

# 渤海海峡大风日数的变化趋势分析

高瑞华<sup>1</sup>, 申培鲁<sup>2</sup>, 高慧<sup>1</sup>, 臧克民<sup>1</sup>, 张孝峰<sup>1</sup>

(1. 烟台市气象局, 山东 烟台 264003; 2. 临沂市气象局, 山东 临沂 276004)

**摘要:** 统计了烟台、大连沿海共6站31年的大风资料,显示渤海海峡各站年平均大风日数为73.3d,线性趋势分析发现大风日数存在逐年减少的变化趋势,但也存在着突变的特点。最大熵谱分析结果发现有15、5~6年、2~3年3个主要周期。从小波系数分布图上可以看出,序列变化表现为15年以上的大尺度变化,尺度为3~5年的变化也很明显。同时,通过小波分析证实了大风日数存在突变的特点。分析离散小波变换结果,可以发现序列存在长期减少的变化趋势。

**关键词:** 渤海海峡; 大风; 统计分析; 变化趋势

**中图分类号:** P732    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1003-0239(2010)01-0039-05

## 1 引言

渤海海峡具有重要战略地位,涉及到国家安全、航运、能源开发等,上百条海上交通航线纵横交错,每日过往船只在200艘以上,是我国北方海域名副其实的最繁忙的“黄金水道”。由于渤海位于中国海的最北端,主要受冬季的大陆冷高压和夏季的副热带高压影响,多发的冷空气、温带气旋和热带气旋等直接影响该区域,天气系统强,过程复杂,造成渤海海区恶劣天气多发,且难以准确预报。由于海况及气候条件复杂,这里又是我国发生海难最为密集的区域之一,被人们称为“中国的百慕大”,而恶劣的大风天气是造成海难事故频发的重要原因之一<sup>[1~2]</sup>。曹钢锋等<sup>[3]</sup>、辛宝恒<sup>[4]</sup>及阎俊岳等<sup>[5]</sup>、孙湘平等<sup>[6]</sup>都对渤海海峡大风的天气气候进行了分析,尹文昱<sup>[7]</sup>研究表明,进入20世纪90年代,渤海海域的年大风日数明显减少。

## 2 资料与研究方法

### 2.1 资料

选取了烟台和大连附近沿海6个具有代表性的

气象站,烟台沿海有烟台、蓬莱、长岛3站,大连沿海有大连、旅顺、长海3站,统计了逐日最大和极大风向、风速资料。资料年代统一为1975~2005年共31 a。大风统计以日最大风速为主,日极大风速为辅。当手工观测资料与自动站资料并存时,按照月报表资料进行取舍。烟台沿海资料来源于山东省气象局资料室和烟台、蓬莱的部分自记资料,大连沿海资料来源于大连市气象局。

### 2.2 研究方法

对年大风日数进行了线性趋势分析<sup>[8~10]</sup>。考虑到目前各站所积累的大风资料比较短,单纯的序列观察很难保证得出有效结论<sup>[11~13]</sup>,为此选用适合于短数据序列分析并有较高分辨率的最大熵谱估计方法<sup>[14~17]</sup>,对各站逐年大风日数序列进行分析,以探讨其优势的时间变化尺度。为了保证最大熵谱分析的结果具有一定的可信度,分别以白噪声和红噪声作为背景,对最大熵谱分析的结果进行了检验。

小波分析方法是一种窗口大小(即窗口面积)固定,但是其形状可改变,时间窗和频率窗都可改变的时频局部化分析方法<sup>[18]</sup>,即在低频部分具有较高的频率分辨率和较低的时间分辨率,在高频部

收稿日期: 2009-01-08

基金项目: 烟台市科学技术发展计划项目(2005124)“渤海海峡大风精细化预警服务系统研究开发”。

作者简介: 高瑞华(1966—),男,高工,从事气象服务和管理工作。E-mail: Ytgrh@163.com

分具有较高的时间分辨率和较低的频率分辨率<sup>[19]</sup>, 这正符合低频信号变化缓慢而高频信号变化迅速的特点<sup>[20]</sup>。因此, 小波分析能将交织在一起的不同频率成分组成的复杂的时间序列分解成频率不相同的子序列<sup>[21~23]</sup>, 选用小波分析方法来研究年大风日数的变化趋势。

最大熵谱分析、小波分析和离散小波变换分析采用 Matlab 计算分析。

### 3 线性趋势分析

统计 1975 年~2005 年共 31a(旅顺 26a, 下同)各站年大风日数, 结果显示<sup>[24]</sup>: 各站历年平均大风日数为 73.3d, 强风日数为 4.9d。分析发现, 渤海海峡年大风日数具有明显的年际变化特点(见图 1), 各站大风日数以 1970 年代最多、1980 年代明显减少、1990 年代则更少、2000 年代为最少, 这与山东内陆地区、河南省大风日数呈逐渐下降趋势相符<sup>[25~27]</sup>, 说明这种变化趋势似乎在更大的范围内可能存在。搜索相关文献可以看出, 辽东半岛、长江源区、甘肃河西走廊、乃至中国北方<sup>[28~34]</sup>大风日数都呈逐渐下降趋势。用各站历年平均大风日数进行线性趋势分析, 用最小二乘法估算出回归系数, 得出渤海海峡大风日数平均以  $-2.4\text{d/a}$  的趋势减少。其中, 烟台、大连、长海的年平均减少值都在  $-2.6\sim-3.0\text{d/a}$  之间, 旅顺减少的趋势最为明显, 以  $-4.2\text{d/a}$  的趋势减少。但蓬莱的线性减少的变化趋势并不明显, 年平均递减率只有  $-0.15\text{d/a}$ 。

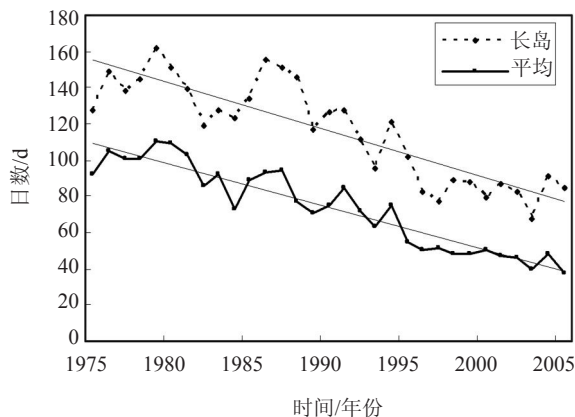


图1 1975~2005年渤海海峡大风日数年际变化

## 4 最大熵谱分析

对各站逐年大风日数序列进行分析, 以探讨其优势的时间变化尺度。在白噪声和红噪声的信度均为 95% 的条件下, 分析长海(见图 2 左)逐年大风日数序列最大熵谱分析结果, 可以发现 6 年左右的周期变化, 可以在白噪声和红噪声背景下检测出来。红噪声检测 2.2 年和 3.5 年有两个短周期显著, 但对于白噪声不显著。分析长岛(见图 2 右)逐年大风日数序列最大熵谱分析结果, 可以发现 15 年和 2.8 年的周期变化, 可以在白噪声和红噪声背景下检测出来。

综合 6 个站逐年大风日数序列最大熵谱分析结果(图略), 可以发现如下 3 个主要周期(有括号者表示不能全部在白噪声和红噪声背景下检测出来):

15 年左右的周期: 蓬莱、长岛、(旅顺);

5~6 年左右的周期: 烟台、长海;

2~3 年的短周期: 烟台、长岛、(蓬莱)、(长海)、(大连)、(旅顺)。

## 5 小波分析

小波分析主要在于看清序列中存在多大的尺度变化, 以及这些变化发生的具体时间, 这是一般的谱分析方法所不具备的。

从大连逐年大风日数序列连续小波变换(mexh 子波)小波系数分布图上(见图 3 左)可以看出: 大致在 1986 年左右对应着尺度为 13~16 年的大尺度变化, 小波系数大值区向图左下方延伸, 1977 年前后尺度为 2 年的变化也很明显。从 1977 年至 1986 年, 大连逐年大风日数变化的尺度比较丰富, 从 2 年到 15 年都比较明显。从蓬莱小波系数分布图(见图 3 右)上可以看出: 1980~2000 年间, 序列变化表现为 15 年以上的大尺度变化, 小波系数大值区向左、右下方延伸。1987 年前后尺度为 3~5 年的变化也很明显。

另外, 通过小波分析, 还可以发现突变现象的发生年份。分析图 3 可以发现, 大连和蓬莱分别在 1981 年和 1984 年出现由大到小的突变(即大风日数迅速减少), 1986 年和 1991 年各出现由小到大

的突变(即大风日数迅速增加)。仔细分析图3还可以发现,蓬莱1994年和2001年分别出现突变,但变化幅度较小,表现为弱的由小到大(对应大风日数变化趋势表现为由迅速减少突变为缓慢减少)和由大到小(对应大风日数缓慢变化过程中有2年迅速增加)的突变。

总的来看,各站逐年大风日数序列变化的尺度及分布特征(图略)有着非常大的相似性,其变化尺度及其发生的时间基本相同。从年代际的周期上来看,大风日数逐渐减少,但从2~5年的短周期来看,有时出现大风日数的突变。

## 6 离散小波变换分析

为了进一步分析这种变化趋势,我们进行了各站逐月大风日数的离散小波变换分析。

离散小波变换分析便于判断序列的变化趋势,分析不同尺度变化的相对重要性。以下采用

了6级离散小波分析,原始逐月大风日数序列记为 $s$ ,第6级的大尺度分量记为 $a_6$ ,第6级至第1级小尺度分量分别记为 $d_6$ 、 $d_5$ 、 $d_4$ 、 $d_3$ 、 $d_2$ 、 $d_1$ 。应当注意, $d_6$ 只是在第6级分解时相对于 $a_6$ 是小尺度(高频)分量,但对于其他前几级(1~5)尺度要大,特别是比第1级分解的高频分量 $d_1$ 尺度更是大得多。

变换可以使如下关系: $s=a_6+d_6+d_5+d_4+d_3+d_2+d_1$  成立。

本文离散小波变换分析采用了Daubechies小波族的db3子波,之所以未用mexh子波,是因为mexh子波的尺度函数不存在,无法设计离散变换的算法。

从长岛逐月大风日数序列离散小波变换的结果(见图4)可以看出:原序列 $s$ 中月大风日数绝大部分在20 d以下,第6级的大尺度分量 $a_6$ 一般在8 d以上,最大为13 d,最小值大于6 d,说明序列存

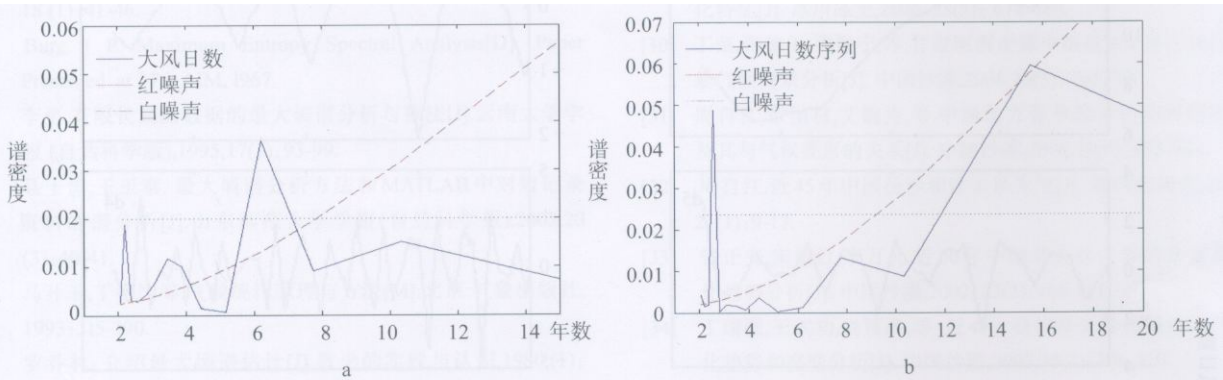


图2 1975~2005年大风日数的最大熵谱分析(a:长海,b:长岛)

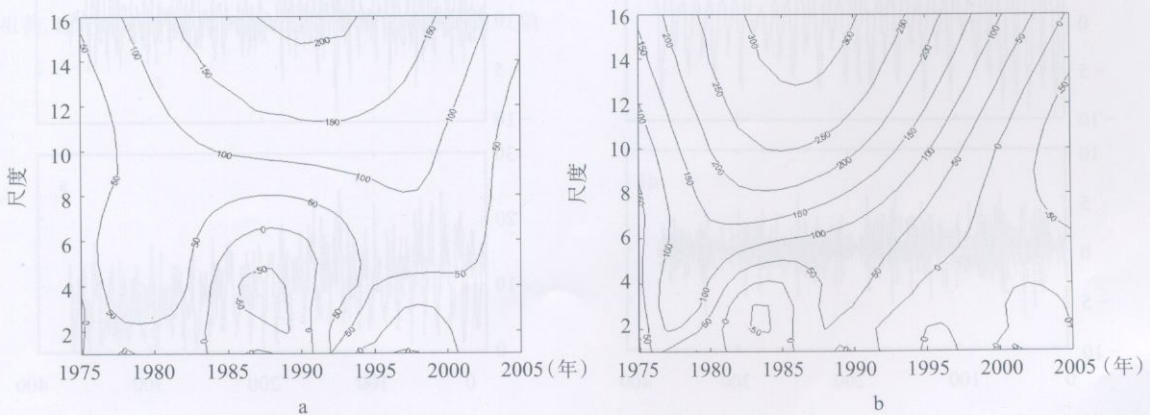


图3 逐年大风日数序列连续小波变换(mexh子波)(a:大连,b:蓬莱)



在长期的变化趋势。从1975年1月开始到第320个月(2001年)间,月大风日数呈明显减少的趋势,以第140个月(1986年)至第260个月(1996年)间变化最为迅速。第320个月(2001年)后,月大风日数有逐渐增加的趋势。在d6序列中可以看出10年左右的尺度,在d5、d4中可以看出2~4年的尺度,但分量较小,而且有正有负。

其他5站逐月大风日数序列离散小波变换的结果(图略)大体类似,但在a6上表现出来的近期逐渐增加的趋势只有烟台和长岛2站比较明显,其余4站并未表现出该趋势。

7 结论与思考

通过上述分析,可以得出如下主要结论:

- (1) 渤海海峡各站年平均大风日数为73.3d。
- (2) 最大熵谱分析结果发现有15~16年、5~

6年、2~3年3个主要周期。

(3) 从小波系数分布图上可以看出,序列变化表现为15年以上的大尺度变化,尺度为3~5年的变化也很明显。同时,通过小波分析,证实了大风日数存在突变的特点。

(4) 分析离散小波变换结果,可以发现序列存在长期减少的变化趋势。

(5) 大风日数逐年递减的趋势与全球气候变暖的事实存在多大相关性,周期变化与太阳黑子活动、厄尔尼诺活动、海温变化等是否相关都有待研究。

(6) 烟台和长岛2站a6表现出来的近期大风逐渐增加的趋势是否预示渤海海峡大风日数开始逐渐增加,或者处在一个大风日数逐渐减少时期的偏多期或突变期,这有待于进一步的分析和研究。

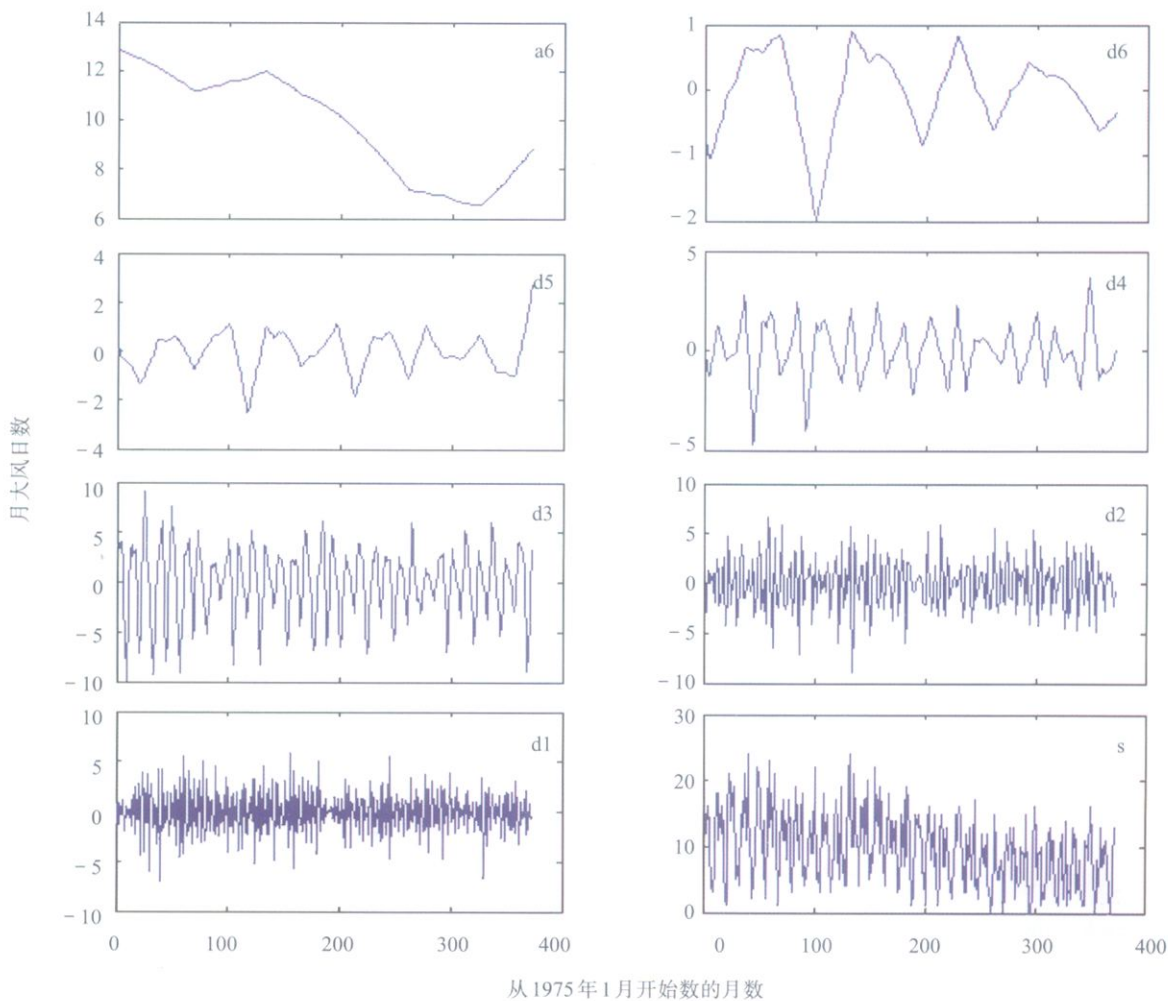


图4 长岛逐月大风日数序列离散小波变换(db3)

## 参考文献:

- [1] 刘学萍. 烟台海域海难事故气象条件分析及预防对策[J]. 气象, 2001,27(3): 55-57.
- [2] 黄少军,薛波,石磊,等. 渤海海峡客滚船海难事故与大风事件关系分析[J]. 气象与环境学报,2006,22 (3): 30-32.
- [3] 曹钢锋,张善君,朱官忠,等. 山东天气分析与预报[M]. 北京:气象出版社,1988.
- [4] 辛宝恒. 黄海渤海大风概论[M]. 北京:气象出版社,1989.
- [5] 阎俊岳,陈乾金,张秀芝,等. 中国近海气候[M]. 北京:科学出版社, 1993.
- [6] 孙湘平,姚静嫻,黄易畅,等. 中国沿岸海洋水文气象概况[M]. 北京:科学出版社,1981.
- [7] 尹文昱,张永宁. 渤海海峡风浪特征统计分析[J]. 大连海事大学学报,2006,32(4): 84-88.
- [8] 丁裕国,江志红. 气象数据时间序列信号处理[M]. 北京:气象出版社,1998: 194-201.
- [9] 阿依夏木·尼亚孜,周宁芳,杨贵名. 近45年哈密地区温度变化特征[J]. 气象, 2007, 33(7): 89-97.
- [10] 毛炜峰,孙本国,王铁,等. 近50年来喀什噶尔河流域气温、降水及径流的变化趋势[J]. 干旱区研究,2006,23(4): 531-538.
- [11] 张文泉,李彦斌. 最大熵谱估计及应用研究[J]. 现代电力,2001, 18 (1): 41-46.
- [12] Burg J P. Maximum Entropy Spectral Analysis[D]. Paper Presented at 37th AIM, 1967.
- [13] 李更. 有限长观测数据的最大熵谱分析与算法[J]. 云南大学学报 (自然科学版),1995,17(1): 93-99.
- [14] 聂士忠,王玉泰. 最大熵谱分析方法和MATLAB中对短记录资料的谱分析[J]. 山东师范大学学报(自然科学版),2005,20 (3): 40-41.
- [15] 马开玉,丁裕国等. 气候统计原理与方法[M]. 北京:气象出版社, 1993: 315-390.
- [16] 罗乔林. 介绍最大熵谱估计[J]. 数学的实践与认识,1980,(1): 74-80.
- [17] 黄嘉佑,李黄. 气象中的谱分析[M]. 北京:气象出版社,1984, 79-96.
- [18] 黄祖英,王繁强,胡春娟. 西北地区东部旱涝气候特征[J]. 气象科技,2006,34(3): 266-270.
- [19] 胡昌华,李国华. 基于Matlab的小波分析方法[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [20] 朱益民,孙旭光,陈晓颖. 小波分析在长江中下游旱涝气候预测中的应用[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版),2003,4(6): 90-93.
- [21] 崔锦泰著,程正兴译. 小波分析导论[M]. 西安:西安交通大学出版社, 1995.
- [22] 刘贵忠,邢那亮. 小波分析及其应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1992.
- [23] Meyer Y. 著,尤众译. 小波与算子[M]. 北京:世界图书出版公司, 1992.
- [24] 高瑞华,王式功,张孝峰,等. 渤海海峡大风的气候特征分析[J]. 海洋预报,2008,25(3): 7-15.
- [25] 张敏,郭晓霞,安丽华,等. 聊城市大风气候统计分析[J]. 山东气象, 2004,24(z1): 20-22.
- [26] 朱业玉. 河南省大风气候特征分析[J]. 河南气象,2001,(2): 23.
- [27] 李戈,雷哲. 平顶山地区近30年大风变化的气候特征[J]. 河南气象 1998,(1): 28-29.
- [28] 尹文昱,张永宁. 渤海海峡风浪特征统计分析[J]. 大连海事大学学报,2006,32(4): 84-88.
- [29] 张国胜,时兴合,李栋梁,等. 长江源沱沱河区45 a 来的气候变化特征[J]. 冰川冻土,2006, 28(5): 678-685.
- [30] 丁荣,张德玉,梁俊宁,等. 甘肃河西走廊中部近45a 来大风沙尘暴气候背景分析[J]. 中国沙漠,2006,26(5): 792-796.
- [31] 周自江,章国材,艾婉秀,等. 中国北方春季起沙活动时间序列及其与气候要素的关系[J]. 中国沙漠,2006,26(6): 935-941.
- [32] 周自江. 近45年中国扬沙和沙尘暴天气[J]. 第四纪研究,2001, 21(1): 9-17.
- [33] 钱正安,宋敏红,李万元. 近50年中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J]. 中国沙漠,2002, 22(2): 106-111.
- [34] 丁瑞强,王式功,尚可政,等. 近45 a 我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析[J]. 中国沙漠,2003,23(3): 306-310.