

李亚丽,任芝花,陈高峰,等. 2015. 自动与人工观测气温差异偏大的原因及影响分析——以 143 个国家基准站为例. 气象, 41 (8):1007-1016.

自动与人工观测气温差异偏大的原因及影响分析 ——以 143 个国家基准站为例^{*}

李亚丽¹ 任芝花² 陈高峰³ 夏巧利¹ 贺音¹ 余鹏¹

1 陕西省气象信息中心, 西安 710014

2 国家气象信息中心, 北京 100081

3 陕西省渭南市气象局, 渭南 714000

提 要: 利用 143 个国家基准站 2002—2010 年自动与人工逐日平行观测资料进行对比分析, 评估自动观测与人工观测气温的差异, 着重分析两者存在的较大差异及其发生原因, 并利用惩罚最大 t 检验(PMT)方法结合台站元数据中自动观测仪器变化信息, 客观评价自动观测对气温序列均一性的影响。结果表明: (1) 51.29%、54.14%、67.18% 的自动观测日平均、日最高、日最低气温大于人工观测值, 差值在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间的百分率分别为 78.8%、63.1%、60.9%, 平均对比差值分别为 0.05、0.09、0.15 $^{\circ}\text{C}$, 标准差为 0.14、0.22 和 0.15 $^{\circ}\text{C}$, 各气温要素的差值、绝对差值和标准差随自动观测时间的增长并无明显的增大或减小的趋势, 且空间分布各有不同; (2) 通过对对比差值、绝对差值、标准差的分类比较、逐步筛选发现, 少数台站自动与人工观测值差异较大, 对于采集自同一传感器的不同气温要素, 平均、最高、最低气温的差值表现也不尽一致。经 PMT 检验, 在平均气温、最高气温和最低气温的绝对差值最大的 20 个站中分别有 35% 的台站的月平均气温序列、35% 的台站的月平均最高气温序列和 25% 的台站的月平均最低气温序列由于自动观测仪器变化引起序列的非均一; (3) 分析认为: 温度传感器检定更换而导致的仪器示值误差变化会造成自动与人工观测对比差值跳变, 而温度传感器或数据采集器等电子元器件的零点漂移会导致自动观测气温严重偏离人工观测值, 这两种因素会导致自动与人工观测气温差异偏大, 也是自动观测仪器变化导致气温序列产生非均一断点的可能原因。建议加强自动观测数据的监测与质量控制, 增加观测仪器检定示值误差订正, 并采取硬件、软件补偿等方法, 实现温度零点补偿, 尽可能地减小或消除仪器误差, 提高自动观测资料的准确性。

关键词: 自动观测, 气温, 差异, 仪器示值误差, 仪器零点漂移, 惩罚最大 t 检验(PMT)

中图分类号: P412, P414

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2015.08.010

Causes and Impact Analysis of Errors Between Temperatures Obtained by Automatic and Manual Observations at 143 National Automatic Benchmark Stations

LI Yali¹ REN Zhihua² CHEN Gaofeng³ XIA Qiaoli¹ HE Yin¹ YU Peng¹

1 Shaanxi Meteorological Information Centre, Xi'an 710014

2 National Meteorological Information Centre, Beijing 100081

3 Weinan Meteorological Office of Shaanxi, Weinan 714000

Abstract: Based on the parallel daily air temperature data of automatic and manual observations at 143 national benchmark stations from 2002 to 2010, systematic comparative analysis and objective evaluation of differences are made, especially focusing on the large differences and their causes. The impact of automatic observation on the homogeneity of temperature time series is evaluated using the penalized maximal t test

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106038)和陕西省气象局气象科技创新基金项目(2014M-27)共同资助
2014 年 1 月 9 日收稿; 2014 年 10 月 13 日收修定稿
第一作者: 李亚丽, 主要从事气象资料分析与应用研究. Email: yalisongli@126.com

(PMT) combined with the metadata of observation instrument changes. The results show that: (1) 51.29%, 54.14%, and 67.18% of daily average, highest, lowest temperatures obtained by AWS (automatic weather station) are greater than the values by manual observation and the percentage of difference between $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ respectively accounts for 78.8%, 63.1%, and 60.9%. Average difference values of daily average, highest, lowest temperature are 0.05°C , 0.09°C and 0.15°C , and the standard deviations are 0.14°C , 0.22°C and 0.15°C , respectively. The difference, absolute difference value and standard deviation of all temperature elements have no apparent increasing or decreasing trend along with the observation time of AWS and their spatial distributions are different. (2) By the classification comparison and screening of the difference value, absolute difference value and standard deviation step by step, some differences are found greater at a few stations and the differences of the average, the highest and lowest temperatures collected from the same sensor are different as well. By the check of PMT, the inhomogeneous breakpoints are found in the monthly average temperature time series, monthly average maximum temperature time series of 35% station and monthly average minimum temperature time series of 25% stations among the 20 stations with largest absolute difference values of average, maximum and minimum temperatures. (3) The change of calibration error of temperature sensor is the important reason for difference jump between automatic and manual observations. The instrument failures, such as zero drift of electronic components of temperature sensor or data collector can lead temperature obtained by AWS to deviate greatly from the value of manual observation. The above two facts are the main causes for greater differences in temperature between automatic and manual observations, and also possible reasons for inhomogeneous breakpoints of temperature series because of observational instrument changes. Therefore, we suggest strengthening monitoring and quality control for automatic observation data, increasing the observation instrument calibration error correction and realizing the zero temperature compensation adopting methods of hardware and software compensation to reduce or eliminate the instrument error as much as possible and improve the accuracy of the automatic observation data.

Key words: automatic observation, temperature, difference, instrument calibration error value, zero drift, penalized maximal t test (PMT)

引 言

气象观测是气象工作的基础,其获取的具有代表性、准确性和比较性的观测数据在政治、经济、农业、旅游以及各种突发事件的快速响应中提供了可靠的天气和气候信息,发挥着重要的作用。近百年来,人工气象观测站作为各种气象资料的主要来源,提供了较长时期的气象观测记录,人工器测气象数据的质量已经得到了大家的公认。2000年起,中国气象局在全国逐步推行大气探测自动化业务,全面提升了我国地面气象观测站网的时空密度,提高了观测数据的精准度和连续性。目前,全国2400多个国家级气象观测站全部实现了温度、湿度、气压、风速、雨量等基本气象要素的观测自动化。世界气象

组织(WMO)和气候委员会会议(CCL)明确要求各成员国,在进行大气探测自动化进程中,需要一定时间的平行观测,在统一的气候资料存档和管理原则下,对观测资料进行质量评估,以确保历史资料的均一性。按照规定我国的国家一般气象站进行了2年自动与人工的平行观测,全国143个国家基准站自开始自动观测至2011年底除24次自动观测外,同时保留了24次人工观测。

观测系统发生变化后在重视其数据质量控制(任芝花等,2012;杨萍等,2011)的同时,关于人工与自动观测资料的差异分析较多(连志鸾,2005;刘小宁等,2008;刘至仁,2004;李亚丽等,2010),造成两者差异的原因主要有仪器原理、采样算法、百叶箱的变化(胡玉峰,2004;鞠晓慧等,2010;任芝花等,2006;王立等,2006;中国气象局,2003)以及太阳辐

射等因素(Hubbard et al, 2004;余君等,2007;顾品强等,2003;陈丽红等,2012)对气温测量的影响,仪器换型对气候序列的影响分析较少(方永侠等,2010;辛吉武等,2008;曾红玲等,2010;王颖等,2007)。本文利用2002—2010年143个国家基准站的自动与人工平行观测气温资料通过总体差异对比、样本筛选、分类比较等方法进行系统的分析,全面评估143个基准站逐日自动观测气温数据的质量,客观评价观测仪器变化对气温序列均一性的影响,查找除了系统偏差之外造成这种影响的更深层次的原因,提出自动观测仪器在使用过程中应注意的问题,以期尽可能减少人为因素对气温测量准确性的影响,并为两种观测方式所获取资料的连续应用提供依据,为预报预测、人工影响天气、城市环境气象、气象灾害决策服务和科学研究等提供更准确的气象观测资料。

1 资料与方法

在分析自动与人工观测气温差异的过程中发现,由于两者之间存在正、负偏差,直接求日差值的平均会导致正负抵消,平均值较小,不易发现问题。标准差(魏凤英,2007)是一组数据平均值分散程度的一种度量,能较好反映一个数据集的离散程度。故利用2002—2010年143个国家基准站的逐日自动与人工观测气温数据计算两者的对比差值、绝对差值及差值、绝对差值的标准差,评估自动观测气温数据的质量,对评估结果中差异较大的数据通过分类比较、查找个例等方法对差异的不同表现予以总结,查找造成差异的可能原因,并使用惩罚最大 t 检验(PMT)(Wang et al,2007)的方法结合台站观测仪器变更的元数据对日平均、日最高、日最低气温绝对差值最大的20站1961—2010年的月平均、月平均最高、月平均最低气温序列进行均一性检验,客观评价仪器变化对气温序列均一性的影响。

文中“差值”和“绝对差值”,均为自动观测值减去人工观测值。基于惩罚最大 t 检验(PMT)方法是通过建立一个经验性的惩罚函数,并将之嵌入多元线性回归算法来检验、订正包含一阶自回归误差的数据序列的多个间断点(平均突变),能够有效避免断点位置对置信度的影响以及非均一的参考序列

带来的检验误差和待检序列内部的自相关等问题(Wang et al,2007;Wang,2008)。

2 自动与人工观测气温差异分析

2.1 自动与人工观测气温对比结果总体情况

143站的342981条逐日自动与人工观测数据对比结果如下:日平均、最高、最低气温的平均对比差值分别为0.05、0.09和0.15℃,相应标准差分别为0.14、0.22和0.15℃;平均绝对差值分别为0.16、0.24和0.23℃,相应标准差分别为0.11、0.17和0.13℃。日平均、日最高、日最低气温的对比差值 >0 的百分率分别占到51.29%、54.14%和67.18%,等于0的百分率分别占到20.24%、14.91%和14.32%。按大小进行频次区间统计发现(图1),日平均、日最高、日最低气温对比差值在 ± 0.2 ℃之间的百分率分别为78.8%、63.1%和60.9%。

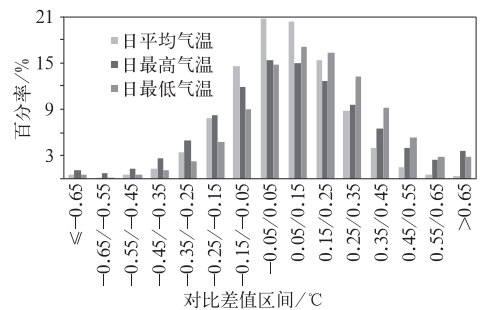


图1 日平均、日最高、日最低气温对比差值区间分布

Fig. 1 The interval distribution of daily average, maximum and minimum temperature differences

2.1.1 自动与人工观测气温差异的年际变化

使用铂电阻温湿传感器自动观测与使用玻璃液体温度表人工观测的平行观测气温记录自2002年的6站开始,至2008年143个国家基准站全部自动观测,一直延续至2010年底。逐年分析对比结果发现(表1),随着自动站站数的逐年增加,日平均、最高气温的差值、绝对差值逐年减小,日最低气温的差值、绝对差值增大或减小的变化趋势不明显。自2005年起,平行观测台站数增加到136站,日平均、

日最高、日最低气温对比差值的标准差较为稳定。

若持续关注 2003 年开始自动观测的 8 站人工与自动观测气温的差异(表 2)发现,日平均、日最高、日最低气温的 3 种统计量并无随时间的明显的

增大或减小的变化趋势。与表 1 同样,日平均气温平均差值最小,日最低气温平均差值最大,三者中日最高气温差值标准差最大。

表 1 2002—2010 年自动与人工观测气温逐年对比结果(单位:℃)
Table 1 The annual comparison results between temperatures obtained by automatic and manual observation from 2002 to 2010 (unit: ℃)

年	当年比 对站数	日平均气温			日最高气温			日最低气温		
		差值	标准差	绝对差值	差值	标准差	绝对差值	差值	标准差	绝对差值
2002	6	0.18	0.23	0.23	0.33	0.32	0.39	0.22	0.17	0.25
2003	8	0.12	0.20	0.21	0.24	0.30	0.33	0.16	0.16	0.21
2004	86	0.04	0.17	0.19	0.11	0.26	0.29	0.11	0.19	0.26
2005	136	0.03	0.14	0.16	0.10	0.23	0.25	0.11	0.15	0.22
2006	137	0.04	0.14	0.16	0.10	0.23	0.25	0.15	0.15	0.23
2007	142	0.05	0.14	0.16	0.09	0.22	0.24	0.15	0.15	0.23
2008	142	0.06	0.14	0.16	0.08	0.22	0.22	0.16	0.15	0.23
2009	143	0.07	0.14	0.16	0.07	0.21	0.22	0.19	0.15	0.25
2010	143	0.06	0.14	0.17	0.06	0.21	0.22	0.17	0.15	0.23

表 2 2003—2010 年自动与人工观测气温逐年对比结果(单位:℃)
Table 2 The annual comparison results between temperature obtained by automatic and manual observation from 2003 to 2010 (unit: ℃)

年	当年比 对站数	日平均气温			日最高气温			日最低气温		
		差值	标准差	绝对差值	差值	标准差	绝对差值	差值	标准差	绝对差值
2003	8	0.12	0.20	0.21	0.24	0.30	0.33	0.16	0.16	0.21
2004	8	0.10	0.20	0.20	0.17	0.28	0.28	0.22	0.18	0.26
2005	8	0.10	0.18	0.18	0.14	0.25	0.24	0.26	0.14	0.28
2006	8	0.10	0.18	0.18	0.19	0.24	0.26	0.29	0.17	0.30
2007	8	0.11	0.18	0.18	0.19	0.26	0.28	0.24	0.15	0.27
2008	8	0.14	0.17	0.19	0.21	0.26	0.29	0.30	0.16	0.32
2009	8	0.11	0.18	0.21	0.20	0.25	0.31	0.30	0.16	0.34
2010	8	0.12	0.17	0.23	0.22	0.25	0.35	0.21	0.16	0.30

2.1.2 自动与人工观测气温差异的空间分布

日平均气温的平均差值最小 -0.17°C ,最大 0.34°C ,没有明显的区域特征(图 2)。标准差最大 0.25°C ,大部分台站日平均气温差值标准差 $<0.2^{\circ}\text{C}$,标准差较大的台站主要在我国内蒙古、青藏地区。日平均气温的多年平均绝对差值最大 0.41°C ,14%的台站绝对差值 $>0.2^{\circ}\text{C}$,绝对差值较大的台站分布在我国中部。

日最高气温平均差值负偏差主要分布在我国东部(图 3),差值 $>0.3^{\circ}\text{C}$ 以上的站零散分布在西部地区。我国东南部日最高气温的差值标准差明显小于其他地区。日最高气温的绝对差值较大的台站分布在我国西南和青藏地区(中西部)。

日最低气温平均差值 $>0.2^{\circ}\text{C}$ 的 51 个台站主要分布在我国中部(图 4),约 14%的台站差值标准差 $>0.2^{\circ}\text{C}$,标准差较大的台站主要分布在我国西南

和华北地区,绝对差值较大的台站在我国中部地区。

2.2 自动与人工观测气温差异的样本分析

WMO 仪器和观测方法委员会(CIMO)指南(中国气象局,2003)中规定,气温测量时分辨率应达到 0.1°C ,测量的准确度应达到 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$,气温极值的测量准确度应达到 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,中国气象局(2003)指出:结合我国现状,气温可达到业务准确度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 的要求。以人工观测气温为参照,除了日平均、日最高、日最低气温自动与人工观测气温对比差值分别在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内的 78.8%、63.1% 和 60.9%外,其他的数据两者差值究竟是何种情况?在 143 个基准站自动与人工观测日平均、日最高、日最低气温的对比结果中分别选取差值、标准差和绝对差值的多年平均值最大的 20 个站(其中日平均气温有 12 站的平均差值及 3 站的标准差 $<0.2^{\circ}\text{C}$ 外,其他

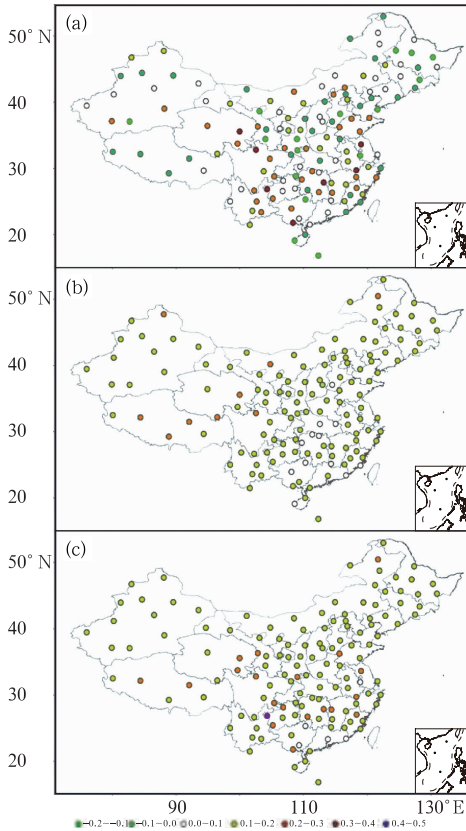


图 2 日平均气温差值(a)、标准差(b)、绝对差值(c)空间分布(单位:℃)
Fig. 2 The spatial distributions of difference (a), standard deviation (b) and the absolute difference (c) of average daily temperature (unit:℃)

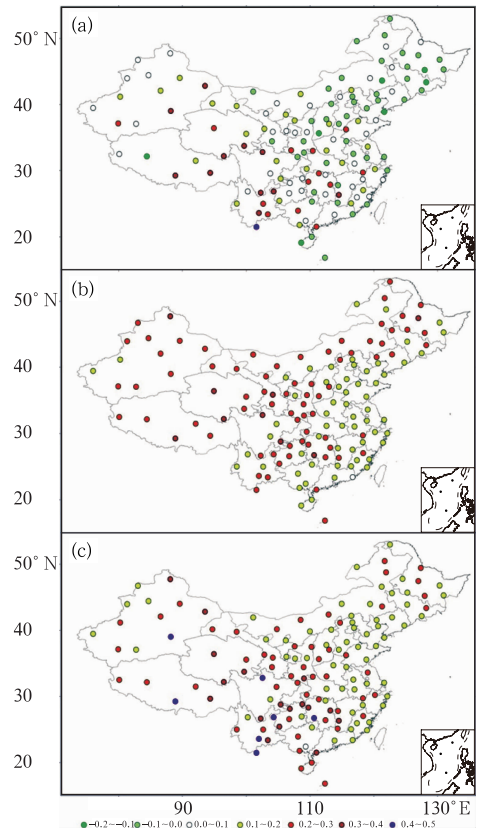


图 3 日最高气温差值(a)、标准差(b)、绝对差值(c)空间分布(单位:℃)
Fig. 3 The spatial distributions of difference (a), standard deviation (b) and the absolute difference (c) of daily maximum temperature (unit:℃)

均 $>0.2^{\circ}\text{C}$)来梳理、查找问题。

2.2.1 以差值、标准差和绝对差值来分类

对差值、标准差和绝对差值最大的 20 个站的日平均、日最高、日最低气温分别进行梳理,结果大致可以分为:a类“差值、绝对差值、标准差三者均较大”,b类“差值、绝对差值较大,标准差较小”,c类“绝对差值、标准差大,差值较小”,分析发现,在差值、标准差与绝对差值三者中,绝对差值与其他两项的关联度最高,因此仅将“绝对差值较大,而差值和标准差较小”列为d类,其他不再考虑。将梳理结果整理如表 3 所示,日最高气温对比结果 a 类台站个数较多,11 个站差值、绝对差值、标准差三者均较大,而日最低气温对比结果显示,b 类台站以 12 个最多。

对表 3 中代表站的对比结果进一步分析发现,无论日平均、日最高还是日最低气温的差值情况基

本一致,a 类台站自动与人工观测气温相比,绝大部分呈正偏差,差值波动振幅较大;b 类台站自动与人工观测气温相比绝大部分时段呈正偏差,且差值较大,大部分时段差值波动较小;c 类台站自动与人工观测气温对比差值振幅较大,但以年为周期围绕 0°C 上下振荡,故绝对差值、标准差大,差值较小。d 类台站在对比期间大部分时段自动与人工观测气温对比差值和标准差均较小,波动较为平稳,但在某段时间内差值振幅突然增大,存在较大的跳跃突变。

值得注意的是,在多年平均的日平均气温绝对差值 $>0.2^{\circ}\text{C}$ 的 20 个站中分析发现,其中安康(2005—2006 年)、武冈(2004 年)、宜春(2007 年)、兴仁(2004 年)、威宁(2005 年)、桐梓(2004—2005 年)、纳溪(2004 年)、建瓯(2007 年)等站(图 5 为 5 个代表站)2004—2010 年的 84 个月的对比期内自动与人工观测气温平均对比差值和标准差或大或

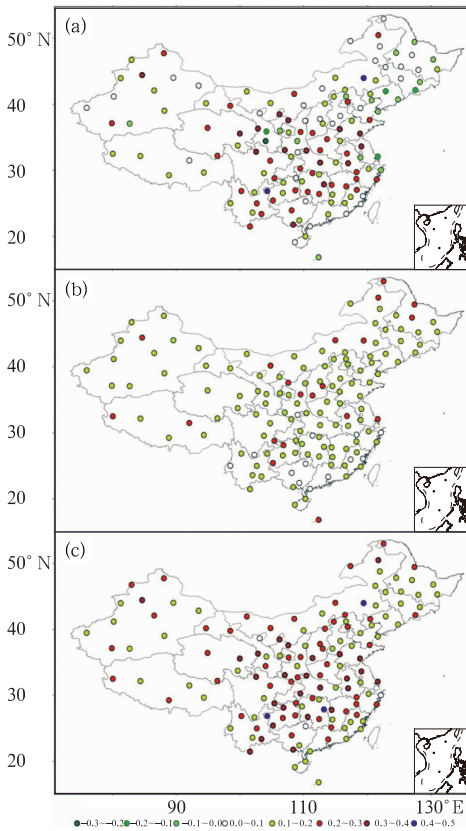


图 4 日最低气温差值(a)、标准差(b)、绝对差值(c)空间分布(单位:℃)

Fig. 4 The spatial distributions of difference (a), standard deviation (b) and the absolute difference (c) of daily minimum temperature (unit:℃)

小,波动较为平稳,但在某段时间内差值振幅突然增大,存在较大的跳跃突变,差值月变化甚至达-2.4℃。

除上述以图 5 为代表的台站部分时段自动观测气温严重偏离人工观测值外,4种分类中其他台站

(图 6 为 3 个代表站)的自动与人工观测气温差值基本呈周期性振荡,或在对比期间绝大多数呈正偏差,或对比期间正、负偏差周期性交替出现,或对比期间差值围绕 0℃正负偏差以年为周期交替出现。这些差值规律较为明显,差值较为平稳。

2.2.2 以平均、最高、最低气温分类

同样从日平均、日最高、日最低气温的自动与人

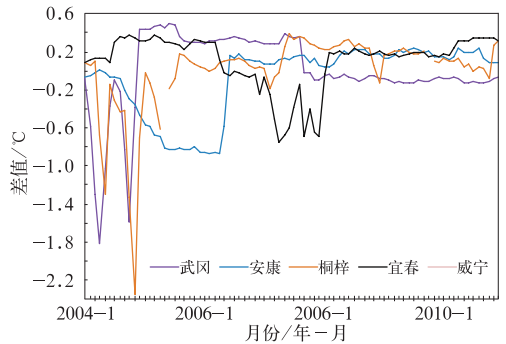


图 5 自动与人工观测日平均气温逐月平均差值

Fig. 5 The monthly average difference between daily average temperatures obtained by automatic and manual observations

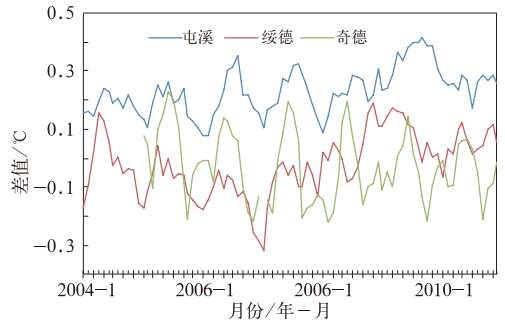


图 6 自动与人工观测日平均气温逐月平均差值

Fig. 6 The monthly average difference between daily average temperatures obtained by automatic and manual observations

表 3 自动与人工观测气温对比结果的台站分类表(单位:℃)
Table 3 Classification of stations about comparison results between temperature obtained by automatic and manual observations (unit:℃)

分类	日平均气温	日最高气温	日最低气温
a	刚察、兴海、申扎、红原	若羌、哈密、格尔木、申扎、日喀则、达日、囊谦、甘孜、红原、威宁、遂川	图里河、定边、巴林左旗
b	威宁、株洲、淮安、屯溪、建瓯、防城	林芝、会理、元江、勐腊、电白	民和、兴海、银川、莘县、莒县、红原、威宁、汉中、钟祥、株洲、淮安、防城
c	图里河、改则、那曲、达日、纳溪、桐梓	阿勒泰、武冈	申扎、桐梓、兴仁
d	宜春、武冈、兴仁、安康	安康、酉阳	宜春、武冈

工观测的对比差值、绝对差值和标准差中分别筛选出的量值较大的20个台站,但对某个具体台站而言,日平均、日最高、日最低气温的自动与人工观测的对比结果也存在不一致的情况,无论平均的差值、绝对差值还是标准差也可以分为4种情况来表述(表略),①类“平均、最高、最低气温三者均较大”,②类“平均、最高气温两者较大,最低气温较小”,③类“平均、最低气温较大,最高气温较小”,④类“仅最高、最低气温较大”。其他仅有某一气温要素较大的台站不予考虑。

以差值较大为例,①类站有红原、威宁、蒙自、株洲等4站,②类站有申扎、遂川、都安等3站,③类站有民和、兴海、莘县、莒县、淮安、防城等6站,仅勐腊站日最高、日最低气温平均差值偏大,平均气温差值略小。以绝对差值较大为例,③类台站最多占8个,其次是①类站4个。按标准差较大来分,②类台站有9站,③类台站有5站,①类4站。

也就是说,尽管自动观测的平均气温、最高气温、最低气温获取自同一采集器,但由于各自算法不同,以及相对应的人工观测气温数据的原理又有所区别,其差异对比结果也不尽一致。其中红原、威宁两站的日平均、日最高、日最低气温的差值和绝对差值均较大,申扎三种气温要素的绝对差值和标准差较大。

3 自动与人工观测气温差异的可能原因分析

从第2节的总体分析可知,自动与人工观测的日平均、日最高、日最低气温对比差值超出 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 的百分率分别有21.2%、36.9%和39.1%,同时样本分析显示,两者差值较大的台站的差值表现可以归结为图5和图6的两类现象,那么如果将自动与人工观测气温在仪器原理上的差异、观测时间的不一致、空间位置的区别、百叶箱和采样算法的变化等每个台站都存在的差异归结为系统偏差的话,那么造成不同台站自动与人工观测气温平均差值或大或小,出现图5和图6这两类现象有无更深层次的原因呢?通过对观测仪器原理、观测仪器在使用、维护、检定、故障维修等环节的调查研究发现,造成这两类现象发生的原因可以归结为以下两点。

3.1 温度传感器的检定示值误差对自动与人工观测气温差异的影响

根据自动站检定规程,温度传感器检定周期为

2年,当被检温度传感器在所选温度检定点上的示值误差满足技术要求,确定为合格,发给检定证书。气温计量性能要求最大允许误差为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。在现行的自动站观测和数据加工处理业务中,这些示值误差并不参与到自动站采集计算中,这种由于检定规程对示值误差的最大允许值,自动站各要素传感器检定结果的不确定度(朱乐坤等,2006;杨志彪等,2014)会带来温度测量值的不连续。

利用安康和汉中两站2004年1月1日至2012年3月31日自动与人工观测的日平均、日最高、日最低气温记录计算月平均对比差值,并分别按照温度传感器的使用检定时间[安康:2004年1—5月、2004年6月至2006年4月、2006年5月至2008年3月(图7中记为a)、2008年4月至2010年8月(图7中记为b)、2010年9月至2012年3月(图7中记为c),汉中:2004年1—4月、2004年5月至2006年4月、2006年5月至2008年3月、2008年4月至2010年3月(图7中记为d)、2010年4月至2012年3月(图7中记为e)]为周期求取各检定周期内自动与人工观测气温的平均差值,对照搜集到的5次仪器检定校准证书上所标示温度传感器的最大误差(a段 $+0.1^{\circ}\text{C}$ 、b段 -0.2°C 、c段 -0.2°C 、d段 $+0.2^{\circ}\text{C}$ 、e段 $+0.1^{\circ}\text{C}$)评估温度传感器检定更换对气温观测值的影响(图7)发现,在温度传感器的10个使用周期内,因仪器检定示值误差不同,自动与人工观测气温两者平均差值呈现或增大或减小的阶梯式跳变,仪器更换当月与前一个月相比差值较大,且日平均、日最高、日最低气温差值增大或减小的趋势基本一致。5个检定示值与相应时段自动与人工观测对比差值在量值的变化上有所关联,特别在d到e段,随着示值误差的减小相应差值也减小。由以上分析断定,温度传感器的检定示值误差是影响自动与人工观测差异的重要因素,但由于搜集到的仪器检定校准证书较少,温度传感器的示值误差与自动与人工观测气温差值的关系有待进一步研究。

3.2 仪器零点漂移对自动与人工观测气温差异的影响

自动气象站由数据采集器、各要素传感器、通讯接口等软、硬件组成,作为自动气象站核心的数据采集器的元器件会受到环境温度影响,造成系统输出发生漂移(唐炜等,2007)。而温度传感器根据铂电阻(Pt100)的电阻值随温度变化的原理来测定温度,铂金属属热敏元件,其静态特性与其所在的工作环

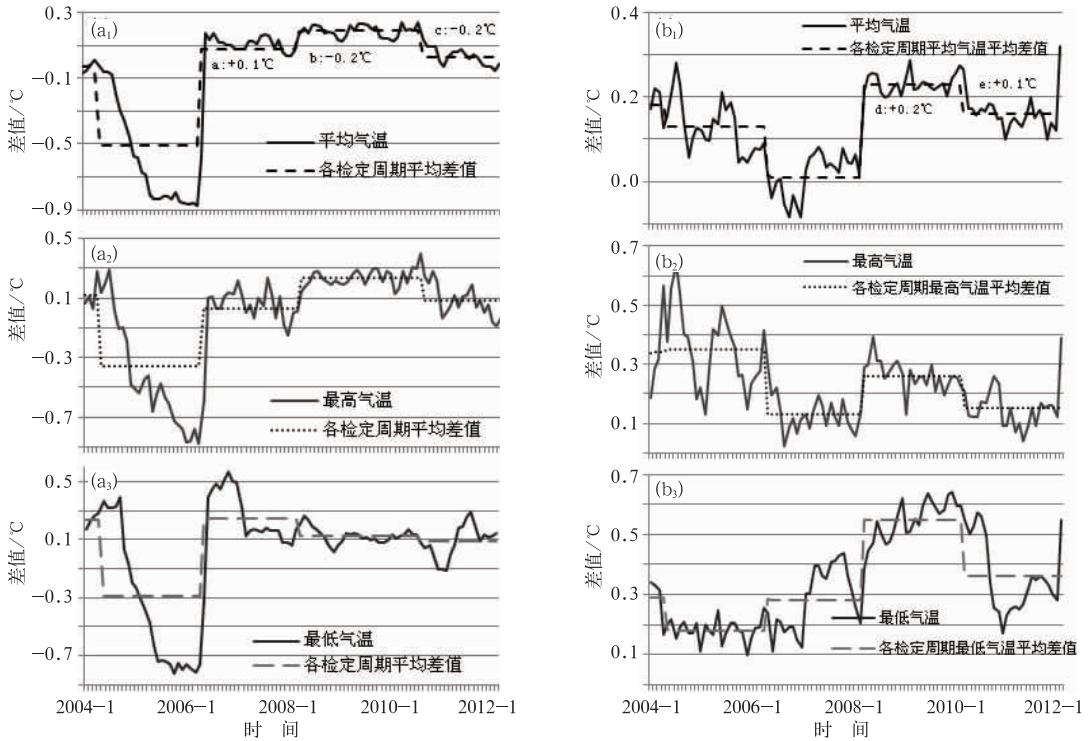


图7 自动与人工观测气温逐月平均差值

(a) 安康站, (b) 汉中天

Fig. 7 The monthly average difference between temperatures obtained by automatic and manual observation

(a) Ankang Station, (b) Hanzhong Station

境密切联系,系统的结构特征会随时间发生变化产生时漂,或者受温度的影响而引起零点不稳定(谭丹等,1995)。同样,由于温度传感器端部的不锈钢与绝缘护管、绝缘护管与电缆之间的黏接、密封、渗水等问题致使传感器不能正常测量和输出数据;温度计接线处生锈或者温度线接地部分不能良好地接地,导致电阻增大,数据异常;数据采集器故障等自动气象站仪器故障也会造成温度观测的异常值(丛郁等,2007;林宏建等,2010;罗淇,2005;罗淇等,2007)。

在10个使用周期内(图7)温度传感器自动观测与人工观测气温的差值,安康站2004年5月至2006年5月日平均、日最高、日最低气温平均对比差值分别达到 -0.59 、 -0.44 和 -0.37 °C,汉中天2008年4月至2010年3月分别为 0.23 、 0.26 和 0.55 °C,自动与人工观测气温对比差值存在较大的跳跃突变,其他周期的对比差值均较小。经查安康站温度传感器的检定维护记录发现,因仪器零点漂移导致自动观测气温严重偏离人工观测值,2006年

5月23日更换了温度传感器,因此认为零点漂移等自动站仪器故障是自动与人工观测气温差值发生较大跳变的重要原因。

4 自动观测仪器变化对气温序列均一性的影响

由于系统偏差会导致自动与人工观测气温产生差异,而仪器检定的示值允许误差和零点漂移的仪器故障会导致两者差异较大,那么自动观测替代人工观测气温、观测仪器检定更换或者零点漂移等仪器故障是否会对气温序列的均一性产生影响?

采用PMT方法(Wang et al,2007)分别对日平均、日最高、日最低气温绝对差值最大的20站1961—2010年的月平均、月平均最高、月平均最低气温序列进行均一性检验。首先,在1961—2010年没有缺测的1290个观测台站中,选定待检序列周围5个与待检序列高相关、距离近的台站作为参考台站,然后将各个站点序列利用一阶差分模式转换后

再求算术平均,得到待检序列的参考序列,在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验下,利用 PMT 方法结合台站元数据中自动观测仪器变化信息对序列进行均一性检验。

经检验,在日平均、日最高、日最低气温各自绝对差值最大的 20 个站中分别有 35% 的台站的月平均气温序列、35% 的台站的月平均最高气温序列、25% 的台站的月平均最低气温序列由于观测仪器的变化引起了不均一。表 4 中所列非均一断点均为因自动观测仪器变化(自动观测替代人工观测或者自

动观测仪器的检定更换)引起的断点,其他因台站迁移等原因造成的非均一断点不是本文关注的重点,故略去。从表 4 中非均一断点的出现时间可以发现,断点个数达 1 个或以上,图 5 中月平均气温对比差值出现较大跳变的 5 个台站均被检测出非均一断点,且断点时间基本与对比差值出现大跳变的时间一致。其中安康、威宁站的月平均气温和月平均最高气温序列,桐梓、株洲和宜春站的月平均气温和月平均最低气温序列均出现非均一断点。

表 4 月平均、月平均最高、月平均最低气温序列非均一断点时间

Table 4 The time of inhomogeneous breakpoint of monthly average, maximum, minimum temperature time series

站名	月平均气温/年.月	站名	月平均最高气温/年.月	站名	月平均最低气温/年.月
威宁	2003.11,2005.12	哈密	2006.04	威宁	2003.12
安康	2004.08,2006.05	甘孜	2004.01,2009.10,2010.03	汉中	2003.11
桐梓	2004.04,2004.12	会理	2003.12	桐梓	2004.03,2005.06
株洲	2004.03	威宁	2005.07	株洲	2004.05
宜春	2004.02,2006.09,2008.02	安康	2004.10,2006.05	宜春	2003.04,2006.09,2008.02
武冈	2004.01,2004.11,2007.08	遂川	2003.12		
屯溪	2005.05	电白	2004.12		

以安康站为例,从图 8 中可以发现该站的月平均气温差值序列和线性趋势在 2005 年 1 月和 2006 年 5 月存在 2 个较明显的突变点,月平均气温差值线性趋势在该时段有 0.9°C 的降低,超过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验下 PMT 检验的判定标准,其原因在于该站 2004 年 5 月 23 日和 2006 年 5 月 23 日仪器检定时两次更换了温度传感器(李亚丽,2010),其中 2004 年 5 月 23 日换上的温度传感器性能不稳定,仪器零点漂移,因此认为铂电阻温度传感器零点

漂移的仪器故障,造成安康月平均气温序列的非均一。

5 结 论

通过对 143 个国家基准站自动与人工观测气温的差异分析认为:

(1) 自动与人工观测日平均、日最高、日最低气温的对比差值 >0 的百分率分别占到 51.29%、54.14% 和 67.18%,差值在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间的百分率分别为 78.8%、63.1% 和 60.9%,平均对比差值分别为 0.05°C 、 0.09°C 和 0.15°C ,相应标准差分别为 0.14°C 、 0.22°C 和 0.15°C 。

(2) 自动与人工观测气温两者的差异随着时间的增长并无明显的增大或减小的趋势,日平均、日最高、日最低气温的平均对比差值、标准差、绝对差值的空间分布特征各有不同。

(3) 通过对对比差值、绝对差值、标准差等统计量的分类比较、逐步筛选发现,大多数自动观测气温与人工观测值差异较小,但仍有个别台站两者差值较大;且对于采集自同一传感器的不同气温要素,平均、最高、最低气温的差值表现并不尽一致。经 PMT 检验,在日平均、日最高、日最低气温绝对差值

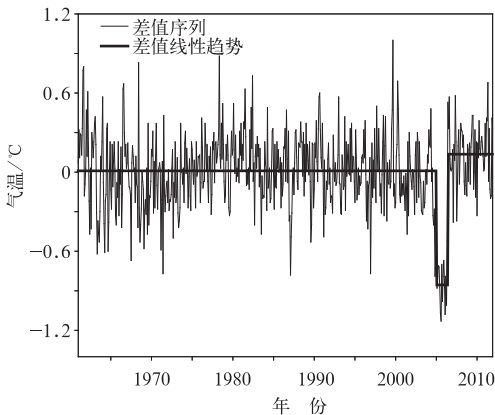


图 8 安康站月平均气温序列 PMT 检验结果
Fig. 8 The PMT results of monthly average temperature time series at Ankang station

最大的20个站,35%的台站由于自动观测仪器的变化引起了月平均气温序列的非均一,对于月平均最高气温、月平均最低气温序列这一比率分别占到了35%和25%。

(4)分析认为:自动与人工观测气温差异的原因除了仪器原理、空间位置、采样算法等系统偏差外,自动气象站温度传感器检定更换而导致的仪器示值误差变化是影响自动与人工观测对比差值跳变的重要原因,而温度传感器或数据采集器等电子元器件的零点漂移会导致自动观测气温严重偏离人工观测值,这两种因素可能是自动观测仪器变化导致气温序列出现非均一断点的主要原因。

建议在取消人工观测气温后,参考双套气象站或周边台站的观测数据,加强自动气象站数据的监测与质量控制,及早发现数据异常,在自动站观测和数据加工处理业务中,增加检定示值误差订正,以抵消检定示值误差对温度测量的影响,并采取硬件补偿、软件补偿等方法,实现温度零点补偿,尽可能地减小或消除仪器误差,提高自动观测资料的准确性。

参考文献

- 陈丽红,周颖.2012.南昌自动站和人工站温度观测结果差异分析.气象水文海洋仪器,4(3):26-30.
- 丛郁,严越.2007.DYYZII型自动站中温度值异常的分析及故障的排除.气象水文海洋仪器,4(3):35-38.
- 方永侠,申双和.2010.北京自动气象站与人工观测气温的差异分析及其订正.科技创新导报,36(16):140-142.
- 顾品强,王美华.2003.Ⅱ型自动站与常规站温湿度观测记录的比较.气象,29(1):35-38.
- 胡玉峰.2004.自动与人工观测数据的差异.应用气象学报,15(6):719-726.
- 鞠晓慧,任芝花,曹丽娟,等.2010.自动与人工观测气压的差异及原因分析.气象,36(1):104-110.
- 李亚丽,陈高峰,曾英,等.2010.自动气象观测与人工观测气温差异分析.陕西气象,6(1):26-28.
- 连志鸾.2005.自动站与人工站观测记录的差异分析.气象,31(3):48-52.
- 林宏建,王辉,李勇增,等.2010.自动气象站温度异常分析与故障排除.广东气象,6(1):41.
- 刘小宁,任芝花,王颖.2008.自动观测与人工观测地面温度的差异及其分析.应用气象学报,19(5):554-563.
- 刘至仁.2004.Ⅱ型遥测仪监测资料的质量评估.气象,30(1):53.
- 罗淇.2005.自然环境校准自动站地温传感器超差成因分析.气象,31(11):52-54.
- 罗淇,任芝花,邹树峰,等.2007.自动气象站现场校准方法探讨.气象,33(12):93-97.
- 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.
- 任芝花,余予,邹凤玲,等.2012.部分地面要素历史基础气象资料质量检测.应用气象学报,23(6):739-747.
- 谭丹,孙清,于光平,等.1995.智能仪器中零点偏移和漂移的自动补偿方法.真空,6(6):34-36.
- 唐炜,徐晓苏.2007.基于温度补偿的传感器建模方法及其应用.计量技术,12(2):64-68.
- 王立,冯海霞,胡宪林,等.2006.自动气象站与人工观测数据差异的原因分析.成都信息工程学院学报,21(4):567-570.
- 王颖,刘小宁,鞠晓慧.2007.自动观测与人工观测差异的初步分析.应用气象学报,18(6):849-855.
- 魏风英.2007.现代气候统计诊断与预测技术.北京:气象出版社.
- 辛吉武,许向春,邢旭煌,等.2008.海南省自动站气温观测资料评估及气候订正研究.热带气象学报,24(3):228-232.
- 杨萍,刘伟东,钟跻芹,等.2011.北京地区自动气象站气温观测资料的质量评估.应用气象学报,22(6):706-715.
- 杨志彪,李中华,何菊.2014.自动气象站温湿度传感器更换的影响评估.应用气象学报,25(2):135-142.
- 余君,胡玉峰,刘均.2007.我国中部地区自动站与人工站气温的差异及原因分析.气象,33(5):94-99.
- 曾红玲,张强,祝昌汉.2010.三峡库区气压资料的不均一性检验及订正.气象,36(10):57-61.
- 中国气象局.2003.地面气象观测规范.北京:气象出版社.
- 朱乐坤,郑丽春.2006.自动气象站各要素传感器检定结果的不确定度分析.应用气象学报,17(5):635-642.
- Hubbard K G, Lin X, Baker C B, et al.2004. Air temperature comparison between the MMTS and the USCRN temperature systems. J Atmos Oceanic Technol,21:1590-1597.
- Wang X L.2008. Accounting for autocorrelation in detecting mean shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test. J Appl Meteor Climatol, 47:2423-2444.
- Wang X L, Wen Q H, Wu Y.2007. Penalized maximal t - test for detecting undocumented mean change in climate data series. J Appl Meteor Climatol,46(6):916-931.