

严婧,王海军,程亚平,等,2017.人工与自动观测静风的差异分析与应用[J].气象,43(2):232-239.

# 人工与自动观测静风的差异分析与应用<sup>\*</sup>

严 婧 王海军 程亚平 焦俊芳

湖北省气象信息与技术保障中心,武汉 430074

**提 要:** 利用 2000—2010 年全国 2195 个国家站人工观测转为自动观测时期各站 2 年的资料,对 2 min 风向、风速进行对比分析,统计了人工与自动观测静风的差异,研究了引起差异的原因,并探索了年静风频率的应用方法。结果表明:全国人工观测的平均年静风频率为 26.3%,自动观测为 10.0%,平均风速越大,年静风频率越低,自动与人工观测的差异越小。湖北省平行观测期第一、第二年人工观测的平均年静风频率分别为 29.1%、28.8%,自动观测较人工观测分别少 18.1%和 12.4%。造成该差异的主要原因是人工观测风速时,采取四舍五入保留整数位的方式,当风速  $< 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时记录为静风,而自动观测风速  $\leq 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时记录为静风。评估湖北省平行观测期第二年自动与人工观测年静风频率差异,将自动观测静风按人工观测方式处理后平均年静风频率为 22.8%,与平行观测期第二年人工观测的对比差为 -6.0%,较订正前(-12.4%)有明显减少。

**关键词:** 自动观测,人工观测,静风观测差异

**中图分类号:** P412

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2017.02.011

## Analysis and Application of Calm Records Between Manual and Automatic Observations

YAN Jing WANG Haijun CHENG Yaping JIAO Junfang

Hubei Meteorological Information and Technology Support Center, Wuhan 430074

**Abstract:** In 2000, the Automatic Surface Observation System (ASOS) was set up by China Meteorological Administration (CMA), and several surface meteorological parameters started to be automatically measured. Because of the difference between manual and automatic observations, the 2 min wind data from 2195 meteorological observation stations from 2000 to 2010 are compared to analyze the difference between the two observation methods. The discrepancy of frequency of calm condition between manual and automatic observations is calculated, and its reason is studied. Meanwhile, the application method of annual frequency of calm condition is explored. The results indicate that the national annual mean frequency of calm is 26.3% by manual observation and 10.0% by automatic observation. The greater the average wind speed, the lower the frequency of calm, the smaller the difference between the two kinds of observations. During the two-year comparative observation period in Hubei, the annual mean frequency of calm by manual observation in the 1st and 2nd years is 29.1% and 28.8% separately. However, the frequency of calm by automatic observation in 1st and 2nd years is 18.1% and 12.4% lower than manual observation. The difference of instruments and observation methods both create the deviation. Manual observation takes the rounded to integer way, and only when the wind speed is less than  $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , the manual observation records calm. But because of the automatic equipment has higher precision, calm condition would be

\* 气象关键技术集成与应用(重点)项目(CMAGJ2014Z12)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106038)和湖北省气象局科技发展基金年轻科技人员专项(2016Q08)共同资助

2016年2月9日收稿; 2016年10月12日收修定稿

第一作者:严婧,主要从事资料处理与分析研究。Email:yanjing619@hotmail.com

recorded when the wind speed is less than or equal to  $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . The calm difference between automatic and manual observation in the 2nd year in Hubei is assessed. According to the artificial observation rules, and by reprocessing the automatic observation data to a manual dataset, the revised annual mean frequency of calm is 22.8%, and its deviation from the average value by manual observation on the 2nd year is  $-6.0\%$ , obviously smaller than the average data of original automatic observation.

**Key words:** automatic recording, manual observation, calm observation difference

## 引 言

风作为主要气象要素,与人类的生活密切相关,风向、风速资料可广泛应用在风能资源的开发、农业生产、城市规划、建筑设计、大气污染评价等领域(鲁渊平等,2006;秦剑等,2013;于庚康等,2015),尤其是在空气污染的研究中,风速、风向、大气稳定度等对污染物均有较大影响(蒋维楣等,2004)。赵雅芳等(2006)研究了静风与非静风对金昌市  $\text{SO}_2$  浓度的影响,孙玫玲等(2007)则利用静风的时空分布特征,分析了其与不同污染物浓度变化的关系,张敏等(2009)分析了南京北郊静风对大气污染雾的影响。此外还有较多学者研究了静风对不同建筑结构的影响,因此静风资料的评估尤为重要。

自 2000 年以来,我国地面自动气象站逐步代替人工观测项目,但自动观测风向风速的观测原理、仪器和观测方法与人工观测均有较大差异,可能造成观测资料存在非均一性的问题。因此,自动观测资料与人工观测资料间的差异及使用方式受到广大科学家的关注(王颖等,2007)。近年来,国内外已有多位专家对自动观测与人工观测之间各要素的差异进行了大量的分析(Alexandersson, 1986; Peterson et al, 1998; 连志鸾, 2005; 胡玉峰, 2004; Guttman and Baker, 1996; 王晓默等, 2007; 肖玮, 2010; 李亚丽等, 2015)。与其他气象要素相比,风要素更易受地形等影响,不确定性较大。程爱珍等(2010)研究结果表明广西 4 个基准站在风大时,人工站观测数据大于自动站,于清平等(2008)研究南京 2004—2005 年平行观测期的数据认为风速大部分时次表现为自动观测大于人工观测,刘小宁(2000),曹丽娟等(2010)利用多种方法对我国风速进行了均一化订正,江滢等(2008)分析了我国近 50 年非静风最大风向频率变化特征。但上述研究大多集中在人工与自动观测风速的差值,以及风向(非静风)的相符率差异,较少有学者关注人工与自动观测静风的差异。由于人工观

测风速时采取四舍五入读取整数方式,因此当风速  $\leq 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时均记为静风,而自动风速为  $\leq 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时记为静风(中华人民共和国气象行业标准 QX/T 51-2007, 2007),此外两种观测仪器的差异亦造成记录的静风频率有较大差异,因此这种差异的大小、造成原因和静风数据的使用方法值得研究。

本文利用 2000—2010 年全国 2195 个基准、基本和一般站人工观测转为自动观测两年间的 2 min 风向、风速资料,以及湖北省 76 个国家站建站至 2013 年的 2 min 风向、风速数据,分析了人工与自动观测静风的差异,研究了引起差异的原因,并对静风观测资料的应用方法进行探索,以提高静风资料的连续性。

## 1 研究资料与方法

选取全国 2195 个基准、基本和一般站人工观测转自动观测时期前后共两年的 2 min 风向、风速数据(图 1)。自 2000 年起,国家站陆续由人工观测转为自动观测,各站人工观测最后一年与自动观测第一年的年份不同,因此利用 2000—2010 年共 11 年的资料,提取各站人工转为自动观测两年间的风向、风速等数据。

此外,收集了湖北省 76 个台站建站至 2013 年的观测资料,其中包含各自动气象站业务运行初期,

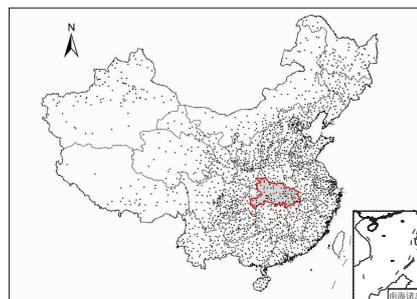


图 1 观测站点分布图

Fig. 1 Spatial distribution of observation stations

两年平行观测期人工站与自动站的对比观测资料。根据《地面气象观测规范》(中国气象局,2003)要求,当人工观测改为自动观测时,为了解资料序列的差异,必须进行至少两年的观测,且平行观测期第一年,以人工观测记录作为正式资料,第二年以自动观测记录作为正式资料。利用上述资料,提取定时观测时次的2 min 风向、风速数据。

利用全国资料,统计各站定时观测时次人工与自动观测的静风频率和月平均风速,以及同期自动与人工观测年静风频率差值。同时,利用湖北省平行观测对比资料,计算平行观测期第一、第二年人工、自动观测的年静风频率和对比差。对比差值的计算方法见式(1)和式(2),其中  $Z_i$  为第  $i$  月自动观测静风频率,  $R_i$  为第  $i$  月人工观测静风频率,  $X_i$  为第  $i$  月的静风频率差,  $\bar{X}$  为两种仪器  $n$  个月对比差值的平均值。此外,统计了湖北省两种观测方式的静风相符率,如式(3)和式(4)。总次数为平行观测对比期正式资料的静风次数,即平行观测第一年时,总次数为人工观测月静风次数,平行观测第二年时,为自动观测静风次数。

$$X_i = Z_i - R_i \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{平行观测第一年静风相符率}(\%) = \\ \frac{\text{静风相符次数}}{\text{人工观测静风次数}} \times 100\% \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{平行观测第二年静风相符率}(\%) = \\ \frac{\text{静风相符次数}}{\text{自动观测静风次数}} \times 100\% \end{aligned} \quad (4)$$

根据平行观测第一年的对比资料,探索静风观测资料的订正方法,并利用1991年至平行观测期第一年的月平均静风频率,对第二年的人工、自动和处理后的自动观测静风频率进行显著性检验,假设  $x_0$  为平行观测期第二年的月平均静风频率,1991年至平行观测期第一年共  $n$  年,  $n$  年人工观测的月平均静风频率样本序列为  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ , 统计量如式(5),在显著水平  $\alpha$  为 0.05,自由度为  $n$  时,当  $|t|$  大于临界值,则表示平均值  $x_0$  与其他年份平均值差异显著。

$$\begin{aligned} t = \frac{x_0 - \bar{x}_n}{s_n} \sqrt{\frac{n-1}{n+1}}, \quad \text{其中 } \bar{x}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \\ s_n = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_n)^2} \end{aligned} \quad (5)$$

## 2 人工与自动观测静风的差异分析

### 2.1 静风的分布特点

统计全国 2195 个国家站人工转自动观测两年期间各站的年静风频率和平均风速,图 2a 和 2b 分别为全国人工、自动观测的年平均风速空间分布图。人工、自动观测的平均风速均表现为华中、华南、西南以及新疆中西部平均风速较小,东北、内蒙古、西藏西北部、胶东半岛及东南沿海区风速偏大,集中在  $2.0 \sim 4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 两年的空间分布基本一致。

人工和自动观测的平均年静风频率空间分布状况差别较大(图 2c 和 2d)。人工观测的平均年静风频率整体高于自动观测,自动观测时期仅西藏东南部、青海中东部、四川东部、重庆及湖北西部地区静风出现次数较高,集中在  $20.0\% \sim 40.0\%$ , 其余地区静风频率均较低。人工观测的平均年静风频率仅东北、内蒙古、新疆东北部、山东半岛、江苏等东南沿海静风频率低于  $20.0\%$ , 与平均风速较大地区分布基本一致,而静风频率较高地区与平均风速较小地区分布较为一致。上述分析说明,转换期人工、自动观测的风速差异较小,风速较大地区静风频率较低,但人工观测的静风频率明显高于自动观测。

为探讨人工、自动观测静风差异较大时风速的情况,分析了人工与自动观测年平均静风频率差大于  $20\%$  的国家站两种观测方式记录的风速(表 1)。当人工观测风速为  $0.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 自动观测为  $0.0 \sim 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,自动与人工观测的平均年频率差为  $-32.8\%$ , 且  $99\%$  的台站人工观测的静风多于自动观测;当人工观测风速为  $0.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 自动观测风速在  $0.0 \sim 0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,平均年频率差为  $-28.4\%$ ;当自动观测风速范围分别扩大为  $0.0 \sim 0.6$ 、 $0.0 \sim 0.8$  和  $0.0 \sim 1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,平均年频率差逐渐变小。当自动观测风速为  $0.0 \sim 1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,两种观测方式的频率差减少至  $-0.2\%$ , 即当自动观测风速达到  $0.9 \sim 1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,人工观测也可能记为  $0.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

除观测方式引起上述差异,人工、自动仪器的启动风速差异也有较大影响。台站人工观测主要采用 EL 型电接风向风速仪,启动风速  $< 1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (中国气象局,2003),自动观测采用的光电风向传感器

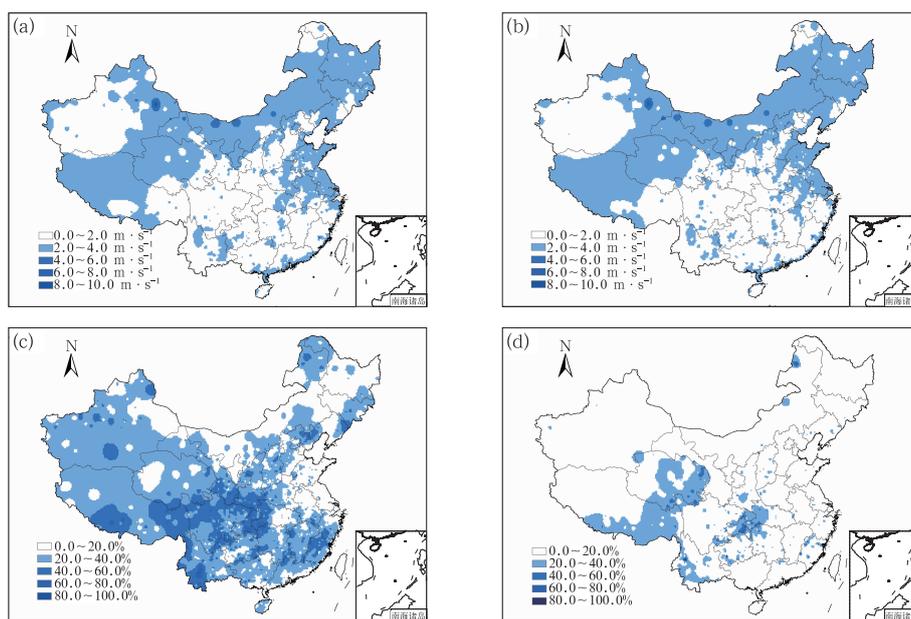


图 2 风要素空间分布图

(a) 年平均风速(人工观测), (b) 年平均风速(自动观测),  
(c) 年静风频率(人工观测), (d) 年静风频率(自动观测)

Fig. 2 Spatial distribution of winds

(a) annual average wind speed by manual observation, (b) annual average wind speed by automatic observation, (c) annual frequency of calm by manual observation, (d) annual frequency of calm by automatic observation

表 1 人工、自动观测静风频率差大于 20% 的对比资料

Table 1 The intercomparison results of calm frequency with deviation larger than 20% between manual and automatic observations

人工观测 / $m \cdot s^{-1}$	自动观测 / $m \cdot s^{-1}$	平均年频率差/%	人工高于自动 观测站数/个	人工等于自动 观测站数/个	人工低于自动 观测站数/个
0.0	0.0~0.2	-32.8	763	0	4
	0.0~0.4	-28.4	762	0	5
	0.0~0.6	-20.7	757	0	10
	0.0~0.8	-11.0	653	0	114
	0.0~1.0	-0.2	405	0	362

则是小于  $0.3 m \cdot s^{-1}$  的低启动风速, 响应也较快 (苑跃等, 2011; 尹宪志等, 2006)。

## 2.2 静风频率的差值分布特点

由于人工转自动观测的两年各站风速差异较小, 为分析人工与自动观测静风频率差异与平均风速的关系, 计算了人工、自动观测年份年静风频率差值和风速, 图 3 为年静风频率差值的频率分布图。全国人工观测年份的平均年静风频率为 26.3%, 自动观测年份为 9.9%, 平均年静风频率差为 -16.4%, 最大差值为 -74.7%。共有 3 个站频率差在 -80%~-70%, 随差值由负值趋向 0, 总站数

增多, 差值在 -10%~0 的总站数为 671 个, 占到总站数的 30.6%, 随着差值再次增大, 总站数逐渐减少, 差值在 40%~80% 的台站数为 2 个, 最大正差值达到 60.1%。90.7% 的台站自动观测年份年静风频率低于人工观测年份, 其中 40.0% 的台站差值在 -10%~10%。此外, 图 3 显示平均风速越大, 人工与自动观测年份的差值越小, 平均风速越小, 差值越大, 负差值高于正差值, 即差值与平均风速呈负相关关系。频率差为正差值时, 人工观测风速略高于自动观测, 频率差为负差值时, 自动观测风速明显高于人工观测。

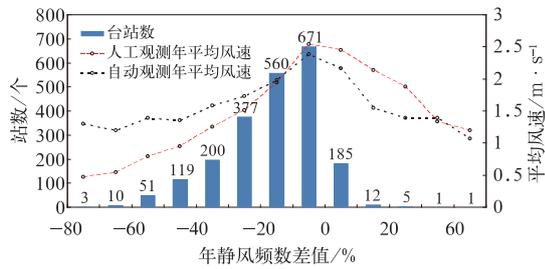


图 3 人工、自动年静风频率差值频率分布图  
Fig. 3 Frequency distribution of differences in annual frequency of calm condition between manual and automatic records

### 2.3 静风差异的原因分析

图 4 为湖北省不同地域 4 个台站建站至 2013 年的年静风频率变化图,可以看出台站转为自动观测后,静风频率均表现为陡降。因此,为定量评估人工、自动观测的静风差异,消除气候环境变化等因素的影响,探讨差异的原因,利用湖北省平行观测期人工、自动两年的对比观测资料,统计了各站人工、自动观测方式的年静风频率(表 2)。人工观测第一、第二年的年静风频率分别为 29.1%、28.8%,最大年静风频率为 81.4%,出现在鹤峰站,该站人工观测两年的静风频率均为全省最高,分别为 79.7%和 83.1%,最小为钟祥站,两年的静风频率均为全省最低,分别为 5.5%和 5.1%;自动观测第一、第二年的

表 2 湖北省平行观测期年静风频率统计表(单位:%)

Table 2 Statistics of annual calm frequency during comparative years in Hubei (unit: %)

观测方式	人工观测			自动观测		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
平行观测第一年	29.1	100.0	0.0	11.0	58.1	0.0
平行观测第二年	28.8	93.3	0.8	16.4	75.0	0.0

静风频率较人工观测分别少 18.1%和 12.4%,最大平均静风频率为 50.1%,出现在南漳站,最小为 1.3%,出现在钟祥站。自动观测第二年较人工观测第一年的年静风频率少 12.7%,最小频率差为钟祥站,因该站 1981—2010 年的平均风速为  $2.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,82%时次的风速  $>1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,风速偏大,静风偏少,所以人工与自动观测的静风次数差异较小。

上述研究表明不同观测年份若观测方式一致,则年静风频率差异较小,当观测方式由人工转为自动观测时,风速较小地区年静风频率的时间序列存在较为明显的差异,而风速较大地区由于静风出现次数较少,因此静风频率差异较小,主要为两种观测方式判读较小风速的差异造成。

为评估风速差异对静风频率的影响,将正式资料的月静风观测次数作为对比总次数,即平行观测期第一年的人工观测和第二年的自动观测资料为正式资料,统计了平行观测期的人工、自动静风风向相

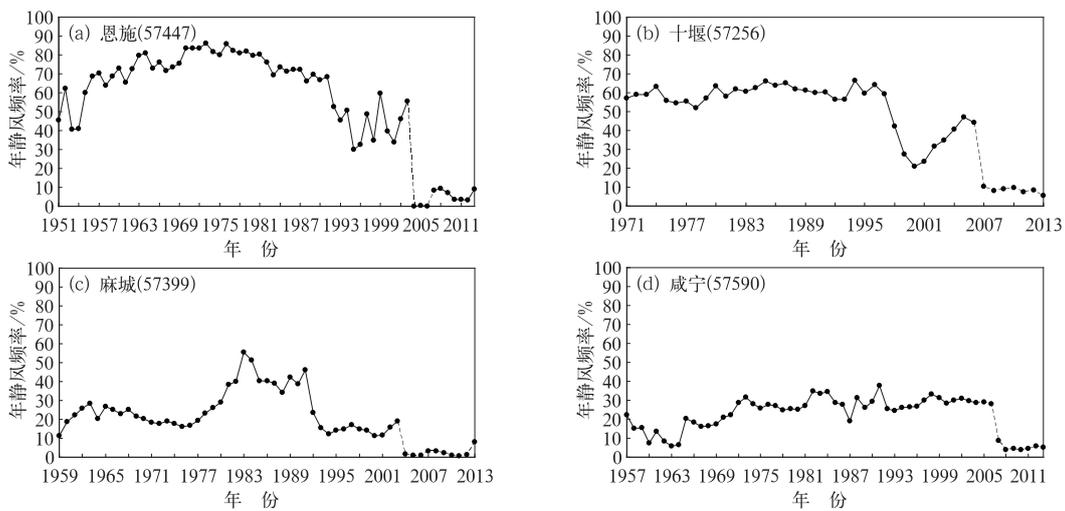


图 4 恩施(a)、十堰(b)、麻城(c)和咸宁(d)四站年静风频率变化趋势图  
(实线:人工观测,虚线:自动观测)

Fig. 4 The trend of annual calm frequency in Enshi (a), Shiyan (b), Macheng (c) and Xianning (d) Stations (solid line: manual observation, dotted line: automatic observation)

符情况(表 3、表 4)。平行观测第一、第二年的平均静风相符率分别为 34.6%和 81.5%,平均静风不符率分别为 65.4%和 18.5%,第二年较第一年低 46.9%,其中平行观测第一年静风不符时段自动观测的平均风速为  $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,平行观测第二年静风不符时段人工观测的平均风速为  $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,最大风速为  $5.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,最小风速为  $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,不符时段风速集中在  $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  左右。

表 3 湖北省平行观测期静风相符率统计表  
Table 3 Statistics of coincidence rate of calm during comparative years in Hubei

年份	平均静风相符率/%	平均风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
平行观测期第一年	34.6	0.0
平行观测期第二年	81.5	0.0

表 4 湖北省平行观测期静风不符率统计表  
Table 4 Statistics of non-coincidence rate of calm during comparative years in Hubei

年份	平均静风不符率/%	平均风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
平行观测期第一年	65.4	1.5
平行观测期第二年	18.5	1.2

综上所述,人工与自动观测静风频率的差值主要由风速的观测差异造成。人工观测主要为 EN 型测风数据处理仪或 EL 型电接风向风速计,两种仪器记录风速时均是四舍五入,保留整数位的方式,即当风速  $< 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时记为静风,而自动观测为当风速  $\leq 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时才记为静风。此外,若采用 EL 型电接风向风速计,其面板刻度盘的最小分辨率为  $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,且人工观测 2 min 风速为刻度盘风速指针摆动的平均位置,因此人工读取风速时统计方法不同、视觉差异和采集时间不为正点等均会造成静风的判识与自动观测存在较大差异。

### 3 静风频率资料的应用方法

为降低 2 min 静风资料时间序列上的不连续性,提高资料可比性和可用性,尝试建立处理方式一致的静风频率时间序列,并对结果进行分析。利用湖北省平行观测期第一年的数据,统计人工判识为静风,自动观测为非静风时自动观测的风速。自动观测风速  $> 1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,共有 16.5%的时次人工观测为静风,自动观测风速为  $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,54.4%的时次人工观测为静风,自动观测风速为  $0.3 \sim 0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,37.9%时次人工观测为静风。

由于 2004 年以前转为自动观测的台站,部分自动观测的风速仍采取四舍五入的方式记录,因此有较多时次人工观测为静风,自动观测风速在  $0.5 \sim 0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  范围内,仍记录为  $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

根据上述分析,平行观测期第一年人工、自动观测静风不一致时段,自动观测风速主要集中在  $0.3 \sim 0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,平均风速为  $0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 5)。随着风速增大,静风判识不一致次数增多,当自动观测风速为  $0.4 \sim 0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,不一致次数增多,风速为  $0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时达到最高,当风速在  $0.7 \sim 0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,不一致次数递减。因此可针对两种观测方式的统计方法差异,对静风观测频率的时间序列进行订正。

基于上述研究,同时考虑到较难将低精度的人工观测静风数据订正至高精度的自动观测数据,因此以人工观测为基准,对自动观测进行统计处理,即将平行观测期第二年自动观测风速  $\leq 0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时的风向均记录为静风。结果显示,处理后自动观测平均年静风频率为 22.8%,与平行观测期第二年人工观测年静风频率相关系数为 0.8,平均频率对比差为  $-6.0\%$ ,处理后最大正、负频率差分别为 37.1%和  $-48.3\%$ ,61%的台站年静风频率对比差在  $-10\% \sim 10\%$ 。而未处理时,相关系数仅为 0.6,平均对比差为  $-12.4\%$ ,最大负对比差达到  $-71.9\%$ ,处理后较处理前差异明显减小。

利用 1991 年至平行观测期第一年的人工观测年静风频率,对平行观测期第二年人工观测及处理前、后自动观测静风频率进行 0.05 的显著性水平检验(表 5)。第二年为人工观测时共有 99%的台站通过显著性水平检验,第二年为自动观测时共有 55%

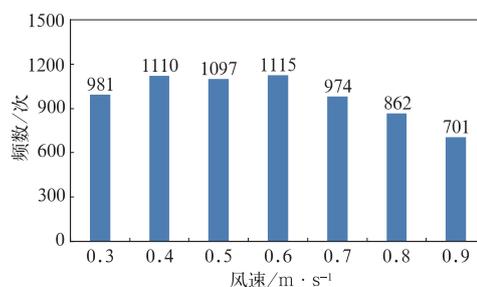


图 5 人工观测为静风、自动观测为非静风时段自动观测风速的频率分布图

Fig. 5 Frequency chart of automatic observed wind speed when the manual records are calm condition but the automatic observation is not

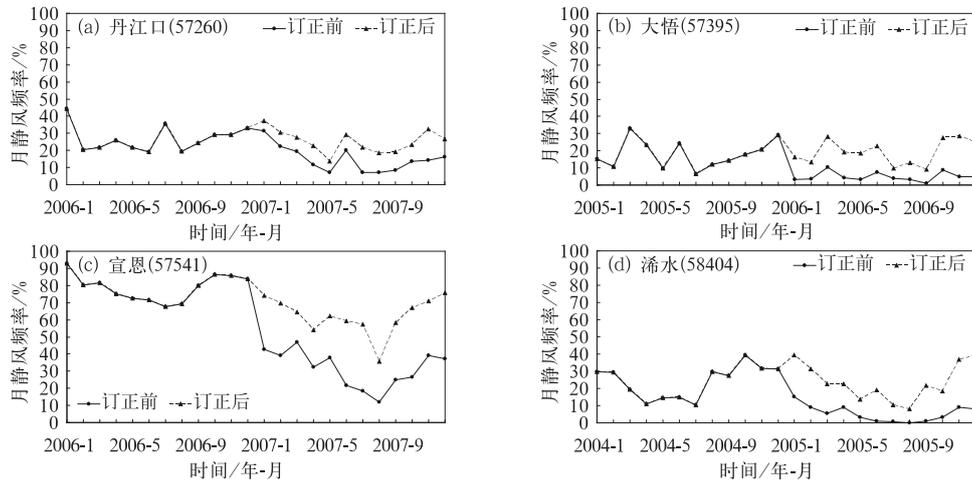


图 6 丹江口(a)、大悟(b)、宣恩(c)和浠水(d)四站处理前、后平行观测期年静风频率变化  
Fig. 6 Variation of original and revised annual frequency of calm during comparative years in Danjiangkou (a), Dawu (b), Xuanen (c) and Xishui (d) Stations

的站通过显著性水平检验,第二年为处理后的资料时有 76% 的站通过显著性水平检验,处理后的统计数据均优于处理前,说明处理方法较为合理,可有效保证资料的连续性,且在一定程度上降低了因统计误差造成的数据不一致。

图 6 为订正前、后湖北丹江口、大悟、宣恩和浠水站两年对比观测期年静风频率的变化。平行观测第二年自动观测静风频率最大值基本小于或略高于人工观测的最小值,存在明显偏差。处理后 4 个站与平行观测第二年人工观测年静风频率的对比差分别由处理前的  $-8.6\%$ 、 $-11.6\%$ 、 $-38.3\%$  和  $-16.5\%$ , 缩小至  $1.7\%$ 、 $2.7\%$ 、 $-7.6\%$  和  $1.7\%$ 。由于不同年份的气候、环境等变化以及观测仪器的灵敏度等差异,因此处理的结果存在一定差异。

表 5 三种资料的年静风频率时间序列统计值表  
Table 5 Statistics of three time-series data with annual frequency of calm condition

	频率对比差	相关系数	通过 0.05 显著性水平检验台站比例
处理前自动观测	$-12.4\%$	0.6	55%
处理后自动观测	$-6.0\%$	0.8	76%
人工观测	—	—	99%

## 4 结 论

利用全国 2195 个国家站人工转自动观测期共两年的 2 min 风向风速资料,以及湖北省 76 个站建

站至 2013 年的观测资料,通过对静风数据的分析,得到以下主要结论:

(1) 全国各站人工转自动观测的两年间,人工、自动观测的风速差异较小,但人工观测年的平均年静风频率为  $26.3\%$ ,自动观测仅为  $10.0\%$ ,风速较大地区静风频率较低。

(2) 全国有较多平均风速较大的台站,人工、自动观测年份同期静风频率差异较小。差值在  $-10\%$  ~  $0$  的台站占总站数的  $30.6\%$ ,为各区间最高。 $90.7\%$  的台站自动观测年份的年静风频率低于人工观测,且平均风速越大,人工、自动观测年份的年静风频率差越小。

(3) 湖北省平行观测第一、第二年人工观测的平均年静风频率分别为  $29.1\%$ 、 $28.8\%$ ,自动观测的平均年静风频率分别为  $11.0\%$  和  $16.4\%$ ,不同年份若观测方式一致则年静风频率差异较小,当人工转为自动观测时,风速较小的地区年静风频率时间序列存在一定差异。

(4) 湖北省平行观测第一年人工、自动观测均为静风的相符率为  $34.6\%$ ,不符时段自动观测的平均风速为  $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,第二年的静风相符率为  $81.5\%$ ,不符时段人工观测的平均风速为  $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。上述差异主要为人工观测风速为四舍五入保留整数位记录,易造成人工观测记录为静风时与保留小数位且风速  $\leq 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时记为静风的自动观测记录有差异。此外,人工和自动风探测仪器的启动风速、灵敏度、人工观测时的视觉误差以及采集时

间不一致等也会引起记录的差异。

(5) 根据两种观测方式的统计差异,对静风观测频率的时间序列进行重新统计。平行观测期第二年处理后的自动观测平均年静风频率为 22.8%,与平行观测期第二年人工观测的对比差为-6.0%,较处理前有明显减小。61%的台站对比差在-10%~10%,统计方法在一定程度上解决了资料的不均一性问题,保证了静风资料的科学应用。

为提高资料的可用性,在后续的工作中可进一步考虑采用全国 2 min 的风向、风速同期人工、自动对比数据,并且通过增加地形、地貌等数据,结合风模型模拟风场变化,根据资料使用需求,对静风资料进行精细化订正,提高资料的科学性与可用性。

## 参考文献

- 曹丽娟,鞠晓慧,刘小宁,2010. PMFT 方法对我国年平均风速的均一性检验[J]. 气象,36(10):52-56.
- 程爱珍,丘平珠,韦华红,等,2010. 人工站与自动站风的自动观测资料差异分析[J]. 气象研究与应用,31(4):82-85.
- 胡玉峰,2004. 自动与人工观测数据的差异[J]. 应用气象学报,15(6):719-726.
- 蒋维楣,孙鉴泞,曹文骏,等,2004. 空气污染气象学教程[M]. 北京:气象出版社.
- 江滢,罗勇,赵宗慈,2008. 近 50 年我国风向变化特征[J]. 应用气象学报,6(19):666-672.
- 李亚丽,任芝花,陈高峰,等,2015. 自动与人工观测气温差异偏大的原因及影响分析——以 143 个国家基准站为例[J]. 气象,41(8):1007-1016.
- 连志鸾,2005. 自动站与人工站观测记录的差异分析[J]. 气象,31(3):48-52.
- 刘小宁,2000. 我国 40 年年平均风速的均一性检验[J]. 应用气象学报,11(1):27-34.
- 鲁渊平,杜继稳,候建忠,等,2006. 陕西省风速风向时空变化特征[J]. 陕西气象,(1):1-4.
- 秦剑,赵刚,陈艳,等,2013. 金沙江下游局地大气边界层风场变化特征[J]. 气象,39(6):749-758.
- 孙玫玲,韩素芹,姚青,等,2007. 天津市城区静风与污染物浓度变化规律的分析[J]. 气象与环境学报,23(2):21-24.
- 王晓默,薛峰,章磊,2007. 自动气象站与人工观测的数据对比分析[J]. 气象科技,35(4):602-606.
- 王颖,刘小宁,鞠晓慧,2007. 自动观测与人工观测差异的初步分析[J]. 应用气象学报,18(6):849-855.
- 肖玮,2010. 自动与人工观测资料序列差异分析及订正模型研究[D]. 兰州:兰州大学.
- 尹宪志,郭爱民,卢会云,2006. CAWS 型自动站与人工观测风速记录的对比分析[J]. 干旱气象,24(1):57-59.
- 于庚康,王博妮,陈鹏,等,2015. 2013 年处江苏连续雾-霾天气的特征分析[J]. 气象,41(5):622-629.
- 于清平,黄文杰,李崇志,2008. 南京自动气象站与人工观测风速差异分析[J]. 气象科学,28(5):577-580.
- 苑跃,赵晓莉,王英,2011. 自动与人工观测风速和风向的差异分析[J]. 气象,37(4):490-496.
- 张敏,朱彬,王东东,等,2009. 南京北郊冬季大气 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 和 O<sub>3</sub> 的变化特征[J]. 大气科学学报,32(5):695-702.
- 赵雅芳,王瑞霞,肖梅,2006. 金昌市环境空气中的 SO<sub>2</sub> 在静风和非静风时的浓度变化[J]. 环境研究与检测,19(1):27-30.
- 中国气象局,2003. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社.
- 中华人民共和国气象行业标准,2007. QX/T51-2007 地面气象观测规范第 7 部分:风向和风速的观测[S]. 北京:气象出版社.
- Alexandersson H, 1986. A homogeneity test applied to precipitation data[J]. Inter J Clima, 6:661-675.
- Guttman R N B, Baker C B, 1996. Exploratory analysis of the difference between temperature observations recorded by ASOS and conventional methods[J]. Bull Amer Meteor Soc,77:2865-2873.
- Peterson T C, Easterling D R, Karl T R, et al, 1998. Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: A review[J]. Inter J Clima,18:1493-1517.