

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

国家重点基础研究发展规划项目(2010CB950400) 亚洲区域海陆气相互作用机理及其在全球变化中的作用

资助


国家重点基础研究发展规划项目(2012CB957803) 天文与地球因子对气候变化的影响

Wave Climate Atlas of Wind Sea,  
Swell and Mixed Wave in Global Ocean

# 全球海域 风浪、涌浪、

# 混合浪波候 图集

郑崇伟 潘静 田妍妍 杨支中 著

 海洋出版社



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

国家重点基础研究发展规划项目(2010CB950400)亚洲区域海陆气相互作用机理及其在全球变化中的作用

国家重点基础研究发展规划项目(2012CB957803)天文与地球因子对气候变化的影响

资助

# 全球海域 风浪、涌浪、混合浪波候图集

郑崇伟 潘静 田妍妍 杨支中 著

海洋出版社

2012年·北京

图书在版编目(CIP)数据

全球海域风浪、涌浪、混合浪波候图集 / 郑崇伟等  
著. —北京: 海洋出版社, 2012. 4  
ISBN 978-7-5027-8242-9

I. ①全… II. ①郑… III. ①海浪—世界—图集  
IV. ①P731.22-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第063311号

责任编辑: 苏 勤

责任印制: 赵麟苏

**海洋出版社** 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编: 100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店经销

2012年4月第1版 2012年4月北京第1次印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 11.5

字数: 190千字 定价: 168.00元

发行部: 010-62147016 邮购部: 010-68038093 专著图书中心: 010-62113110

海洋版图书印、装错误可随时退换

# 前言

海洋是人类生命的摇篮，海洋更是一个巨大的资源宝库，她蕴藏着丰富的资源：种类繁多的生物资源（含渔业、海洋生物制药等）、丰富的矿产资源（如油气、可燃冰等）、化学资源（各种金属和盐类），而且还储有取之不尽的动力资源（如波浪能、潮汐能、温差能、盐差能、海流能等）。IPCC<sup>[1]</sup>（政府间气候变化委员会——Intergovernmental Panel on Climate Change）第四次评估报告指出，在过去的100年（1906—2005年）全球变暖趋势为0.074℃/10a，全球变暖导致的环境危机、资源危机等现象对人类的生存与可持续发展构成了严重威胁，在常规能源（如煤、石油等）紧缺的当今世界，人类将目光聚焦新能源，尤其是蕴藏丰富的海洋能，这无疑是对气候变化和常规能源紧缺的最佳选择，也是各个国家采取的共同战略之一。

海浪作为海洋环境中一个极其重要的海洋要素，对人类的影响非常大，主要表现在对人类的危害和造福人类两方面。通过对近10年的《中国海洋灾害公报》统计发现，海浪灾害所造成的人员伤亡在所有海洋灾害中居首位，同时也带来了严重的经济损失。有研究表明<sup>[2]</sup>：我国由海浪所引发的海难年平均有70余次，损失约1亿元，死亡500人左右；1949—1982年的34年里，仅被交通部门和海军救助的船只就达6295艘次（不包括渔民自救的渔船），其中约1500艘船的海难事故是由巨浪引起的。1979年11月，我国“渤海二号”钻井船受寒潮带来的大浪袭击而沉没。1982—1990年间，中国近海因台风浪翻沉各类大小船只14345艘，损坏9468艘，死亡、失踪4734人，伤近40000人，平均每年沉损各类船只2600余艘，死亡、失踪520余人。大浪常给人类带来巨大的危害，尤其是海浪中的涌浪，能量巨大、破坏力强，但如果能深入把握其内在规律，充分依据其稳定性、能量大等优点，进行波浪能资源开发，将给人类带来福祉。海浪还会促进海水上下层的混合，使混合后的水层富有氧气，满足海中鱼类和其他动植物的需要，利于渔业；海浪的巨大能量又可能进行波浪发电、海水淡化，成为将来人类的巨大能源之一，前景广阔。

目前，太阳能和陆上风能的开发利用已逐步走向产业化、规模化，但受资源的地域限制严重；核能能够提供巨大的能量，但受自然灾害和人为影响较大，如2011年3月日本海啸引起的核泄漏、1986年4月苏联切尔诺贝利核电站由于操作失误发生核泄漏，均造成了极其严重的危害；而海洋能资源的开发与利用则处于初级阶段，海洋能具有安全、无污染、可再生、储量大、分布广的优点，但其不稳定性也增加了其开发难度。海洋能包括波浪能、潮汐能、温差能、海流能、盐差能等，据联合国教科文组织出版的《海洋能开发》认为<sup>[3]</sup>，全球各种海洋能的理论可再生功率约为 $7.66 \times 10^{10}$ 千瓦，其中各类海洋能的数量级以温差能和盐差能最大，温差能占52.2%，盐差能占39.2%；波浪能和潮汐能次之，均占3.9%；海流能最小，仅占0.8%。目前的海浪发电装置可为



海水养殖场、海上气象浮标、石油平台、海上灯塔、海上孤岛等提供能源，2011年1月李克强副总理访问英国时，英国人唯一向副总理展示的高新成果就是海浪发电，海浪发电更是目前各发达国家追逐的焦点之一<sup>[4]</sup>。海上风能资源比陆地也更具优势<sup>[5-6]</sup>，海上风力发电可为远洋货轮提供电力补给，可为我水面舰艇和 underwater 航行器远洋活动的能量补给提供参考，还可并入城市电网。

20世纪70年代就已有学者利用有限的大洋船舶报资料和浮标资料，分析了全球海洋沿岸波浪能资源的分布，Tornkvist<sup>[7]</sup>，Hull<sup>[8]</sup>的研究指出：全球波浪能的富集区主要集中在北大西洋东北部海域、太平洋东北部北美西海岸、澳大利亚南部沿岸以及南美洲的智利和南非的西南部沿岸。Stephen<sup>[9]</sup>在2009年利用浮标、高度计等不同的资料对全球不同海域的波浪能资源进行研究，发现能流密度最大的地方位于凯尔盖朗岛（Kerguelen Island），年平均能流密度能达到140千瓦每米。随着海洋探测技术的发展和大规模海洋调查的开展，特别是海浪数值模式的不断进步，越来越多的海洋浮标资料、卫星反演资料和数值模式的后报资料以及模式后报资料与观测资料相结合的再分析资料被普遍应用到波浪能资源的评估中，甚至先进的海浪数值预报模式也应用于近岸波浪能的预报中<sup>[10-11]</sup>。

波浪能、海上风能的开发主要有两个关键点：第一，能量转换装置的转换效率；第二，对能量的捕获能力，提高对能量的捕获能力有两种有效途径：一是从装备着手，提高采集装置自身对能量的捕获能力，二是所选区域的能量分布特征，寻找资源富集、稳定的优势区域，对提高发电装置的采集效率是极为有利的。前人的工作对波浪能、风能的开发利用起到了巨大的推动作用，但以往对风能的研究多是基于陆地或近岸，而海上风能较陆上更具优势；对波浪能研究多是对发电装置的研究，对波浪能资源进行合理评估的研究并不多见，如果仅有先进的设备而对波浪能资源了解甚少，在实际的资源开发过程中难免会出现“巧妇难为无米之炊”的尴尬局面，且以往即使对波浪能资源的研究也多是利用有限的观测资料，或者只是针对混合浪能展开的研究，而涌浪具有能量大、稳定性好等优点，利于波浪能的采集与转换，仅依靠能流密度的大小对波浪能资源进行评估稍显不足，没能充分考虑波浪能的有效利用率。由于受到资料的限制，以往对波浪能、海上风能的研究多是基于非常有限的观测资料在近岸展开，严重制约了波浪能、风能资源的大规模开发与利用，致力于边远海岛的海浪发电、海上风力发电具有更为实用的意义，显得尤为迫切。本研究将ICOADS（综合海洋大气数据集）海浪资料和来自ECMWF（欧洲中期天气预报中心——European Centre for Medium-Range Weather Forecasts）将风浪和涌浪分离的ERA-40海浪资料进行同化，提出了能级频率、波浪能资源开发可用波高的概念，结合能流密度的大小、能流密度的稳定性和变化趋势、能量的总储量、有效储量、技术开发量等各方面，构建了一套波浪能资源评估系统，对全球海域的波浪能资源进行重新审视。此外，本研究还探索性地利用高精度、高分辨率、长时间序列的CCMP（Cross-Calibrated, Multi-Platform）风场资料，对全球海域的风能资源进行综合评估，使海浪发电、海上风力发电、海浪风力联合发电从近岸走向深海和边远海岛，实现其规模化、产业化，促进人类的可持续发展。

我国对波浪能资源的开发极为重视，始于 1975 年在浙江省嵊山岛试验，20 世纪 80 年代以后发展较快，1989 年第一座试验波力电站位于南海的珠海市大万山岛试建成功，装机容量 3 千瓦。我国有 300 余万平方千米的海洋国土，岛屿众多，有居民的海岛能源十分紧张，这些海岛大多远离大陆，岛上电力供给紧张，严重制约了海岛的经济发展和军事活动。我国沿海地区经济发达，国内生产总值（GDP）占全国 70% 左右，但也是我国的电力负荷中心，用电量占全国用电量的 50% 以上，我国在 2009 年各种能源消耗的总量（包括可再生能源），相当于 22.52 亿吨原油，首次超过美国成世界第一大能源消耗国<sup>[12]</sup>。能源瓶颈已经成为制约沿海地区持续快速发展的重要问题，尤其是近年来电力需求十分强劲，为实现沿海地区电力可持续发展，国家采取了“西电东送”、“西气东输”、大力开发核电等新能源的发展战略，即便如此，电力供应仍有很大的缺口。因此，发挥沿海可再生能源的资源优势，实行海浪发电，不仅具有实用的经济社会意义，而且还具有重要的军事价值。目前美国海军已在夏威夷海军基地开展利用波浪能浮筒发电的试验，并已取得较好的成绩，美国正计划利用波浪能发电隐蔽性好的特点为远海执行任务的水下航行器 UUV、AUV 充电，甚至计划建立水下充电站使常规潜艇等水下航行器不需浮出水面而直接充电。这一做法对于我国的军事活动有重要的借鉴作用，大力推行海浪发电、风力发电、海水淡化，可实现边远海岛的电力和淡水自给，也可为远离本土的大型水面舰艇、水下航行器等提供充足的电力和淡水补给，且海浪、风力发电具有很强的防破坏能力，在重点海域大面积散点布设海浪和风力发电装置，能有效避免战时被敌方全部摧毁，保证电力和淡水的不间断供给。

本研究利用 CCMP 风场资料驱动，目前国际先进的第三代海浪数值模式 WW3（全称 WAVEWATCH-III），对中国海的海浪场进行模拟，并对中国海的风能资源、波浪能资源进行系统的精细化研究。风能区划标准已有技术规范可参考，但波浪能资源的开发利用还处于初级阶段，尚未形成区划标准，本研究构建了波浪能资源区划标准，结合风能区划标准，对中国海的风能、波浪能资源进行区划，为海浪发电、海上风力发电、海水淡化等波浪能、风能资源的开发工作提供指导。

本研究还利用 ICOADS 海浪资料和 ERA-40 海浪资料制作了全球海域波候、波浪能资源图集，利用 CCMP 风场资料制作了全球海域风候、风能资源图集，利用 CCMP 风场驱动 WW3 得到的海浪场数据，制作了中国海波候、风候、波浪能、风能资源图集，可为防灾减灾、海洋水文保障、海洋工程、波浪能和风能资源开发、海洋权益维护等军地建设提供参考和辅助决策。

本书主要是综合利用 ICOADS 海浪资料和 ERA-40 海浪资料，对全球海域的风浪、涌浪、混合浪特征进行研究，制作了全球海域风浪、涌浪、混合浪波候图集。

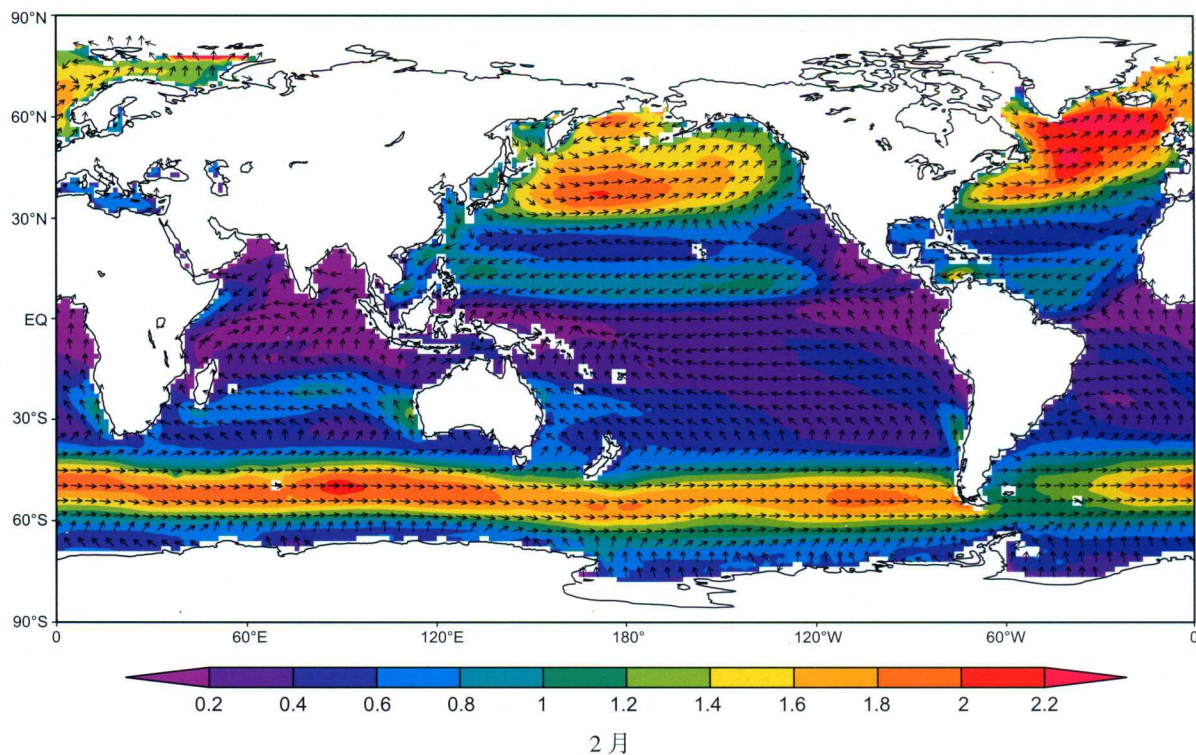
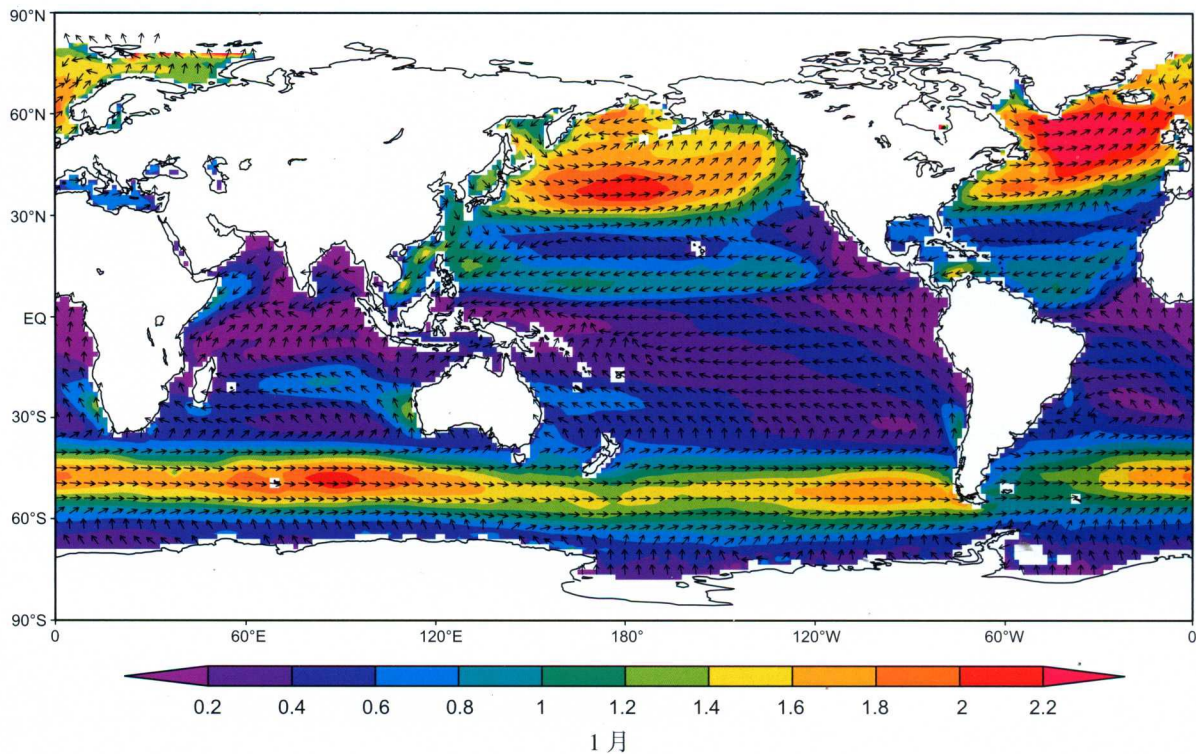


# 目 录

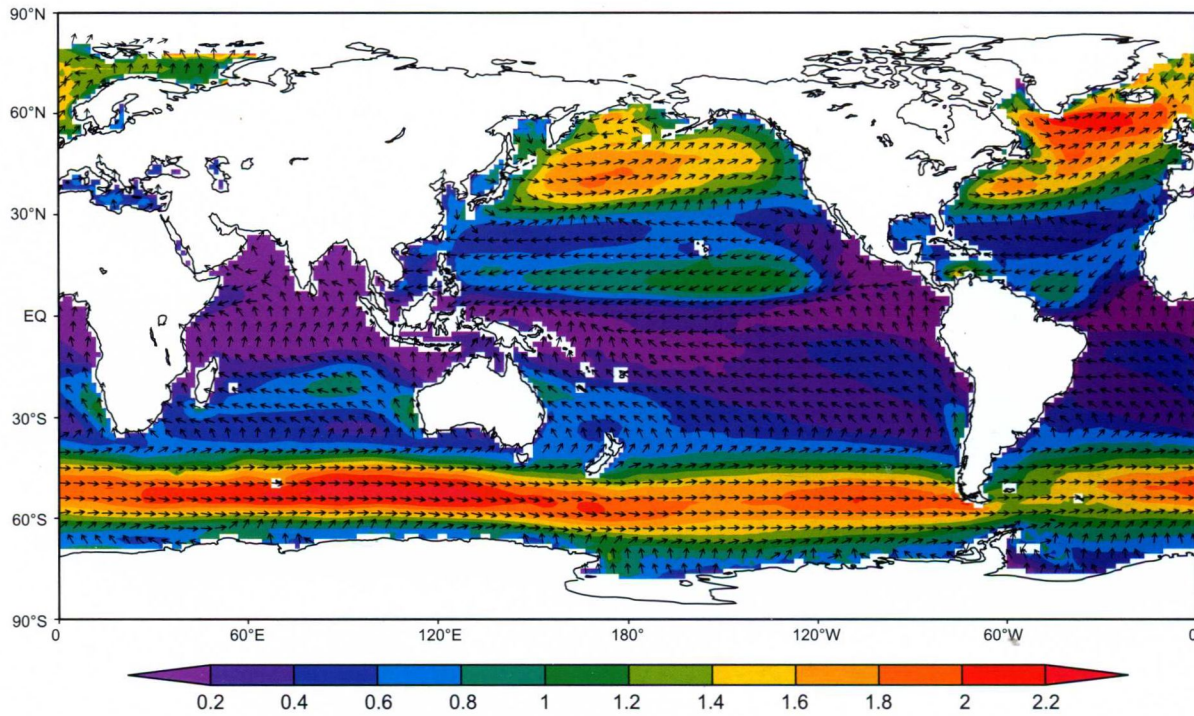
1. 1-12 月风浪场的分布特征 .....	(1)
2. 1-12 月涌浪场的分布特征 .....	(8)
3. 1-12 月混合浪场的分布特征 .....	(15)
4. 风浪波高的逐年变化趋势 .....	(21)
5. 涌浪波高的逐年变化趋势 .....	(22)
6. 混合浪波高的逐年变化趋势 .....	(22)
7. MAM、JJA、SON、DJF 期间及多年平均涌浪指标分布特征 .....	(23)
8. 1-12 月风浪波周期的分布特征 .....	(26)
9. 1-12 月涌浪波周期的分布特征 .....	(32)
10. 1-12 月混合浪波周期的分布特征 .....	(38)
11. 风浪浪级频率 .....	(44)
12. 涌浪浪级频率 .....	(64)
13. 混合浪浪级频率 .....	(84)
14. 风浪波向频率 .....	(104)
15. 涌浪波向频率 .....	(137)
16. 全球海域海浪场与 nino3 指数的相关性 .....	(169)
参考文献 .....	(176)

## 1. 1—12月风浪场（含波高、波向）的分布特征

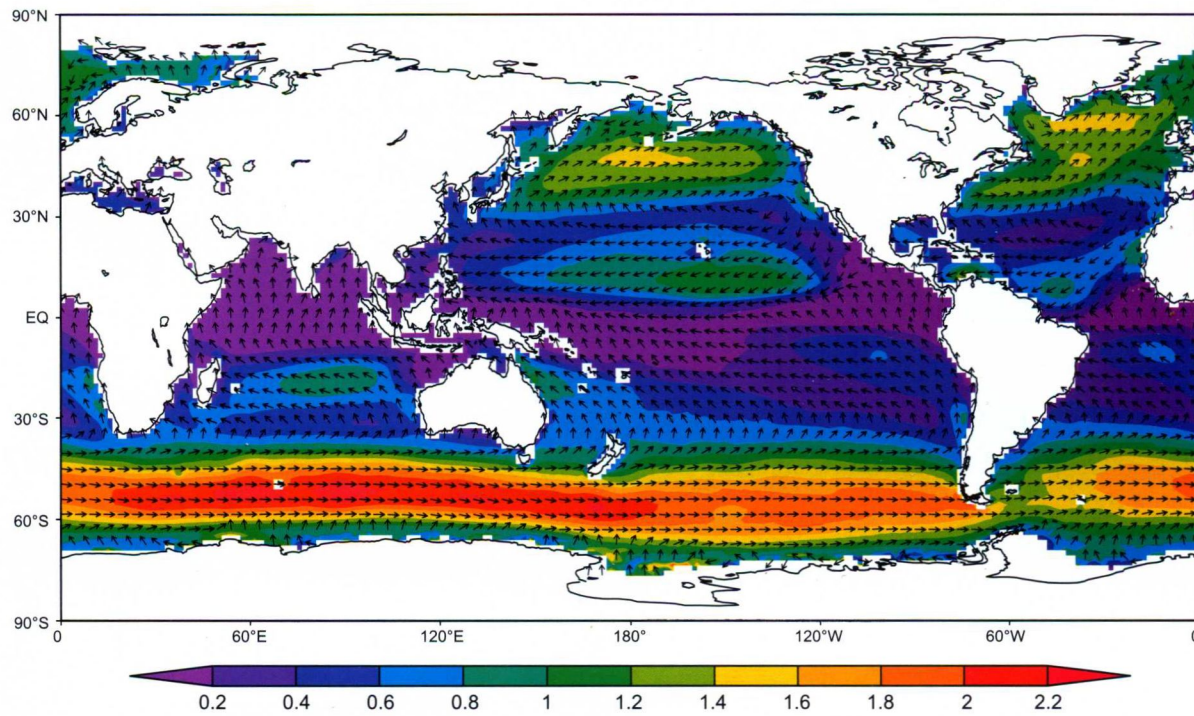
为了便于观察，波向均取单位矢量，以背景色表示波高，波高单位：m





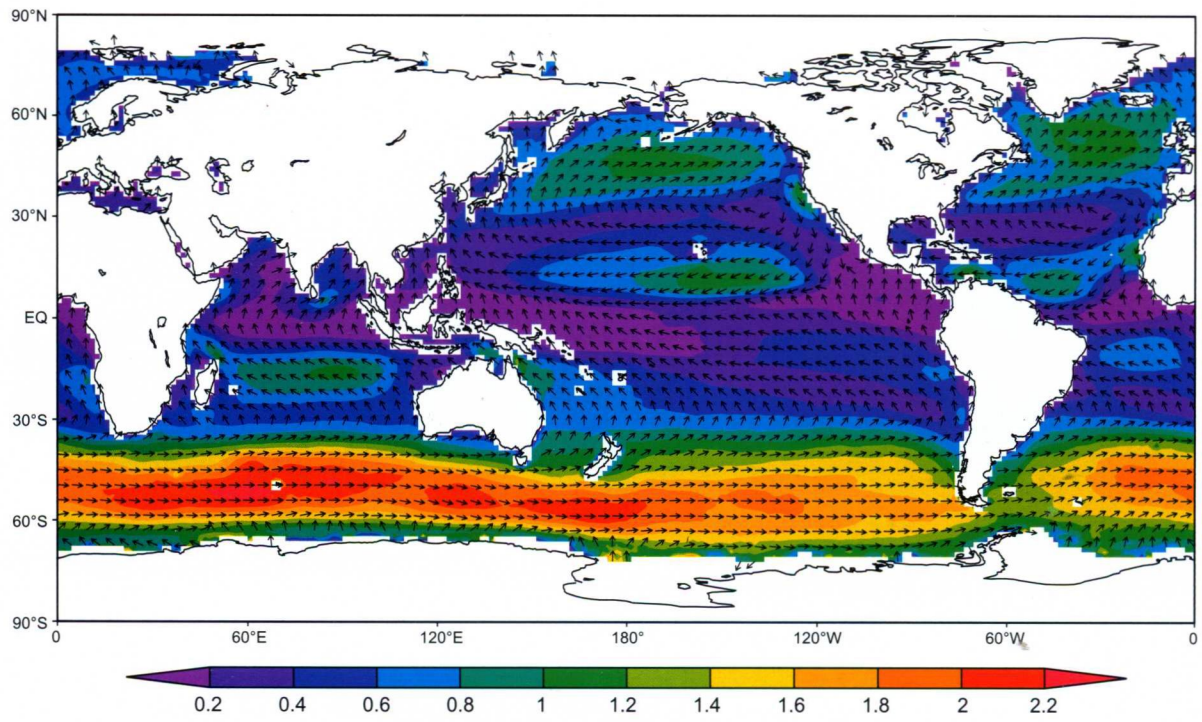


3月

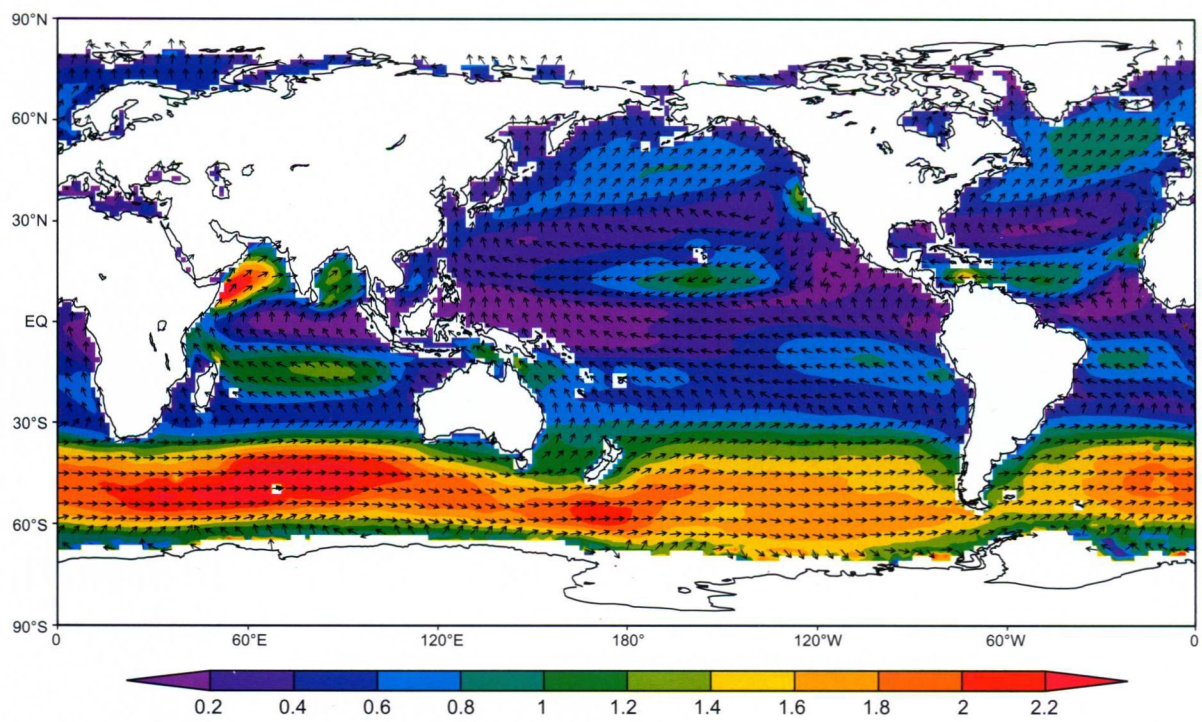


4月



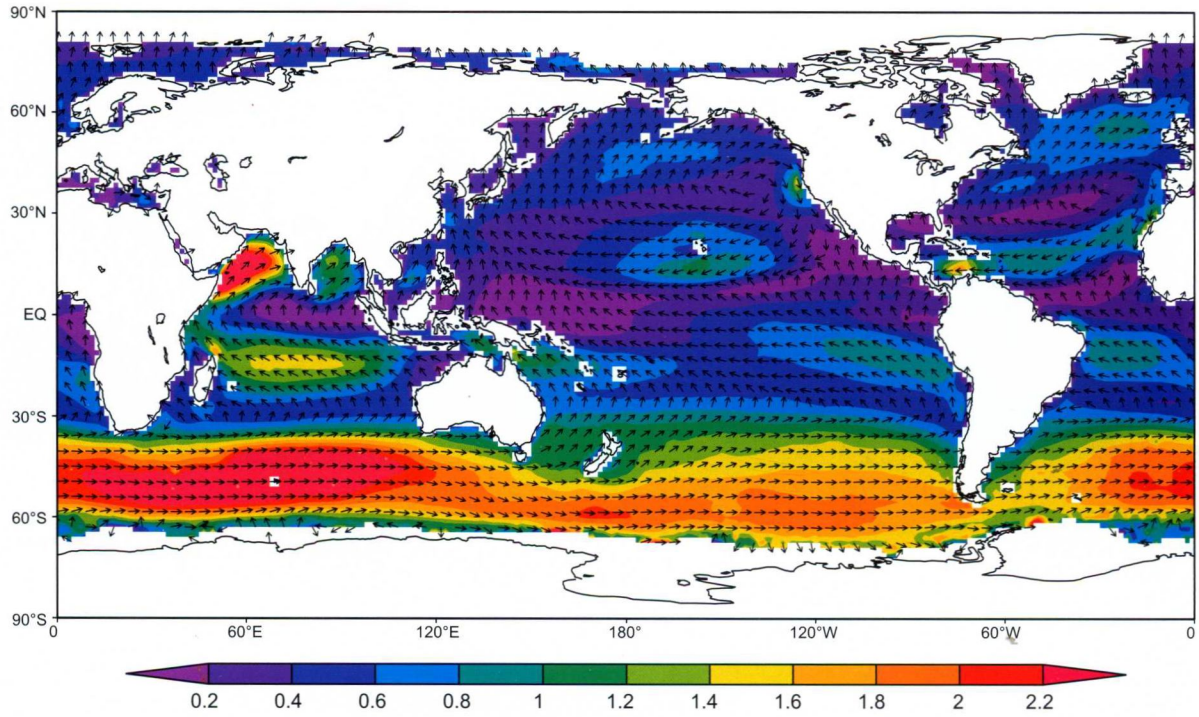


5月

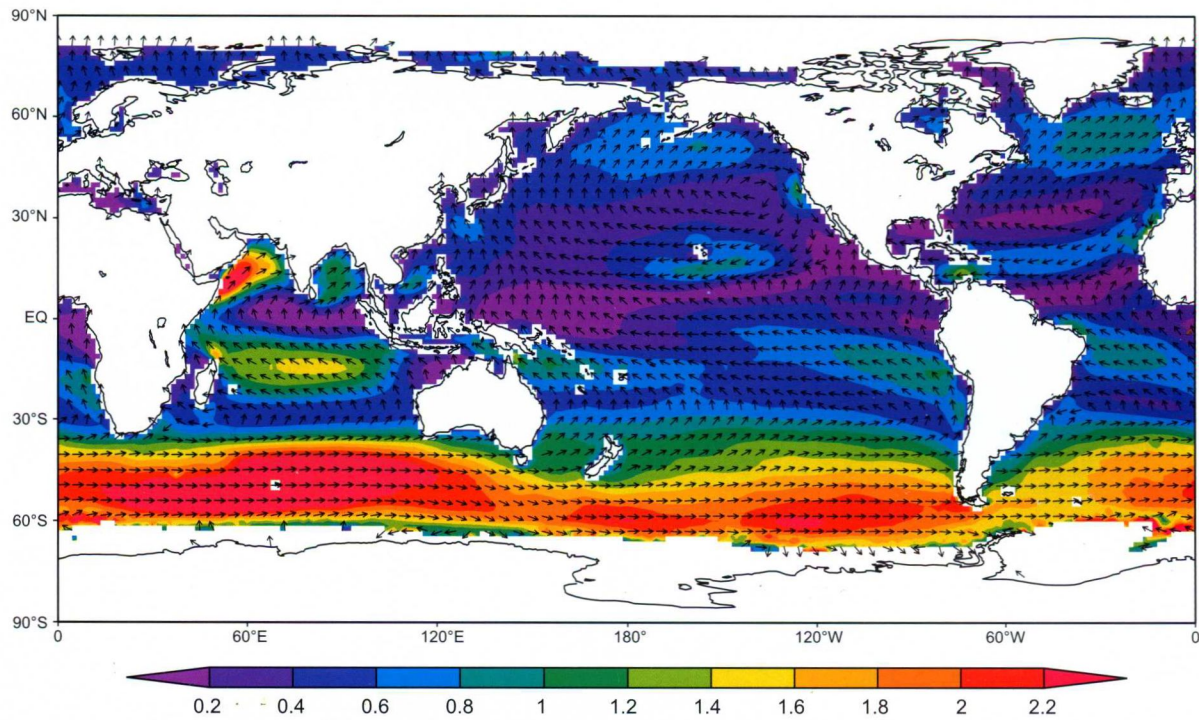


6月



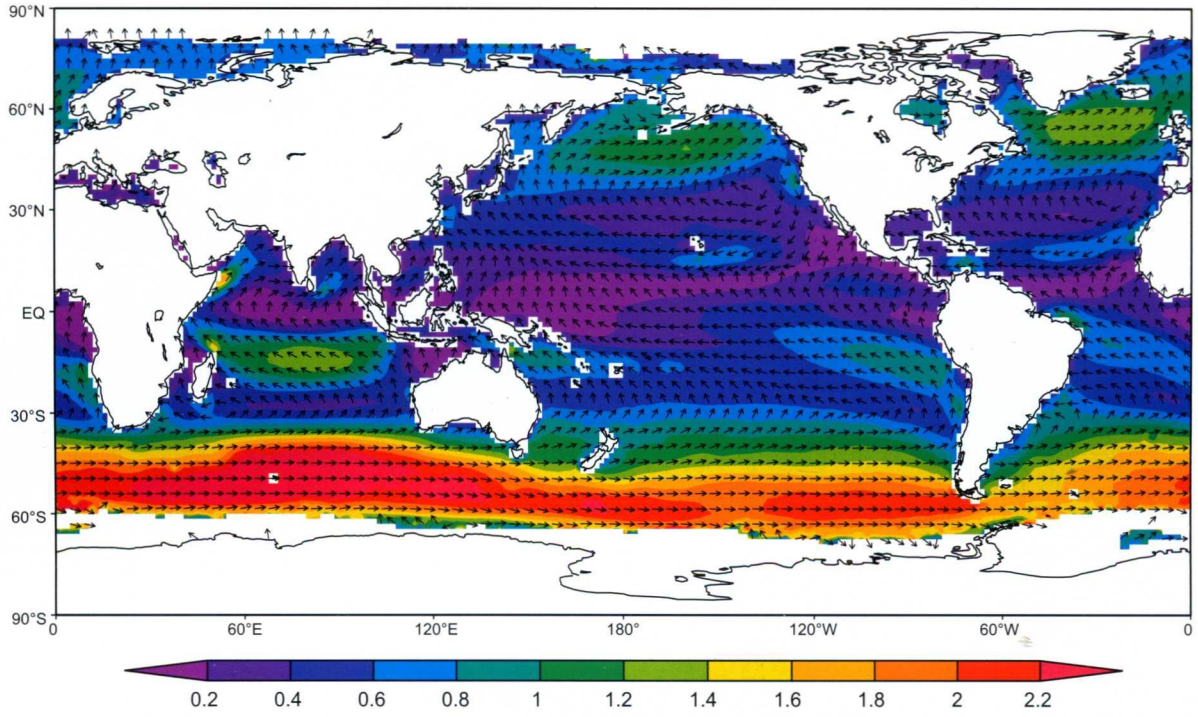


7月

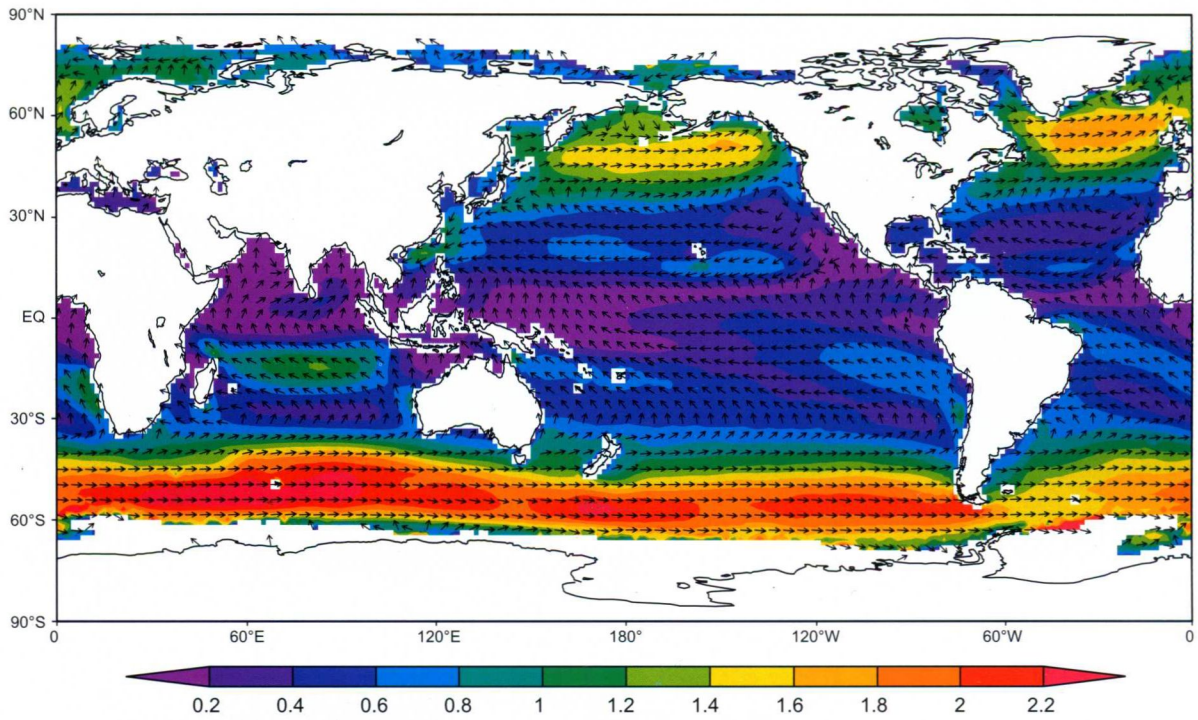


8月



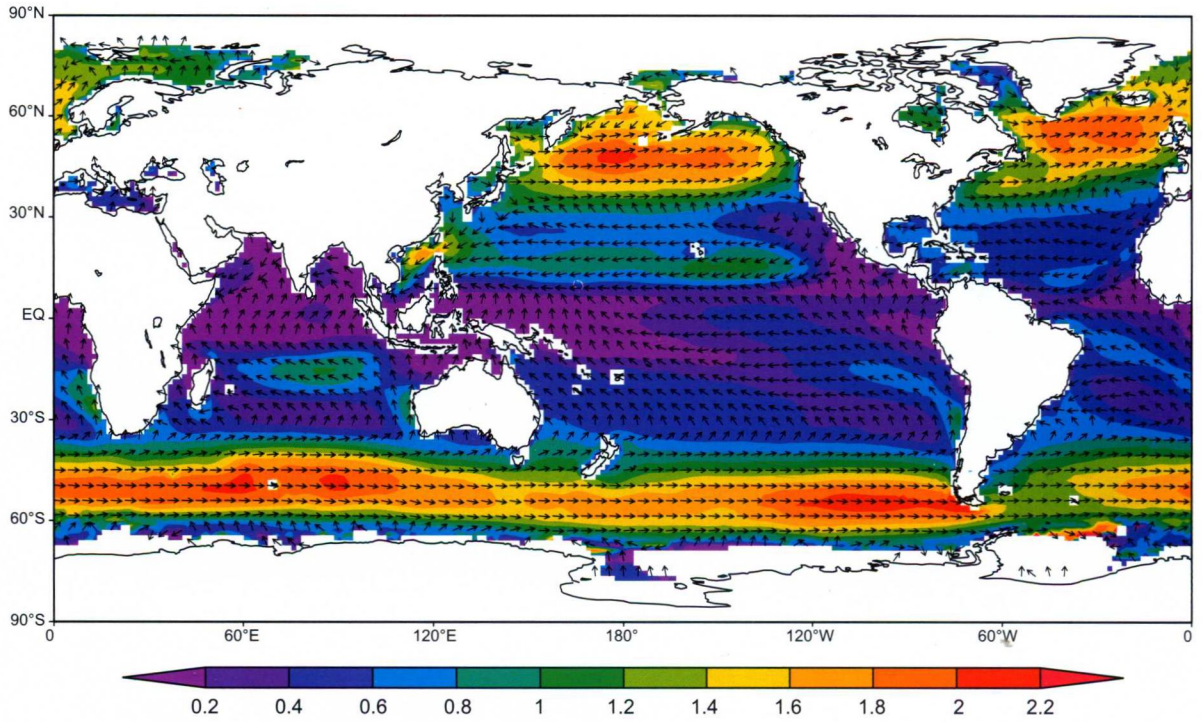


9月

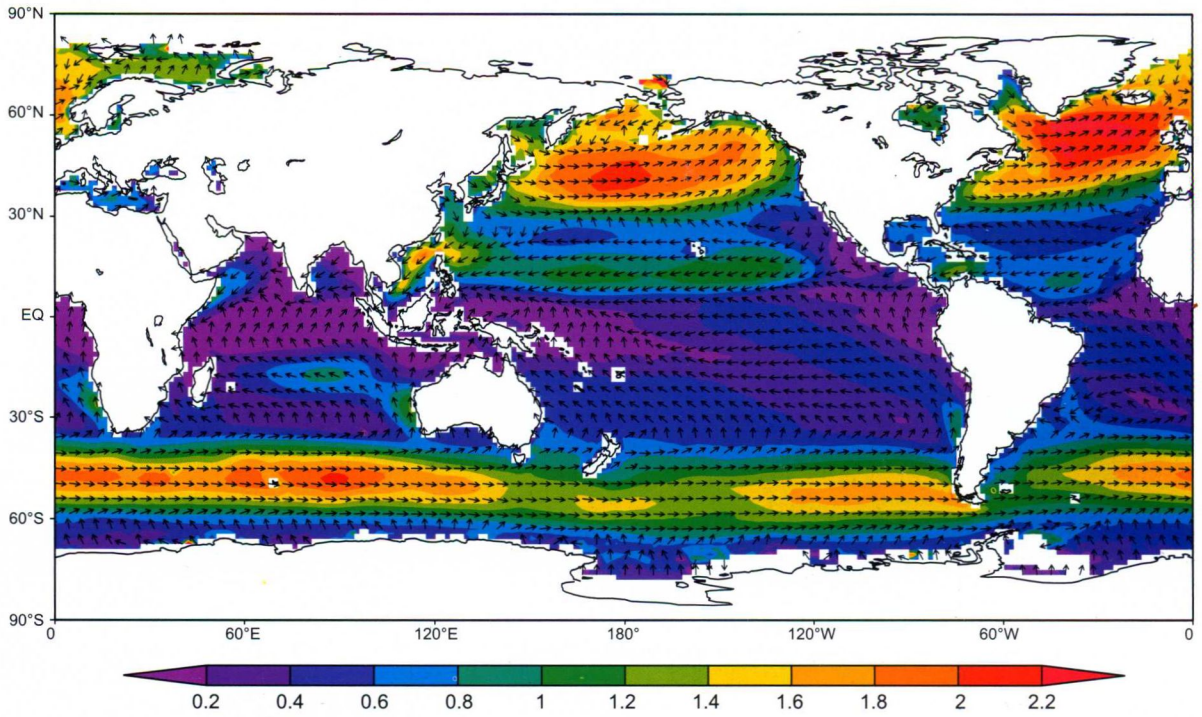


10月

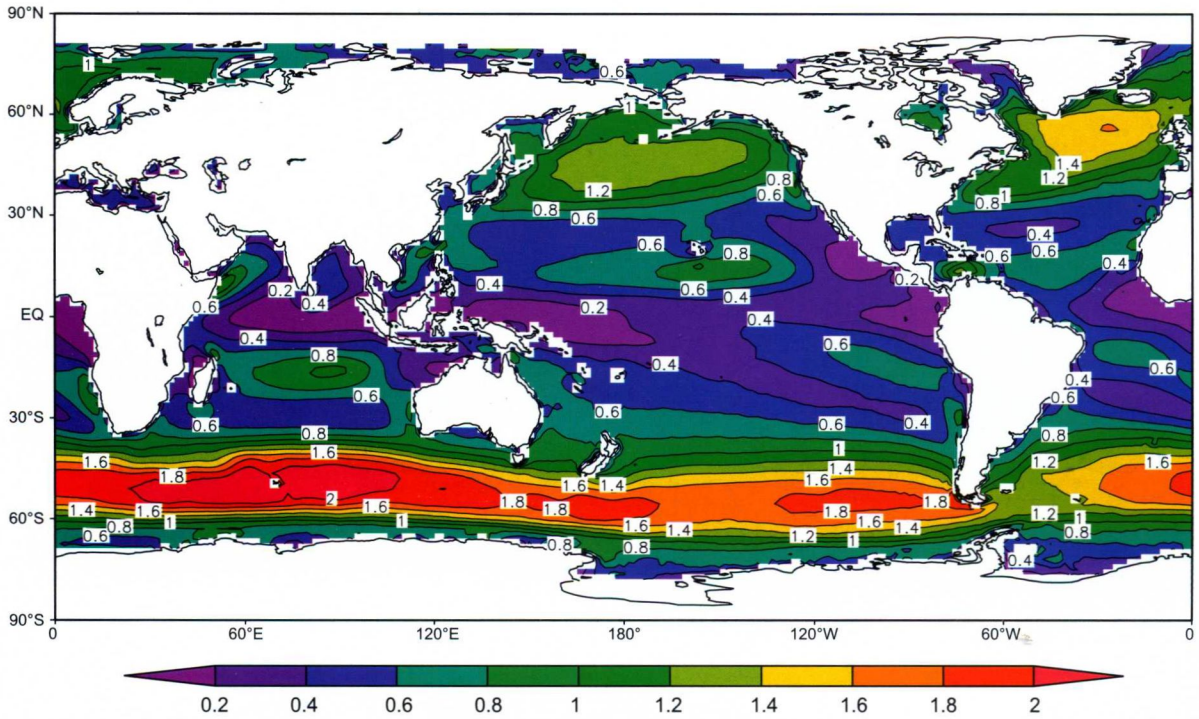




11月



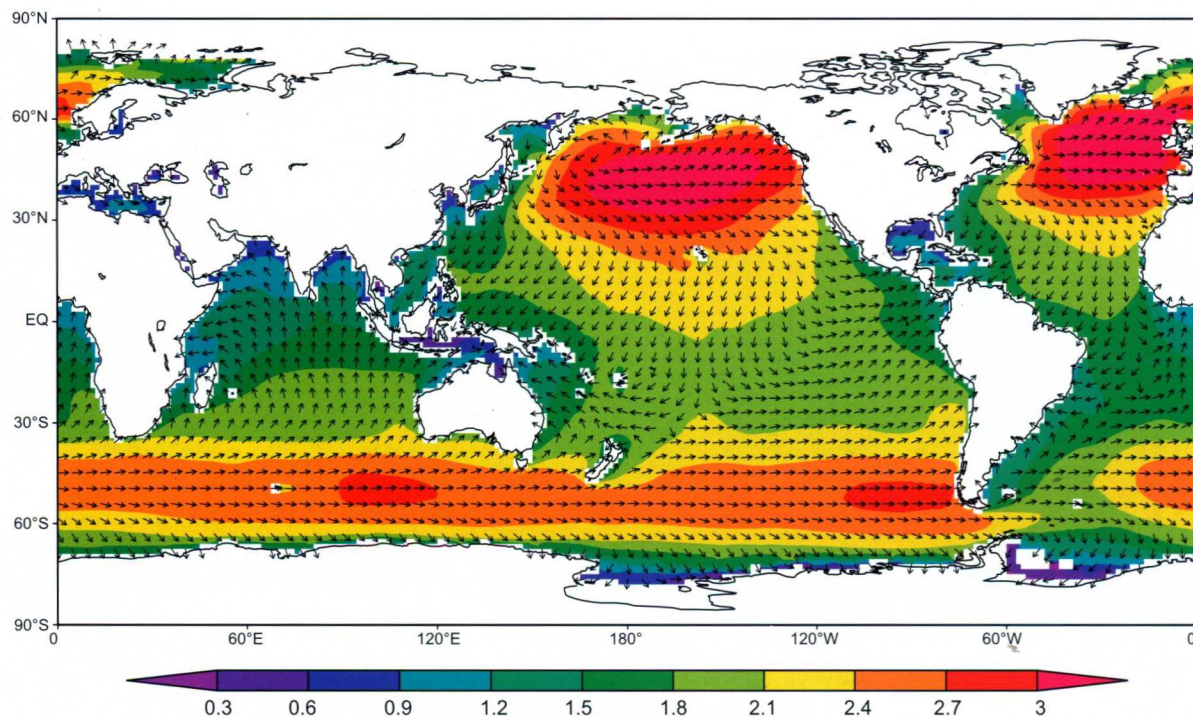
12月



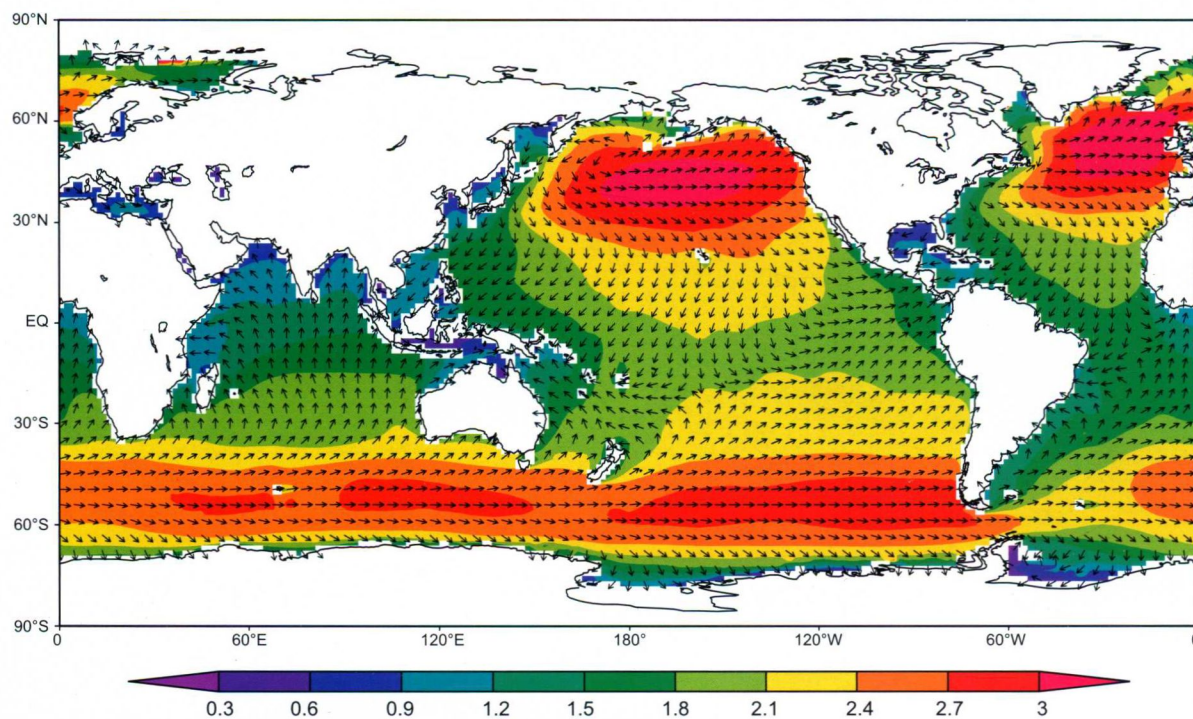
多年平均风浪波高 (单位: m)



## 2. 1—12月涌浪场(含波高、波向)的分布特征

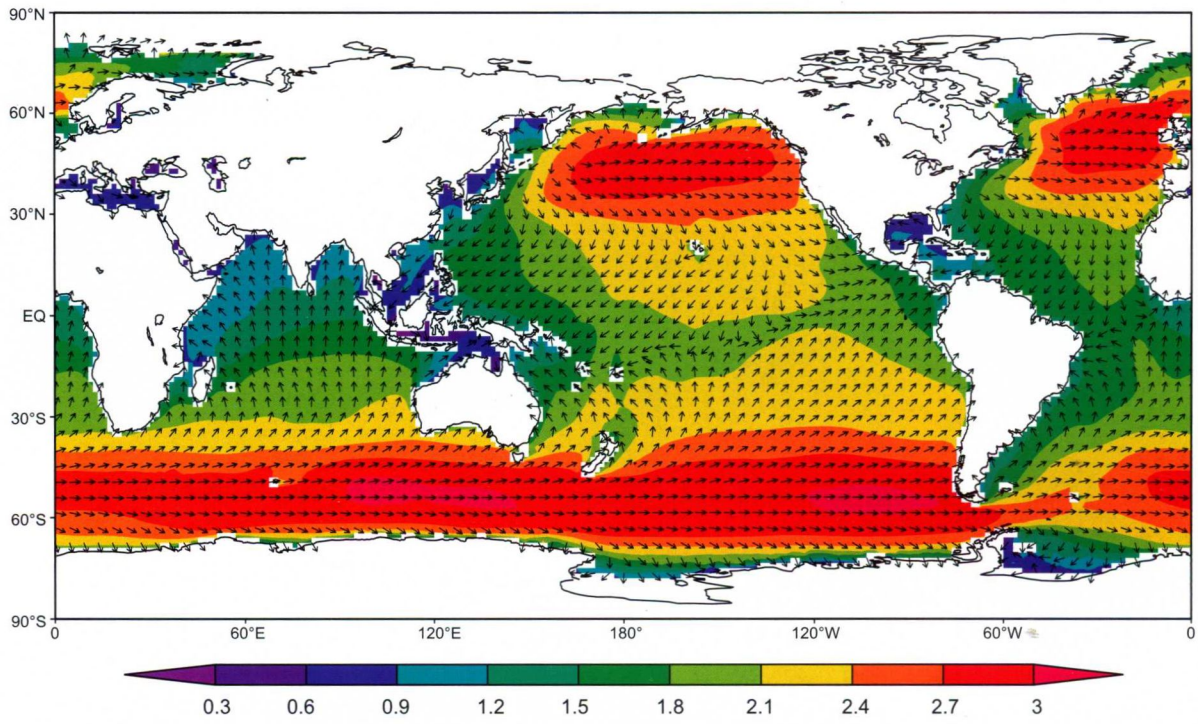


1月

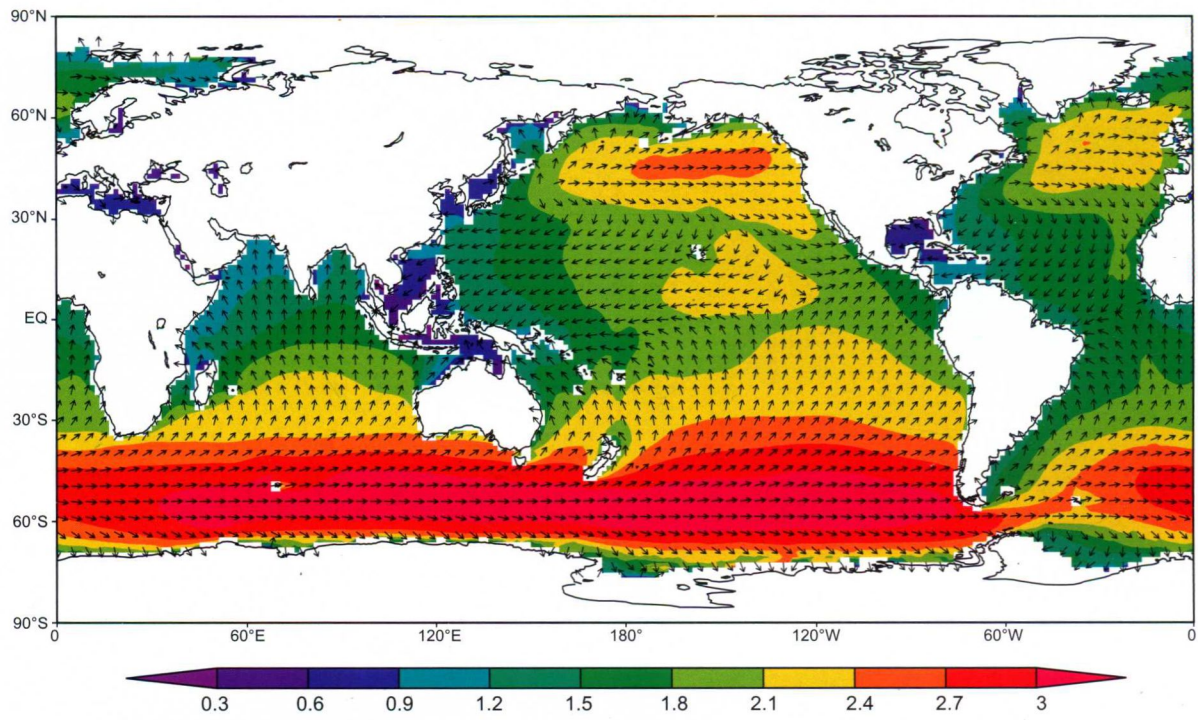


2月





3月



4月



