

薛笋笋, 郭建侠, 高英育, 等, 2017. 探测环境变化对密云气象站地面风观测的影响[J]. 气象, 43(1): 84-90.

# 探测环境变化对密云气象站地面风观测的影响<sup>\*1</sup>

薛笋笋<sup>1, 2</sup> 高英育<sup>3</sup> 郭建侠<sup>4</sup> 薛禄宇<sup>5</sup> 左湘文<sup>1, 2</sup>

1 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 银川 750002

2 宁夏大气探测技术保障中心, 银川 750002

3 宁夏吴忠市气象局, 吴忠 751100

4 中国气象局气象探测中心, 北京 100081

5 北京市密云县气象局, 北京 101500

**提 要:** 文章利用密云站、上甸子站 1994—2013 年的地面风观测资料, 以上甸子站作为参考站, 对比分析了密云站第二阶段与第一阶段风观测值的差异。结果表明: 第二阶段风速平均值较第一阶段减小了  $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 2013 年年平均风速受台站周围环境影响最大; 观测场周围障碍物对不同季节、月平均风速影响程度为: 春季最大, 夏季最小; 3 月最大, 8 月最小; 观测场周围环境对西南偏西风风速影响最大, 对  $1 \sim 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  风速频率影响最大。第二阶段静风频率增加了 5.5%; 各季静风频率均有增加, 冬季最大, 春季最小, 秋季大于夏季。

**关键词:** 探测环境, 地面风, 衰减

**中图分类号:** P412

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2017.01.009

## Effect of Observation Environment Change on Surface Wind at Miyun Station

XUE Zhengzheng<sup>1, 2</sup> GAO Yingyu<sup>3</sup> GUO Jianxia<sup>4</sup> XUE Luyu<sup>5</sup> ZUO Xiangwen<sup>1, 2</sup>

1 Ningxia Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation, Yinchuan 750002

2 Ningxia Meteorological Technical Support Centre, Yinchuan 750002

3 Wuzhong Meteorological Office of Ningxia, Wuzhong 751100

4 Meteorological Observation Centre, CMA, Beijing 100081

5 Miyun Meteorological Office of Beijing, Beijing 101500

**Abstract:** Employing the observation surface wind data from Miyun Station and Shangdianzi Station from 1994 to 2013, the wind observation difference between the first stage and the second stage at Miyun Station is analyzed. The results indicate that the average wind speed of the second stage is reduced by  $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  compared to the winds in the first stage. The environment around the station affected the annual average wind speed significantly in 2013. The seasonal and monthly wind speeds are affected by the obstacles around the station at different degrees. The maximum attenuation is in spring and March, while the minimum attenuation is in summer and August. The surrounding environment has the greatest impact on the WSW wind velocity and also on the wind speed frequency between  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Comparing the first stage, the static wind frequency in the second stage increases by 5.5%, and the frequency of static wind has increased at each season. The most obvious increase is in winter and minimum increase is in spring. The increase in fall is greater than in summer.

**Key words:** observation environment, surface wind, attenuation

\* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106049)资助

2015年12月16日收稿; 2016年8月12日收修定稿

第一作者: 薛笋笋, 主要从事大气探测研究. Email: 672655995@qq.com

## 引言

随着城市建设规模不断扩大,台站观测环境发生了重大改变(中国气象局,2004;张国华等,2012;李邵云等,2008),对近地面风观测造成了严重影响。目前,许多学者在这方面进行了大量研究。刘学锋等(2009)对河北省 143 个台站近地面年平均风速资料进行了分析,得出观测场附近微观环境改变对风速减小趋势有着重要影响,其贡献超过了区域背景风速变化趋势。张思超和潘洪学(2011)对阜阳国家基本气象站迁站前后风速变化分析认为:探测环境的开阔化使得年平均风速明显增大,10 年年平均风速值提高了  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

近年来,密云国家基准站的探测环境发生了改变,观测场周围的树木逐渐长高变粗,建筑物逐渐增多。观测场东面、西面、南面全是果树,2004 年密云县在观测场东北方向新建了行宫小区,距离高度比为 10.3。2008 年观测场西南方向新建了卫生局,2011 年在观测场南边新建了两栋医院大楼办公楼,其高度分别为 52 和 51 m。新建的医院楼离密云观测场距离为 293 m,根据国家规定的《气象设施和气象探测环境保护条例》要求,国家级基准气候站 2000 m 内建筑物距高比应小于 1/10,该医院大楼实际高度远远超出了限高。上甸子站周围地形开阔,无遮挡物,且探测环境基本没有变化。密云气象站探测环境的改变对近地面风观测的影响量到底有多大?本文采用与上甸子大气本底站对比的方法,

利用台站风观测资料,试图研究密云气象站探测环境改变对风观测的影响。

## 1 数据说明及分析方法

本文选取密云国家基准气候站及与之相距 37 km 的上甸子大气本底站 1994—2014 年 20 年的风观测数据为研究对象。风观测资料是台站 10 m 高 2 min 风速、风向数据。对缺测资料不予计算,剔除了没有物理意义及不符合统计意义的数据,样本数为 102211 个。年、季节、月平均风速、风向频率分别是对 12 个月、季节和 1 个月对应的分钟数据取平均获得的(荣艳淑和梁嘉颖,2008)。春季为 3—5 月,夏季为 6—8 月,秋季为 9—11 月,冬季为 12 月至次年 2 月(毛飞等,2006;李瑞等,2009;邹立尧等,2010)。

图 1 是对 1994—2013 年密云站、上甸子站月平均风速进行的 Mann-Kendall 检验(陈德桥等,2012;黄小燕等,2011),其中虚线表示  $\alpha=0.05$  的显著性水平检验值  $U(U=\pm 1.96)$ 。由图 1a 可见,1994—2013 年间 UF 曲线在 0.05 显著性水平检验线内波动,自 2004 年以后,UF 曲线逐渐下降且超过了  $\alpha=0.05$  显著性水平检验,说明密云站 2004—2013 年月平均风速下降趋势明显。密云站 UF 和 UB 曲线相交于 2006 年左右,但突变点没有通过显著性水平检验,因此其下降趋势表现为明显的渐变特征,而不是突变特征。而图 1b 中 UF 曲线在 95% 信度线内上下波动,说明上甸子站月平均风速变化幅度较小,可以作为参考站。

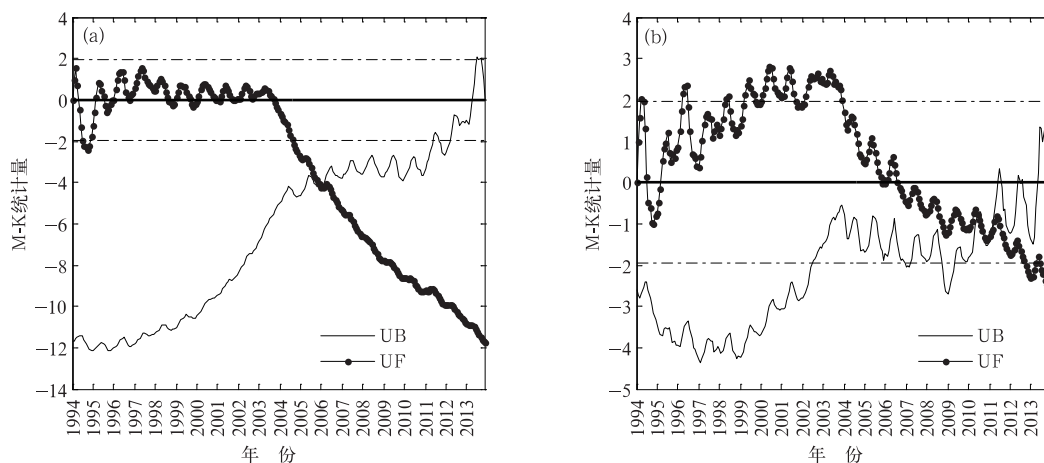


图 1 密云站(a)、上甸子站(b)1994—2013 年月平均风速 M-K 趋势变化过程

Fig. 1 The Mann-Kendall (M-K) test of monthly mean wind speed at the Miyun (a) and Shangdianzi (b) Stations during 1994—2013

根据密云站月平均风速的变化情况可将时间分为两个阶段,1994—2003 年(简称第一阶段)和 2004—2013 年(简称第二阶段)。本文利用密云站和上甸子站风观测资料,通过对比前后两阶段密云站与参考站风速风向差值的方法(李欣等,2011;王颖等,2007;苑跃等,2011)来研究密云站风观测资料受探测环境影响的程度。

## 2 探测环境对风速的影响

### 2.1 风速差年代际变化

密云站年平均风速与参考站上甸子站序列差值的年代际变化如图 2a 所示。从两站年平均风速差值图中可以看出,各年年平均风速差值均小于 0,说

明密云站各年年平均风速均小于上甸子站。20 年年平均风速差值为  $-0.47 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (图 2a 虚线所示),第一阶段(1994—2003 年)各年年平均风速差值均大于历年年平均风速差值,而第二阶段(2004—2013 年)各年年平均风速差值均小于历年年平均风速差值(除 2004 年外),且均通过了  $\alpha=0.05$  的显著性水平检验;可见密云站第二阶段风速受探测环境影响较严重。

第二阶段年平均风速差值的均值较第一阶段减小了  $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,其中 2013 年年平均风速衰减最严重,风速差值减小了  $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。两个阶段年平均风速差值随时间变化的趋势均是减小的,第二阶段风速差值减小趋势( $-0.0507 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{年}^{-1}$ )比第一阶段风速差值减小趋势( $-0.0227 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{年}^{-1}$ )明显。

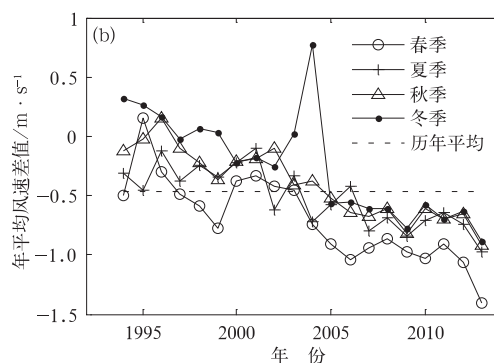
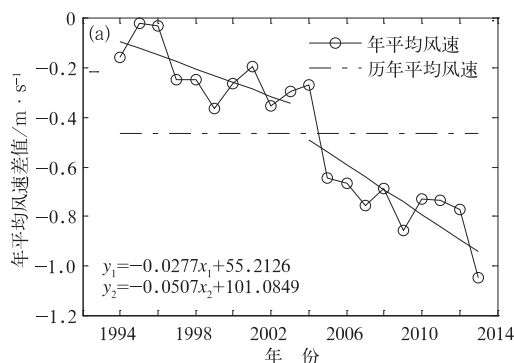


图 2 1994—2013 年密云站年(a)及各季(b)年平均风速与参考站序列的差值

Fig. 2 The difference of annual (a) and seasonal (b) mean wind speeds between Miyun and Shangdianzi Stations from 1994 to 2013

通过季节风速的差异来研究观测环境对风速资料的影响,图 2b 为密云站与上甸子站各季年平均风速差值变化情况。第一阶段各季年平均风速差值基本在  $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  内;第二阶段各季年平均风速差值变化范围基本在  $-0.5 \sim 1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。显然第一阶段各季节风速差值为正距平,第二阶段各季节风速差值为负距平。说明第二阶段各季节风速差值小于第一阶段的风速差值。第二阶段各季年平均风速差值减小趋势均比第一阶段明显,其中两个阶段中均是冬季减小趋势最为明显。

第一阶段各季年平均风速差值从小到大依次为春季、夏季、秋季、冬季,平均量分别为  $-0.4$ 、 $-0.3$ 、 $-0.2$  和  $0.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;第二阶段各季风速差值从小到大的规律与第一阶段相同,分别为  $-1.0$ 、 $-0.7$ 、

$-0.7$  和  $-0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由于不同季节受不同天气系统的影响和控制,春季为冬夏环流调整季节,气旋活动频繁(申辉等,2011),所以春季风速较大。可见,由于探测环境的改变,密云站第二阶段各季平均风速差值衰减剧烈,其中春季衰减最大,减小了  $0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,夏季最小,秋、冬季次之。

### 2.2 风速差年内变化

对密云站、上甸子站 20 年的风速进行月平均处理,所得的第一、二阶段两站月平均风速差如图 3 所示。从图中可以明显看出,两个阶段中 4 月月平均风速差值均为最小,分别为  $-1.1$  和  $-0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,表明第二阶段 4 月月平均风速受探测环境影响量为  $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;1 月月平均风速差值最大,分别为

$-0.4$  和  $0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

为了分析各月风速受探测环境影响的程度,对两阶段进行做差计算(图 3),3 月差值绝对值最大,即与第一阶段相比较,第二阶段 3 月月平均风速减小最明显,说明第二阶段 3 月月平均风速受环境影响程度最大,影响量为  $0.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;其次是 12 月,风速受探测环境影响减小了  $0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;8 月两阶段差值绝对值最小,可见第二阶段 8 月月平均风速对密云站平均风速的减小贡献最小,衰减了  $0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。与上述各季年平均风速差值变化趋势相一致。

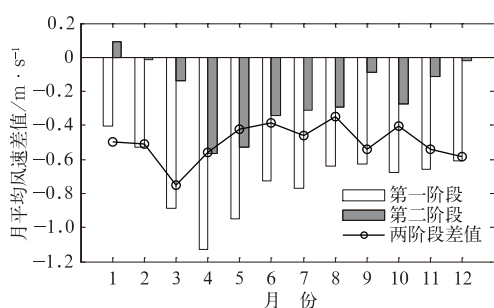


图 3 1994—2013 年密云站各月月平均风速与参考站序列的差值

Fig. 3 The difference of monthly mean wind speed between Miyun and Shangdianzi Stations from 1994 to 2013

## 2.3 不同风向年平均风速差变化

密云站两阶段年平均风速与参考站序列的差值随风向变化如图 4 所示。从图中可以明显看出,前后两阶段风速差值变化趋势相一致,出现两次波谷,分别来自 ENE 和 WSW;受探测环境影响,第二阶

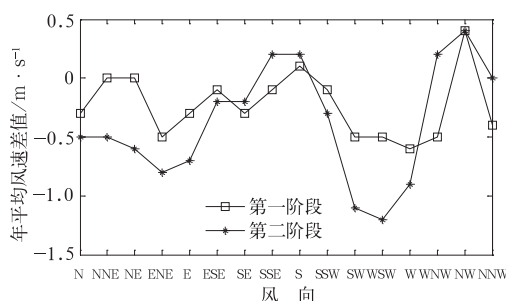


图 4 1994—2013 年密云站各风向的年平均风速与参考站序列的差值

Fig. 4 The difference of annual mean wind speed at different surface wind directions between Miyun and Shangdianzi Stations from 1994 to 2013

段 ENE、WSW 风速分别衰减了  $0.3$  和  $0.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,西南偏西风风速受台站周围环境影响最严重。

与第一阶段相比较,第二阶段 NNE、NE、SW 风速均有所衰减( $\geq 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ),西南方向的卫生所、县医院和东北方向的行宫小区是导致风速衰减严重的主要原因。WNW、NNW 风速均有所增加,西北偏北风风速变化较明显,增加了  $0.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。两阶段风速差值差异最小的集中在 NW。

## 2.4 年平均风速频率差变化

密云站与参考站在不同风速区间内的频率差值如表 1 所示。比较前后两阶段风速频率差值,可以分为三类情况来讨论。(1)小风速区间内( $0 \sim 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ),第二阶段年平均风速频率差值明显大于第一阶段的,尤其是  $1 \sim 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的风速频率差值从第一阶段  $5.7\%$  增大到第二阶段的  $20.8\%$ ,增加了  $15.1\%$ ;风速为  $0 \sim 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,第二阶段较第一阶段风速频率差值增加了  $9.0\%$ 。(2)风速为  $2 \sim 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  内第二阶段年平均风速频率差值小于第一阶段的,其中  $2 \sim 3$ 、 $3 \sim 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  内两阶段差异最为显著,较第一阶段分别减小了  $13.5\%$  和  $6.8\%$ 。(3)大风速下( $8 \sim 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )两阶段年平均风速差值完全一致。可见,密云站周边障碍物对小风速( $< 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )频率和  $2 \sim 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  风速频率影响非常显著。

表 1 密云站风速频率与参考站序列的差值

Table 1 The difference of wind speed frequency between Miyun and Shangdianzi Stations from 1994 to 2013

风速区间 / $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	第一阶段风速 频率差值/%	第二阶段风速 频率差值/%
0~1	-7	2
1~2	5.7	20.8
2~3	12.3	-1.2
3~4	-1.4	-8.2
4~5	-4.7	-6.6
5~6	-2.6	-3.7
6~7	-1.2	-1.8
7~8	-0.7	-0.8
8~9	-0.3	-0.3
9~10	-0.1	-0.1
10~11	0	0
11~12	0	0

大风速下第二阶段年平均风速频率差值与第一阶段相比较无变化,说明密云站第二阶段风速的衰



减主要集中在  $0 \sim 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  风速内。第二阶段小风速 ( $< 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 频率的增加和  $2 \sim 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  风速频率的减小,均是密云站第二阶段风速衰减的主要原因。

### 3 探测环境对风向的影响

#### 3.1 风向频率差年代际变化

对密云站前后 10 年地面风向出现的频率与参考站序列的差值进行统计,所得的年、各季节风玫瑰图如图 5 所示。由图 5a 可见,与参考站相比,密云站第一阶段东风出现频率最大,差值为 4.3%,而第二阶段东风频率差值为 2.4%;第二阶段西南偏南出现频率最大,为 2.7%,较第一阶段减小了 0.3%。对前后两阶段年风向频率差值进行比较,密云站第二阶段各个风向频率均有所减小,其中 ENE、E、SSW 和 W 频率减小较明显;ENE 频率受探测环境影响最大,由第一阶段 3.3% 减小到了第二阶段的

1.6%。说明观测场周围环境的改变对各个风向频率均有影响。

春、夏季两阶段风向频率在西南偏南方向上差异最大,秋、冬季两阶段风向频率在东北偏东方向上差异最大。对于第二阶段东风频率的减小,冬季贡献最大,分别较第一阶段减小了 1.1%;第二阶段西风频率的减小,夏季贡献最大。观测场西面是桃树,相距 8.7 m,夏季枝叶最为茂盛,对风向影响较明显。春、夏季两阶段的北风频率差异不大,秋、冬季较明显。

以上甸子站为参考,第一阶段静风频率差值(密云站—参考站)为 -7.0%,第二阶段为 -1.5%,静风频率增加了 5.5%,比各风向频率的增加量都高,说明静风频率受探测环境影响较显著。

与第一阶段相比,密云第二阶段静风在各季节出现的频率差值均有增加,且出现频率均较高。从增加的频率来看,冬季频率最大,春季频率最小,秋季大于夏季。春季频率较第一阶段增加了 0.8%,冬季为 1.7%。

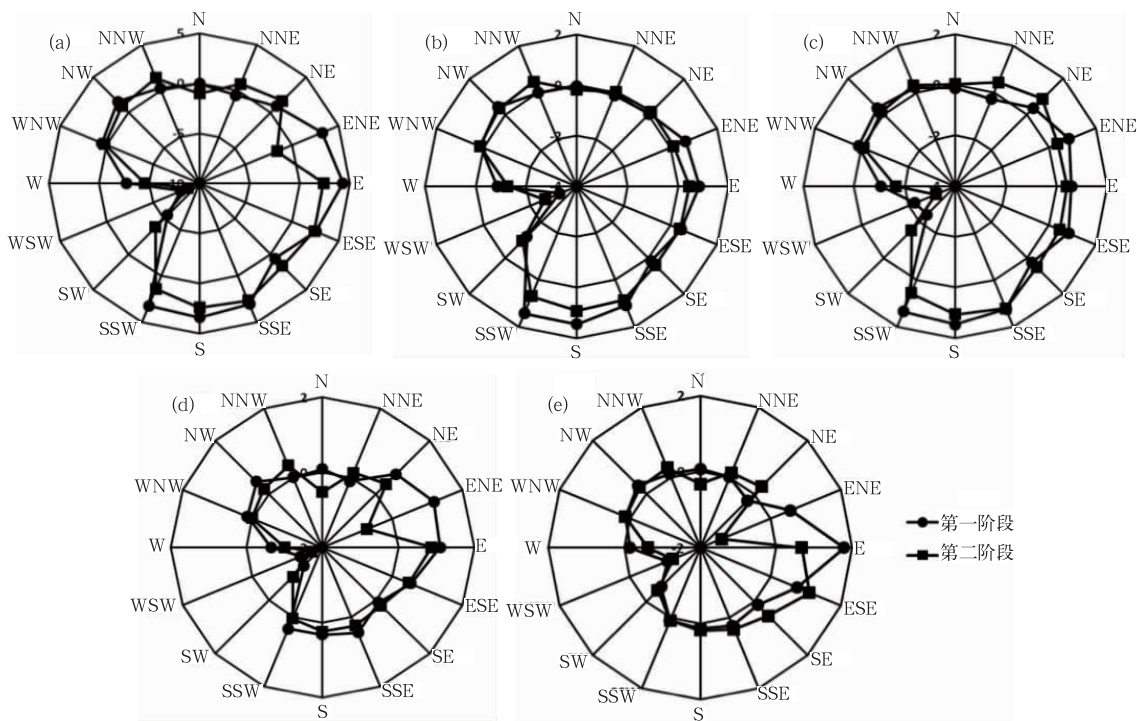


图 5 1994—2013 年密云站年及各季地面风向频率与参考站序列的差值(单位:%)

(a) 年, (b) 春季, (c) 夏季, (d) 秋季, (e) 冬季

Fig. 5 The difference of annual and seasonal wind direction frequencies between Miyun and Shangdianzi Stations from 1994 to 2013 (unit: %)

(a) annual, (b) spring, (c) summer, (d) autumn, (e) winter

### 3.2 风向频率差月变化

图6是密云站春季(3月)、夏季(6月)、秋季(9月)和冬季(12月)风向频率与参考站序列差值玫瑰图,分成前后10年两个阶段进行统计。从图中可以看出,密云站第二阶段3、6、9和12月月平均风向频率在ENE、E、SSW方向上衰减较明显,均是东北偏

东风向频率衰减最大;其中9月ENE受环境影响最严重,较第一阶段减小了1.8%,6月最小,可达1.0%。西南偏南风向频率在6月衰减最严重,为0.8%;东风风向频率在12月衰减最严重,可达1.6%。可见密云站风向不但受东北行宫小区和西南建筑物的影响,而且与四季变换有关。

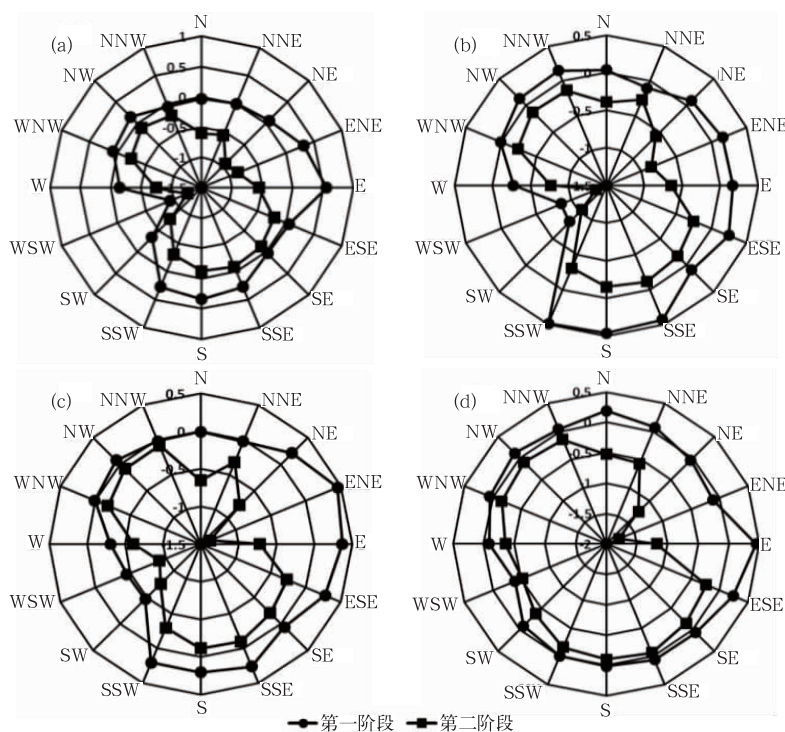


图6 1994—2013年密云站各月地面风向频率与参考站序列的差值(单位:%)

(a)3月,(b)6月,(c)9月,(d)12月

Fig. 6 The difference of monthly wind direction frequency between Miyun and Shangdianzi Stations from 1994 to 2013 (unit: %)

(a) January, (b) June, (c) September, (d) December

## 4 结 论

利用密云站、上甸子站20年风场资料,通过对比密云站前后两个阶段(第一阶段:1994—2003年;第二阶段:2004—2013年)分别与上甸子站观测资料的差值,分析了密云站风观测资料受探测环境影响的程度,得到以下结论:

(1) 密云站第二阶段年平均风速差值下降趋势较第一阶段明显,年平均风速减小了 $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

其中2013年年平均风速差值减小了 $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。观测环境对风速观测的影响存在季节变化和月变化:春季衰减最大,夏季最小;3月衰减最大,8月最小。

(2) 前后两阶段各个风向上年平均风速变化趋势相一致,西南偏西风风速受探测环境影响最严重。

(3) 随着探测环境的变化,密云站小风速( $<2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )频率增加显著,而 $2 \sim 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速频率均减小。 $1 \sim 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速频率增加了15.1%。

(4) 密云站第二阶段年、季、月风向频率较第一

阶段均有所减小,但衰减量较小。第二阶段静风频率差值增加了 5.5%,比各风向出现的频率差值都高。从增加的频率来看,冬季频率最大,春季频率最小。

## 参考文献

- 陈德桥,戴泽军,叶成志,等,2012. 南岳高山站 1953—2010 年风的气候特征分析[J]. 气象,38(8):977-984.
- 黄小燕,张明军,王圣杰,等,2011. 西北地区近 50 年日照时数和风速变化特征[J]. 自然资源学报,26(5):825-835.
- 李瑞,余锦华,李如琦,等,2009. 干乌鲁木齐市近 43 年风速气候特征分析[J]. 干旱区资源与环境,23(5):106-110.
- 李邵云,田萍,梁杰,等,2008. 城市发展对气象要素探测环境的影响分析[J]. 环境保护与循环经济,(11):40-43.
- 李欣,郭建侠,金莲姬,等,2011. 黄淮海平原地区中尺度环境对气温观测的影响[J]. 应用气象学报,22(6):740-746.
- 刘学锋,江滢,任国玉,2009. 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,28(2):433-440.
- 毛飞,卢志光,郑凌云,等,2006. 近 40 年那曲地区日照时数和风速变化特征[J]. 气象,32(9):77-83.
- 荣艳淑,梁嘉颖,2008. 华北地区风速变化的分析[J]. 气象科学,28(6):655-658.
- 申辉,何慧根,郝丽,等,2011. 四川新津地面风场的特征分析[J]. 高原气象,30(2):545-551.
- 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.
- 苑跃,赵晓莉,王英,等,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.
- 张国华,关彦华,郭艳龄,2012. 气象探测环境现状及保护措施探讨[J]. 气象与环境学报,28(3):64-70.
- 张思超,潘洪学,2011. 气象探测环境对风速观测的影响[J]. 宁夏农林科技,52(10):88-89.
- 中国气象局,2004. 气象探测环境和设施保护办法[M]. 北京:气象出版社.
- 邹立尧,国世友,王冀,等,2010. 1961—2004 年黑龙江省近地层风速变化趋势分析[J]. 气象,36(10):67-71.