

## 基于再分析数据的黄岩岛及邻近海域气象条件分析

弥晨<sup>1</sup>, 吴萌萌<sup>2</sup>, 万莉颖<sup>2,3</sup>, 邢建勇<sup>2,3</sup>, 陈莉<sup>2</sup>, 秦琰琰<sup>2</sup>, 刘克威<sup>2</sup>, 于庆龙<sup>2</sup>, 莫慧尔<sup>2</sup>

(1. 海军参谋部, 北京 100081; 2. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 3. 国家海洋环境预报中心 自然资源部海洋灾害预报技术研究重点实验室, 北京 100081)

**摘 要:** 采用美国NCEP-CFSR数据库资料, 提取了1979—2010年的海平面大气要素场, 在中国南海区域( $0^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$ )和黄岩岛附近点( $15^{\circ}\text{N}$ 、 $118^{\circ}\text{E}$ ), 按日、月、年统计了32 a间海平面气压、海面2 m气温、海面2 m相对湿度、海面10 m风场基本气象要素特征。分析发现: 黄岩岛及邻近中国南海区域属于赤道带、热带海洋性季风气候, 其气候特征是: (1) 海平面气压呈北高南低、冬季高夏季低的分布形势; 黄岩岛日平均海平面气压冬季约为1 012 hPa, 其他季节约为1 008 hPa, 年平均海平面气压变化具有准5 a的周期; (2) 全年平均气温较高, 分布呈现北低南高, 大陆低海面高, 冬季低夏季高的特点; 黄岩岛海面2 m气温日变化较小, 年平均值约为 $27\sim 28^{\circ}\text{C}$ , 年际变化上具有整体增加的趋势; (3) 全年相对湿度较大, 基本在60%以上, 随季节变化明显, 冬季较小, 夏季较大; 黄岩岛日平均相对湿度为80%, 总体也具有略微增大的年际变化趋势; (4) 受季风影响明显, 冬季盛行东北季风, 平均风速约为 $10\sim 12\text{ m/s}$ , 夏季盛行西南季风, 平均风速约为 $4\sim 8\text{ m/s}$ ; 黄岩岛海面风速的变化具有2.5~5 a的变化周期, 年平均风速在5.3 m/s上下波动。

**关键词:** 黄岩岛; 海平面气压; 海面2 m气温; 海面2 m相对湿度; 海面10 m风场

**中图分类号:** P732.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2020)03-0035-11

### 1 引言

黄岩岛是南中国海中沙群岛中唯一露出水面的岛礁, 自古就是中国固有领土。中国最早发现、命名黄岩岛, 并将其列入中国版图, 实施主权管辖。黄岩岛位于北纬 $15^{\circ}07'$ , 东经 $117^{\circ}51'$ , 距中沙环礁约160 n mile, 是我国在南海中部最东的岛屿, 也是船只在东部海域唯一可停靠的地方, 距其他岛礁约300 km<sup>[1]</sup>。黄岩岛的地理位置对于中国神圣领土的完整性、南海军事活动和经济开发的重要性不言而喻。海洋大气环境要素对海岛工程建设、航海运输、国防建设与军事活动等具有重要影响。风、气温、大气密度及湿度是影响射击精度的主要气象因素<sup>[2]</sup>。因此, 深入了解黄岩岛及其周边海域大气环境要素分布特征, 对海岛利用、海洋防灾减灾、航海

安全保障、海上军事活动等具有重要意义。

前人对中国近海和其他海域和海洋气象环境要素特征做过较多研究工作, 但针对重点边远海岛的研究相对较少。王佳莹等<sup>[3]</sup>利用2002—2011年南海海面风场、高度场和温度场的月平均卫星观测资料分析了这些要素的变化趋势及年际变化特征。张凯峰等<sup>[4]</sup>利用ASCAT散射计L2B风场产品分析了南海月平均风场的分布特征, 发现南海季风盛行时存在两个风速大值中心, 分别位于南海中南部和台湾海峡及巴士海峡一带, 其位置和特征随时间而变化。詹思琦等<sup>[5]</sup>利用2007—2011年CCMP(Cross-Calibrated, Multi-Platform)风场资料分析了西北太平洋海面风场的季、月、日变化特征。李正泉等<sup>[6]</sup>基于CCMP、ERA-Interim和NCEP-DOE 3种全球风场产品, 利用线性趋势检验和变异性系数分析了1985—

收稿日期: 2017-12-13; 修回日期: 2019-07-25。

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC1401409、2016YFC1401805、2017YFC1404000); 国家自然科学基金青年基金(41606029)。

作者简介: 弥晨(1974-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事海洋信息化、信息化与军民融合研究工作。E-mail: aijia20002003@aliyun.com.cn

通讯作者: 吴萌萌(1989-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事海浪数值预报及资料同化研究工作。E-mail: wumm@nmefc.cn

2013年我国海面风的风速变化情况。孙龙等<sup>[7]</sup>基于QuickScat月平均海面风场资料,通过两种经验正交函数分解分析研究了中国近海及台湾以东、以南洋面海面风场的季节变化和年际变化特征。杨清华等<sup>[8]</sup>利用1989—2008年南极中山站及戴维斯站的气象观测数据统计分析了表面气温、气压、风向风速和相对湿度的年际、年、日尺度变化特征,并讨论了各气象要素的长期变化趋势。郑崇伟等<sup>[9]</sup>利用CCMP风场资料和模拟的海浪场数据,以某重点岛礁为研究对象,对研究海域的风候、波候进行了精细化、系统性分析研究,并对我国钓鱼岛、黄岩岛附近海域的波浪能、风能资源特征、风浪海洋环境特征开展了统计分析<sup>[10]</sup>。

本文采用美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)气候预测系统再分析(Climat Forecast System Reanalysis, CFSR)数据库资料,统计分析了中国南海区域( $0^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$ )和黄岩岛附近点( $15^{\circ}\text{N}$ 、 $118^{\circ}\text{E}$ )的基本气象要素特征。CFSR<sup>[11]</sup>数据库利用全球范围高分辨率海-陆-气-冰耦合模式系统提供了多年各系统环境要素的最优评价场,被广泛应用于大气环境要素特征的分析评估<sup>[12-17]</sup>。Wesley等<sup>[18]</sup>曾采用两个集合评估了CFSR数据集对日变化和气候态的反映情况。Bao等<sup>[19]</sup>利用3 000多个无线电探空测风仪资料(独立观测)评估了目前应用最为广泛的4种再分析资料集NCEP-CFSR、NCEP-NCAR、ERA-Interim及ERA-40,发现除高层气温以外,CFSR和ERA-Interim的均方根误差及偏差都较小。本文对中国南海区域和黄岩岛附近点海面气压、气温、风场等基本气象要素的分析评估,可以为船舶航行、海岛开发和军事活动等提供客观的大气环境特征背景资料及活动依据。

## 2 评估方法

### 2.1 数据资料

采用美国NCEP-CFSR数据库资料,提取了1979—2010年(32 a)每6 h时间间隔,全球范围内 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 水平分辨率的海平面大气要素场,包括海平面气压(Sea Level Pressure, SLP)、海面2 m气温、海面2 m相对湿度(Relative Humidity, RH)和海面

10 m风场。相对以往大部分再分析产品,CFSR具有如下特征:(1)进行了海洋-大气耦合;(2)考虑了海洋-海冰相互作用;(3)整个分析过程利用格点统计插值方案同化了卫星辐射率。

### 2.2 统计方法

本文评估中主要采用了以下计算公式,对于序列 $a(X_1, X_2, \dots, X_n)$ ,其平均值:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

最大值:

$$X_{\max} = \text{MAX}(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2)$$

最小值:

$$X_{\min} = \text{MIN}(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (3)$$

均方根误差:

$$\text{RMS}(X) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4)$$

在中国南海区域( $0^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$ )和黄岩岛附近点( $15^{\circ}\text{N}$ 、 $118^{\circ}\text{E}$ ),采用CFSR每6 h间隔的 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 水平分辨率多层大气要素场数据,按日、月、年,统计了32 a海平面气压、海面2 m气温、海面2 m相对湿度、海面10 m风场基本气象要素特征。

## 3 评估结果分析

### 3.1 海平面气压

图1为1979—2010年各月平均海平面气压图。从全年分布来看,11月—次年2月冬季海平面气压较高,南北气压差异较大;6—8月夏季海平面气压较低,分布于1 002~1 006 hPa之间,低压中心位于广西西南部地区。黄岩岛附近海平面气压同样呈现出冬季高(1 012 hPa左右)、夏季低(1 006 hPa左右)的季节分布特征。图2为黄岩岛附近海平面气压的日平均变化,日平均海平面气压冬季约为1 012 hPa,其他季节约为1 008 hPa。逐日变化的最大、最小海平面气压在平均值基础上上下波动4 hPa左右。5月中旬,与最大海面风出现突然增大的时间一致,最小海平面气压出现突然降低,10月最小海平面气压值可达到990 hPa。

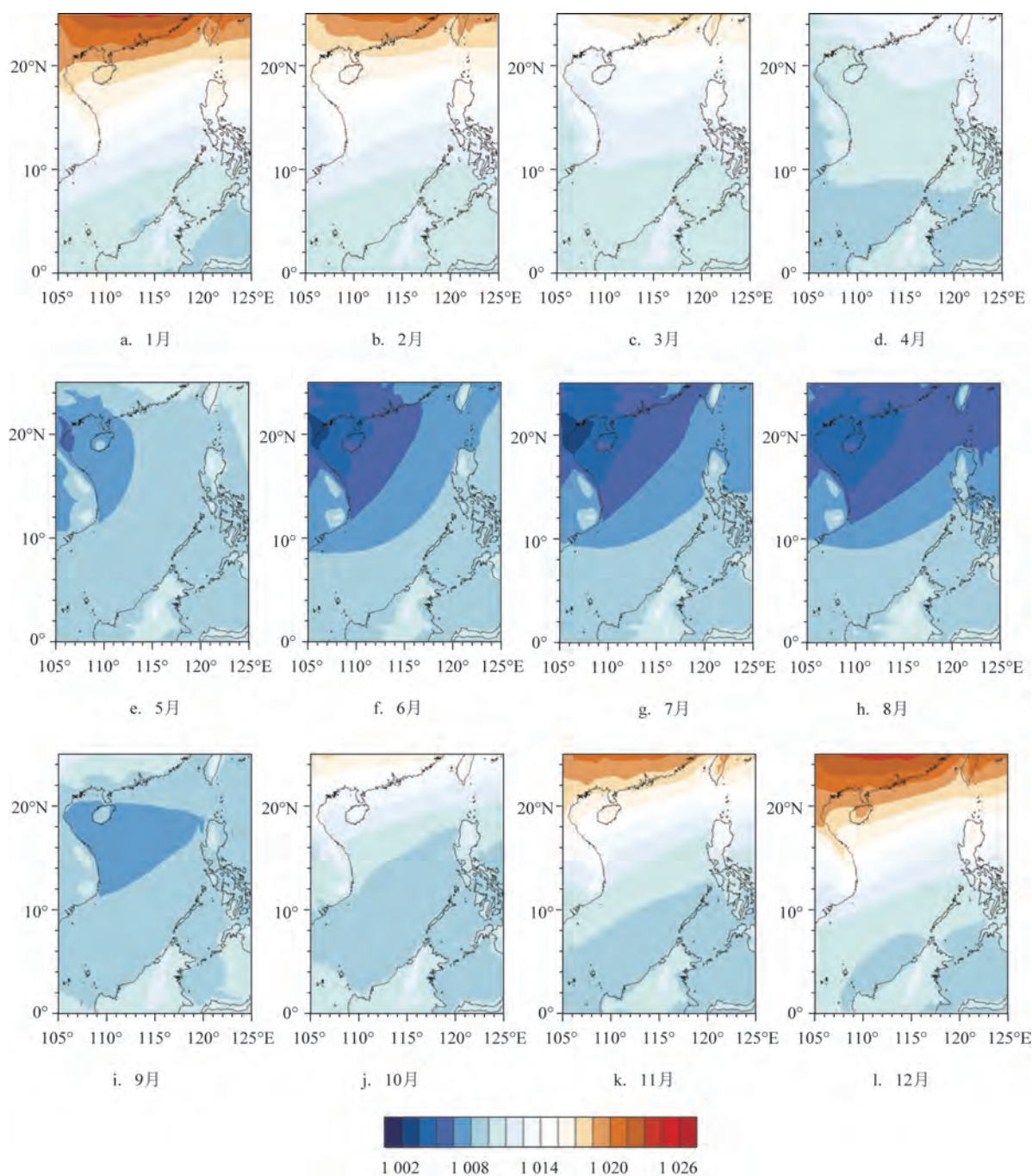


图1 各月平均海平面气压分布(单位:hPa)

### 3.2 海面2 m气温

图3为1979—2010年各月平均海面2 m气温分布图。黄岩岛全年平均海面2 m气温约为27~28℃,全年气温分布冬季低夏季高,5—6月平均海

面2 m气温达30℃,1—2月平均海面2 m气温在25~26℃左右。图4为黄岩岛附近海面2 m气温的日平均变化,可以发现海面2 m气温日变化较小,冬季较其他季节低约2℃,逐日气温的最大、最小值与平均值相差约2℃。



### 3.3 海面2 m相对湿度

图5为1979—2010年各月平均海面2 m相对湿度分布图。6~8月海面2 m平均相对湿度最大,11

月一次年1月海面2 m平均相对湿度最小。黄岩岛附近海面2 m相对湿度也是6—8月最大,11月一次年1月最小,与同月南海其它地区相比,黄岩岛附近月平均海面2 m相对湿度略小一些。图6为黄岩岛

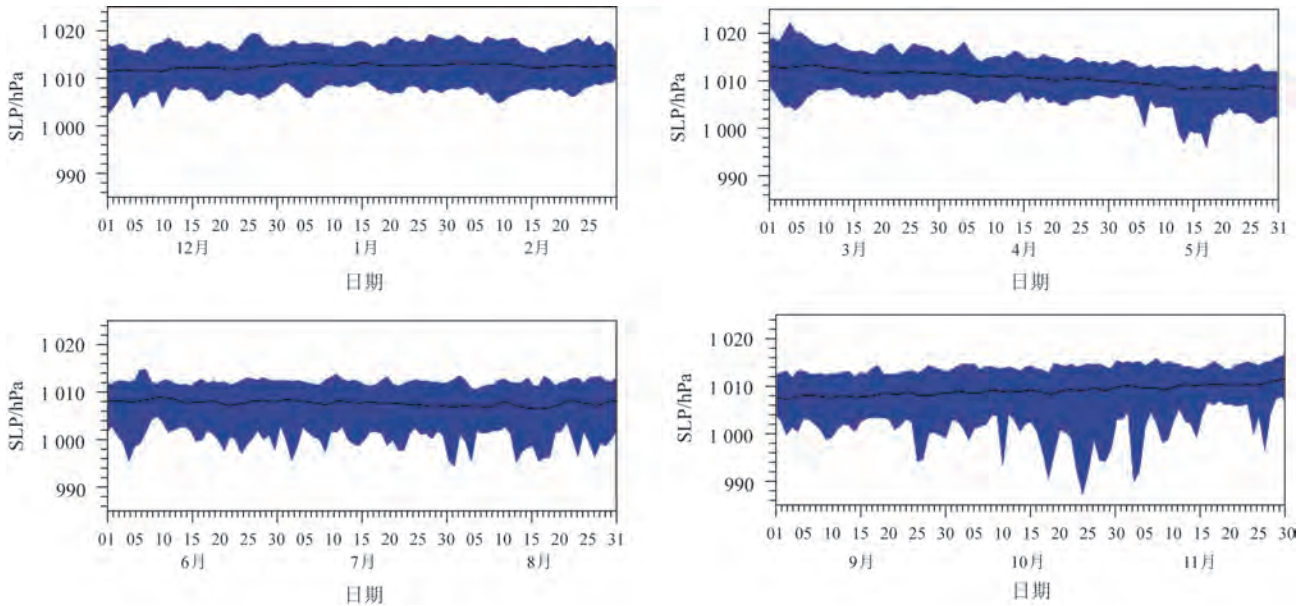


图2 黄岩岛附近海平面气压的日平均变化

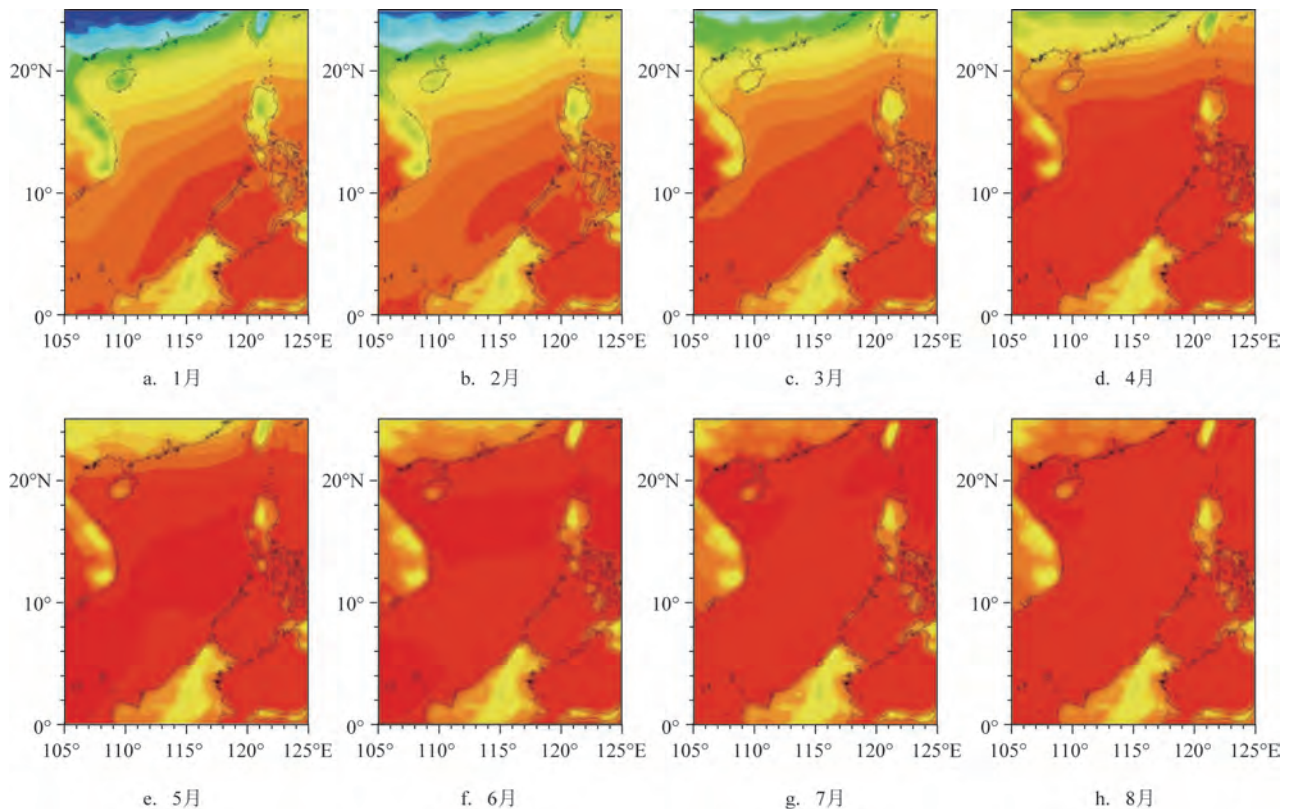


图3 各月平均海面2 m气温分布(单位:℃)

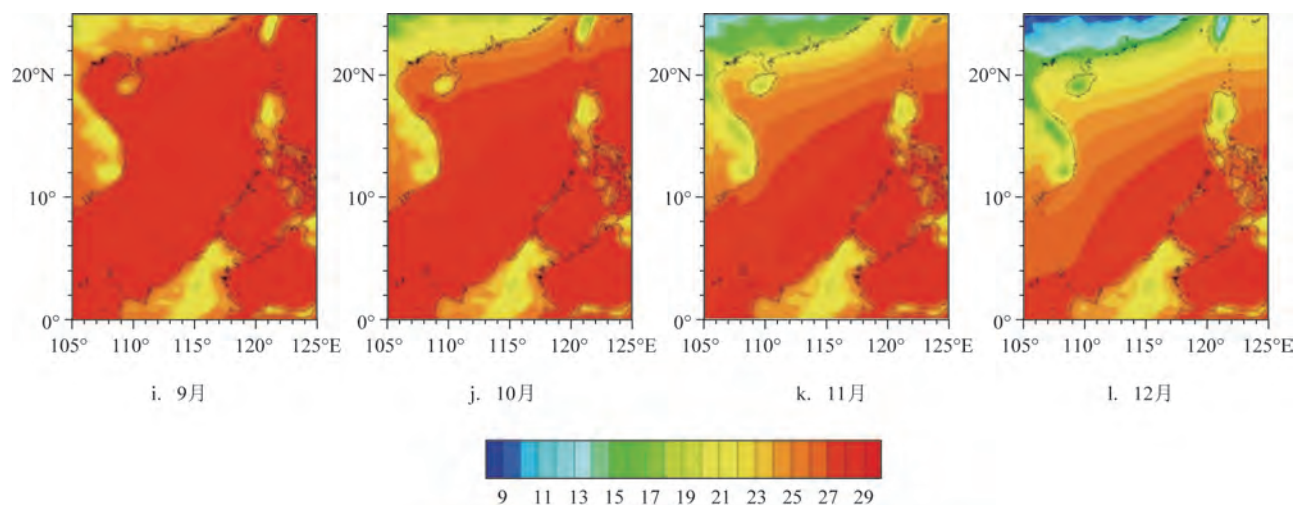


图3 (续)

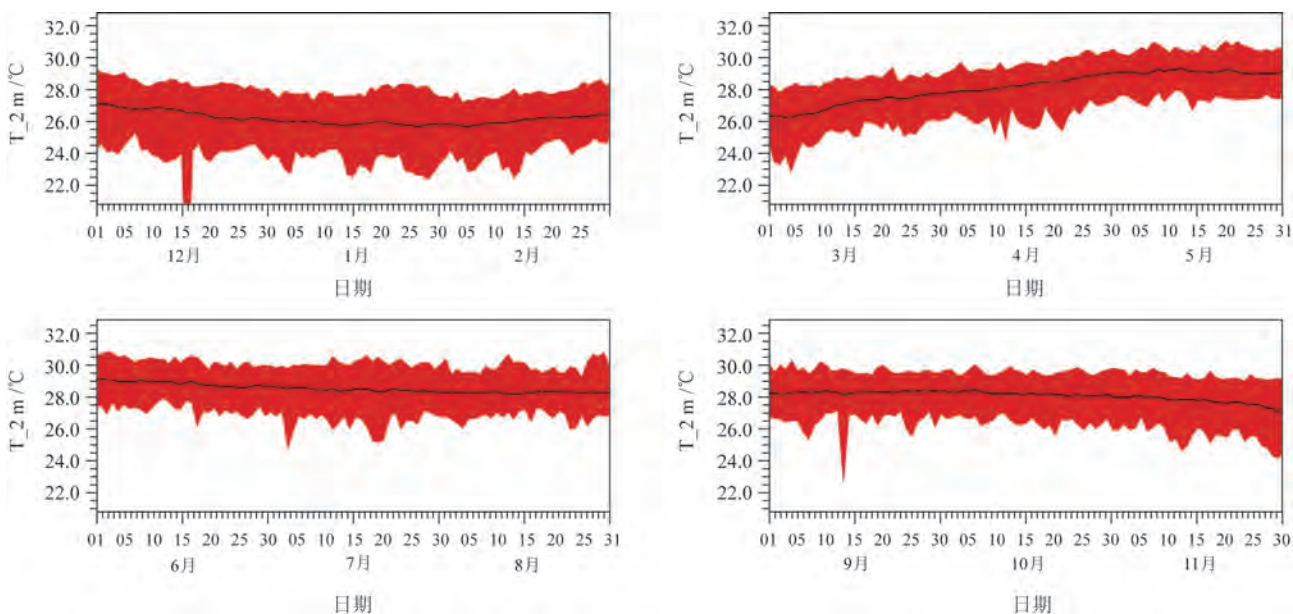


图4 黄岩岛附近海面2 m气温的日平均变化

附近海面2 m相对湿度的日平均变化,海面2 m相对湿度日平均值为80%,4—5月相对湿度略低于平均值,8—10月较平均值略高。逐日最大、最小海面2 m相对湿度一般为90%和70%。

### 3.4 海面10 m风场

图7为1979—2010年各月平均海面10 m风速分布图。从全年分布来看,10月—次年2月海面10 m风速较大,3—9月海面10 m风速较小。黄岩岛全年平均海面10 m风速约为6~7 m/s,冬季平均海面10 m

风速不大于10 m/s,9月平均海面10 m风速约为4 m/s。图8为黄岩岛附近海面10 m风速的日平均变化,海面10 m风速平均为4~8 m/s,3—4月海面10 m风速相对最弱。逐日最大风速的变化具有季节特征,一般在5月中旬前后,受南海季风爆发影响,风速突然增大,延续夏、秋季,直到12月份,日平均风速最大值均可达到20 m/s,10—11月风速最大超过25 m/s,可能与台风活动较多有关。

图9是黄岩岛附近1979—2010年32 a各月风向



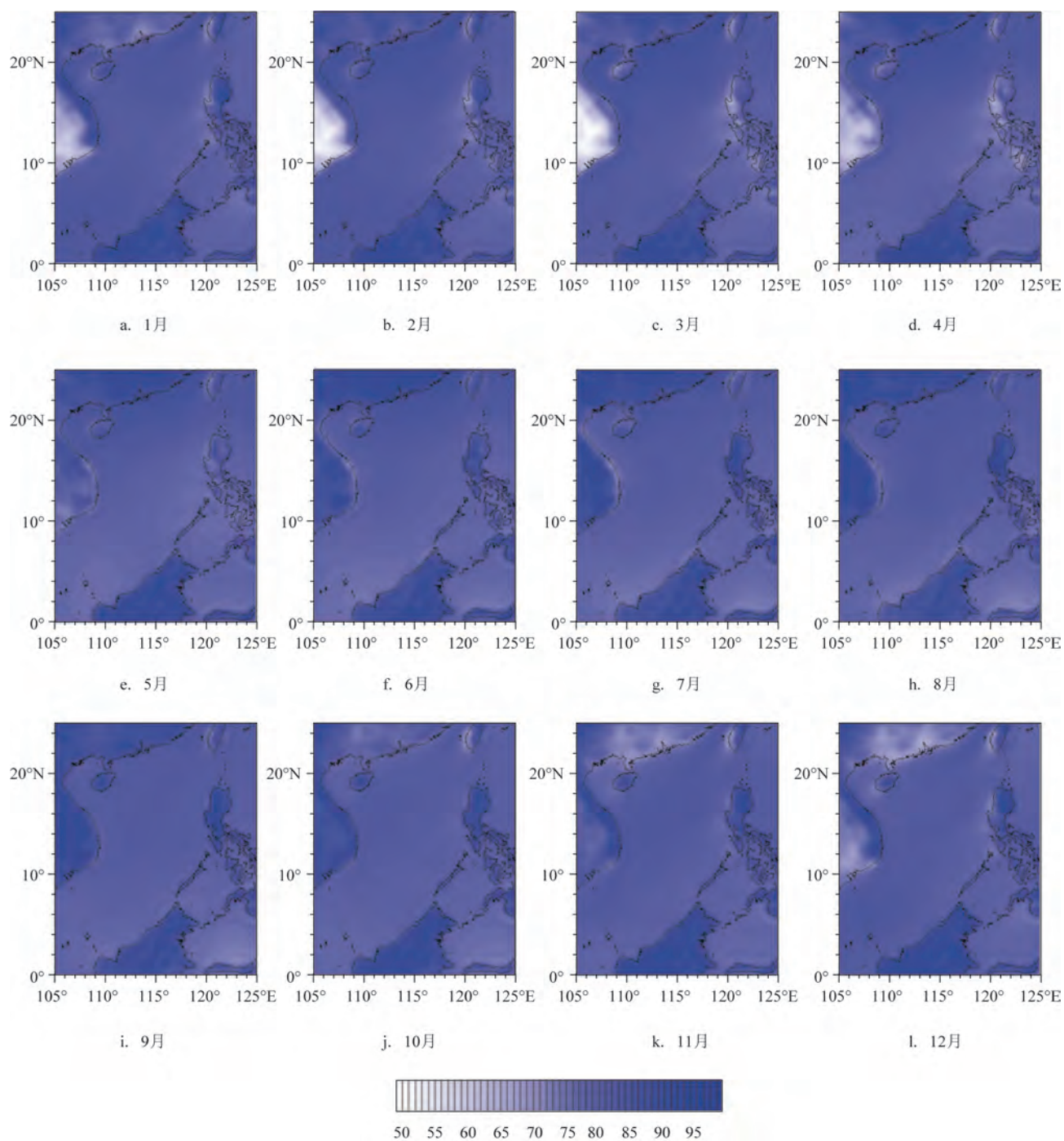


图5 各月平均海面2 m相对湿度分布(单位:%)

频次玫瑰图,可以看出,在冬季(11月—次年2月)黄岩岛的风向均以东北风为主,东风和北风次之,表现出黄岩岛在冬季主要受东北季风控制。夏季(7—9月),该地区的风向则主要为西南风,南风 and 西风次之,表现出黄岩岛在夏季主要受西南季风控

制。在春秋转换季节,风向稍显杂乱,春季主要表现为由东北风逐渐转为东风(3—4月),然后转为南风(5—6月),最后转为西南风,而在秋季(9—10月)主要表现为由西南风逐渐转为南风,再转为东风,最后转为东北风。

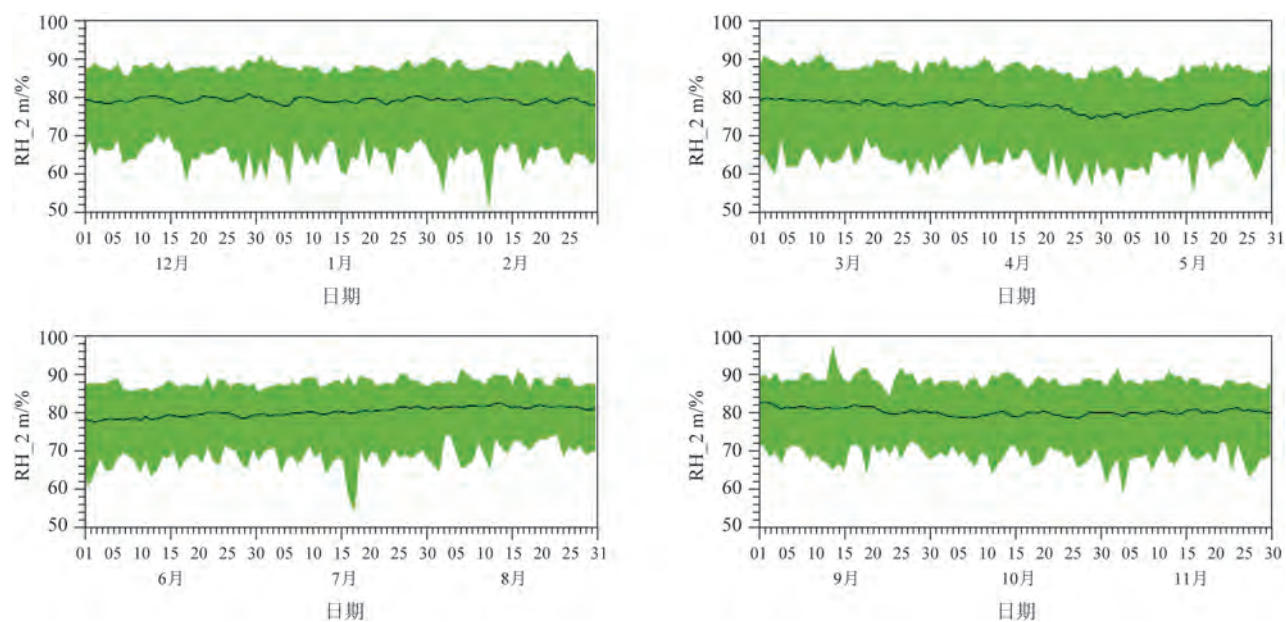


图6 黄岩岛附近海面2 m相对湿度的日平均变化

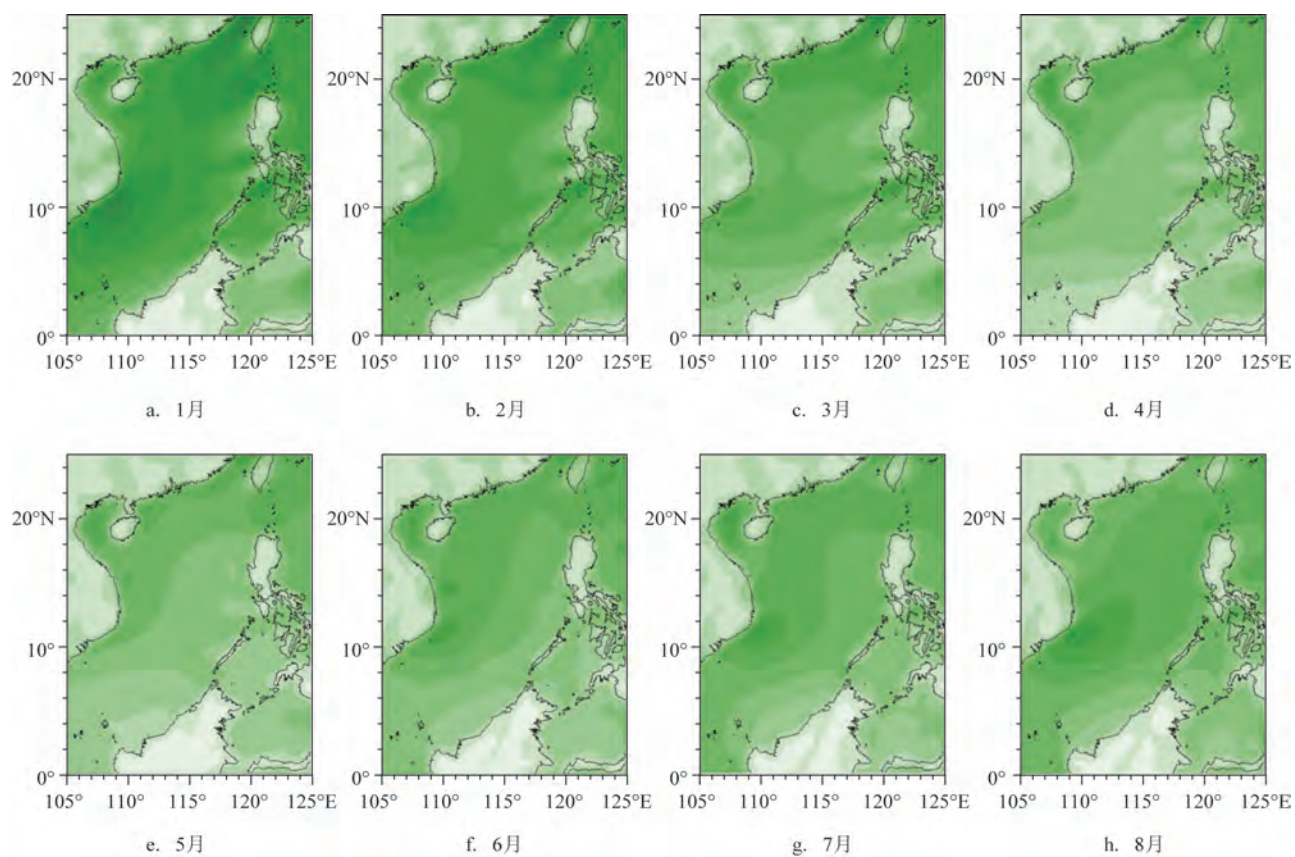


图7 各月平均海面10 m风速分布(单位:m/s)



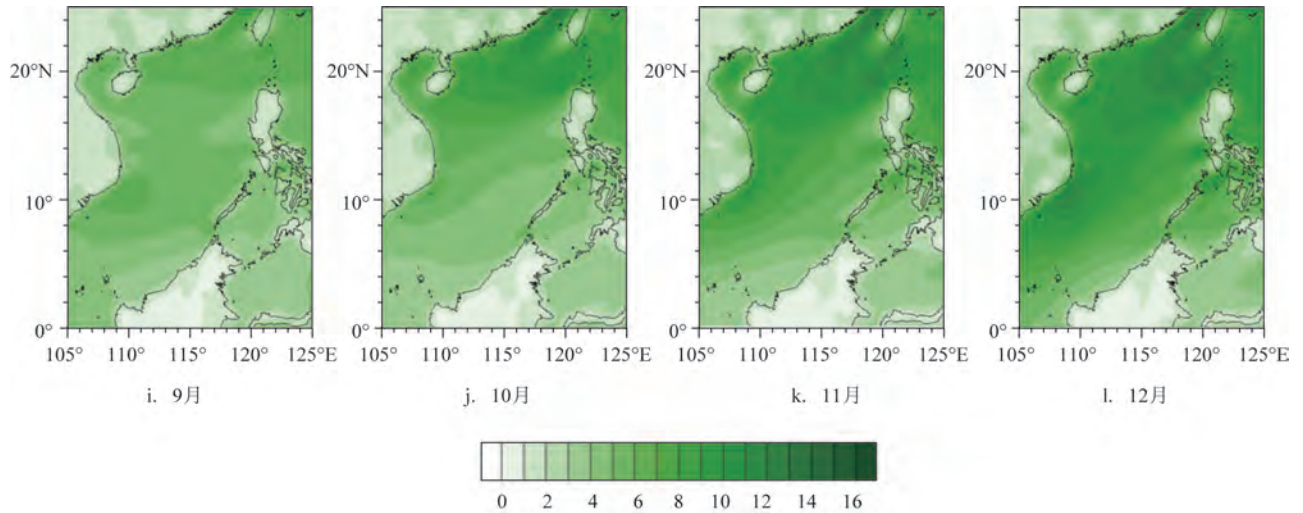


图7 (续)

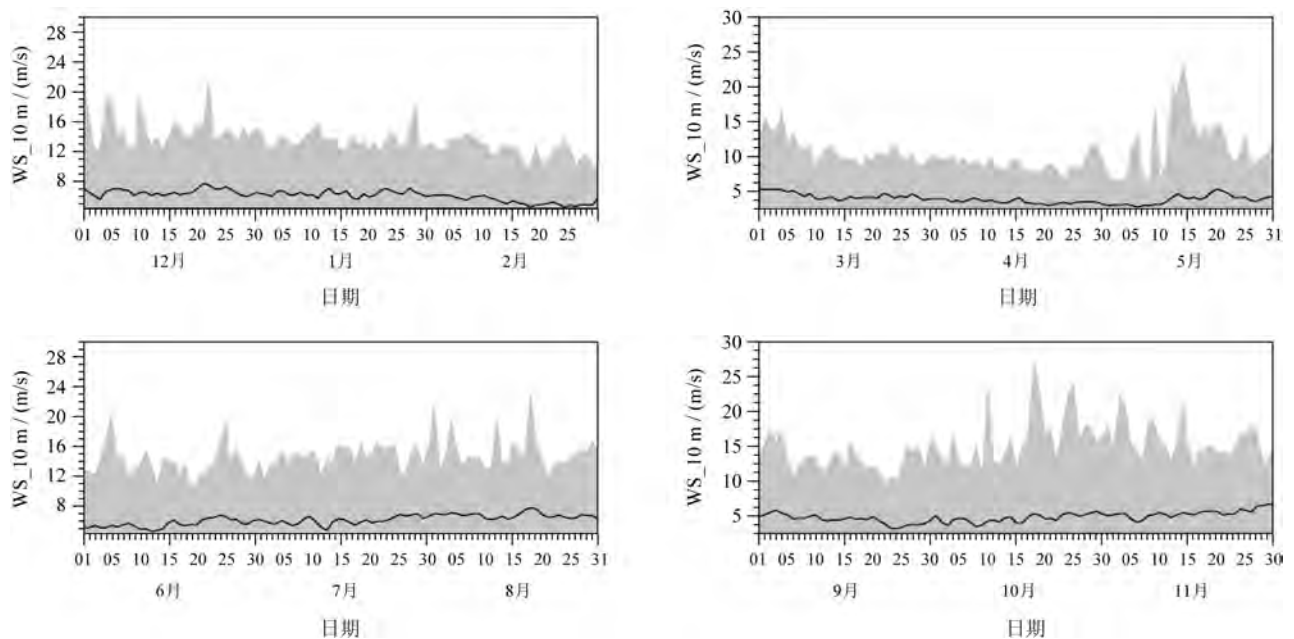


图8 黄岩岛附近海面10 m风速的日平均变化

为了考察黄岩岛大风的频次情况,本文统计了黄岩岛 1979—2010 年逐日序列中各级风所占的天数百分率,如图 10 所示。可以明显看出,在 32 a 的 12 个月中,黄岩岛风速超过七级风(大于 13.9 m/s)的天数很少,2—7 月、9—11 月超过 50% 的天数风速都在三级以下(小于 5.4 m/s),其他月份的风速也是三级以下的天数占绝对多的份额。总的来看,黄岩岛附近的风速全年都偏小,五级以上(大于 8.0 m/s)的风所占天数在冬夏偏多,春秋偏少,总体上大风

不超过 20%。

### 3.5 黄岩岛附近海域气象要素年际变化

从年际变化看(见图 11),海面 10 m 风速的变化具有 2.5~5 a 的变化周期,年平均风速在 5.3 m/s 上下波动;32 a 间,海面 2 m 气温平均值在 27~28 °C,具有整体增加的趋势,其中 1983 年、1987 年、1998 年气温出现极大值;海面 2 m 相对湿度的极大、极小值与海面 2 m 气温极小、极大值相对应,总体也具有



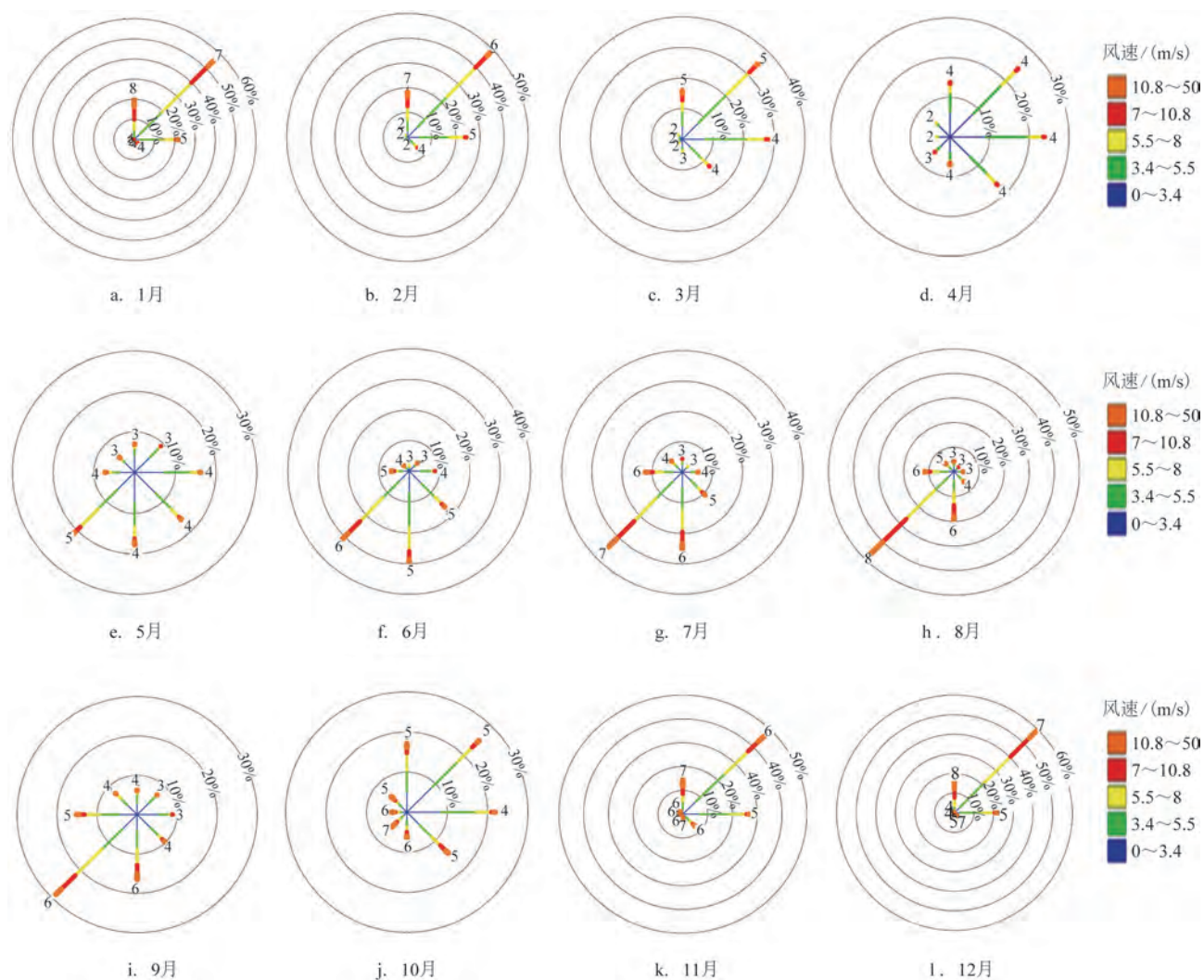


图9 黄岩岛各月风向频次玫瑰图

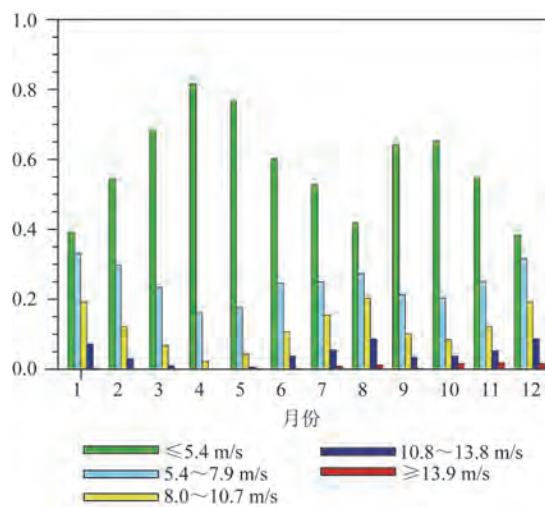


图10 黄岩岛多年逐日序列中各级风所占全部天数的百分率(单位:%)

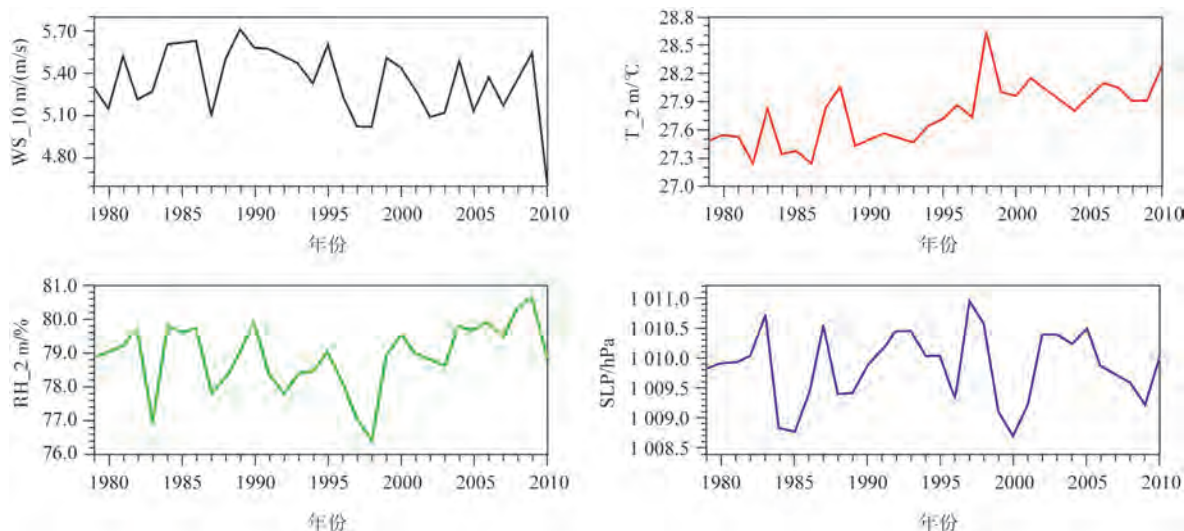


图 11 黄岩岛附近气象要素的年际变化趋势

略微增大的年际变化趋势;年平均海平面气压的变化具有准 5 a 的周期,极值与海面 2 m 气温极值出现年份几乎一致。整体上看,1998 年之后各气象要素的年变化周期有所增大,海面 2 m 气温和海面 2 m 相对湿度高于之前的年份。

## 4 结论

本文中中国南海区域( $0^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$ )和黄岩岛附近点( $15^{\circ}\text{N}$ 、 $118^{\circ}\text{E}$ ),属赤道带、热带海洋性季风气候。其气候特征是:

(1)南海区域海平面气压呈北高南低、冬季高夏季低的分布形势。黄岩岛附近海平面气压的季节分布也是冬季高(1 012 hPa 左右)、夏季低(1 006 hPa 左右);日平均海平面气压冬季约为 1 012 hPa,其他季节约为 1 008 hPa,逐日变化的最大、最小海平面气压在平均值基础上上下波动 4 hPa 左右;年平均海平面气压变化具有准 5 a 的周期。

(2)由于接近赤道,接收太阳辐射热量较多,南海区域全年平均海面 2 m 气温较高,基本在  $10\sim 30^{\circ}\text{C}$  之间,分布呈北低南高,大陆低海面高,冬季低夏季高的形势。黄岩岛海面 2 m 气温日变化较小,逐日气温的最大、最小值与平均值相差约  $2^{\circ}\text{C}$ ;年平均 2 m 气温约为  $27\sim 28^{\circ}\text{C}$ ,具有整体增加的年际变化趋势。

(3)南海区域全年海面 2 m 相对湿度较大,基本在 60% 以上,随季节变化明显,夏季较大,冬季较

小。与南海其他地区相比,黄岩岛的海面 2 m 相对湿度略偏小,日平均值为 80%,逐日最大、最小海面 2 m 相对湿度一般为 90% 和 70%;年际极大、极小值与气温极小、极大值相对应,总体也具有略微增大的年际变化趋势。

(4)受季风影响明显。中国南海热带海洋性季风气候特征十分明显,每年 10 月以后,从西伯利亚和蒙古高原吹来的冬季气流不断奔向中国南方海洋,从 11 月一次年 3 月盛行东北季风,东北风、东风、北风的风向分别约占有所有风向的 57%、22%、21%,平均风速约为  $10\sim 12\text{ m/s}$ 。每年 4 月开始,中国南海转而受热带与赤道海洋气团的影响,5—9 月盛行西南季风,西南风、南风、西风的风向分别约占有所有风向的 35%、25%、15%,平均风速约为  $4\sim 8\text{ m/s}$ 。4 月和 10 月是季风转换时期。黄岩岛季风气候特征也十分明显,从年际变化看,海面风速的变化具有 2.5~5 a 的变化周期,年平均风速在  $5.3\text{ m/s}$  上下波动。

## 参考文献:

- [1] 王志邦, 孟振光, 郭柱国. 南海自然环境特点及其对航行安全的影响[J]. 广州航海学院学报, 2013, 21(2): 23-26.
- [2] 张军, 等. 军事气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 2-2.
- [3] 王佳莹, 方国洪, 王永刚. 南海海面风场、高度场和温度场近十年的变化趋势及年际变化特征[J]. 海洋科学进展, 2017, 35(2): 159-175.
- [4] 张凯峰, 项杰, 杨波, 等. 基于 ERA-interim 再分析资料的 ASCAT 风场产品在南海的精度评估及南海月平均风场特征分析[J]. 海



- 洋预报, 2017, 34(2): 27-36.
- [5] 詹思琦, 齐琳琳, 卢伟. 基于 CCMP 资料和现场观测资料的西北太平洋海面风场特征分析[J]. 海洋预报, 2017, 34(2): 10-20.
- [6] 李正泉, 肖晶晶, 张育慧, 等. 基于全球风场产品中国海表面风速变化分析[J]. 海洋环境科学, 2016, 35(4): 587-593, 640.
- [7] 孙龙, 于华明, 王朋, 等. 东中国海及毗邻海域海面风场季节及年际变化特征分析[J]. 海洋预报, 2010, 27(2): 30-37.
- [8] 杨清华, 张林, 李春花, 等. 南极中山站气象要素变化特征分析[J]. 海洋通报, 2010, 29(6): 601-607.
- [9] 郑崇伟, 李崇银. 中国南海岛礁建设: 重点岛礁的风候、波候特征分析[J]. 中国海洋大学学报, 2015, 45(9): 1-6.
- [10] 郑崇伟, 游小宝, 潘静, 等. 钓鱼岛、黄岩岛海域风能及波浪能开发环境分析[J]. 海洋预报, 2014, 31(1): 49-57.
- [11] Saha S, Moorthi S, Pan H L, et al. The NCEP climate forecast system reanalysis [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2010, 91(8): 1015-1057.
- [12] Jin Shuanglong, Feng Shuanglei, Wang Bo. An offshore wind resource assessment study based on NCEP CFSR data for China [C]. The 13th World Wind Energy Conference(WWEC2014). 2014: 1-10, 86.
- [13] 王国松, 高山红, 吴彬贵, 等. 我国近海风能资源分布特征分析[J]. 海洋科学进展, 2014, 32(1): 21-29.
- [14] 向华, 张峰, 江静, 等. 利用 CFSR 资料分析近 30 年全球云量分布及变化[J]. 气象, 2014(5): 555-561.
- [15] Feng, X. Y., C. H. Liu, G. Z. Fan, et al. Analysis of the structure of different Tibetan Plateau vortex types [J]. J. Meteor. Res., 2017, 31(3), 514-529.
- [16] 徐婷, 邵华, 张弛. 近 32 a 中亚地区气温时空格局分析[J]. 干旱区地理, 2015, 38(1): 25-35.
- [17] 徐国龙. 印度洋海面风场时空分布特征及其变化趋势分析[A]. 第 29 届中国气象学会年会论文集[C]. 2012.
- [18] Wesley Ebisuzaki, Li Zhang. Assessing the performance of the CFSR by an ensemble of analyses [J]. Climate dynamics, 2011, 37 (11/12): 2541-2550.
- [19] Bao, X. H., Zhang, F. Q.. Evaluation of NCEP-CFSR, NCEP-NCAR, ERA-Interim, and ERA-40 reanalysis datasets against independent sounding observations over the Tibetan Plateau[J]. Journal of Climate, 2013, 26(1): 206-214.

## Meteorological analysis in Huangyan Dao and its adjacent area based on reanalysis data

MI Chen<sup>1</sup>, WU Meng-meng<sup>2</sup>, WAN Li-ying<sup>2,3</sup>, XING Jian-yong<sup>2,3</sup>, CHEN Li<sup>2</sup>, QIN Yan-yan<sup>2</sup>, LIU Ke-wei<sup>2</sup>,  
YU Qing-long<sup>2</sup>, MO Hui-er<sup>2</sup>

(1. Navy general staff, Beijing 100081 China; 2. National Marine Environment Forecasting Center, Beijing 100081 China; 3. Key Laboratory of Marine Hazards Forecasting, National Marine Environmental Forecasting Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100081 China)

**Abstract:** Based on the near-surface atmospheric variables of the NCEP-CFSR datasets from 1979 to 2010, we analyzed climate variation in Huangyan Dao and its adjacent area including sea level pressure, 2m temperature, 2m relative humidity and 10 m wind field. The results show that Huangyan Dao and its adjacent area in the South China Sea is a tropical maritime monsoon region climate. The sea level pressure is higher in the north than in the south, and higher in winter than in summer. The daily-mean sea level pressure over Huangyan Dao is about 1 012 hPa in winter and about 1 008 hPa in the other seasons. The variation of annual mean sea level pressure reveals a quasi-cycle of 5 years. The annual mean of 2 m temperature is relatively high, with a distribution of lower in the north than in the south, lower on the continent than on the sea and lower in winter than in summer. The daily variation of 2 m temperature over Huangyan Dao is small, with an annual mean of about 27~28 °C and an increasing trend can be found in its annual variation. The relative humidity is generally above 60% throughout the year with significant seasonal variations, which is lower in winter and higher in summer. The daily mean relative humidity over Huangyan Dao is 80% with a slightly increasing trend in its annual variation. The region is dominated by monsoon. Northeast monsoon prevails in winter with the average wind speed of about 10~12 m/s, while southwest monsoon prevails in summer with the average wind speed of about 4~8 m/s. The variation of 10 m wind speed over Huangyan Dao reveals a cycle of 2.5~5 years and the annual mean wind speed is about 5.3 m/s.

**Key words:** Huangyan Dao; sea level pressure; 2 m temperature; 2 m relative humidity; 10 m wind field