

“21 世纪海上丝绸之路”的海洋环境研究

——印度洋海表风速变化趋势

许跃¹, 郑崇伟^{1,2,3}, 张仲⁴, 田妍妍⁵, 张哲¹, 杨文广¹

(1. 海军大连舰艇学院 大连 116018; 2. 河口海岸学国家重点实验室 上海 200062;

3. 中国科学院大气物理研究所 LASG 国家重点实验室 北京 100029;

4. 江苏省国际科技合作中心 南京 210041; 5. 解放军 92212 部队 青岛 266002)

摘要:文章利用 ERA-40 海表 10 m 风场,采用一元线性回归方法,计算印度洋海表风速在 45 年间(1957 年 9 月至 2002 年 8 月)的逐年变化趋势,为“21 世纪海上丝绸之路”建设、海上风能开发和全球气候变化研究等提供科学依据。研究表明:海表风速呈显著性逐年递增的区域主要分布于 25°S—10°N 的海域和南半球咆哮西风带所控制的海域,递增趋势为 $0.01 \sim 0.035 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$,仅零星海域呈显著性递减趋势,其余海域的海表风速无显著变化趋势;南、北印度洋的海表风速分别以 $0.0102 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $0.0047 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增,年平均海表风速分别在 $7.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右和 $5.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右;南、北印度洋存在共同的 2.6~2.7 a 和 5.2 a 的变化周期以及 26 a 以上的长周期变化,且海表风速的突变期分别为 1989 年和 1978—1980 年。

关键词:印度洋;海表风速;突变;海洋环境;21 世纪海上丝绸之路

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2018)02-0078-04

Ocean Environment of the ‘21st Century Maritime Silk Road’: Long Term Changing Trend of Surface Wind Speed in India Ocean

XU Yue¹, ZHENG Chongwei^{1,2,3}, ZHANG Zhong⁴, TIAN Yanyan⁵,
ZHANG Zhe¹, YANG Wenguang¹

(1. Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China; 2. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, Shanghai 200062, China; 3. State 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; 4. Jiangsu International Sci Tech Cooperation Center, Nanjing 210041, China; 5. No. 92212 of People's Liberation Army, Qingdao 266002, China)

Abstract: By using the ERA-40 sea surface wind field (10 m), the year-by-year changing trend of the Indian Ocean's wind speed in the period of 1957.09—2002.08 was calculated, in hope of pro-

收稿日期:2017-08-19;修订日期:2018-01-14

基金项目:河口海岸学国家重点实验室开放基金资助项目(SKLEC-KF201707);高端科技创新智库青年项目(DXB-ZKQN-2016-019);国家自然科学基金项目(41405062);中国科学院可再生能源重点实验室开放基金项目(Y707k31001)。

作者简介:许跃,研究方向为海洋环境

通信作者: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

viding scientific support for exploiting wind power and studying global climate changes. The main conclusions were followed: During the past 45 years, the Indian Ocean with a significant year-by-year increasing trend were mainly found on waters between 25°S — 10°N , and the westerly belt waters of the Southern Hemisphere, with a significant increasing trend of about $0.01\sim 0.035\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$. Only a very few seas showed a significant decreasing trend, while the rest seas exhibited no significant changing trend. The sea surface wind speed of southern and northern Indian Ocean had a significant increasing trend of $0.010\ 2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$, $0.004\ 7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ separately. The southern and northern Indian Ocean had a common period of $2.6\sim 2.7$ years, 5.2 years, and long term cycle of more than 26 years. The abrupt changes in wind speed in the southern and northern Indian Ocean charts were in $1989, 1978\text{—}1980$ respectively.

Key words: Indian Ocean, Sea surface wind speed, Abrupt, Marine environment, 21st Century Maritime Silk Road

1 引言

“21世纪海上丝绸之路”(以下简称“海上丝路”)建设可引领和促进沿线各国在海上贸易、海洋科学研究、海洋资源开发利用、海上恶劣环境监测等各领域广泛开展深层次的多边合作,搭建互利共赢、平等互惠、开放包容的合作平台。“海上丝路”的长期、安全发展与海洋环境密不可分,其建设需未雨绸缪,着重考虑和适时评估沿线的环境安全形势。为保障“海上丝路”的稳步建设和发展,规避恶劣的海上环境带来的潜在风险,对印度洋海洋环境特征进行归纳和分析尤为重要。本研究从海表风速入手,重点分析印度洋海表风速的长期变化趋势、变化周期和突变形势等,为“海上丝路”建设、海上风能开发和全球气候变化研究等提供依据。

2 数据和方法

印度洋自然环境复杂,深入了解和掌握海洋环境特征是安全高效开展海洋开发利用的前提条件^[1-12],同时也有助于合理开发利用海洋资源以及为海上活动提供安全保障^[13-16]。本研究所用数据来自欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的ERA-40海表10 m风场,时间分辨率为6 h,空间分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$,空间范围为 87.5°S — 87.5°N 、 0° — 357.5°E ,时间范围为1957年9月1日0时至2002年8月31日18时。采用一元线性回归方法,计算印度洋海表风速的逐年变化趋势。

3 风速变化趋势

3.1 区域性差异

通过计算印度洋在每个网格点上的海表风速的逐年变化趋势,发现其具有显著的区域性差异,主要表现在3个方面。①孟加拉湾、阿拉伯海和南印度洋中纬度海域(25°S — 50°S)不存在显著变化趋势。②呈显著逐年递增趋势的区域主要分布于 25°S — 10°N 海域和南半球咆哮西风带所控制的海域,递增趋势为 $0.01\sim 0.035\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;递增趋势较强的区域主要分布于南印度洋西风带的中西部海域和澳大利亚南部海域,呈东西带状分布。③呈显著逐年线性递减趋势的区域范围不大,主要分布于零星海域。

潘静等^[17]认为,印度洋海表风速递增趋势明显的区域主要分布于印度洋中低纬度海域和南半球 60°S 附近大面积带状海域。本研究在相关海域所得结论与其基本一致。

3.2 整体变化趋势

本研究采用一元线性回归方法,对南、北印度洋海表风速进行逐年区域平均,并对比南、北印度洋海表风速的变化趋势(图1)。

由图1(a)可见,相关系数 $|R|=0.54>r_{0.05}=0.29$,通过了95%的显著性检验;回归系数为 $0.004\ 7$ 。表明在研究期间,北印度洋的海表风速整体以 $0.004\ 7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增。

由图1(b)可见,相关系数 $|R|=0.71>r_{0.05}=$

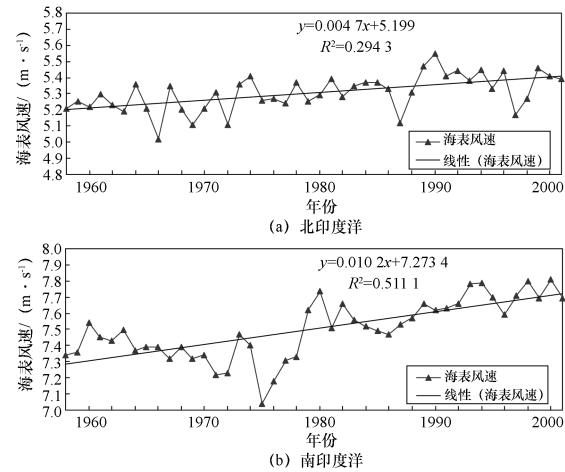


图 1 1958—2001 年北印度洋、南印度洋
逐年区域平均后的海表风速及其变化趋势

0.29,通过了 99% 的显著性检验;回归系数为 0.010 2。表明在研究期间,南印度洋的海表风速整体以 $0.010\ 2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增。

北印度洋海表风速的变化趋势较稳定,基本在 $5.0\sim5.5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 范围内呈震荡递增趋势,这与刘铁军等^[18]的研究结论基本一致。南印度洋海表风速的变化趋势较不稳定,但整体递增趋势较明显,1975—1980 年尤为显著,其中 1975 年为波谷。

南、北印度洋的年平均风速也存在较大差异,北印度洋在 $5.2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,南印度洋在 $7.5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右。

3.3 变化周期

将北印度洋的海表风速从 1958 年 1 月 1 日 0 时至 1958 年 12 月 31 日 18 时做平均,而后再做区域平均,从而得到北印度洋 1958 年的海表风速,同理得到 1958—2001 年北印度洋逐年的海表风速。利用功率谱得到北印度洋海表风速的变化周期(图 2(a)),并采用同样的方法得到南印度洋海表风速的变化周期(图 2(b))。

由图 2 可见,北印度洋的海表风速存在 2.6~2.7 a、5.2 a 的变化周期以及 26 a 以上的长周期变化;南印度洋的海表风速存在 2.6~13 a 的变化周期以及 26 a 以上的长周期变化;南、北印度洋存在共同的 2.6~2.7 a、5.2 a 的变化周期以及 26 a 以上的长周期变化。

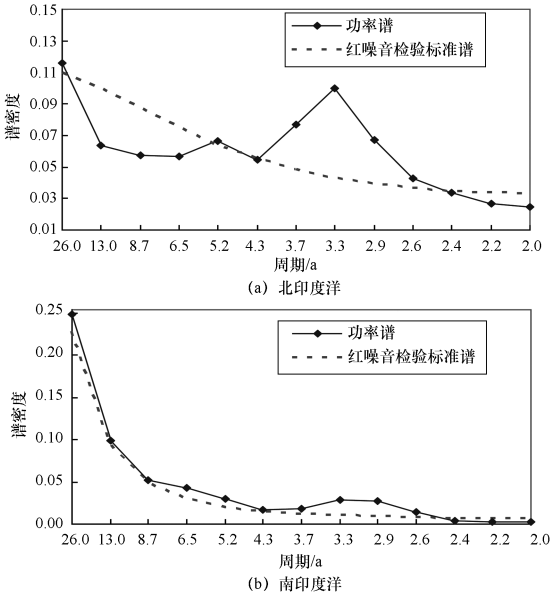


图 2 北印度洋、南印度洋海域海
表风速的功率谱分析

3.4 突变形势

利用上文得到的逐年海表风速,采用 MK 检验,分别计算南印度洋和北印度洋海表风速的突变形势(图 3)。

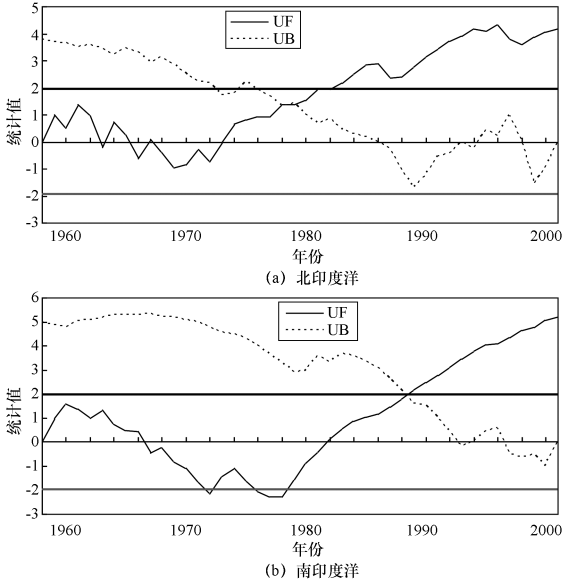


图 3 北印度洋、南印度洋海域逐年平均
风速的 MK 检验(直线为 0.05 显著性水平)

由图 3(a)可见,UF 和 UB 曲线相交于 1978—1980 年,且交点在 2 条检验线以内,表明北印度洋

的海表风速存在显著性突变,且突变期为 1978—1980 年。由 UF 曲线可见,北印度洋的海表风速呈显著性递增趋势,1972—2001 年尤为显著,与图 1(a)结论一致。

由图 3(b)可见,UF 和 UB 曲线相交于 1989 年,且交点在 2 条检验线以内,表明南印度洋的海表风速存在显著性突变,且突变期为 1989 年。由 UF 曲线可见,南印度洋的海表风速呈显著性递增趋势,1978—2001 年尤为显著,与图 1(b)结论一致。

4 结语

本研究通过对 1957 年 9 月至 2002 年 8 月印度洋海表风速的计算和分析,主要得出 3 点结论。

(1)孟加拉湾、阿拉伯海、南印度洋中纬度海域(25°S—50°S)的海表风速不存在显著变化趋势;呈显著性逐年递增的区域主要分布于 25°S—10°N 的海域和南半球咆哮西风带所控制的海域,递增趋势为 $0.01\sim0.035\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;仅零星海域呈显著性递减趋势。

(2)南印度洋和北印度洋的海表风速分别以 $0.010\text{ 2 m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $0.004\text{ 7 m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增。北印度洋的年平均海表风速在 $5.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,南印度洋的年平均海表风速在 $7.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右。

(3)南印度洋和北印度洋存在共同的 2.6~2.7 a、5.2 a 的变化周期以及 26 a 以上的长周期变化;南印度洋和北印度洋的海表风速都存在显著的突变现象,突变期分别为 1989 年和 1978—1980 年。

本研究分析了海洋自然环境中的海表风速的变化趋势,未来仍需适时积极与“海上丝路”沿线国在海洋环境和非传统安全等领域进行合作研究,共同助力“海上丝路”建设的顺利开展。

参考文献

[1] 郑崇伟,陈璇,孙威.加快建设“海上丝路”学科体系[N].中国海

洋报,2017-05-17(A2).

[2] 郑崇伟,林刚,邵龙潭.1988—2010 年中国海浪频率及其长期变化趋势[J].厦门大学学报(自然科学版),2013,52(3):395—399.

[3] 郑崇伟,周林,宋帅,等.1307 号台风“苏力”台风浪数值预报[J].厦门大学学报(自然科学版),2014,53(2):257—262.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 郑崇伟,邵龙潭,林刚,等.台风浪对掠海飞行安全性的影响[J].哈尔滨工程大学学报,2014,35(3):301—306.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 于丽萍.海洋魔鬼:内波[J].海洋世界,2003(10):23.

[12] 李秋萍,崔振昂.肆虐的“沿海杀手”:风暴潮[J].地球,2014(5):110—111.

[13] 郑崇伟,李崇银.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[J].海洋开发与管理,2017,34(12):61—65.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 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.

[17] 潘静,刘铸飘,郑崇伟,等.1958—2001 年全球海域海表风速变化趋势[J].气象科技,2014,42(1):104—108.

[18] 刘铁军,郑崇伟,李训强,等.近 44 年北印度洋海表风速变化趋势分析[J].海洋预报,2013,30(4):34—38.