

庙岛南部海域海砂开采 对海底地形的影响

田振环¹,王琳¹,曹艳玲¹,石巍²

(1 山东省第一地质矿产勘查院,济南 250014;2 山东省地矿工程勘察院,济南 250014)

摘要:利用庙岛南部海域海砂开采区海底地形实测资料,对比分析了海砂开采过程中历年以来海底地形地貌的特征变化,发现采砂活动并未引起该区水深发生较大变化。由于动态补偿作用,采砂以后在潮流和波浪的共同作用下,周围海域的泥沙将不断向采砂导致的深槽内填充,并使深槽逐渐变浅。输沙量计算结果表明,长岛海域净供砂量为 $9.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。从输沙方向看与潮流和波浪的影响及海底地形的走向密切相关。目前开采量小于 $3.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,如果按照目前采砂规模,保证安全生产,采砂工程不会对海底地形、海岸地貌造成明显的影响。

关键词:海砂开采;海底地形;输沙量计算;庙岛南部海域

中图分类号:P744

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2015.01008

海砂作为一种重要的矿产资源,其产值目前仅次于海底石油,已成为第 2 大海洋矿产资源^[1]。海砂开采能够满足沿海建筑用沙和填料的需求缺口,同时兼具疏通航道等有利作用,但也产生了严重的环境问题^[2]。海砂开采会对开采区的地形地貌、浅部地层结构及沉积环境造成较大影响。在海砂开采作业过程中会引起附近海域悬浮泥沙大量增加、输沙量失衡以及流场和波场的改变^[3],造成附近海域的水流及泥沙冲淤条件的剧烈变化,及底床变形^[4]。甚至还可引发海岸侵蚀、海水入侵等问题^[5]。海砂开采完成后会在海底留下大规模的废弃采砂坑,深度可达 30 m^[6]。当前研究多是对开采区的泥沙运移进行计算和模拟,预测开采后泥沙的蚀淤趋势,结果普遍认为采砂坑回淤缓慢,陈正新等认为^[4],1 个水深 30~60 m、开挖深

度为 10 m 的采坑至少要 200 a 或更长时间才能淤平。但也存在着东南沿海地区因热带风暴引起的骤淤而形成采砂坑快速回淤^[7]的情况。

本文结合庙岛南部海域海砂开采工程前后的开采区地形地貌等调查成果,分析了采砂对海底地形的影响,探讨了产生该现象的成因机制。

1 工作区概况

采砂区位于渤海和北黄海交界的庙岛海峡,处于庙岛南部 4 km 处的海域内,行政区划隶属山东省烟台市长岛县所管辖,地理坐标为 $120^{\circ}37'01'' \sim 120^{\circ}37'43''\text{E}$, $37^{\circ}54'22'' \sim 37^{\circ}54'40''\text{N}$ 。矿区南距陆地最近点 10 km,北距庙岛最近点 4 km。矿区及周围 3 km 无海水养殖活动,距航道较远。交通全部依靠船只,较为方便(图 1)。

采砂区向西为渤海,向东为北黄海。海底水深一般为 9~26 m,向北渐浅,为 3~10 m 不等,开采区平均水深为 12 m,具有标准名称的礁石有 81 个,复杂的海底地形,星罗棋布的岛礁,使航道

收稿日期:2014-09-29

基金项目:“山东长岛县庙岛南部海域海砂开采动态监测”项目(2008—2013)

作者简介:田振环(1983—),男,硕士,工程师,主要从事海洋地质勘查和矿产勘查工作。E-mail:tt266003@163.com

量 $15.74 \times 10^4 \text{ m}^3$, 损失量 $6.66 \times 10^4 \text{ m}^3$, 回采率 70%。自 2010 年以来, 因为办理采矿许可证、海域使用证时间比较长, 错过了最佳开采时间, 2011 和 2012 年度均未进行开采。只在 2013 年度进行了海砂矿开采。海砂开采只在每年度的 3—9 月进行。

表 1 2002—2013 年矿区历年动用储量

Table1 Production and reserves of marine aggregates from 2002 to 2013

年度	年度动用量 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	开采量 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	回采率 /%
2002—2005	9.60	6.37	66
2006	3.00	2.32	68
2007	3.06	2.34	71
2008	2.80	2.01	72
2009	0.76	0.50	66
2010	0.89	0.62	70
2013	2.29	1.58	69
累计动用量	22.40	15.74	70

4 调查方法和资料获取

矿权人在庙岛南部海域进行海砂开采已有 12 a, 为及时、准确地了解和掌握海砂开采活动对其附近海域生态、环境等各要素的影响, 防止海砂开采对海洋资源、海洋动力、海岸侵蚀、海洋生态、海洋设施以及海底地形等造成损害, 每一年度都对海砂续采活动进行动态监测。具体监测站位见图 3。

根据海砂开采工程的特点及海域的实际情

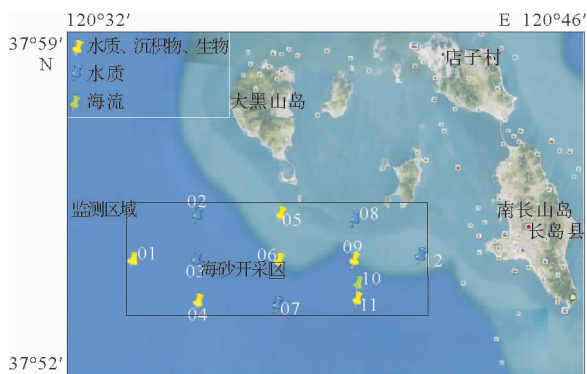


图 3 监测站位示意图

Fig. 3 Location map of monitoring stations

况, 重点对海砂续采区的海底地形、地貌、底质、水质、流场等方面进行动态监测。同时对由于海砂开采导致海底地形的改变、水深的变化、波浪、海流状况以及泥砂动态等进行重点监测、分析和研究。最近一次海底地形测量工作完成于 2013 年 9 月 15 日。平面控制采用坐标系统为 WGS84 坐标系, 3° 带高斯投影, 中央子午线为 120° 。考虑到船用 GPS 大多采用未加改正的经纬度, 因此, 本次测量直接以信标差分坐标作为正式坐标, 不进行固定差改正。水位改正采用蓬莱海洋环境监测站 2010 年 9 月 14 日的潮汐资料, 潮汐资料起算面在 56 黄海平均海平面下 1.624 m, 换算至当地理论最低潮面减 75 cm。

5 结果和分析

5.1 水深资料的对比分析

测深资料是证实矿体变化的重要依据, 为进一步了解由于采砂活动所引起的水深改变, 2013 年水深地形测量范围向东、西、南、北各外扩 2 km, 整个测量面积超过 16 km^2 (图 4)。从图中可

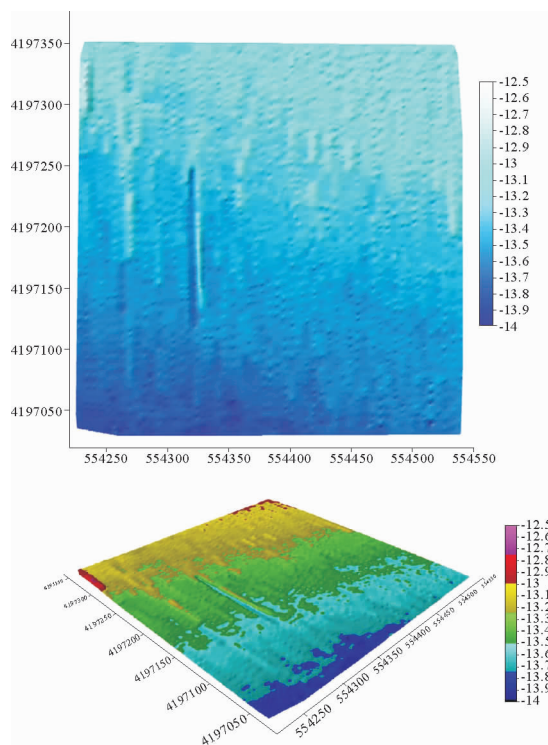


图 4 采砂区海底地形三维图(2013 年测量)

Fig. 4 Three-dimensional submarine topographic map of the mining area (measured in 2013)

明显看出,测量区域内的水深从北向南逐渐变深,且变化趋势均匀,未出现在某处水深急剧变深的情况。

图 4 中的红色区域为 2006—2010 年国家海洋局批准采砂区,根据历年水深监测数据(图 5~8),2006 年监测数据与 2005 年相比,在采砂区的西北角水深变深约 0.1~0.3 m,西南角变深 0.1~0.2 m;2007 年在邻近采砂区的西南和西北角 2 处海域水深与 2006 年相比变深约 0.1~0.2 m,其他区域水深无明显变化。分析其原因,可能与采砂船装 GPS 定位系统误差较大有关。鉴于此,在 2007 年至 2008 年度相关部门加大了监管力度,并责令工作船舶重新校准了船装 GPS 定位系统,2008 年监测中,2007 年 2 处水深明显变化区已基本回复到 2006 年的状态,仅在采砂区内的西北角处水深变深约 0.1~0.3 m;2009 年监测数据较 2008 年仅在采砂区内的西南角处水深变深约 0.1~0.3 m;2010 年监测数据较 2009 年在采砂区内的东北角处水深变深约 0.1~0.2 m,但在西北角和西南角处水深出现变浅 0.1~0.2 m 的现象,分析是 2009 年度,仅对区内东北角进行了小规模的开发,且开采时间较短所致;2013 年监测数据较 2010 年在采砂区内水深普遍变浅约 0.1~0.2 m,分析是 2010 年度原海域使用证到期后未再在本区域开采海砂,周边海砂不断回填所致。

对于 2012 年国家海洋局批准采砂区域,位于海洋局原采砂区西南方约 500 m,即图 4 中绿色区域,可以看出其平均水深约为 13.2 m,与周边

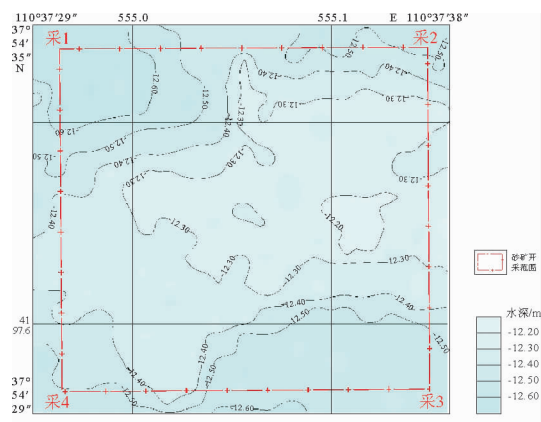


图 5 采砂范围水深图(2008 年)

Fig. 5 Bathymetric map of the mining area (2008)

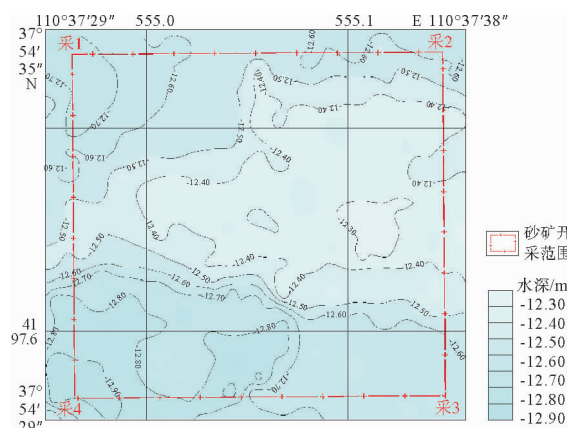


图 6 采砂范围水深图(2009 年)

Fig. 6 Bathymetric map of the mining area (2009)

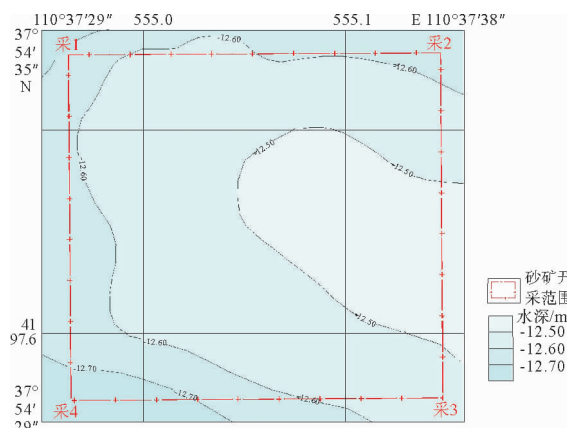


图 7 采砂范围水深图(2010 年)

Fig. 7 Bathymetric map of the mining area (2010)



图 8 采砂范围水深图(2013 年)

Fig. 8 Bathymetric map of the mining area (2013)

水深相比并无明显变化,分析是因 2012 年采砂量较小且周期较短所以周边海砂已回填。

5.2 输沙量计算

通过对比历年水深资料可以看出,在本采砂区,采砂活动导致的水深变化不大。说明其在开采的同时海砂具有很强的动态补偿作用,为此我们进行了输沙量计算:

(1) 公式选取

输沙量是指在波浪和水流作用下,单位时间内沿着海底地形通过破碎带内海底断面的泥沙数量,即为单位时间的输沙量。

目前世界上计算输沙量的方法很多,有风能法、波能法、流能法,其中波能法运用最广泛,被世界公认为较满意的计算方法。美国海岸研究中心采用了一种以大量现场资料为依据较为切合实际的方法。本文采用了此法,对挖砂海域进行了输沙计算,其公式为:

$$Q_s = 0.7 \times 10^{-2} H_0 C_0 K_r^2 \delta 2 \alpha_b$$

式中: Q_s 为输沙率, m^3/s ;

H_0 为深水有效波高, m ;

C_0 为深水波速, m/s ;

K_r 为折射系数;

α_b 为破碎波波峰线与等深线夹角, $(^\circ)$ 。

(2) 计算过程

在具体计算时,波向按 16 个方位划分,将周期和波高作适当分级,统计 1 a 时间内各个方位上不同周期和波高的波浪的出现次数,算出每级波浪在此期间内的出现频率 P 及每级波浪在统计期间的作用时间。

根据长岛海域波浪实际情况认为 NE、NW、NNE、SE、SW 向波浪对输沙起着直接作用。

利用蓬莱海洋监测站的波浪资料,按上述情况对各波向及周期的波浪进行分析和计算(水深按海图所示深度),然后对应一定波向和周期算出不同的 H_0 、 C_0 、 K_r 、 α_b 值,代入公式计算出 Q_s ,进而计算出各级波浪在统计期内的输沙量,见表 2。

(3) 讨论

输沙量计算结果表明,长岛海域的泥沙来源基本是沿顺时针方向由 SE(E) 向 NW(W) 悬移的,其总量为 $1.51 \times 10^5 m^3/a$,净供沙量为 $9.0 \times 10^4 m^3/a$,远远大于采矿证允许的最大开采量 $3.3 \times 10^4 m^3/a$ 。从输沙方向看与潮流和波浪的影响密切相关,并起到了关键作用。本砂矿与黄渤海

其他潮流浅滩区域一样,在作用方式上波浪和潮流分别为掀沙和输沙的主要因素^[8],属典型的“波浪成因型砂矿”^[9]。

表 2 输沙量计算结果
Table2 Calculated sand input

波 向	输沙量/(m^3/a)
NE	1.14×10^4
NW	1.09×10^5
NNE	1.27×10^4
SW	7.05×10^3
SE	1.10×10^4
总输沙量	1.51×10^5
净输沙量	9.0×10^4

5.3 砂源分析

潮流、波浪是泥沙运动的主要动力,砂质海岸以波浪输沙为主。经实地测定,落潮流(NW 向)大于涨潮流(SE 向),落潮时长于涨潮时。通过潮流输沙计算,在近岸输沙为 SE 向(即涨潮流方向),而靠近庙岛海峡为落潮流方向(NW 向),可以设想,在大风浪天气由于近岸波浪对泥沙的影响,海水含砂量较高,在 SW、SE、NW、NNE 向强浪向和常浪向的作用下,庙岛浅滩的泥沙随涨潮流向被挖走的沙坑方向填充。由于受较强落潮流的顶托,部分泥沙回到沙坑,流速变小而落淤,慢慢地使沙坑变浅,达到动态平衡。另外,在 SW 向波浪作用下,登洲浅滩的泥沙被输送到沙坑也是可能的。

填充沙坑的砂源有以下几个途径:

(1) 周围的自然环境。该海域周围没有河流入海,因此没有大的陆源物质,周围突出海中的陆地是由坚硬的石英质、角砾岩组成的很不易侵蚀的岬角—庙岛和大黑山岛,南面是由变质岩组成的长山岛,它的供应物质是有限的。然而,庙岛、大黑山岛和长山列岛的海底底质均由砂矿组成,在海流的作用下,向其深槽填充。

再者,该区海域则很具有特色。位于长山岛和蓬莱角之间的庙岛海峡形成一明显深槽,其东侧水深大于 20 m 的深槽长 20 km 以上,宽 3.5~4.5 km,最深 40 m;西侧 20 m 的深槽长 12.5

km,最深处 38.0 m。东、西侧海域的明显区别是:东侧深槽没有线性堆积体,西侧则有明显的堆积体,即登州浅滩和庙岛浅滩,深槽和浅滩之外的海域水深在 10~15 m 左右,地势平坦。

(2)浅滩堆积物的基本特征。矿体沉积物的第 1 个特点是粒度由东向西逐渐变细;第 2 个特点是沉积物中的砾石多呈次棱角状。

另外,庙岛浅滩至挖砂区的砂体,是历史的产物。冰期时代这里是丘陵洪坡积物的谷地,松散的碎屑沉积物相当发育,全新世海水到达渤海之后,形成了潮流槽道、落潮三角洲等,在潮水拓出槽道的同时即在两侧堆积了边缘坝,也就形成了庙岛浅滩。

上述沉积物的特征说明:浅滩物质来源为潮流悬移和波浪掀砂(潮流最大运移距离为 20 km)。就实际情况来说,它一方面来源于岛陆岬角的侵蚀物质,另一方面来自侵蚀海底的物质。

目前,海洋动力和周边地貌基本处于和谐,即动态平衡状态,深槽是否会被刷深,两浅滩(登州浅滩、庙岛浅滩)或其他海岸是否继续向其供砂,则需每年进行监测。

6 结论

(1)通过对比历年水深资料可以看出,在本采砂区,采砂活动导致的水深变化不大。说明其在开采的同时海砂具有很强的动态补偿作用。

(2)输沙量计算结果表明,长岛海域的泥沙来源基本是沿顺时针由 SE 向 NE 或自 E 向 W 悬移的,其总量为 $1.51 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{a}$,净供沙量为 $9.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,远远大于采矿证允许的最大开采量 $3.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。从输沙方向看,与潮流和波浪的影响密切相关,并起到了关键作用。

(3)本区海砂的碎屑物质主要有 2 个来源:一是现代陆地、岛屿的碎屑被潮流波浪携带入海;二是浅海陆架的古沉积物在潮流和波浪的作用下搬运至适宜的地段堆积。

总之,庙岛潮流沙脊是本海域泥沙在水动力作用下长时期平衡的结果。通过现场调查和水下地形测量资料的分析,几年的矿砂开采,海底地形和地貌基本未发生变化。采砂海区海砂储量大,矿层厚,开采后对海底动态平衡剖面影响极小,另外该矿体为潮流型沙脊,并且采砂区周围海底基本为砂体所覆盖,砂的动态补偿作用很强,如果按照目前采砂规模,保证安全生产,采砂工程不会对海底地形、海岸地貌造成明显的影响。

参考文献:

- [1] 苏东甫,王桂全.我国海砂资源开发现状与管理对策探讨[J].海洋开发与管理,2010(4):64-67.
- [2] 陈坚,胡毅.我国海砂资源的开发与对策[J].海洋地质动态,2005,21(7):4-8.
- [3] 陈正新,陈小英,魏合龙,等.珠江口东平海域海采工程后泥沙淤积趋势预测研究[J].沉积学报,2011,29(6):1 164-1 169.
- [4] 吴英霞,夏华永,马应良.大虎水道东南部水域海砂开采水动力环境影响及泥沙扩散浓度预测[J].人民珠江,2004(4):10-25.
- [5] 刘建华.登州浅滩采砂后蓬莱西部海岸地貌响应研究[D].烟台:鲁东大学,2008.
- [6] 张乔民.香港海砂资源的勘探开发与管理[J].自然资源学报,2003,18(4):385-391.
- [7] 马媛,魏巍,陈静,等.汕头东部海域海砂开采区快速回淤成因分析[J].中国海洋大学学报,2013,43(7):78-82.
- [8] 钱宁,万逃惠.泥沙运动力学[M].北京:科学出版社,2003.
- [9] 金亨植,李炎保,白玉川.黄海西朝鲜湾波浪潮流共同作用下二维潮流泥沙数值模拟与砂矿成矿分析[J].海洋技术,2005,24(2):75-79.

INFLUENCE OF MARINE AGGREGATES MINING ON SUBMARINE TOPOGRAPHY OFF SOUTH MIAODAO

TIAN Zhenhuan¹, WANG Lin¹, CAO Yanling¹, SHI Wei²

(1 Shandong Provincial No. 1 Institute of Geo-mineral Exploration, Jinan 250014, Shandong, China;

2 Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Jinan 250014, Shandong, China)

Abstract: A comparative study on the change in submarine topography and geomorphology is made for the marine aggregate mining area to the south of Miaodao with the measured data in the past years. It is found that the mining of marine aggregates has not changed much of the water depth of this area, because of dynamic compensation. Sands from nearby regions brought by tide and wave to the area is enough to fill or partly fill the deep notches caused by submarine mining. Calculation of sediment budget shows that the net input of sands into the offshore Changdao island is $9.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ and the current production of marine aggregate is less than $3.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$. If the production of marine aggregates remains on this level, the exploitation of marine aggregates will not bring noticeable effects on submarine topography and coastal landform.

Key words: mining of marine aggregates; submarine topography; calculation of sediment budget; the south of Miaodao

关于作者著作权及稿酬的声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

《海洋地质前沿》编辑部

2013 年 1 月 10 日