

徐伟, 胡振勤, 夏立, 等. 2015. 轻型百叶箱和玻璃钢百叶箱气温对比研究. 气象, 41(2): 240-246.

轻型百叶箱和玻璃钢百叶箱气温对比研究^{* 1}

徐 伟^{1,2} 胡振勤² 夏 立² 朱 超² 胡 平³

1 南京大学大气科学学院, 南京 210046

2 上海市金山区气象局, 上海 201508

3 上海市信息与技术支持中心, 上海 200030

提 要: 为揭示轻型百叶箱和玻璃钢百叶箱气温的差异变化特征, 利用上海枫泾区域自动气象站 2012 年 4 月至 2013 年 9 月分钟级数据, 采用线性分析、线性拟合、多元回归等方法, 对两种百叶箱的气温和日极值进行月尺度对比, 揭示两种百叶箱气温测值差异程度, 分析不同云量、不同升(降)温速率、不同风速、不同降水强度下两种百叶箱气温差特征, 探讨产生气温差的原因, 并计算不同季节的轻型百叶箱气温订正方程。研究发现: 两种百叶箱气温差、气温差的离散度、气温日极值差均存在季节性差异。轻型百叶箱春、夏和秋季的日最高气温参考价值较低, 高温日参考价值较低。太阳辐射和红外(红外冷却)辐射对两种百叶箱气温差影响较大, 辐射量越大, 则气温差异越大。单一风速条件或单一降水条件对气温差的影响较小。而降水条件下, 大风和低风速时的红外冷却辐射会导致气温差异增大。轻型百叶箱气温测量值对环境气温变化的敏感度要高于玻璃钢百叶箱, 更能反映非周期性变化特点。结果表明: 材质和结构决定轻型百叶箱防辐射性能较低, 是导致两种百叶箱测温差异的主要原因。

关键词: 轻型百叶箱, 玻璃钢百叶箱, 气温, 对比

中图分类号: P412

文献标志码: A

doi: 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2015. 02. 013

Comparative Study on Temperature of Light Louvred Screen and Reinforced Plastics Screen

XU Wei^{1,2} HU Zhenqin² XIA Li² ZHU Chao² HU Ping³

1 College of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210046

2 Jinshan Meteorological Office of Shanghai, Shanghai 201508

3 Shanghai Meteorological Information and Technology Supply Center, Shanghai 200030

Abstract: Variation characteristics of temperature difference between light louvred screen and reinforced plastic screen are explored by using the minute data from April 2012 to September 2013 in regional automatic weather station in Fengjing of Shanghai, to reveal degrees of temperature difference of the two screens. Temperature difference, daily extremes and the change characteristics of temperature difference under different cloud cover, different heating (cooling) rate, different wind speed, different rainfall intensity and the reason of temperature difference are analyzed with methods of linear analysis, linear fitting and multiple regression. Temperature correction equations for different seasons are calculated. The results show that temperature difference, dispersion of temperature difference and daily extreme difference have seasonal differences. The daily maximum temperature reference value of light louvred screen is lower in spring, summer and autumn. Reference value of high temperature days is lower. Solar radiation and infrared (cooling) radiation have great influences on the temperature difference. The more radiation, the bigger

* 上海市气象局科技开发项目(TD201208)资助

2013 年 10 月 17 日收稿; 2014 年 8 月 17 日收修定稿

第一作者: 徐伟, 主要从事地面测报服务与气候动力研究. Email: ovenxuwei@163.com

the temperature difference. Single wind condition or single rainfall condition has smaller influence on temperature difference. Under the condition of rain, strong winds and infrared cooling radiation with slow winds increase the temperature difference. The observed value of temperature in light louvred screen is more sensitive to the changes in the environmental temperature. The results show that, the different material and structure make light louvred screen have lower performance of anti-radiation, which is the main cause for temperature difference.

Key words: light louvred screen, reinforced plastics screen, temperature, contrast

引言

近几年来,我国为满足气象数据观测密度的需求,逐步增加区域自动气象站的数量。同时,在中国气象局的指导下,各省气象监测工作的重心转移到数据质量控制,逐步从一般站数据延伸到区域自动气象站数据,对基础观测数据的研究得到越来越多的关注(刘小宁等,2006;王海军等,2007;周笑天等,2012)。在该项工作中,气温质控具有重要的意义。空气温度是表示热量特征的重要指标之一,是进行气候资源分析、自然区划、农业生产潜力估算、城市热岛等研究的重要参数(王怀清等,2011;杨鹏等,2013)。空气温度也是地球大气系统能量和水分循环的关键参数,在陆面过程模式、全球或区域气候和天气数值预报模式中扮演着越来越重要的角色(廖顺宝等,2003;周婷婷等,2011;李佰平等,2012;王圆圆等,2014;白建辉等,2013;王素娟等,2014)。

目前,我国台站防辐射所用的百叶箱普遍为玻璃钢百叶箱,而区域自动气象站采用的是轻型百叶箱,以ABS工程塑料和PVC材质为主。轻型百叶箱和玻璃钢百叶箱因其结构和材质不同,两者的防辐射性能、防降水影响、空气置换速率等存在差异,进而导致两者对外界温度反应的速度和误差有所差异。

国外对不同类型百叶箱气温测量值对比试验开展较多(Sparks,1972;Brandsma et al,2008;Tadayoshi et al,2011),研究发现不同类型百叶箱气温测量值对外界气温的反应程度不同,并且受各种气象因素的影响程度也不同。而国内这类对比试验较少,任芝花等(2006)曾对玻璃钢百叶箱与木质百叶箱内温、湿进行对比试验,公式推导出两者对温、湿反应速度存在差异,并简单讨论不同云量、不同风速条件下的温、湿变化。熊安元等(2006)对DPX1型玻璃钢百叶箱、BB1型玻璃钢百叶箱和木质百叶箱进行气温简单对比观测,发现这三种百叶箱气温观

测值差异不大,又对同种防辐射百叶箱、不同感应仪器的人工和自动两种地面气温观测系统进行气温对比观测,分析仪器精度、仪器灵敏度、太阳辐射和红外辐射等因子对气温观测值的影响,发现太阳辐射对不同仪器的影响不同是主因。对PVC材质轻型百叶箱和玻璃钢百叶箱进行对比试验,利用逐10 min气温数据分析两种百叶箱气温测量值日变化和年变化差异,并简单讨论两者气温测量值在不同天气、不同云量和不同风速下的差异。

本文的研究利用详实的分钟级数据,不仅找出两种百叶箱气温随时间变化的差异情况,而且深入探讨多种气象因子对两种百叶箱之间气温差的影响程度,并运用多元回归法计算不同季节的轻型百叶箱气温订正方程。该研究能够为区域自动气象站气温数据与国家级观测站气温数据的统一化提供科学的参考依据,对提高数值预报模式初值场的准确性和精细化预报的有效开展等具有实际意义。

1 资料

1.1 试验场与设备

枫泾区域自动气象站(30°52'41"N,121°1'56"E)位于上海西南边缘,临近杭州湾,该站夏季高温普遍高于金山区其他站,温度差异明显,故将气温对比观测安排在该站点。试验场地的平均海平面高度为8.6 m,土壤呈粘性,浅草平铺,环境较好。两个相同HMP45D型铂电阻温度传感器(中国气象局,2003)(精确度范围为±0.13℃,仪器性能、误差等各项指标经上海市气象鉴定计量所鉴定,符合气象专业计量标准要求)分别放在同一环境中不同百叶箱内(即轻型百叶箱和玻璃钢百叶箱),温度传感器离地高度均为1.5 m,水平方向相距1 m(为两种百叶箱在互不影响的条件所测的外界环境尽量一致)。两种百叶箱具体情况表1。

表1 百叶箱基本情况

Table 1 Basic description of screens

名称	仪器类型	箱内容积	材质
轻型百叶箱	ZQZ-PZ1	圆柱型直径 250 mm、 高 230 mm	ABS 工 程塑料
玻璃钢 百叶箱	BB-1	长 470 mm、宽 465 mm、 高 615 mm	玻璃钢

1.2 数据选取及处理

本文采用枫泾区域自动气象站 2012 年 4 月至 2013 年 9 月分钟级气温数据、2013 年 4—9 月分钟级风速和雨量数据(其中 2013 年 4—9 月分钟级气温、风速和雨量数据专门在 2.5 和 2.6 节讨论,其余小节均采用 2012 年 4 月至 2013 年 3 月分钟级气温数据)。当对比数据的差值大于 3 倍差值标准差时,进行原始数据合理性检验,不合理数据不作统计(任芝花等,2006)。除此之外,对重大天气过程,如强冷空气、热带气旋等天气条件下数据的合理性进行判断。

2 两种对比结果分析

2.1 气温对比

将轻型百叶箱气温减去玻璃钢百叶箱气温的差值称为气温偏差,记为 T_{dev} 。

对全年数据统计得,两种百叶箱气温差变化范围为 $-1.0 \sim 2.1^\circ\text{C}$,平均差值在 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 以内,差值平均标准差为 0.2°C 。

图 1 为两种百叶箱气温差平均值和标准差月变化分布。两种百叶箱 T_{dev} 的平均值具有明显的季节性变化,变化趋势接近正弦波形。 T_{dev} 的平均值春中到秋中(4—10 月)大于 0°C ,秋末到春初(11—3 月)小于 0°C ,夏季普遍偏高,冬季普遍偏低。这与太阳辐射量、冷暖平流活动、降水与大风等因素的季节差异密不可分。

T_{dev} 的离散程度随季节存在差异。 T_{dev} 的标准差冬季最小,在 $0.1 \sim 0.15^\circ\text{C}$;其他季节 T_{dev} 的标准差普遍超过 0.2°C ,尤其是 5 和 10 月超过 0.25°C , T_{dev} 离散程度明显。从各月气温平均日变化走势图(图略),发现昼夜气温变化幅度大小与 T_{dev} 的离散程度大小有很好的正对应关系,其中 10 月昼夜气温变化幅度最大,5 月次之,冬季最小。昼夜气温变化幅度越大,则白天升温速率和夜间降温速率都越大,而由下文可知升(降)温速率与 T_{dev} 成正相关,故

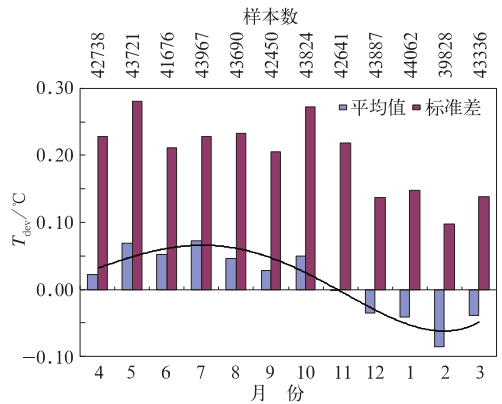


图1 两种百叶箱气温差平均值和标准差月分布

Fig. 1 Monthly distribution of mean and standard deviations of temperature difference

导致 T_{dev} 的离散度增大。

2.2 气温日极值对比

图 2 为两种百叶箱日最高气温差和日最低气温差随月的分布情况。

从图 2 可以看到,日最高气温差的平均值具有明显季节性差异,呈现与 T_{dev} 月平均值较一致的正弦波形,表现为夏季较大、冬季较小的特征;而日最低气温差的平均值季节性差异较小。日最高气温一般出现在白天,白天受太阳辐射作用影响较大。而上海太阳总辐射量夏季最多,春秋次之,冬季最少(贺芳芳等,2010),与日最高气温差平均值的季节性特征吻合,说明太阳辐射的季节性变化与日最高气温差平均值具有季节性差异存在密切联系。日最低气温一般出现在夜间,受下垫面的长波辐射作用影响,但由于长波辐射强度远弱于太阳辐射,并且江淮流域的广大地区的长波有效辐射全年变化很小(王静等,2006),也就是上海地面夜间由红外冷却辐射造成的降温全年变化很小,所以平流降温才是造成日最低气温差季节性差异的主因。

日最高气温差的平均值皆 $>0^\circ\text{C}$,日最低气温差平均值皆 $<0^\circ\text{C}$,代表与玻璃钢百叶箱相比,轻型百叶箱的日最高气温普遍较高,日最低气温普遍较低。从箱体的长短可以看到,日最高气温差的变化幅度比日最低气温差的变化幅度大得多。这是由于白天以升温为主,且气温变化相对夜间要剧烈,夜间气温下降但变化不显著,而轻型百叶箱气温测量值对外界气温变化的反应比玻璃钢百叶箱更敏感(见 2.3 节),

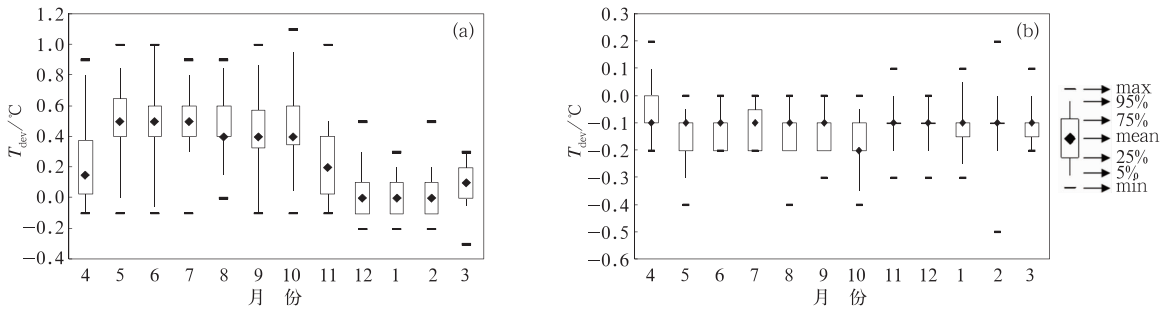


图 2 日最高气温差(a)和日最低气温差(b)月分布

Fig. 2 Monthly distribution of daily maximum temperature difference (a), and daily minimum temperature difference (b)

故会出现这样的结果。

从极值看,日最高气温差在春、夏和秋季易出现异常极大值(极值范围为 $-0.3\sim 1.1^{\circ}C$),冬季不易出现异常极大值(极值范围为 $-0.2\sim 0.5^{\circ}C$);日最低气温差全年相对稳定(极值范围为 $-0.5\sim 0.2^{\circ}C$)。所以轻型百叶箱春、夏和秋季的日最高气温参考价值降低,尤其是夏季容易造成测得的高温日偏多。

对全年高温日(定义日最高气温 $\geq 35^{\circ}C$ 时,为高温日)和低温日(日最低气温 $\leq -5^{\circ}C$ 时,为低温日)做统计,轻型百叶箱出现高温日数 20 d、低温日数 4 d;玻璃钢百叶箱出现高温日数 14 d,低温日数 3 d。轻型百叶箱的高温日数明显偏多,而两者对低温日的反映情况差别不大,故以轻型百叶箱气温作为依据,夏季将表现为更加炎热。

2.3 辐射的影响

百叶箱并不是理想的防辐射体,即使能防止太阳的直接辐射,也不能完全防止反射辐射和散射辐射,同时箱体还与周围物体产生热辐射交换,因此百叶箱测温,必然存在辐射误差(章澄昌等,1980)。云量的多少直接反映太阳辐射的强弱,云量越少,白天太阳辐射量越大。考虑到中低云对太阳辐射的消弱作用较大(王秀俊,2012),将观测资料的辐射条件分为晴天(日平均中低云量不到 3 成)和阴天(日平均中低云量为 8 成以上且无降水)两种情况进行分析。

图 3 为晴天和阴天两种百叶箱逐分钟气温差的平均日变化情况。白天不同辐射条件下的 T_{dev} 差异较明显,变化范围在 $0\sim 0.233^{\circ}C$,说明两种百叶箱防太阳辐射差异较明显。箱体内辐射量上下午的不对称性具有普遍性(章澄昌等,1980),上午的太阳辐射量大于下午,故 T_{dev} 也应存在上下午的不对称性,

这与图 3 的结果一致,并且可见太阳辐射量越大, T_{dev} 也越大。

图 3 中,白天升温时,太阳辐射影响使轻型百叶箱内升温速度比玻璃钢百叶箱快,才能导致 $T_{dev} > 0$;夜间降温时,红外冷却辐射使轻型百叶箱内降温速度比玻璃钢百叶箱快,才能导致 T_{dev} 小于 0。所以轻型百叶箱防太阳辐射和红外辐射性能均比玻璃钢百叶箱要低,同时也说明轻型百叶箱反映气温的敏感度要高于玻璃钢百叶箱。

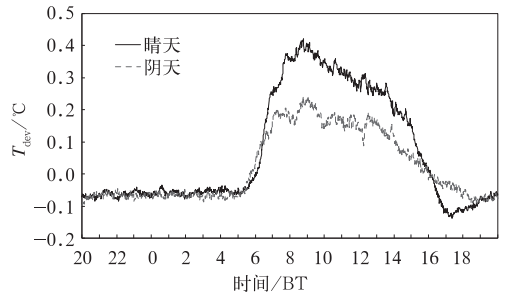


图 3 晴天和阴天两种百叶箱逐分钟气温差平均日变化

Fig. 3 Changes of daily average minute by temperature difference on clear day and cloudy day

2.4 升(降)温速率的影响

进一步讨论红外辐射对气温测量值的影响程度,对比两种百叶箱在升温过程和降温过程中气温差变化的情况。为排除太阳辐射的主要影响,根据阴天气温平均日变化曲线(图略),选取阴天 09—13 时作为升温阶段,16—20 时作为降温阶段。将升(降)温速率定义为两种百叶箱平均气温变化量除以气温变化时间的值。升(降)温速率代表外界红外(红外冷却)辐射的强度,升(降)温速率越大,红外(红外冷却)辐射越强。

图 4a 和 4b 为气温变化时间为 60 min 的升(降)温速率与气温差的变化图。从图上看,升(降)温速率与 T_{dev} 皆呈正相关性。通过图 4a 和 4b 的一元回归方程分别计算得,升温速率为 $2^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$ ($0.033^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$) 时, T_{dev} 为 0.318°C ; 降温速率为 $-2^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$ ($-0.033^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$) 时, T_{dev} 为 -0.132°C 。而实际短时间内升(降)温速率可以更大,如 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

$\cdot \text{m}^{-1}$ 很常见,故由升(降)温引起的 T_{dev} 可以更大,且升、降温普遍存在,所以红外辐射是造成两种百叶箱气温误差的关键因子之一。再取不同气温变化时间求升(降)温速率与气温差的相关系数(图略),结果表明升(降)温速率与 T_{dev} 皆呈正相关性,说明普遍存在气温变化速率越大或者说红外(红外冷却)辐射强度越大,两种百叶箱气温误差也越大。

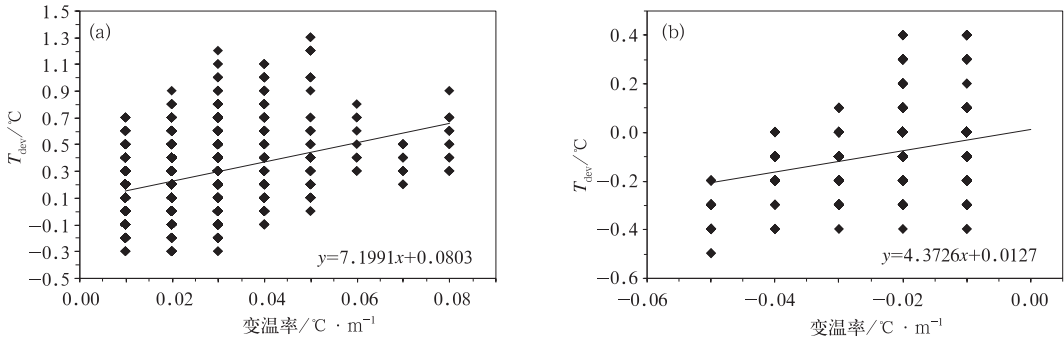


图 4 升温阶段(a)和降温阶段(b)变温速率与气温差

Fig. 4 Temperature change rates in the heating stage (a) and in the cooling stage (b)

2.5 风速的影响

图 5 为无变温(两种百叶箱前后分钟气温不变)、无降水条件下对比不同风速段内两种百叶箱气温差的情况。

根据文献(章澄昌,1982)的结论,随着输入风速的增大,百叶箱的滞后系数会变小,也就意味着两种百叶箱的气温越接近。这是由于随着风速的增大,百叶箱对风速的削弱作用并没有随之增大,或者没有输入风速增大的程度大,从而表现为百叶箱对风速的削弱效果相对减小,导致气温滞后性的降低。

由此可见,随着风速的增大,百叶箱材质和结构的影响在不断降低。从图 5 中可以,在风速等级 9 以下两种百叶箱 T_{dev} 的平均值随风速增大而趋近于 0,这与文献(章澄昌,1982)的结论一致。两种百叶箱 T_{dev} 的平均值变化范围为 $-0.075 \sim -0.009^{\circ}\text{C}$ (T_{dev} 多数为负值是由于多数样本取自夜间造成),其中 2~9 等级 T_{dev} 均在 $-0.05 \sim 0^{\circ}\text{C}$ 以内,说明单一风速条件对两种百叶箱气温差的影响很小,其中静风或弱风(等级 1)时两种百叶箱气温误差最大。等级 9 样本数偏小的缘故可能造成无法真实反映风大对两种百叶箱气温差的影响。

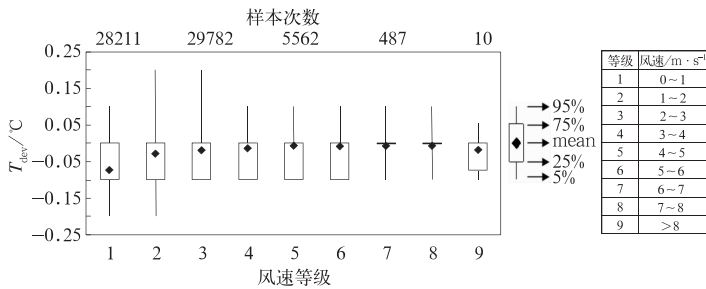


图 5 不同风速等级下两种百叶箱气温差分布

Fig. 5 Temperature difference distribution under different wind speed grades

2.6 降水的影响

图 6 为无变温、低风速($< 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)条件下不同降水强度时两种百叶箱气温差的变化情况。

降水沾湿叶片,水滴蒸发使得箱体温度降低,也会通过红外辐射和平流影响箱内的温度(章澄昌等,1980)。若百叶箱不能防止降水侵袭,雨水直接沾湿感应探头,就会造成更大的温度误差。从图 6 可以

看到,两种百叶箱 T_{dev} 的平均值变化范围为 $-0.15 \sim -0.1^{\circ}\text{C}$ (T_{dev} 多数为负值是由于水滴蒸发使箱体降温以及降水天气多数伴随降温过程再通过红外冷却辐射和平流影响引起),气温差不是特别明显,说明两种百叶箱具有防止降水侵袭的作用。 T_{dev} 的平均值随降水强度的不同没有明显变化,说明单一降水条件对两种百叶箱气温差影响不大。

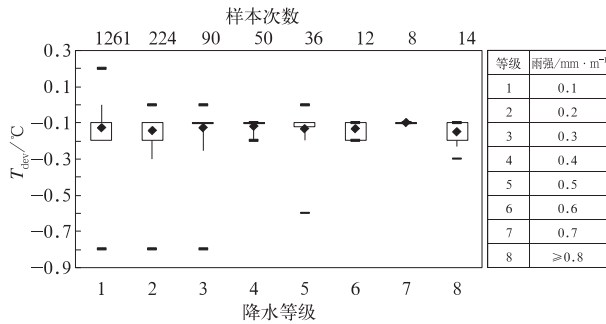


图 6 不同降水强度下两种百叶箱气温差分布
Fig. 6 Temperature difference distribution under different precipitation intensities

从表 2 可以看到,在降水时无变温条件下,风速越大,两种百叶箱气温误差越大。大风利于百叶箱上水滴的迅速蒸发使得箱体快速降温,通过红外冷却辐射和加快平流降低箱内的气温,而轻型百叶箱箱体较小,缩短箱体红外辐射和平流到达温度传感器的时间,从而加大两种百叶箱的气温差。另一方面玻璃钢百叶箱的双层叶片具有向下坡度,可以有效减少雨滴淋湿叶片的机会,利于溅入的雨水跌落,而轻型百叶箱叶片坡度较小且是单片,风大时易将叶片全部淋湿,并且更有可能将水滴带入箱体内部,从而导致更大的误差。故大风是造成降水天气两种百叶箱气温差增大的原因之一。

表 2 降水时不同变温速率、不同风速下两种百叶箱的气温差

Table 2 Temperature difference under different temperature change rates and different wind speeds

平均变温速率/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$	风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	样本数/个	T_{dev} 平均值/ $^{\circ}\text{C}$	T_{dev} 标准差/ $^{\circ}\text{C}$
0	<3	1695	-0.13	0.081
0	>6	100	-0.248	0.147
-0.106	<3	236	-0.321	0.264
-0.192	>6	13	-0.185	0.146

从表 2 还可以看到,降水天气低风速、有变温时, T_{dev} 的平均值最大,为 -0.321°C (是低风速、无变温时的 2.5 倍),说明降水天气低风速时红外冷却

辐射影响是两种百叶箱气温误差变大的主因。而高风速、外界存在红外冷却辐射时气温误差反而减小,这可能是由于样本过小造成,有待进一步研究。

3 轻型百叶箱气温订正方程

两种百叶箱 T_{dev} 主要受辐射、风速、降水强度、气温和变温速率的影响。因此选取这几种因子,利用 1 年资料建立多元回归方程(表 3),作为轻型百叶箱气温的订正方程。

表 3 轻型百叶箱气温订正方程
Table 3 Temperature correction equation of light louvred screen

季节	白天	夜间	方程
春季	白天	夜间	$y = -0.317 - 0.023x_2 + 0.024x_4 + 0.09x_5$ $y = 0.051 - 0.006x_1 - 0.011x_2 + 0.085x_5$
	白天	夜间	$y = -0.159 - 0.011x_1 - 0.059x_2 + 0.018x_4 + 0.145x_5$ $y = -0.263 - 0.004x_1 + 0.008x_4$
夏季	白天	夜间	$y = -0.195 - 0.006x_1 - 0.035x_3 + 0.015x_4 + 0.128x_5$ $y = -0.112 + 0.004x_4 + 0.059x_5$
	白天	夜间	$y = -0.009 - 0.02x_2 - 0.053x_3 + 0.122x_5$ $y = -0.03 - 0.005x_1 + 0.049x_5$

回归方程中 y 为不同环境的 T_{dev} , x_1 为中低云量(单位:成), x_2 为风速(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), x_3 为降水强度(单位: $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$), x_4 为小百叶箱气温(单位: $^{\circ}\text{C}$), x_5 为小百叶箱升(降)温速率(单位: $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$)。轻型百叶箱气温的订正值=轻型百叶箱气温 + y 。由于数据有限,订正方程有待作进一步的检验和完善。

4 讨论

导致两种百叶箱气温测量值出现差异的主要原因在于两者热导率、体积大小、叶片结构不一致造成。即便两者同样大小,ABS 工程塑料的热导率大于双片结构玻璃钢的热导率,白天太阳辐射强时热导率大的 ABS 工程塑料升温快,通过红外辐射加热温度传感器,使得气温测量值偏高;夜间相反,ABS 工程塑料辐射降温或传导降温快一些,其温度比双片结构玻璃钢同时温度低,通过红外辐射影响温度传感器,使得气温测量值偏低。但夜间辐射降温的速率或冷空气活动降温的速率不如白天尤其是夏季晴空情况下升温速率快,所以两百叶箱日最低气温差值不如日最高气温差值大。轻型百叶箱箱体小得多,利于缩短箱体到达温度传感器的红外辐射交换时间,从而加剧了上述效应。另外,单片结构比起双

层叶片结构更易使更多反射辐射和散射辐射进入箱体,利于白天轻型百叶箱气温测量值偏高。所以材质和结构决定了轻型百叶箱防辐射性能较低,是导致两种百叶箱测温差异的主要原因。

但是,轻型百叶箱的滞后系数较小,有利于反映天气系统影响本站时引起的气温非周期性变化特征。在一些非周期性的平均气温变化中(如雷暴、锋面过境等),滞后系数越小的百叶箱,其气温的瞬时误差也越小(章澄昌等,1980)。

5 结论

(1) 两种百叶箱内测得全年气温差变化范围为 $-1.0\sim 2.1^{\circ}\text{C}$,平均差值在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内,差值平均标准差为 0.2°C 。气温差和气温差的离散程度均存在季节性差异,气温差夏季为正、冬季为负;冬夏气温差离散度较小,春秋相当。

(2) 两种百叶箱日最高气温差具有夏季较大、冬季较小的特征,与太阳辐射季节性变化有关;日最低气温差季节性差异较小,与平流降温季节性变化有关。轻型百叶箱的日最高气温普遍高于玻璃钢百叶箱的日最高气温,且春、夏和秋季易出现日最高相差较大;而轻型百叶箱的日最低气温普遍低于玻璃钢百叶箱的日最低气温,全年日最低气温差变化较小。轻型百叶箱春、夏和秋季的日最高气温参考价值较低,夏季高温日参考价值较低。

(3) 不同云量下,两种百叶箱气温差差异变化范围为 $0\sim 0.233^{\circ}\text{C}$,白天防太阳辐射差异较明显。轻型百叶箱防太阳辐射和红外(红外冷却)辐射性能均较低,导致白天气温测量值偏高、夜间气温测量值偏低。

(4) 不同升(降)温速率下,两种百叶箱升(降)温速率与气温差皆呈正相关,即升(降)温速率越大或者红外(红外冷却)辐射强度越大,两种百叶箱的气温差异也越大。红外辐射对百叶箱气温的影响较大。

(5) 不同风速下,两种百叶箱气温差具有随风速增大而减小的特点。单一风速条件对两种百叶箱气温差的影响很小, $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下风速对气温差的影响相对最大。

(6) 不同降水强度下,两种百叶箱气温差无明显变化。单一降水条件对两种百叶箱气温差影响不大。大风是造成降水天气两种百叶箱气温差增大的原因之一,红外冷却辐射是造成低风速降水天气两

种百叶箱气温差变大的主要原因。

(7) 轻型百叶箱的气温测量值对外界气温变化的反应比玻璃钢百叶箱更敏感,即轻型百叶箱的滞后系数较小,更能反映非周期性气温变化特点。

参考文献

- 白建辉,王庚辰. 2013. 气温与地表辐射收支的联系:基于禹城和栾城站点资料的分析. 气象,39(11):1437-1444.
- 贺芳芳,薛静,穆海振. 2010. 上海地区太阳总辐射及其时空分布特征. 资源科技,32(4):693-700.
- 李佰平,智协飞. 2012. ECMWF 模式地面气温预报的四种误差订正方法的比较研究. 气象,38(8):897-902.
- 廖顺宝,李泽辉,游松财. 2003. 气温数据栅格化的方法及其比较. 资源科学,25(6):83-88.
- 刘小宁,鞠晓慧,范邵华. 2006. 空间回归检验方法在气象资料质量检验中的应用. 应用气象学报,17(1):37-43.
- 任芝花,涂满红,陈永清等. 2006. 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,32(5):35-40.
- 王海军,杨志彪,杨代才等. 2007. 自动气象站实时资料自动质量控制方法及其应用. 气象,33(10):102-109.
- 王怀清,殷剑敏,辜晓青等. 2011. 中国热量资源精细化估算. 气象,37(10):1283-1291.
- 王静,李泽辉,苏立欣等. 2006. 实际地形下我国长波有效辐射的时空分布. 中国气象学会 2006 年年会“气候变化及其机理和模拟”分会场论文集:1180-1187.
- 王素娟,陆风,张鹏,等. 2013. FY2 海面温度产品质量检验方法与误差分析. 气象,39(10):1331-1336.
- 王秀俊. 2012. 云对太阳辐射的影响. 科技风,6(7):96-99.
- 王圆圆,李贵才,闵文彬,等. 2014. 利用遥感估算区域气温评价站点代表性——以藏东南林芝站点为例. 气象,40(3):373-380.
- 熊安元,朱燕君,任芝花等. 2006. 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. 气象学报,64(3):377-384.
- 杨鹏,陈静,侯晓玮等. 2013. 基于多源数据的城市热岛效应研究——以石家庄地区为例. 气象,39(10):1304-1313.
- 章澄昌. 1982. 百叶箱的热惯性及其测温的滞后误差. 南京气象学院学报,5(1):73-82.
- 章澄昌,王保信,徐金辉. 1980. 温度表百叶箱测温性能的研究. 南京气象学院学报,3(1):17-27.
- 中国气象局. 2003. 地面气象观测规范. 北京:气象出版社,35-47.
- 周婷婷,陈文惠. 2011. 基于 MODIS 数据和气象观测数据的气温空间插值方法比较. 地理科学进展,30(9):1143-1151.
- 周笑天,褚希,姚志平. 2012. 一种基于 k-means 聚类的实时气温动态质量控制方法. 气象,38(10):1295-1300.
- Brandsma T, Van Der Meulen J P. 2008. Thermometer screen inter-comparison in De Bilt (The Netherlands), Part I: Understanding the weather-dependent temperature differences). Inter J Clima,28(3):371-387.
- Sparks W R. 1972. The effect of thermometer screen design on the observed temperature. WMO-315(WMO, Geneva).
- Tadayoshi A, Kouichi N, Hiroshi K. 2010. RIC-Tsukuba (Japan) Inter-comparison of Thermometer Screens/Shields in 2009-2010. TECO-2010 WMO Technical Conference.