

自动站与人工站相对湿度观测结果的差异及原因分析

余 君^{1,2} 牟 容¹

(1. 重庆市气象局,重庆 401147; 2. 中国气象科学研究院)

提 要: 相对湿度是大气探测中最重要的变量之一。只有正确的空气湿度记录序列才能揭示水汽在长期气候趋势监测方面所起的作用。自 2000 年以来,使用了几十年的相对湿度等常规气象要素的人工观测逐渐被自动观测所取代,为了了解两种观测仪器所测结果的差异,选取了全国 17 个具有代表性站点的观测数据并对其年平均差、标准差、日变化规律等进行了统计分析,然后根据自动观测与人工观测各自的优点和缺陷,将相对湿度数据按照气温和相对湿度大小分成了 9 类进行对比分析。研究发现,大多数站点的自动站与人工站相比较,两者之间有一定的“系统偏差”,并且相对湿度的自动观测存在偏干的现象,年平均在 3.5% 左右,在相对湿润的地区,这一现象更明显;在相同的气温条件或相同的相对湿度条件下,高湿或高温情况下的对比差值均偏大。

关键词: 自动气象站 人工观测 相对湿度

Research on the Cause of Difference between AWS- and MAN- Relative Humidity Observations

Yu Jun^{1,2} Mu Rong¹

(1. Chongqing Meteorological Administration, 401147;

2. Chinese Academy Of Meteorological Sciences)

Abstract: Relative humidity is one of the most important variables. So the list register with correct humidity observations can dispose the effect to trend of long climate observations. From 2000 on, the man-made observation which was used in past several decades was replaced by auto weather station (AWS). About 17 observation stations were selected and analyzed by means of computing the annual average difference, standard deviation and the difference of diurnal variation. According to each disadvantage of auto weather station and man-made observation

systems, relative humidity was sorted to 9 species in terms of the diversity with temperature and relative humidity, and compared and analyzed. It is indicated that there is systemic bias between man-made and auto weather observation in most stations. The magnitude of man-made observation is usually about 3.5% larger than auto weather station. This phenomenon is more obvious in humid area. The bias is comparatively large in humid area in the same temperature, and there is similar result when the high temperature in the same relative humidity.

Key Words: auto weather station man-made observation relative humidity

引 言

近几年来,随着软、硬件技术的成熟,自动气象站建设速度明显加快,至 2006 年,全国共有 1904 个自动气象站已经业务运行。在未来的几年,我国 2300 多个地面气象站将全部采用自动气象观测系统。与传统地面观测相比,自动观测系统的观测仪器、设备及观测方法均发生了很大的变化。观测系统的变化导致观测结果之间的差异是不可避免的。从气候科学的观点来看,这种差异会造成均一性数据集的开发以及极端天气事件的分析的误差甚至错误,所以将两种系统所获取的资料进行对比是非常必要的。

国内外相关方面的专家对气温观测的差异及其原因研究较多^[1-2],而关于两种观测系统所测得的相对湿度的差异及其原因研究却比较少。相对湿度作为揭示空气中水汽变化的一个重要标志,对其气候序列的均一性考察有着非常重要的意义。而且大量的研究也证明^[3-6],电容性的湿度传感器测量相对湿度的准确度依赖于周围的气温和相对湿度,例如关于冰面附近相对湿度的测量,基本上都处于 100%。并且还 与传感器是否通风有关,Hubbard 等^[7]在 2002 年对比了不同的湿度传感器放置在不同的防辐射罩里的测湿情况,研究结果表明:各种传感器,其测湿的性能是不同的;在不通风的防辐射罩里,HMP45C 传感器存在着一个干偏差,而在通

风防护罩里的 HMP45C 传感器存在着一个湿偏差。这说明更换传感器后,由于其性能的改变,我国的相对湿度测量也将发生一定的变化。

为了确切地分析由于仪器的更换对观测结果的影响,确保我国气象资料的连续性,本文根据自动站与人工观测各自的缺陷,将相对湿度数据按照气温和相对湿度大小分成了 9 类进行对比分析。

1 资料来源及分析方法

1.1 资料来源

由于观测的结果与观测站点所处的气候类型和地形关系很大,为了使研究结果更具代表性,本论文中所用的气象观测站按照中国气象局划分的 8 大区域气象中心所选取,所选用的 17 个站点全部为国家基准气候站,分别是:新疆的奇台、和田,甘肃的敦煌、酒泉,河北的邢台、丰宁,辽宁的朝阳、新民,四川绵阳,云南昆明,湖南的石门、南县、常宁,浙江的杭州、洪家,以及广东的增城、汕头,这些站点在我国东北、中部、东南部和西部均有分布,既有高山站点,也有沿海的站点,基本上能代表我国复杂的区域气候特征和地形特征。

为了研究两种观测系统所测相对湿度的偏差情况,选取 17 个站点 2005 年 1 月 1 日至 2005 年 12 月 31 日全年的逐小时相对湿度观测数据,资料来源于国家气象信息中心,

对全部资料进行了初步的质量检查,明显的错误被去除。本文所有的数据对比均是用人工站减去自动站数据。

1.2 分析方法

相对湿度指的是空气中的水汽含量或者潮湿程度。通常可以表示为混合比、比湿、水汽压和相对湿度等。由于相对湿度的自动观测与人工观测仪器各自的优势和缺陷,即自动观测在高温高湿时测湿性能下降,人工观测在低温时误差增大等。因此,在本文中,我们将相对湿度数据按照气温、相对湿度的大小进行分类研究:由于气温在 -10°C 以下,人工观测由干湿球温度表改为毛发湿度表进行测量,所以将气温低于 -10°C 的作为一类进行分析;由于湿敏电容传感器在高温高湿的情况下,测湿性能的误差很大,本文将气温大于 30°C 的数据作为高温一类进行分析,虽然我们一般定义 35°C 以上为高温,但是由于 35°C 以上的观测数据较少,所以选择 30°C 为界限;然后以 -10°C 到 30°C 之间的数据作为一类进行分析。同时,对相对湿度按照低于 30% 为干,高于 80% 为高湿的标准进行分类。用以考查相对湿度的自动观测在各种情况下与人工观测的偏差,具体分类见下表:

表 1 相对湿度分类情况($T/^{\circ}\text{C}$:气温; $\text{RH}/\%$:相对湿度)

气温	相对湿度
$T \leq -10^{\circ}\text{C}$	$\text{RH} \leq 30\%$
	$30\% < \text{RH} < 80\%$
	$\text{RH} \geq 80\%$
$-10^{\circ}\text{C} < T < 30^{\circ}\text{C}$	$\text{RH} \leq 30\%$
	$30\% < \text{RH} < 80\%$
	$\text{RH} \geq 80\%$
$T \geq 30^{\circ}\text{C}$	$\text{RH} \leq 30\%$
	$30\% < \text{RH} < 80\%$
	$\text{RH} \geq 80\%$

按照表 1 的分类,对各类相对湿度求差值的年平均,以考察相对湿度的自动观测相对于人工观测的偏差。

2 结果分析

2.1 相对湿度差值的年平均差和标准差

表 2 表示的是相对湿度年平均对比差值和标准差。从表中数据可以看出,在所选的 17 个站点中,有 13 个站点的对比差值绝对值大于 2% 。而自动站观测偏低的站点比较多,一共有 15 个,其中超过 2% 的有 12 个,占了大部分。自动站观测偏高超过 2% 的仅仅只有一个台站石门。相对而言,位于我国长江以南相对湿润的昆明、南县、杭州、洪家、汕头等站点其对比差值的绝对值更大。由此可知,在相对湿度的人工观测换为自动观测以后,其值普遍偏小,而湿润地区这一现象更为明显。

表 2 相对湿度年平均对比差值及标准差(单位:%)

	平均值	标准差	年平均值(人工)	年平均值(自动)
奇台	3.7	3.7	63.1	59.4
和田	2.7	3.1	42.4	39.7
敦煌	3.8	4.1	43.9	40.1
酒泉	2.5	3.8	45.9	43.4
邢台	3.5	3.0	57.2	53.7
丰宁	1.6	3.8	50.4	48.8
朝阳	-0.7	3.7	50.5	51.2
新民	2.2	3.4	60.1	57.9
绵阳	3.3	2.3	75.3	72.0
昆明	3.7	2.7	65.5	61.8
石门	-6.5	3.9	73.6	80.1
南县	3.9	2.6	76.2	72.3
常宁	0.3	2.2	78.0	77.7
杭州	3.4	2.8	71.7	68.3
洪家	4.6	2.4	76.2	71.6
增城	0.8	3.9	75.5	74.7
汕头	5.3	3.2	76.4	71.1

各个台站的标准差介于 $2.3\% \sim 4.1\%$ 之间,比较小,说明仪器稳定性比较好。西北和北方台站的标准差比其他地方台站的大,这说明在我国西北和北方地区台站,观测仪器的更换造成的相对湿度的变化更剧烈一些。

2.2 相对湿度差值的日变化

为了叙述清楚,在本节的研究中,重点对 8 个站点进行了分析。图 1、图 2 分别描述了人工站与自动站观测相对湿度对比差值在夏、冬半年的日变化。发现,无论是在夏半年还是冬半年,绝大多数站点的对比差值全天 24 小时都均为正值或接近于 0,仅石门站的对比差值为负。夏半年,除奇台站外,其他站点的日变化都比较平稳;而冬半年,所有站点变化都非常平稳,与夏半年同时次的差值对比,平均要小 2% 左右。这是由于夏半年气温高,湿度大,而在高温高湿的情况下,自动站湿敏电容传感器观测误差较大,造成了在夏半年各时次的差值都偏大。

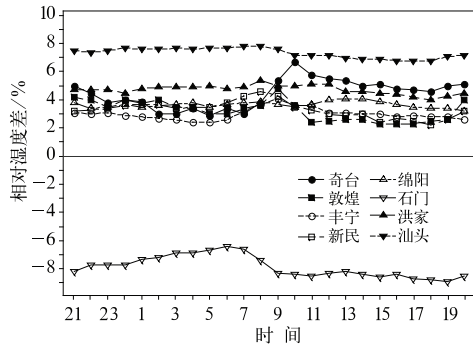


图 1 夏半年(2005 年 4—9 月)各个站点对比差值的日变化

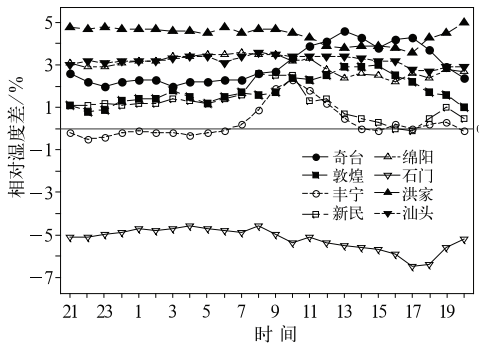


图 2 冬半年(2005 年 1—3 月以及 2005 年 10—12 月)各个站点对比差值的日变化

2.3 相对湿度差值的年变化

图 3 为各个站点一年的相对湿度月对比差值曲线,由图可知,除了常宁以外的所有站点对比差值在全年的大多数月份均偏大,最大的达到了 8% 左右(石门),西部的几个站点以及北部的丰宁在 1—3、10—12 这几个月变化比较剧烈;西部的 6 个站点、北方的邢台、中部和华东、华南的大多数站点在一年的各个月份其对比差值均为正值以及石门站点均为负值,说明自动站与人工站相比较,两者

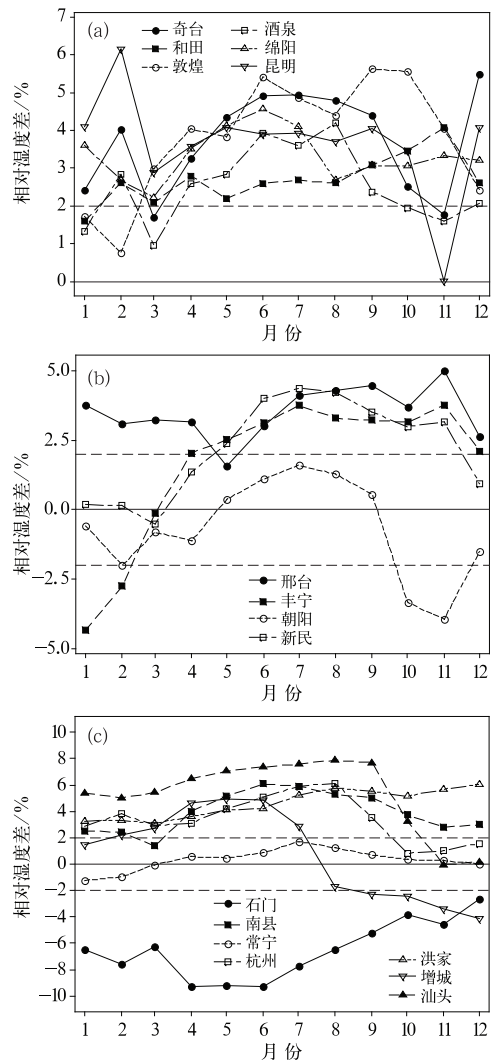


图 3 相对湿度差值的年变化

之间有一定的“系统偏差”。对于冬夏气温差异比较大的区域,如西部、北方,其相应的相对湿度差也比较大,而对于全年气温比较稳定的区域,如各个沿海站点,其相对湿度差变化也比较稳定;大多数站点在夏季时自动站观测与人工观测比较偏差都偏大,这与自动站湿敏电容测湿原理是相一致的,在高湿时自动站湿敏电容观测误差较大,尤其是长时间在高温高湿环境中使用,误差更大,如图3c所示的沿海站点,在夏季平均可达到5%左右。

2.4 相对湿度差值的分布情况

相对湿度偏差分布如图4所示,大多数

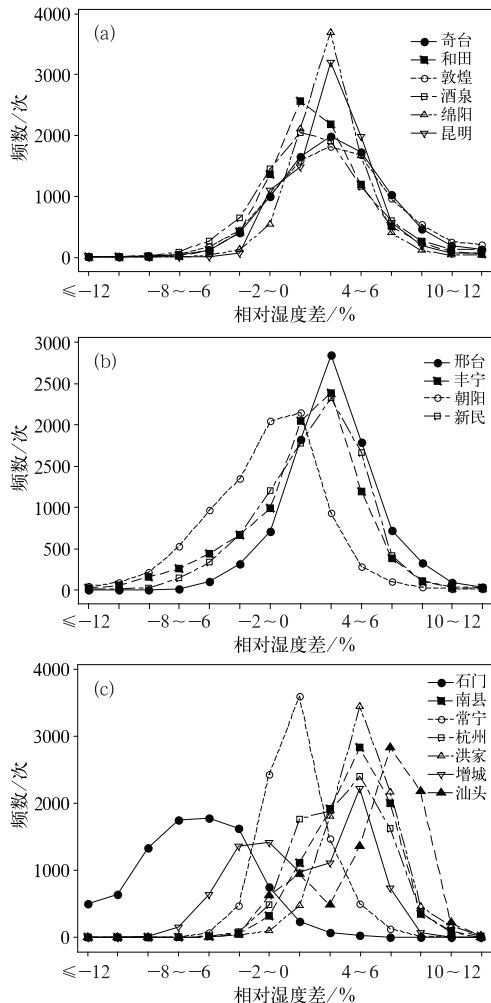


图4 相对湿度差值的频数分布

站点的对比差值分布规律非常相似。西部和北方的各个站点偏差大小比较一致,峰值大多位于2%~4%之间;中部和华东站点相对西部和北方站点温度高、湿度大,偏差也相对较大,峰值大多位于4%~6%之间,而广东的增城、汕头两个站点则有两个峰值,汕头的峰值主要位于6%~8%之间,有3000次的左右的观测在此差值以内,而仅有不到1000次的观测差值在另一个峰值-2%~0之间,这可能和观测场周围环境有关,由于缺乏其它相关资料,具体原因有待进一步分析。从图可知大多站点的对比差值更偏正一些,说明人工站所测得的相对湿度比自动站测得的偏大,温度高、湿度大的测站偏差更明显。

2.5 各类条件下的相对湿度差值

为了进一步研究由于更换观测系统所造成的相对湿度偏差,在此将相对湿度资料按照表1所示进行分类对比研究,结果如表3所示。由于干湿球传感器和湿敏电容传感器测湿的特点,在本论文中,只关注低温($T \leq -10^\circ\text{C}$)和高温高湿($T \geq 30^\circ\text{C}$, $RH > 80\%$)情况下的对比差值情况。

鉴于各个区域的气候特点,对于低温情况,即: $T \leq -10^\circ\text{C}$ 的条件下,只有我国北方和西北地区才可能出现。我们选择西北以及北方的站点敦煌、酒泉、丰宁、朝阳和新民来研究。由表3可知,在低温情况下,其对比差值为3%左右,略超过中国气象局规定的2%,这是由于在 -10°C 以下,相对湿度的测量由干湿球传感器换为毛发湿度表,而毛发湿度表的观测误差较大,从而使得偏差较大。

而高温高湿的情况一般出现在我国长江以南地区,所以对于高温高湿的情况,本文选择中部和南部、东部的沿海站点石门、南县、常宁、杭州、洪家、增城和汕头来进行研究,如表3中所示,在所选择的几个台站中,不管相对湿度值的大小,两种观测系统的观测对比

表 3 不同气温($T/^\circ\text{C}$)、不同相对湿度($RH/\%$)条件下两种仪器所测的相对湿度差($\%$)及该条件下的样本数

		$T \leq -10$			$-10 < T < 30$			$T \geq 30$		
		$RH \leq 30$	$30 < RH < 80$	$RH \geq 80$	$RH \leq 30$	$30 < RH < 80$	$RH \geq 80$	$RH \leq 30$	$30 < RH < 80$	$RH \geq 80$
奇台	差值		5.2	3.5	4.9	3.8	1.9	5.4	5.8	
	个数		831	1078	784	4171	1577	238	81	
和田	差值		-0.1		2.6	2.8	0.3	2.9	4.4	
	个数		35		1925	6235	248	250	67	
敦煌	差值	-0.1	2.3	4.2	2.4	4.5	4.2	3.5	7.0	
	个数	26	558	108	2176	5118	291	352	131	
酒泉	差值	7.1	1.7	4.7	1.7	2.9	2.5	2.8	5.2	
	个数	16	854	90	2073	5098	492	112	25	
邢台	差值				2.5	3.9	2.8	2.5	4.3	4.1
	个数				1051	5398	1592	137	568	14
丰宁	差值	-3.8	-1.6	2.3	0.5	3.1	2.5	3.6	4.7	
	个数	217	1018	19	2034	3786	1559	54	73	
朝阳	差值	-3.6	-3.4	2.0	-1.6	-0.3	0.8	0.1	2.3	2.3
	个数	145	714	4	2269	3803	1623	23	175	4
新民	差值	-2.3	0.2	4.5	-0.8	2.3	4.6		3.7	4.0
	个数	39	1126	78	1080	4258	2144		32	3
绵阳	差值				0.9	3.2	3.4	3.3	5.3	
	个数				100	4134	4234	10	282	
昆明	差值				1.8	3.7	4.0		4.0	
	个数				622	5407	2730		1	
石门	差值				-4.9	-6.5	-6.3	-8.3	-7.8	-7.6
	个数				109	3980	3894	3	769	5
南县	差值				0.4	3.4	4.0		6.2	6.9
	个数				101	3411	4403		811	34
常宁	差值				0.2	0.8	-0.3		2.1	3.0
	个数				46	2956	4777		980	1
杭州	差值				1.5	2.9	3.7	3.6	4.9	8.3
	个数				174	4048	3596	10	928	4
洪家	差值				0.9	4.3	4.9		5.2	6.8
	个数				149	3604	4434		563	10
增城	差值				-2.8	-0.4	1.6		1.9	4.4
	个数				185	3263	4381		915	16
汕头	差值				2.1	3.7	6.3		7.1	8.1
	个数				56	3715	4187		790	12

注:空白为没有满足该条件的样本

差值除了石门站以外均为正值,而且随着相对湿度的增大,对比差值也增大。 $RH > 80\%$ 时,有 4 个大于 6%,其中最小的也达到了 3%,尤其是增城和杭州, $30\% < RH < 80\%$ 这个区间到 $RH > 80\%$ 这个区间对比差值成倍增长,增城由 1.9%增加到 4.4%,杭州由 4.9%增加到 8.3%。这主要是由于在高温高湿时湿敏电容开始出现非线性,而在

相对湿度接近 100%时,出现明显的失真,使得观测误差较大。总体而言,在较高气温条件下,高湿情况的对比差值偏大一些。

因为有部分站点在某些条件下没有观测数据,在 $30\% < RH < 80\%$ 区间的数据比较多,对这个区间的数据进行比较,结果的可靠性更强。通过对不同温度条件下的两种观测系统的对比差值进行比较如图 5 所示:除了

奇台、朝阳、石门 3 个站以外,其它站点的差值都随着温度的升高,差值增大;而且温度越高,差值越偏向正值。这说明:在相同的湿度条件下,高温情况的对比差值更偏大一些,而且自动站观测偏干现象越明显。

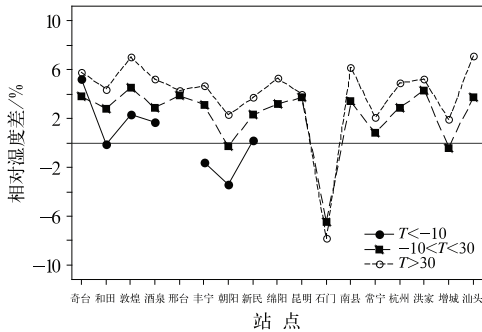


图 5 30% < RH < 80% 区间内各站点不同温度条件下两种观测仪器测得的相对湿度差值

3 结论和讨论

通过选取在同一观测场观测、具有不同感应仪器的两种地面相对湿度观测系统(自动站观测和人工观测)所获取的全年平行观测的相对湿度数据进行统计分析,并按照气温和相对湿度大小分成了 9 类进行对比分析,揭示了仪器系统更换所造成的相对湿度观测值的差异及其原因,得到如下主要结论:

(1) 在所研究的站点中,大多数站点其月平均差,在符号上都具有较好的一致性,这说明在这些站点的相对湿度测量中,自动观测与人工观测两个系统之间存在一定程度的“系统偏差”。

(2) 相对于传统的人工观测来说,相对湿度的自动观测有一个偏干的现象,年平均在 3.5% 左右,尤其是在相对湿度地区更为明显,最大达 5.3%。

(3) 两种观测仪器所测的相对湿度差值分布规律非常相似,除了增城、汕头两个站以外,其它站点都呈单峰结构,而且峰值基本为正值,这说明自动观测偏干的次数多一些。

(4) 在 -10°C 以下,相对湿度的测量由干湿球传感器换为毛发湿度表,而毛发湿度表的观测误差较大,从而使得偏差较大。

(5) 在较高气温条件下,高湿情况的对比差值较大;在相同的湿度条件下,高温情况的对比差值也偏大,而且自动站观测偏干现象越明显。

这说明,在更换观测仪器以后,相对湿度的观测结果发生了一些变化,尤其是在高温高湿的情况下,变化更明显,将在一定程度上影响气候序列的均一性。因此,在校准数据和制作长序列的气象观测数据时,必须要注意到这些变化,除去由于观测系统变化导致的气候序列的不均一性,为气候研究提供均一的长序列资料。由于样本数量偏少,本文只是一个初步的分析结果。

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[J]. 气象, 2003, 29(1): 35-38.
- [2] 余君,胡玉峰. 我国中部地区自动站与人工站气温的差异及原因分析[J]. 气象, 2007, 33(5): 94-99.
- [3] X. Lin, K. G. Hubbard and C. B. Baker, The Feasibility of Field Transformation Functions for Air Humidity Measurements[C], 12TH symposium on meteorological observations and instrumentation. 2003, 2.
- [4] Edgar L. Andreas, and P. S. Guest, P. O. G. Persson, C. W. Fairall, T. W. Horst, and R. E. Moritz, Relative humidity measurements near saturation at temperatures well below 0°C [C], 11th Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation, 2001, 1, 159-164.
- [5] Lasse makkonen and Timo Laakso, Humidity Measurements in Cold and Humid Environments, Boundary-Layer Meteorology, 2005, 116: 131-147.
- [6] Déry S. J., and M. Stieglitz, A note on surface humidity measurements in the cold Canadian environment[J], Boundary-Layer Meteorology, 2002, 102: 491-497.
- [7] K. G. Hubbard, X. Lin, K. Robbins, Preliminary Results from a Field Comparison of Relative Humidity Sensors[C], 12th symposium on meteorological observations and instrumentation. 2003, 2.