

自动站与人工站观测记录的差异分析

连志鸾

(河北省石家庄市气象局, 050081)

提 要

应用石家庄2001年5月~2002年3月城区自动站和2003年1~5月CAWS600自动站的观测资料,分别与同步的常规人工站观测资料对比分析。从它们感应器件和测值原理的不同、观测时间的差异、天气条件的影响等方面,分析了观测记录差异形成的原因。对城区自动站与人工站气温观测记录差值进行统计学分析认为,该测温差值的形成与气象要素有一定关系,以此为据建立了统计学差值订正方程,经统计检验和2003年4~5月的实际检验均效果显著。自动站与常规站观测记录的差值分析表明,自动站虽有许多需要完善的地方,但现用仪器所测数据,其差值基本都在允许范围内或略超出允许范围,能满足日常业务使用。在观测时间的统一性上自动站优于人工站。

关键词: 自动站 常规站 观测记录 差值分析 差值订正

引 言

自动气象观测站能及时提供高时空分辨率的气象信息,在气象预报及服务中发挥着越来越大的作用。石家庄于2001年在城区(包括本站)布设了8个四要素(气温、风向、风速、降水)自动站(简称:城区自动站),已投入业务使用两年多时间。2003年响应国家局统一部署,又在石家庄、新乐、平山、辛集、赞皇5站分别建立了CAWS600自动气象站(简称:C-600自动站),可以观测逐时的气温、湿度、气压、风、雨量等气象要素,从2003年1月开始C-600自动站也投入了业务使用。面对如此丰富的资料,如何用好它们是摆在业务人员面前的一大课题。目前石家庄本站有3种观测记录。在业务使用中发现,同样的观测环境,由于观测仪器和观测方式的差异,两种自动站与常规站的观测记录相比有不同的差值特征;本文研究了其差值规律及成因,并对城区自动站气温观测差值的

订正方法做了初步探讨,期望使3种观测资料能统一到一个相对准确、统一的水平上,取长补短地加以应用,以便在天气预报及气象服务工作中更好地发挥它们的作用。

1 资 料

两种自动站及常规站仪器的安装、观测分别按其相应的业务观测规范进行。两种自动站资料均取正点观测时次(02时、08时、14时、20时)的实时观测值,常规站也取同样的4个正点观测时次前15~0分钟观测值,表1为所选资料详情。

2000年石家庄气象局开始在市区及近郊设置自动站,2001年5月份城区自动站全部建成并稳定运行,已积累了两年多的资料。C-600自动站从2003年1月建成并投入运行,仅5个月资料,且资料稳定性尚需商榷。因此,本文把对城区自动站观测记录的差值分析作为重点;对C-600自动站观测差值仅作辅助的比较分析。

表1 所用资料

		资料时段	站点	要素
自动站	城区	2001.5~2003.5	本站	气温、风
		2001、2002年4~10月	本站	1小时降水
	m-500	2003.1~5	本站、新乐、平山、赞皇、辛集	气温、风、湿度
常规站	I	2001.5~2003.5	本站	气温、风
		2001、2002年4~10月	本站	1小时降水
	II	2003.1~5	本站、新乐、平山、赞皇、辛集	气温、风、湿度

注:常规站“Ⅰ”行资料用于与城区自动站资料比较,“Ⅱ”行资料与 C-600 自动站资料比较时使用。“本站”指石家庄本站,以区别于城区其它自动站。

2 城区自动站与常规站观测记录差异分析

2.1 气温观测差异分析及校准

2.1.1 各定时观测时次的气温差值分析

选用2001年5月~2003年3月逐日02时、08时、14时、20时的城区自动站和常规站气温观测值,自动站与常规站测值之差为自动站观测差值。由表2看出:就平均状况而言,02时、08时、14时、20时自动站气温差值分别为0.03℃、0.27℃、0.09℃、-0.06℃。(1)02时差值最小,且各月平均差值有正有负,差值绝对值也小;(2)08时差值最大,各月差值均为正值,5~11月差值相对较其它月份大;(3)14时除冬季差值为负值,其它月均为正值,且4~10月差值相对较其它月份大;(4)20时平均差值为负值,除11~12月为正值外,其它各月均为负值。

气温出现上述差值的原因:一是两者的感应元件和测温原理不同,存在仪器差,常规

站是利用水银随气温变化而热胀冷缩的原理测温;自动站是利用铂电阻随温度变化而变化的原理测温^[1],两者存在系统性偏差。二是自动站与常规站观测时间存在略微的差异。三是自动站气温观测差值受天气条件的影响^[2],如:气温升降、气温本身的高低、日出日落、晴雨条件等。分析表2可看出如下特征:(1)08时,在晴天条件下,受日出后太阳辐射影响,是一日中升温最快的时段(下半年表现尤为明显),受急速升温影响,自动站平均气温差值为正,且4个时次中,08时平均差值最大。(2)20时(日落后)气温下降,这时自动站气温差值为负值。(3)14时,气温低时(冬季)差值为负;气温高时(夏季)差值为正,且差值较大。(4)02时(夜间),各月差值有正有负,且平均差值很小,由此断定02时差值多属于随机性差异;各月间比较,02时冬季的差值略大于其它月份。

表2 城区自动站与常规站比较各定时观测的气温差值

月	平均差值/℃					平均绝对差值/℃				
	02时	08时	14时	20时	平均	02时	08时	14时	20时	平均
1	0.06	0.22	-0.04	-0.01	0.06	0.21	0.26	0.26	0.20	0.23
2	0.09	0.2	-0.06	-0.1	0.03	0.19	0.23	0.22	0.18	0.20
3	0.0	0.28	0.03	-0.1	0.05	0.18	0.31	0.30	0.14	0.23
4	-0.03	0.16	0.12	-0.08	0.04	0.16	0.31	0.29	0.15	0.23
5	0.09	0.39	0.19	-0.05	0.16	0.17	0.43	0.35	0.14	0.27
6	0.0	0.27	0.19	-0.1	0.09	0.15	0.32	0.31	0.16	0.23
7	-0.02	0.23	0.2	-0.09	0.08	0.1	0.32	0.28	0.12	0.21
8	-0.02	0.35	0.15	-0.09	0.1	0.1	0.39	0.33	0.16	0.25
9	0.01	0.44	0.13	-0.05	0.13	0.17	0.48	0.24	0.18	0.26
10	-0.03	0.32	0.14	-0.09	0.09	0.15	0.37	0.29	0.17	0.24
11	0.09	0.3	0.01	0.01	0.1	0.19	0.35	0.23	0.19	0.24
12	0.11	0.08	-0.01	0.07	0.06	0.16	0.14	0.19	0.14	0.16
平均	0.03	0.27	0.09	-0.06	0.08	0.16	0.33	0.27	0.16	0.23

注:表中及文中“差值”,均为自动站测值减去常规站测值。平均差值为“差值”的合计平均;平均绝对差值为“差值”绝对值的合计平均。

2.1.2 城区自动站气温观测差值的统计学分布特征

计算平均差值会有正负差值互相抵消的现象,有时平均差值很小,但平均绝对差值却未必小。为此本文应用统计学的偏度和峰度系数来进一步分析差值的分布特征。

若把逐时次自动站气温观测差值看作随机变量,峰度系数和偏度系数是用来衡量随机变量分布密度曲线形状的数字特征,前者描述曲线渐近于横轴时的陡度,后者描述曲线峰点对期望值的偏离程度。偏度系数为 g_1 , 峰度系数为 g_2 , 它与样本中心矩的关系为:

$$g_1 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}}, g_2 = \frac{m_4}{m_2^2} - 3$$

m_k 为 k 阶中心矩,表示为:

$$m_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^k \quad (k = 2, 3, 4)$$

若把自动站气温观测差值的数学期望定为 0, g_1 为正,表明密度分布曲线峰点(以下简称:峰点)在正值区,反之亦然。 g_2 反映分布曲线的陡度,其值越小,分布曲线越陡,差值分布越集中,反之则表明差值分布较分散^[3]。

计算 4 个时次(共 2732 个样本)观测差值的偏度为 1.15,峰度为 8.23,在 $\alpha = 0.05$ 的显著水平下,对差值分布的正态性做假设检验,结果表明不遵从正态分布,与图 1 吻合,差值集中分布区(峰点)在正值区,即城区自动站与常规站相比气温观测值常偏高。分时次计算偏度和峰度系数(表 3)可看出各时次差值分布特征:(1)08 时峰度系数最小,偏度系数为正且最大,说明 08 时差值分布很集中,但峰点向正值一侧偏得最厉害,即差值多为较大的正值。(2)14 时偏度系数最小(0.02),即峰点最接近 0,但峰度系数很大,说明差值分布不集中,较难订正。(3)20 时差值分布峰点偏向于负值一侧,与表 2 统计

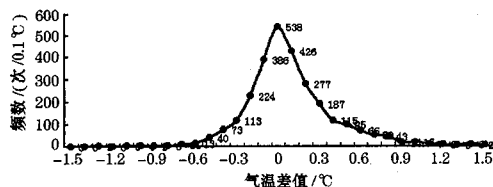


图 1 城区自动站与人工站正点气温观测差值频数分布

结果一致,平均差值能反映差值分布特点。(4)02 时平均差值虽小(表 2),但偏度系数 1.53,说明峰点偏于正值明显,而且峰度系数较大,说明差值分布较为分散,所以平均差值不能很好地反映差值分布特征。

表 3 各定时观测气温差值的峰度和偏度系数比较

	02 时	08 时	14 时	20 时
偏度系数	1.53	1.88	0.02	-0.42
峰度系数	8.58	1.82	11.99	4.68

2.2 城区自动站气温差值校准及效果检验

2.2.1 因子选择

差值分析表明,气温升降、气温本身的高低、日出日落、晴雨条件等气象要素的变化与自动站气温观测差值有一定关系,为此,本文计算了自动站气温观测差值与观测时所有可能有关的气象要素之间的相关系数,并对计算出的相关系数(r)做了显著性检验($\alpha = 0.05$)。相关系数的临界值由式 $r_c =$

$$\sqrt{\frac{t_a^2}{n-2+t_a^2}} \text{ 计算, } r > r_c \text{ 时相关显著。以}$$

此为标准,选出了观测前 1 小时升温量($^{\circ}\text{C}$)、观测前 2 小时升温量($^{\circ}\text{C}$)、观测前 1 小时降水量(mm)、观测时的气温($^{\circ}\text{C}$)、总云量(十分之几)、低云量(十分之几)、相对湿度(%)等 7 个因子与 02 时、08 时、14 时、20 时气温观测差值分别做了逐步回归分析。

2.2.2 订正方程

本文采用双重检验的逐步回归方案。因子样本长度 $n = 683$,待选因子数为 7,显著水平 $\alpha = 0.05$,为方便计算,方程中引入变量的检验值 $F_1 = 4$,剔除变量的检验值 $F_2 = 3$ 。

分别以 02 时、08 时、14 时、20 时自动站气温观测差值(ΔT_{02} 、 ΔT_{08} 、 ΔT_{14} 、 ΔT_{20})为因变量,所选取的 7 个气象要素因子为自变量,建立的回归方程为:

$$\Delta T_{02} = 0.0261 + 0.072x_3 - 0.003x_6 - 0.0011x_7$$

$$\Delta T_{08} = 0.1679 + 0.025x_6 - 0.0016x_7$$

$$\Delta T_{14} = 0.4309 - 0.0268x_1 - 0.0105x_3 - 0.0168x_5 - 0.0088x_6 - 0.0045x_7$$

$$\Delta T_{20} = -0.0449 - 0.0551x_4 + 0.0086x_6$$

方程中, x_1 为观测前 1 小时升温量; x_4

为观测前1小时降水量; x_3 、 x_5 、 x_6 、 x_7 分别为观测时的总云量、低云量、气温、相对湿度。

2.2.3 效果检验

通过计算一些重要统计量(表4),对回归方程做F-Y的统计显著性检验。结果表明,4个方程的F-Y检验值均大于信度为0.05的置信限 F_{α} ,方程的回归效果是显著的。4个方程比较,方程 ΔT_{14} 回归效果最显著。

应用上述差值订正方程对2003年4~5月自动站气温观测值做了订正。结果表明,订正前平均差值、平均绝对差值分别为

0.28℃和0.47℃,订正后分别为-0.01℃和0.09℃(表5),达到了较好的订正效果。由此说明,应用统计学方法建立差值订正方程,可以较好地订正因天气条件而造成的自动站与人工站的观测差异。

表4 回归方程效果检验有关统计量

	分子自由度(p)	分母自由度($N-p-1$)	复相关系数(R)	F-Y检验值	$F_{\alpha=0.05}$
方程(ΔT_{02})	3	679	0.238	7.057	2.61
方程(ΔT_{08})	2	679	0.273	10.507	3.0
方程(ΔT_{14})	5	678	0.479	40.161	2.22
方程(ΔT_{20})	2	680	0.271	26.72	3.0

表5 2003年4~5月城区自动站气温订正前后差值比较

	订正前					订正后				
	02时	08时	14时	20时	平均	02时	08时	14时	20时	平均
平均差值/℃	0.24	0.61	0.26	-0.03	0.28	-0.05	0.03	-0.03	0.08	-0.01
平均绝对差值/℃	0.45	0.68	0.48	0.25	0.47	0.06	0.03	0.15	0.12	0.09

2.3 风观测差异分析

该自动站测风仪器采用长春气象仪器研究所的EC9-1型测风传感器。风包括风向、风速两个要素。选取2001年5月~2003年3月逐日02时、08时、14时、20时的城区自动站和常规站风向、风速观测值,以常规站观测值为准,计算自动站观测差值。由于风向是一个相对不连续的量,为保证自动站与常规站所测风向之间的角度小于 180° ,因此计算风向差值时做了如下处理:

$$D_D = D_z - D_c \quad \text{若 } |D_z - D_c| \leq 180^\circ$$

$$D_D = - \frac{D_z - D_c}{|D_z - D_c|} \times (360^\circ - |D_z - D_c|) \quad \text{若 } |D_z - D_c| > 180^\circ$$

其中 D_D 为风向差值, D_z 为自动站风向, D_c 为常规站风向。这样,差值为正表明自动站测得风向位于常规站测得风向的右侧,差值为负则相反。经计算,风向差值平均为 3.0° ,1717个样本中,48.2%为正差值,51.8%为负差值,正负差值分布大致相当,由此看自动站测得风向差值大都属于随机性差异。

计算自动站02时、08时、14时、20时四个时次的风速平均差值,依次分别为 $-0.26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $-0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $0.01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $-0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。四个时次平均为 $-0.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。石家庄

风速日变化一般为夜间至早晨风速小,午后14时前后风速大。比较四个时次的差值,夜间和早晨风速小时,自动站观测的风速常小于常规站测值。各月间风速差值比较,其分布特征不明显(表略)。

2.4 降水观测差值分析

自动站采用翻斗式雨量计,其结构主要由承水器、上翻斗、计量翻斗、计数翻斗、干簧片等组成,它通过计数翻斗翻动一次使干簧片瞬间闭合一次,从而送出一个电路导通信号,传输到数据采集器中进行记录。常规站的逐小时雨量记录,由虹吸雨量计测得。虹吸雨量计主要有承水器、浮子室、虹吸管、自记钟、储水器等构成。它主要利用虹吸管的虹吸作用,将容器内水排出,使笔尖回到零位,使降水能连续记录。

本文选取2001、2002年4~10月自动站与常规站逐小时降雨量,以常规站雨量自记记录为准,计算有降雨时两者的差值,作为自动站降雨观测差值。结果共取得样本数513个。经计算,其平均差值0.04mm,平均绝对差值0.21mm。由图2看出,差值多分布于0值线附近,正差值次数多于负差值,即大部分时候测值偏大。其主要原因是:自动站翻斗计数受雨强影响很大,当雨强大时,翻斗有一定的惯性,翻动较快,计数器动作次数多,造成观测数据偏大。另外,雨强大于 $4.5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

h^{-1} 时,有时也有较大的负差值。据实际观察,雨大时,雨水有从上翻斗溢出的现象,使测值偏小。当雨强很小时,翻斗内相对来说能聚集较多雨水,翻动次数相对较少,造成观测数据偏小。所有样本中最大差值为 $+4.5\text{ mm}$,当时的雨强 $22.5\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$,出现在2001年6月20日15时。

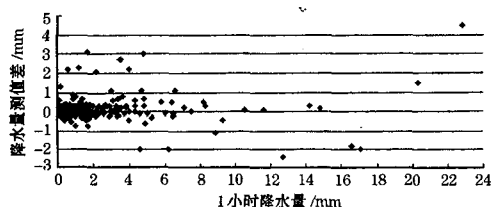


图2 城区自动站与人工站降水量观测差值随降水强度变化散点图

3 C-600自动站与常规站观测记录的差值分析

利用石家庄范围内5个C-600自动站,与常规站(石家庄、辛集、平山、新乐、赞皇)同步观测所得的2003年1~5月逐日02时、08时、14时、20时的气温、露点、风向、风速、本站气压资料比较,并以常规站测值为准,差值的计算方法与城区自动站相同。计算结果表明:C-600自动站气温、露点温度的观测差值分别为 0.11°C 、 0.42°C ,较常规站偏低(表6)。风向平均差值为 3.92° ,表明其所测风向常偏于常规站所测风向右侧。风速平均差值 $-1.09\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,较常规站观测偏小;本站气压观测的平均差值较常规站偏高 0.12 hPa 。

上述统计结果表明,2003年1~5月C-600自动站观测差值基本在允许范围内或略高于允许范围。由于该系统运行时间尚短,统计结果是否具有代表性,还有待于在今后的使用中进一步分析研究。

表6 C-600自动站与常规站比较几种气象要素观测的平均差值

	气温 $/^{\circ}\text{C}$	露点温 $/^{\circ}\text{C}$	风向 $/^{\circ}$	风速 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	本站气压 $/\text{hPa}$
石家庄	-0.1	-1.05	1.88	-0.61	-0.11
新乐	0.04	-0.03	8.24	-1.15	0.0
平山	-0.09	-0.29	-2.81	-1.35	0.24
辛集	-0.09	-0.61	7.81	-1.1	0.46
赞皇	-0.32	-0.1	4.47	-1.26	-0.02
合计	-0.11	-0.42	3.92	-1.09	0.12

4 两种自动观测记录差值特征比较

两种自动站所测气象要素不同,重叠观测的要素有气温、风向、风速、降水。对气温的观测,两种自动站虽然均采用铂电阻测温,但由于所用仪器的生产厂家不同^[4],其技术性能指标有差异,使得两种自动站气温观测差值表现出相反的特征。城区自动站气温平均观测差值为正值,测值常偏高;而C-600自动站气温平均观测差值为负值,测值常偏低。两种自动站对风向的观测差值大致相当;所测风速平均差值均为负值,只是C-600自动站所测风速差值更大些。

5 结论

(1)自动站气温观测差值形成的主要原因有:一是自动站和常规站所用仪器设备的测值原理不同,存在系统性偏差;二是根据《规范》要求,观测时间有差异所造成的;三是受天气条件影响,造成测值差异。两种自动站虽然均采用铂电阻测温,但由于所用仪器技术性能指标的差异,使两种自动站测温差值表现出相反的特征。城区自动站气温测值常偏高;而C-600自动站气温测值却常偏低。

(2)对气温观测差值的偏度、峰度分析,可以进一步揭示差值分布特征,便于找到合理的差值订正方法。

(3)对城区自动站气温观测差值的统计回归结果表明,该差值形成与当时的气象要素状况有一定的关系。在自动站稳定运行后,通过建立统计学订正方程,可以订正因天气因素而造成的自动站气温观测差值,使资料统一性更好。回归方程经统计检验及实际的差值订正检验均效果显著。

(4)地面自动站虽存在许多需要改进和完善的地方,但现用仪器从测值原理到所测数据比较接近于常规站。与常规站测值相比,石家庄城区自动站两年的气温平均绝对差值 0.23°C (订正后可明显减小);4~10月降水测值的平均差值为 0.04 mm ,平均绝对差值为 0.21 mm 。其差值都在允许范围之内或略超出允许范围;其准确度能够满足日常业务使用。另外,自动站从观测时间的统一性上能够得到保障,这也是自动站优于人工站之处。

(下转第60页)

参考文献

- 1 中国华云技术开发公司,北京市气象局. HYA-M 型中尺度自动气象站技术说明书. 1998 年 8 月.
- 2 王颖,刘小宁. 自动站与人工观测气温的对比分析. 应用气象学报, 2002, 13(6): 741~748.
- 3 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法. 北京:气象出版社, 1990: 18~34.
- 4 中国气象局. 自动气象站地面气象观测规范(适用于 Milos500 型). 2002 年 8 月.

Analysis and Correction of Observation Difference between Two Kinds of AWS and Man-observed Station in Shijiazhuang

Lian Zhiluan

(Shijiazhuang Meteorological Office, Hebei Province 050081)

Abstract

Observation data of AWS-city from May 2001 to March 2002 and AWS-milos500 from January to May 2003 have been respectively contrasted with synchro conventional observation data. The cause analysis of the observation difference is made from their difference in sensor pieces and detecting principle, observation time, weather condition etc. Statistics analysis of the temperature error of AWS-city shows that the error is related with the weather factors. Based on that, the correction equations are given. Statistical test and actual verification proved that it had a better effect. The analysis shows that the observation differences of the AWS are in or a little over the allowed scope, even though they had many faults. AWS are superior to man-observed station at the aspect of the unifying of observation time.

Key Words: AWS conventional man-observed station observation data error analysis error correction