

中国陆架潮流沉积体系和模式^{*}

刘振夏 夏东兴 王揆洋

(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266003)

摘要 在 1991 年中法合作渤海潮流沉积研究的基础上,查阅了国内外有关研究成果,分析了中国陆架的水深地形、沉积地貌与潮流动力的关系,认为潮流对中国陆架的海底地貌和沉积的形成发育起了主导作用。当潮流流速大于 3 节时,潮流的侵蚀作用是主要的,往复潮流多形成冲刷深槽,大大刷深了海峡或水道。当潮流流速 1—3 节时,潮流的沉积作用是主要的,多形成浅滩,即潮流沙脊和潮流沙席。以 M_2 分潮速率绝对值 0.4 为界,大于 0.4 者意味着潮流旋转性强,多形成潮流沙席;小于 0.4 者意味着潮流往复性强,多形成潮流沙脊。提出了我国邻近陆架发育了 5 个现代潮流沉积地貌体系:(1)黄海东部潮流沉积体系,它由西朝鲜湾潮流沙脊和其南部的沙席两者组成;(2)渤海东部潮流沉积体系,它由老铁山水道冲刷槽、辽东浅滩沙脊和渤中浅滩沙席三者组成;(3)长江口外潮流沉积体系,它由江苏滨外潮流沙脊和长江口浅滩潮流沙席组成;(4)台湾滨外潮流沉积体系,它由台湾海峡冲刷槽、台湾浅滩沙脊、澎湖水道冲刷槽和台中浅滩沙席四者组成;(5)琼州海峡潮流沉积体系,它由琼州海峡冲刷槽、东浅滩沙脊和西浅滩沙脊三者组成。此外,在东海陆架上还有冰后期海侵早期形成的残留潮流沉积体系。全新世陆架浅海潮流沉积模式可分海峡-浅滩型和一般浅滩型两种。

关键词 中国陆架 潮流沉积体系 沉积模式 全新世

学科分类号 P736.21

全新世以来潮流成为浅海的主导作用营力,对陆架的沉积和地貌产生了深刻的影响。中国陆架海域宽浅,全新世海侵以来潮流作用强盛,海底松散沉积物丰富,发育了丰富多样的潮流沉积和地貌,与潮流作用较强,潮流沉积地貌发育的北海地区相比规模更大,类型更丰富。中国陆架潮流沉积的研究起步较晚,早期的研究大多将现代潮流沉积误认为残留沉积,如辽东浅滩、渤中浅滩、长江口浅滩(扬子浅滩)、台湾浅滩等。本文主要讨论中国陆架现代潮流作用、沉积体系和模式。

1 研究方法

80 年代以来,作者(1983, 1984, 1989)对潮流沙脊进行了较多的研究。90 年代国家海洋局第一海洋研究所与法国海洋开发研究院布列斯特中心合作,对渤海东部潮流动力、地貌和沉积进行了多学科的综合研究(刘振夏等, 1994; 夏东兴等, 1995)。本文在以往工作的基础上,结合国内外有关研究成果,综合分析了中国陆架的水深地形、沉积地貌和海洋

^{*} 国家自然科学基金资助项目, 48970272 号。刘振夏, 女, 出生于 1942 年 4 月, 研究员, Fax: 0086-0532-2879562

收稿日期: 1996-01-05, 收修改稿日期: 1997-09-12

动力资料,探讨中国陆架全新世潮流沉积体系及其沉积模式。

2 研究结果

2.1 影响潮流沉积的因素

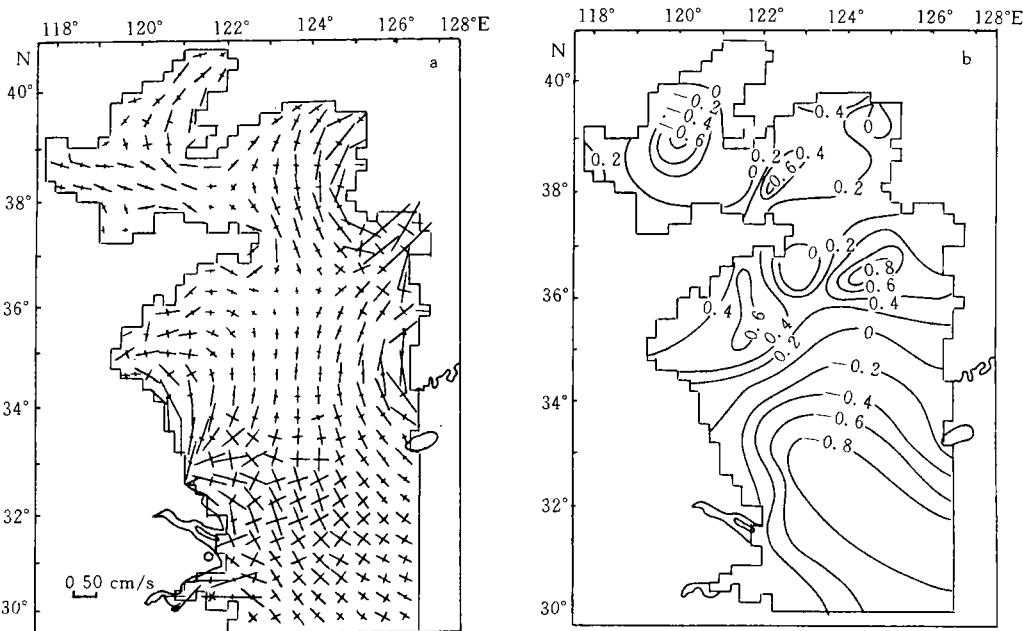


图 1 黄渤海的 M_2 分潮椭圆 (a) 和椭率 (b) 分布图 (夏综万等, 1984)

Fig.1 Ellipsoid (a) and ellipticity (b) distributions of the M_2 tide component over the Bohai and Yellow Seas

表1 中国陆架现代潮流沉积体系

Tab.1 Modern tidal depositional systems on China's shelves

沉积体系	中心位置 (N,E)	水深 (m)	面积 (km ²)	底质	最大流速 (节)	M_2 椭率绝对值
黄海东部潮流沉积体系			80 000			
西朝鲜湾潮流沙脊	39° 00' 124° 00'	10—50	37 000	FS,MFS	2—3	<0.2
南朝鲜外潮流沙席	37° 00' 125° 30'	10—50	43 000	FS	1—2	0.4—0.8
渤海东部潮流沉积体系			11 000			
老铁山水道冲刷槽	38° 35' 121° 05'	40—86	3 000	FS, GS	4—5	
辽东浅滩潮流沙脊	39° 20' 120° 40'	10—36	4 000	FS, TS, YS	1.3—2.3	<0.3
渤中浅滩潮流沙席	38° 50' 120° 20'	20—40	4 000	FS, TS	1.2—1.6	>0.4
长江口外潮流沉积体系			50 000			
江苏滨外潮流沙脊	33° 00' 121° 40'	10—30	20 000	FS, TS	2—3	<0.4
长江口浅滩潮流沙席	31° 30' 123° 30'	25—55	30 000	FS, MFS	1.0—2.4	0.6—0.9
台湾滨外潮流沉积体系			47 000			
台湾海峡冲刷槽	24° 30' 118° 30'	50—70	29 000	FS, TS	2—3	
台湾浅滩潮流沙脊	23° 00' 118° 30'	20—40	13 000	CS, MS, MFS	±2	
澎湖水道冲刷槽	23° 27' 119° 50'	50—100	2 000	SG, YS		
台中浅滩潮流沙席	24° 15' 120° 00'	9.6—40	3 600	FS		
琼州海峡潮流沉积体系			7 300			
琼州海峡冲刷槽	20° 10' 110° 15'	50—120	2 300	FS, MS, SS	4—6	
东浅滩潮流沙脊	20° 15' 110° 45'	2—27	3 000	CS, FS	±2.5	
西浅滩潮流沙脊	20° 20' 109° 30'	6.5—30	2 000	FS, T	±2.5	

潮流是主导潮流沉积的第一要素, 大多数潮流地貌似乎发育在半月潮海区, 从我国陆架状况看, M_2 分潮的潮流流速和椭圆率(即短长轴之比)是控制潮流沉积和地貌的两个重要指标。当潮流流速大于 3 节时, 潮流的侵蚀作用是主要的, 往复潮流多形成冲刷深槽, 大大刷深了海峡或水道。当潮流流速 1—3 节时, 潮流的沉积作用是主要的, 多形成浅滩, 即潮流沙脊和潮流沙席。往复潮流的 M_2 椭圆率绝对值小于 0.4, 塑造了大致顺潮流方向排列的线性潮流沙脊。旋转潮流的 M_2 椭圆率绝对值大于 0.4, 形成席状隆起的潮流沙席, 两者常共生分布。图 1 是黄渤海 M_2 分潮椭圆和椭圆率分布图, 其中正值代表反时针旋转, 负值代表顺时针旋转。物质来源是主导潮流沉积的第二要素, 全新世潮流沉积物主要来自邻近海底的晚更新统。受潮流侵蚀、搬运后再沉积, 因而沉积物保留了某些残留特征, 沉积物测年数据分散, 偏老或新老混杂。图 2 是中国陆架的潮流沉积体系分布图, 它与图 1 有成因上的密切关系。我国邻近陆架共有 5 个现代潮流沉积体系, 每个体系由 2—4 个潮流侵蚀和沉积单元组成。各潮流沉积体系基本特征见表 1。

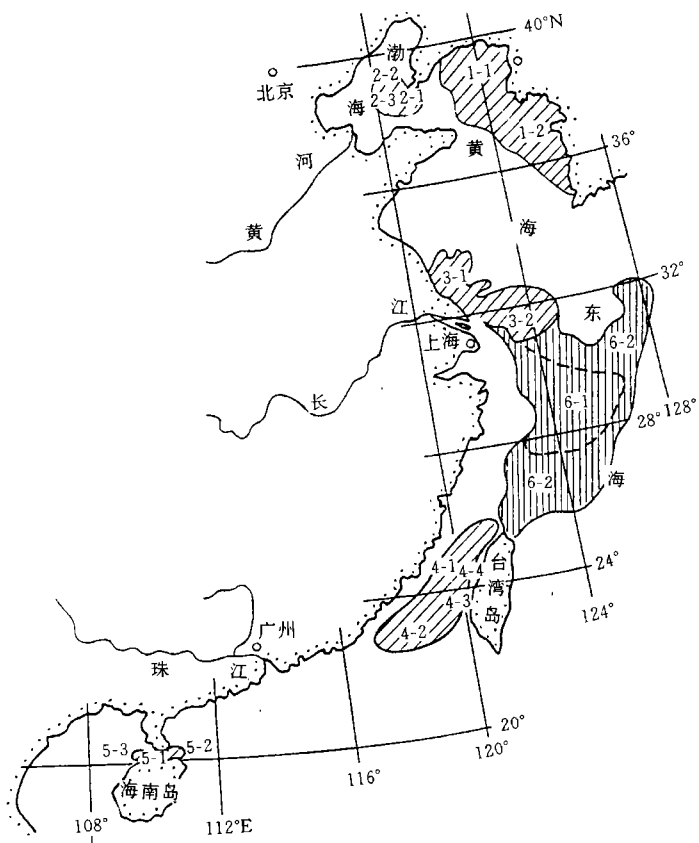


图 2 中国陆架潮流沉积体系分布图

Fig.2 Distribution of tidal depositional systems on China's continental shelves

- 1-1 西朝鲜湾潮流沙脊; 1-2 南朝鲜外潮流沙脊; 2-1 老铁山水道冲刷槽;
- 2-2 辽东浅滩潮流沙脊; 2-3 渤中浅滩潮流沙脊; 3-1 江苏滨外潮流沙脊;
- 3-2 长江口浅滩潮流沙脊; 4-1 台湾海峡冲刷槽; 4-2 台湾浅滩潮流沙脊;
- 4-3 澎湖水道冲刷槽; 4-4 台中浅滩潮流沙脊; 5-1 琼州海峡冲刷槽;
- 5-2 东浅滩潮流沙脊; 5-3 西浅滩潮流沙脊; 6-1 东海残留潮流沙脊;
- 6-2 东海残留潮流沙脊。

2.2 中国陆架现代潮流沉积体系

2.2.1 黄海东部潮流沉积体系 黄海东部潮流沉积体系由西朝鲜湾潮流沙脊和其南部的沙席两者组成, 总面积超过 8 万 km^2 。这里有世界上最典型的潮流沉积, 尤其是西朝鲜湾, 数十条沙体平行排列, 组成规模宏大的水下梳状沙脊场。其南部为大片的潮流沙席。从图 1 可见黄海东部是强潮海区, 北部以往复潮流为主, 最大潮流流速 2—3 节, 椭圆率绝对

值为 0.2 或更小,南部除局部海湾以往复潮流为主外,大多以旋转潮流为主,最大潮流流速 1—2 节,椭圆率绝对值为 0.4—0.8。

2.2.2 渤海东部潮流沉积体系 渤海东部潮流沉积体系由老铁山水道冲刷槽、辽东浅滩沙脊和渤中浅滩沙席三者组成,面积为 1.1 万 km^2 ,是我国海域最完整而典型的潮流沉积体系。渤海海峡位于黄渤海交界处,是我国陆架上的强潮海域之一,老铁山水道最大潮流流速超过 5 节。冲刷深槽在海峡处呈东西方向,进入渤海后向北偏转,60m 等深线长 88km,最大水深 86m,这与图 1 M_2 分潮椭圆长轴方向一致。浅地层剖面仪资料(刘振夏等, 1994; 夏东兴等, 1995)表明,全新世潮流的冲刷深度为 10—45m,冲刷下来的物质被潮流带入渤海,在浅滩处堆积,形成辽东浅滩潮流沙脊和渤中浅滩潮流沙席。辽东浅滩位于老铁山水道西口的北部,水深 10—36m。6 条沙体呈指状排列,长 9—43km(20m 等深线长),中间 4 条基本呈南北方向。该区表层最大流速为 1.3—2.3 节, M_2 分潮平均椭圆率为 -0.26,潮流往复性强。渤中浅滩位于辽东浅滩南面,水深为 20—40m。表层最大流速为 1.2—1.6 节, M_2 分潮平均椭圆率为 -0.45,潮流旋转性强。辽东浅滩和渤中浅滩全新世最厚海相层分别为 26m 和 20m,均为渤海中除黄河口外全新世沉积最厚和沉积速率最快海区,估算最大沉积速率为 3mm/a 左右(刘振夏等, 1994)。

2.2.3 长江口外潮流沉积体系 长江口外潮流沉积体系由江苏滨外潮流沙脊和长江口浅滩潮流沙席组成。由于受强大的东南来向的太平洋潮波系统的控制,形成了总面积为 5 万 km^2 左右的大规模潮流沉积体系(Liu, 1997)。江苏滨外潮流沙脊位于江苏省以东 30m 水深以浅的苏北浅滩,由 70 多个沙体组成南北长 200km,东西宽 90km 的大型沙脊场。单个沙体最长超过 100km,与欧洲北海最长沙脊 52km 相比,真可谓世界之最。受太平洋潮波和黄海旋转潮波的共同影响,沙体以琼港为顶点呈辐射状分布。值得注意的是 M_2 潮流椭圆长轴也以琼港为顶点向外呈放射状(图 1)。该区平均大潮流速 2 节左右,椭圆率绝对值小于 0.4,潮流往复性强。长江口浅滩潮流沙席位于现代长江水下三角洲的东面,水深 25—55m,东西宽 270km,南北长 200km,面积约 3 万 km^2 ,与西欧潮汐海最大沙席面积 2 万 km^2 相比,也可视为世界之最。最大涨落潮流速在 1.0—2.4 节, M_2 分潮椭圆率小于 -0.70,椭圆接近于圆,是东海 M_2 分潮大椭圆率区。全新世海相层厚 8—25m(Jorge *et al.*, 1983)。

2.2.4 台湾滨外潮流沉积体系 台湾滨外潮流沉积体系位于台湾岛与大陆之间,包括台湾海峡冲刷槽和台湾浅滩沙脊,以及东面的澎湖水道冲刷槽和其北的台中浅滩沙席,实际上是由涨落潮流分别形成的潮流沉积体系,总面积接近 5 万 km^2 。台湾海峡呈 NNE-SSW 向延伸,水域宽,深一般为 50—60m,潮流流速 2—3 节。台湾浅滩位于台湾海峡南部,由于主要受落潮流输沙局部变化的影响,沙脊多成“S”形,类似北海南部的诺福克沙脊。澎湖列岛与台湾岛之间的澎湖水道,受断裂构造和潮流的双重作用,形成深近 100m 的狭长水道,其北端出口(即澎湖列岛北面)为水深 9.6—40m 的台中浅滩,是受涨潮流控制的潮流沙席。

2.2.5 琼州海峡潮流沉积体系 琼州海峡潮流沉积体系由琼州海峡冲刷槽、东浅滩沙脊和西浅滩沙脊三者组成。琼州海峡为南海潮流最强的地区,海峡中部表层流速大于 6 节,底层流速大于 4 节。海峡正位于雷琼拗陷带,东西向断裂构造控制了海峡的基本轮廓。在内外营力的共同作用下,形成东西长约 80km,南北宽近 30km,最深 120m 的冲刷深槽。

粗略估计,全新世潮流的冲刷深度为 40—90m。琼州海峡的东西出口处,因流速下降至 3 节或更小,物质堆积,形成潮流浅滩。东浅滩沙脊受落潮流控制,形成内外两组近 10 条短小沙体;西浅滩沙脊受涨潮流控制,形成三条较长的沙体。

2.3 冰后期海侵东海潮流沉积体系

晚更新世冰期结束后,世界气候转暖,海面上升。从今日太平洋潮波系统对东海陆架的主导作用推测,在海面上升过程中,太平洋潮波同样对东海有主导影响,陆架上留下了早期发育的潮流沉积。Yang 等(1988)已报道了东海陆架的潮流沙脊,这些呈东南方向延伸的沙脊长 10—60km,宽 2—5km,高 5—20m,脊间距 8—14km。横剖面不对称,陡坡面向为 SSW。沙脊由分选好的细砂组成,粒径为 2.5—3.0 ϕ 。其中含有大量的潮间带和浅海贝壳碎屑。朱永其等(1984)报道了浙江沿海 27°—29°N, 122°—124°E,水深 70—90m 海域的梳状沙脊地形。沙脊长 55—75km,高 12m,走向西北—东南。沙脊的组成物质主要是含贝壳细砂。上述沙脊目前所在环境的潮流动力(流速小,且以旋转流为主)已无法形成这种大型沙脊底形,因而推测是海面上升不同停顿时期的产物,类似于西欧陆架凯尔特海(Celtic Sea)100—120m 水深的沙脊。它们基本上没被全新世细粒沉积物覆盖,但沙脊已停止发育而成消亡状态,称为残留沙脊或消亡沙脊。至于沙脊以外的东海陆架砂沉积,考虑到沙脊和沙席共生的潮汐环境,可认为是太平洋潮波系统的旋转潮流作用形成的残留沙席,这一推测可能比早先认为东海外陆架上波浪成因滨岸海滩砂更妥。就东海陆架大面积砂质沉积而言,基本为现代和冰后期海侵的潮流沉积。

2.4 全新世陆架潮流沉积模式

全新世海侵以来,潮流对海底的作用日益增强,潮流侵蚀了海底晚更新统物质,并将它们搬运到一定位置堆积下来,形成潮流浅滩—潮流沙脊和潮流沙席,这就是全新世陆架潮流沉积的基本模式。根据前面的分析,可以将全新世陆架潮流沉积模式分为两种类型:

2.4.1 海峡—浅滩型 因受地形缩流作用的影响,潮流经过狭长低地时,流速增大,往复性增强,因而强烈地侵蚀海底,加深海峡和水道,并将侵蚀的物质带到下游流速降低处堆积,形成潮流浅滩。这类潮流沉积有明显的物源区,即潮流侵蚀区,如前述 2.2.2, 2.2.4 和 2.2.5 区。

2.4.2 一般浅滩型 没有海峡,即没有明显的潮流侵蚀区,其物质主要来自原地或附近陆架海底,如前述 2.2.1 和 2.2.3 区。这可能由于物源区的潮流旋转性强而不易形成狭长的冲刷槽。

3 结论

3.1 中国邻近海域有 5 个现代潮流沉积体系,它们是黄海东部潮流沉积体系,渤海东部潮流沉积体系,长江口外潮流沉积体系,台湾滨外潮流沉积体系和琼州海峡潮流沉积体系。

3.2 全新世浅海陆架潮流沉积模式可分为海峡—浅滩型和一般浅滩型两种。

参 考 文 献

- 刘振夏 夏东兴,1983. 潮流脊的初步研究. 海洋与湖沼,14(3):286—296
刘振夏等,1994. 渤海东部全新世潮流沉积体系. 中国科学,24(12):1331—1338
夏东兴 刘振夏,1984. 潮流脊的形成机制和发育条件. 海洋学报,6(3):361—367
夏东兴等,1995. 渤海东部更新世以来的沉积环境. 海洋学报,17(2):86—92

夏综万 王钟据, 1984. 黄海 M_2 分潮的数值模拟. 黄渤海海洋, 2(1): 1—7

朱永其 曾成开、冯韵, 1984. 东海陆架地貌特征. 东海海洋, 2(2): 1—20

Jorge Butenko, Ye YinCa, Milliman J D, 1983. Morphology, Sediments and Late Quaternary History of the East China Sea. In: Acta Oceanologica Sinica ed. Proceeding of Sedimentation on the Continentai Shelf, With Special Refrence to the East China. Sea. Beijing: China Ocean Press. 725—751

Liu ZhenXia, Huang YiChang, Zhang QiNian, 1989. Tidal current ridges in the southwestern Yellow Sea. J Sedi Petr, 59(3): 432—437

Yang ChangShu, Sun JiaSong, 1988. Tidal Sand Ridges on the East China Sea Shelf. In: P L de Boer *et al.* eds. Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies. D. Reidel Publishing Company, 23—28

Liu Zhen Xia, 1997. Yangtze(Changjiang) shoal—a modern tidal sand sheet in the northwestern part of the East China Sea. Marine Geology, 137: 321—330

TIDAL DEPOSITIONAL SYSTEMS AND PATTERNS OF CHINA'S CONTINENTAL SHELF

LIU Zhen-xia, XIA Dong-xing, WANG Kui-yang

(First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao, 266003)

Abstract Based on a cooperative study between China and France on tidal deposits in the Eastern Bohai Sea in 1991, interrelationships between water depth, sediments, bedforms and tidal currents on China's continental shelves were analysed. The results that tidal currents play a major role in the creation of the present submarine geomorphology and depositional processes on China's shelves. If the tidal-current velocity exceeds 3 knots, then erosional action dominates and rectilinear currents form mostly deep scour furrows. When the tidal-current velocity ranges between 1 and 3 knots, deposition is dominant, and tidal currents form tidal shoals, i. e., tidal sand ridges and tidal sand sheets. The boundary between the ridges and the sheets lies near the location where the absolute value of the M_2 ellipticity is 0.4. Where the absolute value is less than 0.4, tidal sand ridges are often formed in response to rectilinear currents. Where the absolute value exceeds 0.4, tidal sand sheets tend to be formed in response to rotatory currents. There are five modern tidal-depositional systems on China's continental shelves and the surrounding areas: (1) the tidal deposit over the eastern Yellow Sea (composed of tidal sand ridges in West Korea Bay and tidal sand sheets off South Korea); (2) the tidal deposits over the eastern Bohai Sea (composed of tidal scour furrows in the Laotieshan Channel, tidal sand ridges in the Liaodong Shoal and tidal sand sheets on the Bozhong Shoal); (3) the tidal depositional system off the Changjiang River estuary (composed of tidal sand ridges off the Jiangsu Province and tidal sand sheets on the Yangtze Shoal); (4) the deposits distributed to the west of Taiwan Island (composed of tidal scour furrows in the Taiwan Strait, tidal sand ridges over the Taiwan Shoal, tidal scour furrows in the Penghu Channel and tidal sand sheet on the Taizhong Shoal); and (5) the depositional system in the Qiongzhou Strait

(composed of tidal scour furrows in the Qiongzhou Strait, tidal sand ridges on the eastern and western shoals). In addition, there are moribund tidal deposits in the East China Sea which formed during an early stage of the last transgression. The Holocene tidal-deposits on China's continental shelves can be divided into a strait-shoal type and an ordinary shoal type.

Key words China's shelves Tidal depositional systems Depositional patterns Holocene

Subject classification number P736.21

《海洋与湖沼》学报被引频次 再前进 5 名

据中国科学引文数据库公布,在中国科技期刊被引频次的前 500 名排行表中,《海洋与湖沼》的名次依次为:1994 年,45 名;1995 年,40 名;1996 年,35 名。这三年以每年前进 5 名的顺序递增。1996 年按学科分类,在地球科学领域的期刊中,以被引频次统计,本刊排序为第 2 名;以影响因子统计,本刊排序为第 10 名。

又 1997 年本刊分别获中国科协优秀科技期刊二等奖,中宣部、国家科委、新闻出版署优秀科技期刊三等奖。

以上成绩的取得是与各级领导、专家及广大作者、审者和读者等的鼎力支持和帮助是分不开的。为此,本编辑部向所有对本刊给予支持和作出贡献的领导、专家和科技工作者,致以最忠心的谢忱和敬意。希望今后让我们继续通力合作,不断拓新办刊新局面,争取《海洋与湖沼》尽早加入世界先进期刊的行列,为繁荣学术、人才培养和现代化建设作出更大贡献!

本刊编辑部