

大鹏湾海洋地质环境与地质灾害综合分析

夏 真 郑志昌 林进清

(国土资源部广州海洋地质调查局, 广东 广州, 510760)

摘要:广州海洋地质调查局在大鹏湾深圳海域开展了海洋地质环境与地质灾害综合调查研究。笔者根据调查所取得的海水化学、海底表层沉积物和海底工程地质条件(包括潜在地质灾害)等方面的资料,结合实测的海底地形地貌背景,对大鹏湾海域的海洋地质环境进行了单因子评价和多因子综合评价,认为大鹏湾的海洋地质环境总体呈良好状况,并对大鹏湾的海洋开发工程建设提出了有益建议。

关键词:大鹏湾;海洋地质环境;地质灾害;单因子评价;多因子综合评价

中图分类号:P534.63 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2005)01-0148-07

大鹏湾一湾两地,海域水连深圳和香港,是著名的旅游胜地和海洋水产养殖区。沿岸开发建设频繁,工业区、港口码头、农业种养、围海造田、水产捕捞等虽然产生了极大的经济效益,但也给海洋环境带来很大压力。

沿海地区是海洋和大陆交互作用地带,自然灾害种类多、频率高、破坏严重。海平面上升、地面沉降、海水倒灌、河道淤积、地基不稳、海岸侵蚀、滑坡塌陷、土地盐渍化、地下水水质变差以及断层迭错、地震不断等地质灾害和相关的自然灾害,将严重危及沿海经济的可持续发展。

2001年,广州海洋地质调查局在中国地质调查局支持下,为满足沿海地区经济建设规划需要,在深圳大鹏湾海域自岸线至 20 m 水深范围内开展了“1:10 万大鹏湾近岸海洋地质环境与地质灾害调查”研究^[1](图 1)。该研究主要从区域的海水环境、沉积物特征和工程地质条件等方面入手,综合分析大鹏湾的海洋地质环境,可为沿海的经济开发与可持续发展提供科学依据,成果可供香港地区利用,具有较大的经济意义和社会意义。

1 研究方法

1.1 技术路线及工作部署

1.1.1 技术路线

根据广州海洋地质调查局在这一领域中的实践经验、特长和任务要求,构思本项目的技术路线为:以大鹏湾海底沉积物为本体,以大气、海水和人类活动等外力作用为条件,以

地球表层动力作用为系统,内外因结合、海陆结合、深浅结合、现今环境与古环境结合、实际调查与资料收集结合、调查与研究结合,进行多手段、多方位、多精度从空中到海面,从海水到海底以下 100 m 的立体调查与研究。

采用了综合的调查研究技术方法,包括卫星遥感技术、差分 GPS 导航定位技术、海水取样及海流观测技术、综合地球物理调查技术、海底取样、钻探及原位测试技术、实验分析技术和 GIS 与计算机成图技术,对大鹏湾进行包括近岸海洋地质环境与海岸保护、海水化学环境与水污染、海洋水动力特征、晚更新世以来的地质环境演变、新构造活动与潜在地质灾害分布、海底工程地质环境评价及防灾多方面的调查研究。在此基础上,对调查区海洋地质环境、潜在地质灾害和海底工程地质条件进行综合评价。

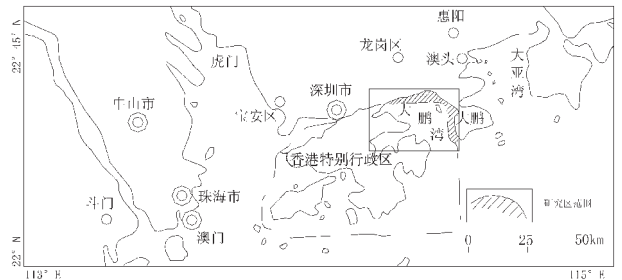


图 1 研究区位置示意图

Fig.1 Diagrammatic sketch of the work area location

收稿日期:2004-05-14;改回日期:2004-10-25

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(GZH2001003)资助。

作者简介:夏真,男,1963年生,硕士,高级工程师,从事海洋地质与海洋环境地质调查研究;E-mail:xiashen@hydzy.cn。

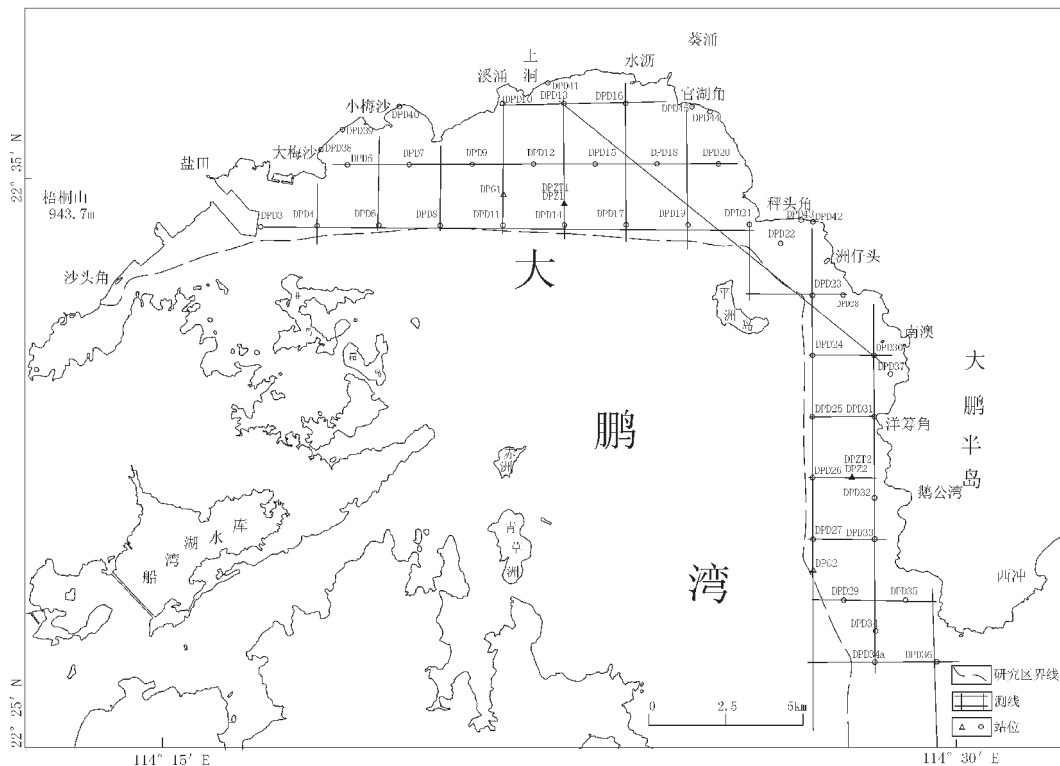


图 2 大鹏湾海洋地质环境调查工作图

Fig.2 Work map of marine geological environmental survey in the Dapeng Bay

1.1.2 工作部署原则及工作量

(1)多层次结合:利用上述勘查技术方法,部署从空中到海面、海水及海底表层和海底地层的多层次立体空间调查。

(2)点线面结合:按一定的密度间距,设立海水及地质取样点、钻探、海流观测站和物探测线(图 2),结合多时相遥感图像全面调查分析区内海洋地质环境。

(3)海陆结合:在遥感解译过程中,结合沿海陆地踏勘,提高解译质量;并对潮间带设点进行地质取样观测,分析其动力沉积作用。

海上资料采集时间为 2001 年 7-8 月,完成的工作量见表 1。

1.2 调查成果

1.2.1 海底地形地貌

大鹏湾海底地形地貌的调查研究主要使用测深仪和旁侧声呐扫描仪先行测量,进行资料处理后,得到海底地形地貌图(图 3),进而分析其特征。大鹏湾水深范围为 0~23 m,大部分水深达 16 m,是一个深水湾,水深线大致平行于海岸线分布;海底地形在 EW 方向呈平缓的 U 型槽,SN 方向则为三级水下平台(水深 16 m、18 m 和 22 m)。查明的海底地貌类型主要有航道沟、岸坡、陡坎、岩礁、沙波、沙坝、凹凸地等,相对简单。

1.2.2 水文化学特征

大鹏湾水文化学特征的研究主要采用海流剖面测量和

定点测量、海水样品分析及遥感图像解译反演。

大鹏湾水动力较弱,湾外流速比湾内强,潮流以旋转流为主,带有往复流性质,旋转方向多为顺时针。湾内余流比湾口小,表层余流具漂流性质,底层流则有补偿流性质。表层水温高于底层,湾内水温高于湾口。盐度冬半年略高于夏半年,由湾顶向湾外递增。海水悬浮物底层含量高于表层,由湾口→湾内→湾顶呈递减趋势,说明大鹏湾的泥沙主要由外海而来。

通过分析海水样品^[1],认为已测定的多项水质因子(溶解氧、pH 值、硫化物、生物需氧量、铜、铅、汞和六价铬等)在各站层不能完全达到《中华人民共和国海水水质标准》中的一类海水水质标准,达标率及等级评价见表 2。

1.2.3 潜在地质灾害类型

潜在地质灾害类型的研究主要利用综合物探资料(测深、旁侧声呐扫描、浅层剖面 and 单道地震)进行解释分析。

大鹏湾查明的潜在地质灾害类型有沙波、沙坝、海岸侵蚀、埋藏古河道、陡坎、不规则基岩、航道沟和凹凸地等,规模均较小。根据广州海洋地质调查局在香港附近海域和大亚湾海域开展调查研究的资料,显示有海底断层存在。此次调查受海域管辖限制(香港海域不能进入),所以应进一步深入调查,以确定断层的存在与否。

受台风风暴潮影响,大鹏湾海岸遭受侵蚀,但人为作用对海岸的影响远大于自然因素的影响。在研究中收集了多时

表 1 完成工作量
Table 1 Work amount completed

调查分析项目		完成工作量
取 样 及 观 测 方 法	综合物探 (测深、旁侧声呐、浅层剖面、单道地震)	169.96 km
	地质取样 (站位)	43 个
	海水取样 (站位)	23 个
	现场分析水样	42 件
	温盐深测量 (站位)	21 个
	走航式海流测量	30.78 km
	遥感实地踏勘	1300 km ²
	海流定点观测 (站位)	2 个
	钻探、静力触探	各 2 口
	扭力十字板和袖珍贯入试验	40 组
海 水 样 品 分 析 (件)	温度、盐度	42
	溶解氧、pH、Eh、悬浮物、硫化物	44
	Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、As	42
	硝酸氮、亚硝酸氮、氨氮、叶绿素	42
	生化需氧量、化学需氧量、活性磷酸盐	42
	石油、挥发性酚	11
沉 积 物 样 品 分 析 (件)	碎屑矿物鉴定	37
	粒度分析	85
	有孔虫鉴定	70
	孢粉鉴定	46
	微量元素分析	81
	As、Hg、Cd、有机质	19
	Cu、Pb、Zn、Cr	71
	Cr、Zr、Co、Ni、Sr、Ba、Ga	54
	¹⁴ C 测年	5
	天然含水量	112
	土粒比重	97
	天然密度	90
	颗粒分析	112
	液、塑限	55
	固结试验	47
	三轴抗剪强度试验	40
直接剪切试验	101	
三轴压缩试验	52	

相遥感资料, 主要为 1973 年 10 月 31 日的 MSS 数据、1986 年 12 月 14 日和 1999 年 4 月 6 日的 TM 数据、2001 年 10 月 12 日的 ETM 数据, 分析研究了大鹏湾的海岸变化。结果表明, 1973—2001 年大鹏湾最大的填海面积近 3 km²。

另外, 利用遥感资料, 分析研究了大鹏湾多时相海面温度及单时相海水叶绿素分布特征、悬移质分布特征、海面水流特征和海岸类型特征; 结合实地踏勘和其他资料, 分析了大鹏湾沿岸的污染源分布特征。

1.2.4 沉积物类型及分布特征

大鹏湾海底沉积物的研究主要采用地质取样分析, 并结合物探资料。

分析结果表明, 大鹏湾海水中含沙量较小, 沉积物主要为海域来沙, 季节性小河流在入海口处多形成小型三角洲及滨海平原。海底表层沉积物有: 砾砂、砂、粉砂质砂、砂-粉砂-粘土、粘土质砂、粘土质粉砂、粉砂质粘土共 7 种类型。分布特征为: 滨海多为砂质沉积物; 深水区大致成条带状分布; 自岸往海方向, 内部为砂-粉砂-粘土, 外部为粘土质粉砂或粉砂质粘土。

1.2.5 地震层序

根据浅层剖面和单道地震资料, 结合钻孔地质剖面, 分析大鹏湾的海底地层特征。

浅层地球物理探查资料自上而下确认了 R₀、R₁、R₂ 3 个反射界面, 划分出 3 个地震层序层 A、层 B 和层 C (图 4)。通过与钻探资料对比, 层 A 为全新世浅海相沉积, 厚 0~12.4 m; 层 B 为晚更新世陆相沉积, 局部为海陆交互相沉积, 厚 0~37 m; 层 C 为燕山期花岗岩、白垩纪火山岩、泥盆纪砂岩以及变质岩。

参照测年资料^[1], 大约 7000 a B.P. 以后, 大鹏湾海底成为正常浅海, 出现有孔虫等海相生物, 从有孔虫丰度分布来看, 还有明显的阶段性, 可能是受沉积速率影响, 而不是沉积环境的改变。从钻孔沉积厚度来看, 7000 a B.P. 沉积约 10 m, 平均沉积速率为 0.14 cm/a。

1.2.6 工程地质特性

根据对沉积物样品的土工测试分析^[1], 认为大鹏湾海底表层土在 50 年一遇波浪作用下, 不会发生局部滑移或层间蠕滑现象。除 DPD23 站位的粘土质砂在地震基本裂度 7~8 度时有发生液化的可能, 其余站位在地震基本裂度不超过 8 度时, 不存在液化可能性。

2 海洋地质环境综合评价

2.1 综合评价方法

2.1.1 评价标准与方法

以往的海洋环境评价多以开发建设项目、海洋生物资源为主, 在区域性调查工作中尚未对海洋环境重点因子指标进行系统的综合评价。由于以往的海洋环境地质工作多是调查性的工作, 几乎没有开展过海洋地质环境综合评价, 因而, 笔者对大鹏湾海洋地质环境进行综合评价是一次探索性的工作。

评价无标准可循, 在此参照海洋环境某些因子中已有的标准进行综合评价。海水水质评价标准采用《中华人民共和国海水水质标准》(GB3097—1997), 沉积物评价标准采用《全国海岸带和海洋资源综合调查简明规程》中沉积物污染物质评价标准, 环境评价时结合以上标准, 并采用专家评分法, 对大鹏湾海洋地质环境进行三级评价, 为重点因子评价或一般性分析, 对生态环境保护要求一般。

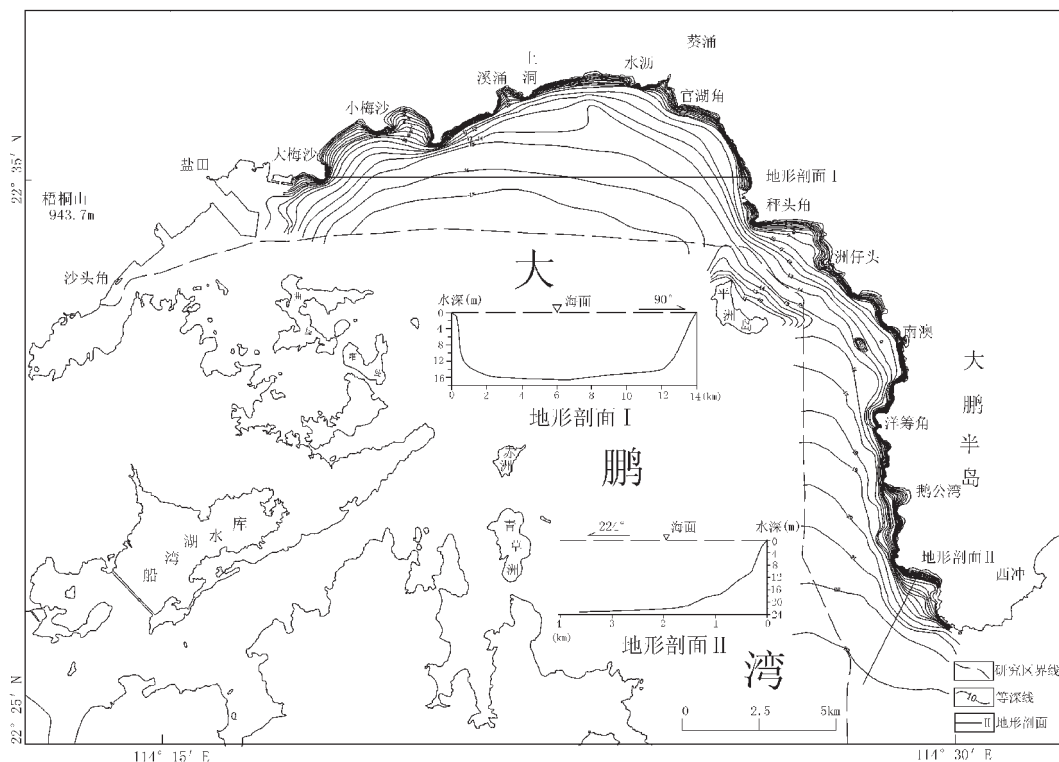


图 3 研究区海底地形图

Fig.3 Submarine topographic map of the work area

表 2 调查区海水因子项综合指数和达标统计

Table 2 Statistics of aggregative indices and rates of standards attained for the seawater factor term quality in the investigation area

项目	表层		底层		平均		等级评价
	综合指数	达标率	综合指数	达标率	综合指数	达标率	
pH 值	1.00	43.0%	0.80	67.0%	0.95	55.0%	中污染级
溶解氧	1.02	38.1%	1.35	10.0%	1.18	24.0%	中污染级
化学需氧量	0.38	100%	0.25	100%	0.32	100%	清洁级
生物需氧量	1.81	4.5%	0.98	42.6%	1.40	23.6%	重污染级
无机氮	0.54	95.2%	0.53	81.0%	0.54	88.1%	清洁级
非离子氨	0.40	100%	0.60	92.0%	0.50	96.0%	清洁级
磷酸盐	0.12	100%	0.13	100%	0.13	100%	清洁级
汞	0.37	83.3%	0.73	81.8%	0.55	82.6%	清洁级
镉	0.07	100%	0.05	100%	0.06	100%	清洁级
铅	0.09	85.7%	0.90	60.0%	0.50	72.9%	清洁级
六价铬	1.20	50.0%	1.36	31.2%	1.28	40.6%	重污染级
砷	<0.09	100%	<0.22	100%	0.00	100.0%	清洁级
铜	0.83	71.4%	1.01	81.8%	0.92	76.6%	轻污染级
锌	0.53	100%	0.65	70.0%	0.59	85.0%	清洁级
硫化物	0.2	92%	0.3	90%	0.25	91%	清洁级
挥发性酚	<0.4	100%	—	100%	<0.4	100%	清洁级
油类	<0.16	100%	—	100%	<0.16	100%	清洁级

注:综合指数为所有站位的同一层海水各因子的综合。

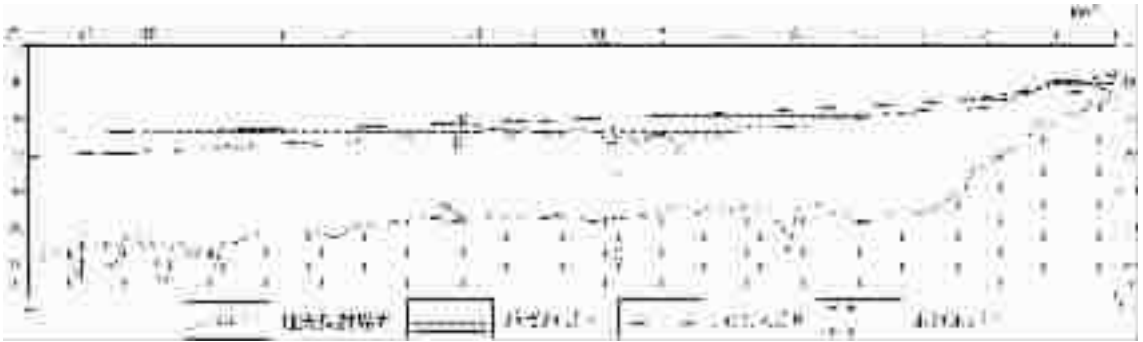


图 4 大鹏湾层序地层图

Fig.4 Sequence stratigraphy in the Dapeng Bay

表 3 表层沉积物有害物质测定结果

Table 3 Analytical results of harmful materials in surface sediments

样品号	Cu/10 ⁻⁶	Pb/10 ⁻⁵	Zn/10 ⁻⁵	Cr/10 ⁻⁵	As/10 ⁻⁵	Cd/10 ⁻⁵	Hg/10 ⁻⁵	有机质/%
DPD 3	5.72	2.44	37.5	101	5.85	0.20	0.012	0.44
DPD 4	10.1	32.2	72.9	86.8	11.8	0.22	0.061	1.83
DPD 7	8.02	9.92	34.6	274	21.9	0.18	0.018	4.63
DPD10	3.38	21.9	14.2	106	7.94	0.02	0.012	0.29
DPD22	3.07	1.70	5.43	92.1	3.66	0.24	0.014	0.10
DPD28	0.10	2.14	6.73	81.8	3.09	0.34	0.012	0.11
DPD30	7.52	20.7	48.5	117	7.82	0.26	0.053	0.82
DPD31	6.22	14.5	47.4	90.6	5.98	0.42	0.037	0.70
DPD32	4.71	11.6	41.9	117	11.4	0.32	0.030	0.91
DPD33	3.90	3.51	31.3	65.4	5.85	0.12	0.014	0.46
DPD35	5.52	12.3	41.6	64.0	5.77	0.22	0.025	0.46
DPD38	2.33	6.98	8.13	51.0	3.26	0.26	—	0.14
DPD39	1.54	8.01	11.8	49.2	3.34	0.24	—	0.014
DPD40	1.61	8.42	5.93	58.4	3.41	0.20	—	0.054
DPD41	2.02	5.76	7.33	57.2	3.17	0.18	—	0.027
DPD42	2.50	—	4.13	64.2	2.74	0.20	—	0.027
DPD43	13.6	0.48	6.23	60.3	3.66	0.24	—	—
DPD44	15.2	3.60	15.2	41.8	3.19	0.12	0.014	0.11
DPD45	5.92	3.67	14.7	56.7	3.79	0.04	—	0.082
评价标准	30	25	80	100	15	0.5	0.2	3.4

按照生态环境影响评价方法,选定一些影响海洋地质环境的因子,通过专家评分,采用列表清单法和综合指数计算的方法对大鹏湾的海洋地质环境进行半定量和定量评价。

2.1.2 评价因子

海洋地质环境综合评价主要从 3 方面进行:海水有害因子、表层沉积物有害因子和工程地质条件。

2.2 综合评价

2.2.1 单因子评价

(1)海水有害因子。海水有害因子主要分析了海水中的物理化学因子,并对海水水质进行了等级评价,各因子综合指数分析结果见表 2。

(2)表层沉积物有害因子。表层沉积物有害因子主要分析海底沉积物的有机物和有害重金属元素(汞、镉、铅、铬、砷、

铜和锌等)(表 3)。

(3)工程地质条件。工程地质条件分析了海底地形地貌、潜在地质灾害因素及其对工程的影响,主要从海洋环境因素、土的工程地质特性和海底不稳定性 3 方面进行海底工程地质条件评价。

大鹏湾海底地形有东高西低的特点,西岸泥沙来源比东岸少。由于波浪多为 E—SE 方向,西岸的波能较强,浪蚀作用也较强,海岸有侵蚀现象。

根据测试结果^[4],海底表层土为含水量高、孔隙比大、压缩性大、强度低的软土,随深度增加,含水量、孔隙比、压缩系数减小,强度增大。

海底表层土在 50 年一遇作用下,不会发生局部滑移或层间蠕滑现象。除 DPD23 站位的粘土质砂在地震基本裂度 7~8 度时有发生液化的可能性,其余站位的粘土质砂、粉土在地震基本裂度不超过 8 度时,不存在液化可能性。

2.2.2 多因子综合评价

(1)列表清单法。列表清单法是一种定性分析方法,简单明了,针对性强。基本做法是:

将反映海洋地质环境特征的因子分别列在同一表格内,采用专家评分法,逐项进行分析。评价设定 4 个等级:A 级为优,表示环境状况极好,各评价因子对环境的影响极小;B 级为良,表示各评价因子对环境影响较小,没有超过标准;C 级一般,表示各评价因子对环境有一定的影响,超标较小;D 级为差,表示各评价因子超标较大,对环境影响较大。各项因子的具体评级标准如下:

①海水有害因子分析:以一类海水为标准,A 表示有害因子含量很低,实测含量与标准的比值小于 0.5;B 表示因子含量略高,比值为 0.5~0.9;C 表示因子含量达到标准,比值为 0.9~1.0;D 表示因子含量超过标准,比值大于 1.0。

②表层沉积物有害因子评价:A 表示因子含量很低,实测含量与标准的比值小于 0.5;B 表示因子含量略高,接近标

表 4 大鹏湾海洋地质环境因子评价

Table 4 Factorial evaluation of the marine geological environment in the Dapeng Bay

环境因子	海水有害因子											表层沉积物有害因子							工程地质条件	
	化学需氧量	生物需氧量	汞	镉	铅	六价铬	砷	铜	锌	硫化物	油类	汞	镉	铅	铬	砷	铜	锌		有机物
评价	B	D	B	B	B	D	A	C	B	B	A	A	A	A	C	B	A	A	B	B

准, 比值为 0.5~1.0; C 表示因子含量达到或超过标准, 比值为 1.0~1.5; D 表示因子含量超过标准较多, 比值大于 1.5。

③工程地质条件对环境的影响主要考虑其对工程的危害性或不利因素, 大鹏湾沿岸的地形坡度较大, 尤其是岬角陡岸, 对工程建设有不利影响; 其潜在的地质灾害因素主要有沙波、陡坎、不规则基岩和凹地等, 虽然较小, 但也是影响地质环境的因子, 综合考虑认为大鹏湾工程地质条件的评价为 B 级。

由表 4 可知, 影响大鹏湾海洋地质环境三大类因素综合分析评价的结果: A 级为 7 项, B 级为 9 项, C 级为 2 项, D 级为 2 项, 以 B 级为主。故大鹏湾海洋地质环境质量较好, 主要为良好—优秀, 对各大类影响因素的综合评价结果为 B 级。

(2)综合指数法。综合指数法是建设项目环境影响评价中规定的评价方法, 其特点是简单扼要, 符合人们所熟悉的环境污染影响评价思路, 但困难之处在于需明确建立表征生态环境质量的标准体系, 而且难以赋权与准确定量^[9]。

参照景观生态学方法中的生态环境质量计算公式, 首先选出影响研究区海洋地质环境的因素, 主要为海水有害因子、表层沉积物有害因子和工程地质条件三大类, 然后结合大鹏湾海洋环境的恢复能力, 应用“专家评分法”对各类因子赋值。

“专家评分法”主要是统计多个专家对某一因子在评价中所占权重的评分, 计算平均值, 再根据环境质量计算公式得到海洋地质环境质量值。公式如下:

$$EQ = \sum_{i=1}^n A_i / N$$

式中: EQ——海洋地质环境质量值;

A_i ——各因子赋值;

N ——因子数量, 为 4。

其中, 由于海水有害因子赋值 A_1 对海洋地质环境影响最大, 其权值定为 100, 根据大鹏湾水质状况资料, 赋值为 80。表层沉积物有害因子赋值 A_2 对海洋地质环境的影响较大, 其权值定为 80, 根据沉积物有害因子分析资料, 赋值为 70。工程地质条件赋值 A_3 对海洋地质环境的影响较小, 其权值定为 60, 根据土工测试资料, 赋值为 50。恢复能力赋值 A_4 对海洋地质环境的影响较大, 其权值定为 80, 由于大鹏湾为半封闭海湾, 交换能力较差, 即环境恢复能力较差, 因而赋值 40。

据以上公式计算得: $EQ=60$ 。

参照生态环境质量标准^[9], EQ 值划分标准及相应级别(表 5), 判别大鹏湾海洋地质环境质量为 II 级。

综合上述两种方法的评价结果, 大鹏湾海洋地质环境质量总体较好, 达到良好级, 但资料显示个别因子在个别站位超标较大, 应引起注意。

表 5 EQ 值划分标准及级别^[9]

Table 5 Standards for EQ value classification and grades

EQ 值	100~70	69~50	49~30	29~10	9~0
质量级别	I	II	III	IV	V

需要说明的是, 在进行海洋地质环境综合评价时, 首先考虑的是资料采集时各评价因子的现状情况, 而没有考虑发生大的突变对环境的影响。在此期间, 各因子质量总体较好。其次, 虽然是对各因子的现状质量进行评价, 但综合考虑了各因子在常规条件下较长时期的影响, 如大鹏湾多次发生赤潮, 赤潮的影响只是较短暂的过程, 海湾环境年际变化较小; 大鹏湾湾口也偶有沉船油污事件发生, 对当时的环境影响较大, 但人工治理和自身恢复使其在较长期的过程中受影响较小。综合指数评价因子中的恢复能力即考虑的是一个较长期的消散作用。

3 讨论

笔者主要依据项目实施获得的实际资料进行综合分析研究, 取得了系列成果, 并尝试对大鹏湾的海洋地质环境开展综合评价。在评价过程中, 有些问题尚需进一步讨论, 例如:

(1)评价标准建立。以往几乎没有开展过海洋地质环境综合评价, 因而评价无标准可循, 笔者仅仅参照海洋环境某些因子中已有的标准进行综合评价。这些标准是否适合开展综合评价, 尚需进一步研究。

(2)评价缺乏相应的模式。按照生态环境影响评价方法开展评价, 此模式是否适合开展海洋地质环境综合评价, 还应探讨。

(3)评价因子选取。影响海洋地质环境的因素较多, 从空中到水体, 天气(台风、暴雨等)、波浪、潮流、地震、人工建设等均将对海洋地质环境产生影响。由于受调查手段方法、时间、经费等的限制, 笔者主要从三方面开展评价, 局限性较大。

(4)评价方法的科学性。海洋地质环境综合评价主要采用相关因子进行定性和定量评价,各因子等同看待,而且是基于环境现状,亦即海洋地质环境的某一因子没有发生灾变。若有一项因子严重超标,将影响到整个环境质量,这也是应该考虑的问题。

海洋地质环境综合评价是一个较长期的过程,必须随时了解各因子的变化情况,以便进行科学评价,尤其是海水环境质量变化快,突变事故较多。因而,建议有关部门加强管理,建立环境监测系统,一方面实时监测大鹏湾环境变化,及时处理各种突发事件,保证环境质量良好;另一方面通过长期观测,找出环境变化规律,建立有效模型,预测未来的环境变化,减灾防灾。

参考文献(References):

- [1] 夏真,林进清,郑志昌,等.深圳大鹏湾海洋地质环境综合评价[M].北京:地质出版社,2004.
Xia Zhen, Lin Jinqing, Zheng Zhichang, et al. The Integrated Evaluation of Marine Geological Environment in Dapeng Bay, Shenzhen [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004(in Chinese).
- [2] 冯志强,冯文科,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. 89~122.
Feng Zhiqiang, Feng Wenke, et al. Evaluation of Marine Geologic Hazards and Engineering Geological Conditions in the Northern South China Sea [M]. Nanjing: Hehai University Press, 1996. 89~122(in Chinese).
- [3] 罗章仁,应秩甫,杨干然,等.华南港湾[M].广州:中山大学出版社,1992.
Luo Zhangren, Ying Zhifu, Yang Ganran, et al. Harbors in South China [M]. Guangzhou: Zhongshan University Press, 1992(in Chinese).
- [4] 黄镇国,李平日,张仲英,等.深圳地貌[M].广州:广东科技出版社,1983. 3~60.
Huang Zhenguo, Li Pingri, Zhang Zhongying, et al. The Landform of Shenzhen [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1983. 3~60(in Chinese).
- [5] 毛文永.生态环境影响评价概论[M].北京:中国环境科学出版社,1998. 193~199.
Mao Wenyong. The Generality of Ecological Environmental Influenced Evaluation [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1998. 193~199 (in Chinese).

Integrated analysis of the marine geological environment and hazards in the Dapeng Bay

XIA Zhen, ZHENG Zhi-chang, LIN Jin-qing

(Guangzhou Marine Geological Survey, China Geological Survey, Guangzhou 510760, Guangdong, China)

Abstract: Integrated investigation and research on the marine geological environment and hazards in the Shenzhen sea area of the Dapeng Bay were carried out by the Guangzhou Marine Geological Survey. According to the data of seawater chemistry, seafloor sediments and seabed engineering geological conditions (including potential geohazards) obtained during the investigation, combined with surveys of seafloor topography and geomorphology, single-factor evaluation and multi-factor integrated evaluation were made of the marine geological environment in the bay. According to the evaluations, the authors think that on the whole the marine geological environment in the Dapeng Bay is good. Then valuable suggestions about marine development engineering construction in the Dapeng Bay are put forward.

Key words: Dapeng Bay; marine geological environment; geohazards; single-factorial evaluation; multi-factorial evaluation

About the first Author: XIA Zhen, male, born in 1963, master, senior geologist, works on marine geology and marine environmental geology; E-mail: xiazhen@hyd.cn.