

21 世纪海上丝绸之路:海洋新能源大数据建设研究

——以波浪能为例

郑崇伟^{1,2}, 李崇银^{1,3}

(1. 国防科技大学气象海洋学院 南京 211101; 2. 海军大连舰艇学院 大连 116018;
3. 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室 北京 100029)

摘要:文章构建国内外首份“21 世纪海上丝绸之路”波浪能资源大数据框架,主要包括波浪能气候背景特征、波浪能等级区划、波浪能短期预报、涌浪能特征、资源长期变化趋势和资源中长期预测 6 大模块;按照三维网格和时间序列实现波浪能信息的全面数字化和全息化存储,对数据进行质量控制并实现四维可视化。研究成果可广泛运用于海上风能和海流能等海洋新能源的大数据建设,为国家和参与“21 世纪海上丝绸之路”建设的决策人员、研究人员和工程人员提供数据支撑和决策支持,助力“21 世纪海上丝绸之路”新能源开发。

关键词:21 世纪海上丝绸之路;一带一路;海洋新能源;大数据;波浪能

中图分类号:P74;TP30

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2017)12-0061-05

21st Century Maritime Silk Road: Big Data Construction of New Marine Resources: Wave Energy as a Case Study

ZHENG Chongwei^{1,2}, LI Chongyin^{1,3}

(1.College of Meteorology and Oceanography, National University of Defense Technology, Nanjing 211101, China; 2.Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China; 3.National Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG), Institute of Atmospheric Physics, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: This study built the wave energy big data of the 21st Maritime Silk Road, which included the climate characteristics of wave energy, energy grade division, short-term forecasting of the wave energy, characteristic of swell energy, long term trend of wave energy and mid-long term prediction of wave energy. This data is the first wave energy big data at home and abroad. In the future, this method can be widely used in the building of marine new energy big data, such as off-shore wind energy, ocean current energy and so on, to provide data support and decision support

收稿日期:2017-09-01; **修订日期:**2017-11-11

基金项目:河口海岸学国家重点实验室开放基金项目(SKLEC-KF201707); 高端科技创新智库青年项目“‘21 世纪海上丝绸之路’及其战略支点的海洋动力资源评估”(DXB-ZKQN-2016-019); 国家自然科学基金项目(41490642); 国家重点基础研究发展规划项目(2013CB956203)。

作者简介:郑崇伟, 工程师, 博士研究生, 研究方向为海洋能资源评估和物理海洋学

通信作者:李崇银, 教授, 研究员, 中国科学院院士, 研究方向为天气气候变化及其动力学

for the decision makers, researchers and engineers that participating in the construction of the 21st Maritime Silk Road, thus to make positive contribution to the marine new energy development.

Key words: 21st century Maritime Silk Road, The Belt and Road, Marine new resources, Big data, Wave energy

在煤、石油等常规能源日益紧缺的当今世界,包括我国在内的诸多国家提倡应用清洁能源,节能减排,以有效应对气候变化、缓解能源危机,这也是各个国家采取的共同战略之一^[1]。海洋新能源的开发利用将成为“海上丝路”建设的新亮点。

清洁、无污染、可再生、储量大、分布广、全天候等诸多优点,使得波浪能成为各发达国家追逐的焦点。海浪发电是波浪能主要的开发利用方式。此外,波浪能还可以广泛应用于海水淡化、提水、制氢等。显然,波浪能开发有益于缓解人类的资源危机和环境危机、增强边远海岛和战略支点的生存能力和可持续发展能力、提高“海上丝路”沿线居民生活质量、增强对海洋的掌控能力、促进海岛旅游开发和深远海开发等都有着独特优势,前景广阔。

资源开发,评估先行,只有充分掌握资源特征,方可实现有序开发利用。海洋数据是展开资源评估的重要基础。近年来,随着观测手段的日益丰富、数值模式的迅猛发展,海洋数据也呈爆炸式增长,“大数据”进入人们的视线。如何从体量大、信息密度低的海洋大数据中提取新能源评估所关注的有用信息,并且建立海洋新能源大数据,成为合理、高效展开资源开发的关键。目前全球的海洋新能源大数据较为匮乏,不利于新能源开发的高效展开。本研究基于前期的研究成果,构建首份“海上丝路”波浪能资源大数据,期望可以助力“海上丝路”海洋新能源的有序、高效开发利用。

1 方法介绍

从体量大、信息密度低的海洋大数据中提取新能源评估所关注的有用信息,并建立海洋新能源大数据,是合理、高效展开资源开发的关键。本研究旨在构建国内外首份贴近实际需求、查询使用便捷、理论体系完善的“海上丝路”波浪能资源大数据。

2015 年,笔者推出“中国南海岛礁建设”专题研究^[2-4],3 篇稿件同时刊发于《中国海洋大学学报》

自然科学版,成果可为国家海岛建设提供科技支撑、辅助决策。2015 年起,笔者在国内外率先推出“经略 21 世纪海上丝绸之路”专题研究^[5-7],12 篇科技论文相继在《海洋开发与管理》《北京大学学报》《厦门大学学报》上发表,系统地分析了“海上丝路”的海洋环境特征、资源特征和法律护航等。

本研究基于前期的研究成果,旨在构建国内外首份“海上丝路”波浪能资源大数据,并详述其 6 大模块:①资源气候背景特征;②资源等级区划;③资源短期预报;④涌浪能特征;⑤资源长期变化趋势;⑥资源中长期预测。将上述 6 大模块按照三维网格、时间序列,实现波浪能信息的全面数字化和全息化存储,并对数据进行质量控制,构建了“海上丝路”波浪能资源大数据,同时实现其四维可视化(图 1)。数据定期更新,如遇重要情况,即时更新。该项成果可全面保障波浪能开发的选址、业务化运行、中长期规划,助力波浪能的有序、高效开发利用。未来可将该方案广泛运用于海上风能、海流能等海洋新能源大数据建设,助力“海上丝路”新能源开发。

2 “海上丝路”波浪能资源大数据建设

2.1 波浪能气候背景特征

(1)波浪能的时空分布特征。前人对波浪能的气候特征分析做出了很大贡献,但在系统性方面有待完善。在波浪能评估中,除了要关注传统的能流密度大小、资源储量、资源稳定性外,还需要关注资源的可利用率、富集程度、月际差异等关键要素。

(2)聚焦“海上丝路”的波浪能。波浪能资源的开发是项浩大的工程,由于缺乏波浪能的动力特征研究,阻滞了海浪发电、海水淡化等资源的进一步开发利用。本研究通过前期研究,详查了“海上丝路”的波浪能资源,全面涵盖能流密度大小、资源的可利用率、富集程度、月际差异、资源稳定性、资源总储量、资源有效储量、资源技术开发量等,同时也分

析了上述要素的年平均值、区域性差异、季节性差异。

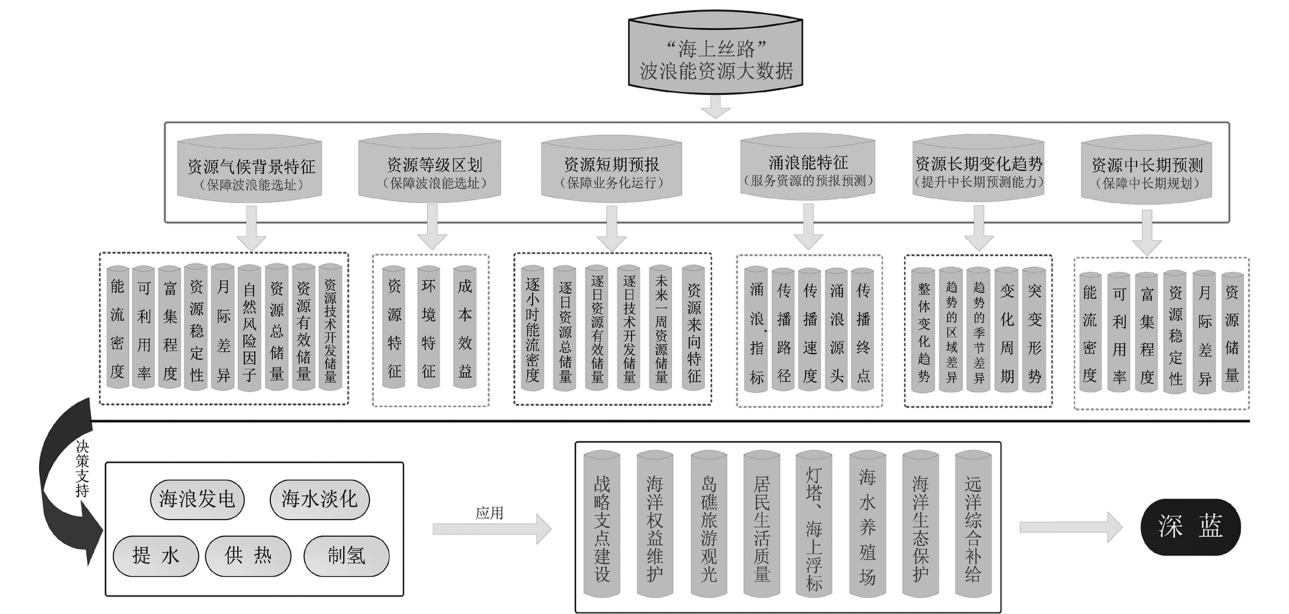


图 1 “海上丝路”波浪能资源大数据结构

(3)重要节点的波浪能。重要节点是人类迈向深蓝的重要依托,其通常以岛礁为依托,电力、淡水困境长久以来一直是世界性难题。因地制宜,合理利用波浪能展开海浪发电、海水淡化等,有利于帮助重要节点实现电力、淡水自给自足,保护岛礁脆弱的生态,从而增强关键节点的生存能力、可持续发展能力。这就意味着,波浪能的开发最终要落实到某一个或一系列重要节点,充分掌握重要节点的波浪能特征是前提。但现有研究的空间分辨率整体偏低,容易遗漏关键区域,无法聚焦重要节点。郑崇伟等^[8]曾指出:站点波浪能评估应该全面、系统,需涵盖波浪能流密度、资源可利用率(可用波高出现的频率)、资源的丰富程度(能级频率)、波浪能的主要来向(波能玫瑰图)、不同海况对研究海域波浪能总量的贡献情况、波浪能的稳定性、波浪能的长期变化趋势、波浪能资源的储量(总储量、有效储量、技术开发量)。此外,还需要积极关注破坏性较强的海洋环境要素,如极值波高、极值风速、(强)风向频率、(强)浪向频率、大风大浪频率等^[5]。郑崇伟等^[6]还以“海上丝路”某重要岛礁的波浪能评估作为实例展开了分析,形成了一套岛礁波浪能评估体系,可广泛运用于“海上丝路”的重要节点波浪能

评估。

2.2 波浪能等级区划

波浪能等级区划是海浪发电、海水淡化等选址的主要依据。合理的等级区划可将波浪能一系列复杂的要素特征进行融合,最后得到查询便捷、贴近实际的波浪能等级区划图。前人对波浪能的时空分布特征分析奠定了基础,但是关于波浪能等级区划的工作几近空白。整体来看,现有研究主要是将波浪能各要素进行展示,并未形成合理的等级区划,不能很好地为波浪能工程选址提供定量的决策支持。2014 年,郑崇伟等^[9]率先制订了一套涵盖有效波高、能流密度、资源可利用率等资源要素的波浪能等级区划方案,并绘制了第一张覆盖全球海域的波浪能等级区划图。在此基础上,郑崇伟等构建了一套能够综合考虑资源特征、海洋环境、成本效益的波浪能等级区划方案,并成功运用于“海上丝路”的波浪能等级区划,可为波浪能开发的宏观、微观选址提供决策支持。

2.3 波浪能短期预报

波浪能的短期预报可以保障海浪发电、海水淡化等工作的业务化运行。目前,关于海洋环境短期预报的研究较为丰富,但是关于海洋新能源的研究

则极为稀少,不利于资源开发的业务化运行。郑崇伟等^[10]曾以预报风场驱动目前国际先进的海洋模式 WW3,构建了波浪能的短期预报模型,并以中国海域展开了实例研究,取得了较好的预报效果。波浪能短期预报的内容主要包括未来 3~7 d 逐小时的能流密度(可根据需求提高时间分辨率)、逐日资源总储量、逐日资源有效储量、逐日资源技术开发量、未来 1 周的资源储量、资源来向特征等。除整个区域的波浪能短期预报,还需做好重要节点的波浪能短期预报。该方案为“海上丝路”的波浪能短期预报探明了方向。

2.4 涌浪能特征

涌浪的能量巨大、稳定性好,近年来国际上对涌浪发电愈发重视,近期一家澳大利亚公司 Oceanlin 开展了涌浪发电实验,涌浪发电正成为新的热点。由于将风浪、涌浪分离的资料极度稀缺,以往的研究多是针对混合浪的研究,对涌浪能的研究十分稀少。郑崇伟等^[9]曾利用来自 ECMWF(欧洲中期天气预报中心)将风浪和涌浪分离的近 45 年(1957 年 9 月至 2002 年 8 月)的 ERA-40 海浪再分析资料,评估了全球海域的风浪能、涌浪能、混合浪能。2017 年,郑崇伟等^[11]利用 ERA-40 海浪再分析资料,采用 EOF、超前滞后相关、源头追溯法等多种手段,率先定量计算了印度洋涌浪能的传播路径、速度、起点和终点,为提高波浪能的预报、预测能力打下理论基础。

2.5 资源长期变化趋势

目前,关于海洋气象要素变化趋势的研究较为丰富,但海洋新能源变化趋势的研究极为匮乏,而这又密切关系到资源开发的中长期规划、波浪能的中长期预测^[12]。郑崇伟等^[13]于 2015 年分析了中国海域的波浪能长期变化趋势,发现在近 24 年期间(1988—2011 年),中国海域大部分区域的波浪能流密度、有效波高呈显著的递增趋势,该变化趋势表现出较大的区域性、季节性差异。同时,发现中国海域的波浪能流密度、有效波高的递增趋势是由于 6 级以上大风频率的递增现象造成的。此外,李崇银等^[14-20]曾指出东亚冬季风的年际变化与 ENSO 现象有很好的联系。这就意味着可以探寻 Nino3

指数与波浪能长期变化趋势的关系,从而为提高波浪能的中长期预测能力提供理论基础。传统的分析资源长期变化趋势主要是关注能流密度的变化趋势,在实际的波浪能开发中,资源的稳定性关系到采集和转换效率及装备寿命,可用波高出现频率反映波浪能的可利用率,能级频率反映波浪能的富集程度。本研究通过前期的工作,全面分析了“海上丝路”波浪能各要素的长期变化趋势,包括能流密度的大小、资源的稳定性、可用波高的频率、能级频率的变化趋势,可为提高波浪能开发的中长期规划能力、波浪能的中长期预测能力提供理论支持。

2.6 资源中长期预测

波浪能的中长期预估可以弥补短期预报的不足,为制订中长期计划提供科学依据。目前关于气象海洋要素中长期预测的研究较为丰富,但极少有对波浪能展开中长期预测。郑崇伟等设计了一套波浪能中长期预测方案:利用 CMIP5 风场数据驱动海浪模式,对未来的波浪能展开预测,并以中国近海的波浪能预估作为实例研究。利用 CMIP5 风场数据驱动 WW3 海浪模式,模拟得到 2015 年逐 3 h 的海浪场,对 2015 年中国海波浪能进行了预测,将预测值与多年平均状态的波浪能进行对比,可以很清晰地看出 2015 年的波浪能与多年平均状态波浪能的差异,从而为资源开发的中长期规划提供科学依据。在未来的研究中,可将该方案广泛推广:将模拟区域扩大、时间序列延长,如对 2020—2049 年全球海域的波浪能展开预估、对 2020—2099 年“海上丝路”波浪能展开预估等。该方案为“海上丝路”的波浪能中长期预测探明了方向。

3 结语与展望

本研究旨在构建一套贴近实际需求、查询使用便捷、理论体系完善的“海上丝路”波浪能资源大数据。该方案可广泛运用于海上风能、海流能等海洋新能源大数据建设,为参与“海上丝路”建设的决策人员、研究人员、工程人员提供数据支撑。未来还可将波浪能大数据与地理信息系统等(如 GIS)相结合,构建“海上丝路”波浪能资源综合应用平台,有效保障海洋新能源开发的选址、业务化运行、中长期规划。此外,该平台设置预留模块,在运行过程

中可根据实际需求添加专项任务,建设成为能够满足多样化任务需求,为国家决策提供科技支撑的波浪能综合应用平台。最终将国家战略落到实处,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,助力迈向深蓝。

目前,笔者也即将推出“‘海上丝绸之路’海洋环境与资源研究”系列丛书,8 本英文专著将在 Springer 以连载的形式发行。研究内容涵盖“海上丝路”重要节点建设、海洋新能源评估、海上搜救、海洋环境研究、法律护航等领域。丛书的出版有助于增强我国的海洋建设能力,对南海局势的掌控能力,提高边远海岛的生存能力,帮助人类缓解能源危机和环境危机,提升“海上丝路”沿线居民的生活质量,保护参与“海上丝路”建设国家的利益及积极性等起到有益贡献,为国家决策提供全方位科技支撑和辅助决策。期待与更多同行携手共建“海上丝路”,提高我国在海洋开发领域之话语权,吸引更多国家和地区积极参与“海上丝路”建设,用科技创新服务推动“海上丝路”建设,助力我国引领人类社会的共同繁荣进步,贡献“海之梦”“中国梦”。

参考文献

[1] 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.

[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] 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.

[4] 郑崇伟,陈璇,李崇银.朝鲜半岛周边海域波候观测分析[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2015,45(9):21—27.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 郑崇伟,李崇银.中国南海岛礁建设:海浪发电助力战略支撑点的构建[C]//军事海洋战略与发展论坛.北京:海洋出版社,2016.

[9] ZHENG C W,SHAO L T,SHI W L,et al.An assessment of global ocean wave energy resources over the last 45 a[J].Acta Oceanologica Sinica,2014,33(1):92—101.

[10] ZHENG C W,LI C Y,CHEN X,et al.Numerical forecasting experiment of the wave energy resource in the China Sea [J].Advances in Meteorology,2016(10):12.

[11] ZHENG C W,LI C Y.Propagation characteristic and intraseasonal oscillation of the swell energy of the Indian Ocean [J].Applied Energy,2017,197:342—353.

[12] ZHENG C W,WANG Q,LI C Y.An overview of medium-to long-term predictions of global wave energy resources [J].Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 79: 1492—1502.

[13] ZHENG C W,LI C Y.Variation of the wave energy and significant wave height in the China Sea and adjacent waters [J].Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 43: 381—387.

[14] LI C Y.Interaction between anomalous winter monsoon in East Asia and El Nino events[J].Advances in Atmospheric Sciences,1990,7(1):36—46.

[15] LI C Y,SUN S Q,MU M Q.Origin of the TBO-Interaction between anomalous East-Asian winter monsoon and ENSO cycle[J].Advances in Atmospheric Sciences, 2001, 18(4): 554—566.

[16] 李崇银,穆穆,周广庆. ENSO 机理及其预测研究[J].大气科学,2008,32(4):761—781.

[17] 李崇银.南亚夏季风槽脊和热带气旋活动与移动性 CISK 波[J].中国科学(B 辑),1985,28(7):668—675.

[18] 李崇银.频繁的强东亚大槽活动与 El Nino 的发生[J].中国科学(B 辑),1988,31(6):667—674.

[19] 李崇银.大气低频振荡[M].北京:气象出版社,1991.

[20] 李崇银.气候动力学引论[M].2 版.北京:气象出版社,2000.