

经略“21 世纪海上丝绸之路”:综合应用平台建设

郑崇伟¹,孙威²,陈璇³,张仲⁴,孔洁⁴

(1. 海军大连舰艇学院 大连 116018;2. 解放军理工大学杂志社 南京 210007;
3. 解放军 75822 部队 广州 510510;4. 江苏省国际科技合作中心 南京 210041)

摘要:由于缺乏系统性的基础理论支撑,目前国内外尚无专业的“21 世纪海上丝绸之路”综合应用系统,而远洋航海、战略支撑点建设、海洋工程设计、海洋资源开发、防灾减灾等对这方面的需求尤为迫切。文章首先探析“海上丝路”综合应用平台建设的重要性、紧迫性,规划构建涵盖海洋环境、资源、人文、地理、经济、法律案例的综合性“海上丝路”大数据,为国内和国际同行的“海上丝路”研究提供数据基础;进一步以海洋大数据为支撑,融入团队前期系列研究成果,规划构建贴近实用、查询便捷、理论体系完善的“海上丝路”综合应用平台,增强我国的海洋建设能力、海权维护能力、对南海局势的掌控能力,落实国家战略,切实呼应党中央提出的加强“一带一路”学术研究、理论支撑、话语体系的建设要求,为迈向深蓝提供科技支撑、辅助决策,助力人类社会的繁荣进步。

关键词:21 世纪海上丝绸之路;一带一路;大数据;综合应用平台;海洋战略

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2017)02-0052-06

The Strategy of Maritime Silk Road in the 21st century: Construction of Integrated Application Platform

ZHENG Chongwei¹,SUN Wei²,CHEN Xuan³,ZHANG Zhong⁴,KONG Jie⁴

(1.Dalian Naval Academy,Dalian 116018,China;2.PLA University of Science and Technology magazine,Nanjing 210007,China;3.No.75822 of PLA,Guangzhou 510510,China;4.Jiangsu International Sci & Tech Cooperation Center,Nanjing 210041,China)

Abstract: Due to the lack of systematic theoretical foundation,there is no professional application system of the 21st Century Maritime Silk Road until now,which is urgently demanded by the navigation,construction of strategic points,marine engineering,marine resources development,disaster prevention and reduction.In this study,the importance and urgency of the integrated application platform were analyzed.A close practical,convenient query,complete theoretical system of 21st Century Maritime Silk Road integrated application platform was planned to be built,based on the big ocean data and previous researches,to implement the national strategy.This integrated application platform will make positive contribution to improving the ability to develop the ocean and common prosperity and progress of human society.

收稿日期:2016-09-07;修订日期:2016-12-12

基金项目: 高端科技创新智库青年项目“21 世纪海上丝绸之路及其战略支撑点的海洋动力资源评估”(DXB-ZKQN-2016-019);海军大连舰艇学院军事学术课题;山东省自然科学基金“波浪能资源开发潜力综合评价方法及其在山东半岛周边海域的应用研究”(ZR2016DL09)。

作者简介: 郑崇伟,工程师,博士研究生,研究方向为海战场环境建设、物理海洋学及海洋能资源评估,电子信箱:chinaoceanzcw@sina.cn

Key words: 21st Century Maritime Silk Road, The Belt and Road Initiative, Big data, Integrated application platform, Ocean strategy

1 引言

“21世纪海上丝绸之路”(简称“海上丝路”)是具有全球视野的战略倡议,有利于促进沿线各国经济繁荣和区域经济合作,加强不同文明的交流互鉴,促进世界和平发展。“海上丝路”以南海—北印度洋为纽带,开启了人类合作共赢、平等互助的新篇章。地球70%以上的面积被海洋覆盖,海洋不仅对人类生存的自然环境起着十分重要的调节作用,而且是社会经济发展的重要增长点。海洋作为人类生命的摇篮,蕴藏着巨大的资源,将为中华民族的复兴带来新的机遇。“海上丝路”建设作为我国重大战略目标,承担着重塑世界经济秩序、建构包括中国在内互惠互利的经济共荣体的任务。但是挑战与机遇往往并存,沧海茫茫、灾害频发,“海上丝路”涉及范围广、路程长、沿岸情况复杂;以“海上丝路”关键区域之一的孟加拉湾为例,仅1970年的一次风暴潮就造成30余万人死亡、100余万人无家可归。显然,掌握海洋环境特征是安全、高效展开“海上丝路”建设的先决条件。

随着资源危机、环境危机越发严重,在煤、石油等常规能源日益紧缺、近海渔业资源过度捕捞等诸多困境下,海洋资源必将是21世纪人类社会赖以生存和可持续发展的有力保证,也必将是“海上丝路”建设的新亮点。资源开发、评估先行,只有充分掌握“海上丝路”的海洋能特征,才能实现对资源的高效、合理、有序开发利用。战略支撑点是人类迈向深蓝的重要支撑,但目前关于“海上丝路”战略支撑点建设的科学研究凤毛麟角。由于受资料极度稀缺、运算量巨大、技术难度大等诸多限制,仍未实现“海上丝路”的海洋环境系统性研究和海洋资源详查。由于缺乏系统性的理论支撑,国内外尚无专业的“海上丝路”综合应用系统,不能很好地为“海上丝路”战略实施提供科学依据。

本文规划构建涵盖海洋环境、资源、人文、地理、经济、法律案例的综合性的“海上丝路”大数据,为国内和国际同行“海上丝路”研究提供数据基础,

进而为“海上丝路”的防灾减灾、海洋开发、环境保护、国防安全等一系列涉海事业发展提供保障。基于“海上丝路”大数据,以海洋能发电、海洋资源利用、海洋环境预报、远洋航海与护航的法律保护与支持、海洋工程设计、防灾减灾、战略支撑点建设为顶层设计目标,对上述要素展开系统性、精细化研究,并实现数据的可视化与人—机互动,最后建立一套贴近实用、查询便捷、理论体系完善的“海上丝路”综合应用平台,为“海上丝路”战略的高效开展提供科学依据、辅助决策,提升我国海洋建设能力、海权维护能力以及对南海局势的掌控能力,增强我国承担和履行海上搜救、防灾减灾等国际责任与义务的能力,助力我国引领人类社会共同繁荣进步。

2 “海上丝路”综合应用平台建设的迫切需求

海洋对现代社会经济活动的影响愈来愈显著,同时海洋问题也引领了技术的发展。现代海洋国家无不关心海洋数据信息,我国海洋数据建设与数据共享服务相对滞后,亟待完善^[1]。国际上,国际组织(如国际海洋资料和情报交换委员会 IODE、国际海委会 IOC、世界气象组织 WMO、联合国环境计划署 UNEP 以及由国际科联理事会 ICSU 等组织联合建立的全球海洋观测系统 COOS 等)和沿海国家(如美国海洋与大气管理局 NOAA、美国国家航空航天局 NASA、欧洲中期天气预报中心 ECMWF 等)先后通过政策引导和投入,加强对海洋科学整体数据的收集、管理和服务工作,并适时开放全球或部分海域采集的数据;但从访问并申请数据下载的效果来看,一般申请者受权限影响获得的资料比较单一,且存在时空分辨率不高、时间跨度短等问题;此外各网站间由于采用标准不一致,取得资料的可比性较差,整体应用价值不高。在我国,1996年国家海洋信息中心建成国家海洋信息服务系统;随后南京大学建立江苏省海岛资源环境信息系统,该系统拥有长江北支16个岛屿和连云港附近水域的水文气象、海水化学、海洋生物、地质地貌等信息;1996—2005年国家“863计划”主持建立上海

示范区等 6 个区域性海洋环境立体监测和信息服务示范系统;2003 年国家海洋局第一海洋研究所筹建国家基金委青岛海洋科学数据共享服务中心;而后科技部等启动海洋科学数据共享中心建设项目,建立北海区、东海区、南海区和极地等海洋科学数据共享分中心;2006 年国家海洋信息中心完成海岸带海岛基础数据库系统建设,对 20 世纪实施的全国海岸带与滩涂资源、全国海岛资源等综合调查形成的档案进行数字化和集成统一管理;2007 年国家海洋信息中心负责的“908”专项“数字海洋”信息基础框架构建项目初步完成,该项目属于国家级海洋数据共享工程,设计、标准、接口和功能的保持统一,能与已有的基层业务系统有机结合。

从整体来看,目前已有的平台或是分散的仅具备专项功能的数据库、对访问者具有授权限制,或是按照顶层设计目标进行的框架设计,但在顶层框架平台和基层数据库之间缺乏能够集成针对“海上丝路”沿线各类海洋及地域数据库和集成可视化展示及分析模型的综合应用平台,需要通过专项设计弥补这一缺位。

3 “海上丝路”综合应用平台的构建

3.1 平台功能介绍

2015 年《海洋开发与管理》杂志发表作者团队“经略 21 世纪海上丝绸之路系列研究”成果,在国内率先系统性、精细化地展现“海上丝路”的海洋环境特征、重要航线和港口特征、地理特征、气候概况、海洋资源状况、涉及国家的海洋开发状况、法律护航等基础性研究^[2-11]。本文在已有工作的基础上进一步深入,规划构建涵盖海洋环境、资源、人文、地理、经济、法律案例的综合性的“海上丝路”大数据。基于“海上丝路”大数据,以海洋能发电、海洋资源利用、海洋环境预报、远洋航海与护航的法律保护与支持、海洋工程设计、防灾减灾、战略支撑点建设为顶层设计目标,充分利用各种先进的分析手段,对上述要素展开系统性、精细化研究,从“海上丝路”大数据中提取、凝练有效信息(如地理、海洋环境气候特征、海洋资源分布及开发现状和潜力、海洋环境和资源短期预报和中长期预测、海洋化学要素、海洋生物、航线、港口、人文宗教、法律支持、

风险评估等信息),并实现数据的可视化与人机互动,最后建立一套贴近实用、查询便捷、理论体系完善的“海上丝路”综合应用平台,为“海上丝路”战略的高效开展提供科学依据、辅助决策。

上述功能均涉及海洋环境资源的短期预报和中长期预测信息的发布,该功能主要基于后台数据处理,主要数据来源于后台各种海洋模式的实时运行,这些海洋模式包括国际流行的海流模式 HYCOM 和经典海流模式并行版 SBPOM、海浪模式 WAV-EWATCH-III、近岸海浪模式 SWAN、气象模式 WRF、潮汐计算模型 TMD。此外,在海洋环境预测模块中,利用已获得的海洋环境预测数据针对海洋环境对常见海上活动的影响提供辅助性建议。对于线下情形,综合应用平台采用缓存(网页)及离线统计数据(客户端)的方式,基于统计方案,利用最近的海洋环境数据(1 d 内),以实现离线预测。

历史海洋环境气候分析采用近 30 年的海洋气象数据并每季度更新一次。法律支持功能采用文字模式展示国际海洋法公约等涉海法律、南海—北印度洋区域及沿岸国家的法律框架体系、我国与目标区域国家的相关法律文件及涉法协议等,通过专业法学分析和案例解析,对目标区域的经济、社会、文化等活动中需要注意的法律事项和维权方式进行深度剖析,以提供有利支撑信息。

综合应用平台采用开放式概念,用户可依据需要将数据或功能提交,由于综合应用平台可提供海洋环境信息数据,用户可依据需要将自己的数据与平台提供数据结合使用,辅助完成海上搜救、打捞等特殊作业。对于本地数据和用户自定义的方法,可在后台个人账户中完成数据及方法的上传,通过个人管理的方式确定数据及方法的分享权限。

3.2 “海上丝路”海洋大数据

科学数据的应用与共享已成为衡量国家科技水平和综合国力的重要标志。海洋数据具有时空关联性强、时序长、种类繁多且格式多样的特点,因而对于海洋大数据制作及管理的要求越来越高。国外发达与发展中国家都在积极开展海洋科学数据构建与共享工作,以地缘政治利益为中心,各实体都会按照访问者身份授权其使用数据。目前国

际上主要有5大权威的海洋数据机构:美国国家海洋与大气管理局(NOAA)、美国国家大气研究中心(NCAR)、美国国家环境预报中心(NCEP)、美国国家数据浮标中心(NDBC)、欧洲中期天气预报中心(ECMWF),可见欧美在海洋基础研究方面的优势。通常情况下,人们会认为强大的海军力量是海洋强国的象征,而实际上海洋强国是指在开发海洋、利用海洋、保护海洋、管控海洋方面拥有强大综合实力的国家。笔者认为,建设海洋强国并非一蹴而就,须潜心、静心在海洋基础研究方面下大力气;当我国建立起一系列、国际权威、被广泛应用的海洋数据及其机构之时,才可被称为海洋强国。

目前国内研究大多针对某种海洋数据,海洋数据管理系统功能较为单一,海洋数据管理缺乏系统性;虽已建立满足局部业务需求的多个海洋数据共享平台,但分散在各地或不同业务部门,彼此间服务和功能相关性差,数据表达存在较大差异,整合程度低,跨领域协同困难,且数据对使用者身份具有要求、下载需获得授权限制。“海上丝路”的政策制定需要多学科、多门类、长时间序列、多时空分辨率的海洋数据,目前数据存在格式不统一、数据质量控制标准不一致等情况,在应用前需要进行大量的预处理工作。

本文规划构建涵盖海洋环境、资源、人文、地理、经济、法律案例的综合性的“海上丝路”大数据,为国内和国际同行的“海上丝路”研究提供数据基础,进而为海上丝路的防灾减灾、海洋开发、环境保护、国防安全等一系列涉海事业发展提供保障。基于目前国际先进的海洋模式(WW3、SWAN、HYCOM等)的模拟数据,结合陆基、海基、空基、天基各种观测平台数据,利用变分方法,得到长时间序列(不少于30年)、高时空分辨率的“海上丝路”海洋环境、资源大数据,同时能够增强对海洋的实时监测能力。其中,海洋环境要素主要包括海洋气象要素(温、压、湿、风、云、能见度、降水、雾等)、海洋水文要素(温、盐、密、浪、流、潮汐等)、海洋化学要素(pH值、营养盐、浊度等)、地理数据(岛屿、水深、岸线、海底地形等),海洋能源要素主要包括风能、波浪能、潮汐能、温差能等,海洋资源要素主要包括

海洋生物、矿产资源等。同时,积极搜索整理“海上丝路”涉及国家和地区的人文信息(人口数量、民族、宗教信仰、历史文化等)、现行制度、经济现状、地理信息(岛屿、水深、岸线、海底地形等)、港口信息(货运吞吐量、停泊能力等)、法律案例等。

通过采用传统技术和云计算技术进行分析,将上述要素按照三维网格、时间序列实现海洋信息的全面数字化和全息化存储,并对数据进行质量控制,构建便于查询的“海上丝路”海洋大数据库,并实现其四维可视化。数据每月更新一次,如遇重要情况即时更新,使用户可及时直接搜索到反映海洋多维特征的海洋客观现实和历史等动态图像。该综合应用平台近期逐步实现数据的数据整合与集成处理,进而实现标准化的组织和管理,远期逐步实现数据的共享与交换功能,从而适时、准确、高效地提供海洋空间多类型、动态的资源与环境等信息服务,为“海上丝路”建设提供科技支撑、辅助决策。

3.3 “海上丝路”短期预报系统

在短期预报要素方面,除做好传统的海洋环境要素的预报(风、浪、流、海温等),还需要做好海洋能源的短期评估(波浪能、海上风能、海流能、潮汐能等),为海水淡化、海浪发电、海上风电、海流发电、潮汐发电的业务化运行提供保障。关于海洋能源评估,以波浪能为例,笔者曾在国内率先开展中国海域的波浪能数值预报研究^[12],该方案可移植至“海上丝路”。笔者还曾指出^[13],不仅需要评估波浪能流密度的大小,而且需要对未来一段时间的资源储量、资源主要来源、资源稳定性等方面展开系统性评估,为资源开发提供更精准、更贴近实际需求的保障。

此外,还需要做好击水概率(掠海飞行时撞击海面的概率)的数值预报。随着我国军地海洋建设的快速发展,救灾直升机、舰载机、无人机、巡航导弹等飞行器在防灾减灾、人道主义救援、军事/非战争军事行动中应用越来越广泛;为达到最优效果,往往需要低空或超低空飞行,但飞行高度过低容易撞击海面,威胁飞行器自身安全^[14];如2004年美国海岸警卫队直升机在执行救援任务时遇到恶劣海况坠毁,2012年台湾一架海鸥直升机在执行救援任务时遇到恶劣海况坠毁。笔者于2014年在我国率

先开展击水概率的数值预报研究^[15],研究成果可为恶劣海况下的直升机救援的航迹规划、导弹舰载机等掠海飞行的航迹规划提供定量依据。

在短期预报空间范围方面,除传统的南海—北印度洋区域预报,还需要重点关注“海上丝路”的航线预报以及重要节点的站点预报。

3.4 海洋环境和资源的气候背景、中长期预测

短期预报通常可以较好地解决 3~7 d 的预测问题,但涉及中长期计划时(如年度或半年计划)则捉襟见肘。这就需要利用“海上丝路”海洋大数据,采用人工神经网络、希尔伯特·黄等方法,对海洋环境展开中长期预测,为中长期计划提供依据。海洋资源的中长期预测同理。

在气候背景统计方面,除关注传统要素,还需要积极根据实际需求展开统计,以港口建设、防波堤建设、岛礁跑道建设等需求尤为迫切。以风的气候特征(风候)统计为例,传统的风候统计包括盛行风速风向、风力等级频率、风向频率(通常用雷达图表示)等,但传统雷达图一般不能同时表达风向与风速,更不能显示强风向频率;制作新型风玫瑰图可以同时显示风向频率、风速频率、强风等特征^[16],能够很好地为岛礁跑道建设提供决策依据。

此外,要实现气候背景特征、短期预报、中长期预测的有机结合。以海浪发电为例,波浪能的气候背景特征可以为海浪发电的选址提供科学依据,资源的短期预报可以为海浪发电装置的业务化运行提供参考,中长期预测则可以为资源开发的中长期规划提供依据^[17]。三者的有机结合可对资源分布特征、开采价值、开发潜力等做出更为合理的评估,为缓解资源危机、环境危机、助力战略支撑点建设等做出有益贡献。

3.5 战略支撑点建设

战略支撑点是人类迈向深蓝的重要支撑。目前世界军事强国都特别注重关键地点预置,以美国为例,夏威夷群岛位于北太平洋中部,是美国北太平洋战略的重要中继站;迪戈加西亚位于印度洋中心,是美国在整个印度洋的战略支撑点。但目前为止我国关于战略支撑点建设方案的研究较少,应加强在关键地点预置,并赋予战略支点综合补给、舰

船维修、情报收集、海洋监测、人道救援、医疗救护、海洋权益维护等功能。坚实、稳定、高效的战略支撑点将有效提升海军的远洋能力及其对海洋的管控能力,同时还可以为我国远洋货船提供支持,促进军地海洋建设的可持续发展,助力“海上丝路”。

战略支点建设通常以岛礁为依托,但并不仅是陆域吹填,还包括基础设施配套、装备建设等,长期以来一直是一项世界性难题。因地制宜,充分利用战略支撑点附近的海洋资源,大力实施海浪发电、海上风电、风力海浪联合发电、光伏发电等,将显著提升战略支撑点的生存能力、可持续发展能力,助力“海上丝路”健康发展。这一切必须建立在充分掌握资源特征的前提下。此外,战略支撑点建设可能涉及跑道规划,其中首要关注的是强风(向)频率,新型风玫瑰图^[16]可以为岛礁跑道建设提供科学依据。

目前我们已经实现对瓜达尔港、南海重点岛礁等的海洋环境特征分析,以及风力发电、海浪发电的可行性论证^[16-20],成果可以为战略支撑点建设提供支撑。

3.6 地理信息、人文宗教、法律护航

“海上丝路”战略的实施标志着我国的“大航海时代”被掀开崭新的一页。远洋航海需掌握航线的地理(岛屿、水深、岸线、海底地形等)、港口(货运吞吐量、停泊能力等)特征等信息。由于“海上丝路”建设不仅涉及我国南海,还涉及北印度洋,在涉外交往过程中有必要对沿线国家和地区的人文信息展开充分调研,不仅可以避免因沟通问题产生的摩擦,还可以大大提高工作效率。

“海上丝路”的伟大战略构想旨在通过区域建制建构区域安全与信心,促进沿线国家稳定与发展,以求达成共赢的局面。这既符合“海上丝路”沿线国家求稳定、谋发展的诉求,也能够切实促进区域经贸发展。如何面对及妥善处理“海上丝路”沿线国家间的关系、化解各方矛盾,是实践“海上丝路”伟大战略首要面对的问题。应预先对各种类型的纠纷展开假设,以公平公正为原则探寻解决方案,有利于保护所有参加“海上丝路”建设的国家和地区,更有利于提升沿线国家和地区参与“海上丝

路”建设的积极性,促进共同繁荣进步。

4 结语

“一带一路”等战略的提出和实施彰显我国延续和平与发展主题、为整个人类社会谋福祉的负责任大国风范。“海上丝路”以南海—北印度洋为纽带,惠及沿线多国,开启人类合作共赢、平等互助的新篇章。掌握海洋环境特征是安全、高效展开“海上丝路”建设的先决条件;海洋资源的高效、合理、有序开发利用将是人类应对资源危机、环境危机的有效途径,也必将是“海上丝路”建设的亮点;战略支撑点是“海上丝路”战略和人类迈向深蓝的重要依托。

“海上丝路”综合应用平台是一个提供包括南海—印度洋海区及沿岸国家气候、地理、社会、法律、海洋环境及海洋资源情况等信息的综合应用系统,可提供交流数据及方法的共享平台。同时该平台数据具有军民两用特征,有着较为广泛的应用前景。本系统实现数据的标准化、可视化、模块化,并预留多个模块,在运行过程中可根据实际需求添加“专项任务”“法律护航”“医疗救助”“人道救援”等内容体系,建设成为能够满足多样化任务需求、为国家决策提供全方位科技支撑的综合系统。

笔者团队以连载的形式于 2015 年在《海洋开发与管理》杂志推出“经略 21 世纪海上丝路之海洋环境特征系列研究”,探析“海上丝路”战略在经济、文化、政治等各个领域的重要意义,重点从科学研究的角度出发,系统性、精细化地分析整个“海上丝路”涉及海域的海洋环境特征,以及重要航线和港口特征、地理特征、气候概况、海洋资源状况、涉及国家的海洋开发状况、法律护航等,可为战略支撑点建设、远洋航海、海洋工程设计、海洋能资源开发、防灾减灾等,提供科学依据、辅助决策。在已经取得的科研成果的基础上,拟进一步深入,以海洋大数据为支撑,构建实用性强、查询便捷、理论体系完善的“海上丝路”综合应用平台,将科研成果转变为实际应用产品,助力“海洋强国梦”和人类社会的繁荣进步。

参考文献

[1] 侯文峰.中国“数字海洋”发展的基本构想[J].海洋通报,1999,

18(6):1—10.

[2] 张明华,黄冬梅,熊中敏,等.多源异构海量海洋数据综合管理平台构建研究[J].海洋科学,2012,36(2):110—115.

[3] 郑崇伟,潘静,孙威,等.经略 21 世纪海上丝路之海洋环境特征系列研究[J].海洋开发与管理,2015,32(7):4—9.

[4] 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.

[5] 郑崇伟,李崇银.经略海疆,迈向深蓝:海洋在现代社会发展中的重要作用[J].海洋开发与管理,2015,32(9):4—12.

[6] 郑崇伟,付敏,芮震峰,等.经略 21 世纪海上丝路之海洋环境特征:波候统计分析[J].海洋开发与管理,2015,32(10):1—7.

[7] 郑崇伟,高占胜,张雨,等.经略 21 世纪海上丝路之海洋环境特征:极值风速、极值波高[J].海洋开发与管理,2015,32(11):4—8.

[8] 万娟娟,郑崇伟,程秀建,等.经略 21 世纪海上丝绸之路之法律护航:国际法视野下的“海上丝路”[J].海洋开发与管理,2015,32(12):4—9.

[9] 郑崇伟,孙威,黎鑫,等.经略 21 世纪海上丝路:重要航线、节点及港口特征[J].海洋开发与管理,2016,33(1):4—13.

[10] 郑崇伟,黎鑫,陈璇,等.经略 21 世纪海上丝路:地理概况、气候特征[J].海洋开发与管理,2016,33(2):3—10.

[11] 郑崇伟,黎鑫,陈璇,等.经略 21 世纪海上丝路:海洋资源、相关国家的海洋开发状况[J].海洋开发与管理,2016,33(3):3—8.

[12] 陈璇,郑崇伟,李训强,等.经略 21 世纪海上丝路之海洋环境特征:海流特征[J].海洋开发与管理,2016,33(4):3—7.

[13] 郑崇伟.利用 WW3 模式实现中国周边海域波浪能流密度数值预报:以 2 次冷空气过程为例[J].亚热带资源与环境学报,2014,9(2):18—25.

[14] ZHENG Chongwei, LI Chongyin, CHEN Xuan, et al. Numerical forecasting experiment of the wave energy resource in the China Sea[J].Advances in Meteorology,2016: Article ID 5692431.

[15] 郑崇伟,邵龙潭,林刚,等.台风浪对中国海击水概率的影响[J].哈尔滨工程大学学报,2014,35(3):301—306.

[16] 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.

[17] 郑崇伟,李崇银.中国南海岛礁建设:风力发电、海浪发电[J].中国海洋大学学报:自然科学版,2015,45(9):7—14.

[18] 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.

[19] 郑崇伟,李崇银,杨艳,等.巴基斯坦瓜达尔港的风能资源评估[J].厦门大学学报:自然科学版,2016,55(2):210—215.

[20] 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.