

一种新型风玫瑰的设计及其对海洋站风场数据的应用^{*}

陈超辉,姜勇强,何宏让,周祖刚,黄红艳,桂发银

(解放军理工大学气象海洋学院 南京 211101)

摘要:海表风场是海洋水文保障、海洋防灾减灾最为关注的要素之一,统计风速、风向频率可以为科学研究、海洋工程等提供实用的参考价值。风玫瑰作为一种风的专业统计图表,是用来定量分析某地一段时期内风向、风速特征。文章通过分析风玫瑰图的物理实质,设计了一种新型的风玫瑰。结果表明:该新型的风玫瑰能够同时直观表达风向与风速的统计特征,并能直观地给出主导风向上的主体风速以及区域风场的极端状况,具有清楚的物理意义,从风玫瑰图所含的信息看,它扩充了经典风玫瑰的内涵。

关键词:风玫瑰图;风向频率;平均风速;主导风向

中图分类号:P731.2;P732 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-9857(2015)06-0071-0004

1 引言

风玫瑰是绘制在极坐标底图上的某一地区在某一时段内各风向出现的频率或各风向的平均风速的统计图。通常按其所表达的内容可分为风向玫瑰、风速玫瑰和风频风速玫瑰。在风向玫瑰图中,频率最大的方位,表示该风向出现次数最多。常见的风向玫瑰图是一个圆,圆上引出 16 条放射线,代表 16 个不同方向,即将罗盘上 360°方位按照每 22.5°一格划分成 16 格,并将各个风向统计到这 16 个方向上,然后将各相邻方向的端点用直线连接起来的闭合折线,即为风向玫瑰图。它所描述的风向,是指从四周吹向该地区的方向,各方向风的频率以相应比例长度表示(用极坐标系中的半径长度表示),静风的频度放在中间。风速玫瑰图与风向玫瑰图类似,不过前者的统计对象是各方向的风速大小,即风速玫瑰图中极坐标的半径表示各方向的平均风速。风频风速玫瑰图是在一个玫瑰图中同时表达风频和风速,即在每一方向上用线段的长度表示风频,用线段末段的风羽表示该方向上的平均风速。

风玫瑰图应用非常广泛,它在天气分析^[1]、气候评价、风能利用^[2]、城市规划^[3]、建筑设

计^[4]、环境评估、卫生工程学^[5-6]、污染扩散^[7]、消防监督、海洋能开发^[8-11]以及防灾减灾^[12-13]等方面具有重要参考价值。例如,在海洋风能利用方面,风玫瑰是风能资源评估的主要工具以及风电场前期建设必不可少的步骤;在城市规划及建筑布局方面,可以根据风玫瑰图确定大型易燃与可燃气体和液体的贮罐、材料堆场,以及散发可燃气体的生产厂房或物品库房及生活区的位置;可以在生产易燃、易爆物品及散发可燃气体的工厂选址、建审及厂区整体规划时,根据风玫瑰图考虑风向对生产装置、工艺流程以及相邻企业的生产和厂区生活区的影响;还可以根据风玫瑰图在某地主导风向的上风口适当位置安装雷电拦截装置,对雷电流进行高位吸引,实现区域防雷。

随着风玫瑰应用的不断细化和深入,当前风玫瑰的内涵愈来愈难满足实际需求,不足主要表现在 4 个方面:① 风向与风速在一个传统的玫瑰图中一般不能同时表达,要想获取风场综合信息,必须同时提供风向和风速玫瑰图;② 风速玫瑰图所表达的内容是各个方向的平均风速,而仅以平均风速难以反映各个方向风场特征全貌;③ 风频风速玫瑰图上尽管给出了风频和风速,但

^{*} 基金项目:国家自然科学基金项目(41205073,41275099,41205074,41275012)。

其风速仍只是各个方向的平均风速,它的表达形式也比较简单;④ 传统风玫瑰的绘制需要人为给定静风风速,加之静风风速的选取主观性较大,易给玫瑰图的绘制带来不确定性。

本研究通过分析风玫瑰图的物理实质,设计了一种同时能够更科学、更直观地表达风向与风速的统计特征的新型风玫瑰图,并以中国近海某海洋站风场数据为例,展示了其初步应用,以期 为相关研究及应用提供重要参考。

2 资料及方法介绍

以中国近海某自动气象站(简称海洋站 A)探测数据为例(站点位置及中国近海的地形特征见图 1),探测时间为 2012 年 10 月整月,时间分辨率为分钟,每隔 1 min 提取仪器 10 min 平均风向与 10 min 平均风速探测数据,文中玫瑰图用 16 个罗盘方位表示,其风向与角度分布见表 1。

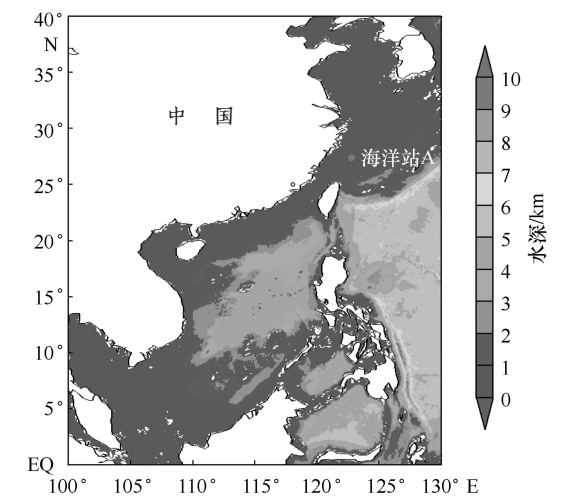


图 1 中国近海的地形特征及海洋站 A 的地理位置

按照经典的风玫瑰绘制原理,风玫瑰图中主要包含风向频率、风向以及平均风速 3 个要素。风向频率计算采用式(1),其中 D_n 为 n 方向上的风向频率, f_n 表示在所统计时段内, n 方向上风观测到的次数, C 为所统计时段内观测到的静风次数,静风风速值一般靠经验给定。各个方向的平均风速计算(除静风外)采用式(2),其中 $\overline{V}_n$ 表示 n 方向上的平均风速, $n = 1, \dots, 16$, V_{mi} 表示在所统计时段内在 n 方向上观测到的第 i 次风的风速。静风平均风速计算采用式(3),其中 $\overline{V}_C$ 表示在所统计时段内静风平均风速, V_{Ci} 为统计时

段内观测到的第 i 次静风风速。综合传统的风玫瑰绘制原理可知,静风风速临界值选取不同,玫瑰图上风向风速表达效果也千差万别。

$$D_n = f_n / (\sum_{n=1}^{16} f_n + C)$$

(1)

$$\overline{V}_n = \sum_{i=1}^{f_n} \frac{V_{mi}}{f_n}$$

(2)

$$\overline{V}_C = \sum_{i=1}^C \frac{V_{Ci}}{C}$$

(3)

基于上述分析,本研究设计新型风玫瑰图的算法步骤如下:① 收集与整理统计时段内的风速风向观测数据;② 在极坐标平面上,以 16 个风向方位的刻度线为中心,正负各 11.25° 划分风向区间;③ 将收集与整理的风向风速数据统计到 16 个风向区间;④ 将各风向区间的统计结果视为对应风向方位刻度线上的统计结果;⑤ 由于静风风速临界值的选取人为主观性较大,故新型玫瑰图中不论风速值多小,一律按其风向方位统计,并在该风向方位上多彩分级绘制风速,以反映风速的全貌。

表 1 玫瑰图中风向与角度分布(正北风为 0° 或 360°)

风向	角度/ $^\circ$
N	$-11.25 \sim 11.25$
NNE	$11.25 \sim 33.75$
NE	$33.75 \sim 56.25$
ENE	$56.25 \sim 78.75$
E	$78.75 \sim 101.25$
ESE	$101.25 \sim 123.75$
SE	$123.75 \sim 146.25$
SSE	$146.25 \sim 168.75$
S	$168.75 \sim 191.25$
SSW	$191.25 \sim 213.75$
SW	$213.75 \sim 236.25$
WSW	$236.25 \sim 258.75$
W	$258.75 \sim 281.25$
WNW	$281.25 \sim 303.75$
NW	$303.75 \sim 326.25$
NNW	$326.25 \sim 348.75$

易知,所设计的新型风玫瑰图理论上较经典的风玫瑰图具有以下优点:① 能够同时科学、直观地表达风向和风速两个要素;② 玫瑰图上反映的风速要素不再是平均风速,而是风速全貌,即能够直接从

新型玫瑰图上读出区域主导风向以及主导风向上的主体风速特征;③ 避免了静风风速临界值选取的主观性,即把静风信息包含在各风向方位风速的第一级显示结果中,无需在玫瑰图上单独表达。

3 玫瑰图对比分析

在绘制经典的风玫瑰图之前,首先需要人为确定静风风速临界值。表 2 为选取不同的静风风速临界值,利用 A 海洋站 2012 年 10 月整月的风向与风速观测数据,计算得到的静风风频。据表中数据分析可得,静风风速选取的多样性会导致经典风玫瑰图内容表达的不确定性。

表 2 选取不同静风风速临界值得到的静风风频

静风风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	静风风频/%
0.5	1.25
1.0	4.34
1.5	8.23
2.0	12.07
2.5	16.12

下面,重点分析经典风玫瑰与本研究设计的新型风玫瑰两者在表达内容和方式上的不同及其各自的优劣。为讨论方便,文中经典风玫瑰的静风风速临界值取为 2 m/s。

图 2 为 2012 年 10 月静风风速临界值取为 2 m/s 时的传统风向玫瑰图,从图 2 可直观得出风向的统计特点,即 2012 年 10 月该区域的主导

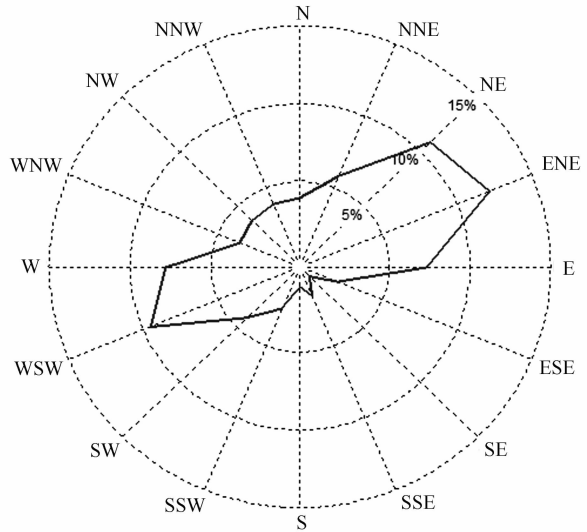


图 2 2012 年 10 月静风风速临界值取为 2 m/s 时的经典风向玫瑰图

风向为 ENE 风与 WSW 风。

图 3 为 2012 年 10 月静风风速临界值取为 2 m/s 时的传统风速玫瑰图,从图 3 可直观得出,各个风向方位除静风以外统计得到的平均风速,还可发现图上各个方向方位的平均风速差异非常小。按照经典的分析思路,结合风向玫瑰图 2 和风速玫瑰图 3,仅能做出该区域主导风向以及该方向上平均风速的结论,而难以判断主导风向上的主体风速,以及难以掌握该区域各个方向风向及风速的统计全貌,尤其不能给出区域各个方位风场的极端状况。

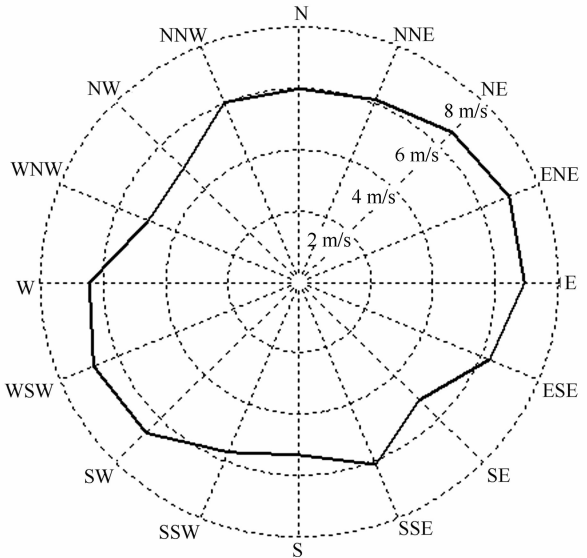


图 3 2012 年 10 月静风风速临界值取为 2 m/s 时的经典风速玫瑰图

图 4 为本研究设计的 2012 年 10 月新型风玫瑰图,从图 4 不仅可直观分析出该区域的主导风向,还可明显得出该主导风向上的主体风速为 6~10 m/s,以及可判断出该主导风向上 10~12 m/s 的风速所占比例也不低,不能忽略;再者,从所有风向方位的风速分布看,风速值存在 18~20 m/s 的极端情况。此外,与经典的风向、风速玫瑰图相比,新型风玫瑰提供的风场信息更全面,而且仅用一图可同时表达风向和风速,还无需考虑根据地域特点如何确定静风风速。

在得到主导风向上的主体风速的基础上,若需重点分析各个风向方位的风速整体分布信息,还可依据论文设计的新型风玫瑰算法,进一步将各个风向方位的风频除以其本身,进行归一化,然后在各个风向方位上进行多彩分级绘制风速,即可得到一种标准化的风玫瑰,它能够清晰地得

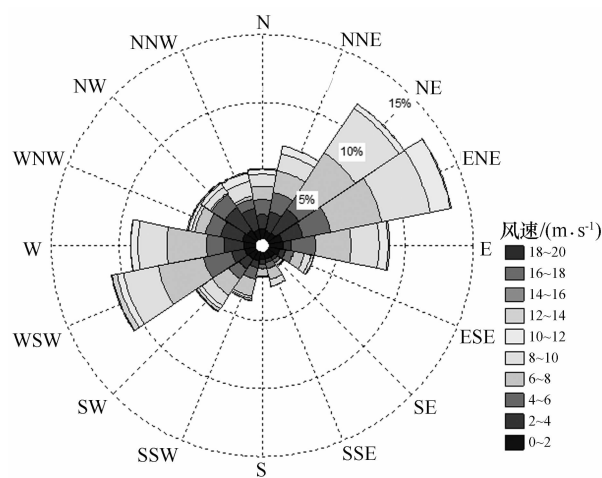


图 4 2012 年 10 月的新型风玫瑰图

出各个方位的风速整体分布特点(图 5)。

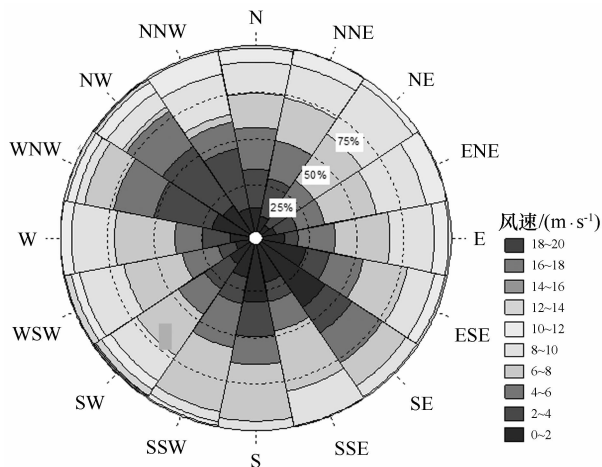


图 5 2012 年 10 月的新型标准化风玫瑰图

例如,对于 ENE 风,可直观得出 6~10 m/s 的风速占该方位 50% 以上,10~12 m/s 的风速占该方位 12.5% 左右。

4 结论

本研究通过分析经典风向玫瑰图和风速玫瑰图所表达的内容,设计了一种新型的风玫瑰图,并以中国近海某海洋站风场数据为例,对经典风玫瑰图和新型风玫瑰图进行了对比分析,得出以下主要结论。

(1)新型的风玫瑰能够科学、直观地同时表达风向与风速两个要素的统计特征,并能直观地给出主导风向上的主体风速,还能给出区域风场的极端状况,较传统的风玫瑰更能满足实际需求,具有里程碑式的进步。

(2)从风玫瑰图所包含的信息看,新型风玫瑰扩充了当前风玫瑰的内涵,明显提高了对风场的表达能力。

论文中采用的风场数据虽然是某海洋站 2012 年 10 月的风场观测数据,但是换作其他海洋测站给定统计时段内的数据同样会得到类似的结论。并且随着风场信息应用的不断细化和深入,本研究所设计的新型风玫瑰在海洋水文保障、天气分析、工业计划、设计与生产(如,海洋风力发电等)等诸多领域愈来愈能够发挥重要作用,值得进一步研究和推广。

参考文献

[1] 王建庄,余秀娟,谭光洪,等. 风向玫瑰图的精确绘制[J]. 广东气象,2010,32(5):48—49.

[2] 任年鑫,孙英伟,欧进萍. MM5 模式在大连近海风资源评估中的应用[J]. 可再生能源,2011,29(2):107—111.

[3] 王新生. 浅谈风玫瑰图在城市规划中的应用[J]. 武测科技,1994(3):35—38.

[4] 何淑英,雷波. 浅谈风玫瑰在石油站场设计中的应用[J]. 科技创新导报,2009,16:79—81.

[5] 周志祥,魏泽义,廖可文. 风向玫瑰图及其在卫生工程中的应用(待续)[J]. 中国卫生工程学,2003,2(1):35—36.

[6] 周志祥,魏泽义,廖可文. 风向玫瑰图及其在卫生工程中的应用(续前)[J]. 中国卫生工程学,2003,2(2):99—101.

[7] 阴俊,谈建国. 上海地区地面风向对空气污染物浓度的影响[J]. 气象科技,2003,31(6):366—369.

[8] 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.

[9] 郑崇伟,李训强. 基于 WAVEWATCH—III 模式的近 22 年中国海波浪能资源评估[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版,2011,41(11):5—12.

[10] 郑崇伟,潘静. 全球海域风能资源评估及等级区划[J]. 自然资源学报,2012,27(3):364—371.

[11] ZHENG C W, ZHUANG H, LI X, et al. Wind energy and wave energy resources assessment in the East China Sea and South China Sea [J]. Science China Technological Sciences, 2012, 55(1): 163—173.

[12] 郑崇伟,潘静,黄刚. 利用 WW3 模式实现中国海击水概率数值预报[J]. 北京航空航天大学学报,2014,40(3):314—320.

[13] 郑崇伟,潘静,黎鑫,等. 1988—2009 年中国海大浪频率对厄尔尼诺的响应[J]. 海洋通报,2014,33(2):140—147.