

利用多年卫星资料分析青岛和茂名附近海域海面风场变化

姜祝辉^{1,2}, 陈建¹, 程锐¹, 杨成荫³

(1. 地理信息工程国家重点实验室 西安 710054; 2. 中国科学院大气物理研究所 中层大气和全球环境探测重点实验室 北京 100029; 3. 空军哈尔滨飞行学院 哈尔滨 150001)

摘要:文章围绕青岛海洋经济开发和茂名海洋气象基础科学综合试验对附近海域基础环境数据的需求,利用多年卫星资料开展了青岛和茂名附近海域海面风场统计分析研究。结果表明:青岛附近海域风向频率和风速频率最大的方向均为北,相对应的平均风速值为 3.5 m/s;茂名附近海域风向频率最大方向为 ENE,风速频率最大方向为 NNE,茂名附近海域平均风速值全年均大于青岛附近海域平均风速值,研究成果可为开展海洋气象业务观测和科学试验提供基础数据支持,为“一带一路”海上风能资源开发与利用提供决策支撑。

关键词:卫星;青岛;茂名;海面风场;海洋气象业务观测

中图分类号:P732.1;P47 文献标志码:A 文章编号:1005-9857(2020)01-0026-08

The Sea Surface Wind Field Analysis Near the Shore of Qingdao and Maoming by Using Multiyear Satellite Data

JIANG Zhuhui^{1,2}, CHEN Jian¹, CHENG Rui¹, YANG Chengyin³

(1. State Key Laboratory of Geo-information Engineering, Xi'an 710054, China; 2. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, LAGEO, Beijing 100029, China; 3. Harbin Airforce Flight Academy, Harbin 150001, China)

Abstract: Aiming at the basic environmental data demand of Qingdao marine economic development and Maoming marine meteorological basic science comprehensive experiment, the sea surface wind field was analyzed near the shore of Qingdao and Maoming by using multiyear satellite data. The results showed that the maximum wind speed frequency direction and the maximum wind direction frequency direction were all north near the shore of Qingdao, the corresponding average wind speed was 3.5 m/s; the maximum wind direction frequency direction was ENE, and the maximum wind speed frequency direction was NNE near the shore of Maoming. The annual average wind speed near the shore of Maoming was larger than that of Qingdao. The research results could provide basic data support for marine meteorological observation and scientific experi-

收稿日期:2019-07-06;修订日期:2019-12-19
基金项目:地理信息工程国家重点实验室自主研究课题(SKLGIE2018-ZZ-8);中国博士后科学基金(2017M610971)资助课题;第四届高分辨率对地观测学术年会青年创新基金资助课题。
作者简介:姜祝辉,高级工程师,博士,研究方向为卫星海洋遥感与应用

ments, and provide decision-making support for the development and utilization of One Belt and One Road offshore wind energy resources.

Key words: Satellite, Qingdao, Maoming, Sea surface wind, Marine meteorological operational observation

0 引言

青岛作为我国东部沿海城市,连接着全球 180 余个国家和地区的 700 余个港口,是联通“一带一路”的重要港口枢纽,被定位为“新亚欧大陆桥经济走廊主要节点城市”和“海上合作战略支点”,是我国重要的海洋捕捞、海水养殖以及重要的港口城市,对青岛相关的环境研究将会提升我国经济硬实力;位于茂名的博贺海洋气象观测站是我国首个海洋气象科学综合试验基地,为开展海洋气象业务观测和科学试验奠定了基础,在防御海洋气象灾害中开始发挥积极作用。

林刚等^[1]利用 CCMP 资料研究了中国海海表风速的变化趋势以及变化趋势的区域性差异和季节性差异。郑崇伟等^[2]利用欧洲中期天气预报中心的 ERA-Interim 海表 10 m 风场资料,计算巴基斯坦瓜达尔港的风能资源 1979—2014 年的历史变化趋势,并利用线性回归和 BP 神经网络两种方法,对该港的风能资源进行长期年度预测。郑崇伟^[3]基于来自欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的 ERA-Interim 风场资料,综合考虑风能密度的大小、资源的可利用率、富集程度、稳定性、资源储量,对“21 世纪海上丝绸之路”的风能气候特征展开了系统性研究。肖晶晶等^[4]基于 1988—2011 年的 CCMP 卫星资料对中国海域的风能资源进行了分析评估,研究了中国海域风能资源的空间格局及气候变化特征并进行风能资源区划。

常用的海面风场资料有 NCEP (National Centers for Environmental Prediction)、ERA-40 (ECMWF re-analysis of the global atmosphere and surface conditions for 45-years)、QN (QSCAT/NCEP Blended Ocean Winds)、CCMP (Cross-Calibrated Multi-Platform Wind Vector Analysis)等。NCEP 风场和 ERA-40 风场分辨率较低,QN 混合风场具有较高精度,但时间序列短,仅有 10 年,

CCMP 风场具有分辨率高,时间序列长等优点。本研究采用的 CCMP 风场资料来自美国 Jet Propulsion Laboratory,数据下载链接为 <https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/drive/login?dest=L2RyaXZlL2ZpbGVzL2FsbERhdGEvY2NtcA>。CCMP 风场结合了 ADEOS-II、QuikSCAT、TMI、AMSR-E、SSM/I 等多种资料^[5],利用变分方法^[6]得到。CCMP 风场空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。空间范围为 $-78.375^{\circ}\text{N}-78.375^{\circ}\text{N}, 0.125^{\circ}-359.875^{\circ}\text{E}$,时间范围为 1987 年 7 月至 2011 年 12 月。

常用的平均风向 4 种计算方法分别是算术平均法、标量平均法、单位矢量法和矢量法。邱传涛等^[7]利用现场观测资料对上述 4 种方法的计算结果进行比较,结果表明:算术平均法加大了偏南风的比重,另外在风向变化 360° 时有可能出现较大的误差,矢量法的结果最好,本研究采用矢量法开展统计分析研究。

本研究采用迄今为止所有可下载使用的 CCMP 月平均资料开展青岛和茂名附近海域海面风场统计分析研究,为开展海洋气象业务观测和科学试验提供基础数据支持,为“一带一路”海上风能资源开发与利用提供决策支撑。

1 青岛附近海域海面风场统计分析

为实现数据选取的代表性及准确性,通过分析青岛市最邻近海域月平均海面风场 24 年有效值点,选取坐标点($35.875^{\circ}\text{N}, 121.125^{\circ}\text{E}$)上的海面风场作为青岛周边海域海面风场采样点。

1.1 青岛附近海域海面风速统计分析

为分析 1 年中青岛附近海域每个月风速变化情况,本研究统计了 1987 年 12 月至 2011 年 12 月青岛附近海域月平均风速(图 1)。最大风速值出现在 1 月,约为 4.2m/s ,最小风速值出现在 4 月,约为 1.0m/s 。整体趋势是从 1 月开始月平均风速值逐渐减小,直到 4 月达到最小值,5 月缓慢上升,8 月和 10 月分别达到极小值,随后月平均风速逐渐上升到

极大值点。

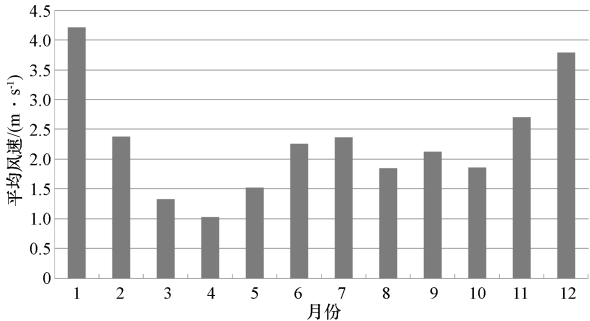


图1 青岛附近海域月平均风速统计

风速呈年际周期性变化,一般冬季平均风速值大,夏季平均风速值小。月平均最大风速值为 11.9 m/s,出现在 1987 年 12 月。月平均最小风速值为 0.1 m/s,出现在 2006 年 3 月。导致该月平均风速过小的原因在于在风场平均过程中采用的是矢量平均,如 2 m/s 的东西风平均值为 0 m/s。图 2 中 3 月的平均风速为 1.3 m/s,并不是全年中较低的,以此推断,2006 年 3 月可能出现了一次较大的风向变化。

1.2 青岛附近海域风玫瑰图统计分析

风玫瑰图是指在极坐标底图上点绘出的一个地区在某一时段内各种风向出现频率或各种风向的平均风速的统计图。前者称为风向玫瑰图,后者称为风速玫瑰图。16 个风向可用坐标的 16 个方位表示。绘制风向玫瑰图时,先在 16 个方位上,按一定的比例,标出各个方位上风向频率,联结各点成一封闭折线,频率最高的方位,表示该风向出现次数最多。风速玫瑰图类似,先在 16 个方位上,按一定的比例,标出各个方位上风速的大小,联结各点成一封闭折线,频率最高的方位,表示该风向的风速最大。

为全面分析青岛附近海域海面风场情况,下面针对所有资料全年、代表冬季的 1 月、代表春季的 4 月、代表夏季的 7 月和代表秋季的 10 月 5 个方面开展风玫瑰统计分析。

1.2.1 全年风玫瑰统计分析

利用 1987 年 7 月至 2011 年 12 月的 CCMP 资料,统计青岛附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图(图 2 和图 3)。图 2 表明在统计的 24

年中,风向频率最大的方向为“N”,即北风,存在较少频率的西北风、南风等。从图 3 中可见,在图 2 中风向频率较大的“N”处,相应的风速也是较大的,平均风速为 3.5 m/s 左右,其他方向的风速在 3 m/s 以下。值得注意的是,在“WSW、ESE”两个方向上,图 2 中风向频率相对来说较低,而在图 3 中可见,这两个方向虽然数据少,但是其平均风速仍有 0.4~2 m/s。

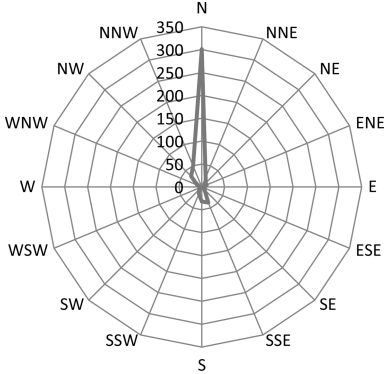


图2 青岛附近海域全年风向玫瑰图

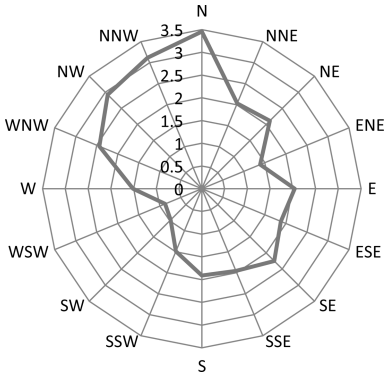


图3 青岛附近海域全年风速玫瑰图

1.2.2 1 月风玫瑰统计分析

为便于统计计算,利用 1987 年 12 月至 2011 年 12 月的 CCMP 资料,统计 1 月青岛附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图(图 4 和图 5)。

从图 4 可见,1 月风向集中在“N、NNW、NW”3 个方向上,尤其“N”方向上占比最大,即冬季青岛附近海域吹北风的概率最大。

从图 5 可以看出,1 月“NNW”风速最大,达 3.5m/s,“NW”次之,为 2.7m/s 左右,“N”最小,其他方向统计结果为 0m/s。

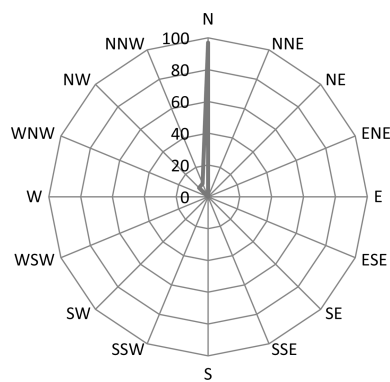


图 4 青岛附近海域 1 月风向玫瑰图

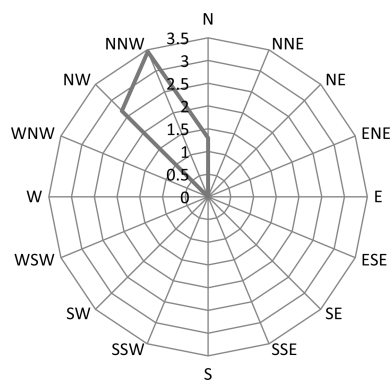


图 5 青岛附近海域 1 月风速玫瑰图

1.2.3 4 月风玫瑰统计分析

统计 4 月青岛附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图(图 6 和图 7)。从图 6 中可见,春季最大风向为“SSW”,“S”方向次之,“ENE、W、SSE、WSW”4 个方向有少量分布。从图 7 中可见,风向频率最高的方向“SSW”并非风速最大的方向,风速最大的地方位于“SW”方向上。

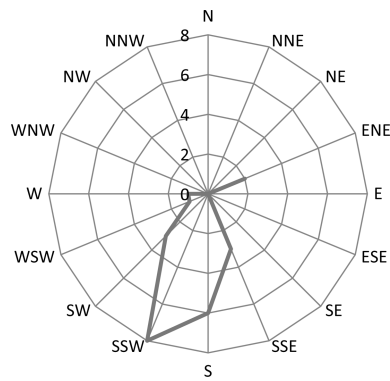


图 6 青岛附近海域 4 月风向玫瑰图

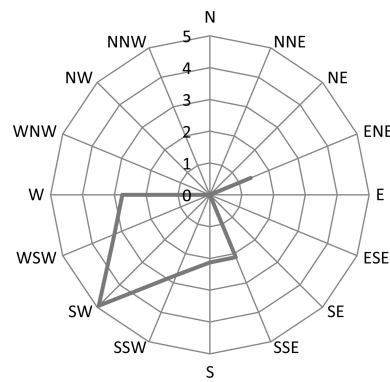


图 7 青岛附近海域 4 月风速玫瑰图

1.2.4 7 月风玫瑰统计分析

统计 7 月青岛附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图(图 8 和图 9)。

从图 8 可见,7 月风向集中在“SSW、S、SSE、SE”等方向上,相比春季,青岛附近海域海面风向逆时针转向,尤其“SSE”方向占比最大,即夏季青岛附近海域吹“SSE”的概率最大。

从图 9 可见,7 月“SE”(即西南风)风速最大,为 4.8m/s 左右,“SSW、S、SSE”3 个方向次之,“SSW”方向最小,其他方向统计结果为 0m/s。

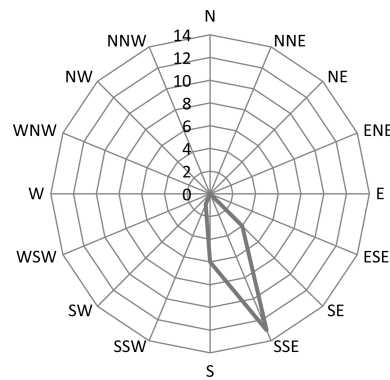


图 8 青岛附近海域 7 月风向玫瑰图

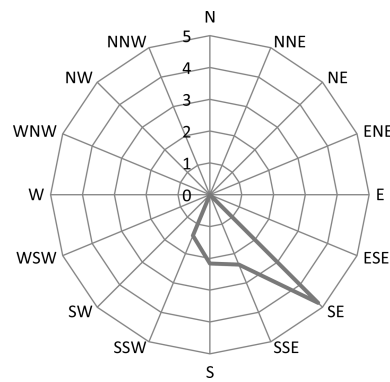


图 9 青岛附近海域 7 月风速玫瑰图

1.2.5 10 月风玫瑰统计分析

统计 10 月青岛附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图(图 10 和图 11)。

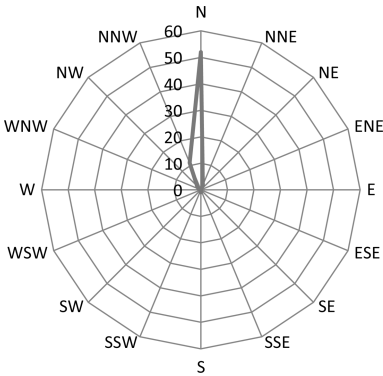


图 10 青岛附近海域 10 月风向玫瑰图

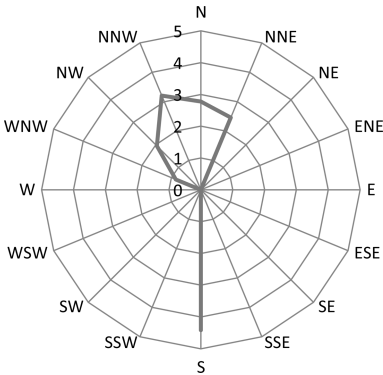


图 11 青岛附近海域 10 月风速玫瑰图

从图 10 可见,秋季青岛附近海域风向在向北方转向,风向多数集中在“N”方向,少量集中在“NNW”方向。综合图 10 和图 11 可见,风速玫瑰图中南风平均风速较大,而风向玫瑰图中该方向频率仅为 1。经数据提取,该数据为 2006 年 10 月数据。2006 年 3 月平均风速很小,可能 2006 年出现了异常系统性天气。

2 茂名附近海域海面风场统计分析

为实现数据选取的代表性及准确性,通过分析 与茂名市最邻近海域月平均海面风场 24 年有效值点,选取坐标点(20.625°N,111.625°E)上的海面风场作为茂名周边海域海面风场采样点。

2.1 茂名附近海域海面风速统计分析

为分析一年中茂名附近海域每个月风速变化情况,统计了 1987 年 12 月至 2011 年 12 月茂名附

近海域月平均风速(图 12)。最大风速值出现在 12 月,约为 8 m/s,最小风速值出现在 8 月,约为 2.5 m/s。整体趋势是从 1 月开始月平均风速值逐渐减小,直到 5 月达到最小值,6 月缓慢上升,8 月和 9 月达到极小值,随后月平均风速逐渐上升到极大值点。

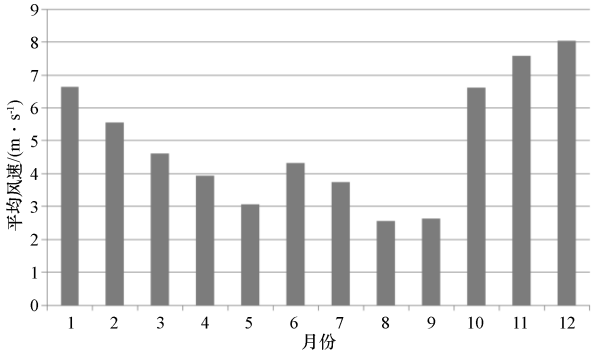


图 12 茂名附近海域月平均风速统计

风速呈年际周期性变化,一般冬季平均风速值大,夏季平均风速值小。月平均最大风速值为 12.2 m/s,出现在 1987 年 12 月。月平均最小风速值为 0.3 m/s,出现在 1992 年 8 月。

总体而言,茂名附近海域平均风速值全年均大于青岛附近海域平均风速值。

2.2 茂名附近海域风玫瑰统计分析

为全面分析茂名附近海域海面风场情况,下面针对所有资料全年、代表冬季的 1 月、代表春季的 4 月、代表夏季的 7 月和代表秋季的 10 月开展风玫瑰统计分析。

2.2.1 全年风玫瑰统计分析

利用 1987 年 7 月至 2011 年 12 月的 CCMP 资料,统计茂名附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图见图 13 和图 14。图 13 表明了统计的 24 年中,风向频率最大的方向为“ENE”,存在较少频率的“SSW、S、SSE、SE、ESE、E”,而西风、西北风、北风频率近乎 0。从全年风速玫瑰图可见,茂名附近海域海面风向统计与青岛附近海域海面风向统计相比有较大差别,可能与两者所处地形有关。从图 14 中可见,风速最大值出现在“NNE”处,平均风速为 12.2 m/s 左右,其频率却很低,其他方向的风速在 6 m/s 以下。

2.2.2 1 月风玫瑰统计分析

统计 1 月茂名附近海域海面风场风向玫瑰图和

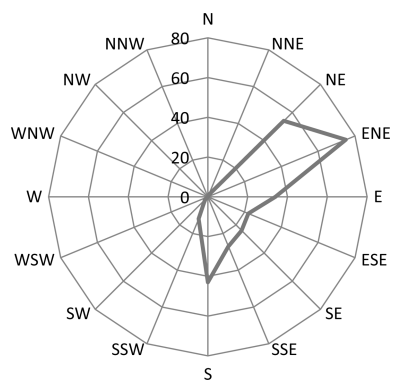


图 13 茂名附近海域全年风向玫瑰图

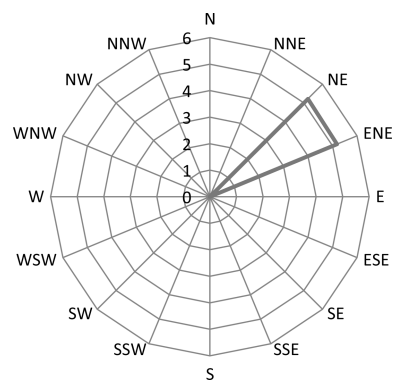


图 16 茂名附近海域 1 月风速玫瑰图

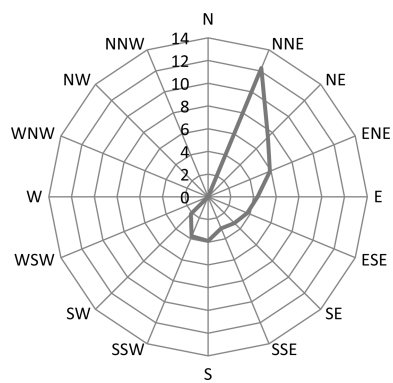


图 14 茂名附近海域全年风速玫瑰图

风速玫瑰图(图 15 和图 16)。

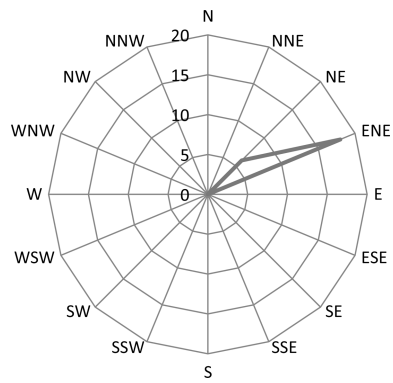


图 15 茂名附近海域 1 月风向玫瑰图

从图 15 可见,1 月风向集中在“NE、ENE”两个方向上,尤其“ENE”方向上占比最大,即冬季茂名附近海域吹“ENE”的概率最大。

从图 16 可见,1 月“NE、ENE”两个方向上风速平均值相差无几,为 5.2 m/s 左右,其他方向统计结果为 0 m/s。

2.2.3 4 月风玫瑰统计分析

统计 4 月茂名附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图(图 17 和图 18)。从图 17 中可见,春季风向顺时针转向,最大风向为“SE”,“ESE”方向次之,“E、SSE”两个方向有少量分布。从图 18 中可见,风向频率最高的方向“SE”并非风速最大的方向,风速最大的地方位于“SSE”方向,为 6.4 m/s 左右。

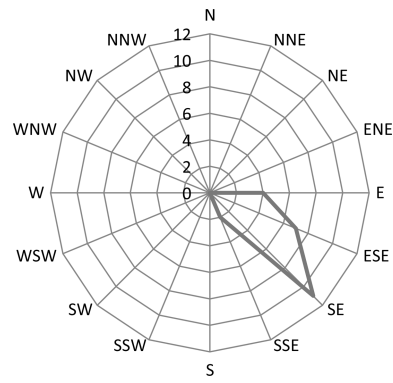


图 17 茂名附近海域 4 月风向玫瑰图

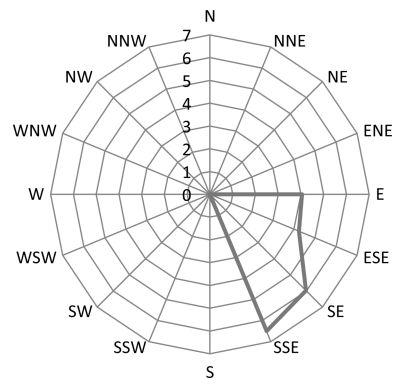


图 18 茂名附近海域 4 月风速玫瑰图

2.2.4 7 月风玫瑰统计分析

统计 7 月茂名附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图(图 19 和图 20)。

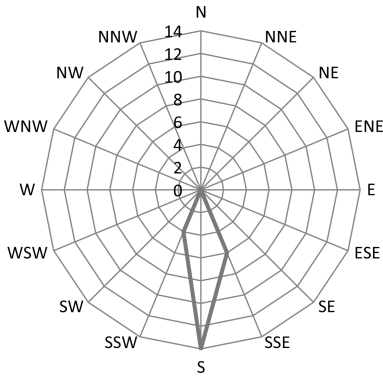


图 19 茂名附近海域 7 月风向玫瑰图

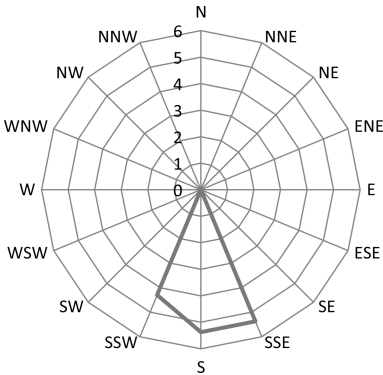


图 20 茂名附近海域 7 月风速玫瑰图

从图 19 可见,7 月风向集中在“SSE、S、SSW”等 3 个方向上,相比春季,茂名附近海域海面风向继续向南转向,尤其“S”方向上占比最大,即夏季茂名附近海域吹南风的概率最大。

从图 20 可见,7 月“S、SSE”风速最大,为 5.3 m/s 左右,“SSW”方向次之,其他方向统计结果为 0 m/s。

2.2.5 10 月风玫瑰统计分析

统计 10 月茂名附近海域海面风场风向玫瑰图和风速玫瑰图(图 21 和图 22)。

从图 21 可见,秋季茂名附近海域风向从东北方向转向,风向多数集中在“NE、ENE”方向。综合图 5 可见,冬季风向将在东北风方向徘徊,然后春夏秋冬周而复始。从图 22 可见,秋季“ENE、NE”两个方向上的平均风速在 4.6~6 m/s。

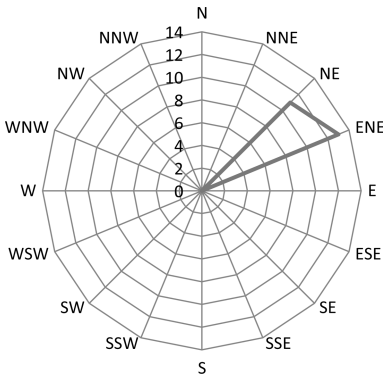


图 21 茂名附近海域 10 月风向玫瑰图

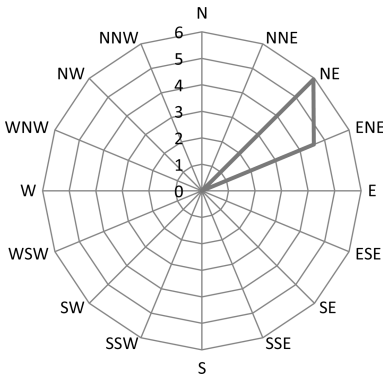


图 22 茂名附近海域 10 月风速玫瑰图

3 总结

本研究采用迄今为止所有可下载使用的(即 1987 年 7 月至 2011 年 12 月)CCMP 月平均资料开展青岛和茂名附近海域海面风场统计分析研究,结果表明:

(1)青岛附近海域月平均最大风速值出现在 1 月,约为 4.2 m/s,最小风速值出现在 4 月,约为 1.0 m/s。整体趋势是从 1 月开始月平均风速值逐渐减小,直到 4 月达到最小值,5 月缓慢上升,8 月和 10 月分别达到极小值,随后月平均风速逐渐上升到极大值点。

(2)青岛附近海域冬季风向频率最大的方向为“N”,即北风,相对应的平均风速值为 3.5 m/s;春季风向频率最大的方向为“SSW”,相对应的平均风速值约为 2.7 m/s;夏季风向频率最大的方向为“SSE”,相对应的平均风速值约为 2.5 m/s;秋季风向频率最大的方向为“N”,相对应的平均风速值约为 2.8 m/s。

(3)茂名附近海域最大风速值出现在 12 月,约为 8 m/s,最小风速值出现在 8 月,约为 2.5 m/s。整体趋势是从 1 月开始月平均风速值逐渐减小,直到 5 月达到最小值,6 月缓慢上升,8 月和 9 月达到极小值,随后月平均风速逐渐上升到极大值点。

(4)茂名附近海域冬季风向频率最大的方向为“ENE”,相对应的平均风速值为 5.2 m/s;春季风向频率最大的方向为“SE”,相对应的平均风速值约为 6 m/s;夏季风向频率最大的方向为“S”,相对应的平均风速值约为 5.5 m/s;秋季风向频率最大的方向为“ENE”,相对应的平均风速值约为 4.6 m/s。

(5)总体而言,茂名附近海域平均风速值全年均大于青岛附近海域平均风速值,两处海域风向变化可能与地形相关。

参考文献

[1] 林刚,郑崇伟,邵龙潭,等.南中国海海表风速长期变化趋势

[J].解放军理工大学学报(自然科学版),2013,14(6):704—708.
[2] 郑崇伟,高悦,陈璇.巴基斯坦瓜达尔港风能资源的历史变化趋势及预测[J].北京大学学报(自然科学版),2017,53(4):617—626.
[3] 郑崇伟.21 世纪海上丝绸之路:风能资源详查[J].哈尔滨工程大学学报,2018,39(1):16—22.
[4] 肖晶晶,李正泉,郭芬芬,马浩.基于 CCMP 卫星资料的中国海域风能资源分析[J].海洋预报,2017(1):9—18.
[5] ATLAS R, Hoffman R N, Ardizzone J, Leidner S M, Jusem J C, Smith D K, Gombos D. A cross-calibrated, multiplatform ocean surface wind velocity product for meteorological and oceanographic applications[J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 2011(92): 157—174.
[6] NOCEDAI J, WRIGHT S T. Numerical Optimization[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2006.
[7] 邱传涛,李丁华.平均风向的计算方法及其比较[J].高原气象, 1997(1):94—98.