

玻璃钢百叶箱与木制百叶箱内 温湿度测量的对比分析

任芝花¹ 涂满红³ 陈永清² 熊安元¹ 马舒庆³ 李 伟³

(1. 国家气象信息中心, 北京 100081; 2. 中国气象局监测网络司;
3. 中国气象局大气探测中心)

提 要: 通过分析 2005 年 2—7 月玻璃钢百叶箱与木制百叶箱内温湿度对比试验资料, 得到了两种材料百叶箱内温湿度测量的差异以及两种百叶箱间对大气温湿度变化反应速度的差异, 并分别讨论了不同云量、不同风速条件下, 两种材料百叶箱气温测量差值的变化。结果表明: 两种材料百叶箱内测量的气温平均差值在 0.1°C 以内, 差值标准差在 0.2°C 以内, 相对湿度平均差值在 0.4% 以内, 差值标准差在 2.1% 以内; 玻璃钢百叶箱对大气温湿度的反应比木制百叶箱快或相当; 无论在多云和少云条件下, 还是高风速和低风速条件下, 两种百叶箱内测量的气温差值普遍在 0.1°C 以内。

关键词: 玻璃钢百叶箱 木制百叶箱 温湿度测量 对比分析

An Comparison of Air Temperature and Relative Humidity Measured Inside Thermometer Screen of Glass Fiber Reinforced Plastic and Timber

Ren Zhihua¹ Tu Manhong³ Chen Yongqing² Xiong Anyuan¹ Ma Shuqing³ Li Wei³

(1. National Meteorological Information Center, 100081; 2. Department of Observation and Telecommunication, CMA;
3. Atmospheric Observation Technology Centre, CMA)

Abstract: Based on the comparative test data from February to July in 2005, the difference of air temperature / relative humidity measured inside the thermometer screen of glass fiber reinforced plastic and that of timber are analyzed. In the meantime, the difference of response speed to air temperature as well as relative humidity changes in the two kinds of screens is

analyzed. The impact of various cloud cover and various wind velocity on the difference of air temperature measured inside the two screens is discussed. The result indicates that the mean difference of air temperature inside the two kinds of screens is within 0.1°C , the standard deviation of the difference is within 0.2°C . The mean difference of relative humidity inside the two kinds of screens is within 0.4% , the standard deviation of the difference is within 2.1% . The response to air temperature / relative humidity inside the thermometer screen of glass fiber reinforced plastic is almost faster than that in the screen of timber. No matter under what cloud cover or what wind velocity, the mean difference of air temperature in the two kinds of screens is almost within 0.1°C .

Key Words: glass fiber reinforced plastic thermometer screen timber thermometer screen
air temperature relative humidity comparison and analysis

引 言

为了了解新型仪器与台站旧仪器的性能差异或为了新型仪器的推广应用,中国气象局曾多次组织实施有关气象仪器的对比试验工作^[1,2]。同样为了了解在新型的玻璃钢百叶箱与木制百叶箱内进行温湿度测量的差异,2005年2—7月由中国气象局组织,于长春、北京、宜昌3站进行了两种材料的百叶箱内温湿度对比试验工作。百叶箱是安装温湿度仪器用的防护设备,用来防止太阳对仪器的直接辐射和地面对仪器的反射辐射,保护仪器免受强风、雨、雪等的影响,并使仪器感应部分有适当的通风,能真实地感应外界空气温度和湿度的变化^[3]。长久以来,我国气象台站所用的百叶箱为木制百叶箱,最近几年研制出玻璃钢百叶箱。下文利用对比试验资料,分析了两种材料的百叶箱内进行温湿度测量的差异,并讨论了云量、风速对两种材料百叶箱气温测量差值的影响。

1 对比试验方法及资料

对比试验采用人工定时对比观测。所用

的两种百叶箱内外部分均漆为白色。木制百叶箱内部高 537mm、宽 460mm、深 290mm,玻璃钢百叶箱内部高 615mm、宽 470mm、深 465mm。在两种百叶箱内,均安装一个温度表支架。测量温湿度用的干、湿球温度表垂直悬挂在支架两侧的环内,球部向下,球部中心距地面 1.5m。

长春站 2—7 月每日进行 24 次定时对比观测。北京站和宜昌站 2、4、7 月每日进行 24 次定时对比观测,3、5、6 月每日进行 8 次定时对比观测。宜昌站 2—3 月没按试验要求进行对比,无 2—3 月对比资料,由于宜昌站对比样本少,在下文中不进行温湿度逐小时差异的分析。长春站 2 月 1 日至 3 月 13 日,气温低于 -10.0°C ,木制百叶箱中的湿度用毛发湿度表观测,而玻璃钢百叶箱内的湿度观测用的是干湿球温度表。由于仪器类型不同,资料的可比性比较差,因此 2 月 1 日至 3 月 13 日期间长春站相对湿度对比资料不参加统计。

在资料对比分析过程中,当对比要素的差值大于 3 倍差值标准差时,相应要素的差值作为粗大差值进行一次循环删除,不参加统计。各要素差值作为粗大值被删除的次数在 1% 左右。

2 对比结果及分析

在下列的统计分析中，差值均为玻璃钢百叶箱内测量的要素值减去木制百叶箱内测量的要素值所得。不同云量（不同风速）条件下气温差值的差异为多云（高风速）条件下的气温差值与低云（低风速）条件下的气温差值之差。

2.1 玻璃钢百叶箱与木制百叶箱内测量的温湿度对比结果

表 1 列出了各站两种百叶箱内测量的温湿度对比结果。从表中可见，两种百叶箱内测量的气温平均差值在±0.1℃以内，差值标准差在 0.2℃以内；相对湿度平均差值在±0.4%以内，差值标准差在 2.1%以内。对比结果符合业务考核技术要求，即要求两种百叶箱内测量的气温平均差值在±0.2℃，差值标准差 0.2℃以内；相对湿度平均差值在±3%，差值标准差 3%以内。由于长春站气温对比观测次数远多于北京站和宜昌站，因此从统计意义上讲，在计算长春站气温对比差值平均值时，更容易滤掉观测中的随机误差。这是表 1 及下文中北京站和宜昌站对比效果略差，而长春站对比效果优于其它两站的主要原因。

表 1 玻璃钢百叶箱与木制百叶箱内测量的气温、相对湿度的差异结果

台站	气温			相对湿度		
	次数	平均差 /℃	标准差 /℃	次数	平均差 /%	标准差 /%
长春	4344	0.03	0.12	3360	-0.4	1.1
北京	2872	-0.10	0.19	2872	0.4	2.1
宜昌	1952	-0.09	0.20	1952	0.2	1.4

注：表 1 中平均差值 = \sum （玻璃钢百叶箱内测量值 - 木制百叶箱内测量值）/ 对比次数

2.2 玻璃钢百叶箱与木制百叶箱对大气温湿度反应速度的差异分析

理想的百叶箱应能真实地感应外界空气温度和湿度的变化。但是由于百叶箱内空气不同于环境空气，形成了特有的百叶箱温湿度，当外界大气温湿度迅速变化时，箱内不能及时反应，产生滞后误差。业务上，要求箱内温湿度的变化应与箱外一致。即箱外温湿度上升时，箱内反应也上升，箱外温湿度下降时，箱内也下降。但由于玻璃钢百叶箱和木制百叶箱在材料、结构上不同，两种百叶箱的防辐射能力以及箱内外空气的置换速度可能有所不同，从而导致两者对外界大气温湿度反应的速度有所差异。

图 1、图 2 分别为长春站与北京站 2005 年 2—7 月逐小时平均气温、逐小时平均相对湿度变化曲线图。从两图可见，约 6：00—14：00 为气温上升、湿度下降阶段；而 17：00—次日 3：00（地面气象观测中，以北京时间 20 时为日界）为气温下降、湿度上升阶段。令函数 $T(t)$ 、函数 $U(t)$ 分别代表一日之内气温、相对湿度逐小时平均变化状况，则

当 6—14 时，

$$\frac{dT(t)}{dt} > 0, \frac{dU(t)}{dt} < 0;$$

当 17 时到次日 3 时，

$$\frac{dT(t)}{dt} < 0, \frac{dU(t)}{dt} > 0 \tag{1}$$

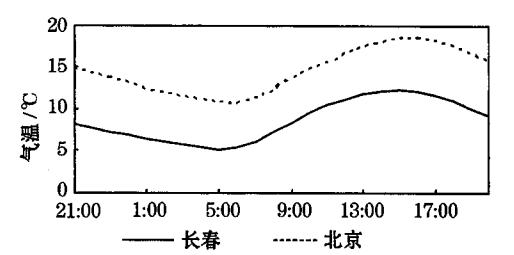


图 1 逐小时平均气温变化曲线图

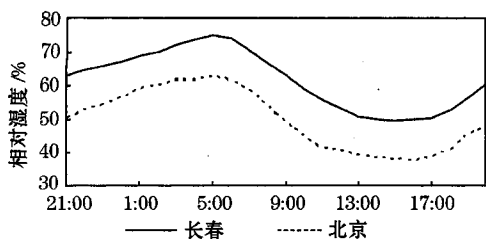


图2 逐小时平均相对湿度变化曲线图

图3、图4分别为长春站和北京站2005年2—7月份玻璃钢百叶箱与木制百叶箱内测量的气温、相对湿度逐小时平均差值变化图。从两图可见,约6—13时为气温差值变化上升、湿度差值变化下降阶段;而17—22时为气温差值变化下降、湿度差值变化上升阶段,其它时间段差值变化趋势不明显。令函数 $T_1(t)$ 、函数 $U_1(t)$ 分别代表一日之内玻璃钢百叶箱内测量的气温、相对湿度逐小时平均变化状况,令函数 $T_2(t)$ 、函数 $U_2(t)$ 分别代表一日之内木制百叶箱内测量的气温、相对湿度逐小时平均变化状况。则

6—14时,

$$\frac{d[T_1(t) - T_2(t)]}{dt} \geq 0,$$

$$\frac{d[U_1(t) - U_2(t)]}{dt} \leq 0$$

17时到次日3时

$$\frac{d[T_1(t) - T_2(t)]}{dt} \leq 0,$$

$$\frac{d[U_1(t) - U_2(t)]}{dt} \geq 0 \quad (2)$$

另外,

$$\frac{d[T_1(t) - T_2(t)]}{dt} = \frac{dT_1(t)}{dt} - \frac{dT_2(t)}{dt},$$

$$\frac{d[U_1(t) - U_2(t)]}{dt} = \frac{dU_1(t)}{dt} - \frac{dU_2(t)}{dt} \quad (3)$$

由式(1)、(2)、(3)联合可知,对于气温,

$$\text{当 } \frac{dT(t)}{dt} > 0 \text{ 时, } \frac{dT_1(t)}{dt} \geq \frac{dT_2(t)}{dt}; \quad (4)$$

$$\text{当 } \frac{dT(t)}{dt} < 0 \text{ 时, } \frac{dT_1(t)}{dt} \leq \frac{dT_2(t)}{dt}$$

对于湿度,

$$\text{当 } \frac{dU(t)}{dt} > 0 \text{ 时, } \frac{dU_1(t)}{dt} \geq \frac{dU_2(t)}{dt}; \quad (5)$$

$$\text{当 } \frac{dU(t)}{dt} < 0 \text{ 时, } \frac{dU_1(t)}{dt} \leq \frac{dU_2(t)}{dt}$$

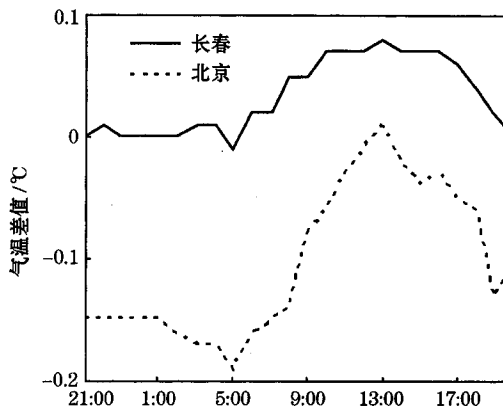


图3 两种百叶箱内测量的气温逐小时平均差值变化图

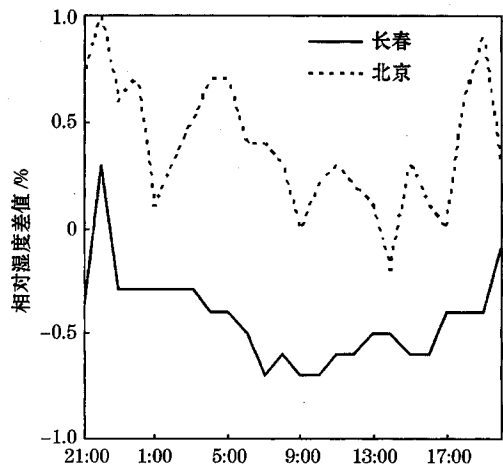


图4 两种百叶箱内测量的相对湿度逐小时平均差值变化图

由式(4)、(5)可知,当气温、大气湿

度上升时,玻璃钢百叶箱内气温、湿度比木制百叶箱内上升得快或相当,当气温、湿度下降时,玻璃钢百叶箱内气温、湿度比木制百叶箱内下降得快或相当。换言之,当气温、大气湿度变化时,玻璃钢百叶箱对大气温湿度的反应比木制百叶箱快或相当。

2.3 不同云量条件下玻璃钢百叶箱与木制百叶箱间测量的气温差值的差异

百叶箱并不是理想的防辐射体,其设计结构即使可防止直接太阳辐射,也不能完全防止反射辐射和散射辐射进入箱内,同时箱体还与周围物体产生热辐射交换、箱体本身吸收日射或自身热辐射作用,因此百叶箱测

温,必然存在辐射误差^[4]。为了了解玻璃钢百叶箱与木制百叶箱防辐射效果的差异,给出了长春站和北京站在不同云量条件下逐小时气温平均差值变化图(图5)。

白天,少云和多云条件分别代表较强的太阳辐射和较小的太阳辐射,夜间,少云和多云条件分别代表向上较强的红外辐射和较小的红外辐射。如果两种百叶箱之间的防辐射效果有大的差异,则在多云和少云条件下观测到的气温差值会有明显差异。从图5可见,各站在两种云量条件下玻璃钢百叶箱与木质百叶箱间测量的气温差值,其差异并不明显,均在 0.1°C 以内。说明玻璃钢百叶箱与木质百叶箱的防辐射效果差异不明显。

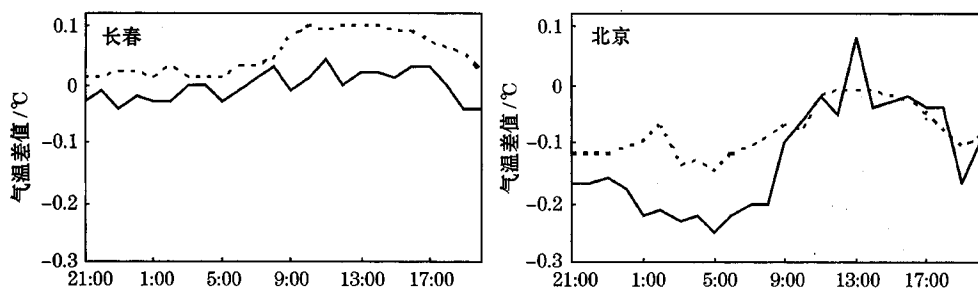


图5 不同云量条件下逐小时气温平均差值变化图

——云量 NN=0~3 -----NN=8~10

2.4 不同风速条件下玻璃钢百叶箱与木制百叶箱间测量的气温差值的差异

当环境气温迅速变化时,箱内温度表不能及时反应,产生滞后误差。这种误差与百叶箱的材料、结构以及温度表的热惯性有关,但主要取决于箱内外空气的置换速度^[4]。风速越小,百叶箱内外空气的交换越慢;风速越大,百叶箱内外空气的交换越快。因此,低风条件下百叶箱内气温与箱外气温的差异比高风条件下大。为了进一步了解玻璃钢百叶箱与木制百叶箱间不同风速条件下气温差值的差异,给出了长春站和北京

站在不同风速条件下逐小时气温平均差值变化图(图6)。

由图可见,长春站和北京站均表现为:低风条件下(风速 $\leq 2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),玻璃钢百叶箱与木制百叶箱间测量的气温差值绝对值普遍比高风条件下(风速 $> 5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)大。跟上述不同风速条件下,百叶箱内与箱外气温差异规律相同。低风条件下,某些时段由于对比观测次数较少,很难滤掉随机误差,因此两种百叶箱间测量的气温差值较大,但普遍在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内,符合业务考核技术要求。两种风速条件下测量的两百叶箱间气温差值的差异普遍在 0.1°C 以内。

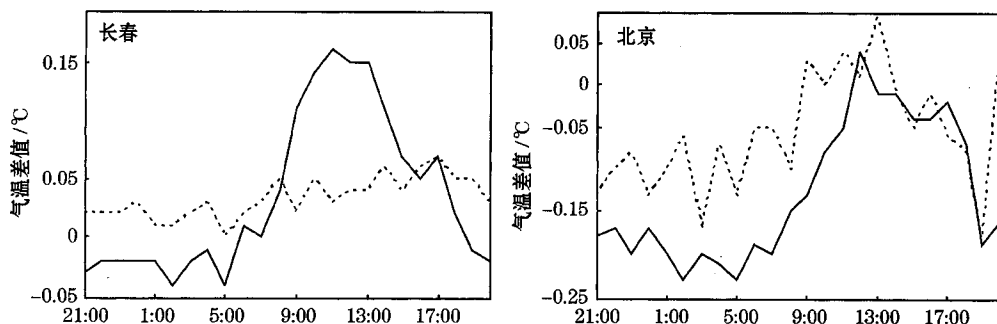


图 6 不同风速条件下逐小时气温平均差值变化图

——风速 $V \leq 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ - - - - $V > 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3 结 论

(1) 玻璃钢百叶箱和木制百叶箱内测量的气温平均差值在 0.1°C 以内, 差值标准差在 0.2°C 以内; 相对湿度平均差值在 0.4% 以内, 差值标准差在 2.1% 以内。

(2) 当大气温度、湿度变化时, 玻璃钢百叶箱对大气温湿度的反应比木制百叶箱快或相当。

(3) 在多云和少云条件下, 玻璃钢百叶箱与木质百叶箱间测量的气温差值, 其差异并不明显, 均在 0.1°C 以内。

(4) 低风条件下, 玻璃钢百叶箱与木制

百叶箱间测量的气温差值绝对值普遍比高风条件下大。但两种风速条件下, 两百叶箱间测量的气温差值, 其差异普遍在 0.1°C 以内。

参考文献

- 1 郭锡钦, 曾书儿. 有线综合遥测站现场对比试验结果 [J]. 气象, 1994, 20 (5): 24-27.
- 2 任芝花, 郭锡钦. 浅层地温对比试验结果 [J]. 气象, 1996, 22 (11): 29-32.
- 3 中国气象局. 地面气象观测规范 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 35-47.
- 4 章澄昌. 百叶箱的热惯性及其测温的滞后误差 [J]. 南京气象学院学报, 1982, 1 (1): 73-81.