

刘学锋, 梁秀慧, 任国玉, 等. 台站观测环境改变对我国近地面风速观测资料序列的影响[J]. 高原气象, 2012, 31(6): 1645-1652.

# 台站观测环境改变对我国近地面风速 观测资料序列的影响

刘学锋<sup>1-2</sup>, 梁秀慧<sup>1</sup>, 任国玉<sup>2</sup>, 任芝花<sup>3</sup>

(1. 河北省气象信息中心, 河北 石家庄 050021; 2. 中国气象局气候研究开放实验室/国家气候中心, 北京 100081;  
3. 国家气象信息中心, 北京 100081)

**摘要:** 利用中国大陆地区 460 个气象台站 1971—2002 年 10 m 高度平均风速资料和 2007 年台站观测环境综合调查资料, 根据环境评分分数、障碍物视宽角等影响地面观测风速的台站环境数据, 将气象台站分为五类, 分别对平均风速观测记录进行了比较分析。结果表明, 全国范围内绝大多数未迁移台站近地面平均风速呈明显的减小趋势, 冬季平均风速相对减小的趋势最大、秋季最小; 在影响风速观测资料序列的台站观测环境因素中, 观测场周围障碍物视宽角最为重要, 随着周围障碍物视宽角的增大, 风速相对减小的趋势也变得更为明显; 台站周围障碍物视宽角对年和季平均风速减小趋势的贡献最大, 约为三分之一。因此, 观测环境变化对地面风速资料序列的影响是不可忽视的重要因素。

**关键词:** 观测环境; 平均风速; 风速变化

**文章编号:** 1000-0534(2012)06-1645-08 **中图分类号:** P463.3 **文献标志码:** A

## 1 引言

风是重要的气候要素之一。风向、风速观测资料不但可以反映大气环流的特征, 也是衡量区域风能资源的基本指标, 而且在交通运输、城市建筑、桥梁和水库建设以及市政规划设计等方面具有广泛的应用价值。目前, 我国已积累了长序列的气象台站 10 m 高度风速观测资料, 为气候资源开发和各种工程设计风速提供了宝贵数据。

近年来, 许多学者<sup>[1-12]</sup>对中国地区近地面风速的变化趋势进行了研究, 结果表明, 近几十年来我国近地面台站平均风速呈现出明显的减小趋势。任国玉等<sup>[1]</sup>发现, 近 50 年来我国大部分地面台站观测的平均风速呈明显的下降趋势, 一些地区的下降幅度可达  $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。王遵娅等<sup>[13]</sup>指出, 中国几乎全部地区的风速都在显著减小, 冬、春季西北地区西部的风速减小最明显。彭珍等<sup>[2]</sup>在对北京边界层风场结构的研究中指出, 1997—2003 年北京夏季平均风速呈现非常明显的逐年递减趋

势, 而且距离地表越近则递减趋势越显著。在第三次全国风能资源评价和普查中, 应用气象台站距地 10 m 高观测风速进行了统计, 发现全国气象台站的年平均风速也呈现出明显的减小趋势。

一些研究表明<sup>[14-15]</sup>, 在过去的 50 年间, 我国夏、冬季风环流均明显减弱。王遵娅等<sup>[13]</sup>认为, 中国风速大幅减小主要是由于亚洲冬、夏季风的减弱和西伯利亚高压的减弱所致; 江滢等<sup>[16]</sup>认为, 大气环流的变化是中国近地面平均风速减小的可能原因, 城市化、仪器变更是平均风速减小不可忽略的原因, 但不是主要原因; 刘学锋等<sup>[17-18]</sup>通过对河北地区城市化和观测环境改变对地面风速观测资料序列的影响研究以及边界层内不同高度风速变化特征的分析认为, 河北地区城市化以及台站附近观测环境的改变对台站观测风速变化的减小趋势具有重要影响; 王毅荣等<sup>[19]</sup>通过对比分析河西走廊高山气象站和绿洲气象站测风资料, 认为风速受绿洲和城市化影响十分明显, 在河西绿洲风速下降明显; 张爱英等<sup>[20]</sup>通过比较高空和地面风速变化趋势发现,

收稿日期: 2011-05-14; 定稿日期: 2011-08-19

基金项目: 中国气象局气象新技术推广项目“观测环境和仪器变化对地面观测资料的影响评估(CMATG2008Z12)”; 国家自然科学基金项目(40575039); 公益性行业(气象)科研专项“近百年全球陆地气候变化监测技术与应用”项目(GYHY201206012)共同资助

作者简介: 刘学锋(1963—), 男, 河北唐山人, 高级工程师, 主要从事气候和气候变化研究. E-mail: lxfhbqhx@sina.com

1980—2006年对流层各层次和我国地面年平均风速均呈下降趋势,但只有地面平均风速的下降趋势通过了显著性水平检验,说明台站附近观测环境变化和城市化等局地人为因素的影响可能是重要的。这些研究从不同角度分析了我国近地面风速变化的可能原因,但对什么是影响平均风速减小的主要原因,以及观测环境改变和城市化影响是否是最重要的因子等问题,目前还存在分歧。另外,对中国近地面平均风速长期变化的区域特征及其可能原因也存在差异<sup>[13, 21]</sup>。

本文利用全国未迁移气象台站10 m高度风速观测资料,结合2007年全国气象台站观测环境调查评估统计结果,对比分析不同台站环境改变情况下近几十年平均风速的变化情况,探讨不同程度的环境改变对风速变化的影响和贡献,以期为进一步识别地面风速变化的原因和未来气候资源开发、工程规划设计中合理应用气象观测数据提供科学依据。

## 2 资料选取及处理方法

风速观测记录对台站迁移和仪器换型均十分敏感。台站迁移和仪器换型会引起明显的风速资料序列非均一性,对风速气候变化分析结果影响很大,在文献<sup>[17, 22—23]</sup>中已有论述,本文主要从宏观角度针对观测环境对风速资料序列影响加以探讨。因此,本文根据2007年全国气象台站观测环境调查评估结果,在全国2 435个地面气象观测台站中筛选出未迁移台站747个(占全部台站数的30.7%)。为了减少人为因素的影响,根据“地面气象观测规范”规定,对风速观测资料按照1日内有一次缺测,即认为当日资料缺测;1月内有7日及以上资料缺测,即认为该月资料缺测;1年中有1个月资料缺测就不进行年平均风速统计的原则,进一步剔除部分资料不连续的站点,同时屏弃风速资料起始年份晚于1971年的站点。选取1971年作为研究时段的起始点,主要是因为1969—1970年是风速观测仪器的换型时间,资料序列出现不均一性<sup>[22—23]</sup>。最后选取460个气象台站10 m高度平均风速资料序列(图1f)。所选台站占我国台站总数的18.9%,占未迁移台站总数的61.6%,基本上覆盖了各个气候区域,在台站数量、时间长度及地域分布上均具有一定的代表性,仅青藏高原西部和塔里木盆地南部的台站稀少。

测风仪器的变更对资料的均一性具有非常重要的影响<sup>[22]</sup>,而可确认的人为风速序列突变点(断

点)多与测风仪器型号变更有关<sup>[23]</sup>。1969—1970年在全国范围内EL型电接风速风向计取代了维尔德测风器,2002年以后地面气象观测站陆续由EL电接风型转换为自动站仪器测风。两次仪器的换型,由于测风感应器原理不同,故造成测风数据存在一定的系统偏差。例如,王遵娅等<sup>[13]</sup>、江滢等<sup>[16]</sup>在研究全国平均风速变化序列时均发现在20世纪60年代末(1969年)有一个风速突然增大的突变现象,这很可能与此时段全国范围内的仪器换型有关。另外,江滢等<sup>[16]</sup>还发现平均风速的最小值出现在2002年,这与此后气象台站测风仪器的陆续换型不无关系。因此,本文选取1971—2002年作为近地面风速变化趋势研究时段,即可剔除仪器变化对风速变化的影响。依据2007年全国气象台站观测环境综合调查统计数据,应用地面观测台站通过综合评分所反映的台站目前环境评分数据作为第一条件,利用观测环境评分中权重最大的因子障碍物视宽角和障碍物遮挡面积作为第二条件,对未迁移台站观测环境变化进行量化分类,将460个台站分为五个类别和三个大类进行研究。

## 3 研究方法和指标

在2007年全国观测环境调查评估结果中的“环境评分”主要是对当年台站观测环境现状进行的评定结果(评分项目及评分标准见附录)。本文将环境评分按照 $\geq 90$ 分、 $89\sim 60$ 分、 $< 60$ 分对台站综合观测环境进行分类,然后根据风速主要与障碍物视宽角和障碍物遮挡面积(见附录)关系最为密切的特点,将障碍物视宽角按照 $< 90^\circ$ 、 $90^\circ\sim 270^\circ$ 、 $> 270^\circ$ 再进行细化分类。综合考虑“环境评分”和障碍物视宽角情况,将460个未迁移台站分为五个类别;考虑观测场周围障碍物视宽角程度不同又将其归为三大类,具体结果见表1。

从表1中可看出,在460个台站中,五类台站所占比重有所不同,其中C类台站所占比重最大,共有216个,占未迁移台站总数的47%。也就是说将近半数的台站观测环境介于60~90分之间,障碍物视宽角介于 $90^\circ\sim 270^\circ$ 之间;D类台站所占比重较小,为32个,占台站总数的7%。在各类台站的空间分布中,除E类台站明显集中于我国的中部和东南部之外,其他类型台站基本上分布在全国各区域内(图1)。

由于全国范围内各类台站的平均风速不同,应用平均风速线性变化速率或趋势指标不能有效地反

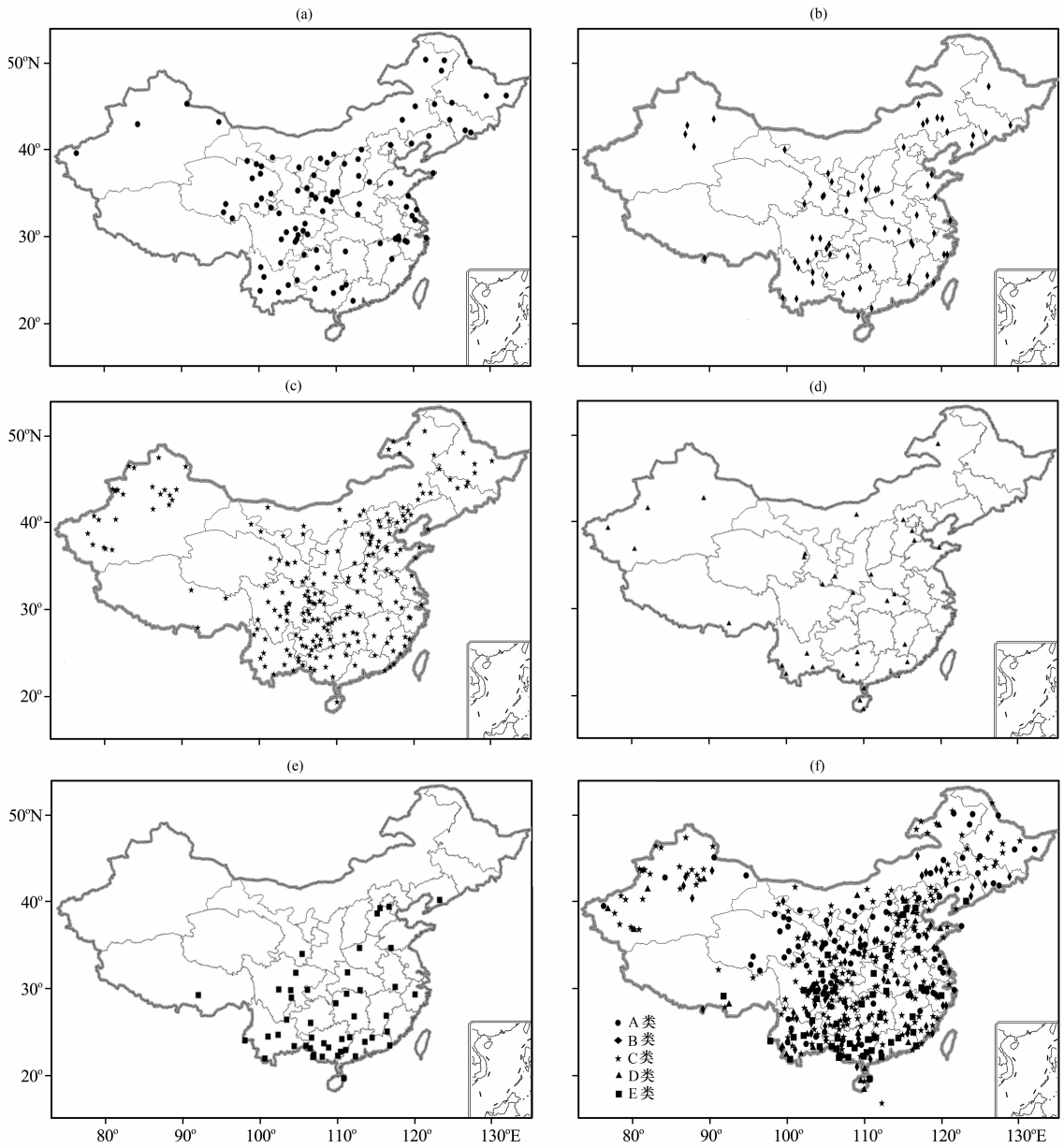


图 1 460 个未迁移台站分布

(a) A 类, (b) B 类, (c) C 类, (d) D 类, (e) E 类, (f) 460 个测站

Fig. 1 Distribution of 460 non-moved stations. (a) group A, (b) group B, (c) group C, (d) group D, (e) group E, (f) 460 stations

表 1 460 个未迁移台站观测环境分类

Table 1 Observation environment classification of 460 non-moved stations

台站类别	台站大类类别	台站数	所占百分比/%	环境评分	障碍物视宽角/(°)
A 类(基本无变化)	I	97	21.1	$\geq 90$	$< 90$
B 类(变化较小)	I	68	14.8	89~60	$< 90$
C 类(变化较大)	II	216	47.0	89~60	90~270
D 类(变化很大)	III	32	7.0	89~60	$> 270$
E 类(变化最大)	III	47	10.2	$< 60$	$> 270$

映各类台站平均风速变化的差异,因此在分析平均风速随时间变化时,采用风速的距平百分率指标。采用最小二乘法计算平均风速距平百分率的线性趋势<sup>[24-25]</sup>,即计算样本与时间的线性回归系数为

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i y_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n t_i)^2}, \quad (1)$$

式中:  $y_i$  为风速距平百分率时间序列;  $t_i$  为时间序列 ( $i=1, 2, \dots, n$ ),  $n=32$  (样本数)。  $\beta=10\alpha$  为各类台站平均风速相对变化速率,单位为  $\% \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。

A类台站的平均风速相对变化速率可近似地认为背景相对变化速率,主要是由于在气候变暖的大背景下受亚洲冬、夏季风的减弱、海平面气压增高及城市化造成的地面粗糙度增加等综合影响因素而造成的风速减少。而B、C及E类台站的平均风速相对变化趋势除受上述因素影响导致风速减小外,还受台站观测环境改变的影响。

因为台站周围综合观测环境的不同和台站周围障碍物遮蔽程度的不同,导致各类的平均风速相对变化速率也不同。为了进一步检测不同观测环境变化对风速序列影响的大小,我们计算了观测环境退化对各类台站平均风速变化趋势的贡献率。假设A类台站的观测环境没有明显改变,其观测到的风速相对变化速率可代表背景风速场的变化情况。利用具有不同程度观测环境变化的某类台站,取其与A类台站平均风速相对变化速率之差(其差值占该类台站平均风速相对变化速率的百分比值)作为该类台站观测环境退化对平均风速变化的贡献率,表达式为

$$\delta = [(\beta_i - \beta_A) / \beta_i] \times 100\%, \quad (2)$$

其中:  $i=B, C, D, E$ ,  $\beta_i$  则代表B、C、D和E类台站的平均风速相对变化速率,  $\beta_A$  为A类台站的平均风速相对变化速率。

## 4 结果分析

### 4.1 不同类型台站年、季风速变化特点

表2为各类台站年和四季平均风速情况。各类台站各季平均风速均以春季为最大、秋季最小;A、B、C、D及E类台站的年平均风速分别为2.6, 2.4, 2.1, 1.9和1.6  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,随着观测环境评分分数的减小和障碍物视宽角的增大依次递减。同样在春、夏、秋及冬季各类台站平均风速的数值大小

变化情况也符合这个规律,只是平均风速的大小和递减的幅度不同。这说明由于综合观测环境条件的退化,使得各类台站年、季平均风速逐渐减小。各类台站在全国各区域分布的比重具有一定的差异,这对计算的结果可能有一定影响,但由于样本数量比较多,这种影响应该不大。但是E类台站主要分布在我国的中部和东南部,地面平均风速相对较小,结合环境评分较低、障碍物遮蔽程度较高等因素,可能导致年和季平均风速数值最小。因此,在研究各类台站平均风速变化时,采用风速相对变化速率能够更好地反映平均风速变化的特点,也有利于各类台站之间的相互比较。

表2 各类台站年和季的平均风速

Table 2 Annual and seasonly mean wind speeds for different groups of station

类别	平均风速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )				
	春季	夏季	秋季	冬季	年
A	3.0	2.4	2.4	2.4	2.6
B	2.8	2.3	2.2	2.4	2.4
C	2.5	2.0	1.9	1.9	2.1
D	2.4	1.9	1.8	1.9	1.9
E	1.8	1.5	1.4	1.6	1.6
平均	2.5	2.0	1.9	2.0	2.1

图2是B、C、D及E类台站与A类台站对比的逐年平均风速距平百分率曲线图。从图2中可看出,B、C、D及E类台站与A类台站的风速变化趋势是相同的,都表现为逐年减小趋势,但各类台站平均风速距平百分率的减小趋势却存在差别。其中,A类和B类台站的变化趋势比较接近,平均风速相对变化速率分别为 $-8.8$ 和 $-8.3\% \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ;C、D及E类台站的平均风速相对变化速率分别为 $-11.3$ ,  $-12.5$ 和 $-12.4\% \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,D类和E类台站的数值十分接近。A类和B类(I类)、C类(II类)以及D和E类(III类)这三大类台站之间的平均风速相对变化速率相差较大。这说明台站综合观测环境的评分分数差异对风速资料序列的影响有限,而台站障碍物视宽角的不同对平均风速序列的影响更大。在观测环境评分相当的情况下,平均风速的变化仍然受周围障碍物的影响,说明在台站综合观测环境变化的所有因子中,对风速变化起主要作用的是障碍物遮蔽程度。

从各类台站的年和季平均风速相对变化速率来看(表3),在1971—2002年期间各季平均风速相对

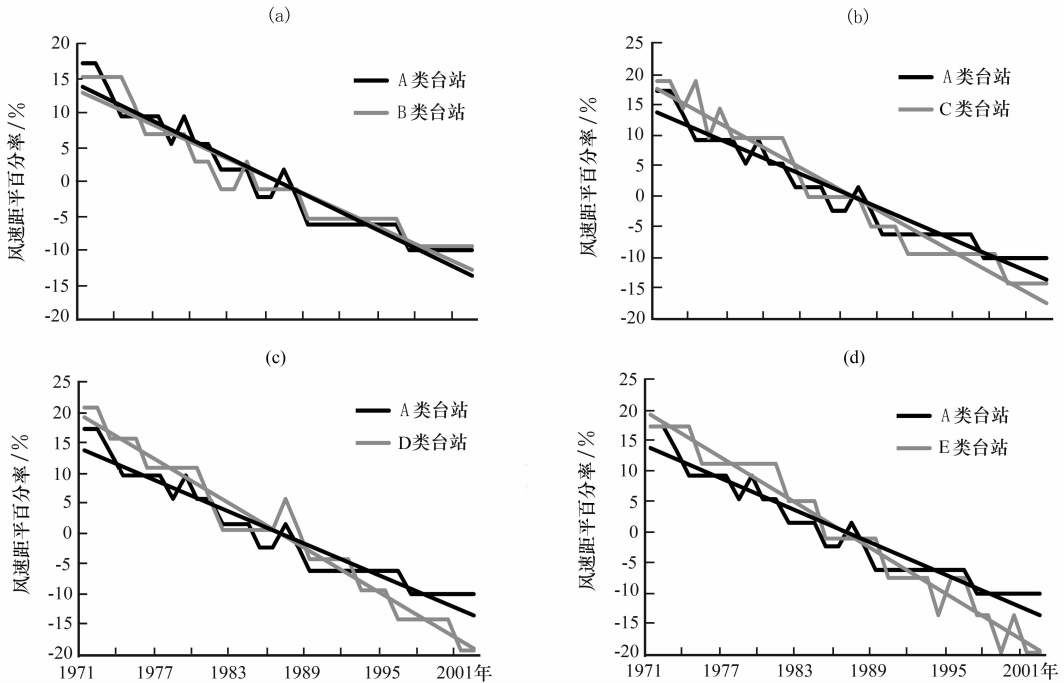


图 2 1971—2002 年期间各类台站与 A 类台站对比的逐年平均风速距平百分率

(a) A 类和 B 类, (b) A 类和 C 类, (c) A 类和 D 类, (d) A 类和 E 类

Fig. 2 The anomaly percent of annual mean wind speed between different groups of station and A station in 1971—2002. (a) group A and B, (b) group A and C, (c) group A and D, (d) group A and E

表 3 1971—2002 年期间各类台站年和季平均风速相对变化速率

Table 3 Relative change rate of annual and seasonly mean wind speeds for different groups of station during 1971—2002

类别	平均风速相对变化速率/[ $\% \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ]				
	春季	夏季	秋季	冬季	年
A	-8.8	-8.5	-7.7	-9.3	-8.8
B	-8.9	-8.3	-7.6	-9.5	-8.3
C	-11.4	-11.6	-11.3	-12.0	-11.3
D	-11.9	-13.0	-12.2	-12.7	-12.5
E	-12.6	-11.0	-10.9	-14.3	-12.4

变化速率均呈减小趋势。除 D 类台站外, 冬季风速的减小趋势明显, 秋季变化趋势最弱。B、C 及 D 类台站的风速相对变化率随着障碍物视宽角的增大而增大, 与年平均风速相对变化情况反映的规律相同, 说明台站周围障碍物的遮蔽程度是影响风速变化的不可忽视的重要因素。

#### 4.2 台站年平均风速变化空间分布特点

图 3 为全国 460 个气象台站地面年平均风速相对变化速率。各台站的风速相对变化速率差别很大, 在  $-51.3\% \sim 13\%$  之间, 趋势为负值(风速减

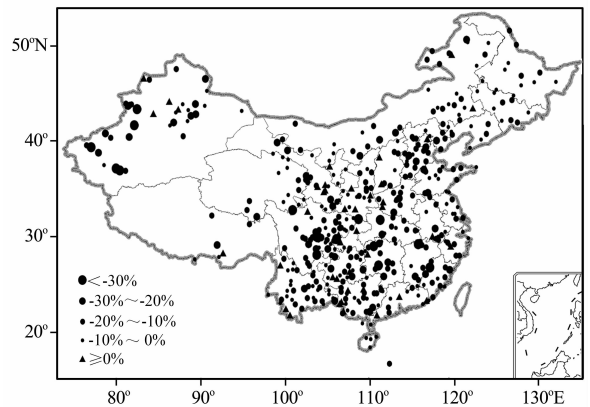


图 3 全国 460 个气象台站地面年平均风速相对变化速率的空间分布(单位:  $\% \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ )

Fig. 3 Spatial distribution of relative change for annual mean wind speed at 460 stations in China. Unit:  $\% \cdot (10 \text{ a})^{-1}$

小)的台站有 415 个, 占总台站数的 90%。可见, 绝大部分台站的年平均风速呈现出减小趋势。在这些台站中, 减少趋势通过 0.05 显著性水平检验的站数为 369 个, 占有分析台站数的 80%(表 4)。风速变化趋势为正值的站数为 45 个, 其中通过 0.05 显著性水平检验的只有 17 个, 不足总站数的 4%。

表 4 年平均风速相对变化趋势通过检验( $\alpha=0.05$ )的台站个数

Table 4 Station numbers for relative change trend of annual mean wind speed passing the significant level at  $\alpha=0.05$

检验情况	风速减少(415个台站)		风速增加(45个台站)	
	通过	未通过	通过	未通过
台站个数	369	46	17	28
百分比/%	80	10	4	6

从全国各台站平均风速相对变化速率的空间分布来看,风速变化趋势的地理分布呈现出大小交错特征,但西南地区东部、华中地区、华东地区西部以及新疆西部地区风速的下降趋势相对更为明显。

#### 4.3 不同类型台站观测环境退化对平均风速变化的贡献

从各类台站观测环境退化对平均风速变化的贡献率来看(表 5),B类台站的年和夏、秋季平均风速变化贡献率均为负值,冬、春季均为正值。这与前面分析的台站周围障碍物遮蔽程度(视宽角)是综合观测环境中影响风速减少的主要因子有关。虽然 A、B类台站的环境评估分数不同,但障碍物的视宽角均 $<90^\circ$ ,同属于 I类,所选的两类台站中在全国各区域分布的台站数比重有所不同,或每类台站中每个台站的具体遮蔽程度不同,或在主导风向上遮蔽程度不同,都会带来统计上的误差。总体来看,B类台站的平均风速变化与 A类的差异不大。D、E类台站之间观测的环境退化对平均风速变化贡献率也相近(同属于 III类),类似于 A、B类之间的对比。

表 5 各类台站平均风速相对变化贡献率

Table 5 Contributions of the relative changes of mean wind speed for different groups of station

类别	平均风速相对变化贡献率/%				
	春季	夏季	秋季	冬季	年
B	1.1	-2.4	-1.3	2.1	-6.0
C	22.8	26.7	31.9	22.5	22.1
D	26.1	34.6	36.9	26.8	29.6
E	30.2	22.7	29.4	35.0	29.0

但是 C、D及 E类台站观测环境退化对平均风速减小的贡献率均很明显。不同季节各类台站观测环境退化对平均风速变化的贡献不尽一致,均在 22.5%~36.9%范围内波动,C、D类以秋季为最

大,E类以冬季为最大。从年平均风速变化贡献率来看,C、D及 E类台站观测环境退化对平均风速变化的贡献率分别为 22.1%,29.6%和 29.0%,说明观测环境改变对平均风速减小趋势的贡献是非常显著的。但这些结果也说明,观测环境退化并不是造成台站平均风速下降的全部原因,其他因素包括城市化引起更大范围的地面粗糙度增加以及背景大气环流场的变化可能也是重要的。台站观测环境变化对风速资料序列的影响是不可忽视的重要影响因素,但可能还不是影响我国近地面平均风速资料序列变化的全部原因。

## 5 结论与讨论

利用全国范围内 460 个未迁移气象台站 10 m 高度风速观测资料,结合 2007 年全国观测环境调查评估结果,将台站按照观测环境评分和台站周围障碍物遮蔽程度不同进行了分类,对各类型台站不同程度综合观测环境情况对平均风速变化趋势的影响进行了分析,得到如下主要结论:

(1) 1971—2002 年期间绝大多数台站的近地面平均风速表现出明显的减小趋势,各类台站中冬季风速相对减小的趋势最大、秋季最小。但各类台站的减小趋势并不相同,台站综合观测环境和周围障碍物遮蔽程度均不同程度对地面风速的减小趋势产生了重要影响。

(2) 在综合观测环境诸多构成因素中,台站周围障碍物的遮蔽程度(视宽角)对平均风速相对变化的影响最为显著,平均风速相对减小速率随着台站周围障碍物视宽角的增大而增加。

(3) 台站周围障碍物的视宽角对年和各季平均风速减少趋势的贡献最大,约为三分之一,观测环境变化对近地面风速资料序列的影响是不可忽视的重要因素。

本文只对不同类型台站观测环境改变对风速变化趋势的影响进行了初步分析。由于台站观测环境改变对风速资料序列的影响是一个非常复杂的问题,所以许多问题还需要进一步深入研究和探讨。例如,如何更完善地将台站按照观测环境退化程度的不同进行科学分类,是一个非常值得探讨的问题。本文应用台站观测环境评分和台站周围障碍物视宽角不同对台站进行了分类,但没有考虑遮蔽程度与主导风向的关系,也没有考虑各类台站在全国不同区域的相对比例;除了观测环境变化外,城市尺度上下垫面粗糙度改变的影响可能也是重要的。

但由于资料的欠缺, 我们没有给予分析评价, 因此 A 类台站的风速相对变化趋势的平均值不一定是最好地代表了区域背景风速变化。此外, 针对具体的观测站, 建筑物距离观测场的远近、建筑物建起的早晚、障碍物视宽角的具体数值以及位于台站的具体方位等都会对地面风速资料序列产生不同程度的影响, 因此在对具体观测站的风速资料序列进行订正时还要做到具体问题具体分析。

## 参考文献

- [1] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 948—952.
- [2] 彭珍, 胡非. 北京城市化进程对边界层风场结构影响的研究[J]. 地球物理学报, 2006, 49(6): 729—732.
- [3] Dupont E, Menut L, Carissimo J, et al. Comparision between the atmospheric boundary layer in paris and its rural suburbs during the ECLAP experiment[J]. Atmos Enviroment, 1999, 33: 979—994.
- [4] 李倩, 刘辉志, 胡非, 等. 大风天气下北京城市边界层阵风结构特征[J]. 中国科学院研究生院学报, 2004, 21(1): 40—44.
- [5] 王毅荣, 张存杰. 河西走廊风速变化及风能资源研究[J]. 高原气象, 2006, 25(6): 1197—1201.
- [6] 李振朝, 韦志刚, 高荣. 近 50 年河西绿洲地面风的时空变化特征[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 259—263.
- [7] 何晓凤, 蒋维楣, 郭文利, 等. 城镇规划布局对边界层结构影响的数值试验[J]. 高原气象, 2007, 26(2): 363—372.
- [8] 奥银焕, 吕世华, 陈玉春. 河西地区不同下垫面边界层特征分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 215—219.
- [9] 卞林根, 程彦杰, 王欣, 等. 北京大气边界层中风和温度廓线的观测研究[J]. 应用气象学报, 2002, 13(特刊): 13—25.
- [10] 李振山, 张琦峰, 包慧娟. 我国北方典型沙漠化地区近 30 a 风速变化特征[J]. 中国沙漠, 2006, 26(1): 20—25.
- [11] 李书严, 陈洪斌, 李伟. 城市化对北京地区气候的影响[J]. 高原气象, 2008, 27(5): 1102—1109.
- [12] 王超, 韦志刚, 李振朝. 敦煌戈壁地区近地层风地变化特征[J]. 高原气象, 2011, 30(2): 299—307.
- [13] 王遵娅, 丁一汇, 何金海, 等. 近 50 年来中国气候变化特征再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 228—236.
- [14] 丁一汇, 董文杰, 何金海, 等. 亚洲季风及其与中国气候和环境变化的关系[M]. 中国气候与环境演变(上卷), 北京: 科学出版社, 2005: 422—428.
- [15] 姜大膀, 王会军. 20 世纪后期东亚夏季风年代际减弱的自然属性[J]. 科学通报, 2005, 50(15): 74—80.
- [16] 江滢, 罗勇, 赵宗慈, 等. 近 50 年中国风速变化及原因分析[C]. 中国气象学会 2007 年年会气候变化分会场论文集. 北京: 气象出版社, 2007: 80—89.
- [17] 刘学锋, 江滢, 任国玉, 等. 河北城市化和观测环境改变对地面风速观测资料序列的影响[J]. 高原气象, 2009, 28(2): 433—439.
- [18] 刘学锋, 任国玉, 梁秀慧, 等. 河北地区边界层内不同高度风速变化特征[J]. 气象, 2009, 35(7): 46—53.
- [19] 王毅荣, 罗勇, 张书余, 等. 河西走廊风能资源可持续性的初步研究[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(6): 379—382.
- [20] 张爱英, 任国玉, 郭军, 等. 近 30 年我国高空风速变化趋势分析[J]. 高原气象, 2009, 28(3): 680—687.
- [21] Xu Ming, Chang Chih-pei, et al. Steady declime of east Asian monsoon winds, 1969—2000: Evidence from direct ground measurements of wind speed[J]. J Geophy Res, 2006, 111: D24111: 1—8.
- [22] 刘小宁. 我国 40 年年平均风速均一性检验[J]. 应用气象学报, 2000, 11(1): 27—34.
- [23] 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.
- [24] 魏风英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [25] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近百年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 55(4): 431—439.

## Impact of the Observational Environment Change on Surface Wind Speed in China

LIU Xue-feng<sup>1-2</sup>, LIANG Xiu-hui<sup>1</sup>, REN Guo-yu<sup>2</sup>, REN Zhi-hua<sup>3</sup>, LIU Xiao-ning<sup>3</sup>

(1. Hebei Meteorological Information Center, Shijiazhuang 050021, China;

2. Laboratory for Climate Studies, CMA/National Climate Center, Beijing 100081, China;

3. National Meteorological Information Center, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Using a data set of mean surface wind speed at 460 stations in the period 1971—2002 and comprehensive environmental survey data of meteorological station in China in 2007, the effects of the observational environment change on long-term wind speed trends in China are analyzed. Based on the observational environment rating scores and wide-angles of barrier around observational surface, the stations are

classified to five groups, and a comparative analysis is made to identify the differential effects of the observational environment on the surface wind speed. The results show that there are significant decreasing trends of annual mean surface wind speed for most of the non-moved stations, and the largest decrease occurs in winter, and the least change in autumn. The observation environment affecting wind speed includes many factors, but the wide-angle of barrier around observational surface is the most important factor. The decreasing trend of wind speed increases with the wide-angle of barrier around observational surfaces. The wide-angle of barrier around observational surface accounts for about one third of the observed decreasing trend in surface wind speed, but the observational environment change is not the only factor affecting the wind speed change.

**Key words:** Observational environment; Mean wind speed; Wind speed change

### 附录：地面气象观测环境现状评分项目及计分

序号	评分项目	满分值	计分方法
1	不符合要求障碍物累计遮挡方位	35	$(360 - \text{累计遮挡方位}) \div 360 \times 35$
2	障碍物累计遮挡面积	25	$(32400 - \text{累计遮挡面积}) \div 32400 \times 25$ , 障碍物遮挡面积 = 障碍物宽度角 × 障碍物高度角, 32400 为天空净空面积
3	铁路路基距观测场 围栏直线距离	5	距离 > 200 m 的得 5 分, 距离 ≤ 200 m 的, 距离 ÷ 200 × 4.9
4	公路路基距观测场 围栏直线距离	5	距离 > 30 m 的得 5 分, 距离 ≤ 30 m 的, 距离 ÷ 30 × 4.9
5	大型水体距观测场 围栏直线距离	5	观象台一级站: 距离 > 100 m 的得 5 分, 距离 ≤ 100 m 的, 距离 ÷ 100 × 4.9 二级站: 距离 > 50 m 的得 5 分, 距离 ≤ 50 m 的, 距离 ÷ 50 × 4.9
6	观测场四周 10 m 范围内高杆植物	2	按东、南、西及北 4 个方位计算扣分, 有一个方位出现高杆植物的扣 0.5 分
7	观测场四周 10 m 范围内建筑物	8	按东、南、西及北 4 个方位计算扣分, 有一个方位出现建筑物的扣 2 分
8	人为垫高观测场高度	4	未垫高观测场的得 4 分, 否则得 0 分。
9	观测场围栏外 2 m 以内人工护坡	2	按东、南、西及北 4 个方位计算扣分, 有一个方位出现护坡的扣 0.5 分
10	干扰源体距观测场 围栏直线距离	5	距离 > 500 m 的得 5 分 距离 ≤ 500 m 的, 距离 ÷ 500 × 4.9
11	日出方向障碍物最大仰角	1	最大仰角 ≤ 5° 的得 1 分, 否则得 0 分
12	日没方向障碍物最大仰角	1	同上
13	遮挡仪器感应面障碍物个数	2	一年中任何时候其阴影投射到日照计、地温表(或传感器)、 辐射仪器感应面的障碍物, 均统计个数。有 1 个扣 0.5 分, 扣完为止。
14	观测场是否建在屋顶		实行一票否决, 观测环境得分按 0 分处理