

# 广东大亚湾海洋地质环境与潜在地质灾害

李学杰<sup>1,2</sup> 冯志强<sup>3</sup> 林进清<sup>1</sup> 夏真<sup>1</sup> 梁开<sup>1</sup>

(1.广州海洋地质调查局海洋环境与工程地质调查所,广东 广州 510760;

2.同济大学海洋地质重点实验室,上海 200092;3.广州海洋地质调查局,广东 广州 510075)

**提要:**大亚湾是国家重点开发的海湾,通过对其大量实测资料的综合分析和研究表明,大亚湾有9种底质类型,除沿岸及岛屿周围颗粒较粗外,湾内浅海区主要为粘土质粉砂和粉砂质粘土,工程地质条件较好。大亚湾目前底质总体污染较小,以轻微污染为主,但湾内水体交换能力差,污染易而治理难,应倍加保护。大亚湾潜在地质灾害包括活动性地质灾害因素和限制性地质条件,主要有海岸侵蚀、沙波、断层、不规则埋藏基岩、埋藏脊、航道沟、异常堆积区和陡坎等。

**关键词:**大亚湾;海洋地质环境;地质灾害

中图分类号:P736.21+3 文献标识码:A 文章编号:1000-3657(2002)03-0322-04

大亚湾是正在开发的大型海湾,面积约500 km<sup>2</sup>,不仅是华南最重要的核电基地和旅游风景区,而且即将成为我国南方最重要的石化城,因此这里的自然环境条件以及大项目的实施对环境可能产生的影响,受到了当地政府和社会的极大关注。

在南海北部海域进行大面积的区域性地质环境调查与评价始于20世纪80年代<sup>[1]</sup>,而对于广东海岸带小比例尺的调查以及大亚湾区的海洋环境研究及监测虽开展的较早<sup>[2-9]</sup>,但迄今尚未对珠江三角洲外海域作系统的大中比例尺调查评价。

1998~1999年,广州海洋地质调查局以大亚湾为试点对该区从空中、水体到海底100 m以内进行综合探测,项目包括多时相遥感、海洋水文、海水化学、综合物探(测深、旁侧声纳、浅地层剖面和单道地震)、地质取样、钻探、静力触探和实验分析。共完成709 km的综合物探、100个站位地质取样、49个站位的海水取样、2口钻孔和2口静力触探。通过对大量实测资料的综合分析,本文就大亚湾海洋地质环境与潜在的地质灾害类型及分布进行综合分析。

## 1 底质类型与分布规律

经调查取样,大亚湾底质有粗砂、中粗砂、细砂、

砂、砂-粉砂-粘土、粉砂、粘土质砂、粘土质粉砂、粉砂质粘土等9种类型。(1)粗砂:粗砂组分含量超60%,中细砂和砾石组分含量均小于20%,粉砂和粘土组分含量极少,中值粒径0.74 mm,分选性很好,颗粒磨圆度好,分布于大星山岬角冲蚀区(图1)。(2)中粗砂:中砂和粗砂组分含量大于85%,细砂组分约10%,粉砂组分极少,中值粒径0.47~0.56 mm,标准偏差0.85,分选中等,主要分布于咸台港和大星山东南的前滨和沿岸区。(3)细砂:细砂组分含量大于90%,粉砂及粘土组分含量少于10%,部分样品含少量砾石。中值粒径0.09~0.18 mm,分选性好,分布于砂厂的前滨至咸台港的前滨。(4)砂:砂组分含量达85%以上,粉砂组分含量小于10%,少量砾,基本不含粘土,中值粒径0.22 mm,主要分布于澳头港大石坑的前滨。(5)砂-粉砂-粘土:砂、粉砂、粘土组分含量均大于20%,中值粒径0.02~0.006 mm,广泛分布于大亚湾内沿岸区及中央列岛附近海域。(6)粉砂:粉砂组分含量平均在85%以上,砂和粘土组分含量分别小于15%和小于5%。中值粒径在0.016 mm左右,分选性好,分布于大鹏半岛东侧沿岸。(7)粘土质砂:砂组分含量53%、粘土组分含量24%、粉砂组分含量21%、砾少量,中值粒径0.07 mm,分选很差,分布于大星山西侧

收稿日期:2002-01-04;改回日期:2002-04-24

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(G2000078501)和国家自然科学基金项目(49874042)联合资助。

作者简介:李学杰,男,1964年生,在职博士生,高级工程师,主要从事海洋地质与第四纪地质调查与研究工作。

浅海区。(8)粘土质粉砂:以粉砂为主,含量41%~62%,粘土26%~46%,砂5%~20%,中值粒径0.02~0.008 mm,分选很差,广泛分布于湾内南部海区。(9)粉砂质粘土:以粘土为主,含量41%~58%,粉砂36%~45%,砂4%~16%,砾0~3%,中值粒径0.003~0.006 mm,分选很差,分布于湾内北部及西北部海区。从沉积物分布来看,大星山岬角区粒度最粗,为粗砂至中-粗砂;平海湾至黄毛海东侧以及大鹏澳为砂质沉积物,以中-细砂为主;湾内周围滨海以及中央列岛周围主要为砂-粉砂-粘土。湾内浅海区大致以北东向分界,外部为粘土质粉砂,内部为粉砂质粘土(图1)。

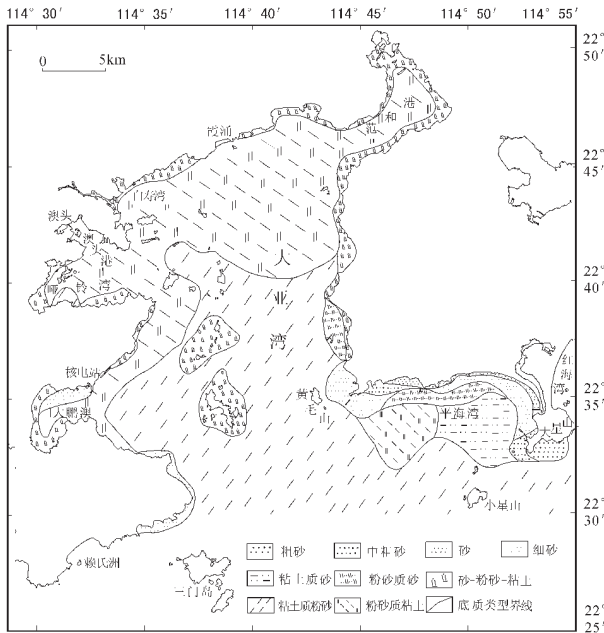


图1 大亚湾底质图

Fig.1 Substrate distribution in the Daya Bay

## 2 底质污染现状

底质有害物质分析项有:有机质及Hg、As、Cd、Cu、Pb、Cr、Zn等7种重金属元素,其中有机质采用容量法,Hg、As、Cd、Zn采用原子吸收,Cu、Pb、Cr采用光谱定量分析。

### 2.1 底质有害物质分布特征

有机碳含量为0.22%~1.67%,平均1.02%。东部黄毛山、平海湾—小星山附近海域有机碳含量较低,在0.8%以下,湾内的其余海域大多超过0.8%。Hg含量为 $0.03 \times 10^{-6}$ ~ $0.12 \times 10^{-6}$ ,总体上西部海域含量较低,而东部海域含量较高。As含量为 $0.89 \times 10^{-6}$ ~ $14.83 \times$

$10^{-6}$ ,总体分布特征为中央列岛附近含量最低,向东西两侧增大,其中哑铃湾澳头港含量最高,西侧由范和港至巽寮港、平海湾沿岸含量较高。Cd含量为 $0.12 \times 10^{-6}$ ~ $0.89 \times 10^{-6}$ ,其中湾顶澳头港往东南至了哥角一带、霞涌附近以及湾口咸台港南部含量较高。Zn含量为 $20 \times 10^{-6}$ ~ $210 \times 10^{-6}$ ,总体含量由湾口向湾顶含量增大,其中范和港含量最高。Cu含量较低,为 $4.6 \times 10^{-6}$ ~ $18.7 \times 10^{-6}$ ,其中坪峙洲南部海域含量较高。Pb含量为 $20.7 \times 10^{-6}$ ~ $56.3 \times 10^{-6}$ ,范和港含量最高,由港内向港口含量下降,坪峙洲西南含量最低,马鞭洲—大辣甲及平海湾含量较高,大鹏澳含量较低。Cr含量为 $49.4 \times 10^{-6}$ ~ $189.8 \times 10^{-6}$ ,平海湾和大鹏澳为高含量区。

### 2.2 底质污染评述

对海底沉积物的环境质量采用单因子污染指数和综合污染指数法进行评价。单因子污染评价表明,有机质、Hg和As的污染指数均小于1,全区未受这3个因子污染,Cd、Cu、Pb、Cr、Zn的污染指数部分大于1,本区不同程度地受这些重金属污染,其中Pb超标率最大,为93.5%,最大指数为2.25,属中等污染。

综合污染指数为1.32~1.93,表明全区底质都受到轻污染,总体来看,湾内比湾口高,其中范和港最高(图2),其次是哑铃湾及中部的中央列岛附近和湾口的局部海域,咸台港附近低。

## 3 潜在地质灾害类型与分布特征

潜在地质灾害包括两大类:活动性地质灾害因素和限制性地质条件,其中活动性地质灾害因素包括:海岸侵蚀、沙波和断层,限制性地质灾害因素包括:不规则起伏的埋藏基岩、埋藏脊、航道沟、异常堆积区、陡坎等。

(1)海岸侵蚀。对1973~1997年间4时相的卫星遥感研究表明,海岸线变化较大的是北部地区,尤其是澳头港、惠州港、大鹏澳和石桥港等地。其中,石桥港在1973~1986年由于人工填海等原因,向海延伸宽度最大达650 m,而在1986~1995年间同一地区最大侵蚀达400 m。东西两岸以基岩海岸和砂砾质海岸为主,变化较小,尤其是东岸。但受海水侵蚀,海蚀崖、海蚀洞发育。

(2)沙波。沙波的活动有可能对海上工程造成直接影响。本区发现一处沙波,位于大星山南面(图3),面积约5.5 km<sup>2</sup>。沙波波长1.2~1.8 m,波高小于0.5 m,属微型沙波。取样资料揭示,该沙波以中、粗砂为主。

(3)断层。本区陆地受粤东莲花山断裂控制,NE、NW及SN向3组断裂交错发育。但从湾内地震剖面来看,晚第四纪以来这些断裂尚无活动迹象。湾口南侧的剖面证实近岸断裂带的存在(图3)。该断裂带延至广东海岸线外,是南海北部出现地震的重要因素。在大亚湾口南侧的2条剖面上均见其踪迹,断面倾向南,断距约15m,属正断层性质。设计通过湾口南侧的输油管道和排污管时,应予以重视。

(4)不规则起伏的埋藏基岩。基岩面的不规则起伏,会产生承载力差异。故对于插桩、输油管线铺设等海上工程,应尽量避开或在设计上采取预防措施。

该区不规则埋藏基岩主要分布在水深6~10m以浅的东、西两岸的近岸区域和中央列岛区,在湾口及大星山附近也有零星分布(图3),总面积约为150km<sup>2</sup>。不规则埋藏基岩面埋深一般为16~25m,起伏在8m以上,局部地方出露海底成为暗礁。在湾口处,自北往南沿大产排、灯火排、三排和四排发育有不规则埋藏基岩区。该基岩区长约6.2km,宽800m左右,面积5km<sup>2</sup>,整体走向为NE。埋藏基岩面起伏最大的是东部黄毛山以北的区域,最大起伏达50m。

(5)埋藏脊。该区发现两条NNE走向的埋藏脊(图3)。埋藏脊1位于小鹅洲西北面,长约2.5km,宽400m,面积1km<sup>2</sup>,厚度4m,顶部离海底最小距离为1m。埋藏脊2位于鹅洲和鸡心岛间,长约3.2km,宽500m,面积1.6km<sup>2</sup>,厚度5m,顶部离海底最小距离为1.5m。这两条埋藏脊都发育在单道地震层B的上部,应属上更新统,从反射形态和内部反射特征分析,埋藏脊的沉积物应为砂质沉积,可能是古沙堤。

(6)航道沟。本区有两条航道:分别位于啞铃湾内和中央列岛东面(图3)。航道1:从虎头门到澳头港,长约7km,宽约300m,NW—SE走向,其水深比两侧的大5~7m,航道两侧坡度较大。航道2:从黄毛山和大辣甲间一直延至马鞭洲,长约11.5km,宽约300m,走向NNW,航道内水深

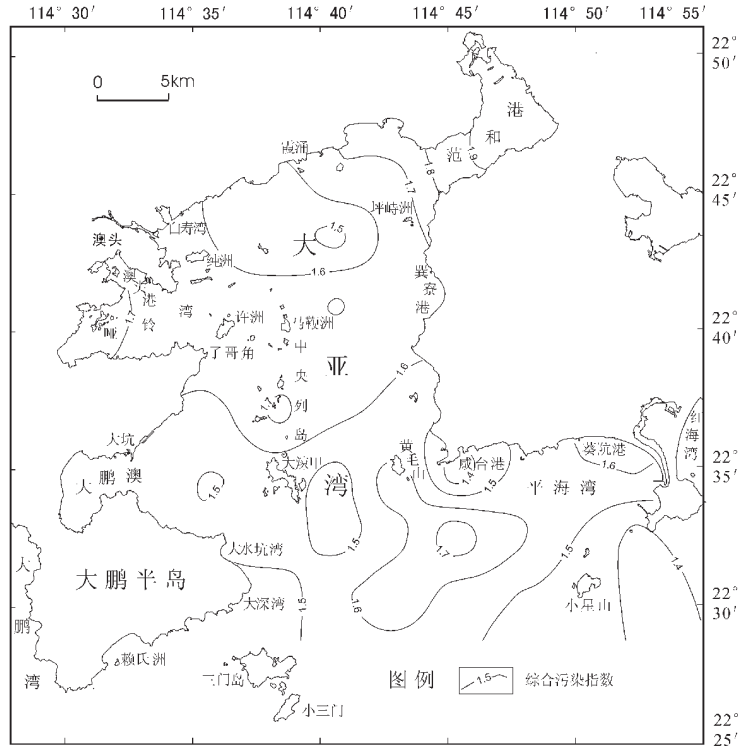


图2 大亚湾底质污染综合评价图

Fig. 2 Integrated evaluation of the pollution of the substrate of the Daya Bay

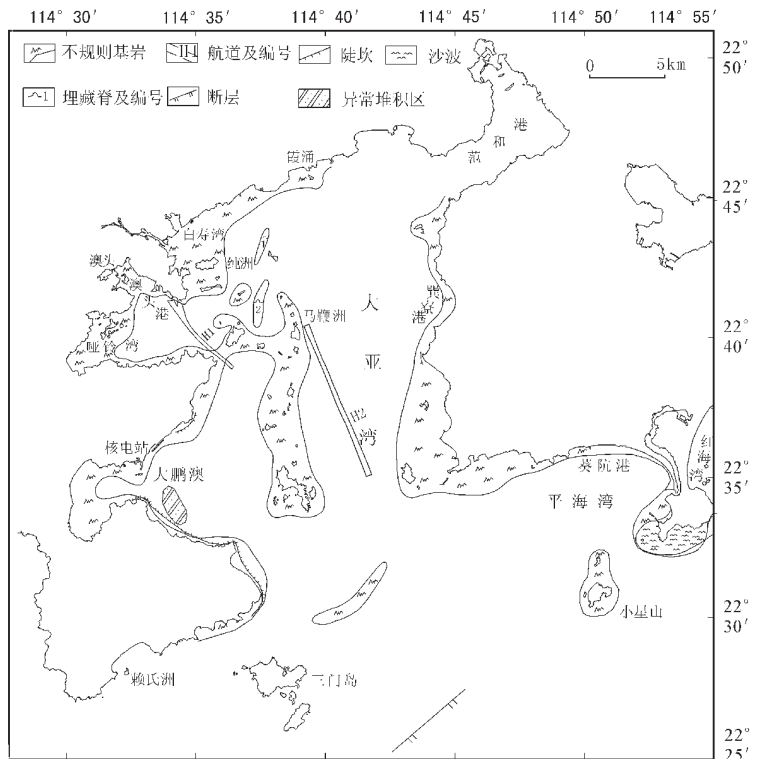


图3 大亚湾潜在地质灾害因素分布图

Fig. 3 Distribution of potential geohazards factors in the Daya Bay

比两侧的大 4~6 m。

(7) 异常堆积区。本区发现一异常堆积区(图 3), 位于大鹏澳内, 核电站南面, 面积约 2 km<sup>2</sup>。旁侧声纳图像上揭示该异常区具凹凸地的特征, 但在浅层剖面和单道地震反射剖面上仅见有高于海底几十厘米的小凸起, 其下反射层未见类似浅层气屏蔽等异常现象, 排除了浅层气成因的可能性, 可能是一些抛掷物(如石块等)沉于海底所致。近年来考古在本区发现类似于沉没古城墙状的“水下长城”, 故该异常堆积值得进一步勘查。

(8) 陡坎。中央列岛所有岛屿水下都发育有陡坎, 在大鹏澳南北两岸和大亚湾东岸的岬角处也是岸边水下陡坎发育的区域(图 3)。岸边水下陡坎的发育受控于沿岸地形, 陡坎高度和坡度变化较大。

结论:(1) 大亚湾底质类型有粗砂、中粗砂、细砂、砂、砂-粉砂-粘土、粉砂、粘土质砂、粘土质粉砂、粉砂质粘土等 9 种, 除沿岸及岛屿周围颗粒较粗外, 湾内浅海区主要为粘土质粉砂和粉砂质粘土。

(2) 大亚湾目前底质总体污染较小, 未受有机质、Hg 和 As 的污染; 但受 Cd、Cu、Pb、Cr、Zn 不同程度的轻微污染。(3) 大亚湾潜在地质灾害因素较少, 有活动性地质灾害因素和限制性地质条件, 主要包括海岸侵蚀、沙波、断层、不规则埋藏基岩、埋藏脊、航道沟、

异常堆积区和陡坎等, 在工程规划和施工中应注意。(4) 大亚湾目前的环境条件较好, 山清水碧, 污染较少。但由于它属半封闭海湾, 且潮差很小, 湾内的水体交换能力很差, 因此污染易而治理难, 必须采取严格的环保措施。大亚湾又处在南海北部地震带的影响范围内, 对于永久性的海岸及海上构筑物, 应考虑潜在的活动性地质灾害因素的影响。

#### 参考文献:

- [1] 冯志强, 冯文科, 薛万俊, 等. 南海北部地质灾害及海底工程地质条件评价[M]. 南京: 河海大学出版社, 1996.
- [2] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志, 第九分册(广东东部湾)[M]. 北京: 中国海洋出版社, 1998. 221~298.
- [3] 徐国旋, 范信平, 林幸青, 等. 大亚湾海岛资源综合调查报告[M]. 广州: 广东科技出版社, 1993. 1~208.
- [4] 罗章仁, 应秩甫, 杨干然, 等. 华南港湾[M]. 广东: 中山大学出版社, 1992. 1~237.
- [5] 李祥云, 陈虹勋, 李传荣, 等. 大亚湾悬浮物和底质中主要矿物的分布特征[J]. 热带海洋, 1989, 8(1): 34~36.
- [6] 郑庆华, 梁自强, 何悦强, 等. 大亚湾表层沉积物中污染物质的地球化学行为研究[J]. 热带海洋, 1992, 11(2): 65~71.
- [7] 南沙海域环境质量研究专题组. 南沙群岛激起邻近海域环境质量研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1996. 13~71.
- [8] 邱礼生. 珠江口海区表层沉积物重金属的分布模式[J]. 海洋学报, 1989, 8(1): 36~43.
- [9] 甘居利, 林钦, 贾晓平, 等. 红海湾底质重金属分布与背景值探讨[J]. 热带海洋, 1999, 18(2): 64~71.

## Marine geological environment and potential geohazards in the Daya Bay off the Guangdong coast

LI Xue-jie<sup>1, 2</sup>, FENG Zhi-qiang<sup>3</sup>, LIN Jin-qing<sup>1</sup>, XIA Zhen<sup>1</sup>, LIANG Kai<sup>1</sup>

(1. Institute of Marine Environmental and Engineering Geology, Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, Guangdong, China

2. Lab of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

3. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510075, Guangdong, China)

**Abstract:** Integrated analysis and study of voluminous geophysical, geological and drilling data suggest that there are nine types of substrate on the sea bottom of the Daya Bay off the Guangdong coast. Except along the coast and around the islands where the grains of the substrate are coarser, the substrate in the shallow-sea area consists dominantly of clayed silt and silty clay, which has good engineering geological conditions. On the whole, the substrate in the bay is only slightly polluted at present, but because of the poor exchange capacity of waters in the bay, the substrate is easy to pollute and difficult to control; so efforts should be made to protect it. The potential geohazards in the bay include active factors, such as coastal erosion, sand waves and faults, and restricted geological conditions, such as irregular buried bedrocks, buried sedimentary ridges, sea-route gullies, abnormal accumulation areas and steep slopes.

**Key words:** Daya Bay; marine geological environment; geohazard