

岛礁跑道设计中的风候特征分析

郑崇伟^{1,2}, 高成志¹, 张仲³, 孔洁³, 万勇⁴

(1. 海军大连舰艇学院, 辽宁 大连 116018; 2. 解放军理工大学 气象海洋学院, 江苏 南京 211101;
3. 江苏省国际科技合作中心, 江苏 南京 210041; 4. 中国石油大学(华东)信息与控制工程学院, 山东 青岛 266580)

摘 要: 以海上丝绸之路某岛礁作为假想研究对象, 利用来自 ECMWF 的 ERA-interim 风场资料, 系统性地统计分析了飞机起降过程中极为关注的(强)风向频率、6级以上大风频率、6级以上阵风频率、阵风系数(Gust Index, GI), 为岛礁跑道建设的合理性论证提供科技支撑。

关键词: 岛礁跑道; 合理性; 侧风; 强风向频率; 阵风系数

中图分类号: P732.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2017)04-0052-06

1 引言

战略支点通常以岛礁为依托, 是人类迈向深蓝的重要支撑, 可为远洋补给、海上搜救、人道主义救援、防灾减灾等提供支持。岛礁跑道是战略支点建设的重中之重, 长久以来一直是世界性难题, 需要展开充分论证, 考虑到的因素包括: 地理特征、气候特征、海洋环境特征等^[1-4]。依地形而建可以节约材料、缩短工期、减小施工难度, 具有一定的合理性。但是, 在实际应用中, 跑道主要是为了保障飞机的起降。有利于飞机起降应该作为跑道建设是否合理的最高衡量标准。较强的侧风、阵风很容易导致飞机滑出跑道, 这种现象在岛礁跑道、航母上体现的尤为明显, 这就要求对岛礁跑道建设需求下的风候(风的气候特征)展开精细化的统计分析, 为跑道建设提供辅助决策。

前人对于全球海域的风候特征做过很多研究和很大贡献。李培等^[5]曾利用 46 a (1950—1995 年)的气象船舶资料, 按 $5^\circ \times 5^\circ$ 网格统计单元, 对北印度洋的平均风速、6 级和 8 级大风进行过统计分析。郑崇伟等^[6]曾利用来自欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather

Forecasts, ECMWF)的 ERA-interim 风场资料, 统计分析了“21 世纪海上丝路”涉及海域的风候特征, 主要包括海表风场的季节特征、(强)风向频率、大风和阵风频率、阵风系数、海表风速的长期变化趋势等。郑友华等^[7]曾分析了北印度洋海表风速的突变形势, 发现年平均海表风速的突变形势与冬季相似, 突变期都在 20 世纪 80 年代初。刘春霞等^[8]利用 QuikSCAT 散射计风速统计了南海的 6 级以上大风频率, 发现从 10 月—翌年 3 月在巴士海峡和台湾海峡存在东北大风频数中心, 在 12 月频数最大达到 20 d; 夏季西南大风频数从 6 月 6 d 增加到 8 月 12 d。郑崇伟^[9]曾利用 10 a (1999 年 8 月—2009 年 7 月)的 QN (QuikSCAT/NCEP) 混合风场, 统计分析了全球海域 6 级以上大风频率的季节性、区域性差异。

但目前为止, 极少有针对岛礁跑道建设需求下的风候统计分析。本文利用来自 ECMWF 的风场资料, 以海上丝绸之路某重点岛礁为假想研究目标, 统计分析岛礁跑道建设需求下的风候特征, 期望该方案可以在岛礁跑道建设中得以推广应用, 为海上丝绸之路战略展开、中国南海岛礁建设等提供科技支撑、辅助决策。

收稿日期: 2016-10-29; 修回日期: 2016-12-28。

基金项目: 高端科技创新智库青年项目(DXB-ZKQN-2016-019); 山东省自然科学基金(ZR2016DL09)。

作者简介: 郑崇伟(1983-), 男, 工程师, 博士在读, 主要从事海战场环境建设、物理海洋学及海洋能资源评估。E-mail: chinaoceanzcw@sina.cn

2 资料与方法

本文采用的海面风资料是 ERA-interim 海表 10 m 风场资料(含 U 、 V 分量)和阵风风速资料,对岛礁跑道建设需求下的风候特征展开统计分析,为岛礁跑道建设的合理性论证提供科技支撑。ERA-Interim 再分析资料来自 ECMWF,是继其早期产品 ERA-40 之后的新产品,该数据使用了分辨率更高的气象模式,在观测资料的应用及同化方法方面也有很大改进^[10-11]。使用最新的 12 h 窗口的四维变分同化技术,同化的资料包括卫星资料、常规观测资料,以及模式数据,作用在于提供 ECMWF 早期产品和新一代产品之间的衔接,目的是对 ERA-40 和更早的数据进行完善。ERA-Interim 海表 10 m 风场资料和阵风风速资料的空间范围都为:90°S~90°N, 180°W~180°E;空间分辨率有 0.125°×0.125°、0.25°×0.25°、0.5°×0.5°、0.75°×0.75°、1.0°×1.0°..... 2.5°×2.5°,本文选择其中 0.125°×0.125°的空间分辨率;时间序列为 1979 年 1 月 1 日 00:00 至今,不断更新中^[12]。ERA-interim 海表 10 m 风场时间分辨率为逐 6 h(每 6 h 一个数据),ERA-interim 阵风资料的时间分辨率为逐 3 h。Dee 等^[10]、Song 等^[11]、Bao 等^[13]、马永锋等^[14]曾将 NCEP-CFSR, NCEP-NCAR, ERA-Interim, and ERA-40 Reanalysis 几种数据与观测资料进行比较,发现 ERA-Interim 在均方根误差和偏差方面更优。

本文以海上丝绸之路某岛礁作为假定研究对象,该岛礁的地形为近南北走向,有工程人员曾将该岛礁的跑道规划为南北向(图略),其主要依据是依地形而建。显然,其方案最大限度地利用了岛礁地形。依地形而建可以节约材料、缩短工期、减小施工难度,有一定的合理性。而在实际应用中,跑道主要是为了保障飞机的起降。跑道建设过程中,对风的要求很高,尤其是较强的侧风、阵风很容易导致飞机滑出跑道,这种现象在岛礁跑道、航母上体现的尤为明显,这就要求对岛礁的风候特征展开精细化的统计分析,为跑道建设提供辅助决策。本文利用 ERA-interim 海表 10 m 风场资料和阵风风速资料,统计分析了该岛礁跑道建设需求下的风候特征,分析内容主要包括(强)风向频率、6 级以上大风

频率、6 级以上阵风频率、阵风系数(Gust Index, GI)等。

3 跑道建设的合理性

利用来自 ECMWF 近 36 a(1979—2014 年)的 ERA-interim 海表风场资料、阵风资料,计算了飞机起降过程中极为关注的风候特征,主要包括:(强)风向频率、6 级以上大风频率、6 级以上阵风频率、阵风系数等,为岛礁跑道设计、飞机起降提供科技支撑。

3.1 (强)风向频率

侧风过大极易导致飞机滑出跑道,也就是说,岛礁跑道规划首要考虑的要素之一就是侧风。利用近 36 a、逐 6 h 的 ERA-interim 风场资料,绘制了该海域的风玫瑰图。图 1 给出了风向频率、风速频率、强风等特征,风向划分为 16 方位,首先可以从整体上看出不同风向出现的频率(图中的数字代表频率);此外,图中的颜色代表风速,可以看出不同方位下,不同的风速出现的频率;最后,还可以看出强风主要来自什么方向,及其出现的频率。

2 月,在频繁的冷空气影响下,NE 向、ENE 向的风出现频率最高,分别为 36%、34%,其中出现频率最高的风速是 6~8 m/s,其次是 8~10 m/s。10 m/s 以上的强风主要源自 NNE 向(7%)、NE 向(4%)。

5 月,处于冬季风向夏季风过度期,风向频率稍显凌乱,出现频率相对偏高的是 SW、E、ENE、WSW 向。该季节的风速整体偏低,8 m/s 以上的风速主要源自 SW、WSW 向。

8 月,西南季风已经盛行,SW 风向、WSW 风向占据绝对主导地位,频率分别为 40%、33%。该季节出现频率最高的是 8 m/s 以上的风速,其次是 6~8 m/s。10 m/s 以上的强风出现频率明显高于其余季节,其中 WSW 向、SW 向的 10 m/s 以上强风出现频率分别为 12%、6%。

11 月,该海域已经实现由夏季风向冬季风的转变。出现频率最高的是 NE 向(27%)、ENE 向(26.5%)。出现频率最高的风速是:6~8 m/s 的 NE 风(11%)、6~8 m/s 的 ENE 风(11%)、4~6 m/s 的 ENE 风(8%)、6~8 m/s 的 NE 风(7%)。8 m/s 以上

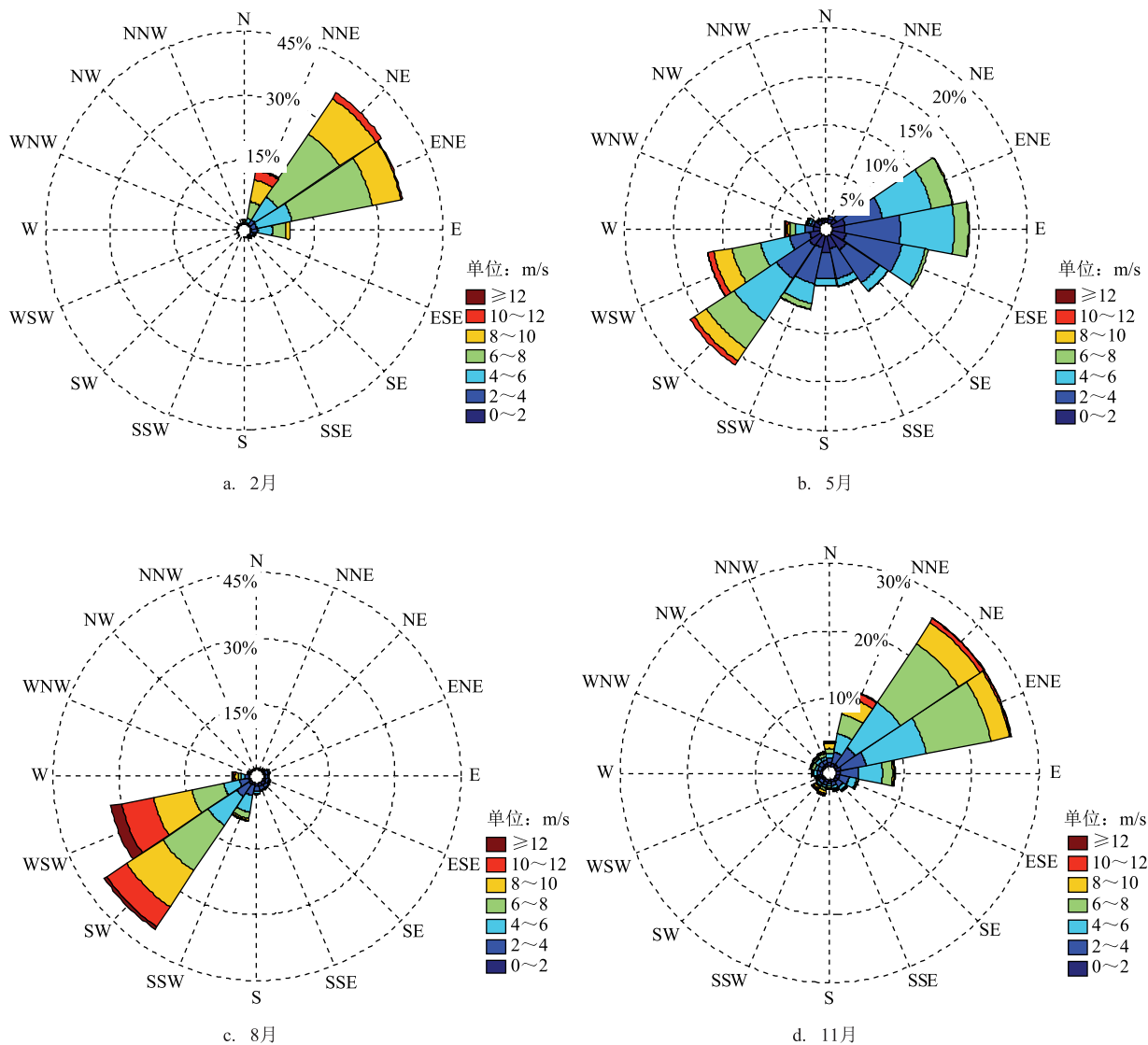


图1 某岛礁不同月份的风玫瑰图

的风速频率相对偏低,主要源自NE、NNE、ENE向。

图1中可以清楚地看到各个季节的强风来向,为了论证工程人员设计的南北向跑道是否容易遭受侧风的影响,将跑道示意叠加到风玫瑰图上(见图2)。显然,2月的强风主要源自NNE向和NE向,与跑道走向存在较大夹角,意味着飞机在这个季节起降极易遭到侧风的影响。同理,8月的强风主要源自SW、WSW向,与跑道走向也是存在明显的大夹角,极易威胁飞机的起降。

这就表明:如果按照南北向的方案建造该跑道(如图2的橘红色长条),飞机在冬季和夏季起降都极易受到侧风的严重威胁。如果以图1作为科学依

据,设计时本着最大限度减小侧风威胁的原则,将跑道走向适当旋转,保持与强风向大体一致(如图2的浅绿色长条),虽会增加一些施工难度,但在建成之后能有效提升飞机起降效率和安全性。

3.2 6级以上大风、6级以上阵风频率

大风尤其是较强的阵风对飞机起降有严重影响,利用近36 a逐6 h的ERA-interim风场资料、逐3 h的ERA-interim阵风资料,统计了该岛礁的6级以上大风频率(6级以上风速出现的时次在所有时次中所占的比例,这里的风速为平均风速)、6级以上阵风频率(6级以上阵风出现的时次在所有时次

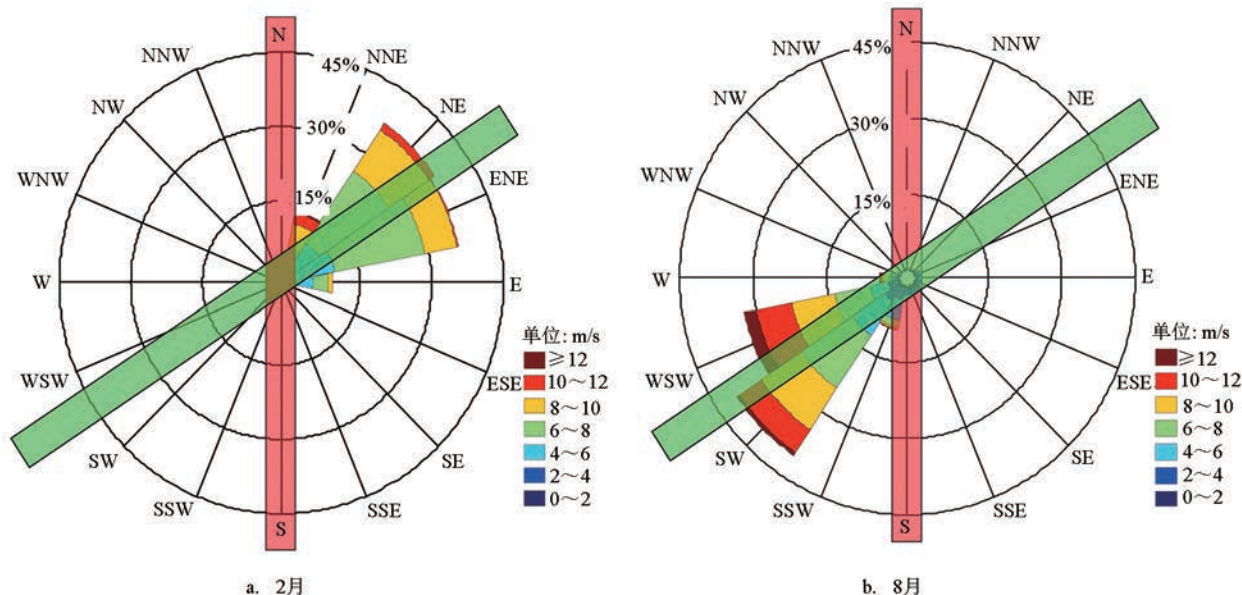


图2 某岛礁的跑道设计走向、强风的风向

(注:橘红色长条为某工程人员依据岛礁地形设计的南北向跑道,浅绿色长条是依据强风向频率而设计的跑道走向)

中所占的比例)。将1979年1月的6级以上大风出现的时次除以该月的总时次(124个时次),得到该月的6级以上大风频率,采用同样的方法,得到多年平均状态下的1—12月的6级以上大风频率;同理,得到多年平均状态下的1—12月的6级以上阵风频率(见图3)。

从图3可以明显看出,6级以上大风频率常年偏低,基本都在5%以内,仅1月、7—8月、12月出现频率相对偏高,但也只有5%~10%。较低的6级以上大风频率表面上对飞机起降是乐观的。但是,通过统计6级以上阵风频率发现,该海域的6级以上阵风频率远大于6级以上大风频率,全年有超过一半的时间(12月—翌年2月、6—9月)6级以上阵风频率大于20%,在有的季节甚至达到50%以上。显然,虽然该海域6级以上大风频率偏低,但较高的6级以上阵风频率依然会对飞机起降造成较大影响,这就更要求在跑道设计时注意规避侧风的影响。

3.3 阵风系数

而在实际的气象预报中,通常预报风速指的是平均风速。统计阵风系数(GI),有利于根据预报的平均风来防范阵风。GI定义为:在某一时刻,观测到的最大阵风风速与相应10 min平均风速之比。

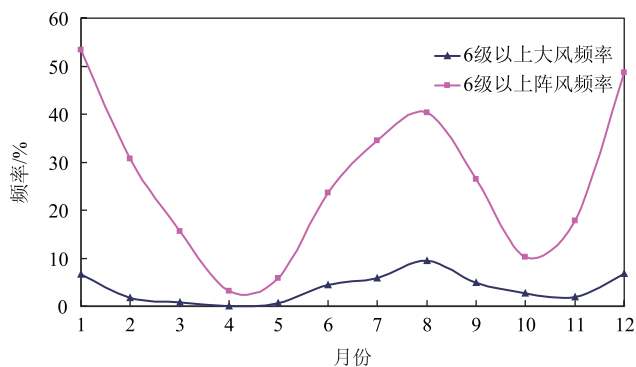


图3 某岛礁各月的6级以上大风、6级以上阵风出现的频率

利用1979年1月1日00:00时的最大阵风风速除以平均风速,得到该时刻的GI,采用同样的方法,利用近36 a(1979—2014年)逐6 h的ERA-interim风场资料、逐3 h的ERA-interim阵风资料,计算得到该岛礁近36 a逐6 h的GI(本文主要计算了当阵风风速大于6级时的GI,简称6级以上GI)。基于近36 a逐6 h的6级以上GI,计算了各个月份的平均6级以上GI、最大6级以上GI、最小6级以上GI(见图4)。

平均6级以上GI(见图4a):表现出一主峰、一次峰的月际变化特征。主峰出现在11月(1.42),次峰出现在7月(1.40)。1—6月,曲线走势平缓,基本

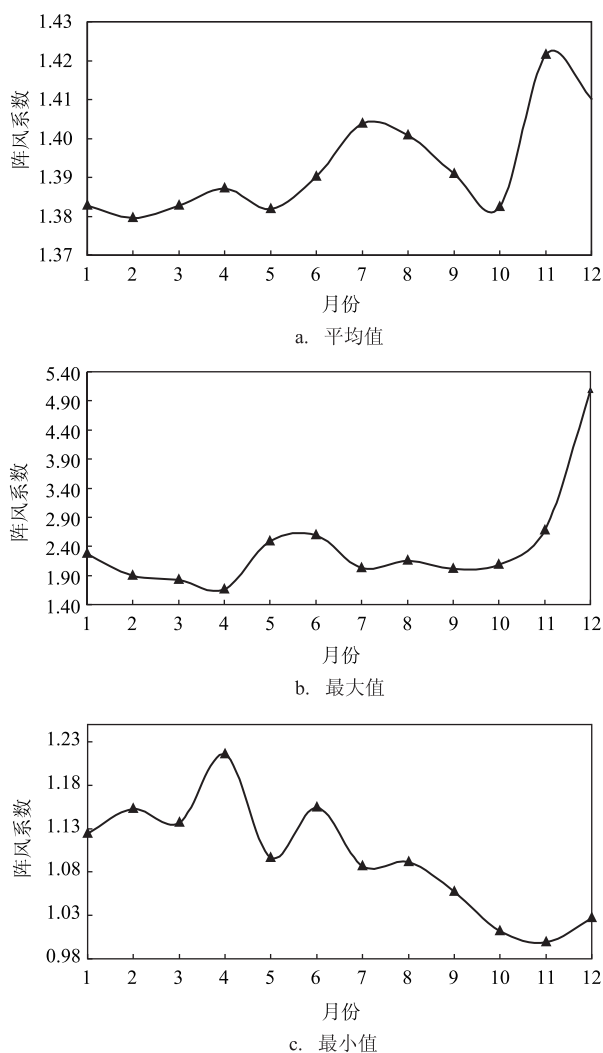


图4 某岛礁各月6级以上阵风系数值

在1.38上下轻微波动。

最大6级以上GI(见图4b):在1—11月曲线变化趋于平缓,在1.6~2.6之间波动,12月为波峰,且明显高于其余月份,能够达到5.1。

最小6级以上GI(见图4c):上半年(1—6月)的波动相对剧烈,在1.08~1.23之间,下半年则表现出递减的走势。波峰出现在4月(1.22),波谷出现在11月(1.00)。

4 结论与展望

本文利用来自ECMWF的ERA-interim风场资料,统计分析了岛礁跑道建设需求下的风候特征,论证岛礁跑道设计的合理性,得到结论:(1)2月和

11月,该海域以NE、ENE风占主导,其中又以6~8 m/s的风速出现频率最高;8 m/s以上的风速也主要源自这两个方向。8月,SW、WSW风占主导;8 m/s以上和10 m/s以上的风速出现频率明显高于其余季节。5月的风速整体偏低;(2)该海域6级以上大风频率常年偏低,但6级以上阵风频率却较高。全年有一半以上的时间6级以上阵风频率大于20%,在有的季节甚至达到50%以上;(3)平均GI的主峰出现在11月(1.42),次峰出现在7月(1.40)。1—6月,曲线走势平缓,基本在1.38上下轻微波动。最大GI在1—11月曲线变化趋于平缓,在1.6~2.6之间波动,12月高达5.1。最小GI在上半年波动剧烈,在1.08~1.23之间,下半年则表现出递减的走势。

综上,该海域的强风主要源自NE-SW走向、ENE-WSW走向,加上较高的6级以上阵风频率,如果依据地形将跑道设计为南北走向,在冬夏两季将遭受严重的侧风威胁。根据本文的统计结果,跑道设计为ENE-WSW走向将更有利于减小风对飞机起降的影响。

由于观测资料极度稀缺,本文所用的ERA-interim资料的分辨率已是目前覆盖大范围海域的最高空间分辨率,但距离实际应用仍有较大差距。因此,在未来的“海上丝路”建设过程中,海洋气象观测资料的采集与整理就显得尤为重要,积极在一系列重要的岛礁附近布设观测站,为海洋工程、“海上丝路”科学研究奠定数据基础。在风场资料方面,需要获取不同高度的风速、风向数据,对湍流、强风向频率、阵风频率、阵风指数等展开更为精细的研究,为战略支撑点建设提供更为精准的科技支撑、辅助决策。

跑道设计是一项复杂的系统性工作,本文仅分析了海表10 m的风场对跑道建设规划的影响,除了近地面的风场分析,未来还需要系统性、精细化地分析不同高度的风速风向特征、岛屿地貌或未来建筑对平均风场的影响、跑道与港口的协调建设等,为跑道规划提供更为贴近实际需求、更科学合理的方案。

参考文献:

- [1] 李崇银. 重视军事水文环境保障的“软”装备[J]. 气象水文装备, 2010, 21(2): 1-3.

- [2] 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:自然科学版,2015,45(9):1-6.
- [3] 张德天,郑崇伟,石岭琳,等. 基于QN风场的1999—2009年中国海表风场研究[J]. 海洋预报,2011,28(4):58-64.
- [4] 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.
- [5] 李培,张弦,俞慕耕. 北印度洋气候特点分析[J]. 海洋预报,2003,20(3):25-30.
- [6] 郑崇伟,李训强,高占胜,等. 经略21世纪海上丝路之海洋环境特征:风候统计分析[J]. 海洋开发与管理,2015,32(8):4-11.
- [7] 郑友华,郑崇伟,李训强,等. 近45年北印度洋海表风、海浪特征研究[J]. 海洋科学,2012,36(8):53-58.
- [8] 刘春霞,何溪澄. QuikSCAT散射计矢量风统计特征及南海大风遥感分析[J]. 热带海洋学报,2003,19(增刊):107-117.
- [9] 郑崇伟. 全球海域大风频率精细化统计分析[J]. 广东海洋大学学报(自然科学版),2013,33(6):77-81.
- [10] Dee D P, Uppala S M, Simmons A J, et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system [J]. Q.J.R.Meteorol.Soc., 2011, 137(656): 553-597.
- [11] Song L N, Liu Z L, Wang F. Comparison of wind data from ERA-Interim and buoys in the Yellow and East China Seas [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2015, 33(1): 282-288.
- [12] ECMWF. ERA-Interim wind data [EB/OL]. http://data-portal.ecmwf.int/data/d/interim_daily/
- [13] 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: 206-214.
- [14] 马永锋,卞林根. ERA-Interim再分析和NCEP FNL分析资料在东南极中山站至 Dome A 断面的适用性研究[J]. 极地研究, 2014,26(4):469-480..

Wind climate analysis under the demand of reef runway construction

ZHENG Chong-wei^{1,2}, GAO Cheng-zhi¹, ZHANG Zhong³, KONG Jie³, WAN Yong⁴

(1. Dalian Naval Academy, Dalian 116018 China; 2. College of Meteorology and Oceanography, People's Liberation Army University of Science and Technology, Nanjing 211101 China; 3. Jiangsu International Sci Tech Cooperation Center, Nanjing 210041 China; 4. College of Information and Control Engineering, China University of Petroleum, Qingdao 266580 China)

Abstract: In order to evaluate the rationality of reef runway construction, taking one reef of the Maritime Silk Road in the 21st century as the research object, based on the ERA-interim wind data from the ECMWF, the (strong) wind direction occurrence, occurrences of average wind speed greater than class 6 and gale wind speed greater than class 6, Gust Index (GI) are systematically analyzed, which provides an assistant Decision-Making and scientific reference for the island and reef construction of the South China Sea and strategic points construction of the 21st Century Maritime Silk Road.

Key words: reef runway; rationality; crosswind; strong wind direction occurrence; Gust Index