

# 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<sup>\*1</sup>

熊安元 朱燕君 任芝花 王颖

国家气象信息中心,北京,100081

## 摘 要

在未来的几年来,中国几十年以来一直使用的地面人工气象观测系统将全部被自动观测系统所取代,观测系统的变化(对气温观测而言,主要是感应器的变化和百叶箱的变化)导致气象要素观测值的系统偏差将是不可避免的。检测地面自动观测与人工观测的地面气温的差异,并分析产生这种差异的原因,对于分析我国气温时间序列的均一性,科学合理使用我国长期气候序列进行气候变化研究具有重要的科学意义,同时对于改进我国地面自动观测系统,减少观测值的系统误差,具有重要的业务应用价值。选取在同一观测场观测、具有同种防辐射百叶箱、不同感应仪器的人工和自动两种地面气温观测系统所获取的 5 个国家基准站的平行观测资料,分析了不同时间尺度(小时、日、月)的观测和统计值的差异,揭示了两种系统获得的气温观测值的偏差,并分析了产生这种偏差的原因,近似估算了仪器精度、仪器灵敏度、太阳辐射和红外辐射等影响因子导致的偏差值。观测仪器的变化对气温观测值有较明显的影响,日、月、年平均气温相差 0.2 左右,太阳辐射对不同仪器的影响不同是主要原因,同时,两种仪器存在 0.1 左右的系统观测误差,对环境温度变化的敏感性的差异也可引起一天中的不同时段存在 0.1—0.15 的差异。通过对 3 个台站不同百叶箱、相同仪器的对比观测试验资料的分析,表明从总体上看,百叶箱的变化对气温观测值的影响不大,但玻璃钢百叶箱内的气温对环境气温变化较木质百叶箱更灵敏。

**关键词:** 地面观测系统,自动气象站,百叶箱,气温,差异。

## 1 引 言

中国自上世纪 90 年代末开始试验在部分台站布设地面自动气象观测系统,近两年来,随着软硬件技术的成熟,自动站建设速度明显加快,至 2004 年,中国全国已经安装了 1000 多个地面自动气象站,其中有 99 个国家自动气象站投入正式业务运行,在未来的几年,中国 2300 多个地面气象站将全部采用自动气象观测系统。与地面人工观测相比,地面自动观测系统的观测仪器和设备均发生了很大的变化,如地面气温观测,我国将全部采用芬兰 Vaisala 公司生产的温度传感器,代替人工观测所用的水银温度表,大部分台站防辐射所用的百叶箱也由以前的木质百叶箱改变为玻璃钢质百叶箱。

均一的资料序列是气候变化研究的基础,任何不均一的观测序列都会造成研究结论的偏差。观测资料序列在时间上的不均一性可以由许多原因造成,观测仪器的变化是其中的重要原因之一<sup>[1]</sup>。美国自 20 世纪 80 年代末开始在全美布设自动地面气象观测系统(ASOS),此后,围绕观测系统的变化对资料的影响进行了大量的研究。为了回答关于观测系统发生变化后资料的连续性问题,美国专门设立了自动观测系统气候资料连续性研究计划(CD-CP)。许多研究表明:ASOS 与人工观测系统所获得的观测资料有着明显的差异,例如,美国天气局所使用的最高-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,日平均最高温度要低 0.6 °C<sup>[2]</sup>;另一项研究表明<sup>[3]</sup>,美国

\* 初稿时间:2005 年 10 月 10 日;修改稿时间:2005 年 11 月 30 日。

资助课题:国家科技部科技基础条件平台项目“气象科学数据共享试点”(2004DKA20170)。

作者简介:熊安元,男,1963 年出生,正研高工,国家气象信息中心气象资料室首席数据分析研究员,主要从事气象观测资料分析研究工作。

MMTS 观测系统替代人工液体玻璃温度表观测后,大尺度区域平均的日最高气温下降了  $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,而日最低气温值升高了  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,日平均气温下降了  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,日较差则减少了  $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。Guttman<sup>[4]</sup>通过对美国自动气象站的 1088 型温湿度计观测的气温与常规方法观测的气温相比,由于仪器不同造成的偏差可达  $1\text{ }^{\circ}\text{F}$ 。显然,观测系统的更新将造成气温观测明显的差异,如果不加订正地合并使用系统变化前后的资料序列,将会影响本来变化就非常小的气候趋势分析结果。例如,美国在制作 1971—2000 年 30 年气候标准值数据集时,对 1980 年代后期以来由 ASOS 观测获得的气候资料均作了均一性订正,确保全美 30 年气候标准值的正确性。

观测系统的变化造成地面气温观测值差异的主要原因是:仪器的变化和防辐射罩的变化。仪器的变化表现为仪器精度和灵敏度的不同以及环境辐射的影响不同,从而导致气温观测的差异。防辐射罩的变化表现为防辐射罩对太阳辐射和红外辐射的阻挡效果的差异以及防辐射罩内通风效果的差异,影响气温的观测精度。例如,美国使用的 MMTS, CRS 和 Gill 型等 3 种防辐射罩内观测到的太阳辐射可达太阳总辐射的  $4\text{—}14\%$ <sup>[5]</sup>。目前,我国在地面自动气象站正式投入业务使用之前,要求进行 2 年的自动与人工对比观测,国家基准气象站则要求长期进行并行观测。气温对比观测资料初步分析表明<sup>[6]</sup>,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,但造成差异的原因是由于

仪器变化造成的还是由于防辐射罩的变化造成的,需要进行不同的对比观测,并进行细致的分析。本文从两个方面分析自动站的引进对气温观测值的可能影响,一是选取对比观测期间使用同种百叶箱的几个台站,着重分析仪器的变化对气温观测值的影响;二是选取使用不同百叶箱但仪器相同的几个台站专门进行的对比观测实验资料,分析百叶箱的变化对气温观测的影响。

## 2 资料

### 2.1 不同仪器的对比观测资料

中国“地面气象观测规范”<sup>[7]</sup>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。为了获得人工站和自动站对比观测期间逐小时的人工观测资料以及较长的样本长度,我们仅选择具有 3 年以上对比观测资料的地面基准气象站地面观测资料作为研究对象,资料所在台站的描述见表 1。

研究所用的观测资料包括:人工站和自动站平行观测的逐小时气温、风速,逐日平均气温、最高、最低气温,人工观测的逐小时总云量和降水。逐日平均气温是用 24 次正点记录作算术平均获得的。平行观测位于同一观测场,均使用我国传统人工观测所使用的木质百叶箱。自动观测使用的是 Milos500 型自动气象站,气温传感器是芬兰 Vaisala 公司生产的 HMP45D 温湿传感器,该传感器也是中国其他自动站普遍采用的温湿传感器。人工观测使用的是玻璃水银干球温度表。

表 1 对比观测台站描述

Table 1 List of stations for the comparative observation in 2001—2003 using the Milos500 and conventional methods

站名	区站号	纬度(N)	经度(E)	海拔高度(m)	资料时间段	自动站型号
刚察	52754	$37^{\circ}20'$	$100^{\circ}08'$	3301.5	2001—2003 年	Milos500
民和	52876	$36^{\circ}19'$	$102^{\circ}51'$	1813.9	2001—2003 年	Milos500
兴海	52943	$35^{\circ}35'$	$99^{\circ}59'$	3323.2	2001—2003 年	Milos500
达日	56046	$33^{\circ}45'$	$99^{\circ}39'$	3967.5	2001—2003 年	Milos500
囊谦	56125	$32^{\circ}12'$	$96^{\circ}29'$	3643.7	2001—2003 年	Milos500

本文计算的气温差值均为同时刻或同时期人工观测的气温减去自动站观测的气温,以下称之为“差值”。本文所用时间均为北京时。

### 2.2 不同百叶箱的对比观测实验资料

为了考核可能在全国自动气象站推广的新型玻璃钢百叶箱对地面温湿度观测的可能影响,在中国气象局监测网络司的组织下,大气探测中心在长春、

宜昌和北京同时对 3 种不同百叶箱(传统的木质百叶箱、南京生产的 BB-1 型玻璃钢百叶箱内观测结果和石家庄生产的 DPX1 型玻璃钢百叶箱, BB-1 型已投入业务应用)进行了为期半年(2005 年 2—7 月)的对比观测,观测仪器全部采用玻璃水银干球湿度表,每天进行 8—24 次人工观测,观测在同一观测场内进行。为了保证仪器的可靠性,每月用 3 套

温度表同时在一个百叶箱内进行一次比对观测,偏差不允许超过  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。分析所用资料除地面气温外,还包括台站业务观测获得的逐小时云量和风速观测资料(表 2)。

表 2 百叶箱实验台站描述

Table 2 List of stations for the comparative observation in February—July 2005 using different screens

台站	区站号	纬度(N)	经度(E)	拔海高度(m)	每天观测次数
长春	54161	43°54'	125°13'	236.8	24
宜昌	57461	30°42'	111°18'	133.1	8(2,4,7月),24(3,5,6月)
北京	54511	39°48'	116°28'	31.3	8(2,4,7月),24(3,5,6月)

### 3 仪器变化导致的气温差值分析

#### 3.1 日值的差异

统计各站 2001—2003 年人工观测与自动观测逐日平均气温、逐日最高气温和逐日最低气温差值,表 3 给出了各站逐月和年的日平均气温差值。总体来看,人工观测值较自动观测值小,各站各月均表现出

这种差异。3 年平均的日平均气温差值约为  $-0.2\text{—}-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由于月和年平均气温是根据日平均气温作算术平均获得的,且各月日平均气温差值的符号是一致的,因此,气温自动观测仪器的引入,将导致台站观测的月和年的平均气温增加  $0.2\text{—}0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

人工观测与自动观测的最高和最低气温的差异也表现出与平均气温差异类似的趋势,绝大多数站月的日最高和日最低气温的差值均为负值,图 1 给出了刚察站的差值变化。显然,人工观测的最高气温低于自动观测的最高气温这一结果与美国的研究结果<sup>[3]</sup>不同,也与王颖对郑州站的研究结果<sup>[6]</sup>不一致。分析原因,可能是这些结果中涉及的最高气温的观测差异包含了仪器的变化和防辐射罩的变化的共同影响,而本文所计算的差值仅包含仪器变化的影响。最高和最低气温差值的符号是一致的,但数值上有较大的差异。除民和站外,其它站均表现出相同的特点:最高气温的差值最大,月平均的日最高气温差值最大可达  $-0.79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,而最低气温差值要小,接近或小于日平均气温的差值(图 1)。

表 3 人工观测与自动观测逐日平均气温的差异( $^{\circ}\text{C}$ )

Table 3 Differences of monthly mean temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ) recorded by the Milos500 and conventional methods at the 5 stations

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
52754	-0.22	-0.22	-0.18	-0.19	-0.20	-0.26	-0.24	-0.24	-0.22	-0.21	-0.19	-0.18	-0.21
52876	-0.22	-0.24	-0.29	-0.29	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.27	-0.27	-0.28	-0.22	-0.27
52943	-0.22	-0.20	-0.18	-0.16	-0.17	-0.17	-0.15	-0.17	-0.10	-0.23	-0.23	-0.23	-0.17
56046	-0.19	-0.20	-0.21	-0.23	-0.26	-0.30	-0.34	-0.33	-0.31	-0.28	-0.26	-0.24	-0.26
56125	-0.19	-0.16	-0.13	-0.14	-0.18	-0.25	-0.28	-0.27	-0.22	-0.19	-0.19	-0.18	-0.20

图 2 是囊谦站 2001—2003 年逐日平均气温差值的分布,80%以上日平均气温差值在  $-0.3\text{—}-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,众数为  $-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,正差值和零差值的比例很小,不到总数的 10%。

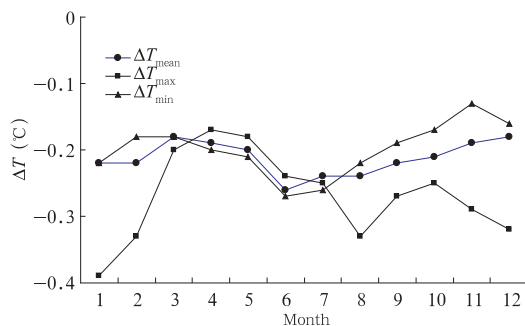


图 1 刚察站各月日平均气温、最高气温和最低气温差值

Fig. 1 Differences of monthly mean, maximum and minimum temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ) recorded by the Milos500 and conventional methods at Gangcha

#### 3.2 差异的日变化

统计各站 2001—2003 年逐小时气温人工观测值与自动观测值之间的差值(图 3)。由图可见,各站以负偏差为主,一日中的大多数时间表现为负偏差,即

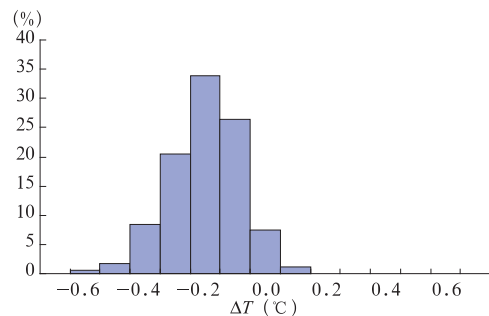


图 2 囊谦站日平均气温差值的分布

Fig. 2 Distribution of the difference of daily-mean temperatures( $^{\circ}\text{C}$ ) recorded by the Milos500 and conventional methods at Nangqian

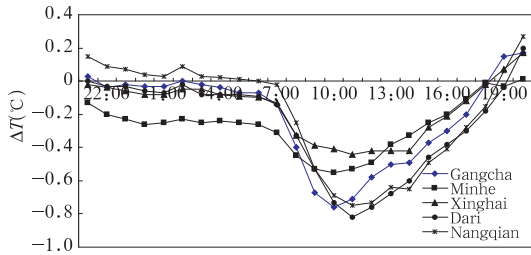


图3 人工观测与自动站观测的逐小时气温差值  
Fig.3 Differences of hourly temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ) recorded by the Milos500 and conventional methods

自动观测值高于人工观测值。同时差值的大小存在明显的日变化,日间差值较大,夜间小,日落后的21时至早上7时,差值一般在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 左右。日间负偏差的极值出现在10—11时,达到 $-0.5$ — $-0.8^{\circ}\text{C}$ 。

与日平均气温差值相比,夜间逐小时气温的差值较小,而白天逐小时气温的差值要明显偏大。

### 3.3 差异的原因分析

影响气温感应探头温度记录的因子有:感应探头与环境大气以及感应器的其它部分进行的热交换、太阳辐射加热、感应器与外界的红外辐射热交换等。

导致自动气象站气温观测与人工气温观测之间存在差异的最主要原因,一是由于气温观测仪器的变化,人工观测使用的是水银温度表,而自动站使用的是金属铂热敏电阻温度传感器,后者对环境温度的敏感性要高于前者<sup>[6]</sup>,两者测量温度的精确性也可能有差异;二是防辐射罩的变化,由于本节的对比观测资料出自同样的百叶箱,因此不存在这种原因。所以,可以认为,上节分析指出的差异主要是由于观测仪器的改变造成的。观测仪器的改变导致气温观测值差异的主要原因是:仪器感应器与环境大气以及仪器其它部分的热交换性能的改变(即仪器灵敏度的差异)、感应器对透过防辐射罩的太阳辐射加热的响应不同、仪器感应器与外界进行红外辐射热交换的不同、仪器测量的系统偏差。

#### 3.3.1 仪器测量的系统偏差

Guttman等<sup>[4]</sup>将多云、风大的夜间观测到的自动站气温与常规观测的气温之差近似看做两种仪器的系统偏差,因为在多云的夜间,没有太阳辐射的影响,地面红外辐射冷却效应也很小,风大使得地面混合很强,两种仪器不同位置造成的差异也会很小。分析得到,美国自动观测系统与常规观测液体玻璃温度表的仪器系统偏差为 $0.17^{\circ}\text{C}$ 至 $0.22^{\circ}\text{C}$ ,自动

观测值低于常规仪器观测值。

分别计算4种条件下,夜间逐小时的气温观测差值。

C1: 自动观测的气温小时变化值(当前小时与前一小时的气温差之绝对值) $< 0.3^{\circ}\text{C}$ ;

C2: 前一小时内有降水发生;

C3: 该时次天空总云量为10成;

C4: 条件C1和C3同时满足。

上述4种条件都表示了同样的意义,即没有太阳辐射的影响、气温的时间变化很小、红外辐射的影响很小。因此,观测得到的气温差值可近似为两种仪器的系统偏差。表4给出了各站夜间21—06时各小时平均的结果,不同条件下各小时的样本数分别约为:100—200(C1),60—90(C2),370—500(C3),50—110(C4)。对于同一台站,几种条件下的结果基本相似,除了民和(52876)站外,其他几个站的偏差值约为 $-0.1^{\circ}\text{C}$ ,民和(52876)站较大,约为 $-0.3^{\circ}\text{C}$ 。可见,中国自动站观测仪器与常规玻璃水银温度表之间的系统偏差值并不大,与美国的情况基本相似,不同的是偏差的符号不同,即中国常规玻璃水银温度表观测值要低于自动观测仪器的观测值,美国的情况则相反。

表4 不同条件下人工观测与自动站观测的气温差值( $^{\circ}\text{C}$ )  
Table 4 Averaged differences of hourly temperatures( $^{\circ}\text{C}$ ) recorded by the Milos500 and conventional methods under different weather conditions at the 5 stations

台站	C1	C2	C3	C4
56125	-0.01	-0.05	-0.03	-0.06
56046	-0.11	-0.11	-0.11	-0.14
52943	-0.10	-0.13	-0.06	-0.10
52876	-0.26	-0.30	-0.24	-0.28
52754	-0.07	-0.11	-0.08	-0.10

#### 3.3.2 仪器灵敏度的差异

为了进一步分析一天中的不同时刻人工观测值与自动观测值的差异,我们用自动观测获得的逐小时气温计算了一天中各时次的气温变化值(该时次的气温与上一时次气温观测值之差值)的绝对值。图4给出了达日站的结果。日间,从上午8时前,气温开始上升,同时差值也开始变大。至上午10时,气温的时间变化值达到最高点,气温差值于11时达到最大,之后,气温变化值开始变小,差值也开始变小。亦即,气温升高的变化幅度越大,人工观测与自动观测的气温负差值越大,两者在数值上负相关;绝

对值呈正相关,与白天日变化幅度相似,位相上有些差异。这主要有两种原因:一是人工观测所用的水银温度表较自动观测所用的温度传感器具有滞后性,某一时次的人工气温观测值实际上是前期某一时刻的环境大气温度值,而自动温度传感器的灵敏度较高,这使得在气温日变化的快速升温阶段(日出后一段时间)和快速降温阶段(日落后一段时间)两者的差值较大;二是太阳辐射对差值的影响,因为有太阳辐射和没有太阳辐射之间的差值很大,且差值的日变化与太阳辐射的日变化很相似。

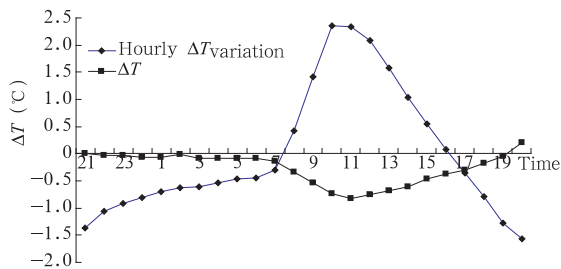


图4 逐小时气温变化值和气温差值的对比(达日站)  
Fig. 4 Hourly temperature(°C) variations and the temperature differences recorded by the Milos500 and conventional methods at Dari

为了定量说明仪器灵敏度对观测值的影响,我们分别计算了各站在气温小时变化绝对值大于 $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表示气温变化快)和小于 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表示气温变化慢)条件下逐小时的人工观测与自动观测的气温差值(以下分别用 $T_G$ 和 $T_L$ 表示),图5是达日站的结果。在气温上升阶段(08—15时), $T_G$ 较 $T_L$ 有更大的负值趋势,表现为各小时 $T_G$ 的绝对值均大于 $T_L$ 的绝对值,即气温上升越快,由于人工仪器相对于自动仪器

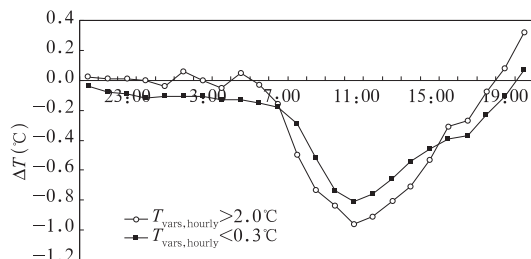


图5 不同条件下达日站逐小时气温差值  
(圆圈代表当前小时温度与上一时次温度绝对差值 $>2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;方形代表当前小时温度与上一时次温度绝对差值 $<0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  
Fig. 5 Differences of hourly temperatures recorded by the Milos500 and conventional methods under different temperature conditions at Dari  
(Circle for the absolute value of hourly temperature variation  $>2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Square for the absolute value of hourly temperature variation  $<0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

的滞后性,人工观测较自动观测的负差值越大。而在气温下降阶段(17—06时), $T_G$ 较 $T_L$ 有更大的正值趋势,即由于两种仪器滞后性的差异导致气温快速下降时人工观测与自动观测值差值的正值趋势,抵消了部分仪器偏差的负值。

用 $D_T$ 表示 $T_G$ 和 $T_L$ 的差值,由于 $D_T$ 已经去掉了仪器系统偏差的影响,同时太阳辐射及红外辐射对气温观测差值的影响会随时间变化,但从图6中可以看出, $D_T$ 的绝对值在时间上基本保持不变,因此可以认为 $T_G$ 和 $T_L$ 的差值也已经去掉了太阳辐射及红外辐射对气温观测差值的影响,所以,可近似认为 $T_G$ 和 $T_L$ 的差值就是两种观测仪器的灵敏度的不同造成的气温观测偏差值。

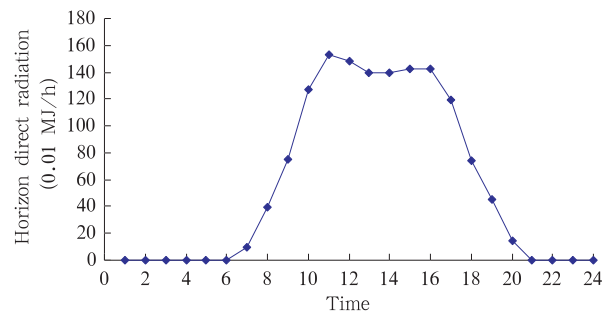


图6 2001—2003年格尔木站平均水平  
方向直接辐射逐小时变化

Fig. 6 Diurnal variation of the mean direct solar radiation at the horizontal direction in 2001—2003 at Geermu

表5给出了各站的结果。可见,由于两种观测仪器对环境温度响应灵敏度的差异,在一天中气温的上升阶段(08—16时),将使得人工观测值较自动观测值低 $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,在气温下降阶段(17—07时),将使得人工观测值较自动观测值高 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,对日平均气温的影响将很小。

表5  $T_G$ 和 $T_L$ 的差值在一天中的升温阶段和降温阶段的平均值

Table 5 Mean values of the difference of  $T_G$  and  $T_L$  in the warming and cooling periods in a day at the 5 stations

	56125	56046	52943	52876	52754
升温阶段	-0.13	-0.15	-0.17	-0.11	-0.15
降温阶段	0.11	0.13	0.08	0.07	0.13

### 3.3.3 太阳辐射和红外辐射的影响

日间和夜间气温差值的不同反映了太阳辐射和红外辐射对差值影响的不同贡献。显然,日间太阳辐射对气温观测差值的影响要远大于夜间红外辐射

的影响。

由于百叶箱的顶部和底部均是封闭的,所以温度感应器与百叶箱之外的辐射交换只能通过百叶箱的水平方向进行。Hubbard<sup>[5]</sup>通过对各种防辐射罩内的辐射观测试验研究表明,美国使用的与中国百叶箱类似的 MMTS, CRS 和 Gill 型防辐射罩(上下底封闭,水平方向通气),透过太阳辐射的比率随着太阳高度角的增加而降低。当然,透过防辐射罩的实际辐射值并不会遵循这样的规律,因为太阳辐射总量会随太阳高度角的增加而增加。为了具体说明之,我们计算了 2001—2003 年青海省格尔木站(36°25′N, 94°54′E, 海拔 2807.6 m)太阳直接辐射的水平分量的逐小时平均值(图 6),时间均换算到北京时间。没有选取本文所选气温观测台站的原因是这些站均没有太阳直接辐射观测。可见,太阳直接辐射的水平分量在北京时间 11 时前后达到最大,与气温差值日变化出现极值时间相吻合。结合前面的分析,可以说明气温差值在白天的日变化主要是由于太阳辐射的影响所致,太阳辐射越强,差异越大,与文献[2]的研究结果一致。

日间(08—18 时),忽略红外辐射的影响,除去仪器偏差和仪器灵敏度影响造成的差异后,得到的气温偏差值,即为太阳辐射的影响。夜间(20—07 时),除去仪器偏差和仪器灵敏度影响造成的差异后,得到的气温偏差值,即为红外辐射冷却的影响。图 7 是囊谦站太阳辐射和红外辐射的影响导致的逐小时气温差值图。夜间红外辐射的影响导致人工观测与自动站观测的气温差异很小,不超过±0.1℃,以负偏差为主;白天太阳辐射对气温差值的影响明显,最高时可达-0.6℃。说明白天透过木质百叶箱的太阳辐射,对不同感应器获取的气温测值的差异较大。

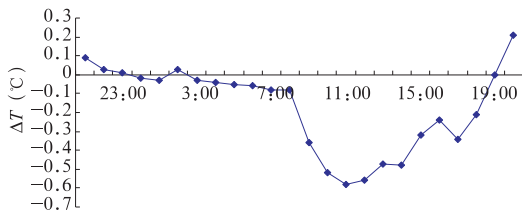


图 7 囊谦站太阳辐射和红外辐射影响导致的逐小时气温差值

Fig. 7 Hourly temperature difference resulted from solar and infrared radiations at Nangqian

## 4 百叶箱变化对气温测值的影响分析

### 4.1 不同百叶箱气温测值的总体差异

对比观测实验选取的 3 个站在 2005 年 2—7 月分别进行了 2872—4344 次对比观测。计算不同百叶箱间的各次气温差值,将 3 倍标准差的差值作为粗大误差予以剔除(剔除的个数未超过全部观测次数的 1%)。计算各次气温差值的平均值、标准差和日平均气温、最高最低气温差值的平均值、标准差(表 6)。表中  $T_0$  代表木质百叶箱内观测果; $T_1$  代表 DPX1 型玻璃钢百叶箱内观测结果; $T_2$  代表 BB-1 型玻璃钢百叶箱内观测结果。 $T_1 - T_0$ ,  $T_2 - T_0$  代表两种玻璃钢百叶箱木质百叶箱相同要素观测结果的差值。可见,两种玻璃钢百叶箱与木质百叶箱的日和日平均气温差值均未超过仪器的测量精度 0.1℃,差值的标准差均在 0.2℃以内。日最高气温平均差值也很小,各站未超过 0.1℃,日最低气温平均差值除北京站外,也未超过 0.1℃,北京站的差值也未超过观测规范<sup>[7]</sup>规定的极端气温测量容许的精度范围(0.4℃)。因此,百叶箱的变化不会对平均气温及极端气温观测值造成影响。

表 6 两种玻璃钢百叶箱与木质百叶箱观测的气温差值  
Table 6 Differences of temperatures observed parallelly in two kinds of glass fiber reinforced plastic screens ( $T_1$ ,  $T_2$ ) and in wooden screen ( $T_0$ )

要素	台站	逐时平均 差值	差值标 准差	日平均 差值	差值标 准差	
气温 (℃)	长春	$T_1 - T_0$	0.02	0.12	0.02	0.07
		$T_2 - T_0$	0.03	0.12	0.03	0.07
	北京	$T_1 - T_0$	-0.08	0.12	-0.08	0.07
		$T_2 - T_0$	-0.10	0.19	-0.10	0.10
	宜昌	$T_1 - T_0$	-0.06	0.17	-0.07	0.09
		$T_2 - T_0$	-0.09	0.20	-0.09	0.10
日最高 气温 (℃)	长春	$T_1 - T_0$		-0.08	0.20	
		$T_2 - T_0$		-0.05	0.23	
	北京	$T_1 - T_0$		0	0.14	
		$T_2 - T_0$		0.07	0.19	
	宜昌	$T_1 - T_0$		0.07	0.20	
		$T_2 - T_0$		0.09	0.18	
日最低 气温 (℃)	长春	$T_1 - T_0$		0.01	0.15	
		$T_2 - T_0$		-0.02	0.18	
	北京	$T_1 - T_0$		-0.28	0.27	
		$T_2 - T_0$		-0.37	0.31	
	宜昌	$T_1 - T_0$		0.03	0.26	
		$T_2 - T_0$		-0.05	0.17	

### 4.2 不同百叶箱内温度表对环境温度变化的敏感性分析

分析逐小时平均气温差值的日变化(图 8),可

以看出,日出后不久,玻璃钢百叶箱与木质百叶箱气温差值表现为明显的正值趋势,即玻璃钢百叶箱内观测的气温的上升速度大于木质百叶箱内的气温;下午 5 时以后,气温差值表现为明显的负值趋势,即玻璃钢百叶箱内观测的气温的下降速度超过木质百

叶箱内的气温。3 个站均表现出类似的规律。说明,木质百叶箱内观测到的气温滞后于玻璃钢百叶箱内观测到的气温,玻璃钢百叶箱内的气温对环境温度的变化更加敏感。这主要由于木质百叶箱与玻璃钢百叶箱相比具有较大的热容量。

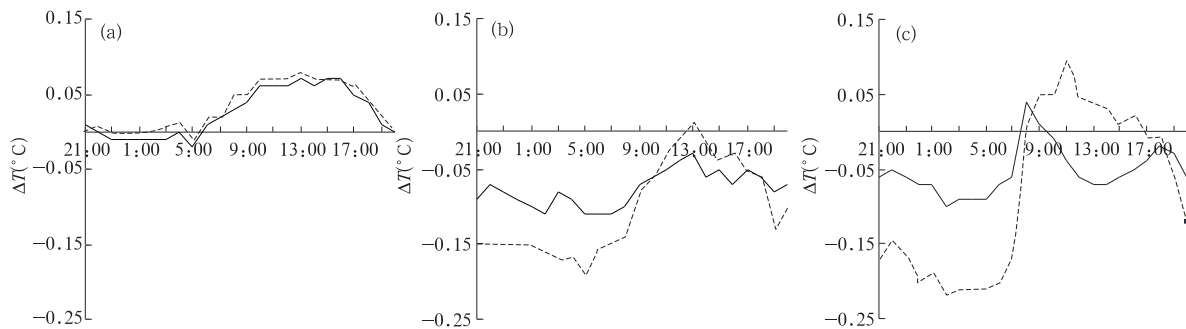


图 8 逐小时平均气温差值

(a. 长春, b. 北京, c. 宜昌; 实线:  $T_1 - T_0$ , 虚线:  $T_2 - T_0$ )

Fig. 8 Diurnal variations of the difference of hourly mean temperatures recorded parallelly in two kinds of glass fiber reinforced plastic screens ( $T_1$ ,  $T_2$ ) and in wooden screen ( $T_0$ )  
(a. Changchun, b. Beijing, c. Yichang; solid line for  $T_1 - T_0$ , and dash line for  $T_2 - T_0$ )

## 5 结 论

本文通过选取在同一观测场观测、具有同种防辐射百叶箱、不同感应仪器的两种地面气温观测系统(人工观测和自动站观测)所获取的平行观测资料的对比分析,揭示仪器变化造成的气温观测值的差异,得到如下主要结论:

(1) 新的地面自动观测系统获得的日、月和年平均气温与传统的人工观测相比将高出  $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右。

(2) 人工观测与自动观测的气温差值有明显的日变化,白天大,可达  $-0.5\text{--} -0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,夜间小,一般为  $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 人工观测使用的水银温度表与自动站使用的金属铂热敏电阻气温传感器测量气温的仪器系统偏差一般为  $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,个别站可达  $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,前者低于后者。

(4) 由于自动站气温传感器的灵敏度高于人工观测使用的水银温度表,导致在一日中气温的升温阶段(08—15 时),人工观测值较自动观测值低约  $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在气温下降阶段(17—07 时),将使得人工观测值较自动观测值高约  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。两种仪器灵敏度的差异对日平均气温的影响较小。

(5) 在几种影响因子中,太阳辐射对由于仪器变化导致的观测差值的影响最明显,白天最高时平均可

达  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。夜间红外辐射对观测差值的影响很小。

(6) 玻璃钢百叶箱取代木质百叶箱后,总体上对气温观测值的影响不大。但玻璃钢百叶箱内的气温对环境气温变化较木质百叶箱更灵敏。

中国地面观测系统正在发生的变化将在一定程度上影响地面气温气候序列的均一性。各站由于仪器变化导致的气温偏差无论是月平均值、日平均值还是逐小时值,在符号上均为同向,在数值上也相差不大,即仪器换型引起的气温偏差表现得很有规律。只要国家级数据管理单位保存有比较完整的有关观测系统更换信息和对比观测资料,我们就可以对旧系统的观测数据进行订正,除去由于观测系统变化导致的气温序列的不均一性,为气候研究提供均一的长时间序列气候资料。

本文仅分析了青海一个地区的代表站由于仪器变化导致的温度观测值的差异,结论是否适用于中国其他地区,还有待深入研究。

## 参考文献

- [1] Jutta H, Cerhard M W. Homogenization of various climatological parameters in the German Weather Service. Proceedings of the First Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data, Budapest, Hungary, 1996. 101-111
- [2] Wendland W M, Armstrong W. Comparison of maximum-minimum resistance and liquid-in-glass thermometer records. J Atmos

- Ocean Tech, 1993, 10: 233-237
- [3] Quayle 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: 1718-1723
- [4] Guttman R N B, Baker C B. Exploratory analysis of the difference between temperature observations recorded by ASOS and conventional methods. Bull Amer Meteor Soc, 1996, 77: 2865-2873
- [5] 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 Tech, 2001, 18: 851-864
- [6] 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  
Wang Ying, Liu Xiaoning. Comparative analysis of AWS and man-observed temperatures. J Appl Meteor Sci (in Chinese), 2002, 13(6): 741-748
- [7] 中国气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 2003. 151pp  
China Meteorological Administration. Regulation for surface meteorological observation. Beijing: China Meteorological Press, 2003. 151pp

## DIFFERENCES OF SURFACE TEMPERATURE OBSERVATIONS RECORDED BY DIFFERENT SENSORS IN DIFFERENT SCREENS AND ITS CAUSES

Xiong Anyuan   Zhu Yanjun   Ren Zhihua   Wang Ying

*National Meteorological Information Center, Beijing 100081*

### Abstract

In the next several years, the conventional manual surface observational system used for the past several decades in China will be completely replaced by automatic weather stations (AWS). It is inevitable that there are systematic differences between observations recorded by different systems (including different sensors and different screens). In climatological viewpoint, it is very important to check the differences of temperature records obtained by the two observation systems and to find the causes responsible for the differences. This study was undertaken by using two kinds of comparative observations, one is the hourly parallel observation of temperature, cloud cover, and precipitation recorded by AWS (the Milos500) and manual observation from 2001 to 2003 to analyze the difference of temperatures due to the updating of instrument, and other is the parallel observation using traditional wooden screen and glass fiber reinforced plastic screen to analyze the influence of the updating of screen on temperature observations. Based on the parallel observation data obtained at the same meteorological platform by the AWS and manual observation systems (i. e. by different sensors in the same type screen) at 5 reference climatological stations in 2001—2003, the differences of hourly, daily and monthly temperature observations and temperature statistics were analyzed, and the causes of the differences are interpreted. We have quantitatively estimated the deviations resulted from the accuracy and sensitivity of the AWS and conventional observation instruments, and solar/infrared radiation. The updating of observation instrument evidently impacted the daily, monthly, and annually mean temperatures, leading to the temperature difference of about 0.2 °C, and the effect of solar radiation on the two kind of observational instruments is the major reason. Besides, two instruments had a systematic error about 0.1 °C, and difference in the sensitivity of the two instruments to the environmental temperature change also brought about a temperature difference of 0.1—0.15 °C in different time periods in a day. The analyses of the comparative observation data of temperatures recorded respectively in traditional wooden screen and glass fiber reinforced plastic screen at 3 stations indicate that impact of the updating of screen on temperature observations was minor, but the observed value of temperature in glass fiber reinforced plastic screen was more sensitive to changes in the environmental temperature.

**Key words:** Conventional surface observational system, Automatic weather station, Wooden screen, Glass fiber reinforced plastic screen, Temperature difference.