

文章编号: 1004-4965 (2008) 03-0228-05

海南省自动站气温观测资料评估及气候订正研究

辛吉武¹, 许向春¹, 邢旭煌², 严经敏³

(1. 海南省气象科学研究所/南海气象防灾减灾重点实验室, 海南 海口 570203;
2. 海南省气候中心, 海南 海口 570203; 3. 海南省气象信息中心, 海南 海口 570203)

摘 要: 通过海南省16个气象台站2004~2005年自动站与人工并行观测气温资料的对比分析, 根据相关标准对海南省自动站气温资料进行了评估。分析表明: 海南省自动站与人工观测气温的偏差有日变化和季节差异。产生偏差原因有观测仪器的系统性偏差、观测仪器对气温变化响应的灵敏度、观测时间的差异、太阳辐射对观测仪器的影响等。建立了海口自动站与人工观测气温值之间的经验换算关系, 为气候资料的前后连续性使用提供了订正的思路和方法。

关 键 词: 自动站; 气温; 评估; 订正

中图分类号: P423

文献标识码: A

1 引 言

为了提高大气监测能力, 我国从2001年启动了大气监测自动化系统一期工程。由于自动站与人工观测两种观测体系的观测原理、观测采样时间有所不同, 可能会导致观测结果上的差异。这种差异将影响我国气温资料序列的均一性。从而影响天气预报和气候变化研究的结果。如何把差异的大小控制在气象业务所允许的范围内, 以确保历史观测资料的连续性是自动站观测资料应用上面临的问题。为此, 国内外许多学者对自动站和人工观测两种资料进行了对比分析和研究^[1-10], 研究表明: 气温自动观测仪器的引入, 将导致台站观测月和年的平均气温增加0.2~0.3℃。而太阳辐射对不同仪器的影响是导致其差异的主要原因^[11]。然而由于研究选取的自动气象站地理环境不同, 研究结果也有不一致的地方。如熊安元等^[11]利用青海省刚察站分析自动站与人工站观测的最高气温的差异的分析结果与王颖等^[12]对利用河南省郑州站资料以及美国的研究结果就不太一样。观测资料中系统误差其均值不为零, 直接影响气候变化的研究结果^[13]。所以针对某一区域特定的地理环境, 对自动站观测资料开展更深入的分析研究仍有必要。

海南省16个气象台站在2004年1月1日前完成了自动气象站建设任务。并经过了2004、2005年两年业务对比观测运行。本文利用海南省16个自动气象站2004~2005年气温观测资料与人工气温观测资料进行了对比分析, 根据国家气候中心对自动站资料评估的技术标准对自动站气温资料进行初步评估。研究了海南自动站与人工观测的气温资料的偏差以及产生偏差的主要原因。建立了海口自动站与人工观测气温观测值之间的经验换算关系, 为气候资料的前后连续性以及天气预报中对自动站气温观测资料的订正使用提供一定的思路和方法。

2 资料及分析方法

2.1 资料来源

自动站资料: 海口、琼山、定安、澄迈、临高、儋州、琼海、文昌、万宁、白沙、琼中、昌江、东方、陵水、三亚、永兴16个台站, 2004年1月1日~2005年12月31日审核后的自动站02、08、14、20时(北京时间, 下同)四个时次的气温资料。海口、东方两站2004年1月1日~2005年12月31日审核后的自动站逐时气温观测资料。

人工观测资料: 与自动站对应的16个人工观测站

收稿日期: 2006-12-29; 修订日期: 2007-03-05

基金项目: 海南省气象科技创新基金重点项目“科技创新支持与管理平台”(HN2006ZD07)资助

作者简介: 辛吉武, 男, 河北固安人, 学士, 高级工程师, 主要从事天气气候和气象防灾的研究。E-mail: mws1225@163.com

2004年1月~2005年12月各月审核后的地面观测数据报表文件中02、08、14、20时四个时次干球温度资料。海口、东方两站2004年1月1日~2005年12月31日审核后的人工地面观测数据报表文件中逐时气温观测资料。

2.2 分析方法

以下各评估指标及评估参考标准采用的是国家气候中心对自动站资料评估的技术要求。

2.2.1 缺测率

缺测率是表示自动站缺测次数的指标。一般情况下，缺测率应小于2%。

$$Mq(\%) = \frac{M_{q1}}{M_{q0}} \times 100\% \quad (1)$$

式中 M_{q1} 为某要素月(年)缺测次数， M_{q0} 为该要素该月(年)应测次数。

2.2.2 对比差值及月(年)平均值

对比差值是表示自动站与人工观测之间差异的指标。对比差应保持在 ± 0.2 之间。

设 U_i 为第 i 次人工观测值， A_i 为第 i 次自动站观测值，则第 i 次的对比差值为

$$X_i = U_i - A_i \quad (2)$$

设某月(年)内两种观测共获取 n 个有效的对比差值，则对比差值的月(年)平均值为

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3)$$

2.2.3 对比差值月标准差

对比差值月标准差应保持在 ± 0.2 之间。设对比差值的标准差为 σ ，则有

$$\sigma = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

式中 $\bar{X}$ 为对比差值的月平均值， X_i 为第 i 次的对比差值。

2.2.4 粗差率

粗差是反映数据异常的一个指标。粗差率应小于2%。

首先要逐个检查对比差值，设第 i 次观测值的对比差值为 X_i ，对比差值月平均值为 $\bar{X}$ ，对比差值的月标准差为 σ ，当 $|X_i - \bar{X}| > 3\sigma$ 时，视为粗差。

粗差次数计算：先根据全部数据计算 σ ，逐个检查对比差值，若有 $|X_i - \bar{X}| > 3\sigma$ 时，剔除其中一个最大者，再按计算标准差的公式计算新的 σ ，若还有差值 $|X_i - \bar{X}| > 3\sigma$ 者，再剔除其中的一个最大者，又计算新的 σ ，一直计算到无数据需要剔除为止。

月粗差率为

$$\text{月粗差率}(\%) = \frac{\text{每月粗差次数}}{\text{每月应观测次数}} \times 100\% \quad (5)$$

2.2.5 一致率

一致率是表示本月自动气象站观测数据与人工站观测数据相一致程度的指标。一致率应 $\geq 80\%$ 。

$$\text{月一致率}(\%) = \frac{\text{对比差值落入一致率范围的次数}}{\text{有效总次数}} \times 100\% \quad (6)$$

3 自动站气温资料的评估

3.1 缺测率分析

对所有资料样本按公式(1)进行计算，2004年月缺测率澄迈、临高、儋州、万宁、白沙、琼中有1个月大于1%，其余10站为0%；2005年月缺测率琼中、永兴各有1个月为2%，其余14站为0%。经调查，误差都属于采集器故障造成，属过失误差。总体情况符合缺测率 $< 2\%$ 的要求。

3.2 对比差月平均分析

2004年除东方站外，大多数台站不符合对比差月平均值的绝对值 ≤ 0.2 的标准。全年12个月超标的有三亚、琼中、陵水3个站，50%以上台站有6个月超标，剩余的台站超标2~5个月。2005年东方、保亭、永兴3站全年达标，12个月超标的是海口、琼山站，仍有50%台站有6个月超标。

3.3 气温资料的粗差率

2004年气温月粗差率东方站有9个月 $\geq 2\%$ ，海口站5个月 $\geq 2\%$ ，琼山站3个月 $\geq 2\%$ ，另有3个站1个月 $\geq 2\%$ ，其它10个站月粗差率等于0。2005年东方、海口、琼海、儋州站有4个月气温月粗差率 $\geq 2\%$ ，只有文昌和三亚站全年都符合标准。

3.4 气温资料的一致性

2004年东方有3个月、海口有2个月气温月一致率 $< 80\%$ ，其余14个站各月的气温月一致率均达到 $\geq 80\%$ 的标准。2005年12个月均达到标准的有4个站，儋州、琼海不达标月数达到8个，造成一致性明显减低。而东方站的一致性一直很差。

3.5 综合评估

海南省16个自动站气温资料缺测情况不明显，符合标准要求；人工与自动观测的气温对比差月平均超标现象严重，特别是海口、三亚、儋州等站偏差较大；自动观测气温资料的一致性较好，但2005年比2004年数据异常次数明显增多，一致性下降，应引起高度重视；特别是海口、东方自动观测站气温资料中多项超标。

4 不同时间尺度的对比差分析

针对海口、东方两站的气温自动观测中有多项指标超过参考标准。而两站使用的都是北京华创生产的CAWS600-S自动站,进行进一步分析偏差原因和偏差趋势,并根据其特点分析气候订正的方法。

4.1 对比差的日变化

根据2004、2005年海口、东方人工和自动观测的2 924个观测样本(每个样本包括24次气温观测数据),按照公式(2)、(3)计算每天逐时比差年平均值。依据计算结果,绘制出海口、东方站2004年和2005年年平均气温观测对比差逐时变化曲线(图1)。根据图1可看到,海口站一天中逐时的对比差年平均值均为负值,说明就海口站同一时次自动观测气温的年平均值比人工观测值年平均要高。呈现了三阶段的特征:23:00~次日09:00各时次对比差变化不大,较为稳定;9:00~16:00各时次对比差值线性增大,也就是说明自动观测的气温与人工观测气温差值加大,自动观测气温明显高于人工观测是在15:00~16:00间达到最大偏差;16:00~23:00各时次对比差逐渐减小,自动观测的气温与人工观测气温差值在逐时减小。

反观东方站,对比差平均值基本维持正值,即同一时次自动观测气温的年平均值比人工观测值年平均要低。也呈现了三阶段变化,各时间段变化趋势与海口站基本一致。

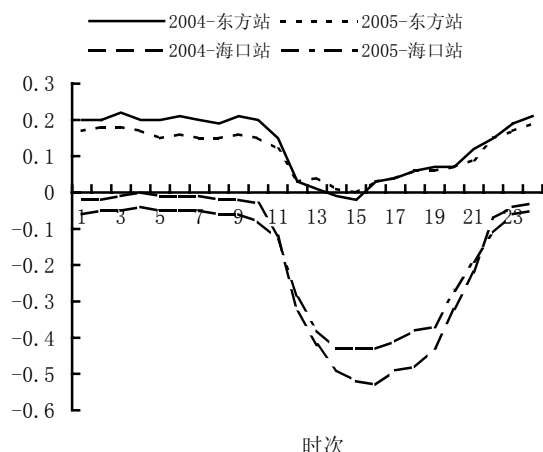


图1 2004和2005年海口、东方两站年平均气温对比差的逐时变化

4.2 对比差逐时月平均值的季节变化

根据海南气候特点,选6月作为夏季代表月,1月作为冬季代表月^[14]。对海口站,利用公式(2)、(3)计算2004年1月和6月人工和自动24次气温观测

资料的每一时次的对比差月平均值。根据计算结果,绘制出海口2004年冬、夏季代表月平均气温对比差的逐时变化(图2)。从图2可看到:海口站一天中对比差的月平均变化趋势与年平均变化趋势类似,三个阶段变化的时间区间基本一致,数值上夜间23:00~9:00期间差值变化不大。白天9:00~23:00期间的对比差数值是夏季明显大于冬季。

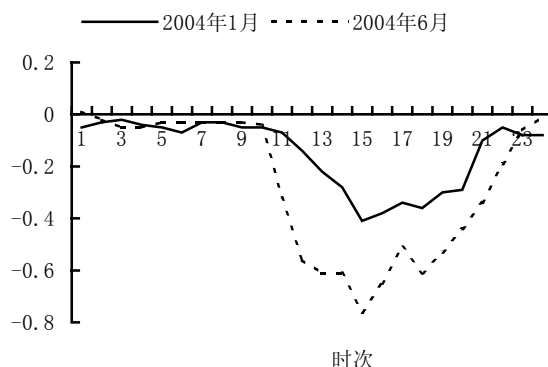


图2 2004年海口站冬、夏季代表月气温对比差的逐时变化

4.3 气温对比差变化趋势的原因分析

根据以上分析结果,我们对自动站与人工观测气温偏差的原因进行了分析,初步认为:(1)测量元件的精度及对气温变化响应的灵敏度造成的偏差。海口和东方气温对比差逐时日变化都呈现三个阶段的变化趋势,在气温快速升温阶段(9:00~16:00)和快速降温阶段(16:00~23:00)两者差值快速变化是不同的测量元件对气温的变化量具有线性(指数)放大或缩小作用,造成当气温变化量较小时对比差比较接近,而变化量较大时对比差则显著增大。(2)观测时间的差异。按照地面观测规范,常规观测时间为正点观测前10 min,自动站观测时间为正点,二者相差10 min,从而造成在白天气温升温和降温幅度较大期间,自动站与人工观测气温值差值会逐时加大和逐时减小,在夜间23:00后气温波动较小时基本保持稳定。(3)太阳辐射差异。由于海口夏季的太阳辐射强度明显高于冬季,因此夏季白天气温对比差明显大于冬季。(4)观测场地的小气候差异。海口和东方站使用的同一型号的自动站,但观测场环境差别较大,海口观测站已被城市楼群包围,而东方站离海边仅1 km左右,两观测站常年风速、气温等差异较大。分析可能是观测场小气候的差异造成两站自动站观测与人工站观测之间呈现相反符号的年平均对比差值。

5 海口自动站气温观测资料的订正

根据海口自动站气温观测资料对比差变化规律,通过对2004年、2005年海口站人工与自动气温观测资料1 462个记录样本(每个样本包括24次气温观测值)进行拟合,根据对比差三段变化特征,建立分段订正公式如下

$$T = T_M - 0.18 \quad (t \in [1,10] \cup [23,24]) \quad (7)$$
$$T = T_M - (t-10) \times 0.1 \quad (t \in [11,16]) \quad (8)$$
$$T = T_M - (22-t) \times 0.12 \quad (t \in [17,22]) \quad (9)$$

式(7)~(9)中 T 代表订正后的自动站气温, T_M 代表自动站观测气温, t 代表观测时次(北京时)对应的数值,如19:00观测值订正时 $t=19$ 。

利用式(7)~(9)对2004年、2005年自动站气温观测资料进行订正,分别计算各月的对比差平均值,用2006年上半年海口自动站气温观测资料进行订正效果检验。订正前后对比差月平均值见表1。从表1可发现,2004、2005和2006年上半年订正效果十分明显,海口自动站2004、2005年对比差月平均(按规定保留1位小数)订正前有11个月 ≥ 0.2 ,2006上半年6个月对比差月平均(按规定保留1位小数)全都 ≥ 0.2 ,而订正后全年都 ≤ 0.1 ;海口站气温对比差月平均超标率由92%降到0%。订正公式是根据2004、2005年资料拟合形成的,在2006年上半年检验效果仍然明显,可在以后工作中使用。

表1 海口自动站气温观测资料订正前后对比差月平均值对比 单位:。

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
2004对比差月平均值	- 0.16	- 0.10	- 0.17	- 0.21	- 0.19	- 0.28	- 0.24	- 0.26	- 0.23	- 0.16	- 0.18	- 0.15	- 0.20
2004年订正后对比差月平均值	0.02	0.08	- 0.00	- 0.05	- 0.02	- 0.10	- 0.06	- 0.09	- 0.06	- 0.00	0.00	0.02	- 0.02
2005 年对比差月平均值	- 0.16	- 0.19	- 0.18	- 0.19	- 0.2	- 0.19	- 0.22	- 0.21	- 0.17	- 0.16	- 0.17	- 0.14	- 0.18
2005 年订正后对比差月平均值	0.01	- 0.02	- 0.01	- 0.02	- 0.03	- 0.04	- 0.05	- 0.04	- 0.01	0.00	0.00	0.03	- 0.02
2006 年对比差月平均值	- 0.15	- 0.20	- 0.15	- 0.21	- 0.20	- 0.19	半年平均: - 0.18						
2006 年订正后对比差月平均值	0.09	0.09	0.10	0.05	0.04	0.04	半年平均: 0.07						

6 结 论

(1) 2004~2005年海南省16个站自动站气温观测资料缺测率符合标准,月粗差率和资料一致率基本正常(除东方、海口外)。但2005年气温数据异常次数增多的现象值得注意,与人工观测气温的对比差增大的趋势不容乐观。由于海南省自动站与人工观测气温对比差普遍超标,需要对自动站观测的气温值进行订正后使用。否则可能会对气候变化诊断与模拟研究结果造成一定影响。

(2) 海口、东方气温对比差日变化趋势基本一致,受太阳辐射的影响,海南夏季对比差值明显大于冬季。但年平均对比差值呈现相反符号的现象。初步分析原因之一可能是受特殊的观测场地的小气候影响,影响的具体气候因子或其它原因有待于进一步深入研究和探讨。

(3) 针对2004~2005年海口自动站与人工观测气温对比差变化特点,分段建立了气温订正关系并通过了2006年上半年的检验,效果较好。由于海南各自动站对比差的变化趋势有比较一致、稳定的变化趋势,海口站所选取的分段订正方法,在海南其它各站根据资料建立订正方法时有一定的借鉴之处。

(4) 人工和自动观测资料的误差各地都有存在,应引起足够重视,特别是以自动观测为主后,人工与自动观测资料的稳定连续性处理上应建立规范的工作流程,对资料进行订正,以保证气温资料分析时前后的连续和稳定性,以免对气候变化诊断与模拟等研究和业务工作造成影响。

参 考 文 献：

- [1] 胡玉峰. 自动站与人工观测数据的差异[J]. 应用气象学报, 2004, 15(6): 719-726.
- [2] 顾品强, 王美华. 型自动站与常规站温湿度观测记录的比较[J]. 气象, 2003(1): 35.
- [3] 吴慧, 陈小丽. 海南省四十年来气候变化的多时间尺度分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(2): 213-218.
- [4] 李晨光, 刘淑媛, 陶祖钰. 华南暴雨试验期间香港风廓线雷达资料的评估[J]. 热带气象学报, 2003, 19(3): 269-276.
- [5] 郭锡钦, 曾书儿, 王金钊. 自动气象站的动态试验及其测量准确度[J]. 应用气象学报, 1994, 5(2): 176-183.
- [6] 郭锡钦, 曾书儿, 王金钊. 有线综合遥测站现场对比试验结果[J]. 气象, 1994, 20(5): 24-27.
- [7] 王宝鉴, 陈旭辉, 陶健红, 等. 兰州CAWS6002R自动站与人工观测资料对比分析[J]. 气象科技, 2004, 32(4): 281-285.
- [8] 刘至仁. 型遥测仪监测资料的质量评估[J]. 气象, 2004 (1) : 50-53.
- [9] 刘建华, 胡庆荣. 自动站与人工站常规气象要素的对比分析[J]. 江西气象, 2005, 28 (2) : 57-58.
- [10] 徐可文, 岳改慧, 阮建忠. 自动气象站与人工气象站观测资料对比分析[J]. 山西气象, 2003 (3) : 35-39.
- [11] 熊安元, 朱燕军, 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和原因分析[J]. 气象学报, 2006, 64(3): 377-384.
- [12] 王颖, 刘小宁. 自动站与人工观测气温的对比分析[J]. 应用气象学报, 2002, 13 (6) : 741-748.
- [13] 翟盘茂. 中国历史探空资料中的一些过失误差及偏差问题[J]. 气象学报, 1997, 55 (5) : 563-572.
- [14] 吴胜安, 张永领, 杨金虎. 海南岛最高最低气温的非对称性变化[J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 667-670.

EVALUATION OF TEMPERATURE RECORDS OBTAINED BY AWS IN HAINAN PROVINCE AND ADJUSTMENT OF CLIMATOLOGICAL TIME SERIES

XIN Ji-wu¹, XU Xiang-chun¹, XING Xu-huang², YAN Jing-min³

(1. Hainan Institute of Meteorological Science, Haikou 570203, China;
2. Hainan Climate Center of Information Technology, Haikou 570203, China;
3. Hainan meteorological information center, Haikou 570203, China)

Abstract: Based on the parallel air temperature data of automatic sounding and manual observations at 16 weather stations in Hainan province from 2004 to 2005, a comparative analysis and evaluation is made on the validity. The results indicate that there are daily and seasonal differences between temperature observations recorded by AWS and conventional methods. The causes responsible for the differences are the systematic error, the sensitivity of two instruments to the environmental temperature change, the difference of the observation time and the effect of solar radiation. Because the long-range data were obtained from manual observation, the empirical conversion formula between the temperature records obtained by two instruments is provided for continuous use of the climate data after the changes in instruments.

Key words: automatic weather station; temperature; evaluation; adjustment