满足

$$|g_1| > 1.96s_{g_1}, \quad (4)$$

$$|g_2| > 1.96s_{g_2}, \quad (5)$$

则拒绝假设,认为样本不服从正态分布,否则就可认为样本服从正态分布<sup>[24]</sup>。

新型自动气象站百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的日最值数据对比差的分布特征量  $g_1, g_2$  和  $s_{g_1}, s_{g_2}$  如表 1 所示。由表 1 可知,两者偏度系数均大于 0 且接近于 1,表明  $\Delta T_{\max}$  和  $\Delta T_{\min}$  分布均呈右偏态,且偏斜程度较大,有较多的数据分布在平均值左侧;两者峰度系数均大于 0 且超过 2,说明  $\Delta T_{\max}$  和  $\Delta T_{\min}$  分布比正态分布更集中在平均值周围,分布呈尖峰状态,而  $\Delta T_{\max}$  的  $g_2$  比  $\Delta T_{\min}$  大,则说明  $\Delta T_{\max}$  有更多的数据分布于  $[0, 0.4]$ ; 由于  $\Delta T_{\max}$  和  $\Delta T_{\min}$  的  $g_1$  和  $g_2$  以及  $s_{g_1}$  和  $s_{g_2}$  关系满足式(4)和式(5),所以在 0.05 显著性水平下,最高气温和最低气温的对比差样本均不服从正态分布。

表 1 日最值对比差分布特征量  
Table 1 Distribution characteristics of the extreme temperature differences

统计量	对比差	
	最高气温	最低气温
偏度系数	0.8	0.9
峰度系数	2.7	2.1
偏度系数偏差	0.1	0.1
峰度系数偏差	0.3	0.3

### 2.1.4 平均值与标准差年变化

百叶箱和通风辐射罩气温观测系统日最值对比差的平均值和标准差的年变化如图 2 和图 3 所示。由图 2 可知,最高气温对比差的月平均值  $\overline{\Delta T_{\max}}$  和最低气温对比差的月平均值  $\overline{\Delta T_{\min}}$  的年变化趋势基本一致,1—10 月(3 月除外),两者基本上随时间递增,在 10 月达到最大值,分别为  $0.40^\circ\text{C}$  和  $0.33^\circ\text{C}$ ,之后逐渐下降至 12 月的  $0.17^\circ\text{C}$  和  $0.19^\circ\text{C}$ 。1—3 月以及 12 月的  $\overline{\Delta T_{\min}}$  和 1—4 月以及 12 月的  $\overline{\Delta T_{\max}}$  较小,不超过  $0.2^\circ\text{C}$ ,而其他月份的数据则相对较大,但也均小于

$0.4^\circ\text{C}$ 。从对比差平均值的波动范围来看,  $\overline{\Delta T_{\max}}$  较大,在  $0.08\sim 0.40^\circ\text{C}$  间波动,幅度为  $0.32^\circ\text{C}$ ,而  $\overline{\Delta T_{\min}}$  在  $0.13\sim 0.33^\circ\text{C}$  间波动,幅度为  $0.20^\circ\text{C}$ ,约为  $\overline{\Delta T_{\max}}$  波动幅度的 65%。

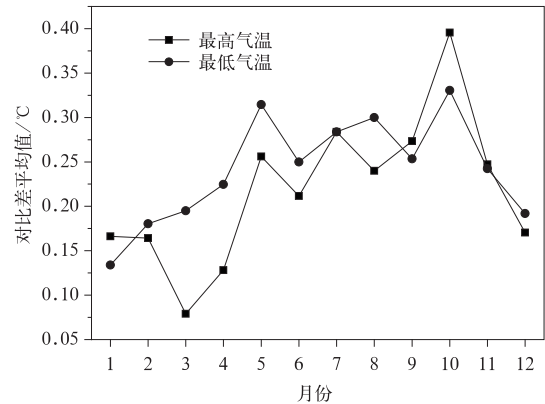


图 2 日最高气温与最低气温对比差平均值年变化

Fig. 2 Annual change of the monthly mean extreme temperature difference

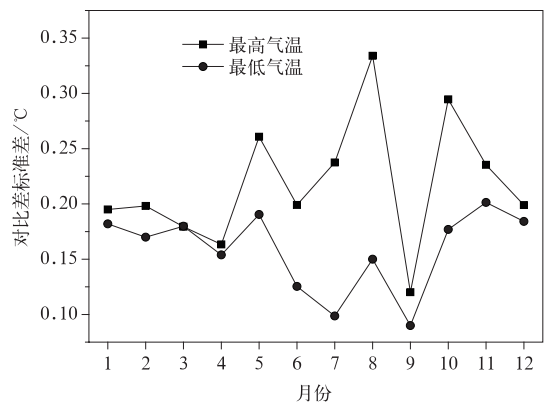


图 3 日最高气温与最低气温对比差标准差年变化

Fig. 3 Annual change of the monthly extreme temperature standard deviation average

图 3 为日最高气温对比差的标准差  $\sigma_{\Delta T_{\max}}$  和最低气温对比差的标准差  $\sigma_{\Delta T_{\min}}$  的年变化情况,从总体上看,两者变化趋势差异明显:除 3 月  $\sigma_{\Delta T_{\max}}$  和  $\sigma_{\Delta T_{\min}}$  均为  $0.18^\circ\text{C}$  外,其余月份  $\sigma_{\Delta T_{\max}}$  均大于  $\sigma_{\Delta T_{\min}}$ ,最大差异出现在 8 月,约为  $0.18^\circ\text{C}$ ,说明  $\sigma_{\Delta T_{\max}}$  数据分布的离散程度要大于  $\Delta T_{\min}$ 。  $\sigma_{\Delta T_{\max}}$  波动范围较大,但基本在  $0.20^\circ\text{C}$  上下波动,其中最大值为 8 月的  $0.33^\circ\text{C}$ ,最小值为 9 月的  $0.12^\circ\text{C}$ ;  $\sigma_{\Delta T_{\min}}$  波动相对较为平稳,最大值  $0.20^\circ\text{C}$  出现在 11 月,最小值  $0.09^\circ\text{C}$

出现在9月。

$\Delta T_{\max}$  和  $\Delta T_{\min}$  平均值与标准差均为  $0.20^{\circ}\text{C}$  左右,说明大部分样本集中在  $0\sim 0.4^{\circ}\text{C}$  之间,但  $\overline{\Delta T_{\max}}$  略大于  $\overline{\Delta T_{\min}}$ ,  $\sigma_{\Delta T_{\min}}$  略小于  $\sigma_{\Delta T_{\max}}$ ,说明百叶箱和通风辐射罩最低气温的差异相对较大,但其离散性却比最高气温小,这可能与最值出现时的气象条件存在较大差异有关。

## 2.2 日最值出现时间差异

### 2.2.1 日最值出现时间概率分布

百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的日最值在不同时次出现的概率分布如图4所示。最高气温一般出现在太阳高度角最大之后2h,就南京而言,这个时间为14:00左右。由图4a可以看出,百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的最高气温约有67%

出现在13:00—15:00,且在14:00出现最高值的频次最大,约占总样本数的33%,这与气温的日变化趋势一致;最高气温在20:00出现的概率为13%左右,是概率分布的第2峰值;百叶箱和通风辐射罩的最高气温的出现概率除13:00—15:00存在超过1%的较大差异外,其他时次的差异均在1%以内。

由图4b可以看出,百叶箱和通风辐射罩气温观测系统约有51%的最低气温样本出现在04:00—06:00,其中在05:00概率最大,约占总样本数的22%,这与气温的日变化趋势基本相符;百叶箱和通风辐射罩最低气温的概率在19:00出现第2峰值,两者分别为9.4%和8.7%;两者最低气温概率分布除在07:00和08:00存在较大差异外,其他时次差异均在1%以内。

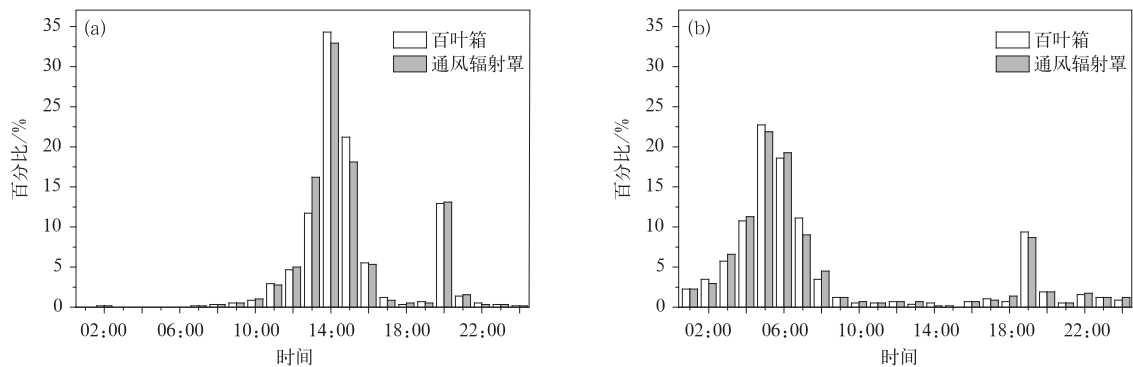


图4 日最值在不同时次出现的概率分布 (a)最高气温,(b)最低气温

Fig. 4 Frequency distribution of the extreme temperature appearance time

(a)maximum temperature, (b)minimum temperature

### 2.2.2 日最值出现时间差异

对新型自动气象站百叶箱和通风辐射罩气温观测系统最高气温和最低气温出现时间分别进行比较,并对各区间样本进行统计,结果如表2所示。

由表2可以看出,百叶箱测温系统日最高气温出现的时间与通风辐射罩气温观测系统相比较,时间一致的样本仅为16%,而时间滞后的样本为60%左右,且有超过7%的样本滞后1h以上;滞后时间在10min以内的样本所占比例最大,约为总样本数的1/3;两者时间差在10min以内的比例为60.5%。百叶箱和通风辐射罩最低气温出现时间一致的样本仅为8.5%,而时间滞后的样本达65.4%,滞后1h以上的超过5%;滞后时间在10min以内的样本所占比例最大,为40.4%;两者时间差在10min以内的比例为62.0%。

表2 日最值出现时间差异统计

Table 2 Statistics of extreme temperature appearance time

时间差统计 区间/min	样本比例/%	
	最高气温	最低气温
$(-\infty, -60)$	2.2	4.3
$[-60, -30)$	5.1	2.2
$[-30, -10)$	6.0	6.9
$[-10, 0)$	11.4	12.8
0	16.0	8.5
$(0, 10]$	32.4	40.4
$(10, 30]$	12.6	15.5
$(30, 60]$	7.2	4.3
$(60, +\infty)$	7.1	5.2

注:时间差值大于零,表示百叶箱最值出现时间滞后;时间差值小于零,表示通风辐射罩气温观测系统最值出现的时间滞后。

由此可以看出,新型自动气象站百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的最值出现时间均存在较大差

异:时间一致的样本,最高气温不到 20%,最低气温不到 10%;百叶箱测温系统时间滞后的样本比例均超过了 60%,但其中大部分样本滞后时间在 10 min 以内。总体来看,百叶箱测温系统最高气温出现时间平均滞后 2.5 min,最低气温平均滞后 3.2 min。

### 2.3 环境风速对最值数据的影响

观测系统防辐射效果的不一致是造成不同系统间数据存在差异的主要原因<sup>[16,18,25]</sup>,这种差异会随太阳辐射的增强而更加明显,而较大的环境风速或者在仪器内部安装强制通风装置能较好地降低太阳辐射影响<sup>[17,23,26]</sup>。在新型自动气象站中,通风辐射罩气温观测系统配置了自吸式通风扇,使测温单元始终处于强制通风状态,保证仪器内外的空气能进行高效率地交换,从而降低太阳辐射对内部气温影响。此外,当外部环境温度发生变化时,通风辐射罩气温观测系统内部的温度在通风扇的作用下也会快速随之发生变化,使得温度传感器能在较短时间内对气温的改变做出响应。而传统的百叶箱测温系统并没有强制通风装置,仅靠大气湍流实现系统内外的大气交换,这就有可能在环境风速较小的情况下出现响应滞后的现象。

不同的环境风速对新型自动气象站百叶箱和通风辐射罩气温观测系统最值差异的影响如表 3 所示。由表 3 可以看出,随着风速的增大,最值的差异会逐渐减小:当风速较小时,最值差异都比较大,最高气温差异的平均值为 0.30℃,最低气温差异的平均值为 0.25℃;当风速大于 1.5 m·s<sup>-1</sup>时,最值差异明显减小,两者平均值都小于 0.2℃,达到了常规气温观测精度差异的要求;而当风速大于 4.5 m·s<sup>-1</sup>时,两者平均值进一步缩减到 0.06℃和 0.07℃,均在 0.1℃以内,数据一致性较好。最值对比差的标准差反映了不同环境风速下,测温系统最值差异的离散程度。由表 3 可以看出,随着风速的增大,最值差异的离散程度同样呈现下降趋势,其中最高气温的标准差从 0.24℃下降至 0.11℃,而最低气温的标准差则从 0.19℃下降至 0.05℃。

基于前面的分析结果:新型自动气象站中百叶箱测温系统最高气温出现时间平均滞后 2.5 min,最低气温平均滞后 3.2 min,表 4 对不同风速情况下,最值出现时间差小于平均滞后时间的样本比例进行了统计。由表 4 可以看出,当风速小于 1 m·s<sup>-1</sup>时,不管是最高气温还是最低气温,均仅有 35%左右的样本符合条件,当风速大于 3 m·s<sup>-1</sup>时,符

合条件的样本分别增加到 60%和 55%以上;而当风速大于 4 m·s<sup>-1</sup>时,符合条件的最低气温样本比例超过了 80%。说明环境风速增大能有效改善百叶箱测温系统最值监测的滞后效应,且对最低气温的改善效果更为明显。

因此,新型自动气象站百叶箱测温系统最值数据偏高,最值出现时间滞后现象与其通风方式有较大关系,需建立相应的订正方法,以确保数据能真实客观反映大气的实际变化。

表 3 环境风速对最值对比差的影响

Table 3 Variations of extreme temperature difference with ambient wind speed

风速范围/ (m·s <sup>-1</sup> )	平均值/℃		标准差/℃	
	最高气温	最低气温	最高气温	最低气温
[0, 1.5)	0.30	0.25	0.24	0.19
[1.5, 3)	0.17	0.15	0.20	0.10
[3, 4.5)	0.06	0.11	0.18	0.08
[4.5, +∞)	0.06	0.07	0.11	0.05

表 4 环境风速对最值出现时间的影响

Table 4 Variations of extreme temperature appearance time with ambient wind speed

风速范围/ (m·s <sup>-1</sup> )	最值出现时间差小于平均值的样本比例/%	
	最高气温	最低气温
[0, 1)	35.5	35.2
[1, 2)	38.4	42.6
[2, 3)	40.9	41.2
[3, 4)	60.6	55.2
[4, +∞)	60.0	83.3

### 2.4 日最值差异订正

研究表明,百叶箱的气温测量误差与其内部的风速大小呈指数关系<sup>[23,26-27]</sup>,而百叶箱内外的风速呈线性关系<sup>[26]</sup>。因此,若假设新型自动气象站通风辐射罩气温观测系统的数据与实际气温相一致,且影响百叶箱和通风辐射罩气温观测系统数据差异的其他因素可以忽略或为常数,则可根据现有的观测数据建立百叶箱气温观测系统的温度订正值  $Y$  与环境风速  $V$  之间的关系,

$$Y = \alpha + \beta e^{\gamma V}. \quad (6)$$

式(6)中, $\alpha$ , $\beta$ 和 $\gamma$ 为待定订正参数。根据平行观测的数据,对新型自动气象站百叶箱和通风辐射罩日最值的数据进行统计,用式(6)进行拟合,可得到如表 5 所示的订正参数。



表5 日最值差异订正系数  
Table 5 Correction coefficients for the extreme temperature difference

订正参数	最高气温	最低气温
$\alpha$	0.035	0.111
$\beta$	0.160	0.135
$\gamma$	-0.119	-0.396

根据式(6)和表5的订正参数,对百叶箱的气温日最值进行订正,并重新统计与通风辐射罩日最值的差异,可验证上述订正方法的有效性。由图5可以看出,订正后,百叶箱和通风辐射罩气温观测系统日最值对比差分布的峰值发生了明显左移,其中最高气温对比差分布的峰值出现在 $0.0^{\circ}\text{C}$ 的位置,最

最低气温对比差分布的峰值出现在 $-0.1^{\circ}\text{C}$ 的位置。由表6的统计结果可知,尽管订正未对最值对比差分布的离散性(标准差)有较大改善(最高气温未发生明显改变,最低气温减小了 $0.01^{\circ}\text{C}$ ),但其平均值的变化十分明显,分别从订正前的 $0.20^{\circ}\text{C}$ 和 $0.22^{\circ}\text{C}$ 缩小至 $0.03^{\circ}\text{C}$ 和 $0.01^{\circ}\text{C}$ ,改变量达到了 $0.2^{\circ}\text{C}$ 左右。订正后最值数据的一致率也得到了较大提高,从订正前的90%和81.5%分别提高到95.2%和94.1%,提高了5.2%和12.6%。因此,该订正方法能对百叶箱的气温数据进行有效订正,可减少新型自动气象站百叶箱和通风辐射罩气温观测系统间日最值的差异。

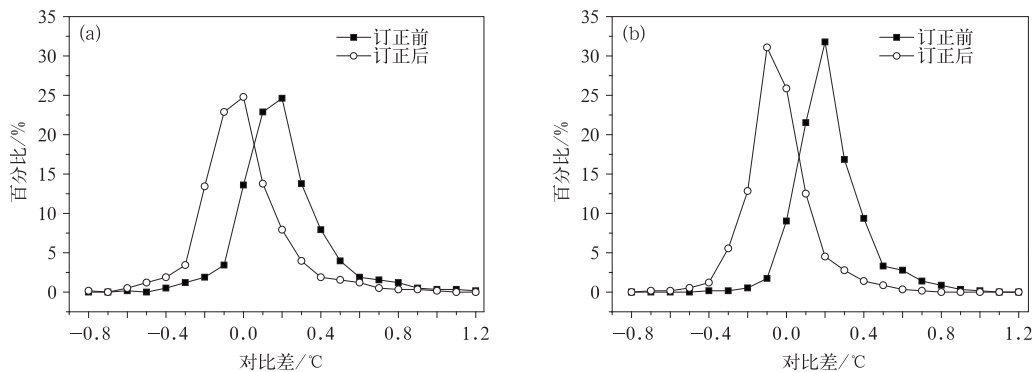


图5 日最值数据订正前后对比 (a)最高气温,(b)最低气温

Fig. 5 Validation of deviation correction for maximum temperature(a) and minimum temperature(b)

表6 订正前后统计特征量

Table 6 Statistical features before and after correction

状态	订正对象	平均值/ $^{\circ}\text{C}$	标准差/ $^{\circ}\text{C}$	一致率/%
订正前	最高气温	0.20	0.22	90.0
	最低气温	0.22	0.18	81.5
订正后	最高气温	0.03	0.22	95.2
	最低气温	0.01	0.17	94.1

### 3 小结

本文对新型自动气象站百叶箱和通风辐射罩气温观测系统并行观测的日最值数据进行对比,讨论了两者最值数据、最值出现时间的差异以及这种差异与环境风速的关系,建立并验证了以环境风速为主要参数的差异订正公式。本文主要结论如下:

1) 百叶箱和通风辐射罩气温观测系统的日最高气温和最低气温均存在较大的正偏差,其比例分别为79.3%和88.4%,而零偏差的样本仅为13.4%

和9.0%,两者对比差的平均值分别为 $0.20^{\circ}\text{C}$ 和 $0.22^{\circ}\text{C}$ 。

2) 百叶箱和通风辐射罩气温观测系统日最值的出现时间存在较大差异,其中两者时间一致的样本比例仅为16.0%和8.5%,而百叶箱时间滞后的样本比例分别达到60%和65.4%,但其中大部分样本的滞后时间均在10 min以内。总体而言,百叶箱最高气温和最低气温出现时间平均滞后2.5 min和3.2 min。

3) 新型自动气象站中百叶箱的最值数据偏高以及最值出现时间相对滞后的现象与其通风方式有关,会随着环境风速的增大而减小。当风速大于 $3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,最值差异的平均值降到 $0.1^{\circ}\text{C}$ 以内,同时百叶箱最值时间滞后的现象也会得到很大程度的改善。

4) 以环境风速为主要参数的气温差异订正方法,将最高气温和最低气温对比差的平均值缩小至

0.03℃和0.01℃,一致率提高到95.2%和94.1%,订正效果明显。

上述结论是在对中国气象局气象综合观测培训实习基地(南京)的平行观测数据进行总体分析而得的,今后可从系统偏差、太阳短波辐射、下垫面季节变化等方面进行相关的统计与分析,以期得到更全面、更具有普遍性的结论。

### 参考文献

- [1] 陈冬冬,杨志彪,施丽娟,等.新型自动气象站结构特点及其优越性.气象水文海洋仪器,2011(4):93-99.
- [2] Hubbard K G, Lin X, Baker C B. On the USCRN Temperature system. *J Atmos Ocean Technol*, 2005, 22(7): 1095-1100.
- [3] Quayle R G, Easterling D R, Karl T R, et al. Effects of recent thermometer changes in the cooperative station network. *Bull Amer Meteor Soc*, 1991, 72(11): 1718-1723.
- [4] Wendland W M, Armstrong W. Comparison of maximum-minimum resistance and liquid-in-glass thermometer records. *J Atmos Ocean Technol*, 1993, 10(2): 233-237.
- [5] 刘小宁,任芝花,王颖.自动观测与人工观测地面温度的差异及其分析.应用气象学报,2008,15(5):554-563.
- [6] 赵兵,郑清华,叶兴荣,等.新旧南京国家基准气候站观测数据差异.气象科学,2010,30(4):559-563.
- [7] 陈豫英,陈晓光,张智,等.宁夏自动站与人工观测气温的差异对比分析.应用气象学报,2006,17(增刊):118-124.
- [8] 王颖,刘小宁,鞠晓慧.自动观测与人工观测差异的初步分析.应用气象学报,2007,18(6):849-855.
- [9] 任芝花,余予,邹凤玲,等.部分地面要素历史基础气象资料质量检测.应用气象学报,2012(6):739-747.
- [10] 杨萍,刘伟东,仲跻芹,等.北京地区自动气象站气温观测资料的质量评估.应用气象学报,2011(6):706-715.
- [11] 胡玉峰.自动与人工观测数据的差异.应用气象学报,2004,15(6):719-726.
- [12] 王颖,刘小宁.自动站与人工观测气温的对比分析.应用气象学报,2002,13(6):741-748.
- [13] 任芝花,涂满红,陈永清,等.玻璃钢百叶箱与木制百叶箱内温湿度测量的对比分析.气象,2006,32(5):35-40.
- [14] 王立,冯海霞,胡宪林,等.自动气象站与人工观测数据差异的原因分析.成都信息工程学院学报,2006,21(4):567-570.
- [15] 连志鸾.自动站与人工站观测记录的差异分析.气象,2005,31(3):48-52.
- [16] Sun B, Baker C B, Karl T R, et al. A comparative study of ASOS and USCRN temperature measurements. *J Atmos Ocean Technol*, 2005, 22(6): 679-686.
- [17] Hubbard K G, Lin X, Walter-Shea E A. The effectiveness of the ASOS, MMTS, Gill, and CRS air temperature radiation shields. *J Atmos Ocean Technol*, 2001, 18(6): 851-864.
- [18] Hubbard K G, Lin X, Baker C B, et al. Air temperature comparison between the MMTS and the USCRN temperature systems. *J Atmos Ocean Technol*, 2004, 21(10): 1590-1597.
- [19] 中国气象局.第二代自动气象站功能规格书.2010.
- [20] 中国气象局.地面气象观测规范.北京:气象出版社,2003.
- [21] 温华洋,徐光清,张虎,等.双套自动气象站数据评估及其优势探讨.应用气象学报,2012(6):748-754.
- [22] 国家气象信息中心.对比观测期间监测资料评估技术方法.2003.
- [23] Hubbard K G, Lin X. Realtime data filtering models for air temperature measurements. *Geophys Res Lett*, 2002, 29(10): 61-67.
- [24] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法.北京:气象出版社,2004.
- [25] Lopardo G, Bertiglia F, Curci S, et al. Comparative analysis of the influence of solar radiation screen ageing on temperature measurements by means of weather stations. *International Journal of Climatology*, 2013, doi:10.1002/joc.3765.
- [26] Lin X, Hubbard K G, Meyer G E. Airflow characteristics of commonly used temperature radiation shields. *J Atmos Ocean Technol*, 2001, 18(3): 329-339.
- [27] Fritschen L J, Gay L W. Environmental Instrumentation. New York: Springer-Verlag, 1979: 216.

## Comparative Analysis of Maximum and Minimum Temperatures of LTS and ASPTS

Yan Jiade Jin Lianji Wang Weiwei Wang Jing

(*Key Laboratory for Aerosol-Cloud-Precipitation of China Meteorological Administration, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044*)

### Abstract

In order to meet demands of comprehensive weather observation in modern meteorological service, a development and assessment program of new automatic weather station (NAWS) is sponsored and launched by Meteorological Observation Center of China Meteorological Administration. Besides the traditional louver temperature observation system (LTS), NAWS can also be equipped with aspirated radiation shield temperature observation system (ASPTS), which borrows the design experience of US Climate Reference Network, for the purpose of achieving future long term homogeneous temperature observations. NAWS has been employed in the surface meteorological station in some provinces of China. Differences between LTS and ASPTS results, influencing factors and the correction method all need investigation, therefore, a parallel experimental measurements consists of LTS and ASPTS is conducted. The experiment is carried out in Nanjing University of Information Science & Technology ( $32^{\circ}12'N$ ,  $118^{\circ}42'E$ , elevation is 32 m) from August 2009 to July 2010. Maximum and minimum temperature measurements derived from LTS and ASPTS are compared, and biases of extreme values and difference of the occurrence times are examined under different regimes of ambience wind speeds. A correction model based on ambient wind speed is developed and checked. Results indicate that differences of daily extreme temperature between LTS and ASPTS are not subject to the normal distributions, while they demonstrate a right skewed state and a great degree of deflection. The concordance rate of maximum temperature between LTS and ASPTS is 90.0%, while that of minimum temperature is 81.5%. The gross error rate of maximum temperatures between LTS and ASPTS is almost the same as that of minimum temperature, both of which are about 3.0%. Compared with ASPTS measurements, the extreme values derived from LTS have a positive deviation of  $0.2^{\circ}C$  and a lag of 2.5 minutes and 3.2 minutes for maximum temperature and minimum temperature, respectively. Differences of extreme values would be reduced with the enhancement of ambience wind speeds, even reduced to  $0.1^{\circ}C$  when the speed is stronger than  $4.5 m \cdot s^{-1}$ . The deviation correction, which is developed mainly based on wind speed, reduces the difference to  $0.03^{\circ}C$  and  $0.01^{\circ}C$ , and increases the consistent rate to 95.2% and 94.1% for the maximum temperature and minimum temperature, respectively.

**Key words:** new automatic weather station; maximum temperature; minimum temperature; deviation correction