

西北太平洋海域海表风速长期变化趋势研究

潘静¹, 郑崇伟²

(1. 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;

2. 92538部队气象台, 辽宁 大连 116041)

摘 要:利用来自ECMWF的ERA-40海表10 m风场资料,对西北太平洋海域海表风速的长期变化趋势等进行研究,研究发现:(1)1958—2001年期间,西北太平洋第一岛链以内海域的海表风速不存在显著的逐年变化趋势,第一岛链以外地广阔洋面则基本表现出显著性逐年线性递增趋势,递增趋势约 $0.005—0.02\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$,呈显著性逐年线性递减的海域主要分布于一些零星海域;(2)近44年期间,西北太平洋海域的海表风速整体上以 $0.0072\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增,在1958—1974年期间,海表风速的递增趋势较强,1975—2001年期间,西北太平洋海域的海表风速整体上变化趋势较为平缓,尤其是在1976—1983年期间,海表风速的走势甚为平缓;(3)西北太平洋海域的海表风速不存在显著的逐MAM、逐JJA变化趋势,逐SON和逐DJF则表现出显著的线性递增趋势,逐SON的递增趋势为 $0.0047\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$,逐DJF的递增趋势为 $0.0079\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;(4)西北太平洋海域的海表风速存在多种尺度的变化周期,具有明显的2.0—2.4年、4.3—5.2年以及26年以上的长周期震荡。

关键词:西北太平洋; ERA-40海表10 m风场; 长期变化趋势; 周期

中图分类号:P732 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2012)05-0048-05

1 引言

海表风速是海洋水文气象的一个重要要素,其变化趋势一直以来是众多专家关注的对象之一^[1]。郑崇伟等^[2-5]利用CCMP(Cross-Calibrated, Multi-Platform)风场资料分析了中国海海表风速的长期变化趋势,发现在1988—2009年期间,中国海大部分海域的海表风速表现出显著性逐年线性递增的趋势;郑崇伟^[6]的研究还发现在1958—2001年期间,大西洋中低纬和南大西洋高纬度大部分海域的海表风速呈显著性逐年线性递增;梅勇等^[7]利用1957年9月—2002年8月的ERA-40海表10 m风场,研究发现中南半岛东南海

域的南海大风中心($115^{\circ}—117.5^{\circ}\text{E}$, $15^{\circ}—17.5^{\circ}\text{N}$)的海表风速在1958—2001年期间呈显著的逐年线性递增趋势;Ward等^[8]认为,在20世纪后半叶,全球近海面风速没有明显的变化趋势,在赤道附近海域、南大西洋热带海域和北太平洋亚热带海域呈减小趋势;Gulev^[9-10]和Gower^[11]等提出,热带北大西洋和北太平洋高纬度海域的海表风速呈递增趋势。本文利用来自欧洲中期天气预报中心(ECMWF—European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)的ERA-40海表10 m风场资料,对西北太平洋海域海表风速的长期变化趋势等进行研究,反映出1958—2001年期间该海域海表风速的整体变化趋势和变化趋势的区域性差异。

收稿日期:2011-12-17

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2010CB950400);中科院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-Q11-03)

作者简介:潘静(1978-),女,副研究员,主要从事海气相互作用研究。E-mail: pan@lasg.iap.ac.cn

2 资料简介

ERA-40 海表 10 m 风场^[6, 12]来自 ECMWF, 其时间范围从 1957 年 09 月 01 日 00:00 时—2002 年 8 月 31 日 18:00 时, 时间分辨率为 6 小时; 该数据的空间范围为 87.5°S — 87.5°N , 0° — 357.5°E , 空间分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 。本文重点是为了研究西北太平洋海域海表风速的长期变化趋势, 因此对于时间序列的长度要求则较高, NCEP 风场、QN 混合风场和 CCMP 风场的分辨率较高, 但时间序列相对 ERA-40 海表 10 m 风场都较短, 本文选择 ERA-40 海表 10 m 风场作为研究风场。

3 海表风速长期变化趋势

3.1 海表风速长期变化趋势的区域性差异

不同海域海表风速的变化趋势定存在区域性差异, 为了体现出这个差异, 本文将西北太平洋海域 $1.5^{\circ}\times 1.5^{\circ}$ 每个网格点上的海表风速从 1958—2001 年取逐年平均, 分析每个网格点上海表风速的逐年线性趋势, 见图 1。

1958—2001 年期间, 西北太平洋约有 50% 的海域的海表风速并不存在显著的逐年变化趋势, 这些海域主要集中分布于第一岛链以内, 第一岛链以外地广阔洋面则基本表现出显著性逐年线性递增趋势, 递增趋势约 0.005 — $0.02\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$, 递增趋势较强的海域分布于 $(5^{\circ}\text{N}, 150^{\circ}\text{E})$ 和 $(2^{\circ}\text{N}, 90^{\circ}\text{E})$ 附近海域, 这两个海域海表风速的逐年递增趋势基本都在 $0.02\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 以上, 海表风速呈显著性逐年线性递减的海域主要分布于一些零星海域: 库页岛东部海域 $(-0.025\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ — $-0.005\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1})$ 、黄海中部海域 (约 $-0.005\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$)、海南岛周边海域 (约 $-0.005\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$) 等 (见图 1)。

3.2 海表风速逐年变化趋势

为了反映出近 44 年期间西北太平洋海域海表风速的整体变化趋势, 本文还将该海域的海表风速进行逐年区域平均, 采用线性回归方法, 分析该海域海表风速近 44 年的整体变化趋势, 见图 2。相关系数 $|r|=0.76>r_{0.05}=0.29$, 线性递增趋势显著, 回归系数为 0.0072 , 也就是说, 近 44 年期间, 西北太平洋海域的海表风速整体上以 $0.0072\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增。结论

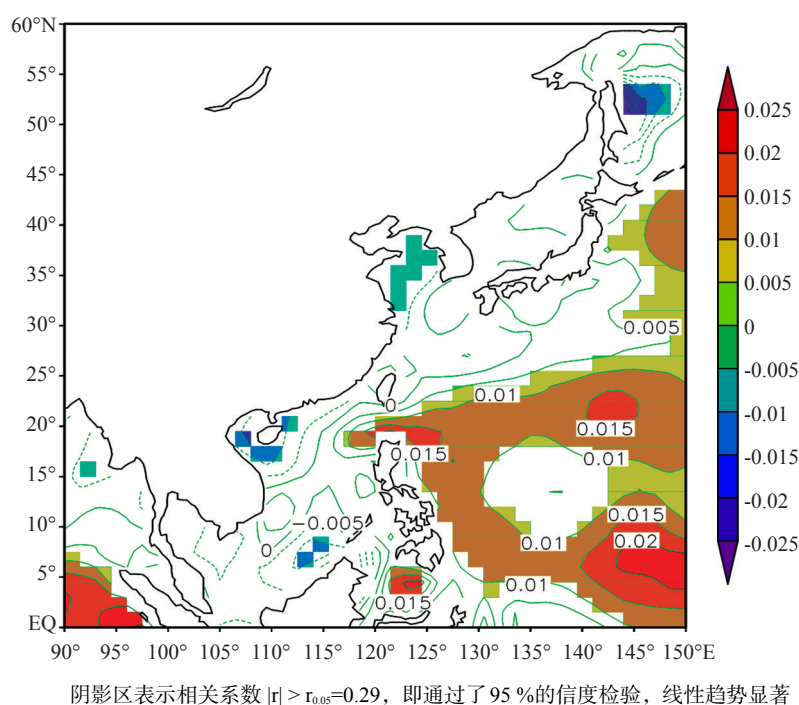


图 1 西北太平洋海域 1958—2001 年逐年平均海表风速线性趋势的回归系数 (单位/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$)

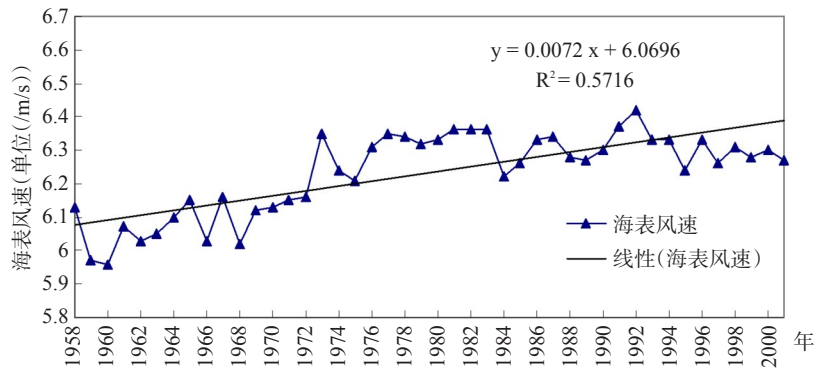


图2 1958—2001年西北太平洋逐年区域平均后的海表风速及其变化趋势

与Gower^[11]的结论基本一致。在1958—1974年期间,海表风速的递增趋势较强,1975—2001年期间,西北太平洋海域的海表风速整体上变化趋势较为平缓,尤其是在1976—1983年期间,海表风速的走势甚为平缓。

3.3 海表风速逐MAM、逐JJA、逐SON、逐DJF的变化趋势

本文还将西北太平洋海域的海表风速从1958—2001年取逐MAM(March, April, May)平均、逐JJA(June, July, August)平均、逐SON(September, October, November)平均、逐DJF(December, January, February)平均,利用线性回归方法,分析近44年期间西北太平洋海域海表风速逐MAM、逐JJA、逐SON、逐DJF的线性回归趋势,见图2。

MAM: 海表风速变化趋势的相关系数为0.22,没有通过了95%($r_{0.05}=0.29$)的信度检验,线性变化趋势不显著,即近44年的逐MAM,西北太平洋海域的海表风速不存在显著的变化趋势。

JJA: 海表风速变化趋势的相关系数为0.288,没有通过了95%($r_{0.05}=0.29$)的信度检验,线性变化趋势不显著,即近44年的逐JJA,西北太平洋海域的海表风速不存在显著的变化趋势。

SON: 海表风速变化趋势的相关系数为0.32,通过了95%($r_{0.05}=0.29$)的信度检验,线性递增趋势显著,回归系数为0.0047,即近44年期间,西北太平洋海域的海表风速以 $0.0047 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$

的速度显著性逐SON线性递增。

DJF: 海表风速变化趋势的相关系数为0.61,通过了95%($r_{0.05}=0.29$)的信度检验,线性递增趋势显著,回归系数为0.0079,即近44年期间,西北太平洋海域的海表风速以 $0.0079 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐DJF线性递增。

对比不同季节的变化趋势发现,西北太平洋海域的海表风速不存在显著的逐MAM、逐JJA变化趋势,逐SON和逐DJF则表现出显著的线性递增趋势,详见图2。

3.4 变化周期

将西北太平洋海域的海表风速从1958—2001年取逐年区域平均,利用功率谱分析该海域海表风速的变化周期,谱密度大于红噪音检验标准谱的时候,说明存在该显著性周期。

由图4可见,西北太平洋海域的海表风速存在多种尺度的变化周期,具有明显的2.0—2.4年、4.3—5.2年以及26年以上的长周期震荡。郑崇伟^[13]、陈红霞^[14]的研究指出中国近海及临近海域的海浪的年际变化中以5年为周期的变化较为显著。西北太平洋海域的海表风场、海浪场均存在5年左右的显著性周期,这一周期可能受东亚冬季风异常和ENSO循环影响有关,有待于在未来的工作中进一步对其中的物理机制展开更深入的研究。

4 结论

(1) 1958—2001年期间,西北太平洋第一岛

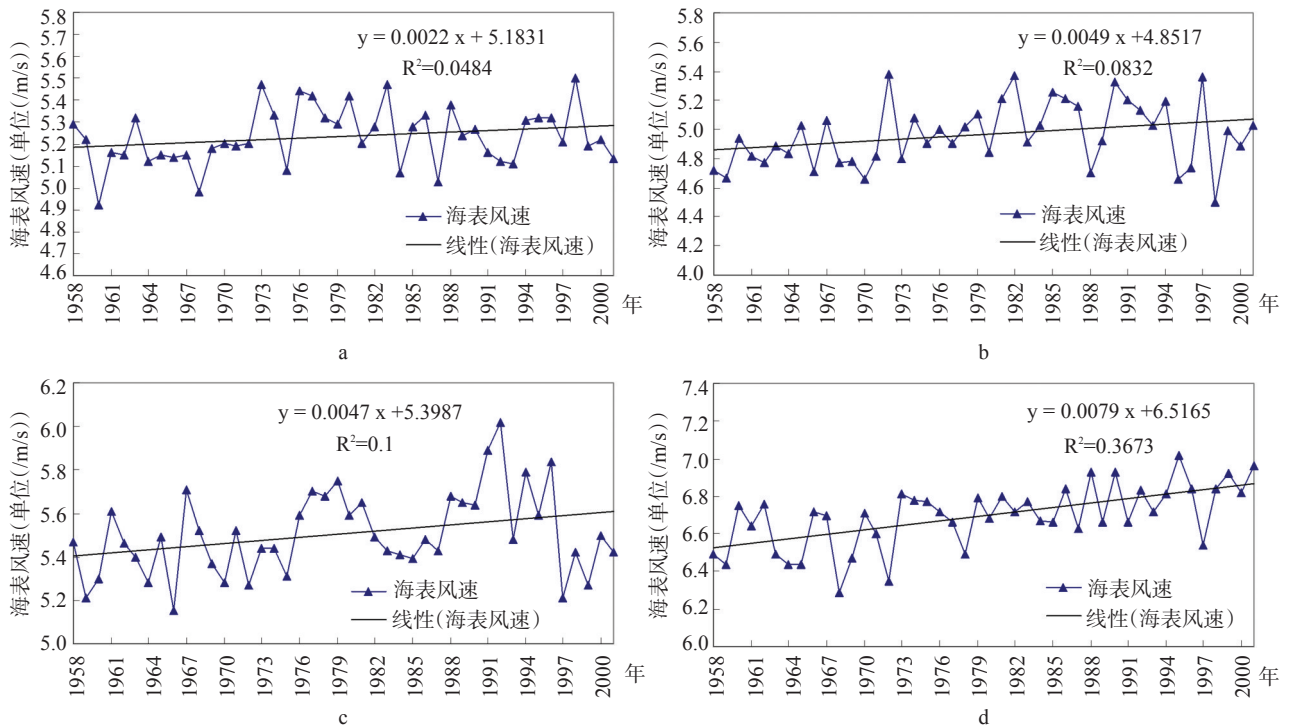


图3 西北太平洋海域1958—2001年逐MAM、逐JJA、逐SON、逐DJF的海表风速及其线性回归趋势

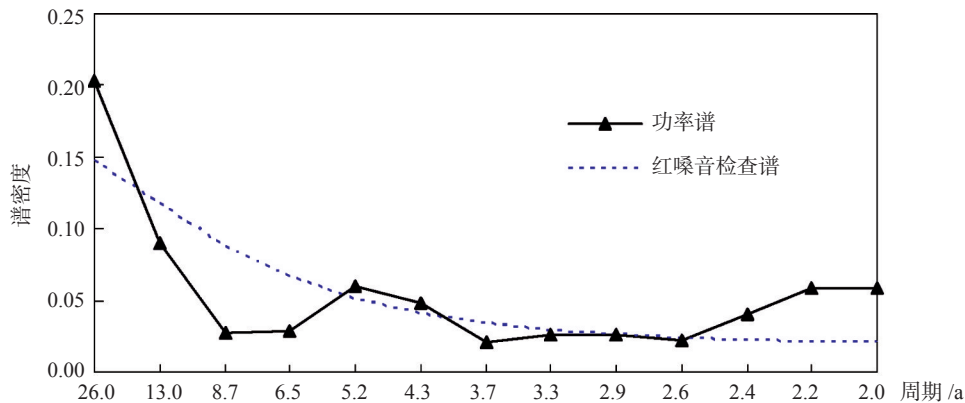


图4 西北太平洋海域海表风速的功率谱分析

链以内海域的海表风速不存在显著的逐年变化趋势,第一岛链以外地广阔洋面则基本表现出显著性逐年线性递增趋势,递增趋势约 $0.005—0.02 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$,递增趋势较强的海域分布于 $(5^{\circ}\text{N}, 150^{\circ}\text{E})$ 和 $(2^{\circ}\text{N}, 90^{\circ}\text{E})$ 附近海域,这两个海域海表风速的逐年递增趋势基本都在 $0.02 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 以上,海表风速呈显著性逐年线性递减的海域主要分布于:库页岛东部海域、黄海中部海域、海南岛周边海域等一些零星海域;

(2) 近44年期间,西北太平洋海域的海表风

速整体上以 $0.0072 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增,在1958—1974年期间,海表风速的递增趋势较强,1975—2001年期间,西北太平洋海域的海表风速整体上变化趋势较为平缓,尤其是在1976—1983年期间,海表风速的走势甚为平缓;

(3) 西北太平洋海域的海表风速不存在显著的逐MAM、逐JJA变化趋势,逐SON和逐DJF则表现出显著的线性递增趋势,逐SON的递增趋势为 $0.0047 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$,逐DJF的递增趋势为 $0.0079 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;

(4) 西北太平洋海域的海表风速存在多种尺度的变化周期, 具有明显的2.0—2.4年、4.3—5.2年以及26年以上的长周期震荡, 其中5年左右的显著性周期可能受东亚冬季风异常和ENSO循环影响有关, 有待于在未来的工作中进一步对其中的物理机制展开更深入的研究。

参考文献:

- [1] 郑崇伟, 潘静, 田妍妍, 等. 全球海域风浪、涌浪、混合浪波候图集[M]. 海洋出版社, 2012.
- [2] 郑崇伟, 李训强. 基于WAVEWATCH-III模式的近22年中国海浪能资源评估[J]. 中国海洋大学学报, 2011, 20(4): 5-12.
- [3] 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]. Sci China Tech Sci, 2012, 55(1): 163-173.
- [4] 郑崇伟. 基于CCMP风场的近22年中国海表风场特征分析[J]. 气象与减灾研究, 2011, 34(3): 41-46.
- [5] 刘志宏, 郑崇伟. 近22年西北太平洋海域海表风速变化趋势研究[J]. 海洋技术, 2011, 30 (2): 127-130.
- [6] 郑崇伟, 周林, 刘志宏. 近45年大西洋波候统计分析[J]. 海军大连舰艇学院学报, 2011, 34(2): 50-53.
- [7] 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.
- [8] Ward M N, Hoskins B. Near surface wind over the global ocean 1949-1988[J]. J Climate, 1996, 9 : 1877-1895.
- [9] Gulev S K, Grigotieva V. Last century changes in ocean wind wave height from global visual wave data[J]. Geophy Res Lett, 2004, 31: L24302, doi:10.1029/2004GL021040.
- [10] Gulev S K, Hasse L. Changes of wind waves in the north Atlantic over the last 30 years[J]. Int J Climatol, 1999, 19: 1091-1117.
- [11] Gower J F R. Temperature, wind and wave climatologies, and trends from marine meteorological buoys in the northeast pacific[J]. J Climate, 2002, 15: 3709-3718.
- [12] 郑崇伟, 周林, 周立佳. 西沙、南沙海域波浪及波浪能季节变化特征[J]. 海洋科学进展, 2011, 29(4): 419-426.
- [13] 郑崇伟. 南海海浪特征分析及波浪能资源评估[D]. 解放军理工大学硕士论文, 2011.
- [14] 陈红霞, 华锋, 袁业立. 中国近海及临近海域海浪的季节特征及其时间变化[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(4): 407-415.

Long-term trend analysis of sea surface wind speed in the Northwest Pacific Ocean

PAN Jing¹, ZHENG Chong-wei²

(1. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2. 12 Unit, NO. 92538 Army of PLA, Dalian 116041 China)

Abstract: Based on the ERA-40 sea surface wind field data from the ECMWF, the long-term trend of sea surface wind field in the Northwest Pacific Ocean was analyzed by linear regression method. The results show that: (1) from 1958 to 2001, sea surface wind speed within the first island chain waters of the Northwest Pacific had no significant change, but showed a significant linear increase trend at the outside the first island chain, which is about $0.005\text{--}0.02\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$. Meanwhile, the sea surface wind speed had a significant linear decrease trend in some sporadic regions. (2) During the past 44 years, the sea surface wind speed in the Northwest Pacific Ocean showed a significant linear increase by $0.0072\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$. In the period of 1958—1974, the increasing trend is stronger. However, the trend of sea surface wind speed in the Northwest Pacific Ocean was much stable during 1975—2001, especially from 1976 to 1983. (3) The sea surface wind speed in the Northwest Pacific Ocean had no a significant linear increase tendency in MAM and JJA, but had an obvious increase tendency in SON and DJF. (4) The sea surface wind speed showed several different time scale oscillation periods, which are 2.0—2.4 years, 4.3—5.2 years and 26 year respectively.

Key words: Northwest Pacific Ocean; ERA-40 sea surface wind field; long-term trend; period