

苑跃,赵晓莉,王英,等. 自动与人工观测风速和风向的差异分析[J]. 气象,2011,37(4):490-496.

自动与人工观测风速和风向的差异分析^{*}

苑 跃 赵晓莉 王 英 刘 霄

四川省气象局,成都 610071

提 要: 利用四川 7 个基准气候站 2005 年自动与人工观测风速和风向资料,就自动与人工观测的风速和风向的差异、引起差异的原因进行了分析。结果表明:各风速项目均是自动观测值比人工观测值平均偏高,偏高值在 $0.06\sim0.46\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,在风速测量准确度的偏差范围内;2 分钟风速、10 分钟风速、日最大风速的自动与人工对比观测样本差值在风速观测准确度 ($\pm0.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) 范围内的分别占 37.72%、55.35%、67.75%,风向相符率分别为 62.33%、75.84%、43.64%。自动与人工观测风速值的差异随风速的增大而减小,且没有明显的日变化、季节性变化和地域性变化特征。自动与人工两种观测原理、精度要求、统计方法、观测时间和观测方法的不同,都会引起两种风测量值出现差异。

关键词: 自动观测, 人工观测, 风速风向, 差异分析

Comparative Analysis on Wind Direction and Wind Speed Difference of AWS and Man-Observed Station

YUAN Yue ZHAO Xiaoli WANG Ying LIU Xiao

Sichuan Provincial Meteorological Service, Chengdu 610072

Abstract: The wind direction and wind speed information at 7 basic stations in Sichuan, which observed by automatic and manual in parallel, is employed to analyzed the difference between the wind direction and wind speed by automatic and manual observations, and the reasons for the differences. The parallel comparison observation results have indicated that the wind speed observed by automatic is higher than that by manual way, and the value on the high side is during $0.06-0.46\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, which falls in the deviation range of measuring accuracy of the wind speed. The 2-min wind speed, 10-min wind speed and maximum wind speed with automatic and manual comparison difference in the accuracy of wind speed observations ($\pm0.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), are respectively within the scope of 37.72%, 55.35%, and 67.75%, and their wind direction consistent rates are 62.33%, 75.84% and 43.64%. The wind speed differences between automatic and manual ways gradually become smaller with the increase in wind speed, and they have no obvious diurnal variation, seasonal changes and regional changes. However, two types of automatic and manual observation principles, accuracy, statistical methods, observation time and the different methods of observation will give rise to the difference between wind measurements.

Key words: automatic, manual, wind speed and wind direction, difference analysis

引 言

四川省各基准气候站自 2003 年开始自动气象观测,实行自动观测系统与人工观测系统的双轨业

务运行。而自动与人工在观测体制、观测仪器和设备上具有很大差异。中国气象局相关观测技术规范要求:“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

^{*} 四川省气象局《自动与人工观测风向和风速的差异分析》(川气发[2010]33 号)资助
2010 年 2 月 26 日收稿; 2010 年 7 月 28 日收修定稿
第一作者:苑跃,主要从事气象业务技术管理和气象资料分析研究. Email:yuany9950@sina.com

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^[1]。在诸多导致气候资料序列非均一的原因中,观测仪器的变化是重要因素。国内众多学者对观测系统变化而引起的气象要素观测结果的差异做过分析,如降水量^[2-5]、地温^[6]、气压^[7-8]、温湿度^[9-10]、蒸发量^[11]等^[12-13],但对自动与人工观测风的差异分析研究较少。风作为重要的气候要素之一,它不但可以反映大气环流的特征,也是各地气候资源的主要项目之一。风速和风向的观测,由于自动与人工所使用设备、观测方式和测量原理的差别,它们之间的观测值产生差异是不可避免的。那么这种差异大小及其差异原因是值得探讨的。

本文主要研究了四川省 7 个基准气候站的自动与人工观测风速和风向在各时次、日、月、年不同时间尺度及地域上的差异情况,并就产生差异的原因进行了探讨。

1 资料来源与对比资料处理

本文针对 24 次定时自动与人工观测的风速和风向资料进行分析。使用了四川省气象信息中心提供的 2005 年 7 个基准气候站的风速和风向资料。自动与人工观测资料均利用三级质量控制系统中的质量控制软件^[14]进行了业务质量检验。台站分布如图 1 所示。

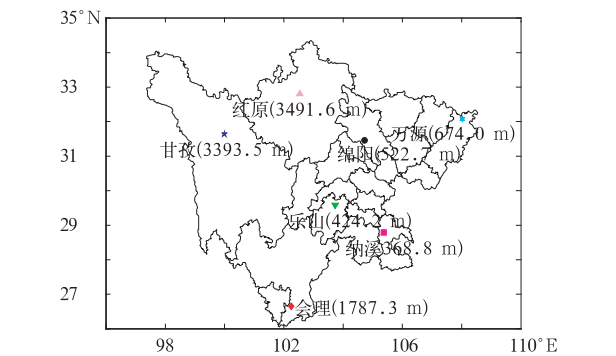


图 1 自动与人工观测风向和风速对比分析 7 个基准气候站分布

Fig.1 The distribution of seven benchmark weather stations for automatic and manual observation and analysis of wind direction and velocity

基准气候站自动与人工都进行每天 24 次定时观测。自动站使用响应快、启动风速低的 EL15-A

型光电子风速计,风向是低启动风速的 EL15-2D 型光电风向传感器^[15]。人工使用 EL 型电接风向风速计。自动与人工观测传感器分别安装在同一观测场内成东西排列成行,相互间东西间隔 ≥ 20 m,在观测场高 10~12 m 的风杆或风塔上^[16]。

文中提到的定时 2 分钟风指的是:自动站为以 1 秒钟为步长的 2 分钟滑动平均值,人工站为人工观测 EL 型风向风速指示器的 2 分钟风速指针摆动的平均位置,读取风速整数,小数位补零,风向读取 2 分钟的最多风向,用十六方位对应符号记录。10 分钟风指的是:自动站为以 1 分钟为步长的 10 分钟滑动平均值,人工站为人工挑取 EL 型风向风速自记正点前 10 分钟内的平均风速风向。日最大风速指的是:自动站从 10 分钟平均风速值中选取,人工站为人工挑取 EL 型风向风速自记 10 分钟最大值作为该日 10 分钟最大风速^[15]。

自动和人工观测风向和风速资料进行对比分析时,对资料作了如下处理:

- (1) 如果自动或人工观测资料有一个缺测时,该时对比资料作缺测处理。
- (2) 1 日中,如 24 次逐时记录有缺测时,该日按 02、08、14、20 时 4 次定时记录做日平均;若上述 4 次定时记录缺测一次或以上时,但该日 24 次逐时记录缺测 5 次或以下时,按实有记录做日平均;缺测 6 次或以上时,不做日平均^[16],对比差值作缺测处理。
- (3) 1 月中缺测日数大于 6 次,月平均对比差值作缺测处理^[16]。
- (4) 1 年中有一个月或以上月平均值缺测时,年平均对比差值作缺测处理^[15]。

在上述缺测处理规定的基础上,风速的日、月、年平均值均为实有记录的算术平均值。

由于自动或人工缺测而造成作对比差值缺测处理的有:102 次 2 分钟风速对比作缺测,264 次 10 分钟风速对比作缺测,2 日 10 分钟风速对比作缺测,37 日日最大风速对比作缺测。

2 自动与人工观测风速的差异情况

针对风速的各主要观测项目进行自动与人工观测资料之间的对比差值统计。对比差值的统计方法是:自动与人工观测风速的差值为自动观测的风速值减去人工观测的风速值。即设 Z_i 为第 i 时、日、月的自动观测值, R_i 为第 i 时、日、月的人工观测

值,则第 i 时、日、月的对比差值 X 为:

$$X_i = Z_i - R_i \tag{1}$$

设两套观测仪器的有效观测次数为 n ,则对比差值的平均值为:

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{n} \tag{2}$$

自动与人工观测风速的相对差值 N 为:

$$N = (Z_i - R_i) / Z_i \tag{3}$$

《地面气象观测规范》要求,风速的准确度是 $\pm 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,风向的准确度是 $\pm 5^\circ$ ^[15],否则认为

偏差超出正常范围。

2.1 各风速项目的平均差异

表 1 列出了各风速项目的自动与人工观测平均对比差值情况统计表。总的可看出,各风速项目均是自动观测值比人工观测值平均偏高,偏高值在 $0.06 \sim 0.46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,处于风速测量准确度的偏差范围内;自动观测值大于人工观测值占大部分观测对比样本,自动与人工观测风速值一致和小于的比例较低。

表 1 自动与人工各风速观测项目的平均对比差值统计表

Table 1 The average contrast statistics for automatic and manual wind observations

风速项目	自动比人工平均 偏高/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	自动与人工 一致占/%	自动大于人工		自动小于人工		有效样本数
			平均偏高/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	占/%	平均偏低/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	占/%	
2 分钟风速	0.46	5.52	0.82	72.42	0.60	22.06	61218
2 分钟风速日平均	0.45	4.03	0.51	92.41	0.46	3.56	2555
2 分钟风速月平均	0.45	0	0.46	98.81	0.20	1.19	84
10 分钟风速	0.38	6.39	0.51	83.57	0.49	10.04	61056
10 分钟风速日平均	0.37	0.78	0.42	95.54	0.63	3.68	2553
10 分钟风速月平均	0.37	1.19	0.39	97.62	0.30	1.19	84
日最大风速	0.06	9.21	0.45	60.25	0.70	30.54	2518

2 分钟风速:自动比人工观测值平均偏高 $0.46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;自动与人工观测值比较,一致的占总有效对比样本数的 5.52% ,大于的占总有效对比样本数的 72.42% ,小于的占总有效对比样本数的 22.06% 。

2 分钟风速日平均:自动比人工观测值平均偏高 $0.45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;自动与人工观测值比较,一致的占总有效对比样本数的 4.03% ,大于的占总有效对比样本数的 92.41% ,小于的占总有效对比样本数的 3.56% 。

2 分钟风速月平均:自动比人工观测值平均偏高 $0.45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;自动与人工观测值比较,大于的占总有效对比样本数的 98.81% ,小于的占总有效对比样本数的 1.19% 。

10 分钟风速:自动比人工观测值平均偏高 $0.38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;自动与人工观测值比较,一致的占总有效对比样本数的 6.39% ,大于的占总有效对比样本数的 83.57% ,小于的占总有效对比样本数的 10.04% 。

10 分钟风速日平均:自动比人工观测值平均偏高 $0.37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;自动与人工观测值比较,一致的占总有效对比样本数的 0.78% ,大于的占总有效对比样本数的 95.54% ,小于的占总有效对比样本数

的 3.68% 。

10 分钟风速月平均:自动比人工观测值平均偏高 $0.37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;自动与人工观测值比较,一致的占总有效对比样本数的 1.19% ,大于的占总有效对比样本数的 97.62% ,小于的占总有效对比样本数的 1.19% 。

日最大风速:自动比人工观测值平均偏高 $0.06 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;自动与人工观测值比较,一致的占总有效对比样本数的 9.21% ,大于的占总有效对比样本数的 60.25% ,小于的占总有效对比样本数的 30.54% 。

2.2 风速差异的分布

图 2 是 10 分钟自动与人工观测风速差值频次分布图。从此图就可直观地看出自动与人工观测风速差值及其频次的分布情况,频次最大的在 $0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 处,差值频次达 7592 次,偏差过大和偏差过小的随即都明显减小;以横坐标 $0.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 为分界点,自动与人工观测风速差值为正的频次明显多于差值为负的,正差值的频次大于负差值的频次。

表 2 列出了 2 分钟、10 分钟和日最大自动与人工观测风速差值段内的观测频次及所占百分比。

2 分钟风速的自动与人工观测对比差值在风速观测准确度 $\pm 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内的对比观测样本占

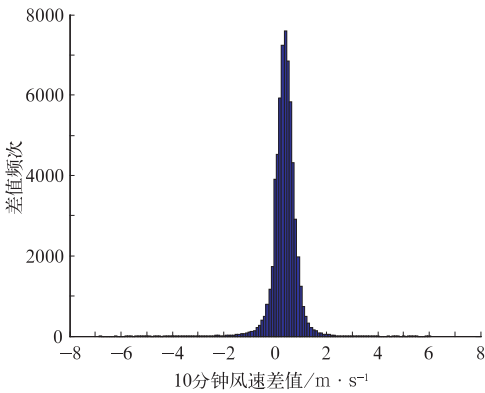


图 2 10 分钟风速差值频率分布图

Fig.2 The 10-min wind speed difference frequency distribution for automatic and manual observations

总有效对比观测样本的 37.72%,对比差值在 $\pm 0.5 \sim \pm 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间的对比观测样本占总有效对比观测样本的 59.5%,对比差值大于 $\pm 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的对比观测样本占总有效对比观测样本的 2.78%。

10 分钟风速的自动与人工观测对比差值在风速观测准确度 $\pm 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内的对比观测样本占总有效对比观测样本的 55.35%,对比差值在 $\pm 0.5 \sim \pm 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间的对比观测样本占总有效对比观测样本的 43.82%,对比差值大于 $\pm 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的对比观测样本占总有效对比观测样本的 0.83%。

日最大风速的自动与人工观测对比差值在风速观测准确度 $\pm 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内的对比观测样本占总有效对比观测样本的 67.75%,对比差值在 ± 0.5

表 2 风速差值段内的观测频次及所占百分比

Table 2 The difference frequency and percentage for different wind observations

差值段 X		<-2.0	-2.0~-1.0	-1.0~-0.5	-0.5~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	>2.0
2 分钟风速	频数	312	1737	3525	23092	17280	13880	1392
	百分比	0.51	2.84	5.76	37.72	28.23	22.67	2.27
10 分钟风速	频数	219	444	852	33796	23154	2304	287
	百分比	0.36	0.73	1.4	55.35	37.92	3.77	0.47
日最大风速	频数	57	82	118	1706	412	127	16
	百分比	2.26	3.26	4.69	67.75	16.36	5.04	0.64

注:X=自动观测的风速值-人工观测的风速值

$\sim \pm 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间的对比观测样本占总有效对比观测样本的 29.35%,对比差值大于 $\pm 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的对比观测样本占总有效对比观测样本的 2.9%。

2.3 风速差异的日变化

图 3 是利用四川 7 个基准站 2005 年 24 次定时 10 分钟风速各次自动与人工观测年平均值的差值

绘制的日变化图。从图 3 可看出,7 个基准站除甘孜、会理两站风速差值日变化曲线在 10 时前后差异较大,甘孜站波幅达 $0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、会理站波幅达 $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,其他各站风速差值日变化曲线的波幅一日间基本处于 $0.12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,没有太大的变化。总体来看风速差值日变化曲线是比较稳定,没有比较明显的日变化规律。

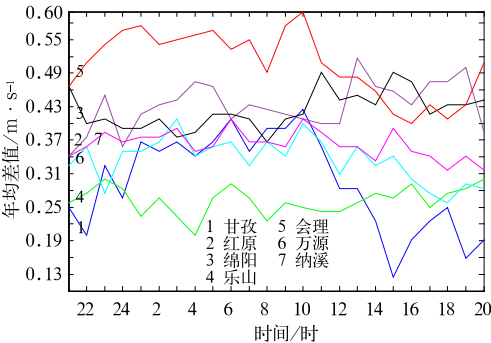


图 3 7 个基准站 2005 年 24 次 10 分钟风速各次自动与人工观测年平均值的差值日变化

Fig.3 The diurnal variation of 10-min wind speed difference (automatic minus manual) at 7 basic stations in 2005

2.4 风速差异的季节性变化

图 4 为利用四川 7 个基准站 2005 年 24 次定时 2 分钟风速的自动与人工观测月平均值的差值绘制的年变化图。从图 4 可看出,除个别站的个别月份外,各站的风速差值月变化曲线的波幅基本都在 $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内,没有太大的变化。总体来看风速差值月变化曲线是比较稳定的,没有比较明显的季节性变化特征。

2.5 风速差异的地域变化

将图 1、图 3、图 4 结合起来分析。图 1 标示了各站的分布及海拔高度。图 3 是 10 分钟的自动与人工观测风速的差值日变化曲线图,可看出,除会

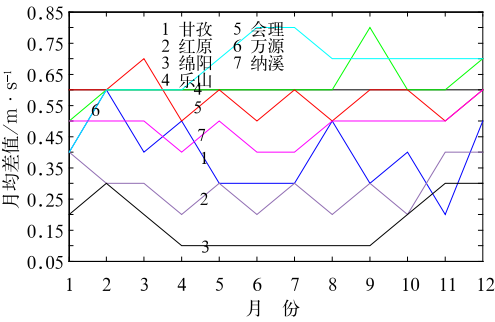


图 4 7 个基准站 2005 年 24 次 2 分钟风速自动与人工观测月平均值的差值年变化
Fig. 4 The annual variation of 2-min wind speed monthly averaged difference (automatic minus manual) at 7 basic stations in 2005

理、乐山外,其他各站的差值基本处于 $0.34 \sim 0.46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,而这 5 个站既有高海拔的甘孜站和红原站,也有低海拔的万源站、绵阳站和纳溪站。再从图 4 的 2 分钟自动与人工观测风速差值年变化图可看出,较高海拔的会理站与较低海拔的万源站和乐山站的差值基本在 $0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,而高海拔的甘孜站与低海拔的纳溪站的差值基本在 $0.45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,高海拔的红原站又与低海拔的绵阳站的差值基本在 $0.25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。因此,总的来看,无论是 10 分钟风速,还是 2 分钟风速的自动与人工观测差值与台站的海拔高度是没有直接的关系,即自动与人工观测风速的差异与台站所处地域无关。

2.6 风速差异随风速的变化

图 5 为自动与人工观测风速的相对差值与风速的散布图。

从图 5 可看出,风速越小,自动与人工观测风速

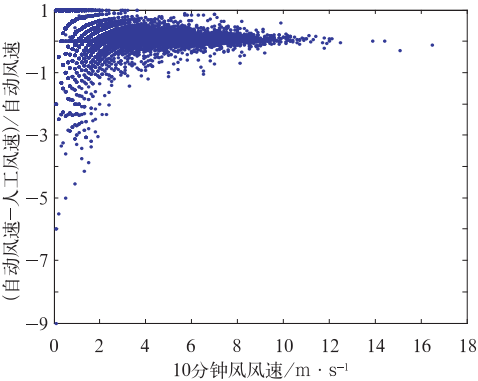


图 5 自动与人工观测风速的相对差值与风速的散布图
Fig. 5 Automatic and manual observations of the relative velocity of wind and spreading value

的相对差值越大,即自动与人工观测风速的相对差值随风速的增大而减小,并有趋向于零的趋势,说明自动观测风速值与人工观测风速值的差异随风速的增大而减小。这应该与两种观测设备的启动风速有关,自动观测是不大于 $0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的低启动风速传感器^[14],而人工观测是不大于 $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的启动风速传感器^[16]。

3 自动与人工观测风向的相符率

自动站是低启动风速的光电风向传感器,启动风速为不大于 $0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,分辨率为 3° ,准确度为 $\pm 5^\circ$ 风速测量范围为 $0 \sim 60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[17]。人工是 EL 型风向风速计,启动风速为不大于 $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,风速测量范围为 $2 \sim 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,采用 8 个方位块能分辨出 16 个方位的风向^[16]。风向在自然条件下,其在时间和空间分布上差别很大,因此,只需求出自动与人工两者风向相符的百分率。

风向相符百分率 (%) = $\frac{\text{风向相符次数}}{\text{风向有效总次数}} \times 100\%$ (4)

由于人工观测的电接风向风速计的风速测量以 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 起,因此在统计风向相符百分率时不计 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下的记录。人工的风向以 16 个方位,即 22.5° 为 1 个方位,而自动站风向的测量准确度为 $\pm 5^\circ$ 。因此,人工所测风向的方位对应自动所测风向的角度范围应为:人工风向方位 N 对应自动风向角度范围 $343.76^\circ \sim 16.25^\circ$, NNE 为 $6.26^\circ \sim 38.75^\circ$ 时,即可认为两者相符,以此类推如表 3。

表 4 为自动与人工各项风观测的风向相符情况。总体看自动与人工观测风向的相符率较高,2 分钟风向在 18818 次有效对比观测中,其相符率为 62.99%;10 分钟风向在 18539 次有效对比观测中,其相符率为 75.84%;日最大风速的风向在 2445 次有效对比观测中,其相符率为 43.64%。

4 自动与人工观测风速风向的差异原因分析

自动站的风速测量使用响应快、启动风速低的 EL15-1A 型光电子风速计,风向测量是低启动风速的 EL15-2D 型光电风向传感器^[14]。人工站的风向和风速测量使用 EL 型电接风向风速计^[16]。自动

表 3 自动与人工观测风向对应表^[14]
Table 3 Automatic and manual observations
of corresponding wind directions

方位	符号	中心角度/°	角度范围/°
北	N	0	343.76°~16.25°
北东北	NNE	22.5	6.26°~38.75°
东北	NE	45	28.76°~61.25°
东东北	ENE	67.5	51.26°~83.75°
东	E	90	73.76°~106.25°
东东南	ESE	112.5	96.26°~128.75°
东南	SE	135	118.76°~151.25°
南东南	SSE	157.5	141.26°~173.75°
南	S	180	163.76°~196.25°
南西南	SSW	202.5	186.26°~218.75°
西南	SW	225	208.76°~241.25°
西西南	WSW	247.5	231.26°~263.75°
西	W	270	253.76°~286.25°
西西北	WNW	292.5	276.26°~308.75°
西北	NW	315	298.76°~331.25°
北西北	NNW	337.5	321.26°~353.75°
静风	C	风速小于或等于 0.2 m·s ⁻¹	

表 4 自动与人工观测风向相符情况表
Table 4 Automatic and manual observations
of consistent wind directions

风向项目	风向相符次数	占比/%	有效样本数
2 分钟风向	11853	62.99	18818
10 分钟风向	14060	75.84	18539
日最大风速的风向	1067	43.64	2445

站和人工站风的观测,无论是所使用的设备、测风原理、精确度、观测方法等方面都有很大的差别。因此,它们的观测值之间就必然是有差异的,这种差异由以下几方面体现出来。

4.1 启动风速不同引起的差异

自动站是启动风速不大于 0.3 m·s⁻¹ 的低启动风速的光电风向传感器^[14],人工站是启动风速为不大于 1.5 m·s⁻¹ 的 EL 型电接风向风速计^[14]。由于两种设备从设计的要求启动风速不同,各自对风的测量值必然会有差异,特别是在低风速情况下。

4.2 精度不同引起的差异

自动站的风向分辨率为 3°,精度为±5°;风速分辨率为 0.05 m·s⁻¹,风速小于 10 m·s⁻¹ 时精度为±0.3 m·s⁻¹,风速大于 10 m·s⁻¹ 时±3 m·s⁻¹,测量范围为 0~60 m·s⁻¹^[14]。人工站的风向能分辨 16 个方位,测向精度为±11°15′;风速的测量精度为风速的订正值不大于±(0.5+0.05×风速)

m·s⁻¹,人工读数精度为 1.0 m·s⁻¹,测量范围为 2~40 m·s⁻¹^[16]。两种设备测风所能达到的观测精度不同,也就必然引起两种风测量值的差异。

4.3 统计方法不同引起的差异

人工站定时风是读取整数,小数位补零;10 分钟平均风速是从 0.3 m·s⁻¹ 以上开始统计,且小数位只能是 0、3 和 7。而自动站则是取一位小数,平均风速是从 0.1 m·s⁻¹ 开始统计。两种测风的统计方法不同,也就引起两种风测量值的差异。

4.4 观测时间和方法不同引起的差异

人工站的定时风是在接近正点的 15 分钟之内,靠人工观测两分钟风速指针摆动的平均位置,去求取平均值,时间不在正点,且人为因素较大,而自动站的定时风是由设备自动读取正点前两分钟的平均值。因风是时间性很强的气象要素,而两种测风在观测时间和方法的不同,也就必然引起两种测量值的差异。

5 结 论

通过对四川 7 个基准气候站 2005 年自动与人工观测风速和风向观测资料的一系列对比分析,得出如下结论:

- (1) 各风速项目均是自动观测值比人工观测值平均偏高,偏高值在 0.06~0.46 m·s⁻¹ 之间,处于风速测量准确度的偏差范围内;自动观测值大于人工观测值占大部分观测对比样本,自动与人工观测风速值一致和小于的比例较低。
- (2) 2 分钟风速、10 分钟风速、日最大风速分别有 37.72%、55.35%、67.75% 的对比观测样本,其自动与人工观测对比差值在风速观测准确度±0.5 m·s⁻¹ 范围内。
- (3) 自动与人工观测风速的差值没有明显的日变化、季节性变化、地域性变化特征。
- (4) 自动与人工观测风速的差异随风速的增大而减小。
- (5) 自动与人工观测风向的相符率较高,2 分钟风向相符率为 62.33%;10 分钟风向相符率为 75.84%;日最大风速的风向相符率为 43.64%。
- (6) 由于自动与人工是两种观测体制,其各自在风的观测原理、精度要求、统计方法、观测时间和

观测方法的不同,都会引起两种风测量值出现差异。

参考文献

- [1] 中国气象局. 地面有线综合遥测气象仪(Ⅱ型)观测规范[S]. 北京:中国气象局,1999.
- [2] 任芝花,冯明农. 自动与人工观测降雨量的差异及其相关性[J]. 应用气象学报,2007,18(3):358-364.
- [3] 任芝花,李伟,雷勇,等. 降水测量对比试验及其主要结果[J]. 气象,2007,33(10):96-101.
- [4] 任芝花,王改利,邹风玲,等. 中国降水测量误差的研究[J]. 气象学报,2003,61(5):62-627.
- [5] 任芝花,赵平,张强,等. 适用于全国自动站小时降水资料的质量控制方法[J]. 气象,2010,36(7):123-132.
- [6] 刘小宁,任芝花,王颖. 自动观测与人工观测地面温度的差异及其分析[J]. 应用气象学报,2008,19(5):554-563.
- [7] 张天峰,王炜. 甘肃省自动气象站气压记录分析评估[J]. 气象科技,2008,36(5):666-669.
- [8] 鞠晓慧,任芝花,曹丽娟,等. 自动与人工观测气压的差异及原因分析[J]. 气象,2010,36(1):104-110.
- [9] 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.
- [10] 任芝花,涂满红,陈永清,等. 玻璃钢百叶箱与木制百叶箱内温湿度测量的对比分析[J]. 气象,2006,32(5):35-40.
- [11] 沈艳,任芝花. 我国自动与人工蒸发量观测资料的对比分析[J]. 应用气象学报,2008,18(4):463-469.
- [12] 连志鸾. 自动站与人工站观测记录的差异分析[J]. 气象,2005,31(3):48-52.
- [13] 胡玉峰. 自动与人工观测数据的差异[J]. 应用气象学报,2004,15(6):719-726.
- [14] 任芝花,熊安元. 地面自动站观测资料三级质量控制业务系统的研制[J]. 气象,2007,33(1):19-24.
- [15] 北京华创升达高科技发展中心. CAWS600 型自动气象站技术及使用说明书.
- [16] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003.
- [17] 上海气象仪器厂. EL 型电接风向风速计使用说明书.

新书架

短期气候预报的经验(统计)方法

张勤 肖子牛 等译

该书是美国气候预测中心(NOAA/CPC)H. 范登杜博士根据他和他的同事们多年气候预测的经验 and 应用实践写成。全书系统地介绍了在业务上作为基础性工具的主要经验或统计方法,其中最具特色的有经验波传播(EMP)、遥相关理论和经验正交化遥相关方法与相似预报法,这些都是在 CPC 用于业务气候预测中行之有效的办法。本书将气候研究的最新理论成果和预报技术有机地结合起来,这对从事气候预报的业务人员十分有用,同时也可以帮助业务人员用这些方法拓展到延伸预报中去。另外,本书中关于现代短期气候预测方法的介绍与季节预测的实例对于各国,包括中国的气候预报员也是十分有用的。

16 开 定价: 30.00 元

现代气候学(普通高等教育"十一五"国家级规划教材)

缪启龙 等编著

该书系统地阐述了现代气候学的基本概念、原理和研究内容,力求反映现代气候学的最新成果。书中内容包括气候系统概念、辐射平衡、能量输送、水分交换、海-气、陆-气相互作用、冰雪与气候、人类活动与气候以及大气的平均状态和气候变化的事实,并对气候诊断与预测的方法和气候数值模拟的基础理论予以介绍和阐述。

该书可作为大气科学类本科生教材,还可以供地理、水文、环境、海洋、农、林等专业的本科生或研究生作为教学参考书,也可供相关专业技术人员参考。

16 开 定价: 41.00 元

大气数值模式及模拟

王澄海 等编著

该书系统讲述大气数值模式及其模拟的原理和方法。内容包括:大气数值模式的基本概念;大气数值模式设计的基本方程和动力框架;初、边界条件的类型和给定方法;大气边界层及其陆面参数化方案;大气辐射、湿物理过程的处理方案;较新的资料同化方法等,最后给出了几种最新的大气模式、陆面模式的模拟试验和资料同化的个例,并简介了新版中尺度模式 WRF 的基本特点。

该书可作为大专院校大气科学及相关专业的本科生和研究生教材,也可作为大气科学专业及相关领域的科研人员的参考书。

16 开 定价: 45.00 元

气象服务发展论坛文集

孙健 陈振林 主编

该书是由气象服务发展论坛交流文章汇编而成的公共气象服务文集。从我国气象服务发展历程、未来展望、政策环境、体制机制、服务模式等方面对公共气象服务业务发展进行思考 and 交流,从决策气象服务、公众气象服务、农业气象服务、专业专项气象服务、气象灾害防御、气象服务效益评估等方面对公共气象服务技术方法和系统进行总结 and 交流。

该书可供从事气象服务和防灾减灾业务、管理和研究人员参考。

16 开 定价: 68.00 元