

# 兰州 CAWS600-R 自动站与人工观测资料对比分析

王宝鉴<sup>1</sup> 陈旭辉<sup>2</sup> 陶健红<sup>2</sup> 陆登荣<sup>2</sup>

(1 中国气象局兰州干旱气象研究所, 2 兰州中心气象台, 兰州 730020)

**摘要** 利用 2002 年 11 月到 2003 年 2 月兰州 CAWS600-R 型自动站与人工观测的温度、本站气压、水汽压、相对湿度、5~320 cm 地温等资料, 分析了对比观测资料的差值。结果表明: 对气温、本站气压、水汽压、相对湿度及 320 cm 地温等要素观测误差较小, 5~160 cm 地温的观测误差较大。自动观测仪器的系统性偏差、测量元件的精度及对气象要素变化响应的灵敏度、观测时间的差异和人为因素的影响是造成对比观测误差的原因。

**关键词** CAWS600-R 自动站 常规观测资料 差异

## 引言

水平尺度从几公里到几十公里的中尺度灾害性天气, 其生命史只有几十分到几小时, 但每年都给我我国造成重大的经济损失, 并直接威胁人们的生命和财产安全。目前我国常规地面观测站网无论从时间尺度还是空间尺度都远不能有效地捕捉中尺度天气系统的发生发展<sup>[1,2]</sup>。为了全面提升我国大气监测能力, 2001 年启动的大气监测自动化系统一期工程已经完成了北京、甘肃等 21 个省(区) 594 个自动气象站建设, 并于 2003 年 1 月 1 日全部投入业务对比观测运行阶段。

与常规观测相比, 自动气象站观测具有受人为干扰因素少、时间分辨率高等特点, 其业务化必将为保障人民群众生命财产安全, 更有效地服务于地方经济建设做出积极贡献。然而这些地面自动气象探测设备能否有效地投入运用以及探测数据是否准确可靠, 是提高对灾害性天气的监测及预报服务的前提<sup>[3]</sup>。本文主要讨论兰州观测站 2002 年冬季 CAWS600-R 自动站与人工观测资料的对比分析。

## 1 资料

### 1.1 资料来源

自动站资料: 兰州站 2002 年 11 月至 2003 年 2

月 02:00、05:00、08:00、11:00、14:00、17:00、20:00、23:00(北京时:下同)的干球温度、本站气压、水汽压、相对湿度; 02:00、08:00、14:00、20:00 的 5~40 cm 地温; 80~320 cm 地温。

人工观测资料: 兰州观测站 2002 年 11 月至 2003 年 2 月各月的地面数据报表文件(又称 D 文件); 05:00、11:00、17:00、23:00 的干球温度、本站气压、水汽压、相对湿度资料。

### 1.2 资料处理

本文主要讨论自动站观测资料与人工观测资料的偏差。差值( $\Delta X$ )定义为自动站观测资料与人工观测资料之差, 平均值( $X_{\text{平均}}$ )为 02:00、08:00、14:00、20:00 之平均, 即:

$$\Delta X = X_{\text{自动站}} - X_{\text{人工}} \quad (1)$$

$$X_{\text{平均}} = (X_{02} + X_{08} + X_{14} + X_{20})/4 \quad (2)$$

## 2 自动站观测资料与人工观测资料的差值分析

### 2.1 气温

将选取的 8 个时次 910 个气温样本的差值按观测时间进行排序(如图 1), 发现气温差值序列存在明显的日变化规律, 整体而言, 11:00、14:00、17:00 气温差值大于零, 其他 5 个时次的差值小于零, 即 11:00、14:00、17:00 自动站气温观测值高于人工观测值, 其他 5 个时次低于人工观测值<sup>[1]</sup>。分析日平

均气温差值的6阶多项式拟合曲线发现(图1),11~12月,日平均气温差值有正有负,总体上在零线附近波动,但1~2月观测误差明显增大且差值小于

零,即日平均气温自动站观测值明显低于人工观测值,与之对应,月平均气温也低于人工观测值<sup>[4]</sup>。

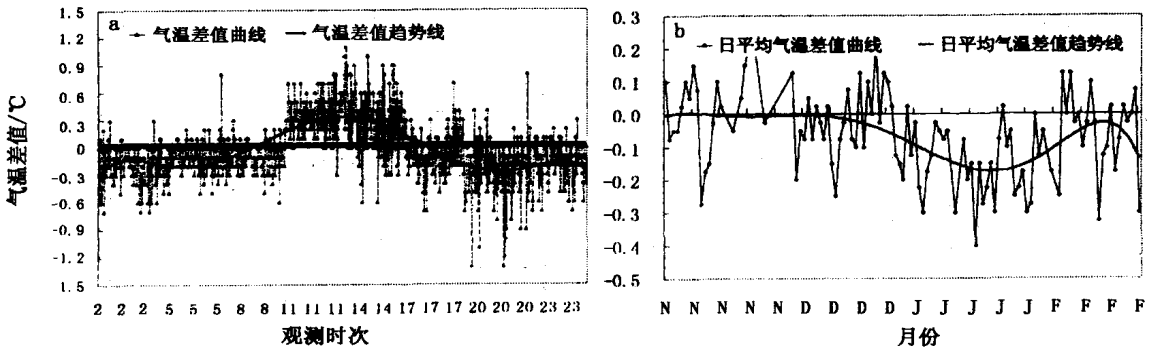


图1 气温(a)与日平均气温差值曲线(b)

(图中2,5,.....分别表示02:00,05:00,.....;N,D,J,F分别表示11月,12月,1月,2月,下同)

各时次气温差值的月平均值在-0.37~0.52℃之间变化(表1);各时次气温差值的季平均值<sup>[4]</sup>,17:00接近零,11:00,14:00分别偏高0.36℃,0.3℃,02:00、

05:00、08:00、20:00、23:00分别偏低-0.2℃、-0.12℃、-0.10℃、-0.27℃、-0.19℃。

表1 各时次气温差值的月、季平均值

℃

	02:00	05:00	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00
季平均	-0.20*	-0.12*	-0.10*	0.36	0.30	-0.05*	-0.27	-0.19*
2002-11	-0.18*	-0.18*	-0.06*	0.33	0.52	0.01*	-0.28	-0.19*
2002-12	-0.12*	-0.08*	-0.08*	0.33	0.26	-0.17*	-0.20*	-0.13*
2003-01	-0.28	-0.13*	-0.14*	0.39	0.18*	-0.09*	-0.37	-0.26
2003-02	-0.21	-0.09*	-0.13*	0.39	0.30	0.08*	-0.24	-0.17*

注:\*表示平均达到仪器的准确度±0.2℃的标准

## 2.2 本站气压

统计分析8个时次的本站气压差值发现,虽有大于零的差值,但整体上小于零。也就是在整个冬季的对比观测中,自动站观测值小于人工观测值。从日变化看(图2a),02:00,05:00和14:00,17:00

观测误差最大,其差值的季平均值分别为-0.31、-0.34、-0.44、-0.31 hPa;其它4个时次差值绝对值相对较小,分别为-0.22、-0.18、-0.22、-0.24 hPa(表2)。

表2 各时次本站气压差值的月、季平均值

hPa

	02:00	05:00	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00
季平均	-0.31	-0.34	-0.22*	-0.18*	-0.44	-0.31	-0.22*	-0.24*
2002-11	-0.46	-0.50	-0.41	-0.31	-0.37	-0.27*	-0.35	-0.41
2002-12	-0.34	-0.32	-0.24*	-0.14*	-0.40	-0.25*	-0.21*	-0.23*
2003-01	-0.20*	-0.22*	-0.10*	-0.09*	-0.47	-0.35	-0.15*	-0.18*
2003-02	-0.24*	-0.31	-0.17*	-0.17*	-0.52	-0.38	-0.16*	-0.14*

注:\*表示平均达到仪器的准确度±0.3 hPa标准

日平均本站气压差值的月际变化反映出11月至次年2月自动站观测值明显低于人工观测值(图2b)。其中11~12月上旬,观测误差较大,各时次的

日平均本站气压差值在-0.65~-0.2 hPa之间波动;12月中旬至次年2月,观测相对误差减小,日平均本站气压差值在-0.45~-0.05 hPa之间波动。

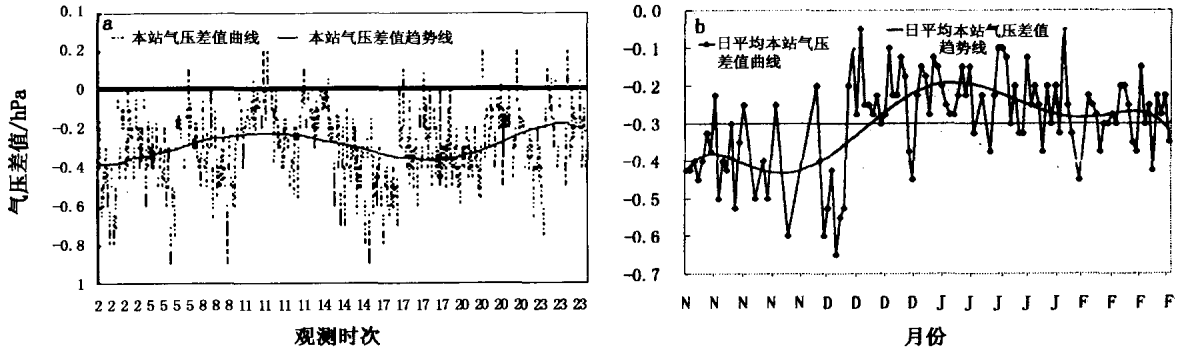


图 2 本站气压(a)与日平均本站气压(b)差值曲线

### 2.3 水汽压和相对湿度

相对湿度表示湿空气中实际水汽压  $e$  与同温度下饱和水汽压  $E$  的百分比,即  $U = (e/E) \times 100\%$ ,二者都是表征空气中水汽含量状况的气象要素,因此我们一起分析水汽压和相对湿度差值变化特征。

从水汽压(相对湿度)的差值日变化(图 3)可以

看出:23:00、02:00、05:00、08:00 水汽压(相对湿度)差值基本在零线附近波动,水汽压差值的季平均值分别为 -0.21、-0.13、-0.05、-0.04,11:00~20:00 水汽压(相对湿度)观测误差逐渐增大,17:00 达到最大(水汽压为 -0.45 hPa,相对湿度为 -4.1%)<sup>[5]</sup>。

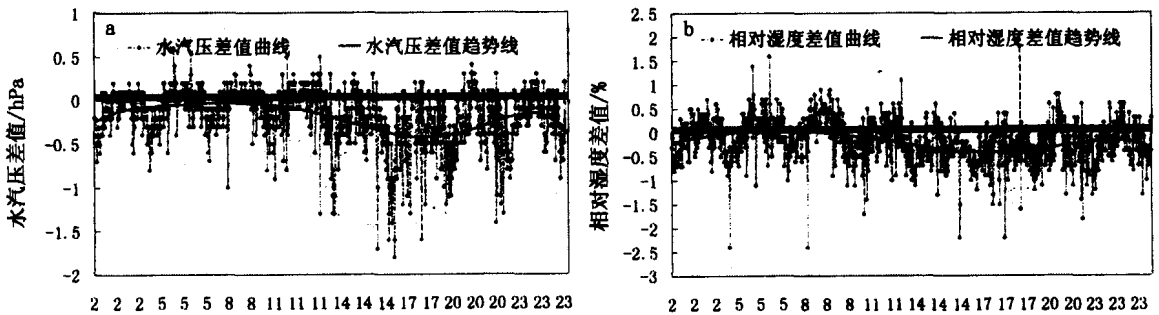


图 3 水汽压(a)与相对湿度(b)差值曲线

日平均水汽压(相对湿度)差值按月呈抛物线变化(图 4),11~12月,差值由负向正转变;1~2月,差值由正向负转变。意味着从11月到次年2月,自动站日平均水汽压(相对湿度)经历了从开始的小于

人工观测值转向大于人工观测值,继而再转为小于人工观测值的变化规律,整体而言水汽压(相对湿度)的月平均值小于人工观测值。

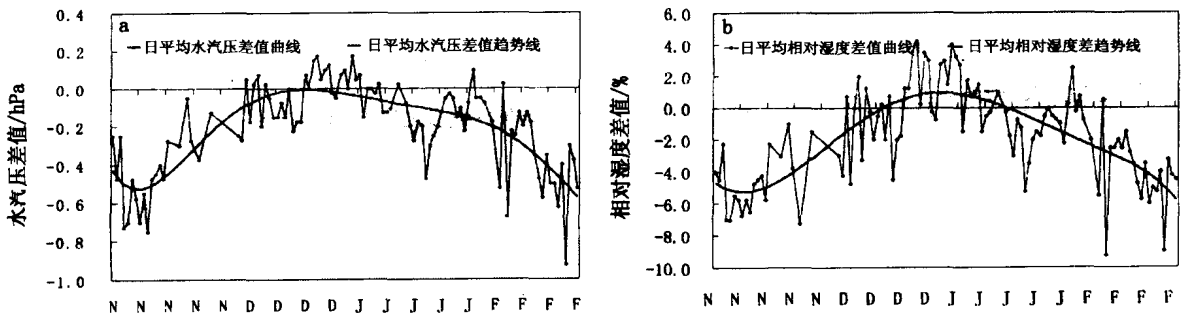


图 4 日平均水汽压(a)与日平均相对湿度(b)差值曲线

### 2.4 5~40 cm 地温差值分析

#### 2.4.1 5~40 cm 地温的日变化

11 月至次年 1 月,5 cm 地温差值 02:00、08:00、14:00、20:00 时具有“- - + -”的变化规律,即 14:00 自动观测高于人工观测,其它 3 个时次人工观测高于自动观测。由于 5 cm 地温受太阳辐射影响,其对比观测与气温具有相同的变化规律<sup>[3]</sup>。与此同时,分析 10~40 cm 地温差值序列发现,尽管偶尔存在差值大于零的现象,但分析结果表明这 4 层地温 4 个时次的差值存在一致呈负的日变化规律,即自动观测一致小于人工观测的现象。2 月各层地温自动观测一致大于人工观测。

#### 2.4.2 日平均地温差值的月际变化

分析 5~40 cm 浅层地温日平均差值月际变化曲线(图 5),11 月至次年 1 月,除 40 cm 地温外,其它 4 层日平均差值在零线附近振动,但整体上小于零,其中 5~40 cm 日平均地温值最大分别偏低 0.7、0.7、0.4、0.4、1.3 °C。从时间变化看,11 月至次年 1 月这种偏低程度随季节逐步进入隆冬而加剧;从空间分布分析,随深度的增加,这种偏低程度也在增加。

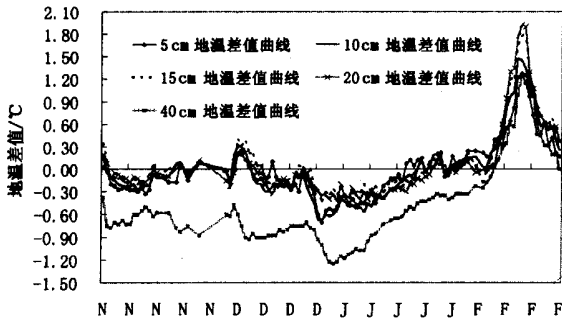


图 5 5~40 cm 浅层地温日平均差值月际变化曲线

2003 年 2 月各层地温日平均差值出现了一致大于零的现象,也就是 2 月浅层地温的对比观测表现为自动观测值基本上高于人工观测值,各层地温日平均值最大分别偏高 1.3、1.5、1.8、1.9、1.3。从差值的月平均值看,偏高幅度在 0.2~0.91 °C 之间,相对而言,02:00、08:00 偏高幅度较大,基本偏高 0.35 °C 以上,最高达 0.91 °C(15 cm 08:00 差值的月平均值)。由于浅层土壤中温度的水平梯度与垂直梯度变化很大,因此数据的对比性较差。

### 2.5 80~320 cm 地温分析

由于深层地温每日只观测一次(14:00),因此样

本相对较少。从深层地温差值曲线(图 6)可以看出,11 月至次年 2 月 80、160 cm 地温差值一致小于零,320 cm 地温差值 11 月整体上大于零,12 月至次年 2 月整体上小于零。

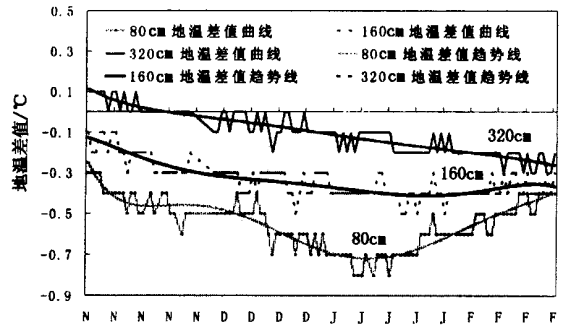


图 6 80~320 cm 地温差值月际变化曲线及趋势线

其中,80 cm 地温观测误差 11 月至次年 1 月上旬逐渐增大,1 月上旬达到最大(-0.8 °C),随后 1 月上旬至 2 月又逐渐减小。160 cm 地温观测误差 11~12 月逐渐增大,并于 1、2 月达到峰值(-0.5 °C),达到峰值后则维持相对稳定。320 cm 地温差值 11 月自动观测高于人工观测值,12 月至次年 2 月自动观测低于人工观测值,最大差值为 -0.3 °C。此外从图 6 中也可以看出深层地温对比观测误差,随时间推移有逐渐增大的趋势,随深度增加存在逐渐减小的趋势。较深层地温的对比性较好,但真正具有可比性的是 320 cm 地温。

## 3 误差分析

### 3.1 误差统计

根据天津气象仪器厂提供的 CAWS600 型自动站的精度指标,统计分析了 12 个气象要素满足仪器误差精度的样本数占样本总数的百分率(表 3)。可以看出:在对比观测中,满足仪器精度指标样本数超过统计样本总数 60% 的要素是气温、本站气压、水汽压、相对湿度及 320 cm 地温等。地温的对比观测中仅 320 cm 地温观测误差较小,其他几层地温的对比观测误差较大,以 80 cm 地温误差为最大。

### 3.2 误差原因分析

分析表明,造成对比观测误差的原因有 3: ①观测仪器的系统性偏差,即对某气象要素的观测结果表现为自动观测相对常规观测一致的偏低或偏高<sup>[2]</sup>。②测量元件的精度及对气象要素变化响应的灵敏度

表 3 各要素误差准确度统计

	仪器准确度	样本总数	满足仪器误差准确度的样本数	占样本总数百分率 %
气温/℃	±0.2	909	555	61.1
本站气压/hPa	±0.3	922	585	63.4
水汽压/hPa	±0.3	927	674	72.7
相对湿度/%	±5	929	695	74.8
5 cm 地温/℃	±0.5	461	377	81.8
10 cm 地温/℃	±0.5	461	367	79.6
15 cm 地温/℃	±0.5	461	380	82.4
20 cm 地温/℃	±0.5	461	407	88.3
40 cm 地温/℃	±0.5	395	119	30.1
80 cm 地温/℃	±0.5	111	57	51.4
160 cm 地温/℃	±0.5	111	111	100.0
320 cm 地温/℃	±0.5	111	111	100.0

是造成对比观测误差的原因之一。也就是测量元件的精度及其对气象要素变化响应的灵敏度,对气象要素的变化量具有线性(指数)放大或缩小作用,当变化量较小时对比观测二者比较接近,而变化量较大时,对比观测误差则显著增大。③观测时间的差异和人为因素的影响。据此分析认为:

(1)在冬季的对比观测试验中,观测仪器的系统性偏差是造成本站气压、水汽压、相对湿度等要素自动观测值一致小于人工观测值的主要原因。

(2)造成各要素差值波动变化的原因是测温元件的精度及对气象要素变化响应的灵敏度。气象要素变化量较大且为正时,自动观测高于人工观测;气象要素变化量较大且为负时,自动观测小于人工观测。差值分析的结果也表明了这一点。大家知道气温 11:00~17:00 增温幅度最大,20:00~02:00 降温幅度最大。对比观测差值分析表明 11:00~17:00 自动站观测值大于人工观测值,20:00~02:00 则与之相反。水汽压和相对湿度 17:00 最低,从差值分析结果看该时次自动观测值明显小于人工观测值。

此外观测时间的差异也是原因之一。地面观测规范规定,常规观测时间为正点观测前 15 min,地温为前 20 min,自动站观测时间为正点观测,二者相差 15~20 min。如果在气象要素日变化最大的时次进行观测,15~20 min 观测时间差肯定对观测

有影响。

(3)各层地温(除 320 cm 外)从统计结果看二者观测误差较大,是由于土壤中温度不均匀造成的。

#### 4 结论

本文通过对 2002 年冬季两种观测资料的对比分析,得出以下结论:

(1)通过 2002 年冬季兰州站自动与人工观测资料对比分析发现,对气温、本站气压、水汽压、相对湿度及 320 cm 地温等要素观测误差较小,5~160 cm 地温的观测误差较大。

(2)气温对比观测发现,11:00、14:00、17:00 自动站气温观测值大于人工观测值,其他 5 个时次自动站小于人工观测值,各月月平均气温自动观测值小于人工观测值。

(3)本站气压、水汽压、相对湿度在整个冬季的对比观测中自动站观测值小于人工观测值。

(4)5~40 cm 浅层地温,11 月至次年 1 月自动站观测小于人工观测值;2 月基本上高于人工观测值。

(5)80~320 cm 深层地温,11 月至次年 2 月 80、160 cm 地温自动站观测小于人工观测值;320 cm 地温 11 月自动站高于人工观测值,12 月至次年 2 月自动站小于人工观测值。此外地温对比观测误差随时间推移有逐渐增大的趋势,随深度增加存在逐渐减小的趋势。

#### 参考文献

- 1 顾品强,王美华. II 型自动站与常规站温湿度观测记录的比较. 气象,2003,(1):35-38
- 2 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. 应用气象学报,1994,5(2):176-183
- 3 郭锡钦,曾书儿,王金钊. 有线综合遥测站现场对比试验结果. 气象,1994,20(5):24-27
- 4 王庸,高杰,张海娜. 自动气象站与人工站地面温度资料对比浅析. 辽宁气象,2002,(3):54
- 5 杨茂水,李树贵. 自动气象站气压、温度和风传感器工作原理. 山东气象,2002,(2):48-54

(下转第 290 页)

# Comparison Study of CA WS600- R A WS Data and Conventional Observation

Wang Baojian<sup>1</sup> Chen Xuhui<sup>2</sup> Tao Jianhong<sup>2</sup> Lu Dengrong<sup>2</sup>

(1 Institute of Arid Meteorology ,CMA;2 Lanzhou Central Meteorological Office ,Lanzhou 730020)

**Abstract :** A comparison was made using automatic weather station measurements and conventional observations from November 2002 to February 2003 ( temperature , pressure , vapor pressure , relative humidity and soil temperature of 5 cm to 320 cm in the winter of 2002 . The results show that observational errors are relatively small for temperature , station pressure , vapor pressure , relative humidity , and soil temperature of 320 cm , and greater for soil temperatures of 5 cm to 160 cm . The chief reasons for observational errors include systematical errors , observational precision , and the sensitivity of the system's responding to changes of weather elements and observational time , as well as some artificial factors .

**Key words :** CA WS600- R automatic weather station , conventional observation , difference analysis