

本站气压对湿度测量精度的影响

刘玉洪 张一平 马友鑫 张克映 杨国平

(中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223)

提 要

通过山地生态气候研究工作的实践,分析本站气压对测湿精度的影响,并介绍一种用平均本站气压作空气湿度订正的方法,由此可以提高湿度测量精度。

关键词: 本站气压 空气湿度 湿度测量精度

在山地生态气候研究工作中,特别是山地气候科学考察,空气湿度当然为其重要的气候要素,即科学考察观测内容之一。但是一般科学考察因为受经费、人力与物力的影响,均不同时观测本站气压项目,因此在使用《湿度查算表》查算空气湿度时无从作本站气压订正,湿度查算表中是假设本站气压为1000hPa时计算的,高于海平面的山地测站即本站气压 $p < 1000\text{hPa}$,因而查算得到的空气湿度出现系统性偏小误差。另外,在我们收集到的一些由气象台站在农业气候区划中建立的短期的山地气候科学考察资料中,有一部分空气湿度资料也是未经本站气压订正,均存在系统性偏小的误差。

但是未经本站气压订正的空气湿度资料的误差为多少,是否可忽略不予考虑?本文下面就对本站气压对测湿精度的影响作一些粗浅的分析,并以实例介绍利用海拔高度求算平均本站气压作空气湿度订正的方法,其目的是减少空气湿度的系统性误差,提高测湿精度。

1 空气湿度的绝对误差

测量空气湿度的常规方法是用干球、湿球温度表通过查算《湿度查算表》而得到,表中的空气湿度计算公式为:

$$e = E' - Ap(t - t') \quad (1)$$

$$f = 100e/E \quad (2)$$

式中: e 为水汽压,单位为 hPa; E' 为湿球温度时空气饱和水汽压,单位为 hPa; A 为空气湿度系数,表中取 $A = 0.0007947$; p 为

本站气压,单位为 hPa; t 为干球温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$; t' 为湿球温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$; f 为相对湿度,单位为 %; E 为干球温度时的空气最大水汽压,单位为 hPa。

在《湿度查算表》中,水汽压(e)和相对湿度(f)是分别由式(1)和(2)假设 $p = 1000\text{hPa}$ 时计算得到,若本站气压不是1000hPa时,就需要用实测的本站气压对湿球温度加以订正,以求得精确的空气湿度值。若不加本站气压订正,那么所查算到的空气湿度值与实际的空气湿度值是有误差,一般情况,如在云南山地,海拔高度均高于海平面($h > 0\text{m}$),所以本站气压 $p < 1000\text{hPa}$,即没有经过本站气压订正而查算到的空气湿度具有系统性偏小的误差。

用式(1)代入式(2)得:

$$f = 100E'/E - 100Ap(t - t')/E \quad (3)$$

式(3)中假设 t 和 t' 为常数,对本站气压 p 微分即得相对湿度(f)的绝对误差公式为:

$$\Delta f = |[100A(t - t')/E]\Delta p| \quad (4)$$

式(2)变换为 $E = 100e/f$ 代入(4)式得:

$$\Delta f = |[Af(t - t')/e]\Delta p| \quad (5)$$

由式(5)可知,当 t 和 t' 一定时, e 和 f 是一定的常数,又因为 A 也是一个很小的常数,在本站气压改变量(Δp)很小时, Δf 也很小,可以忽略不予考虑。在实际应用的情况中, Δp 在湿度查算表中本站气压是以10hPa为一个查算单位,用于空气湿度查算订正,就可以保证我们对测湿的精度要求,如果不作

订正,必然产生误差。所以,如我们所设的观测站本站气压为 900hPa、800hPa 或 700hPa,即 Δp 分别为 100hPa、200hPa 或 300hPa 时,此时在查算空气湿度过程中如果不经本站气压订正,那么查算的空气湿度数据的精度就受到一定的影响,即此时 Δp 就相对较大,是不可以忽略的,应该进行本站气压的订正。

现在举例说明,如假设 t 分别为 -10°C 、 0°C 、 10°C 、 20°C 和 30°C ; f 分别为 10%、30%、50%、70% 和 90%; Δp 分别为 100hPa、200hPa 和 300hPa (即本站气压为 900hPa、800hPa 和 700hPa),此时,利用式(4)和《湿度查算表》计算出本站气压小于 1000hPa 时,经本站气压订正与未经本站气压订正所造成的空气湿度误差列于表 1。

表 1 经本站气压订正与未经本站气压订正的相对湿度误差

$t/^{\circ}\text{C}$	$\Delta p/\text{hPa}$	$f/\%$				
		10	30	50	70	90
-10	100	7	5	4	3	1
	200	14	11	7	5	2
	300	21	16	11	8	3
0	100	6	4	3	2	0
	200	11	9	7	4	2
	300	19	14	10	6	2
10	100	4	3	3	2	1
	200	10	8	5	3	1
	300	15	12	8	5	2
20	100	4	3	2	1	0
	200	7	6	4	2	1
	300	11	9	6	3	1
30	100	3	2	1	1	0
	200	6	4	3	2	1
	300	9	6	4	2	1

由表 1 可见,随着海拔高度升高,本站气压(p)降低,则本站气压与海平面气压的差值(Δp)增大,未经本站气压订正所造成的空气湿度误差也随之增大,当 Δp 分别为 100hPa、200hPa 和 300hPa 时,在低温(-10°C)、低湿(10%~30%)时误差分别为 5%~7%、11%~14% 和 16%~21%;低温(-10°C)、高湿(70%~90%)时误差分别为 1%~3%、2%~5% 和 3%~8%;高温(30°C)、低湿(10%~30%)时误差分别为 2%~3%、4%~6% 和 6%~9%;高温(30°C)、高湿(70%~90%)时误差分别为

0%~1%、1%~2% 和 1%~2%。由此可知,未经本站气压订正查算的空气湿度误差,在低温低湿条件下误差最大,高温高湿条件下误差最小。特别是在空气湿度较大时,本站气压对测湿精度的影响较小,而空气干燥时本站气压对测湿精度的影响较大。

2 用海拔高度作空气湿度订正

由上述讨论可知,在云南高原观测空气湿度如果在查算时不进行本站气压订正,必然会产生误差。如在滇中哀牢山山地所建立的海拔高度分别为 1480m、1900m、2460m 的三个气象站,年平均本站气压分别约为 850、810 和 760hPa (即 Δp 分别为 150、190 和 240hPa)。查算空气湿度时如不经本站气压订正,那将使所测空气湿度带来误差,而且此误差并非一个常数,其产生误差是海拔高处大于海拔低处。为了提高测湿精度,我们利用海拔高度求算站点的平均本站气压来作空气湿度查算的订正,其结果是比较满意的。因为我们所建立的气象站没有实测资料与之比较,现在用昆明市气象站的资料举例来验证可行性。对于一个固定的气象站来讲,本站气压的年变化相对是不太大的,且在查算空气湿度本站气压的查算表是以 10hPa 为一个订正单位,那么即可由气象站已知海拔高度用压高公式计算出年平均本站气压,用其对湿球温度加以订正。

昆明市气象站(海拔 1891m)某年 1~12 月全年空气湿度资料未经本站气压订正。首先,我们选附近有本站气压观测的国家气象站,如晋宁县气象站,由完全的拉普拉斯压高公式:

$$Z_2 - Z_1 = 18400(1 - a_{tm}) \lg(p_1/p_2)$$

求算出昆明市气象站的年平均本站气压为 810.4hPa;再用上述昆明市气象站 1~12 月全年干球与湿球资料逐时查算,在查算空气湿度的时候需要用压高公式计算出来的年平均本站气压作湿球读数的订正,得到经过年平均本站气压订正的空气水汽压(e_{810})和相对湿度(f_{810})。

我们把昆明市气象站实测的空气水汽压(e)和相对湿度(f)与未经本站气压订正的

表2 实测空气湿度与未经本站气压订正和经年平均本站气压订正的空气湿度比较

月份	e	e_{1000}	e_{810}	$e_{1000} - e$	$e_{810} - e$	f	f_{1000}	f_{810}	$f_{1000} - f$	$f_{810} - f$
1	7.4	6.6	7.1	-0.8	-0.3	72	66	69	-6	-3
2	6.8	5.7	6.3	-1.1	-0.5	58	50	55	-8	-3
3	8.0	6.8	7.5	-1.2	-0.5	58	51	55	-7	-3
4	10.2	8.9	9.6	-1.3	-0.6	61	55	58	-6	-3
5	14.0	13.0	13.6	-1.0	-0.4	69	65	68	-4	-1
6	18.3	17.7	18.1	-0.6	-0.2	82	79	81	-3	-1
7	19.3	18.8	19.1	-0.5	-0.2	84	82	83	-2	-1
8	19.6	19.0	19.4	-0.6	-0.2	83	81	82	-2	-1
9	17.1	16.5	16.8	-0.6	-0.3	81	78	81	-3	0
10	14.5	13.7	14.1	-0.8	-0.4	78	74	76	-4	-2
11	11.1	10.6	10.9	-0.5	-0.2	77	74	76	-3	-1
12	7.8	7.5	7.8	-0.3	0.0	77	75	78	-2	1
平均	12.8	12.1	12.5	-0.7	-0.3	73	69	72	-4	-1

空气水汽压(e_{1000})和相对湿度(f_{1000})一并列于表2。

由表2可见,未经本站气压订正的空气水汽压和相对湿度与实测值比较,它们的月平均差分别在 $-0.3 \sim -1.3\text{hPa}$ 和 $-2\% \sim -8\%$ 之间,年平均差分别为 -0.7hPa 和 -4% ;用压高公式求算出来的年平均本站气压订正过的空气水汽压和相对湿度与实测值比较,它们的月平均差分别在 $0.0 \sim -0.6\text{hPa}$ 和 $1\% \sim -3\%$ 之间,年平均之差分别为 -0.3hPa 和 -1% 。即用压高公式求算出来的年平均本站气压订正过的空气水汽压和相对湿度比未经本站气压订正的空气水汽压和相对湿度误差减小了。

3 小结

(1)干、湿球温度用《湿度查算表》查算不经本站气压订正查取的空气湿度,具有一定的误差。当 Δp 分别为100、200、300hPa时,在低温(-10°C)、低湿($10\% \sim 30\%$)时误差分别为 $5\% \sim 7\%$ 、 $11\% \sim 14\%$ 和 $16\% \sim$

21%,误差最大;高温(30°C)、高湿($70\% \sim 90\%$)时误差分别为 $0 \sim 1\%$ 、 $1\% \sim 2\%$ 和 $1\% \sim 2\%$,误差最小。

(2)为了提高测湿精度,在湿度查算中的本站气压订正不可忽视,特别是一些山地气候考察,应该尽可能地同时监测本站气压项目,用来作为空气湿度查算订正之用。

(3)若没有监测本站气压的山地气象站,可以选择附近的国家气象站为基本站,用拉普拉斯压高公式求取山地气象站的平均本站气压,用来作为空气湿度查算订正之用,尽可能地减少由于未作本站气压订正而带来的误差,即提高测量空气湿度的精度。

参考文献

- 1 中央气象局编.湿度查算表.北京:气象出版社,1980.
- 2 中央气象局编.地面气象观测规范.北京:气象出版社,1979.
- 3 成都气象学院.气象学.北京:农业出版社,1979.
- 4 许长生.百叶箱干湿表的测湿精度.云南气象,1983,(2):69~71.

Impact of Local Air Pressure on Precision of Measuring Air Humidity

Liu Yuhong Zhang Yiping Ma Youxin Zhang Keying Yang Guoping

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

Abstract

The influence of local air pressure on the precision of measuring air humidity is analyzed. And a method to correct the precision is developed with the local air pressure. The result shows that this method could increase the accuracy of air humidity.

Key Words: local air pressure air humidity accuracy