

计算自动气象站动态准确度的新方法

陈玉欣 郭锡钦

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

介绍了一种计算自动气象站动态准确度的新方法,通过对同在杭州的两台自动站和人工站对比数据的计算,结果表明,用这种方法计算出来的人工站、自动站的各要素的标准差是适用的、客观的。人工站资料的标准差的计算结果和以前的假定值是相近的,自动站的计算结果符合 CIMO(世界气象组织所属仪器和观测方法委员会)对自动站测量准确度的要求。

关键词: 自动气象站 标准差 动态准确度 测量准确度

前 言

近年来,自动气象站的研制取得了长足的进展,如何对自动气象站进行客观、准确的评估,对今后自动气象站的推广及自动气象站资料的应用至关重要。一般来讲,在自动气象站考核试验阶段都有常规观测与之同时、同地进行对比观测,两者的各要素差值是一种重复测量的结果,在样本数较大时这些差值近似正态分布,这时可以用差值的标准差来衡量测量值的准确度,对其观测结果做出评估。我们知道这个差值标准差有两部分组成,一部分是人工站的标准差,另一部分是自动气象站的标准差。因此如何把人工站的标准差从中分离出来就成了评估自动气象站的关键。在以前,人工站的标准差是这样来估算的:由于人工站使用的常规仪器的检定差值的标准差是可以统计出来的,按照 CIMO(WMO 的仪器和观测方法委员会)的要求,这个标准差至少应该比观测误差小一半,换句话说,在较理想的情况下,观测误差的标准差是检定误差的两倍。据此,我们得出人工观测的标准差如下:

气压: $\pm 0.2 \text{ hPa}$; 气温: $\pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$; 相对湿度: $\pm 4\%$; 风速: $\pm 0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

严格的讲,以前人工站的标准差都是根据推测假定一个值,虽然这个假定值有其合理性,但缺乏实验资料为依据,不够客观和全面。为了更好地解决这一问题,本文介绍一种计算自动气象站动态准确度的新方法,即以对比实验资料为依据,根据线性代数理论,通过求联解方程法,分别解出人工站、自动气象站的标准差。为今后自动气象站测量准确度的评估提供了客观依据。

1 计算方法与计算结果

当有两个自动气象站同时与人工站进行现场对比实验时,设 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 分别为人工站某要素的标准差和第一、第二个自动气象站相应要素的标准差。用 A 表示人工站与第一个自动气象站相应要素的差值标准差, B 表示人工站与第二个自动气象站相应要素的标准差, C 表示第一个自动气象站与第二个自动气象站相应要素的差值标准差,则

$$\begin{cases} \sigma_1^2 + \sigma_2^2 = A^2 \\ \sigma_1^2 + \sigma_3^2 = B^2 \\ \sigma_2^2 + \sigma_3^2 = C^2 \end{cases} \quad (1)$$

根据线性代数理论,上述方程有唯一解。联解上述方程后,便可求出 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 。计算结果见表 1—3。

表1 人工站观测数据的月标准差

年.月	气压/hPa	气温/°C	相对湿度/%	风速/ m·s ⁻¹	地温/°C				
					0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
91.9	0.23	0.27	2.02	/	0.86	0.27	0.14	0.34	0.12
10	/	0.14	2.92	0.25	1.34	0.83	0.33	0.38	0.18
11	0.01	0.29	2.42	0.53	0.97	0.95	0.40	0.43	0.22
12	0.15	0.22	0.16	0.15	0.62	0.61	0.30	0.27	0.18
92.1	0.12	0.24	1.46	0.18	1.27	0.23	0.16	0.25	0.17
2	0.12	0.28	2.25	0.34	1.51	0.69	0.33	0.29	0.18
3	0.13	0.17	1.35	0.33	0.33	0.32	0.27	0.33	0.18
4	0.11	/	2.00	0.31	/	0.83	0.43	0.45	0.34
5	0.12	0.29	2.38	0.29	0.39	0.60	0.23	0.16	0.33
6	0.12	0.27	2.54	0.34	0.67	0.62	0.20	0.16	0.31
平均值	0.13	0.25	2.19	0.32	0.97	0.64	0.29	0.32	0.23
假定值	0.20	0.20	4.00	0.60	/	/	/	/	/
CIMO值	0.50	0.50	6.00	1.00	/	/	/	/	/

注:表1—3中,有的月份出现个别参量无解(表中以“/”表示),是因为该月份自动站故障较多,有效数据太少所致,并非本方法有问题。表中CIMO值一栏和假定值一栏中的“/”是由于CIMO对地温观测没有提出要求,故以“/”表示。

表2 上海无线电23厂制造的自动站的月标准差

年.月	气压/hPa	气温/°C	相对湿度/%	风速/ m·s ⁻¹	地温/°C				
					0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
91.9	0.18	0.16	0.32	2.81	0.79	0.23	0.17	0.15	0.17
10	0.18	0.81	2.02	0.74	0.36	0.44	0.22	0.23	0.17
11	0.13	0.16	1.82	0.78	0.67	0.07	/	0.04	/
12	0.07	0.17	1.23	0.96	0.32	/	0.09	0.13	/
92.1	0.09	0.24	2.94	0.75	0.31	0.26	0.16	0.19	0.15
2	0.12	0.21	2.28	0.19	1.22	0.26	0.06	0.17	0.16
3	0.13	0.09	1.43	0.03	0.42	0.17	0.14	0.20	0.04
4	0.11	0.43	1.92	0.19	2.18	0.45	0.39	0.33	0.29
5	0.07	0.22	0.76	0.16	1.58	0.28	0.14	0.12	/
6	0.07	0.25	4.48	0.16	1.65	0.34	0.04	0.02	/
平均值	0.12	0.34	2.22	1.03	1.14	0.30	0.18	0.18	0.14
假定值	0.20	0.20	4.00	0.60	/	/	/	/	/
CIMO值	0.50	0.50	6.00	1.00	/	/	/	/	/

表3 江苏省无线电研究所制造的自动站的月标准差

年.月	气压/hPa	气温/°C	相对湿度/%	风速/ m·s ⁻¹	地温/°C				
					0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
91.9	0.84	0.09	1.50	2.70	0.64	0.09	0.16	0.15	0.17
10	0.56	0.26	1.26	0.31	1.19	/	0.14	/	0.15
11	0.83	0.11	1.50	/	/	0.18	0.17	0.10	0.14
12	0.29	0.15	3.03	0.32	/	0.53	0.16	0.07	0.15
92.1	0.05	0.14	3.25	0.25	0.31	/	0.13	0.04	0.12
2	0.09	0.21	2.70	0.07	/	/	0.10	/	0.14
4	0.15	0.33	0.45	0.21	0.70	/	/	0.23	0.25
5	0.05	0.14	1.64	0.11	0.57	0.12	0.28	0.26	0.24
6	0.19	0.13	/	0.06	/	0.29	0.10	0.14	0.12
平均值	0.43	0.18	2.08	0.92	0.69	0.29	0.15	0.16	0.17
假定值	0.20	0.20	4.00	0.60	/	/	/	/	/
CIMO值	0.50	0.50	6.00	1.00	/	/	/	/	/

从表 1 的数据可以看出,人工观测资料的标准差的计算结果和假定值是相近的。根据我们对动槽式水银气压表的大量相互对比得出的标准差亦为 $\pm 0.13\text{hPa}$,与计算结果完全一致。表中的 CIMO 值是 1983 年“气象仪器与观测方法指南”中的数据,根据 CIMO 第十届会议资料,由于近年来,自动站技术的

发展,有的测量要素的测量标准差能达到如下数值。例如:气压 $\pm 0.15\text{hPa}$;气温 $\pm 0.15^\circ\text{C}$;相对湿度 $\pm 2.5\%$;风速 $\pm 0.25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。由此可见,比较优秀的自动站的测量结果已经达到了人工观测的水平。

上海与江苏两台自动站的测量准确度如表 4 所示。

表 4 被试自动站的测量准确度与 CIMO 要求的比较

单 位	气压/hPa	气温/ $^\circ\text{C}$	相对湿度/%	风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	地温/ $^\circ\text{C}$				
					0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
上海 23 厂	0.24	0.68	4.44	2.06	2.28	0.60	0.36	0.36	0.08
无锡所	0.86	0.36	4.16	1.84	1.38	0.58	0.30	0.32	0.34
CIMO 指南	1.00	1.00	12.00	2.00	/	/	/	/	/
最新 CIMO 值	0.30	0.30	5.00	0.50	/	/	/	/	/

注:①表中数据为最新 CIMO 值(第十届 CIMO 会议资料,1990 年)。

②到现在为止,仍未见 CIMO 对地温测量准确度提出要求。

有了各要素的测量标准差,我们就可以来计算它们的测量准确度,方法如下:设 T 是真值, \bar{O} 是用一个仪器观测到的 n 次观测值的平均值。 σ_0 是观测值相对于其平均值的标准差,则测量准确度以 $(\bar{O}-T)\pm f(\sigma_0, n)$ 表示,其中 f 是一个概率函数,代数差 $\bar{O}-T$ 是系统误差。在实际工作中,这个系统误差都是存在的,但它是可以修正的。例如,可以通过与标准器相对比,然后调整要素的基点位置来予以消除,也可以在处理记录时,按订正值予以订正。这样我们就可以只讨论偶然误差。按照惯例,我们用两倍标准差来表示测量准确度。

2 结 论

自动站的测量准确度问题,是地面观测自动化过程中普遍关心的问题。作者采用了一种与传统方法全然不同的计算方法,就上海无线电 23 厂制造的自动站和江苏无线电研究所制造的自动站在杭州与人工站进行动态对比的数据进行了测量准确度的计算。对比数据是 1991 年 9 月至 1992 年 6 月近一年的气压、气温、相对湿度、风速及浅层地温资料。计算结果表明,用这种方法计算出的人工站各要素的标准差与假定值比较接近,其中

气压的计算结果与实验结果完全一致,从而证明了用这种方法去计算人工站与自动站的测量准确度是适应的、客观的。用这种方法对上述两个自动站的测量准确度计算结果表明,在自动站正常运行的情况下,从整体上来说,数据质量较好,高于 CIMO 指南中对自动站测量准确度的要求,与第十届 CIMO 会议资料提供的测量准确度比较接近,只是在可靠性方面差距较大。正因为这种计算方法得出的结果具有客观性和准确性,在以后的自动站动态对比实验中,将利用表 1 中的计算结果表示人工观测各要素的标准差,然后在人工站与自动站的差值标准差中分离出自动站的各要素的标准差,再进一步计算出自动站的测量准确度。由此可见,这一新的计算方法对今后客观、准确地评估自动站的实验结果是很有意义的。

参考文献

- 1 WMO. Guide to meteorological instruments and methods of observation. 1983.
- 2 G. xiqin, Z. shuer and W. jinzhao. The preliminary study for the data analyzing and summarizing of the field comparison of DCP. 1992, WMO/TD-No. 462.
- 3 郭锡钦等人. 自动气象站的动态实验及其测量准确度. 应用气象学报, 1994, 5(2): 176-183.
- 4 罗凤岗. 概率统计基础. 北京: 气象出版社, 1989 年.

(下转第 7 页)

(上接第 16 页)

A New Method of Calculating Dynamic Accuracy of Automatic Meteorological Stations

Chen Yuxin Guo Xiqin

(Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081)

Abstract

A new method of calculating the dynamic accuracy of automatic meteorological station (AMS) is introduced. The computational results of the data observed with two AMS and one meteorological station in Hangzhou show that the standard deviation of the AMS and the meteorological station are appropriate and objective. The computational results of the meteorological station data are approximately the same as previously assumed values. The standard deviations of AMS are much smaller than the value required by CIMO (Committee of instrument and method of observation of WMO), and satisfy the accuracy requirement of AMS by CIMO.

Key Words: automatic meteorological station standard deviation dynamic accuracy
measurement accuracy