

文章编号: 1006-4354 (2011) 03-0029-04

## 2 种统计方法对气象要素均一性的影响

李亚丽, 妙娟利

(陕西省气象信息中心, 西安 710014)

**摘要:** 利用陕西 6 个基准站 1994—2009 年的人工及 2004—2009 年自动气象站 24 次逐时观测资料(简称 24 次)或 4 次定时观测资料(简称 4 次), 分别统计气温、气压、相对湿度及 2 min 风速的均值, 分析其差异, 并对 1961—2009 年长序列气温资料进行显著性  $t$  检验及 Mann-Kendall 检验。结果表明: 24 次较 4 次统计的气温、气压、风速偏高, 相对湿度偏低; 2 种统计方法气温差异较大, 其他要素差异较小, 而且气温在春秋季节差异较大; 统计方法的改变不会引起气温长序列资料的显著性差异。

**关键词:** 气象要素统计方法;  $t$  检验; Mann-Kendall 检验

**中图分类号:** P468.0

**文献标识码:** A

均一的长序列数据是气候变化研究的基础, 观测仪器变化、台站观测环境变化、台站迁移引起的气候资料非均一性已经引起人们的注意<sup>[1-2]</sup>, 但是不同时间分辨率(每日 3 次、4 次、24 次)、不同统计方法计算的资料序列的非均一性尚未得到重视。气象要素随时间变化存在着明显的脉动性, 观测资料每小时一次显然比 6 h 一次更完整、更准确、更具代表性。我国 1960 年前后在《地面

气象观测规范》<sup>[3]</sup>(后简称规范)中对气象要素从观测时次、统计方法上均有改变。在自动气象站投入运行之前, 陕西省 96 个台站中 6 个基准站每天进行 24 h 的逐时观测, 14 个基本站每天 4 次观测, 一般气象站为 3 次观测, 观测时次不同导致了日平均值统计方法<sup>[3]</sup>的不同。随着站网的调整, 2008 年后陕西 100 个站全部采用自动气象站自动采集温、压、湿、风等常规要素, 获取每日 24

**收稿日期:** 2010-12-07

**作者简介:** 李亚丽 (1978—), 女, 汉, 陕西韩城人, 硕士, 工程师, 从事气象资料分析与应用。

- [7] 李子华. 中国近 40 年来雾的研究 [J]. 气象学报, 2001, 59 (5): 616-624.
- [8] 张利民, 石春娥, 杨军, 等. 雾的数值模拟 [M]. 北京: 气象出版社, 2002: 1-138.
- [9] 刘小宁, 张洪政, 李庆祥, 等. 我国大雾的气候特征及变化初步解释 [J]. 应用气象学报, 2005, 16 (2): 220-230.
- [10] 施能. 北半球冬季大气环流遥相关型的长期变化及其与我国夏季变化的关系 [J]. 气象学报, 1996, 54 (6): 675-683.
- [11] 翟盘茂, 任福民. 我国最高、最低温度变化规律研究 [M] // 丁一汇. 中国的气候变化与气候影响研究. 北京: 气象出版社, 1997.
- [12] 李子华, 黄建平, 周毓荃, 等. 1996 年南京连续 5 天浓雾的物理结构特征 [J]. 气象学报, 1999, 57 (5): 622-631.
- [13] 冯民学, 袁成松, 卞光辉, 等. 沪宁高速公路无锡段春季浓雾的实时监测和若干特征 [J]. 气象科学, 2003, 23 (4): 435-445.
- [14] 张光智, 卞林根, 王继志, 等. 北京及周边地区雾形成的边界层特征 [J]. 中国科学: D 辑, 2005, 35 (A01): 78-83.
- [15] 任福民, 翟盘茂. 1951—1990 年中国极端气温变化分析 [J]. 大气科学, 1998, 22 (2): 217-227.
- [16] 白爱娟, 方建刚. 陕西近 50 年气温变化特征及对天气预报的影响 [J]. 陕西气象, 2005 (5): 1-4.
- [17] 宫世贤, 凌升海. 西双版纳雾在减少 [J]. 气象, 1996, 22 (11): 10-14.

次定时观测资料(简称24次),未来基本气象要素采用24次统计成为一种可能。本文着重分析气温、气压、相对湿度、2 min平均风速等常规要素4次定时观测资料(简称4次)与24次的差异,并对24次与4次统计的气温序列进行显著性差异检验及序列突变检验,以期发现统计方法对序列的影响程度。

## 1 资料及方法

利用陕西6个国家基准站(见表1)1994—2009年人工观测资料分别进行24次与4次日平均值的差异分析;自动气象站观测资料时段较短,采用6站2004—2009年(西安为2004—2005年)的资料进行24次与4次日平均值的差异分析。选取的4个气象要素分别为气温、气压、相对湿度和2 min风速,要素的对比差值为24次统计值减去4次值,同时计算对比差值的标准差。对气温长序列分析采用观测时次从4次变为24次、无站址迁移的绥德、西安(至2005年)、安康、汉中4站1961—2009年人工观测的年平均气温资料,其中采用空间内插法对汉中站1968年的缺测资料插补,各站的4次、24次观测的时段说明见表1。

人工观测的长序列年平均气温间差异的显著性检验采用两组样本平均值显著差异的 $t$ 检验<sup>[4]28</sup>,对1961年至采用24次平均气温统计值前一年(序列1)和采用24次平均气温统计值当年至2009年的(序列2)年平均气温序列进行显著性检验。Mann-Kendall检验方法见文献<sup>[4]63</sup>。

表1 陕西基准站观测时次的时段说明

站名	4次观测年份	24次观测年份
定边		1989—2009
绥德	1961—1991	1992—2009
洛川	1961—1967, 1969—1993	1994—2009
西安	1961—1986	1987—2005
汉中	1961—1991	1992—2009
安康	1961—1990	1991—2009

## 2 24次与4次日平均值统计方法造成的差异

### 2.1 人工观测资料

分析33 603个24次与4次统计的4个要素的日差值结果(如图1所示),气温、气压及风速的

日差值在 $\pm 0.2$ 个单位的比率分别为50%、41%及46%,相对湿度在 $\pm 2\%$ 的比率为75%。其中气温( $t$ )日差值平均为 $0.13^\circ\text{C}$ ,介于 $-1.7\sim 2.6^\circ\text{C}$ 之间,标准差 $0.39^\circ\text{C}$ ;气压( $p$ )的日差值平均为 $0.02\text{ hPa}$ ,介于 $-3.5\sim 1.7\text{ hPa}$ 之间,标准差 $0.42\text{ hPa}$ ;相对湿度( $h_R$ )的日差值平均为 $-0.61\%$ ,介于 $-16\%\sim 15\%$ 之间,标准差 $2.35\%$ ;2 min平均风速( $v$ )日差值平均为 $0.01\text{ m/s}$ ,介于 $-3.3\sim 2.3\text{ m/s}$ 之间,标准差 $0.46\text{ m/s}$ 。

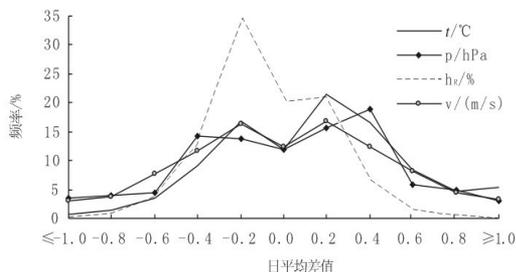


图1 人工24次与4次的气温、气压、相对湿度及2 min风速日平均差值频率分布

从表2可以看出,4个要素的24次与4次的月平均差值规律不同,对于日变化明显的气温来说,各站的月差值在 $-0.2\sim 0.6^\circ\text{C}$ 之间,其中81.9%的气温24次统计值高于4次统计值, $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 的共占82.8%。各站气压的月差值在 $-0.1\sim 0.2\text{ hPa}$ 之间,63.5%的月平均差值为0,28.5%的差值 $>0$ 。相对湿度的月差值在 $-2\%\sim 1\%$ 之间,54.5%的月平均差值小于0,44.3%等于0。2 min平均风速的月差值在 $-0.2\sim 0.3\text{ m/s}$ 之间,75.8%的差值 $\geq 0$ ,其中44.2%等于0。

可见,气压、相对湿度和2 min平均风速差异较小,气温差异较大,且月变化规律明显,在春秋季节,24次与4次的气温统计值差值较大。

### 2.2 自动观测资料

随着自动气象站的普遍使用,自动与人工观测资料的连续使用越来越受到大家的广泛关注<sup>[5-8]</sup>,本文仅分析统计方法引起的差异,不涉及观测仪器变化引起的差异。

分析11 691个自动站24次与4次统计的4个要素的日差值(图略),结果表明:气温、气压

表2 人工24次与4次观测气温、气压、相对湿度及2 min风速月平均差值及标准差

月份	$t/^{\circ}\text{C}$		$p/\text{hPa}$		$h_{\text{R}}/\%$		$v/(\text{m/s})$	
	差值	标准差	差值	标准差	差值	标准差	差值	标准差
1	0.12	0.08	0.09	0.06	-0.24	0.56	-0.03	0.08
2	0.17	0.11	0.04	0.05	-0.57	0.56	0.00	0.09
3	0.20	0.11	0.02	0.05	-0.83	0.55	0.03	0.09
4	0.15	0.07	0.00	0.06	-0.84	0.58	0.06	0.10
5	0.07	0.08	-0.01	0.05	-0.54	0.60	0.04	0.10
6	0.02	0.07	0.01	0.06	-0.30	0.51	0.03	0.10
7	0.04	0.07	0.00	0.04	-0.29	0.46	0.03	0.10
8	0.12	0.07	-0.01	0.04	-0.66	0.56	0.03	0.09
9	0.17	0.08	0.00	0.05	-0.84	0.62	0.02	0.09
10	0.21	0.13	0.00	0.05	-0.88	0.66	0.02	0.09
11	0.21	0.13	0.05	0.05	-0.83	0.66	-0.03	0.08
12	0.13	0.09	0.07	0.06	-0.28	0.50	-0.04	0.08
平均	0.13	0.11	0.02	0.05	-0.59	0.57	0.01	0.09

及风速的日差值在 $\pm 0.2$ 个单位的比率与人工观测差值相当,分别为50%、43%及61%;相对湿度在 $\pm 2\%$ 的比率为76%。其中气温日差值平均为 $0.14^{\circ}\text{C}$ ,介于 $-2.0\sim 2.7^{\circ}\text{C}$ 之间,标准差 $0.39^{\circ}\text{C}$ ;气压日差值平均为 $0.02\text{ hPa}$ ,介于 $-2.4\sim 1.8\text{ hPa}$ 之间,标准差 $0.41\text{ hPa}$ ;相对湿度日差值平均为 $-0.64\%$ ,介于 $-15\%\sim 14\%$ 之间,标准差 $2.33\%$ ;2 min平均风速日差值平均为 $0.03$

$\text{m/s}$ ,介于 $-2.5\sim 3.0\text{ m/s}$ 之间,标准差 $0.37\text{ m/s}$ 。

对使用同样仪器的自动观测资料,4个要素的24次与4次的月平均差值(表3)与人工统计值不同的是:自动24次与4次统计的月平均气温差值较小,为 $0.04^{\circ}\text{C}$ ,介于 $-0.9\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ ,但标准差较大,为 $0.21^{\circ}\text{C}$ ;气压、相对湿度、2 min平均风速和人工观测统计值基本相等。

表3 自动24次与4次观测气温、气压、相对湿度及2 min风速月平均差值及标准差

月份	$t/^{\circ}\text{C}$		$p/\text{hPa}$		$h_{\text{R}}/\%$		$v/(\text{m/s})$	
	差值	标准差	差值	标准差	差值	标准差	差值	标准差
1	-0.01	0.23	0.12	0.05	-0.44	0.56	-0.02	0.07
2	0.00	0.23	0.04	0.06	-0.75	0.57	0.03	0.07
3	0.03	0.21	-0.02	0.05	-0.88	0.55	0.05	0.11
4	0.05	0.22	-0.01	0.06	-0.75	0.44	0.08	0.09
5	0.06	0.22	-0.02	0.04	-0.63	0.55	0.07	0.07
6	0.09	0.20	0.00	0.05	-0.28	0.52	0.04	0.08
7	0.08	0.20	-0.01	0.04	-0.16	0.57	0.04	0.07
8	0.07	0.20	-0.01	0.03	-0.38	0.49	0.02	0.06
9	0.06	0.20	-0.03	0.05	-0.84	0.57	0.01	0.10
10	0.04	0.19	-0.02	0.06	-0.78	0.61	0.00	0.07
11	0.02	0.19	0.06	0.05	-1.00	0.62	-0.01	0.08
12	0.00	0.22	0.07	0.06	-0.50	0.51	-0.02	0.06
平均	0.04	0.21	0.02	0.05	-0.61	0.55	0.02	0.08

一年中,自动观测的气温差值夏季大于其他季节,气压差值冬季略大,相对湿度春秋季节差值大,风速差值春季稍大。

分析表明,24次较4次统计的气温、气压、风速偏高,相对湿度偏低;人工观测比相应的自动观测的气温平均差值大,而自动观测比人工观测的差值标准差大,其他3要素人工观测和自动观测24次与4次的差值及标准差基本一致,均小于0.1个单位。

### 3 不同统计方法对气温长序列资料的影响

选择不同次数的统计方法对气温的影响比其他要素的影响大,这可能是由于气温本身变化较大且日、月变化规律显著造成,24次的观测值更能反映气温的日变化。

根据表1中的台站信息,对绥德、西安、汉中、安康的气温进行年值的显著性 $t$ 检验和非参数统计(Mann-Kendall)检验。将1961—2009(2005)年的年平均气温序列按从4次变为24次观测的时间分为序列1(取4次统计值)和序列2(取24次统计值),在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平下,对4个站做 $t$ 检验,结果表明,上述4站的序列1和序列2间均发生了显著性差异;同时,在相同的时间段选取序列a和序列b(均取4次统计值)在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平下进行 $t$ 检验,结果也显示 $|t|>t_{\alpha}$ ,同样发生了显著性差异,说明对于1961—2009(2005)年的年平均气温序列产生的差异与统计方法的改变无关。

用Mann-Kendall检验方法对4个站作1961—2009(2005)年平均气温趋势分析。同样将每个站做成4次统计值和4次变为24次统计值的两个序列,检验结果显示,在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平下,西安站在1993—1994年、绥德站在1990年、汉中站在1995年、安康站在1995—1996年年平均气温发生了“突变”。而这些时间段与各

个台站改变观测时次,选取24次观测值统计的时间并不一致。综上所述,采取4次统计值与24次统计值并不会引起气温长序列资料的显著性差异。

### 4 小结

4.1 24次较4次统计的气温、气压、风速偏高,相对湿度偏低;2种统计方法气温差异较大,其他要素差异较小,而且气温在春秋季节差异较大。

4.2 对气温长序列资料的年值进行显著性差异及非参数统计的Mann-Kendall检验表明,统计方法的改变不会引起历史长序列资料的显著性差异。

#### 参考文献:

- [1] 吴利红,康丽莉,陈海燕,等.地面气象站环境变化对气温序列均一性影响[J].气象科技,2007,35(1):152-156.
- [2] 吴增祥.气象台站历史沿革信息及其对观测资料序列均一性影响的初步分析[J].应用气象学报,2005,16(4):461-467.
- [3] 中央气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,1961.
- [4] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007.
- [5] 李亚丽,陈高峰,曾英,等.自动气象观测与人工观测气温差异分析[J].陕西气象,2010(1):26-28.
- [6] 王颖,刘小宁,鞠晓慧.自动观测与人工观测差异的初步分析[J].应用气象学报,2007,18(6):849-854.
- [7] 李亚丽,曾英,张红娟,等.自动气象站与人工观测降雨量的差异及原因[J].陕西气象,2009(4):30-32.
- [8] 曾英.自动站与人工站常规气象要素的对比分析[J].陕西气象,2007(6):48-51.