

自动站与人工观测气温的对比分析*

王颖 刘小宁

(国家气象中心,北京100081)

提 要

根据2000年自动站和人工观测气温资料,对两种气温序列进行了对比分析,以了解仪器改变对观测数据产生的影响以及为换型后数据的连续使用提供科学依据。结果表明:除个别地区以外,自动站与人工观测气温偏差都在允许范围之内或略超出允许范围,季节性和地域性差异不大;由于自动站温度传感器灵敏度高,所以在日出日落、日气温最高和最低时与人工观测偏差较大;自动站观测气温与历史序列无显著性差异。自动站可以用于业务,但需进行一定时间的平行观测,尤其在西北及高山站更为必要。

关键词:自动站 人工观测 气温

引 言

长期以来,我国的地面资料基本上是通过人工器测采集。目前,我国大气探测自动化系统建设正在实施,地面监测网中的国家基本(准)站中的主要观测项目使用的仪器将由器测手工操作转为自动站观测。

国内外学者研究表明^[1-4],在许多导致气候资料序列非均一的原因中,仪器变化是重要因素,主要包括仪器设计、仪器校准、仪器更换、仪器高度改变等。所以中国气象局有关观测规范要求:“观测资料质量评估是我国大气探测自动化系统建设的重要组成部分,根据气候委员会会议(CCL)对WMO成员国的要求,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”^[5]。许多国家在仪器换型过程中,均做过较详细的对比分析,尤其是气温、降水等常用要素。本文利用两种仪器观测的气温数据,对资料进行了初步的分析,以期探讨仪器变化影响气温数据变化的规律,评估数据的代表性、准确性、连续性,为仪器换型后新仪器采集的气温数据连续使用提供科学依据。

本文选用了65个站的自动站和人工平行观测资料,时间为2000年1月到12月,对于高山站及西北地区台站还增加分析了1999年下半年和2001年的记录。自动站类型包括了芬兰Vaisala公司生产的Milos500型自动站和国内研制生产的无线自动遥测仪。分析中选取的台站包括榆中、新民、黄山、郑州和漳州,分别代表了中国西北、东北、高山、华北和华南沿海不同气候背景地区。资料的台站数量、时间长度、地域分布均具有一定的代

* 国家气象中心“九五”科技攻关项目:2X95-05 课题资助。

2001-07-15 收到,2002-06-10 收到修改稿。

表性。

1 分析方法及数据

对比两序列的差异,主要是分析两序列的平均偏差情况、自动站观测记录中的异常数据出现情况及其与历史序列的差异情况,为此,计算了自动站观测气温与人工观测气温的对比差值、标准差、不确定度和粗差率,并对自动站观测气温序列进行了显著性检验。

1.1 对比差值

对比差值为人工观测值与自动站观测值之间的差值($U_i - A_i$)。对比差值平均值:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i - A_i)}{n} \quad (1)$$

其中 U_i 为第 i 次人工观测值, A_i 为第 i 次自动站观测值, n 为观测次数。对比差值应保持在 ± 0.2 °C 之间,否则认为偏差超出正常范围。

1.2 标准差和不确定度

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^2 - q^2} \quad (2)$$

其中 σ 为标准差, X_i 为第 i 次对比差值, X 为对比差值平均值, n 为观测次数。 q 为人工观测常规仪器的标准差。在常规仪器符合使用要求的情况下,气温的观测误差标准差 q 取值为: ± 0.2 °C。

期望一个量的真值,按规定的概率(在这里,取 95%)落入的区间,即表示测量真值所在量值范围,用标准差的 2 倍表示。

$$\text{不确定度} = 2 \times \sigma \quad (3)$$

标准差和不确定度反映了两种气温数据的离散程度,不确定度应在 ± 0.4 °C 之间,否则认为偏差超出正常范围。

1.3 粗差率

粗差是指人工观测与自动站观测数据的对比差值与月对比差值平均值之差的绝对值大于 3 倍标准差的数据。首先根据全部数据计算标准差 σ ,逐个检查对比差值,若有 $|X_i - X| > 3\sigma$ 时,剔除其中一个最大的粗差,重新计算新的标准差 σ ,若还有差值 $|X_i - X| > 3\sigma$ 者,再剔除其中的一个最大者,重复上述过程,一直到没有数据需要剔除为止。被剔除的个数,即为粗差次数。

$$\text{粗差率} = \frac{\text{粗差次数}}{\text{观测次数}} \times 100\% \quad (4)$$

粗差率反映了数据异常值出现的多少,应小于 2%。

1.4 显著性检验

假定 1961~1990 年气候累年值能反映该站气候特征的基本数据,其平均值、标准差、极端值能代表观测序列总体。以其为标准,对该月数据进行统计检验,看与历史长序列有无显著性差异。

计算该要素历史平均值 \bar{x} 及标准差 σ ,若该要素本月平均值大于 $\bar{x} + 2\sigma$ 或小于 $\bar{x} - 2\sigma$,而人工观测值未达到此标准,则该要素有 95 %可能是与历史序列有显著性差异。

2 分析结果

2.1 对比差值

对比差值是人工观测值与自动站观测值之差,直接反映了人工和自动站之间的偏差。分析人工与自动站观测数据对比差值的日变化(图 1),可以看出,对比差值在夜间通常为正值,而白天为负值。白天从日出起,温度逐渐升高,自动站观测的气温开始大于人工观测的气温,08:00 左右偏差达到最大;下午 14:00 左右温度逐渐降低,自动站观测的气温开始小于人工观测的气温,18:00 温度变化最剧烈时,偏差达到最大。这是由于铂电阻高于水银和酒精对气温的灵敏度。温度升高时,自动站的气温感应器先反映出来,而水银温度表还有一定的滞后性,所以对比差值为负数;温度降低时,也是自动站的气温感应器先反映出来,所以对比差值为正数。两种仪器观测气温的对比差值除了在日出(08:00)和日落(18:00,19:00,20:00)超出了 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以外,其它时次均在正常范围之内。

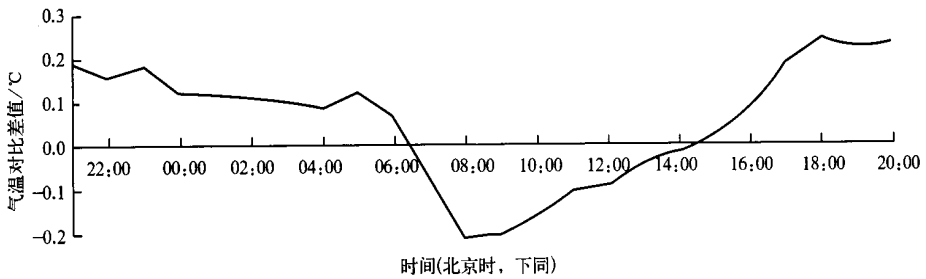


图 1 郑州人工与自动站气温对比差值日变化(2000-01~12)

从对比差值年变化图(图 2)中可以看出,逐时气温、日极端最高和日极端最低气温对比差值均在 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。逐时气温对比差值均为正数,也就是说,干球温度计观测值普遍大于自动站气温感应器观测的气温,振幅比较小,最大值在 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。日极端最高气温对比差值变化剧烈,除夏季以外,对比差值都是正数,最大值接近 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,夏季对比差值为负数,而且差值比较小,仅为 $-0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$,对比差值相差最大是在春秋两季,而那时气温

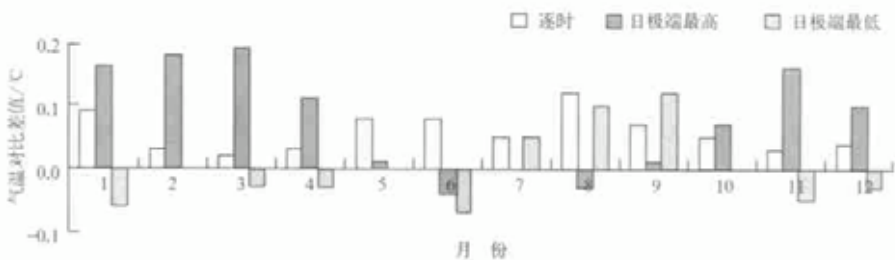


图 2 郑州人工与自动站气温对比差值年变化(2000-01~12)

变化最剧烈。日极端最低气温除夏季以外都为负数,偏差比较小,在 -0.05°C 左右,夏季偏差比较大,在 0.1°C 左右。总之,逐时气温对比差值普遍为正,日极端最高气温除夏季以外均为正,日极端最低气温除夏季以外均为负,极端最高气温对比差值振幅最大。

图3代表了不同气候背景下使用不同自动站仪器的气温对比差值的年变化。从图中可以看出,各站全年气温对比差值都小于或略大于 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$,在偏差允许范围之内,全年观测数据稳定,无明显季节性差异。虽然自动站仪器类型不同,站点所处地形不同,分别处于不同的气候区域内,但对比差值无明显差异。

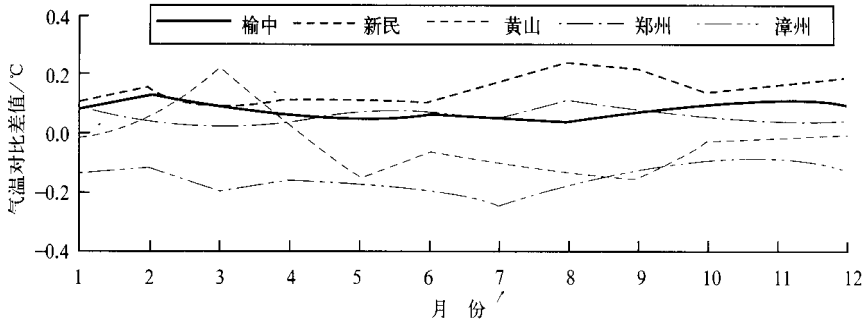


图3 人工与自动站气温对比差值年变化(2000-01~12)

以上分析得出,由于自动站气温观测更敏感,自动站与人工观测气温之间存在明显的日变化,逐时气温、日极端最高气温、日极端最低气温观测数据的对比差值之间存在着一定差异。但总体来讲,气温观测比较稳定,对比差值在偏差标准范围之内。

2.2 不确定度

不确定度反映了人工观测气温与自动站观测气温之间的离散程度。从图4可以看出,不确定度下午18:00出现一个峰值,在 0.8°C 左右,夜间02:00、早晨07:00和下午14:00也有3个最高点。这说明在18:00观测时,两种数据偏差明显,超出了正常范围,而这时正是日落时间,气温变化快,两种仪器对气温变化反映的灵敏度不同,造成温度计与铂电阻气温感应器之间出现较大偏差。同时在日出、气温最低和气温最高时,不确定度大于 0.4°C ,说明在这3个时候两种仪器观测数据也容易产生偏差。

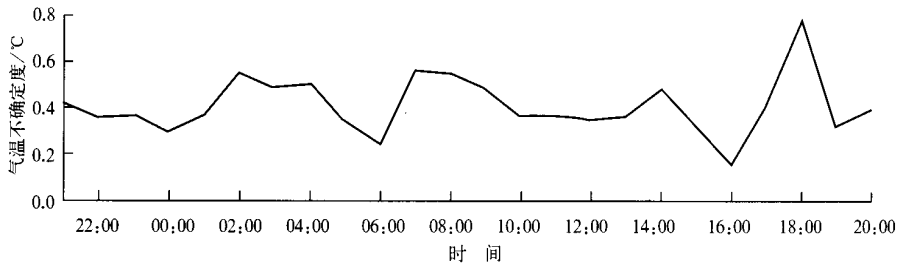


图4 郑州人工与自动站气温不确定度日变化(2000-01~12)

人工观测逐时气温与自动站观测逐时气温的不确定度大于日极端最高气温与日极端最低气温的不确定度(图5)。逐时气温的不确定度比较大,最高达到 0.9°C ,一年中有8

个月份不确定度大于 0.4 °C。日极端最高气温与日极端最低气温比较小,最大值仅为 0.2 °C 左右,全年各月不确定度均在正常范围之内。

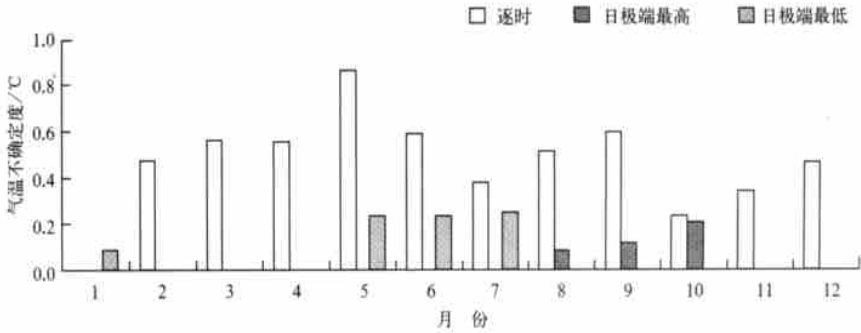


图 5 郑州人工与自动站气温不确定度年变化(2000-01 ~12)

图 6 中的粗线为全国 65 个自动站不确定度逐月平均值,可以看出,平均值季节性差异不大,暖季不确定度略大,冷季略小,但偏差在允许范围内。从 5 个站各月不确定度变化曲线看,只有个别站不确定度较大,其中黄山站的不确定度逐月减小,表示自动站仪器逐渐趋于稳定。榆中站季节性规律相反并且变化剧烈,原因是西北地区 2000 年平行观测的自动站只有一个,代表性不够。图 7 描绘了榆中站 1999、2000 和 2001 年气温的不确定度曲线,发现这 3 年年变化特征一致,即不确定度夏秋小,冬春大。

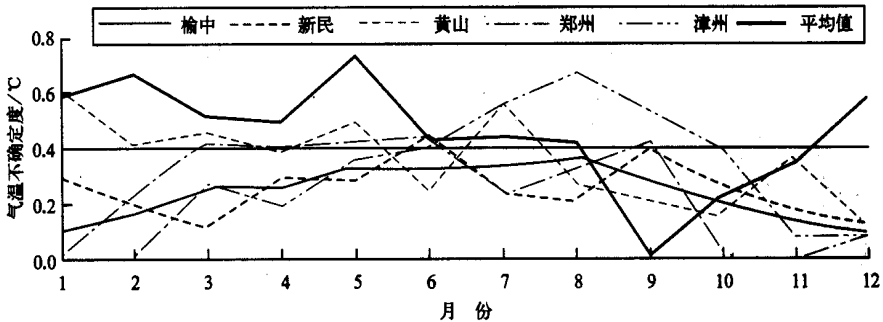


图 6 人工与自动站气温不确定度年变化(2000-01 ~12)

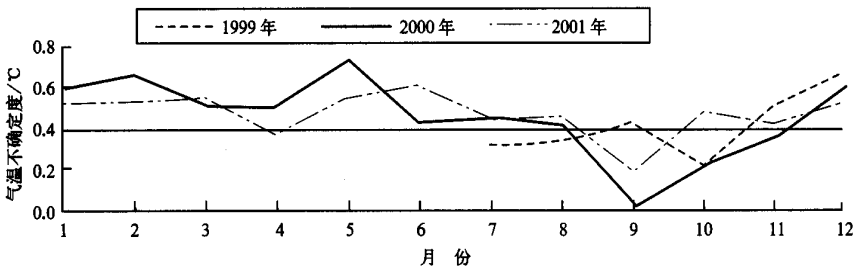


图 7 榆中人工与自动站气温不确定度年变化

总之,不确定度在日出、日落,气温最低、气温最高时略大,并且逐时气温不确定度大

于日极端最高和日极端最低气温不确定度。夏季的不确定度略大于冬季,但平均值还保持在偏差允许范围之内,振幅不大,只有处于西北地区的榆中站夏季不确定度小于冬季。

2.3 粗差率

粗差率反映了自动站观测气温时以人工观测为标准所产生异常值出现的次数多少。从图8中可以看到,粗差率日变化较明显,白天小夜间大,白天有个别时次粗差率小于2%,而在夜间粗差率均超出了正常范围。白天从上午08:00到下午18:00之间粗差率都保持在3%以内,而在19:00到次日07:00,粗差率基本在3%~8%之间。所以,自动站的铂电阻气温感应器在夜间观测时与人工观测相比较出现异常数据的概率比较大。

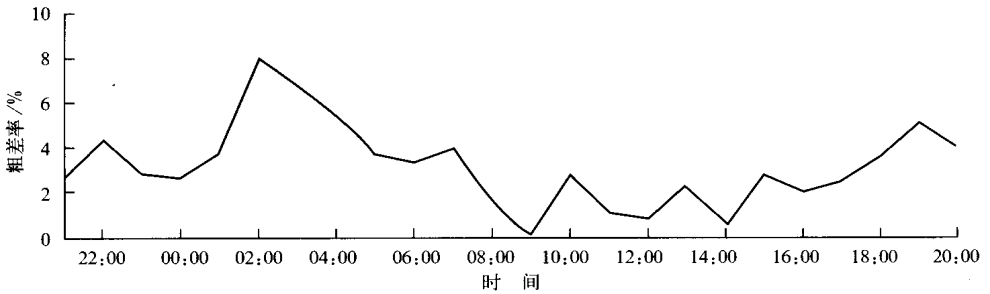


图8 郑州人工与自动站气温粗差率日变化(2000-01~12)

图9中的粗线为全国65个自动站粗差率逐月平均值,可以看出,平均值基本保持在2.5%左右,年变化比较小,说明自动站仪器稳定,没有季节性差异,但出现异常值的概率略超出允许的范围。只有黄山站粗差率大并且很不稳定,由于2000年进行平行观测的高

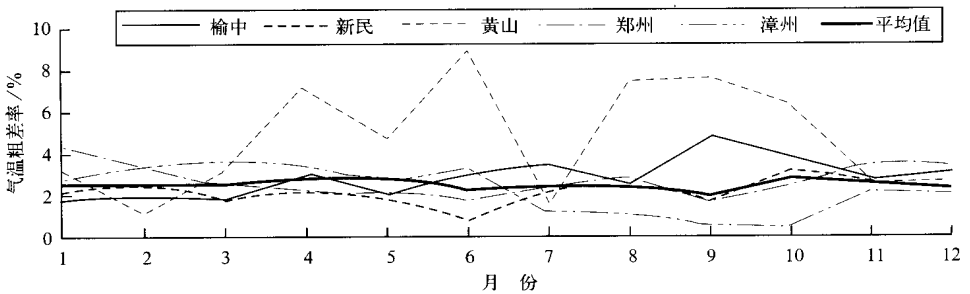


图9 人工与自动站气温粗差率年变化(2000-01~12)

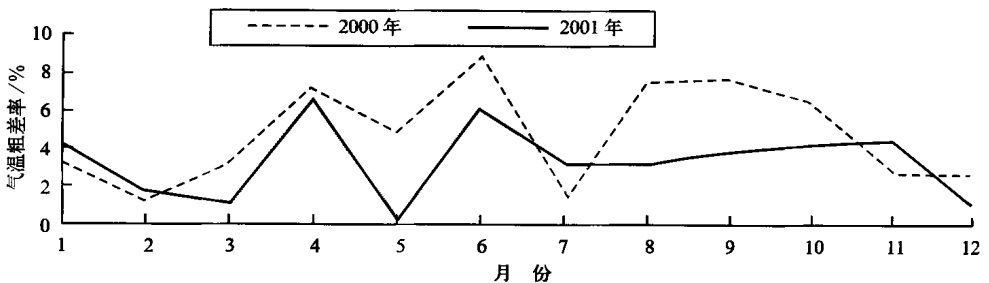


图10 黄山人工与自动站气温粗差率年变化

山站只有黄山,无法与同期其它站进行比较,所以绘制了 2000 和 2001 年黄山的粗差率年变化图(图 10),可以看出,2001 年粗差率变化也比较剧烈,原因可能是由于该站地处高山,气温变化比较大,由于自动站观测气温更敏感,以人工观测的气温为标准,自动站仪器观测的气温产生异常的次数就比较多。

总之,夜间粗差率较大,粗差率没有季节性差异,全年都在 2.5%左右,略超出允许范围,只有黄山站粗差率大,而且很不稳定,反映了自动站在高山站或气温变化剧烈地区的特点。

2.4 显著性检验

显著性检验反映自动站观测资料与历史资料的差异。表 1 中除 3 月以外,其它月份的自动站气温平均值与历史资料之间都没有显著性差异。3 月虽然有显著性差异,但人工观测气温与历史资料之间也出现显著性差异,这说明自动站出现显著性差异不是仪器

表 1 郑州人工与自动站气温显著性检验(2000-1~2000-12)

月份	$\bar{x} \pm 2\sigma'$	人工平均值	显著性差异	自动站平均值	显著性差异
1	-2.3 ~ 2.1	-1.63		-1.72	
2	-1.6 ~ 5.6	2.79		2.76	
3	5.5 ~ 10.3	11.76	有	11.74	有
4	12.5 ~ 17.7	17.34		17.31	
5	18.9 ~ 23.3	23.07		22.99	
6	23.7 ~ 28.1	26.11		26.03	
7	25.1 ~ 29.1	27.76		27.71	
8	24.0 ~ 27.6	26.23		26.11	
9	19.1 ~ 22.3	21.62		21.55	
10	13.2 ~ 16.8	14.54		14.49	
11	5.5 ~ 10.3	7.10		7.07	
12	-0.8 ~ 4.4	4.32		4.28	

*: \bar{x} 表示累年月平均值, σ' 表示累年月标准差,气温平均值单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

的问题,而是该月气温的确发生了显著性变化。通过连续一年的并行观测资料分析,可以看出,自动站观测气温与历史资料未出现显著性差异。

3 结 论

(1) 自动站观测与人工观测气温之间偏差存在明显的日变化,在日出日落、气温最高和气温最低时,偏差较大,这与仪器观测原理不同有关,自动站的温度传感器对温度变化更敏感,也就是对气温的观测更准确。

(2) 对于逐时气温、极端最高气温和极端最低气温的观测,自动站与人工观测之间也存在差异,两种仪器对气温变化灵敏度不同,造成两种仪器观测的气温离散程度有差异。逐时气温对比差值小于日极端最高气温和极端最低气温,而不确定度大于日极端最高气温和日极端最低气温。

(3) 自动站观测与人工观测气温之间的偏差无季节性和地域性差异,全年保持在允许范围之内,由于灵敏度不同,粗差率略超出允许范围。

(4) 西北地区的榆中站不确定度夏季小于冬季,地处高山的黄山站粗差率较大而且

很不稳定,而这两个地区都只有一个自动站记录,所以在特定的地区进行一定时间的平行观测就更加重要。

(5) 用自动站观测的气温值与历史序列中的气温值无显著性差异。

由于自动站还没有在全国范围内安装运行,本次分析的台站资料数量有限,只是初步分析了自动站与人工观测气温的差异特点。综上所述,自动站与人工观测气温在全国范围内无明显的季节性和地域性差异,可以用于业务。但在西北和高山地区由于气温变化剧烈的气候特点,仍需要积累一定时间的平行观测数据,为自动站投入使用后气温数据的连续性提供依据,也有利于气温序列的均一性分析。

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 翟盘茂. 中国历史探空资料中的一些过失误差及偏差问题. 气象学报, 1997, 55(5): 563 ~ 569.
- 3 刘小宁. 我国两种蒸发观测资料的对比分析. 应用气象学报, 1998, 9(3): 321 ~ 328.
- 4 刘小宁. 我国年平均风速的均一性检验. 应用气象学报, 2000, 11(1): 27 ~ 34.
- 5 中国气象局. 地面有线综合遥测气象仪(11型)观测规范. 北京: 中国气象局, 1999.

COMPARATIVE ANALYSIS OF AWS AND MAN OBSERVED TEMPERATURES

Wang Ying Liu Xiaoning

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

With the Development of the Atmospheric Integration Sounding System in China, more and more stations measure meteorological elements by the Automatic Weather Stations (AWS). However, the long-range data were obtained from manual observing. Analysis and evaluation of differences between two kinds of data are important for estimating the impacts of changing instruments on measurements and for providing scientific evidences for the continual use of the data after changing instruments. Based on the parallel data of automatic sounding and manual observing in 2000, a comparative analysis is made on the validity and continuity of AWS data. The results indicate that generally speaking, departures between AWS and man-made observations are acceptable and their seasonal and regional differences are negligible; owing to the higher sensitivity of AWS data, the departures are larger at sunrise and sunset, as well as at times of maximum and minimum temperature occurring; there is no obvious difference between AWS data and historical sequence. It can be concluded that automatic observation can be put to operational use, but needs parallel observing for a certain time, especially in Northwest China and mountain regions.

Key words: Automatic Weather Station Man-made observation Temperature