

文章编号:1673-8411 (2017) 02-0072-05

1981—2010年洪家气象站风向风速变化特征分析

张春阳¹, 彭力²

(1.衢州市气象局 浙江 衢州 324000; 2.铜川市气象局 陕西 铜川 727031)

摘要:根据浙江省洪家站近30a(1981—2010)的日平均风速风向资料,利用一元线性回归、五点滑动平均、非参数Mann-Kendall(以下简称MK法)、小波分析等方法分析了该站年、季、月的风速风向年代变化特征,变化趋势以及风速突变现象,研究表明:(1)从风向日变化来看,夏季海陆分布对风向的影响明显,冬季风向主要受东亚季风影响;从月变化来看,9~1月最多风向为W-NNW风,4~8月为E-SSE风;(2)年平均风速随时间呈现周期振荡,四季平均风速也随时间呈周期性振荡,月平均风速呈现波动变化,最小(大)在5(7)月份;(3)MK法分析发现年平均风速发生六次显著突变,一定程度与全国平均风速年代际变化相吻合,其中1991年的突变增大持续时间最长;(4)在2a时间尺度上,周期振荡较显著,平均风速序列经历了少到多14个循环交替;在时域中存在多层次时间结构的局部化特征。

关键词:洪家站;风变率;突变检验;小波分析

中图分类号:P46

文献标识码:A

Characteristics Analysis of wind speed and direction of Hong jia meteorological station from 1981 to 2010

Zhang Chunyang¹ Peng Li²

(1.Quzhou Municipal Meteorological Service, Quzhou Zhejiang 324000 2.Tongchuan Municipal Meteorological Service, Tongchuan Shanxi 727031)

Abstract: Based on the daily average wind speed and wind direction data of the Hong jia meteorological station in Zhejiang during recent 30a (1981–2010), the decadal variation characteristics and trend of annual, seasonal and monthly wind speed and direction and mutation of wind speed were analyzed by one-variable linear regression, five-point slip average, Mann-Kendall and wavelet method. The results show that: (1) The daily change of wind direction is effected by land-sea distribution in summer, while during the winter, it is mainly influenced by the East Asian monsoon; Concerning the monthly changes in wind direction, the most frequent wind direction are W-NNW from September to follow year's January, while during the April to August it changes into E-SSE; (2) The annual mean wind speed show the periodic oscillation, the four seasons average wind speed has the same pattern, by contrast, the monthly average wind speed present fluctuating changes with maximum appearing in July and minimum in May. (3) MK analysis shows that there are six times mutation of annual mean wind speed (longest increasing appearing in 1991), which has the same regular with the change of annual intergenerational national average wind speed. (4) The periodic oscillation was more significant in 2a time scales, the average wind speed sequence experienced 14 increasing cycles, the time change shows the local characteristics of multi-layer time structure.

Keywords: Hongjia station; wind variability; mutation inspection; wavelet analysis

收稿日期:2016-11-15

作者简介:张春阳(1989-),女,黑龙江哈尔滨人,助理工程师,大学本科。主要从事气象业务与气候分析。

风是重要的气候要素之一,风能资源的分析、开发和利用越来越受到广泛关注。其中,研究地面风的变化特征,对于工农业生产,城市规划以及环境保护工作意义重大。近年来,关于风气候、风能蕴藏量变化的研究也逐步发展起来^[1-7],赵宗慈等^[2]注意到风速明显减小的地区有中亚、东亚、东南亚—南亚、欧洲和北美;江滢等^[3]预估 21 世纪全国的年平均风速呈微弱减小趋势,冬季(夏季)全国平均风速呈减小(增大)趋势;Xu et al.、王遵娅等^[8-11]通过分析观测资料认为近 50a 来中国平均风速存在逐渐减小的趋势。本文旨在研究气候变化背景下洪家站的风变率年代际特征,着重探索其在大尺度气候变化特征下的个别体现及其可能原因,旨在为浙江东部地区风能应用、工农业发展、防灾减灾等提供参考。

1 资料与方法

洪家基准气象站位于浙江东部沿海,受地形影响相对较小,于 1986 年改建为浙江省第一个国家基

准气候站。本文使用洪家站 1981—2010 年时段内无缺测年的一日四次风速和十六方位风向资料,该资料符合 WMO 全球观测系统规范和中国气象局观测技术规范^[12-14],刘小宁等^[1]于 2000 年检验该资料的均一性,质量基本可靠。在对洪家站风速时间序列分析时,将 1981—2010 年的逐日资料处理成年平均、季平均、月平均时间序列。采用了一元线性回归、5 点平滑以及 MK 法、小波分析等方法^[15-18]。

2 结果与分析

2.1 风向

2.1.1 多年各风向频率

大气环流以及地形的支配下,洪家站全年出现 NW 风频率居多,占 15.8%;其次是 E、ENE 风居多;再次为 SSW 风(表 1)。图 1 为多年各风向玫瑰图。

2.1.2 风向月变化

洪家站风向不仅受地形影响,相当程度上还受大气环流的支配^[19];同时,每年 9 月初洪家站受到冷

表 1 洪家站 1981—2010 年各风向频率(%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
频率	5	4.1	4.5	6	6.7	3.9	3.8	4	5.2	4.6	1.6	1.4	2.7	7.3	15.8	9.5	13.6

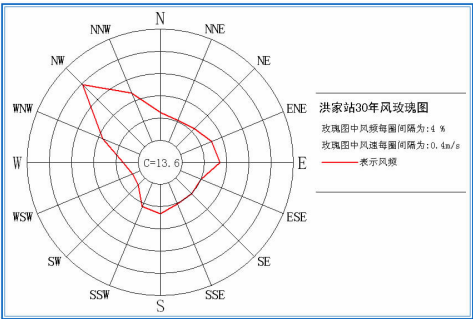


图 1 全年各风向频率玫瑰图

空气影响。从各月出现在 E-SSE 和 W-NNW 方位的频率可知,洪家站每年从 4 月开始出现 E-SSE 风大于 W-NNW 风,于 7 月达到高峰(两者相差达 20%);由于 9 月起冷空气南下,此时洪家站出现 W-NNW 风多于 E-SSE 风,于 12 月达到最高峰(两者相差达 50%)。由此可知,洪家站在 9~1 月最多风向为 W-NNW 风,而在 4~8 月为 E-SSE 风。

2.1.3 风向日变化

根据资料分析,春季 E-SSE 的频率明显增多,气压梯度较小,海陆作用影响突显,10 时起 E-SSE

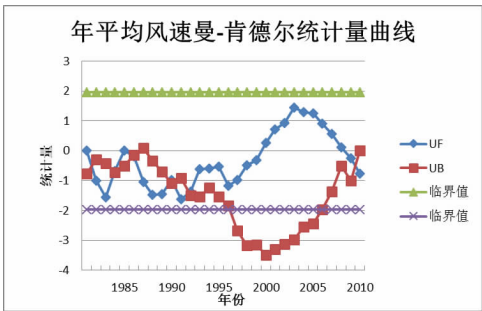


图 2 1981—2010 年平均风速系列 MK 趋势变化过程

开始占优势,14 时两者差达到最大(约 32%),之后 W-NNW 又逐渐占优势,到次日 08 时,W-NNW 与 E-SSE 之差达到最大(约 30%);春季 W-NNW 与 E-SSE 风向出现频率相当。在夏季时,E-SSE 出现的频率明显大于 W-NNW,两者之差在下午 14 点时达到最大(约 47%)。夏季 E-SSE 风向出现频率略大于 W-NNW。而到秋季时 E-SSE 逐渐减弱,W-NNW 风日益盛行,08 时两者差最大(约 74%)。由冬季风向日变化图(图略)可知,冬季洪家站处蒙古高压边缘地带,盛行 W-NNW 风,E-SSE 风较少,但在气压

表 2 1981 年—2010 年间各季平均风速递减趋势

季节	回归方程	R^2	F	显著性
春季	$y=1.2E-03x-0.2$	4.26E-03	0.12	未通过 0.05 的信度检验
夏季	$y=-3.45E-03x+26.58$	2.05E-02	0.58	未通过 0.05 的信度检验
秋季	$y=8.0E-03x-13.59$	0.12	3.85	通过 0.05 的信度检验
冬季	$y=-1.2E-02x+26.58$	0.235	8.63	未通过 0.01 的信度检验

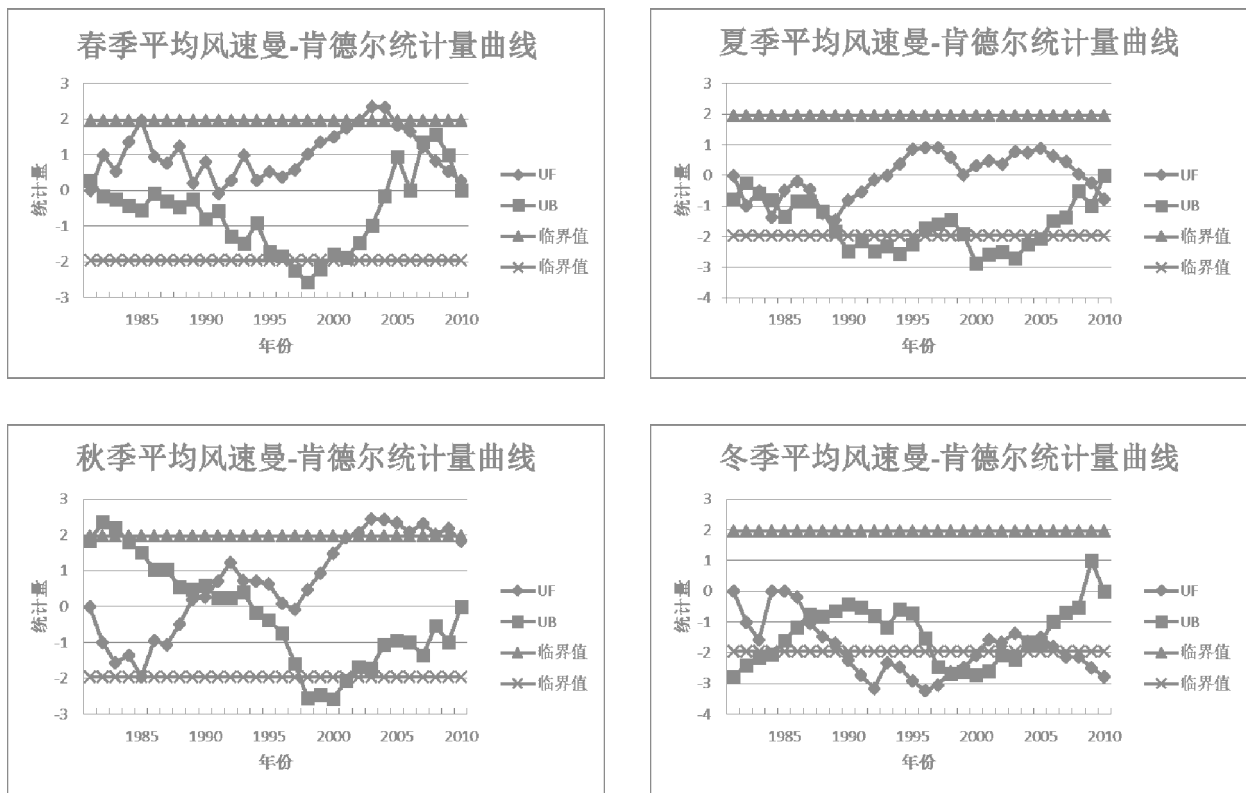


图 3 1981—2010 年各季平均风速系列 MK 趋势变化过程

梯度很强的冬季,海陆作用不明显,14 时两者之差达到最小(约 18%),08 时两者之差达到最大(约 70%)。

2.2 风速

2.2.1 风速年变化特征

由洪家站多年平均风速年代变化趋势可知:年平均风速随时间呈周期振荡,年平均风速峰值出现在 2003 年($2.66\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),谷值在 2010 年($2.14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),多年平均风速为 $2.38\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,一元线性回归拟合气候倾向率是 $-0.015\text{m}\cdot(10\text{a})^{-1}$,未通过 0.05 的信度检验。通过五点平滑可以发现对原始数据有很好的拟合效果,整体变化趋势基本与实测风一致,呈现先减小后增大,再减小的过程。

由洪家站多年平均风速各月变化趋势可知:年

平均风速为 $2.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风速的峰值出现在 7 月份($2.69\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$);风速的谷值出现在 5 月份($2.14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)。在 7 月至 1 月的秋冬季节风速都是较平均值有正距平,此季节冷空气势力强、活动频繁,地面的天气系统的气压梯度较大,风速也较大。而春季和夏季有负距平,地面风速较小,这与 Jiangetal.^[20]通过气候模式的模拟检验得出的冬、春季平均风速大于夏季、秋季平均风速的结论不一致,说明区域风速在受大气环流的影响外,还受局地特征影响。

2.2.2 风速季变化特征

由春、夏、秋、冬四季风速的变化趋势可见,季平均风速春季 $2.19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,夏季 $2.51\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,秋季 $2.44\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,冬季 $2.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,从变化趋势来看,春季和秋季风速都是随时间有所增加的,其中以秋季增加较显著(表

2), 气候倾向率达到 $8.0\text{E}-02\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 春季气候倾向率为 $1.2\text{E}-02\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 未通过显著性检验; 夏、冬季风速都随时间减小, 其中, 夏季气候倾向率为 $-3.45\text{E}-02\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 未通过显著性检验, 这与 Jiang et al.^[21] 近 50a 中国沿海地区观测夏季平均风速呈明显减小趋势的结论相吻合; 冬季气候倾向率为 $-1.2\text{E}-01\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 通过显著性水平 $\alpha=0.01$ 的显著性检验, 秋季、冬季相关系数 R^2 的相关性较好, 这与江滢等^[4] 得出的我国大部地区冬季风速减小趋势较其他季节明显的研究结论相一致, 小尺度的振荡与大尺度的年际变化趋势一致。

2.2.3 MK 法突变检验和小波分析

对 1981—2010 年洪家站平均风速序列进行 MK 法分析发现 (图 2), UF 和 UB 统计线发现有六个相交点 (即六次突变)。1982 年春季、夏季都发生平均风速的突变; 1987 年冬季、1988 和 1989 年夏季及 1991 年秋季先后发生了平均风速突变, 这段时间里振荡剧烈不稳定; 2010 年春季、2010 年夏季先后风速发生了突变。均通过了显著性水平为 0.05 的检验。

通过 MK 法对各季和年平均风速系列的趋势分析 (图 2、3), 结果表明: 1982 年起, 出现短暂的突变减小, 1984 年起逐渐增大, 1986 年起逐渐减小, 1990 年突变增大又紧接着突变减小, 短暂的减小后, 1992 年突变增大, 到 2010 年又突变减小; 四季、年变化特征大致吻合。

图 4 (见彩页) 和图 5 (见彩页) 分别给出了小波变换系数的实部和模时频特性分析, 可见洪家站多年月平均风速序列呈现出较明显的多时间尺度变化特征。

(1) 小波变换系数实部时频特性分析。图 4 (见彩页) 反映了洪家站近 30a 的平均风速在不同时间尺度上的周期震荡特征: 24mon 时间尺度周期震荡较显著, 平均风速序列经历了少到多 14 个循环交替; 36—72mon 时间尺度也比较明显, 其中心时间尺度在 48mon 左右; 对于 24mon 以下的更小尺度来说, 风速突变点增多。平均风速在 132—252mon 的周期上还存在明显的 15—18a 年代际周期变化, 其中心时间尺度很大, 从其位相结构上看, 20 世纪 80 年代前期、中后期、90 年代前期为正位相, 是风速大值区; 80 年代初期、90 年代中后期、21 年代初期为负位相, 风速相对偏少。

(2) 小波变换系数模时频特性分析。图 5 (见彩

页) 反映了平均风速变化在不同时间尺度上变化的能量密度的时间演变特征。36mon 以下的较小时间尺度信号能量变化最强, 主要发生在 1983—1992 年和 2001—2010 年, 且时间尺度越小信号能量变化越强; 36—72mon 时间尺度信号能量变化较强, 主要发生在 1982—1993 年以及 2001—2010 年, 振荡中心分别在 1988 年和 2006 年, 时间尺度中心为 48mon; 10—20a 左右的年代际周期振荡明显地存在于整个时间域中; 在 72mon 以下时间尺度里, 1981—1992 年期间以 12、24 和 48mon 的周期振荡较为明显; 2001—2010 年以 12、48mon 左右的周期振荡较为明显, 在较小时间尺度呈现局地、周期性特征。

3 结论与讨论

(1) 在大气环流和地形支配下, 洪家站全年 NW 风向居多。

(2) 夏季海陆分布对风向的日变化影响明显, 冬季风向主要受东亚季风影响。

(3) 年平均风速随时间呈现周期振荡, 经历了先减小后增大, 再减小的过程。气候倾向率是 $-0.015\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 未通过 0.05 的信度检验。

(4) 四季平均风速都随时间呈周期性振荡, 其中春、秋季平均风速线性倾向是有所增加的, 秋季增加较显著, 通过了显著性水平 $\alpha=0.05$ 的 F 检验; 而夏、冬季平均风速线性倾向是有所降低的, 冬季减小最显著, 通过了显著性水平 $\alpha=0.01$ 的 F 检验。

(5) 月平均风速呈现波动变化, 最小 (大) 在 5 (7) 月份。

(6) 由小波分析得出, 年平均风速发生了六次显著突变, 其中 1991 年发生的突变增大持续时间最长, 持续至 2010 年。

(7) 不同时间尺度所对应的风速结构不同。在 24mon 时间尺度上, 周期震荡非常显著, 平均风速序列经历了少到多 14 个循环交替; 在时域中存在多层次时间结构的局部化特征, 虽然平均风速的年际变化在大时间尺度分布较为均匀, 但在较小时间尺度中具有明显的局部化、周期性特征。

本文主要应用气象方法对风变率特征及其原因分析, 但如何应用数值模拟方法模拟, 并充分考虑地形、下垫面、感热输送等因子作用, 需要学者们进一步思考。

参考文献:

[1] 刘小宁. 我国 40 年年平均风速的均一性检验 [J]. 应用

- 气象学报, 2000, 11 (1): 27–34.
- [2] 赵宗慈, 罗勇, 江滢, 等. 全球大风在减少吗 [J]. 气候变化研究进展, 2011, 7 (2): 149–151.
- [3] 江滢, 罗勇, 赵宗慈, 等. 全球气候模式对未来中国风速变化预估 [J]. 大气科学, 2010, 34 (2): 323–336.
- [4] 江滢, 罗勇, 赵宗慈, 等. 近 50 年我国风向变化特征 [J]. 应用气象学报, 2008, 19 (6): 666–672.
- [5] 李刚, 钱保贵, 刘清芳, 等. 滇东南高空风季节变化特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (S1): 68–70.
- [6] 黄小培, 覃峥嵘, 韦革宁. 桂西酸雨的季节分布及风向频率统计特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (4): 10–13.
- [7] 林正扬, 唐海荣. 永兴 1981–2010 年蒸发特征及其影响因子相关性分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 27–31.
- [8] 王遵娅, 丁一汇, 何金海, 等. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析 [J]. 气象学报, 2004, 62 (2): 228–236.
- [9] Xu Ming, Chang Chiwei, Fu Congbin, et al. Steady decline of East Asian monsoon winds, 1969–2000: Evidence from direct ground measurements of wind speed [J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2006, 111 (D24): 906–910.
- [10] 王遵娅, 丁一汇. 近 50 年中国寒潮的变化特征及其可能原因 [J]. 大气科学, 2006, 30 (06): 1068–1076.
- [11] 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): 942–956.
- [12] 中国气象局. 地面气象观测规范 [S]. 北京: 气象出版社, 2003: 157.
- [13] Zahumensky I. Guidelines on quality control procedures for data from automatic weather stations [R]. World Meteorological Organization, 2004.
- [14] Song F, Hu Q, Qian W. Quality control of daily meteorological data in China, 1951–2000: A new dataset [J]. International Journal of Climatology, 2004, 4 (7): 853–870.
- [15] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 (第二版) [M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [16] 陈冰, 梁伟杰, 蔡孙平, 等. 化州近 50 年干旱特征及小波分析 [J]. 气象研究与应用, 2010, 31 (S2): 66–67.
- [17] 莫海清. 崇左市半个世纪的气温及降水气候特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (S2): 25–26.
- [18] 吴勇. 自动气象站风要素的采集和算法 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (4): 73–75.
- [19] 陈千盛. 福州风向变化与应用 [J]. 热带地理, 1996, 16 (1): 64–71.
- [20] Jiang Ying, Luo Yong, Zhao Zongci. Evaluation of wind speeds in China as simulated by global climate models [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2009, 67 (6): 923–934.
- [21] Jiang Ying, Zhao Zongci. Characteristics of Summer Wind Speed Changes over Coastal Region of China [J]. Science & Technology Review, 2011, 29 (6): 21–30.

.....

(上接第 71 页)

- 科学版), 1999, 16 (3): 26–29.
- [3] 范璐, 宁西春, 黄敏. 巴马长寿旅游资源分析研究 [J]. 经济与社会发展, 2008, 6 (2): 84–87.
- [4] 广西旅游发展委员会. 河池成为中国第一个“世界长寿市” [EB/OL]. <http://www.hatdot.com/lyou/606665.html>, 2016–08–11/2017–02–27.
- [5] 伍秀莲. 桂林主要气象灾害对旅游的影响及方与对策 [J]. 气象研究与应用, 2016, 37 (1): 88–90.
- [6] 廖雪萍, 范万新, 陆芳华, 等. 灾害性天气对广西森林生态旅游的影响评估 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (3): 21–23.
- [7] 张明洁, 刘少军, 张京红, 等. 海南岛气候舒适度与年内客流量变化的相关性分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (4): 42–47.
- [8] 苏志, 范万新, 李秀存, 等. 涠洲岛旅游气候舒适度评价 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (2): 27–30.
- [9] 古明媚, 张涛. 电白区旅游气候舒适度分析 [J]. 广东气象, 2015, 37 (2): 55–58.
- [10] 杨银华, 徐苏佩, 柳继尧. 内江市东兴区旅游气候资源的评价及开发利用 [J]. 气象研究与应用, 2016, 37 (4): 77–81.
- [11] 广西壮族自治区旅游发展委员会网站. 2015 年广西国家 A 级旅游景区一览表 [EB/OL]. <http://www.gxta.gov.cn/home/detail/28133>, 2016–01–18/2017–02–27.
- [12] 河池市旅游发展委员会. 河池市 2015 年 1–12 月旅游统计数据 [EB/OL]. <http://www.gxhc.gov.cn/a38946.html>, 2016–02–15/2017–02–27.
- [13] 吴益平. 新形势下发展基层公共气象服务的几点思考 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (1): 101–104.
- [14] 刘煜, 卢美伟, 冯振家. 加强县级公共气象服务能力建设的思考 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (2): 32–34.