

我国中部地区自动站与人工站 气温的差异及原因分析

余 君 胡玉峰 刘 均

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要: 在我国,地面自动气象观测系统正在取代常规主要气象要素的观测,即人工观测的器测项目,新旧两种观测系统之间存在一定的差异。从气候科学的观点来看,这种差异会造成均一性数据集的开发以及极端天气事件的分析的误差甚至错误,所以将两种系统所获取的资料进行对比是非常必要的。计算了我国中部地区 21 个气象站 2005 年的年平均差值,对其中的 6 个国家基准气候站逐小时数据按照云量、风速、白天和黑夜进行分类对比,并将仪器所处环境、太阳辐射(夜间为辐射冷却)、仪器原理及观测方法的变化认为是气温差异产生的主要因素。研究表明:两种仪器观测的气温年平均差值基本上在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之内。在上述差异因素中,大多数的台站仪器差异基本在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 之间,观测方法差异、仪器环境差异也比较小,而与太阳辐射有关的差异最大。

关键词: 自动气象站 人工观测 气温 仪器差异

Causality of Temperature Differences Between AWS- and Manual Observations in Central Part of China

Yu Jun Hu Yufeng Liu Jun

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract: The Automated Surface Observing System is currently replacing conventional observations in China. There are differences between the old and new measuring systems. From a climatological viewpoint, it probably causes the errors when developing the homogeneous datasets and investigating climatic change, and analyzing the extreme weather events. So it is necessary to compare the data from the two systems. By means of computing the annual average differences of 21 weather stations in the Central China in 2005, and sorting analysis hourly data of 6 national climate stations according to cloud amount, wind speed, day and night, the differences in site

characteristics, solar radiation(IR cooling in night), instrument system and observing practice are considered the main factors. It is showed that the annual average difference of temperature is almost within $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$. Among the above-mentioned four factors, the instrument bias plays a part role, about 0.1°C at most stations, the bias about local effect and observing practice are very little, but the bias of radiation is the largest.

Key Words: auto weather station man-made observation temperature difference

引 言

近几年来,随着软、硬件技术的成熟,自动气象站建设速度明显加快,至 2006 年,全国共有 1904 个自动气象站已经业务运行。在未来的几年,我国 2300 多个地面气象站将全部采用自动气象观测系统。与传统地面观测相比,自动观测系统的观测仪器、设备及观测方法均发生了很大的变化。观测系统的变化导致观测结果之间的差异是不可避免的。从气候科学的观点来看,这种差异会造成均一性数据集的开发以及极端天气事件的分析的误差甚至错误,所以将两种系统所获取的资料进行对比是非常必要的。

美国天气局 1993 年使用最高-最低温度观测系统(MMTS)的温度传感器与传统的玻璃液体温度表相比较,发现日平均最高温度要低 0.6°C ^[1]; 2005 年 Sun 等^[2]研究了 ASOS 和 USCRN 在 2 个站点的数据,发现由于太阳辐射和风的共同作用,ASOS 仪器系统与 USCRN 仪器系统所测得的平均气温差为 0.1°C 。目前,在我国,气温对比观测资料初步分析表明^[3-4],自动站和人工观测的气温存在差异,并且这种差异存在明显的日变化。

为了确切地分析造成这种差异的原因,确保我国气象资料的连续性,本文将仪器所处环境、太阳辐射(夜间为辐射冷却)、仪器原理及观测方法的变化认为是差异产生的主要因素,针对不同天气状况条件下各种影响因

素对气温差的影响进行了分析。所得结果对于气候资料的均一性、自动气象站资料质量的改进等方面都有巨大的科研和实用价值。

1 资料来源及分析方法

1.1 资料来源

选用我国中部地区湖南省的基本气象站和基准气象站的对比观测资料作代表。湖南省为大陆型中亚热带季风湿润气候区,日照充足,四季分明,大部分地区海拔高度在 100~800m 之间,在我国具有一定的代表性,台站分布均匀。为了研究两种观测系统所测气温的偏差,对于基本气象站、人工观测系统和自动观测系统均选取 2005 年 1 月 1 日—2005 年 12 月 31 日 02 时、08 时、14 时及 20 时四个时次的观测数据,对国家基准气候站则选取了同年整年的逐小时观测数据。资料来源于国家气象信息中心,对全部资料进行了质量检验,明显的错误被去除。一共有 21 个气象站的资料用于项目研究,其中有 6 个台站被选用来作详细的研究,这 6 个台站是国家基准气候站,按照我国“地面气象观测规范”^[5]规定,国家基准站在安装自动气象观测系统后,仍保留人工观测。两套系统的资料收集将延续下去。这 6 个台站分别是:石门(区站号:57562)、南县(57574)、吉首(57649)、株洲(57780)、武冈(57853)以及常宁(57874)。

1.2 分析方法

在气温观测中,观测结果主要受到传感器、太阳辐射、周边环境以及观测方法的差异的影响,根据这些影响因素,将任何两种不同观测仪器所测得的气温之间的差距用 ΔT 表示,并使用如下公式表达:

$$\Delta T = \Delta T_i + \Delta T_r + \Delta T_e + \Delta T_o \quad (1)$$

此处 T 代表周围环境气温, ΔT_i 是与传感器相关的偏差, ΔT_r 是与太阳辐射(夜间为辐射冷却)相关的偏差, ΔT_e 是由于两种仪器周围的地表环境的不同所引起的偏差, ΔT_o 则归因于不同的观测方法或资料处理过程。

为了研究公式(1)中各个因素所产生的偏差大小,将观测数据进行分类考察提供了一种分析各种偏差大小和趋势的手段,足够大的风可以使大气充分混合并且在任何位置空气流动都可以足够的使传感器通风,因此风条件被认为可以减小由于两种仪器周围的地表环境不同而引起的空间差异(微气象差),云可以影响太阳辐射加热(或夜间的红外冷却)效果。在该分析研究中,仅仅在乌云密布或天空无云条件下的数据被使用。将观测数据根据白天、夜晚、风速和总云量分类成以下几种情形:有风有云覆盖的夜间、有风无云的夜间、无风有云的夜间、无风无云的夜间、有风有云的白天、有风无云的白天、无风有云的白天和无风无云的白天。

本文中,“无风”被定义为风速小于或等于 $1.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,而“有风”被定义为风速大于或等于 $4.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。如果人工观测系统和自动观测的观测值在某个观测时间内都是可用的,那么在该研究中所使用的风速是两者的平均值,如果仅仅人工观测系统或自动观测系统的观测值可用,那么,它就作为研究中的风速使用;“晴天”指的是天空中总云量小于或等于 2 的条件下,“阴天”指的是天空中总云量大于或等于 8(云的覆盖率基于人工观

测的统计方法)。

由于在北京时间 06:00 到 10:00、18:00 到 22:00 之间是气温变化最剧烈的时间,为了使研究结论更具有通用性,在本文中定义白天为北京时间 11:00 到 17:00 之间,夜间为北京时间 23:00 到 05:00 之间,日(夜)平均差为:人工观测和自动观测的气温观测系统所测得的气温差值在上述 7 个小时内的平均值(假设在这段时间内没有缺测值)。

2 结果分析

2.1 年对比差值

对比差值指人工观测值与自动站观测值之差,直接反映了人工站与自动站观测值之间的偏差大小。计算人工观测与自动站观测的年对比差值,由表 1 可以看出,其年对比差值大多数为负值,21 个观测站中有 16 个为负,这说明自动气象站的气温比人工观测的气温普遍偏高,但其对比差值不是太大,基本

表 1 观测站海拔高度与 2005 年度气温对比差值

区站号	站名	海拔高度/m	$\Delta T/^\circ\text{C}$
57562	石门	116.9	-0.147
57574	南县	36	-0.001
57649	吉首	208.4	-0.14
57780	株洲	74.6	-0.301
57853	武冈	341	-0.398
57874	常宁	116.6	-0.167
57554	桑植	322.2	-0.04
57584	岳阳	53	-0.12
57655	沅陵	151.6	-0.09
57671	沅江	37	0.12
57682	平江	106.3	-0.01
57687	长沙	68	-0.21
57745	芷江侗族自治县	272.2	-0.08
57766	邵阳	248.6	-0.06
57774	双峰	100	0.12
57776	南岳高山站	1265.9	-0.07
57845	通道侗族自治县	397.5	-0.08
57866	永州	172.6	-0.17
57872	衡阳	104.9	0.04
57965	道县	192.2	0.03
57972	郴州	184.9	0.03

上都处于±0.2℃之间。18 个站的对比差值绝对值小于 0.2,其中有 10 个站的差值绝对值小于 0.01。分析对比差值在各站分布的规律,看出其与观测站海拔高度无对应关系。

2.2 数据分类研究

2.2.1 仪器系统原理差异和观测方法的不同所引起的差异分析

计算仪器系统差异最保守的条件是有风有云的夜晚,在这样的条件下,辐射冷却几乎可以忽略不计,并且由于风较大使得大气充分混合,气温的空间差异即仪器周围地表环境的不同也降至最小,因此,基本代表了仪器系统和观测方法的差异。图 1 显示了在该条件下各个观测站的仪器系统和观测方法的偏差,用年平均差代表,α=0.05。由图可以看出,仪器系统和观测方法的偏差各站之间有不同,但都很小,基本在±0.1℃之间,但在有风有云的白天条件下,其差异绝对值比有风有云的晚上大,如图 2 所示。因为仪器的系统偏差是固定的,但从图 1 和图 2 可以看出,两者之间存在着一个差,这说明,在有风有云的夜间,仪器影响更突出,而在有风有云的白天,除仪器影响外,更反映了由于观测方法不同的影响更大一些。由于自动站观测和人

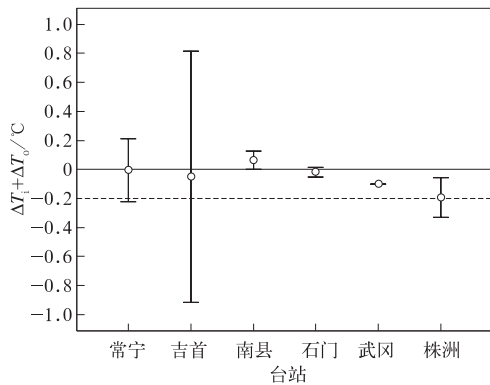


图 1 有风有云的夜间两种观测的偏差
误差棒代表平均差,α=0.05 武冈由于仅有一个值满足该条件,因此没能画出误差棒

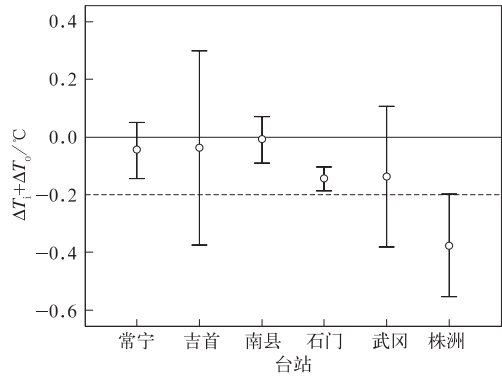


图 2 有风有云的白天,两种观测的偏差
误差棒代表平均差,α=0.05

工观测气温在观测时间的差异(前者在 00 分取值,后者一般在 56~00 分取值),在白天气温一般变化比较剧烈的情况下,观测时间差异造成的气温差异也相对比夜间要明显。

由于有风有云的夜间条件下基本代表了仪器的原理和观测方法不同所引起的偏差,为了揭示其他要素所造成的影响,计算了各种条件下的气温差(见表 2)。从表 2 可以看出,这些差夜间比白天通常偏正一些。在相同的风、云条件下,夜间差值绝对值一般比白天小,白天差值负值更大,夜间差值通常更接近于 0.0℃。这说明了仪器的环境和太阳辐射的影响在白天更大。

表 2 自动观测仪器和人工观测仪器所测得的气温差(单位:℃)

站点	11:00—17:00				23:00—05:00			
	有风 有云	有风 无云	无风 有云	无风 无云	有风 有云	有风 无云	无风 有云	无风 无云
石门	-0.14	-0.13	-0.16	-0.40	-0.02	-0.11	-0.05	0.05
南县	-0.01	-0.25	-0.11	-0.16	0.08	-0.16	0.01	0.08
吉首	-0.06		-0.34	-0.61	0.04		-0.08	0.06
株洲	-0.34	0.00	-0.12	-0.27	-0.20	-0.20	-0.02	0.17
武冈	-0.06	-0.50	-0.61	-0.92	-0.10		-0.19	-0.03
常宁	-0.10	-0.22	-0.24	-0.50	-0.03	-0.20	-0.05	0.06

注:空缺表示全年无满足该条件的值

2.2.2 仪器所处环境所引起的差异分析

夜间辐射冷却效应被站点特征、云覆盖情况、大气是否充分混合所影响,在无风无云的条件下,红外冷却效果主要与站点特征相

关,因此无风无云的夜间条件被认为是观测仪器所处环境不同而引起气温差的一个指示器。图 3 显示了观测仪器环境差异所引起的偏差。由于自动观测站与人工观测站相隔距离比较近,并且两套系统都位于国家标准气象观测场,地表特征也比较接近,因此由图 3 所显示出的仪器环境不同所导致的差异比较小,平均在百分之几的量级。

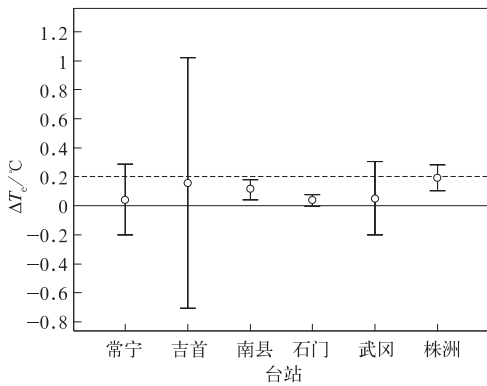


图 3 无风无云的夜间两种观测的偏差环境偏差,仪器和方法误差已经移除即无风无云夜间条件下的对比差值减去如图 1 所示的对比差值,误差棒代表平均差,α=0.05

2.2.3 太阳辐射所引起的偏差分析

在无风晴空的情况下,太阳辐射的作用可以得到最好的阐明。因此用白天无风无云情况下的气温差代表与太阳辐射有关的偏差,如图 4 所示,气温差均为负值,绝对值最大的大于 0.75,这一偏差的量级在几个分量中是最大的,说明与太阳辐射有关的偏差是两种仪器系统差值的主要原因,这与熊安元^[6]的研究结论是一致的。在各个站点,这种条件下的差异在前面所述所有条件中通常具有最负的量级,显示了在阳光充足、无风的条件下,自动气象站和人工气象站所测得的气温存在一个明显的差,这说明自动气象观测系统在白天的气温测量中有一个明显的暖偏差。我们推测在无风、无云的白天条件下的对比差值代表不同的站点环境影响和对太

阳辐射有不同的仪器响应所造成的误差的总和。从以上的讨论中可知,云和风,总是使误差的绝对值减小。

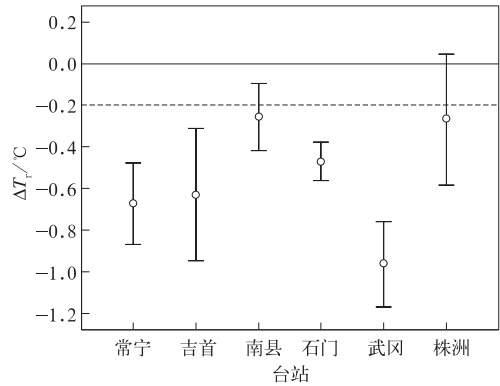


图 4 无风无云的白天,与太阳辐射有关的两种观测的偏差 误差棒代表平均差,α=0.05

2.3 月平均差序列

由于气候数据通常是简单的由每月的平均值组成,因此我们通过所有气温数据的月平均差来考察其随时间的变化。图 5 显示了 6 个站点的人工观测的逐小时气温和自动观测的逐小时气温的月平均差。由图可以看出,自动气象站和人工气象站月平均差全年相对较稳定,自动气象站所测得的气温普遍比人工站所测得的气温高,这种情形夏天达到最大。这与造成两者差的各分量有关,由上节分析可知,造成两者差在仪器的系统、方

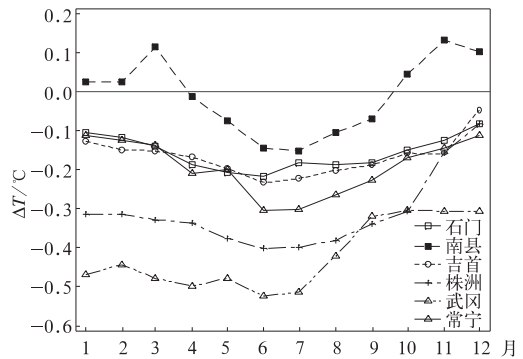


图 5 2005 年两种观测的月平均气温差

法偏差以及仪器环境偏差均比较小,而与辐射有关的偏差是两种仪器系统差值的主要原因,其引起的偏差比较大,随着总辐射的年变化,在夏季达到最大,因此,两种仪器的气温差在夏季也达到最大。

3 小 结

通过选取在同一观测场观测、具有不同感应仪器的两种地面气温观测系统(自动站观测和人工观测)所获取的全年平行观测资料的对比分析,揭示了仪器系统更换所造成的气温观测值的差异及其原因,得到如下主要结论:

(1) 研究表明自动观测仪器和人工观测所测量的气温存在着一定的差异。从年平均的角度来说,大约在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间,且大多数站差值绝对值小于 0.2°C ,自动观测仪器所测得的气温一般偏高。

(2) 仪器原理和观测方法的不同所造成的两个观测系统的偏差估计大约在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 内,但该估计是在夜间、空气充分混合以及辐射不存在的条件下;然而,在相同条件的白天情况下,存在着相对夜间较大的负的平均偏差,这说明在白天,除仪器原因外,更反映由于观测方法改变所造成的影响。仪器系统偏差不能被夜间差简单的量化,因为满足条件的数据不够多。

(3) 观测仪器所处的环境不同也会产生偏差,即使两套观测系统相隔非常近,也是如此。从本研究中可知,由于自动观测站与人工观测站相隔距离比较近,并且两套系统都位于国家标准气象观测场,地表特征也比较接近,因此由于仪器所处环境不同导致的差

异很小,平均在百分之几的量级。

(4) 结果也表明了两种仪器所测得的气温差异在夜间和白天是不同的,数据的分类分析表明了白天偏差的绝对量级比夜间大,当云和风速改变,偏差也将不同。

(5) 两种仪器所测得的气温差异对辐射加热和冷却是敏感的,尤其是辐射加热。在本研究中得出的最重要的结论是两种气温偏差的最大分量来自于太阳辐射的影响。

该研究表明了校准数据差异是一个复杂的工作,任何调整方法都应当不仅考虑仪器系统所处的地表特征,而且还要考虑每日天气状况的差异。其他的对偏差有影响的更复杂的校准因素在本研究中没有被涉及到,因此该研究结论的使用有一些局限性,但他无疑表明了当收集长期气温数据时,合乎气候条件的数据集需要考虑仪器变化的影响。

参考文献

- [1] W. M. Wendland and W. Armstrong. Comparison of maximum-minimum resistance and liquid-in-glass thermometer records[J]. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 1993, 10:233-237.
- [2] Sun, B., C. B. Baker, T. R. Karl, and M. D. Gifford. A comparative study of ASOS and USCRN temperature measurements[J]. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 2005, 22:679-686.
- [3] 王颖,刘小宁. 自动站与人工观测气温的对比分析[J]. *应用气象报*, 2002, 13(6):741-748.
- [4] 顾品强,王美华. II型自动站与常规站温湿度观测记录的比较[J]. *气象*, 2003, 29(1):35-38.
- [5] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社, 2003:151.
- [6] 熊安元,朱燕君,任芝花,等. 观测仪器和百叶箱的变化对地面气温观测值的影响及其原因分析[J]. *气象学报*, 2006, 64(3):377-384.