

大西洋波高成分研究*

韩树宗¹ 郭佩芳¹ 赵喜喜² 朱大勇³

(¹ 中国海洋大学海洋环境学院 青岛 266003)

(² 中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

(³ 国家海洋局第二海洋研究所 杭州 310012)

摘要 利用 Topex/Poseidon 卫星高度计 1992 年 10 月到 1998 年 12 月连续 75 个月, 230 个重复周期的有效波高资料对北大西洋的波高成分进行了分析, 结果显示频数密度峰值对应的波高成分因子在夏季为 1.4 左右, 冬季为 1.2 左右, 其他季节为 1.3 左右。7, 8, 9 月份大西洋含涌浪的波高成分占频数密度累积率的比例约为 90% 左右, 其中涌浪成分占优约为 65% 左右; 其余各月占 85% 左右, 其中涌浪成分占优约为 60% 左右, 表明大西洋海域常年有涌浪场存在。

关键词 波高成分, 波高成分因子, 大西洋, 卫星高度计

中图分类号 P731.22 文献标识码 A 文章编号 1000-3096(2003)12-0050-05

海浪通常是指风浪和涌浪的混合浪。风浪是指在风的作用下海面所产生的一种波动现象。它的外形杂乱无章, 波峰较陡, 具有明显的三维性质; 涌浪是指风浪离开风的作用区域, 传播到风力甚小或无风区域, 或风速突然减小或风向转向时的海浪现象; 混合浪是指在同一海区风浪和涌浪并存叠加而成的海浪。风浪和涌浪的成长、消衰、传播和破坏力机制各不相同, 所以常常将风浪和涌浪分别研究。近年来, 人们对于波浪成分划分的研究给予了极大的关注, 提出了各种各样的判据和方法, 概括起来, 大致可以分为 3 种: 波型、波要素与谱分析^[1-4]。

近年来卫星高度计由于具有独特的全天候、全天时、覆盖面积大、观测精度高、时间准同步、信息量大的特点, 正在成为海洋探测与监测的重要手段, 其资料已被广泛应用于风、海浪和海面高度的研究^[5-9]。在波高成分方面的研究, 由于受到不同卫星测量精度和资料的长度的限制, 其结论成果具有短期性和局域性, 是很不充分的, 尤其是对大西洋的研究比较缺乏。本文利用 Topex/Poseidon 卫星高度计资料对大西洋波高成分时空分布特征和变化规律进行系统的研究, 所用资料长度是目前同类研究中

最长的。

Topex/Poseidon 是美国与法国于 1992 年 8 月 11 日联合发射的高度计卫星, 是已发射的高度计卫星中惟一的双波段高度计卫星。其轨道高度达 1 336 km, 轨道倾角为 66°, 轨道重复周期为 10 d。Topex/Poseidon 卫星发射成功之后, 海洋学家们利用多种方法对其测量精度进行了验证, 结果表明 Topex/Poseidon 高度计的测量数据完全达到了定量观测对测量误差的要求^[5]。它为人们提供了迄今为止时间最长, 数据质量最高的全球风、浪和海面高度同步观测资料, 成为近年来卫星高度计应用研究的一个重要数据源。

* 国家 863 高科技发展计划项目 2002AA639480 号; 2002AA639150 号。

第一作者: 韩树宗, 出生于 1970 年, 硕士, 讲师。主要从事遥感应用和海洋工程环境研究。电话: 0532-2032759, E-mail: hansz@ouc.edu.cn

收稿日期: 2003-10-10; 修回日期: 2003-10-16

1 资料来源及处理方法

本文选取的研究的海域是 80°W~20°E, 60°S~60°N(图 1), Topex/Poseidon 卫星高度计从 1992 年 10 月到 1998 年 12 月, 230 个卫星轨道重复周期, 连续 75 个月的有效波高连续资料。在资料使用之前, 应进行预处理和质量控制^[5]。根据测波计数参数标

志位, 湿对流层校正标志位, 干对流层校正标志位, 卫星姿态比标志位, 以及其它的一些标志位(陆地, 冰)剔除失真的“坏资料”。经过预处理和质量控制后的, 在研究空间区域和时间区域内的资料个数为 4 338 万, 其中北半球 2 018 万, 南半球为 2 370 万, 因此, 本文研究的资料基础是充分和可靠的。

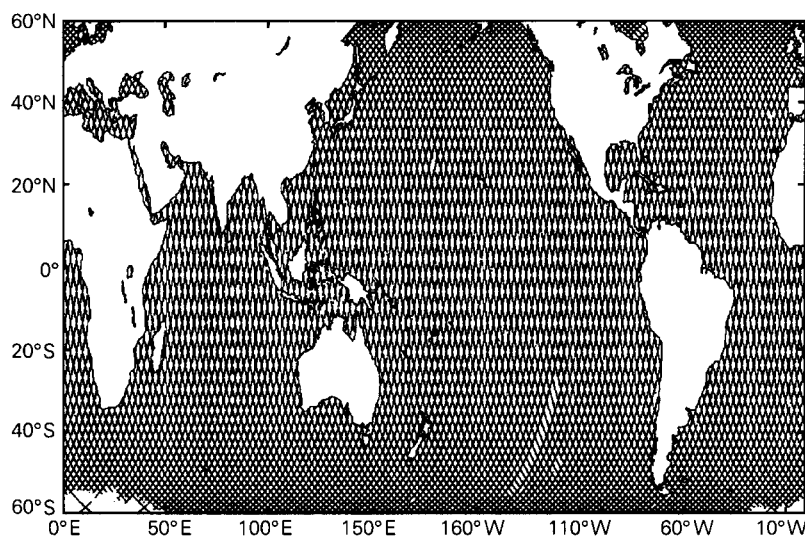


图 1 Topex/Poseidon 卫星轨道图
Fig. 1 Orbit of Topex/Poseidon satellite

将经过预处理和质量控制后的所有有效波高资料, 根据其轨道经纬度分配到 $1.5^\circ \times 1.5^\circ$ 的地理区域计算网格中, 将资料按网格存储, 在进行地理位置分布统计时, 以网格为空间单位进行统计计算。

2 波高成分判据的选取

在以前的判别中, 大多根据一个简单的判断来评定波浪是风浪还是涌浪。但是实际的海浪很少是以单一成分的风浪或涌浪而存在, 大部分是以不同成分的风浪和不同成分的涌浪混合而成的。本文采用文献[2]中给出的判据作为研究大西洋波高成分的方法基础。文献[2]采用混合浪成分因子作为划分风浪和涌浪的判据, 包括混合浪的能量成分因子和波高成分因子。

混合浪能量成分因子的表达式:

$$G = 582.5 \frac{H^2 P^3}{U^4} \quad (1)$$

在上式中, H 为有效波高, P 为海浪谱的尖度因子, U 为风速, G 的取值范围在 $1 \sim \infty$ 之间。在海上, 当风速 $U=0$ 时, 混合浪中的风浪能量为 0, 涌浪的能量等于混合浪的能量, 涌浪成分占主导地位, 此时 $G \rightarrow \infty$; 当海上没有涌浪存在时, 风浪的能量等于混合浪的能量, 风浪的成分占主导地位, 此时 $G=1$; 当风浪的能量等于涌浪的能量时, $G=2$; 当海上的混合浪由风浪和涌浪以不同的比例组成时, G 应对应于 1 到 ∞ 之间的一个值。反之, 可以用经验公式(1)来计算波高的能量成分因子, 以判断风浪与涌浪的组成成分。当 $G=1$ 时, 可以断定, 海上是纯风浪; 当 $G=2$ 时, 表明海上风浪能量等于涌浪能量; 当 $G \rightarrow \infty$ 时, 海上波浪则是纯涌浪; 当 $1 < G < 2$ 时, 说明海上混合浪主要由风浪和一小部分的涌浪组成, 当 G 值逐渐增大时, 混合浪中涌浪的组成成分也就越大, 风浪组成成分就越小, 涌浪能量等于风浪能量的 $(G-1)$ 倍。

利用经验可得混合浪能量成分因子(1)式的另一种写法^[2]:

$$G = \frac{H^2}{H_w^2} \quad (2)$$

式中 H_w 为风浪对应的有效波高。

由此式可定义混合浪的波高成分因子:

$$G_h = \sqrt{G} = \frac{H}{H_w} \quad (3)$$

风浪达到充分成长状态时,混合浪能量成分因子的特殊表达式^[2]:

$$G_* = 2.1 \times 10^3 \frac{H^2}{U^4} \quad (4)$$

混合浪波高成分因子的特殊表达式:

$$G_{*h} = 45.87 \times \frac{H}{U^2} \quad (5)$$

当海上风浪达到充分成长状态时,能量成分因子 G_* 和波高成分因子 G_{*h} 等于 1; 当在涌浪场之上再叠加一个充分成长的风浪场时, G_* 和 G_{*h} 将大于 1。反之,只要知道能量成分因子 G_* 或波高成分因子 G_{*h} 等于 1, 则知海上浪场为充分成长的风浪场; 当 G_* 或 G_{*h} 大于 1 时, 则知海上浪场是在风浪的基础上叠加了一个涌浪场。

在实际的海况中,风浪往往不能达到充分成长,实际的波高 H 就会小于风速所对应的充分成长的波高 H_w 。也就是说当风场刚刚形成时,虽然风速具有一定的数值,当由于风时很小,波高几乎等于零,能量成分因子 G_* 或波高成分因子 G_{*h} 大于零,小于 1。反之,如果海上测量的实际能量成分因子 G_* 或波高成分因子 G_{*h} 大于零,小于 1, 那么就可以认为海浪为纯风浪。如果 G_* 或 G_{*h} 从零逐渐增大,说明风浪随风时的增加而逐渐成长,风浪波高逐渐增大。当 G_* 或 G_{*h} 等于 1 时,表明风浪达到了充分成长状态。当 G_* 或 G_{*h} 大于 1 时,则表示海上有一涌浪场存在。

3 统计分析方法

根据高度计资料的特点和时空分布规律,把进入某空间统计坐标 (i, j) 和时间统计坐标 (t) 的资料,用以下的方法计算平均波高成分的特征:

$$\overline{G_{*h}(i, j, t)} = \frac{45.87}{M} \sum_{k=1}^{M_k} H_{1/3}/U^2(i, j, t, k) \quad (6)$$

其中 $H_{1/3}$ 为有效波高, U 为风速, k 为高度计资

料序列号, M 为高度计有效波高资料在某统计区 (i, j) 和某统计时间 (t) 内的总个数。

把经过预处理的资料以月为单位进行分组,组成 75 个统计样本,按(6) 式计算卫星轨迹上各时次的混合浪波高成分因子,并以组矩 $\Delta(\tilde{H}) = \Delta(\frac{H}{H_*})$

$= 0.1$ 的间隔,分别按照 $f_i = \frac{n_i}{N \cdot \Delta(\tilde{H})}$ 对各个统计样本进行混合浪波高成分因子频数密度的计算。再按照 $F_j = \sum_{i=1}^j f_i \cdot \Delta \tilde{H}$ 计算各个统计样本的频数密度累积率, n_i 为各组矩内的出现次数, N 为各月资料的总个数。进行平滑以后,可以得到混合浪波高成分因子的频数密度曲线和累积率曲线,据此可以分析混合浪成分因子的月变化规律。

4 分析结果及结论

大西洋波高成分因子统计分布的时间变化特征可以通过大西洋各月有效波高场成分的频数密度分布图及频数密度累积率分布图来表示(图 2), 图中横坐标为海浪波高成分 G_{*h} , 纵坐标为频数密度 f 和频数密度累积率 F 。

由图 2 可见,整个大西洋海域是一个风浪和涌浪的混合区域,但在不同的区域内风浪和涌浪各占比例可能各不相同,但经过整个海区的平均后,得到的各月份的波高成分因子的频数密度以及频数密度累积率曲线在大体的走向上和曲线的峰值点几乎相同。夏季(7, 8 月份),频数密度峰值对应的波高成分因子为 1.4 左右,冬季(12, 1, 2 月份),频数密度峰值对应的波高成分因子为 1.2 左右,其他各月份频数密度峰值对应的波高成分因子为 1.3 左右,1 年中所有月份均大于 1.0, 可以理解为最可能的波高已经大于相应风速的充分成长波高,表明大西洋海域常年有涌浪存在,同时也说明,整个大西洋海域波高组成成分常年保持稳定。

从相应的频数密度累积率曲线(图 2 中虚线所示)可以看出,在 7, 8, 9 月份中所占比例最高,含涌浪的波高成分频数密度累积率可以达到 90% 左右,涌浪占优的比例约为 65% 左右,而在其余各月只占 85% 左右,涌浪占优的比例约为 60% 左右。这种分布特征与全球气候的季节分布状况相对应。

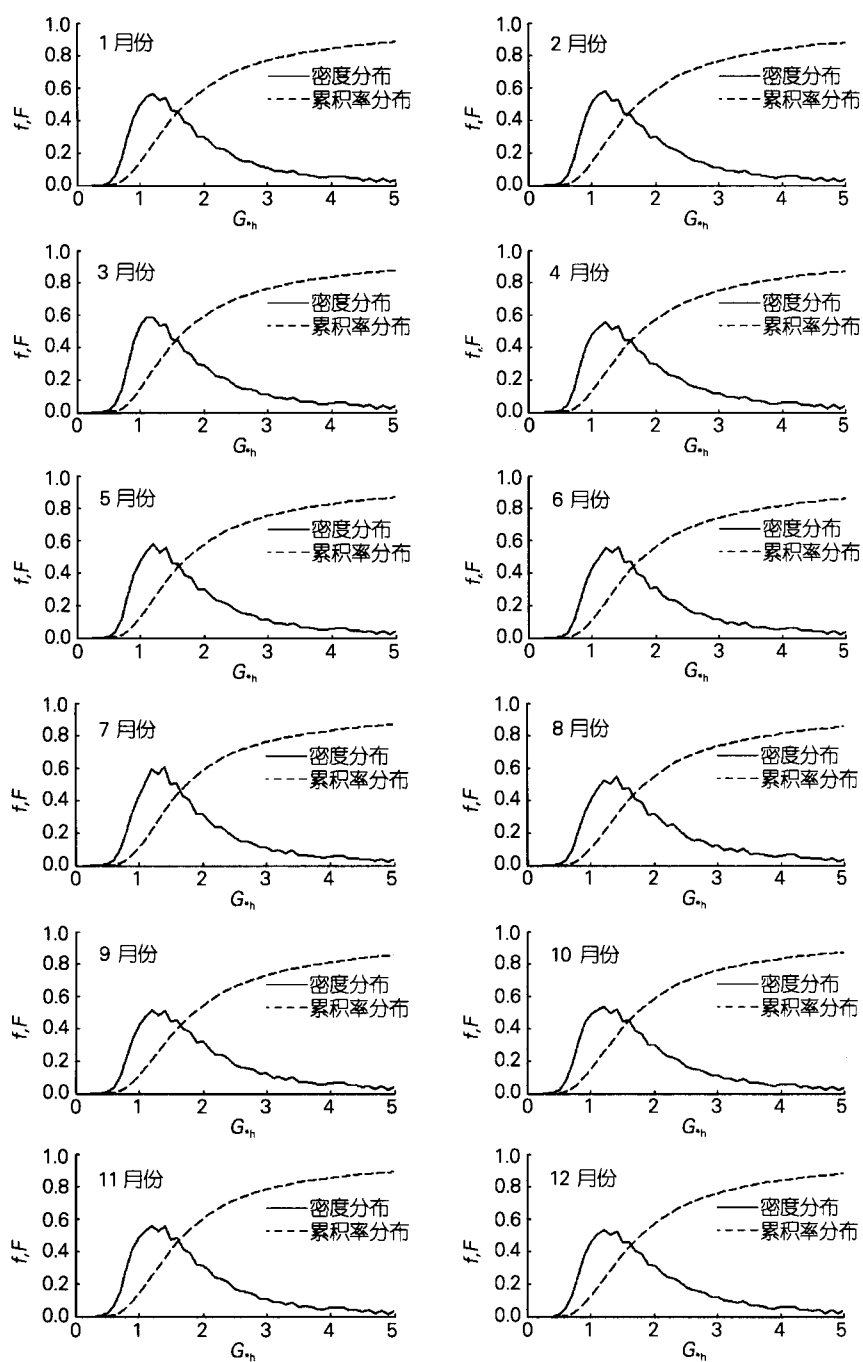


图2 大西洋波高成分因子统计分布的时间变化特征(1~12月份)

Fig.2 The temporal characteristics of statistical distribution of mixed wave height composition factor in the Atlantic Ocean (from January to December)

参考文献

- 1 汪炳祥,常瑞芳. 风浪与涌浪的划分判据. 黄渤海海洋, 1990, 8(1):16-24
- 2 郭佩芳,施平,王华,等. 划分风浪与涌浪的一个新判据. 青岛海洋大学学报,1997, 27(2):131-137
- 3 Pandey P C. Wind - wave relationship from SEASAT Radar Altimeter data. Bound Layer Meteor, 1986, 37(3): 263-269
- 4 Parsons C L. On the remote detection of swell by Satellite Radar Altimeter. Monthly Weather Review, 1979, 107: 1 210-1 218
- 5 何宜军, 陈戈, 郭佩芳, 等. 高度计海洋遥感研究与应用. 北京:科学出版社,2002.
- 6 Mognard N M, Campbell W J, Cheney R E, et al. Southern ocean mean monthly waves and surface winds for winter 1978 by seasat radar altimeter. Journal Geophysical Research, 1983, 88(C2):1 736-1 744
- 7 Toumadre J, Ezraty R. Local climatology of wind and sea state by means of satellite radar Altimeter measurements. Journal Geophysical Research, 95:18 255-18 268
- 8 Josberger E G, Mognard N M. Southern ocean mean monthly wave fields for austral winter 1985-1988 by Geosat radar altimeter. Journal Geophysical Research, 1996, 101c(3): 6 689-6 696
- 9 林琿,陈戈. 利用 TOPEX 卫星高度计观测全球海面风速和有效波高的季节变化. 科学通报, 2002, 45(4):411-416

A STUDY ON THE DISTRIBUTION AND VARIATION OF SIGNIFICANT WAVE HEIGHT IN THE ATLANTIC OCEAN USING THE SATELLITE ALTIMETRY DATA

HAN Shu - Zong¹ GUO Pei - Fang¹ ZHAO Xi - Xi² ZHU Da - Yong³

(¹College of Physical and Environmental Oceanography Ocean University of China , Qingdao , 266003)

(²Institute of Oceanography , The Chinese Academy of Sciences , Qingdao , 266071)

(³The Second Institute Oceanography SOA , Hangzhou , 310012)

Received: Oct . 10 , 2003

Key Words : Wave composition , The wave height composition factor , The Atlantic Ocean , Satellite altimeter

Abstract

Data from the Topex/poseidon altimeter from October 1992 to December 1998 was used for statistical analysis of significant wave height (SWH) . The research included work on temporal characteristics of statistical distribution of mixed wave height composition factor in the Atlantic Ocean from successive January to December periods . The results indicated that mixed wave height composition factor occurred most frequently in summer at 1.4 . In winter it was about 1.2 and 1.3 in other seasons . During July , August and September over 90 % of the waves were swell waves , at this time the probability of swell waves was 65 % . In the other months , the number was about 85 % , and the probability of swell waves is much greater than that of wind waves is 60 % . In other words , the swell waves exist in the whole Atlantic Ocean perennially .

(本文编辑:刘珊珊)