

傅晨^{1,2} 罗耀¹ 杨磊¹ 王东晓^{1,2} 周峰华^{1,2}

北印度洋-南海季风区热带海洋极端波候变化特征

摘要

利用 1979—2016 年 ERA-Interim 有效波高(SWH)和海表风场数据,分析了南海-北印度洋极端海浪场分布和变化。结果表明:南海-北印度洋极端 SWH 分布和极端风速分布形态以及年际变化趋势高度一致,说明了涌浪为主的北印度洋和风浪为主的南海一样,极端 SWH 都由局地的极端风速控制;强极端 SWH 主要分布在阿拉伯海以及南海北部,阿拉伯海北部增长与该区域气旋强度增强有着密切关系,而南海的极端 SWH 主要受东北季风控制;东非沿岸极端 SWH 线性增长趋势则与索马里急流的年代际尺度上有逐渐增强的线性趋势有关。北印度洋及南海海域极端 SWH 距平场的 EOF 分析结果表明,南海极端 SWH 与北印度洋表现出反相变化的特征。北印度洋(南海海域)极端 SWH 多出现在西南季风(东北季风)期间,因为在西南季风(东北季风)期间,极端风速也相对增强。

关键词

南海;北印度洋;极端波候;年际变化

中图分类号 P731

文献标志码 A

收稿日期 2018-04-09

资助项目 中国科学院国际合作局对外合作重点项目(131551KYSB20160002)

作者简介

傅晨,男,硕士生,研究方向为波候变化。fuchen@scsio.ac.cn

罗耀(通信作者),男,博士,助理研究员,研究方向为近岸动力。yaoluo@scsio.ac.cn

0 引言

开阔海洋环境的变化规律尤其是海面风场和波浪场的运动、变化规律历来都是环境物理海洋学的重点研究对象之一,与之相关的应用性技术对促进工程经济发展、海上航线安全等方面都有着重要意义。海浪作为最重要的海域动力因素,不但能提供巨大波浪能资源,造福人类,同样也能产生巨大破坏力,给人类带来巨大灾难。南海和北印度洋同属季风影响海域,其中南海为典型半封闭海盆,受涌浪影响较小,以风浪为主,大浪主要受台风以及东北季风控制^[1-2];北印度洋有所不同,它被非洲大陆、亚洲大陆三面环抱,使得海洋气候受大陆影响极大,是其成为世界著名季风区的根源。广阔的大陆与邻接的海洋间产生很大的温差,而季风是由海陆温差引起的,并且随着海陆上空气压差的变化而变化。北印度洋几乎没有岛屿和浅滩地形的遮挡,外海涌浪影响剧烈,其海浪受季风和涌浪共同影响。南海-北印度洋是我国海上丝绸之路倡议的核心区域,也是最重要的海上能源通道之一。而有效波高(SWH)是海浪最重要的属性之一,它代表着着最大 $1/3$ 波浪波高的平均值^[3],反映了海浪中最重要的部分。

针对波候变化,许多区域性研究工作已经开展。在南海区域,宗芳伊等^[4]应用 SWAN 得到南海海域 1986—2005 年较高分辨率的波浪场,计算了南海海域的波浪能流密度,对南海海域波浪能资源进行了研究。梅勇等^[5]采用 WAVEWATCH-III 波浪模式对印度洋及南海的波浪场、风场的年际变化特征进行了讨论。沈春等^[6]基于 QuikSCAT 海面风场产品,对海面风场资料进行了 EOF 分析和随机动态分析,以此分析南海海面风场的变化特征。郑崇伟等^[7]以 CCMP 风场驱动海浪模式发现冬季在南海北部海域大浪频率有较强的递增趋势(约 $1\% \sim 2\% a^{-1}$)。针对北印度洋海域波候的研究工作则相对较少。Vethamony 等^[8]利用卫星高度计及模式数据研究了印度洋 1986—1989 年的波候,指出在 7 月整个阿拉伯海都受到高浪况的影响,而有效波高在孟加拉湾表现得相对较弱($<3\text{ m}$)。Sajiv 等^[9]基于 2008—2011 年的观测数据研究了印度半岛西岸 Honnavar 沿岸 9 m 水深处的波浪特征变化,在夏季季风期间,该地有效波高最高达到 4.3 m,平均有效波高为 1.7 m。Shanas 等^[10]利用 ERA-Interim 1979—2012 年间的资料探究了东阿拉伯海 Honnavar 沿岸风速和有效波高的年际变化,指出年平均有效波高呈现略微上升趋势($0.012\text{ cm} \cdot a^{-1}$),而观测到的年最大有

1 中国科学院南海海洋研究所,广州,510301

2 中国科学院大学,北京,100049

效波高有较大的上升趋势 ($1.4 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$). Anoop 等^[11]基于 ECMWF ERA-Interim 1979—2012 年 34 a 期间再分析资料研究了整个北印度洋的波候及其变率,发现北印度洋的年平均有效波高范围为 1.5~2.5 m,在夏季季风期间(6—9月)有效波高的平均值高达 3~3.5 m,并且在大部分北印度洋海域,季风期间的有效波高年际变化增长趋势高于季风期后(post-monsoon),而季风期前(pre-monsoon)的有效波高年际变化有减弱的趋势.郑崇伟等^[12]利用 ERA-40 海表 10 m 风场驱动海浪数值模式,得到南海-北印度洋 1957—2002 年的海浪场,发现该海域的波高波向、风速风向受季风影响显著,且北印度洋大部分海域的海表风速呈显著性逐年线性递增趋势,南海线性递增的区域则较少.本文基于 1979 年 1 月—2016 年 12 月 ERA-Interim 的风浪数据对北印度洋及南海海域的极端 SWH 变化趋势进行较为精细化的统计分析,为防灾减灾、海浪能开发等提供参考.

1 数据和方法

ERA-Interim^[13]是由大气同化系统同化常规资料 and 卫星观测资料获得的海洋大气分析数据.相比于前一代 ERA-40 数据同化模型,ERA-Interim 使用了最新的四维变分分析(4D-Var)同化技术,并且结合改进的湿度分析、卫星数据误差校正等技术,实现了再分析资料质量的提升,所以 ERA-Interim 再分析数据提供了更高精度的全球范围内的海浪场和风场数据.它推出了多种空间分辨率的数据,考虑到计算效率的问题,本文选用 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 水平分辨率的 SWH,其时间分辨率为 6 h,时间跨度为 1979 年 1 月—2016 年 12 月,计算范围为 $40 \sim 130^\circ \text{E}, 6^\circ \text{S} \sim 26^\circ \text{N}$.本文极端 SWH 采用 95% 分位数 SWH 表示,即取时间序列的前 5% 大波平均作为极端 SWH,表示为 H_{95} ,极端风速则为合成后的风速取时间序列前 5% 平均作为相应的极端风速,表示为 V_{95} .

经验正交分解(Empirical Orthogonal Function, EOF)又被称为主成分分析(Principal Component Analysis, PCA),最早由 Pearson 提出^[14],20 世纪 50 年代 Lorenz 将该方法引入大气科学领域^[15],随后被广泛应用至今.EOF 方法的优点在于它能对分布不规则的气象要素场进行时空分解,得到的各特征向量(空间模态和时间系数)相互正交,其中空间模态(EOF)在一定程度上可反映要素场的空间分布特点,而时间系数(PC)则反映相应空间模态随时间的权重变化.除

此之外,EOF 方法还具有展开收敛速度快,容易将原始要素场的变化信息浓缩在前几个模态上的特点.因此,该方法常用于气象要素场时空变化特征规律研究.

2 结果分析

2.1 极端波高整体变化趋势

由图 1 可知,极端 SWH 年平均分布主要有 3 个大值海域,亚丁湾以东洋面、孟加拉湾和南海北部海域.其中亚丁湾以东洋面极端 SWH 年平均最大,达到 4 m 以上,分布范围也最广;南海极端 SWH 最高达 3.5 m,主要分布在南海北部和吕宋海峡附近海域.极端 SWH 和极端风速年平均分布形态高度一致,说明即使在受南大洋涌浪影响巨大的印度洋北部,极端 SWH 仍然主要受到局地极端风速控制,郑崇伟等^[16]的研究结果也表明北印度洋及南海海域极值波高的分布特征与极值风速大体一致.图 2 通过线性拟合各点年极端 SWH,得到极端 SWH 年平均增长趋势分布.可知极端 SWH 增加趋势加大的区域位于阿拉伯海北部和南海北部,以及非洲大陆以东部分洋面,其中阿拉伯海北部和南海北部极端 SWH 年增加达 1 cm/s .Anoop 等^[11]提到以热带气旋的最大强度来作为衡量标准,在 1996 年后阿拉伯海北部热带气旋的强度有显著的增强,并指出这与季风的提前爆发有关,因为亚洲大陆和赤道印度洋之间的陆地海洋热对比增强,使得北向压力梯度增强,从而加强了季风和气旋剪切涡度;与此同时,1993、1997、2010 年强气旋期间 SWH 也显著增强,因此阿拉伯海北部极端 SWH 的显著上升趋势可能与该区域气旋强度增强有关.在阿拉伯海的低纬度区域,即东非沿岸极端 SWH 也有较强的增长趋势,该区域 SWH 受索马里急流控制,而索马里急流强度在年代际尺度上有逐渐增强的线性趋势^[17],因此该区域极端 SWH 增强的趋势可能与索马里急流增强的趋势有关.而极端 SWH 呈减小趋势主要分布在孟加拉湾口的中纬度区域和同纬度的菲律宾附近海域.取极端 SWH 降低趋势区间 $80 \sim 99^\circ \text{E}, 6 \sim 15^\circ \text{N}$ 进行进一步的研究,将该极端 SWH 和极端风速空间平均,计算极端风速变化趋势及两者相关性,发现该区域极端风速也呈下降趋势,且两者相关系数达 0.743,因此极端 SWH 下降趋势应由极端风速变化引起.比较图 2 和图 3 可知,极端 SWH 的变化趋势远远大于平均 SWH 的变化趋势,其主要变化趋势分布形态也完全不一样.

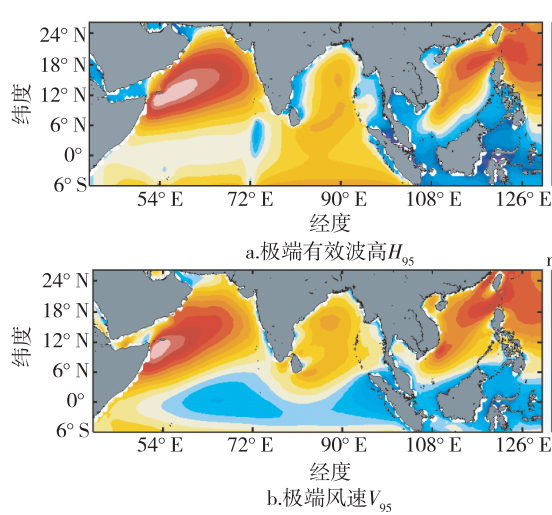


图1 极端有效波高 H_{95} 和极端风速 V_{95} 年平均分布

Fig. 1 Distribution of annual mean extremal SWH H_{95} (upper) and extremal wind speed V_{95} (bottom)

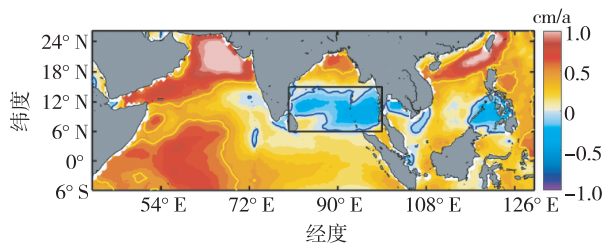


图2 极端有效波高增长趋势 (cm/a)

(蓝色等值线和黄色等值线分别代表0和0.5)

Fig. 2 Trends of extremal SWH (cm/a), the blue and yellow contours represent 0 and 0.5, respectively

由图4可知,整个研究区域年极端SWH的分布在1979—2016年整体呈增加趋势,斜率为0.003 9

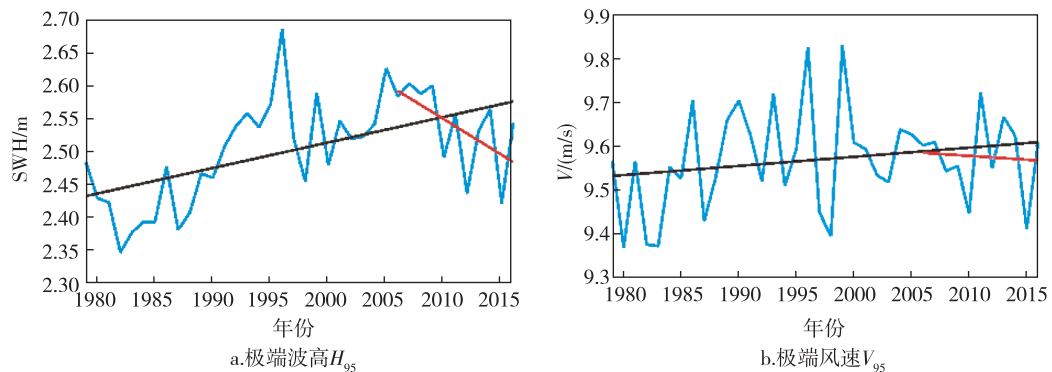


图4 研究区域平均极端波高 H_{95} 和极端风速 V_{95} 变化趋势

(黑色直线为1987—2016年变化趋势;红色直线为2006—2016年变化趋势)

Fig. 4 Trends of the mean extremal wave height H_{95} and extremal wind speed V_{95} in the study area

(Black line is the linear trend during 1987—2016, and red line is the linear trend during 2006—2016)

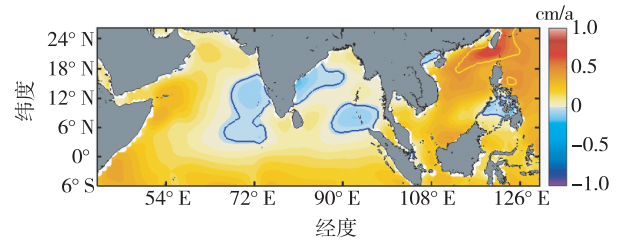


图3 年平均有效波高增长趋势 (cm/a)

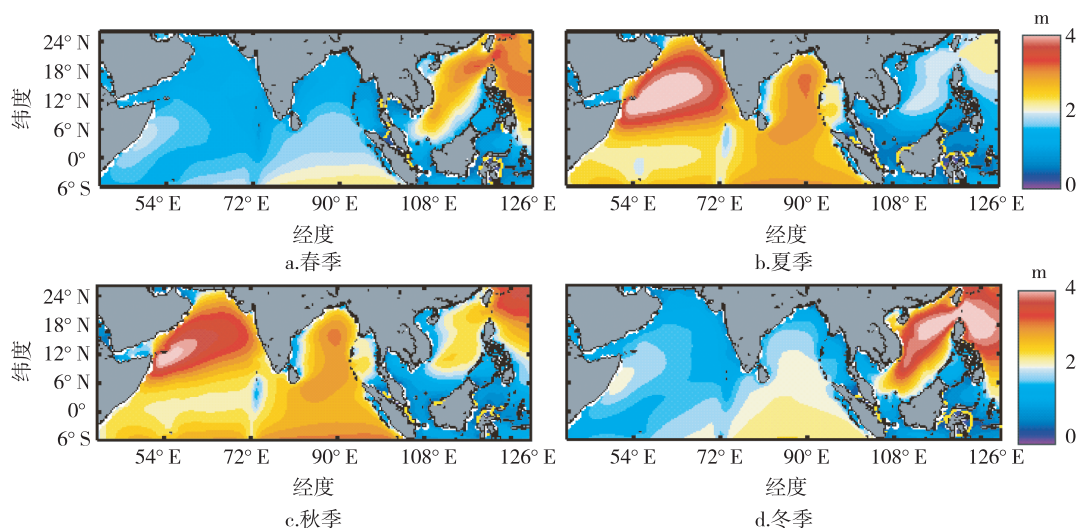
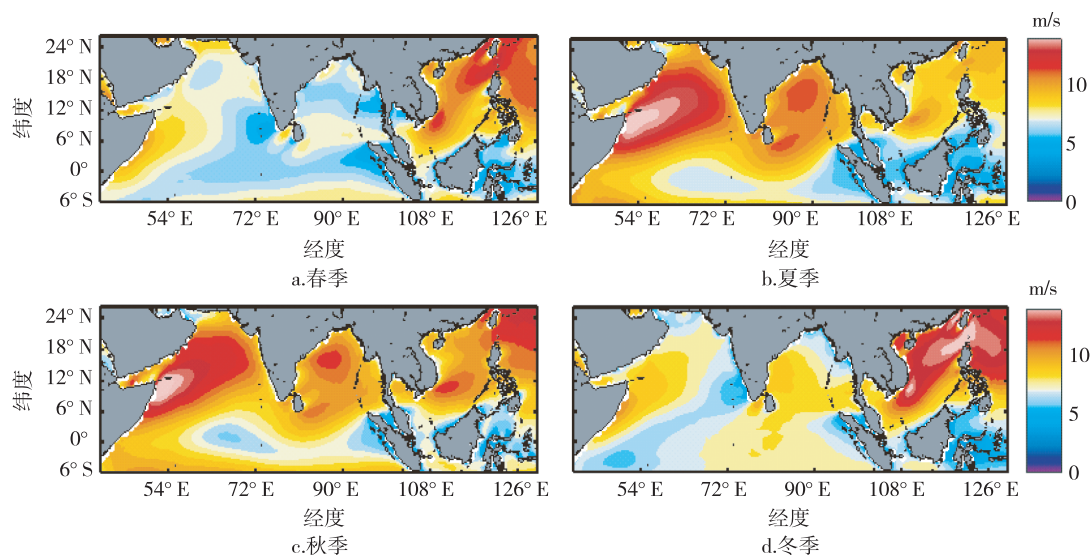
(蓝色等值线和黄色等值线分别代表0和0.5)

Fig. 3 Trends of annual mean SWH (cm/a), blue and yellow contours represent 0 and 0.5, respectively

($y = 0.003 9x - 5.249 2$),但是在近11年(2006—2016年)呈下降趋势($y = -0.010 8x + 24.317 9$),平均每年下降1.08 cm.从极端风速的变化趋势可以看出,极端风速在2000年后呈现明显的下降趋势,可能是导致极端SWH变化的主要原因,充分说明该海域极端SWH主要的控制因素为局地极端风速.

2.2 极端有效波高季节变化

春季期间(图5a,6a),北印度洋的风场相对较弱,最大风速出现在东非沿岸,这主要受冬、春季索马里急流消失并且在该区域经向风风向反转(为北风)影响所致.北印度洋的极端SWH相对较弱,最大SWH不超过2.5 m,出现在印度洋赤道东部以及东非沿岸.但两者有着较为显著的差异,赤道东印度洋的极端SWH有着从南至北的递减趋势,可能与南半球涌浪的传递有关,因为在北半球春季期间,南半球极地西风较强,且此时北半球的东北季风已开始逐渐衰弱,因此南半球向北半球传递的涌浪可能在此季节的极端波浪中占主导作用.而东非沿岸的较强

图5 各季节极端有效波高 H_{95} 年平均分布Fig. 5 Distribution of mean extremal SWH H_{95} 图6 各季节极端风速 V_{95} 年平均分布Fig. 6 Distribution of extremal wind speed V_{95}

极端 SWH 可能与冬、春季索马里急流消失后在该区域出现的北向风有关^[18]。1 月南海还处于东北季风的影响下,南海的极端有效 SWH 的值较大。

3 月下旬,索马里急流就已开始建立,4 月逐渐加强并向高空伸展,6、7、8 月达到最强^[19]。夏季(图 5b,6b)与秋季(图 5c,6c)的极端 SWH 和风场表现出较为一致的模式。极端 SWH 和风场均在东非沿岸(索马里急流区域)出现较强值,索马里急流核心区域风速可达 10 m/s 以上,因此极端 SWH 在此区域达到最大。除此之外,极端 SWH 和风场在孟加拉湾也出现了较大的极端 SWH。这可能与西南季风期间

风速增大有关,同时 5 月也是北印度洋气旋多发时间,也会使得该时间极端 SWH 以及极端风速变大。而在南海区域气候平均状态下,南海热带季风的爆发比孟加拉湾的南亚季风爆发时间晚 1 个月左右^[20],因而 4—6 月南海区域的极端 SWH 相比孟加拉湾表现出非常弱的信号。

冬季(图 5d,6d),由于印度洋的东北季风风速弱于西南季风,因而北印度洋的极端 SWH 相比 4—9 月有较大幅度的减弱。极端有效 SWH 的大值出现在东非沿岸以及斯里兰卡的东南海域。而南海受东北季风影响较大,极端 SWH 在整个南海都表现出了

极强的信号,在南海北部超过 4 m.郑崇伟等^[21]基于第三代海浪模式也得出风速和波高的大值中心吻合较好,在南海北部大致呈东北西南走向.对比印度洋与南海极端 SWH 在不同季节的分布情况,可看出北印度洋极端 SWH 多出现在西南季风期间,而南海极端 SWH 则出现在东北季风期间.

图 7 为各季节极端有效 SWH 的变化趋势.冬、春两季北印度洋的极端趋势呈现出偶极子形态,阿拉伯海与孟加拉湾北部海域呈现出下降趋势,而在低纬度呈现上升的趋势.在南海两季节的趋势存在

很大的区别,1—3 月南海的极端 SWH 趋势可达到 1 cm/a,而 10—12 月为弱的负信号.4—6 月,阿拉伯海北部的极端 SWH 趋势转变为极强的正趋势,这与 5 月阿拉伯海北部气旋强度增强有关,而南海极端 SWH 的趋势转变为极强的负信号,与此同时孟加拉湾的负信号区域也有所增大.7—9 月,阿拉伯海和孟加拉湾中部的极端 SWH 趋势都为负信号,而南海北部则出现了极强的正信号.北印度洋的赤道区域全年都表现出了较强的极端 SWH 正趋势.

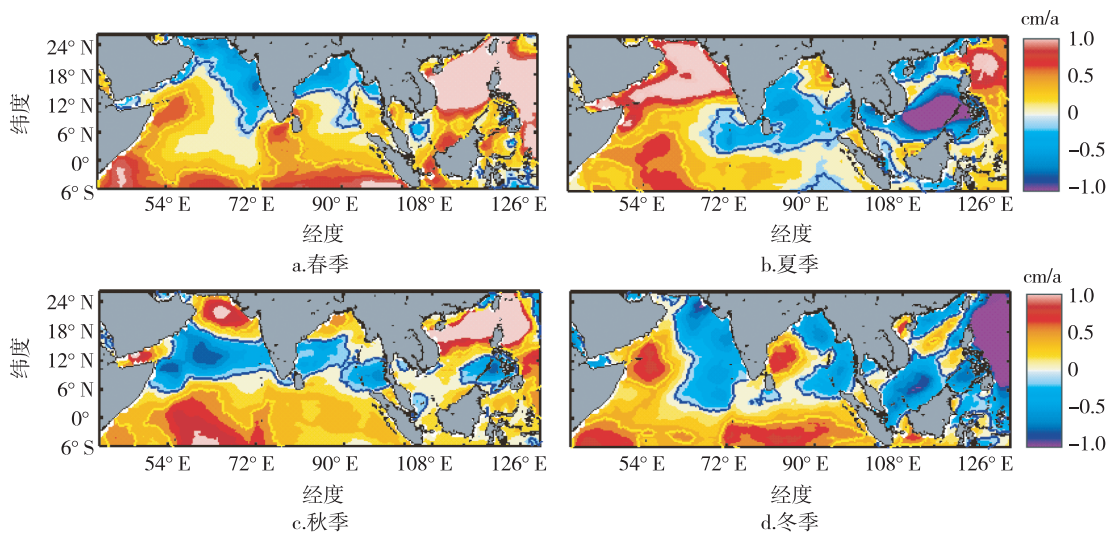


图 7 分季节极端有效波高变化趋势(cm/a)(蓝色和黄色等值线分别代表 0 和 0.5)

Fig. 7 Linear trends of seasonal extremal SWH (cm/a) in (a) spring, (b) summer, (c) autumn, and (d) winter (Blue and yellow contours represent 0 and 0.5, respectively)

2.3 EOF 分析

对 1979—2016 年北印度洋-南海海域月极端 SWH H_{95} 在时间上进行距平处理并做 EOF 分析,得到其第一 EOF 模态空间分布,其解释方差达 61.9% (图 8).由图 8 可知,南海极端 SWH 与北印度洋表现

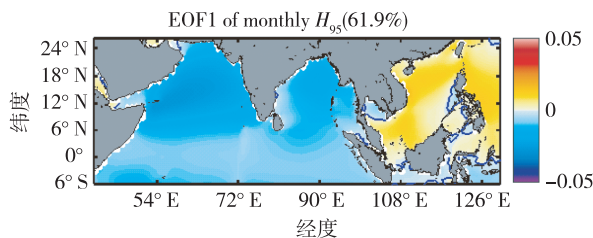


图 8 1979—2016 年北印度洋-南海海域极端有效波高距平场的第一 EOF 模态空间分布

Fig. 8 Spatial distribution of the first EOF mode of the extremal SWH anomalies in the northern Indian Ocean-South China Sea during 1979-2016

出反相变化的特征,从图 5 季节极端 SWH 可以清楚看到,北印度洋与南海海域的极端 SWH 变化并不同步:4—9 月北印度洋极端 SWH 的值达到季节变化的峰值,而南海则表现出较弱的极端 SWH;10 月一次年 3 月则与此相反.这与前面极端 SWH 受季风影响的分析契合,即北印度洋的极端 SWH 受西南季风影响较大,因为北印度洋西南季风期间风速远大于东北季风,而南海海域则受东北季风影响较大(图 5,图 6).

3 结论

基于 1979—2016 年 ERA-Interim SWH 和海表风场数据对南海-北印度洋极端海浪场分布和变化进行分析.南海-北印度洋极端 SWH 分布和极端风速分布形态以及年际变化趋势高度一致,反映了受涌浪控制的北印度洋和南海一样,极端 SWH 都由局地

的极端风速控制.强极端 SWH 出现在阿拉伯海以及南海北部,阿拉伯海北部增长与该区域气旋强度增强有着密切关系,而南海的极端 SWH 主要受东北季风控制.东非沿岸极端 SWH 线性增长趋势则与索马里急流的年代际尺度上有逐渐增强的线性趋势有关.极端 SWH 呈减小趋势主要分布在孟加拉湾口的中纬度区域和同纬度的菲律宾附近海域,这与该区域极端风速有下降的趋势有关.北印度洋及南海海域极端 SWH 距平场的 EOF 分析结果表明(第一模态解释方差达 61.9%),南海极端 SWH 与北印度洋表现出反相变化的特征.北印度洋(南海海域)极端 SWH 多出现在西南季风(东北季风)期间,因为在西南季风(东北季风)期间,极端风速也相对增强.

参考文献

References

- [1] 齐义泉,施平,毛庆文.南海海面风场和浪场季平均特征的卫星遥感分析[J].中国海洋平台,1997,12(3):118-122
 QI Yiquan, SHI Ping, MAO Qingwen. Satellite remote sensing analysis of seasonally averaged wind and wave fields in the South China Sea [J]. China Offshore Platform, 1997, 12(3):118-122
- [2] 齐义泉,施平.采用卫星高度计资料分析南海风、浪的月平均特征[J].热带海洋,1999,18(2):90-96
 QI Yiquan, SHI Ping. Analysis on monthly average distribution characteristics of sea surface wind and wave in South China Sea using altimetric data [J]. Tropic Oceanology, 1999, 18(2):90-96
- [3] Allan J, Komar P. Are ocean wave heights increasing in the eastern North Pacific? [J]. Eos Transactions American Geophysical Union, 2013, 81(47):561-567
- [4] 宗芳伊,吴克俭.基于近 20 年的 SWAN 模式海浪模拟结果的南海波浪能分布、变化研究[J].海洋湖沼通报,2014(3):1-12
 ZONG Fangyi, WU Kejian. Research on distribution and variations of wave energy in South China Sea based on recent 20 years' wave simulation results using SWAN wave model [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2014(3):1-12
- [5] 梅勇,宋帅,周林.北印度洋-南海海域海浪场、风场的年际变化特征分析[J].海洋预报,2010,27(5):27-33
 MEI Yong, SONG Shuai, ZHOU Lin. Annual variation characteristics of wave fields and wind fields over the north Indian Ocean and South China Sea [J]. Marine Forecasts, 2010, 27(5):27-33
- [6] 沈春,蒋国荣,施伟来,等.南海 QuikSCAT 海面风场变化特征分析[J].海洋预报,2012,29(3):1-8
 SHEN Chun, JIANG Guorong, SHI Weilai, et al. Characteristic analysis of the variability of QuikSCAT wind in the South China Sea [J]. Marine Forecasts, 2012, 29(3):1-8
- [7] 郑崇伟,林刚,邵龙潭.1988—2010 年中国海大浪频率及其长期变化趋势[J].厦门大学学报(自然版),2013,52(3):395-399
 ZHENG Chongwei, LIN Gang, SHAO Longtan. Frequency of rough sea and its long-term trend analysis in the China Sea from 1988 to 2010 [J]. Journal of Xiamen University (Nature Science), 2013, 52(3):395-399
- [8] Vethamony P, Rao L V G, Kumar R, et al. Wave climatology of the Indian Ocean derived from altimetry and wave model [C] // The Fifth Pacific Ocean Remote Sensing Conference, 2000:301-304
- [9] Sajiv P C, Chempalayil V S, Kumar V S, et al. Interannual and seasonal variations in nearshore wave characteristics off Honnavar, west coast of India [J]. Current Science, 2012, 103(3):286-292
- [10] Shanas P R, Kumar V S. Temporal variations in the wind and wave climate at a location in the eastern Arabian Sea based on ERA-Interim reanalysis data [J]. Natural Hazards & Earth System Sciences, 2014, 14(5):7239-7269.
- [11] Anoop T R, Kumar V S, Shanas P R, et al. Surface wave climatology and its variability in the north Indian Ocean based on ERA-Interim reanalysis [J]. Journal of Atmospheric & Oceanic Technology, 2015, 32(7):1372-1385
- [12] 郑崇伟,李训强,潘静.1957—2002 年南海-北印度洋海浪场波候特征分析[J].台湾海峡,2012,31(3):317-323
 ZHENG Chongwei, LI Xunqiang, PAN Jing. Wave climate analysis of the South China Sea and north Indian Ocean from 1957 to 2002 [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2012, 31(3):317-323
- [13] Dee D P, Uppala S M, Simmons A J, et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system [J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2011, 137(656):553-597
- [14] Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space [J]. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 1901, 2(11):559-572
- [15] Lorenz E N. Statistical forecasting program; empirical orthogonal functions and statistical weather prediction [R]. Science Report, Department of Meteorology, MIT (NTIS AD 110268), 1956
- [16] 郑崇伟,潘静,孙威,等.经略 21 世纪海上丝绸之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
 ZHENG Chongwei, PAN Jing, SUN Wei, et al. Series study on marine environment characteristics of the Maritime Silk Road in 21st century [J]. Ocean Development and Management, 2015, 32(7):4-9
- [17] 代玮.索马里急流多时间尺度的变化特征及其对亚洲季风的影响[D].北京:中国气象科学研究院,2013
 DAI Wei. Multi-time scale variation characteristics of Somali Jet and its impact on the Asian monsoon [D]. Beijing: Chinese Academy of Meteorological Sciences, 2013
- [18] 王会军,薛峰.索马里急流的年际变化及其对半球间水汽输送和东亚夏季降水的影响[J].地球物理学报,

- 2003,46(1):18-25
WANG Huijun, XUE Feng. Interannual variability of Somali Jet and its influences on the inter-hemispheric water vapor transport and on the east Asian summer rainfall [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2003, 46(1): 18-25
- [19] 李晓峰,郭品文,董丽娜,等.夏季索马里急流的建立及其影响机制[J].南京气象学院学报,2006,29(5):599-605
LI Xiaofeng, GUO Pinwen, DONG Lina, et al. Onset process of summer Somali Jet and the possible influenced mechanism [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2006, 29(5): 599-605
- [20] 李汀, 琚建华. 孟加拉湾西南季风与南海热带季风的气候特征比较[J]. 地球物理学报, 2013, 56(1): 27-37
LI Ting, JU Jianhua. Comparison of climate features between the southwest summer monsoon of the Bay of Bengal and the South China Sea summer monsoon [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2013, 56(1): 27-37
- [21] 郑崇伟,周林.近10年南海波候特征分析及波浪能研究[J].太阳能学报,2012,33(8):1349-1356
ZHENG Chongwei, ZHOU Lin. Wave climate and wave energy analysis of the South China Sea in recent 10 years [J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2012, 33(8): 1349-1356

Variations of extreme wave climate of tropical ocean and monsoon region in the north Indian Ocean-South China Sea

FU Chen^{1,2} LUO Yao¹ YANG Lei¹ WANG Dongxiao^{1,2} ZHOU Fenghua^{1,2}

1 South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

Abstract Using ERA-interim significant wave height (SWH) and sea surface wind field data from 1979 to 2016, the distribution and changes of extreme wave fields in the South China Sea-north Indian Ocean were analyzed. The results show that the extreme SWH distribution in the South China Sea-North Indian Ocean is highly consistent with extreme wind speed distribution patterns and inter-annual trends, reflecting the fact that extreme SWH is controlled by local extreme wind speeds in the north Indian Ocean and South China Sea. Strong extreme SWH occurs in the Arabian Sea and the northern part of the South China Sea. The growth of the northern Arabian Sea is closely related to the enhancement of cyclone intensity in the region. The extreme SWH in the South China Sea is mainly controlled by the northeast monsoon. The linear SWH growth trend in the east African coast is related to the increasing linear trend in the interdecadal scale of the Somali Jet. The EOF analysis of the extreme SWH anomalies in the north Indian Ocean and the South China Sea showed that the extreme SWH in the South China Sea and the north Indian Ocean showed reversed-phase changes. The extreme SWH in the north Indian Ocean (South China Sea) mostly occurs during the southwest monsoon (northeast monsoon) because extreme wind speeds also relatively increased during that period.

Key words South China Sea; north Indian Ocean; extreme wave climate; interannual change