

· 综 合 ·



## 粤东大亚湾水沙环境及岸滩演变分析

谢华亮, 赵张益, 王 恒

(交通运输部天津水运工程科学研究所, 港口水工建筑技术国家工程研究中心,  
工程泥沙交通行业重点实验室, 天津 300456)

**摘要:** 根据现场实测水文泥沙及地形资料, 对大亚湾海域的自然条件、水沙环境特征及岸滩演变特征进行分析, 研究表明: 大亚湾潮差较小, 波浪和潮流动力弱, 水体含沙量较低, 泥沙来源有限, 主要来自近岸附近滩面就地搬运的少量泥沙。湾内底质多为黏土质粉砂, 呈现淤积质海岸的沉积特点。因此大亚湾海域水清沙少, 自然状态下海床长期保持稳定。近期受港口航道建设、围填海等人类活动的影响, 部分海床地形出现较大幅度的冲淤变化。湾内港池、航道疏浚开挖后航槽稳定, 回淤强度较小。正确认识该海域的水动力条件、泥沙运移及海床冲淤变化, 不仅是开展海岸工程开发建设的关键技术问题, 也有利于近岸海洋环境保护及资源开发利用。

**关键词:** 水沙环境; 泥沙来源; 岸滩演变; 大亚湾

中图分类号: P737; U65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)05-0001-07

### Current and sediment environment and coastal evolution in Daya Bay, eastern Guangdong

XIE Hualiang, ZHAO Zhangyi, WANG Heng

(Key Laboratory of Engineering Sediment of Ministry of Communications, National Engineering Research Center of Port Hydraulic Construction Technology, Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, MOT, Tianjin 300456, China)

**Abstract:** Based on on-site hydrological, sediment, and topographic data, we analyze the natural conditions, current and sediment environment characteristics, and coastal evolution characteristics of the Daya Bay. The research results show that Daya Bay has a small tidal range, weak wave and current forces. The water body has a relatively low suspended sediment concentration (SSC). The sediment source is limited and the small amount of sediment transported on the beach near the shore is the primary source of sediment in Daya Bay. The surface sediments are primarily composed of clayey silt, which is typical of muddy coastal areas. Due to the clean water and low SSC, weak wave and current dynamics result in the seabed remaining stable for a long time. The recent significant changes in erosion and deposition on the seabed are mainly affected by human activities such as port and waterway construction and land reclamation. Studies indicate that after dredging and excavating the harbor and waterway, the navigation channel remains stable, and siltation intensity is relatively small. A correct understanding of current and sediment environment and beach evolution in the sea area is not only a key technical issue for coastal engineering development and construction, but also beneficial for the protection of nearshore marine environment and resource development and utilization.

**Keywords:** current and sediment environment; source of sediment; coastal evolution; Daya Bay

大亚湾位于广东省东部平海半岛和大鹏半岛之间, 东靠红海湾, 西邻大鹏湾, 为广东沿海重要海湾, 具有发展优良港口的地理优势, 在粤港

澳大湾区中以能源、石化等产业带的建设为发展目标定位, 也是我国经济最为活跃的地区之一<sup>[1]</sup>。而大亚湾作为一个半封闭海湾, 湾内水深较浅,

收稿日期: 2023-09-04

作者简介: 谢华亮 (1987—), 男, 硕士, 工程师, 从事河口海岸动力地貌研究。

在一定程度上抑制了湾内企业的水运发展需求。因此,大亚湾内建设大型深水专业化码头及配套航道工程不仅是现代化港口发展的需求,也为进一步推进石化产业区发展提供基础设施。

学者对大亚湾的研究重点是湾内水动力诸如潮汐、潮流和余流等特征<sup>[2-4]</sup>,但针对大亚湾内整体水沙环境和岸滩演变的相关研究较少,因此,正确认识该海域的水动力条件、泥沙运移及海床冲淤变化,不仅是开展海岸工程开发建设的关键技术问题,也有利于近岸海洋环境保护及资源开发利用<sup>[5-7]</sup>。

## 1 海岸地貌特征

大亚湾湾口朝南,宽约 15 km,湾内宽约 13~25 km,南北纵深约 26 km。大亚湾属沉降溺谷湾,

海岸轮廓曲折多变,形成近岸水域大湾套小湾的隐蔽形式,湾内大小岛屿众多,湾中央南北向分布的中央列岛将海湾分成东西两半,海底绝大部分为 5~15 m 等深线之间的水下浅滩,地形平缓,整个大亚湾的平均水深约 11 m,航道范围内最大水深超 25 m,海底地形大致表现为湾顶向湾口逐渐加深。湾西南为大鹏澳,水深大于 10 m;西北部为澳头湾与澳头港,水深 3~5 m;东北角的范和港水深较浅。由于沿南北向分布一系列岛屿、礁石,使大亚湾中部海底地形较为复杂,水深变化稍大,一些是伴有暗礁的浅水区,一些则在岛与岛之间形成狭长的沟槽,如在港口列岛和中央列岛之间、中央列岛与大辣甲之间形成一个较深的沟谷,这是海流长期作用的结果<sup>[8]</sup>。大亚湾周边岸线形势及水下地形见图 1。

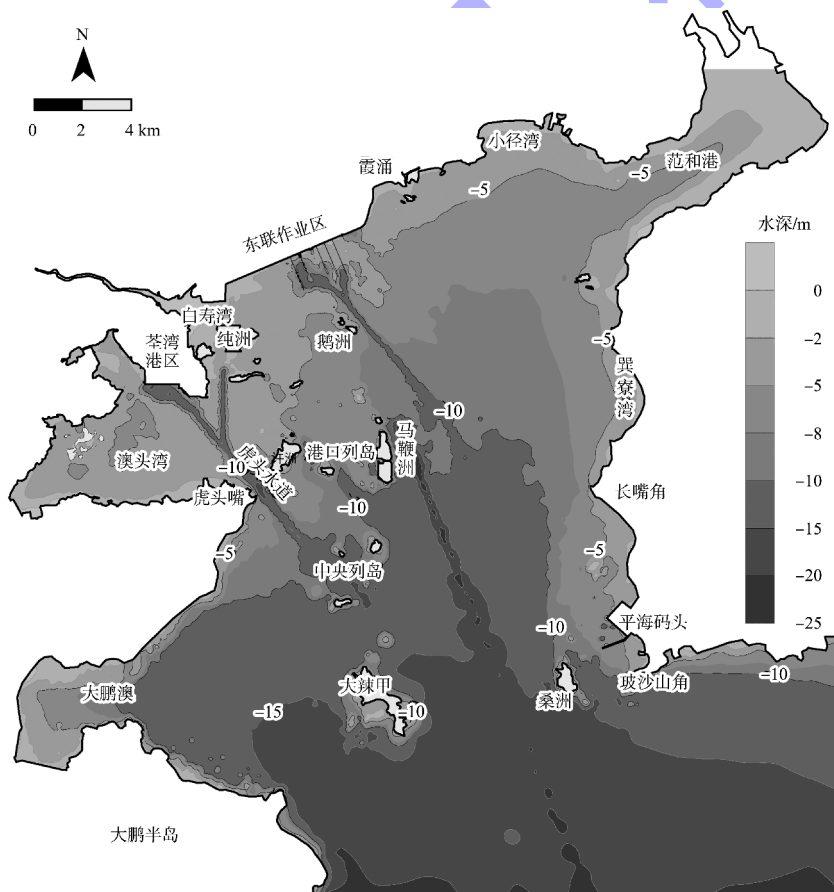


图 1 大亚湾水下地形

## 2 大亚湾水沙环境概况

### 2.1 潮汐与潮流特征

大亚湾内有较多的港汊和岛屿,岸线曲折,

南海潮波传入后受地形影响较大,高频分潮明显,涨潮上升及高潮过程中会出现若干次小幅度的振荡回落,半日潮周期内的双峰水位现象明显。大

亚湾潮汐类型属不正规半日混合潮型,外海潮波传至大亚湾后逐渐变形,大亚湾湾口潮差较小,湾顶处的高潮位和潮差略大。多年平均潮差约 1.10 m,平均涨潮历时均长于平均落潮历时。

根据大亚湾海域实测潮流观测资料,大亚湾内潮流类型以不规则半日潮流为主,各站的浅水分潮比值均大于 0.04,表明浅水分潮较强,因此,大亚湾海域属于不规则半日浅海潮流性质。

大潮期间涨落潮流总体为往复流,见图 2a),潮流由湾口进到湾顶发生分流,涨落潮主流向各站位略有不同。大潮期间,湾东部的  $V_{13} \sim V_{15}$  站涨潮平均流向介于  $5^\circ \sim 40^\circ$ ,落潮平均流向  $163^\circ \sim 203^\circ$ ;湾中部的  $V_6 \sim V_{12}$  涨潮平均流向  $335^\circ \sim 350^\circ$ ,落潮平均流向  $152^\circ \sim 189^\circ$ ;湾西北部的  $V_1 \sim V_3$  离岸较近,总体沿岸线呈东西向运动,处于许洲与虎头嘴之间水道的  $V_4$ ,涨落潮主流向基本为 NW—SE;  $V_5$  涨落潮主流向则基本为 NE—SW。

大潮期间大亚湾内流速整体较小,各测站落潮平均流速为 3~18 cm/s,涨潮平均流速为 5~17 cm/s,涨落潮最大流速 35 cm/s 均发生在  $V_4$  站,涨潮流速多大于落潮流速。从平面分布上看,以海湾中部深水区的流速最大,近岸水域流速较小。

小潮期间观测站位多数呈明显的单向流,见图 2b),涨、落潮特征不明显。实测流速小于大潮期间。

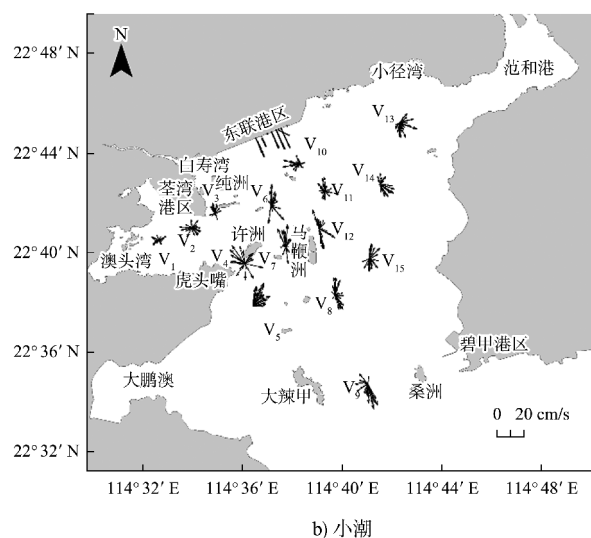
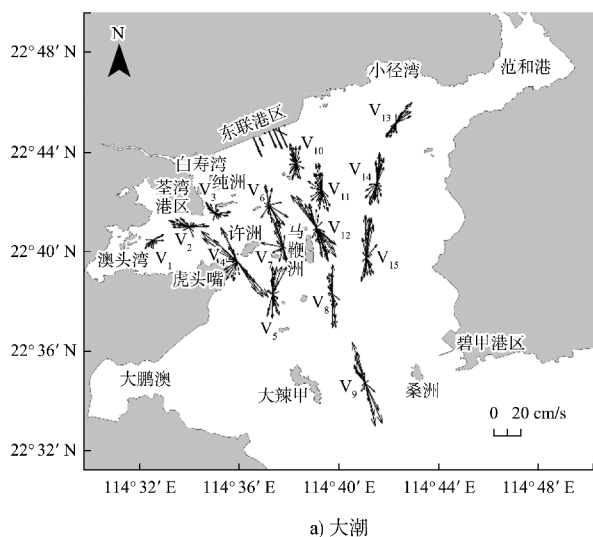


图2 垂向平均潮流矢量

根据上述实测潮汐与潮流资料,结合前人研究<sup>[8]</sup>,从大亚湾内涨落潮水流流路来看,由于大亚湾湾口略偏东南,涨潮时,来自于大亚湾外的涨潮水体由东南向西北运动进入大亚湾后,主流由湾口向湾顶挺进,受湾顶岸线影响,于湾顶水域分流。大亚湾内西侧涨潮水体沿程分别进入大鹏澳、澳头湾和白寿湾等水域;大亚湾内东部涨潮主体则沿岸线进入湾顶的范和港水域。落潮时,水流流路与涨潮时基本相反,湾顶和各湾内水域落潮流汇合后,沿东南向退出大亚湾。

## 2.2 波浪

根据大亚湾湾口桑洲岛外平海测波站( $22^\circ 33.93'N$ ,  $114^\circ 43.92'E$ )和湾内鹅洲测波站( $22^\circ 42.87'N$ ,  $114^\circ 38.40'E$ )波浪统计资料,较好地反映出大亚湾湾口至湾内的波浪特性,综合来看各测站的常浪向和强浪向均较为一致:平海测波站常浪向为 SE(53.6%),强浪向为 S—SSE;鹅洲测波站常浪向为 SSE(31.0%),SE 次之(11.5%),强浪向为 SE—SSE。可见大亚湾湾口及湾内海域常浪向以偏 SE 向为主,强浪向也为 SE—S。

从波高大小来看,平海测波站年平均波高 0.9 m, 1.5 m 及以上波高出现频率为 8.0%;鹅洲测波站年平均波高 0.4 m, 1.5 m 及以上波高出现频率为 0.8%;可见湾内波高相较湾口明显减弱。



从波周期大小来看,平海测波站周期主要为 3.0~9.0 s,平均周期为 4.6 s;鹅洲测波站 3.0~5.0 s 的周期出现频率占 82.2%;大亚湾湾口及湾内海域风浪周期特征较为明显。

综合来看,受夏季偏 SW 向风以及冬季偏 NE 向风影响,大亚湾外海开阔水域以偏 E 向和偏 S 向浪出现频率较高,至湾口附近受地形水深变浅导致的波能折射,以偏 ESE 和偏 S 向浪出现频率较高,湾内水域则受岛屿的掩护等影响,相对而言仍以 ESE—S 向浪出现频率较高。

### 2.3 含沙量分布

根据大亚湾内 2022 年大、小潮水文测验含沙量资料分析,大亚湾内大潮期间底层实测最大含沙量为  $67.8 \text{ g/m}^3$ ,最大垂线平均含沙量为  $36.2 \text{ g/m}^3$ ;小潮期间底层实测最大含沙量为  $19.3 \text{ g/m}^3$ ,最大垂线平均含沙量为  $12.7 \text{ g/m}^3$ 。

各站含沙量平面分布总体呈近岸大、远岸小,分布特征由大亚湾湾顶海域向中部海域依次减小,含沙量的垂向分布具有表层低、底层高的显著特征。

由于大亚湾内潮差小、湾内纵深大,大小湾套叠,波浪经湾口至湾内时,受湾内众多岛屿以及岬角阻挡,波能迅速减弱,波浪和潮流动力弱,因此水体含沙量相对较低。

### 2.4 底质特征

2022 年在大亚湾内进行了大范围底质取样,取样范围自湾口至湾顶,基本覆盖整个大亚湾海域,共采集 103 个底质样品。底质类型分布、中值粒径等值线见图 3,结果表明:大亚湾海域的底质类型共 6 种,分别为粉砂、粉砂质黏土、黏土质粉砂、砂-粉砂-黏土、粉砂质砂和砂,其中以黏土质粉砂样品最多,共计 75 个,占 72.8%;其余样品中,砂-粉砂-黏土共计 13 个,占 12.6%;其他样品共计 15 个,占 14.6%,主要为粉砂质砂、砂、粉砂和粉砂质黏土,见图 3a)。底质的分选程度以“分选差”为主,也反映出大亚湾内水动力较弱,对海床底质的分选较差。

图 3b)为大亚湾内底质中值粒径分布,可见大

亚湾底质以细颗粒为主,中值粒径小于  $0.008 \text{ mm}$  的占半数以上,整体呈现近岸粗远岸细、湾口粗湾内细的特点,中值粒径相对较大的区域主要有 3 处,分别为马鞭洲向西至陆、碧甲港区及湾口中部。

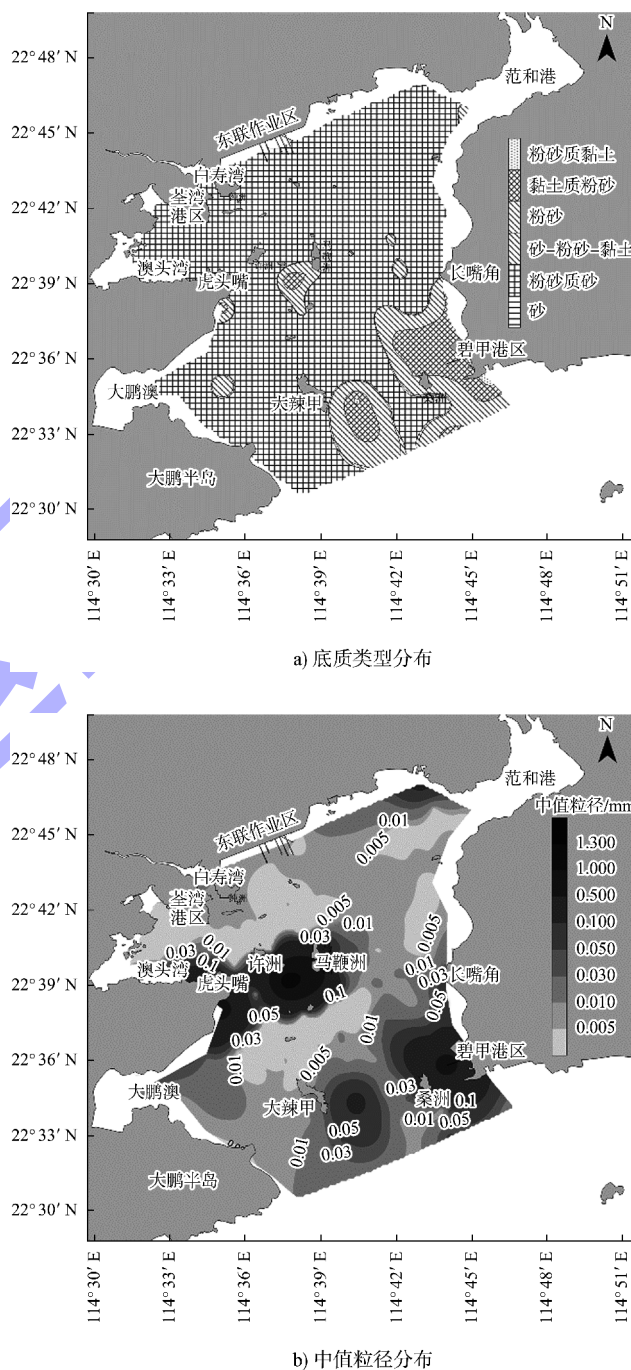


图 3 2022 年底质类型及中值粒径分布

各组含量中粉砂组分含量最多,平均为 51%;其次为黏土组分,平均为 30.9%;含砂质组分的底质较少,主要分布在碧甲港区附近。含较粗砾

质组分的底质也较少,主要分布在马鞭洲附近以及大鹏澳北侧近岸和范和港附近的潮滩上。大亚湾呈现淤泥质海岸的沉积特点。

## 2.5 泥沙来源

### 2.5.1 陆域来沙

大亚湾东、北、西三面环山,沿岸陆地皆为基岩或者植被覆盖良好的低山丘陵,无大河流入海湾;沿岸注入海湾的小河流程甚短,且多为山溪性、季节性小河或小溪,较长的澳头河全长只有 10 km。因此,沿岸陆地上冲泄流失的泥沙是注入大亚湾陆域泥沙的主要来源,但陆域来沙量有限。

### 2.5.2 海域来沙

大亚湾内底质细腻,以较细的黏土质粉砂为主,海水含沙量很小,表明海域来沙也很小。此外,波浪对岸坡的侵蚀也是湾内泥沙来源的一部分,但因湾内波浪小、能量弱,冲击作用有限,其冲击下来的物质仅限于近岸部分。

总体而言,湾内水清沙少,泥沙来源十分有限,近岸附近滩面就地搬运的少量泥沙为大亚湾海域的主要泥沙来源。

## 3 岸滩演变特征

### 3.1 湾内等深线变化

将搜集的不同年份海图扫描后经 GIS 软件数字化,得到大亚湾海域等深线和水深数据,并按照海图中标示的实际测量时间,最终获得 1965、2005 和 2018 年海图水深及等深线数据。

大亚湾内 0 m 等深线基本紧贴岸边,因此将不同年份 2、5、10 和 20 m 等深线进行对比见图 4,可见大亚湾水下各等深线走向基本与岸线平行,呈倒 U 形,由图可知:

1) 大亚湾内 2 m 等深线基本贴岸发育,多年来整体变化不大,局部在荃湾港区和东联港区由于港口建设围填海,导致 2 m 等深线以浅向海推进,其中东联港区所在 2 m 等深线基本消失殆尽。

2) 5 与 2 m 等深线分布形态基本相似,离岸

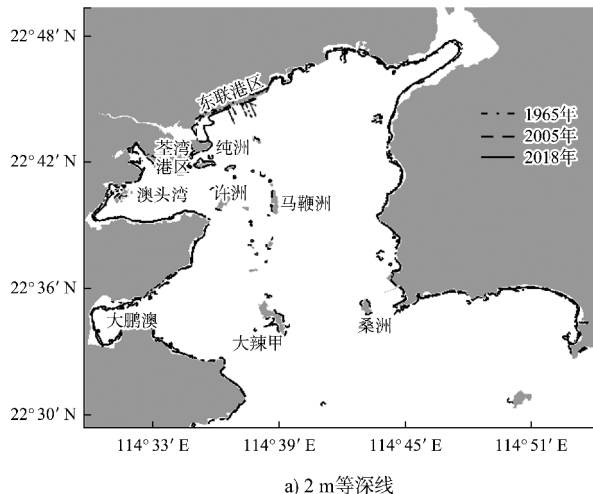
也较近。自 1965 年后变化相对较大的区域集中在北部港口建设区,其中澳头湾内 1965 年 5 m 等深线与湾口不相连,随后由于航道开挖建设,5 m 等深线从许洲西侧向北延伸至荃湾港区、纯洲作业区港池附近;另一处变化较大区域是东联港区,该处原来较为平顺,由于石化码头建设,与岸平行的 5 m 线变得不规则并离岸后退。

3) 10 m 等深线 1965 年时基本发育在大亚湾中部,形态较为规则,随着湾内航道开挖,10 m 等深线沿航道向上延伸,变化较大的区域主要在马鞭洲—东联港区和许洲—荃湾港区,湾内其他区域 10 m 等深线变化较小。

4) 20 m 等深线分布在大亚湾湾口,从大鹏半岛—炮台山基本呈东西方向延伸,受马鞭洲作业区航道开挖的影响,20 m 等深线从湾口基本沿航道向上延伸至作业区港池。

5) 20 世纪 80 年代以来,大亚湾内岸线变迁主要由港口建设、填海造陆及养殖等人类活动引起,且这些岸线开发集中在大亚湾顶的西岸和北岸;湾内东西两侧多为砂质海岸,作为旅游用途受保护较多,近年来的岸线变迁相对较小;湾中部小型岛屿仅以马鞭洲和纯洲作为港口开发,岸线变化较大。

整体来看,大亚湾内沿岸 2 m 等深线变化不大,由于港口航道开发建设,5 和 10 m 等深线变化较大,荃湾港区和东联作业区前沿 10 m 等深线呈现由航道向港区前沿推进的态势。



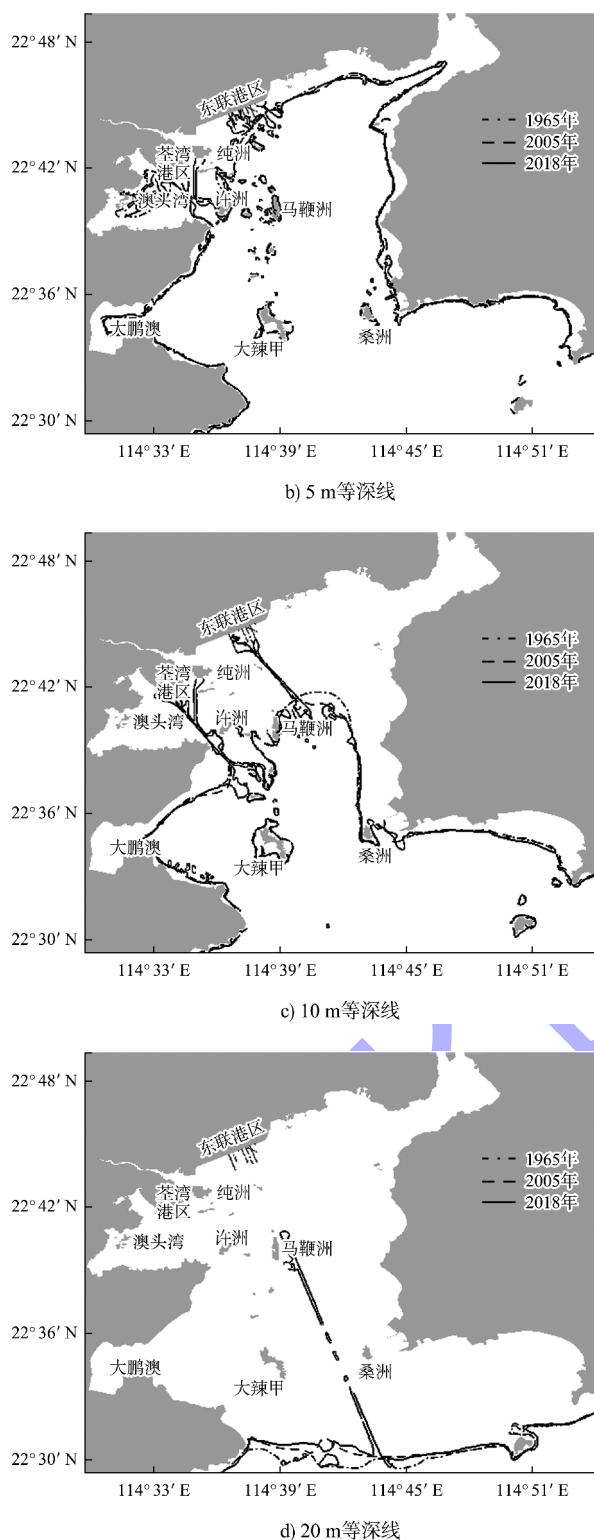


图4 大亚湾海域不同年份2、5、10和20 m等深线变化

### 3.2 海床冲淤变化

根据大亚湾1965、2005、2018年海图地形资料进行冲淤对比见图5。

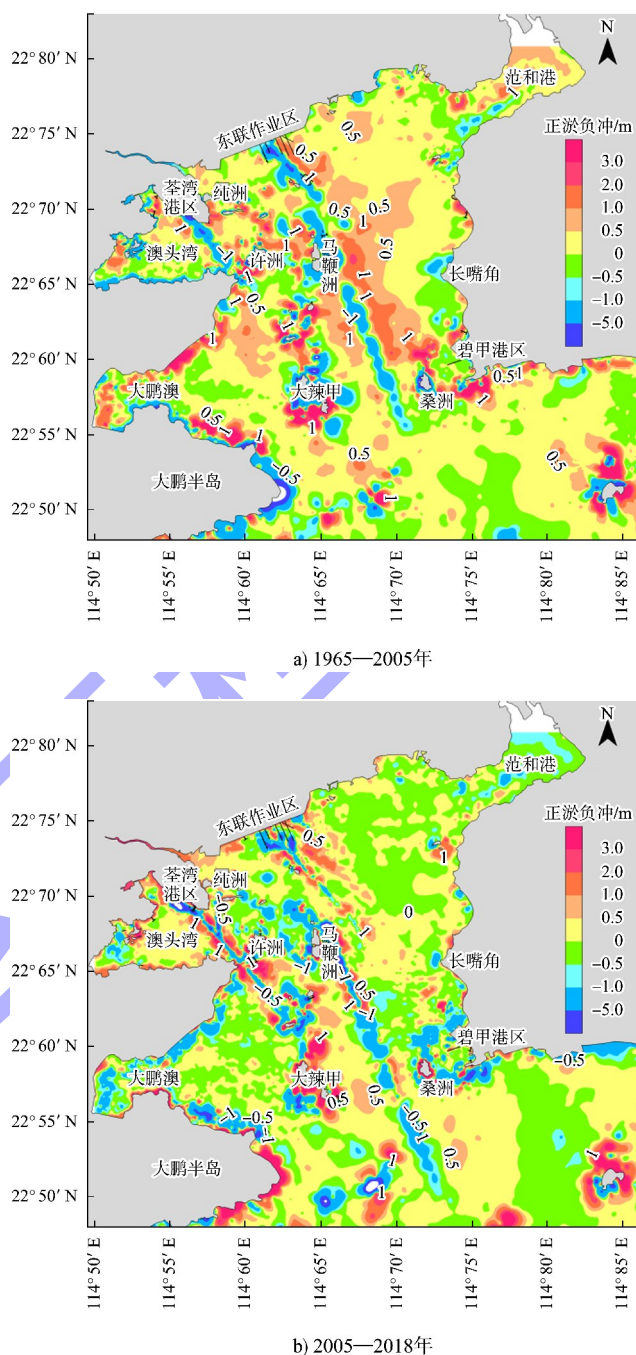


图5 大亚湾内地形冲淤分布

1) 1965—2005年期间,大亚湾内地形冲淤变化幅度多为 $-0.1 \sim 0.1$  m,以弱淤积为主,其淤积速率多小于 $1 \text{ cm/a}$ ,与《中国海湾志》<sup>[9]</sup>的研究结论相同;由于航道疏浚开挖导致进出各港区的航道沿线发生冲刷。湾内岛礁众多、岛礁地形复杂,不同年份测图比尺和精度差异较大造成岛礁地形附近冲淤变化显著。



2) 2005—2018 年期间,大亚湾内有冲有淤,除港池航道沿线地形局部大幅加深外,其余大部分区域冲淤变化相对较小,冲淤幅度为 $-0.5\sim 0.5\text{ m}$ 。在东联作业区东侧和荃湾港区南侧局部区域出现了强淤积区,其淤厚达 $1\sim 3\text{ m}$ 。局部强淤积区主要位于开挖港池和航道附近,因此局部强淤积可能与施工抛泥影响有关。此时期码头航道内普遍淤积还可能与局部围填海影响有关。

3) 根据相关研究成果,湾内荃湾港区、马鞭洲作业区的码头及航道范围内回淤强度不大<sup>[10]</sup>,且主要来自于台风引起的骤淤。

总体来看,大亚湾是华南各港湾中悬沙含量较小的海区之一,潮流及波浪动力较弱。一方面从上游河流带来的泥沙不多,另一方面随潮汐从湾外进入的泥沙也较少,水体悬沙含量较低,湾内自然淤积较小,自然状态下海床长期保持稳定。受湾内港口航道建设、围填海等人类活动的影响,近期湾内部分区域海床地形出现较大幅度的冲淤变化。疏浚开挖后的航道回淤强度较小。

#### 4 结论

1) 大亚湾内岛屿众多,底质多为黏土质粉砂,呈现淤泥质海岸的沉积特点。

2) 大亚湾潮汐类型为不规则半日潮,潮差较小;潮流类型属于不规则半日浅海潮流性质,波流动力较弱,垂线平均最大流速基本在 $0.40\text{ m/s}$ 以内,水体含沙量较低。泥沙来源十分有限,近岸附近滩面就地搬运的少量泥沙为大亚湾海域的主要泥沙来源。

3) 工程海域水清沙少、波流动力不强,自然状态下海床长期保持稳定。近期部分海床地形出现较大幅度的冲淤变化,应主要受港口航道建设、围填海等人类活动的影响。湾内港口航道开发建设以来,港池航道疏浚开挖后航槽稳定,回淤强度较小。

#### 参考文献:

- [1] 武文,严聿晗,宋德海.大亚湾的潮汐动力学研究: I. 潮波系统的观测分析与数值模拟[J]. 热带海洋学报, 2017, 36(3): 34-45.
- [2] 严聿晗,武文,宋德海,等.大亚湾的潮汐动力学研究: II. 潮位和潮流双峰现象的产生机制[J]. 热带海洋学报, 2017, 36(3): 46-54.
- [3] 杨国标. 大亚湾海区潮流运动特征[J]. 人民珠江, 2001(1): 30-32.
- [4] 孙振宇,陈照章,杨龙奇,等. 大亚湾及周边海区潮流和余流的季节变化特征[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2020, 59(2): 278-286.
- [5] 谢华亮,杨春松,韩志远,等. 湛江湾外深水航道淤积特征及原因分析[J]. 水道港口, 2023, 44(1): 47-52.
- [6] 邹宏华,韩志远,谢华亮. 岱山北侧海域水沙环境及海岸演变[J]. 水道港口, 2022, 43(4): 444-449.
- [7] 严冰,韩志远,赵张益,等. 盘锦港深水航道水沙环境特征分析[J]. 水运工程, 2020(7): 123-131, 139.
- [8] 于杰,杜飞雁,陈国宝,等. 基于遥感技术的大亚湾海岸线的变迁研究[J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(4): 512-516.
- [9] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第9分册[M]. 北京: 海洋出版社, 1998.
- [10] 厦门大学. 惠州港荃湾港区进港航道等级提升工程海域论证报告书[R]. 厦门: 厦门大学, 2022.

(本文编辑 赵娟)

#### 著作权授权声明

本刊已许可《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司、北京万方数据股份有限公司、重庆维普资讯有限公司、北京世纪超星信息技术发展有限责任公司以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含上述公司著作权使用费,所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

《水运工程》编辑部