

珠江三角洲近岸海洋地质环境与地质灾害 调查主要进展及成果

夏真, 林进清, 郑志昌, 石要红, 马胜中, 梁开,
陈太浩, 黄向青, 张顺枝, 潘毅
(广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

摘要: 通过遥感、水文和水化学、综合物探、地质取样、钻探以及静力触探等多种调查手段与方法, 首次在我国重点经济区——珠江三角洲的近岸开展了1:10万比例尺海洋地质环境与地质灾害综合调查, 对调查区水域的海水化学要素、环境质量、水动力、地形地貌、沉积物、浅地层结构、潜在地质灾害以及海底工程地质条件进行了综合分析, 对海洋地质环境进行了综合评价与预警, 并对该区海洋开发和工程建设提出了建议。

关键词: 珠江口; 海洋地质环境; 灾害; 调查; 评价

中图分类号: P714⁺.6

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2014)02-0051-07

0 引言

珠江三角洲地区是我国重要的经济中心, 资源-发展-环境三者之间矛盾突出。华南沿海地处南海地块与华南地块缝合带的地壳不稳定区, 沿此带以南发育有珠江口盆地北缘的第三纪断阶带和第四纪以来的活动断层, 地震活动不断发生, 加之常受热带气旋的侵袭, 使得珠江三角洲地区环境极为脆弱。长期以来, 该区的环境地质调查研究存在范围狭小、内容单一的问题, 沿海工程建设和开发规划方面缺乏地质科学依据。经过充分调研和筹备, 2003—2005年, 广州海洋地质调查局在中国地质调查局支持下实施了本项目, 由于珠江口范围较大, 结合实际情况把珠江口海域划分为3部分, 逐年完成分区的调查研究^[1-3]。共完成了综合地球物理勘探(测深、旁测声呐、浅层剖面、单道地震等)、地质取样、海水取样、温盐深测量、地质钻探以及静力触探, 走航式海流剖面观测和海洋环境多参量测量; 进行了现场水样和土工试验, 完成了室内水化学测试、沉积物综合测试和土工测试; 还进行

了遥感影像的解译(面积约8 810 km²)。

1 调查研究方法

根据任务要求和调研情况确定了项目的研究方法: 以海底沉积物为本体, 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, 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, 依据1:10万比例尺, 运用6种调查技术, 展开从空中到海面, 从海水到海底及其以下100 m地层的全方位综合调查。

2 主要创新点和成果

2.1 创新点

率先在伶仃洋水域使用世界先进的浅水多波束测量系统, 高精度地显示出人工挖沙对海底的破坏程度; 应用海底土工原位静力触探技术取得了海底土的现场第一手数据; 首次引进海洋环境多参量总额和测量技术; 通过综合地球物理解释, 准确圈

收稿日期: 2014-10-15; 改回日期: 2014-10-21。

基金项目: 中国地质调查“我国重点海岸带滨海环境地质调查与评价(编号: 200311000006)”项目资助。

作者简介: 夏真(1963—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事海洋地质环境研究。Email: xia-zhen@163.com。

定了浅层气的分布范围,对沉积物孔隙浅层气气体进行了测试;鉴于社会急需了解海域的环境状况以及未来环境发展趋势,首次采用了环境因子评价模型进行区域地质环境质量的综合评价和预警预测。

2.2 主要研究成果

项目分年度提交了 3 份调查成果报告和成果资料,每份成果报告(含插图插表)约 20 万字,依次是珠江三角洲近岸海洋地质环境与地质灾害调查(内伶仃岛以北水域)成果报告、珠江三角洲近岸海洋地质环境与地质灾害调查(内伶仃岛以南水域)成果报告、珠江三角洲近岸海洋地质环境与地质灾害调查(珠江口西部水域)成果报告^[1-3]。每份成果报告包括 11 份成果附图及一套海洋环境遥感解

译系列图。在消化前人在海洋、地质、地球物理方面的研究成果的基础上^[4-12],本项目获得的主要调查成果如下:

(1)首次应用多波束系统,高精度地显示了伶仃洋人工挖沙造成的海底地形突变以及水深分布特征(图 1),查明了调查区的海底地形地貌。该区伶仃洋河口湾滩槽相间,呈三滩两槽格局。由于磨刀门径流量大,来沙丰富,两侧形成向海凸出的岸线形态,口门拦门砂堆积性地貌发育,口外水下斜坡向海均匀倾斜。由于口门浅滩淤展较快,形成向槽道逼淤的态势;强烈的人类活动(围垦和筑坝)引起的海岸线变迁掩盖了自然变迁的痕迹,干扰了海底地形的自然形态。

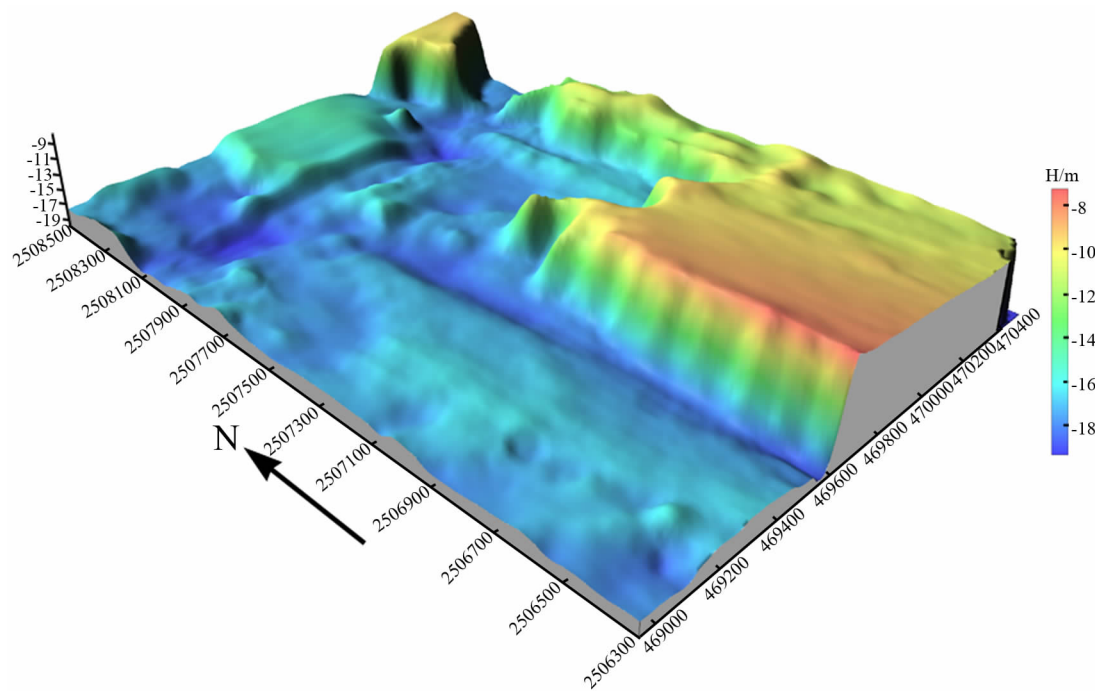


图 1 伶仃洋多波束全覆盖水深测量立体地形图

Fig.1 3D topographic map of seawater depth by multi-beam measurement in Lingding Sea

(2)由于沿岸人口密集、工厂林立,排污使得无机氮比例失衡,伶仃洋虎门至南沙水域出现低氧带,口门和湾汊水体中无机氮、活性磷酸盐、铅、硫化物、石油类污染严重;伶仃洋、磨刀门口门、黄茅海均达到富营养化,调查区近 85% 站位表层海水有机污染为重污染级。

(3)调查区表层沉积物有 9 种不同类型,粒度参数变化较大;沉积物重金属污染比较严重,特别是在人口密集岸段水域,Cu、Pb、Zn、As 多有超标(表 1);碎屑矿物含量空间变异性显著,物源以径

流输入和海岸侵蚀为主;划分了 4 种动力沉积环境区,确认了地层岩性分布和时代,研究了晚更新世以来的海侵和海退交替历程,以及珠江三角洲沉积环境演进模式。

(4)发现了 1 条自第四纪以来有过活动的浅层正断层。确认了调查区海底浅地层结构、厚度以及分布特征,划分出 5 套地层层序,分析了各地层的沉积环境特征。在调查区发现的潜在地质灾害类型包括断层、地震活动和海岸侵蚀、淤积,以及不规则浅埋基岩和槽沟等。调查还发现埋藏古河道发

表 1 内伶仃岛以南水域海底表层沉积物重金属含量表($w_B/10^{-6}$)

Table 1 Concentration table of heavy metals in submarine sediments of southern Neilingding Island (10^{-6})

序号	样品号	Cu	Pb	Zn	Cr	As	Cd	Hg
1	ND1	55.6	41.6	152	116	20.80	0.11	0.17
2	ND2	37.5	57.0	130	90.6	24.04	0.12	0.19
3	ND3	54.1	55.6	165	120	28.15	0.21	0.22
4	ND5	45.0	41.7	123	102	34.27	0.38	0.30
5	ND9	16.6	30.9	98.3	76.8	20.74	0.047	0.14
6	ND11	33.2	54.8	138	83.9	19.59	0.091	0.16
7	ND14	46.3	54.0	152	83.5	22.14	0.22	0.15
8	ND16	49.5	59.2	158	84.6	29.96	0.23	0.26
9	ND18	23.5	48.7	102	53.7	20.01	0.10	0.16
10	ND19	44.7	116	237	116	19.63	0.29	0.14
11	ND22	30.3	55.1	113	62.9	19.47	0.12	0.19
12	ND24					14.53	0.73	0.31
13	ND25	45.5	56.5	163	110	23.62	0.13	0.12
14	ND27	37.3	42.8	127	103	28.20	0.17	0.18
15	ND32	57.7	48.6	119	115	32.08	0.26	0.32
16	ND33	25.3	40.7	80.5	77.5	5.54	0.061	0.045
17	ND35	66.5	76.3	200	99.8	35.58	0.21	0.38
18	ND37	51.8	53.9	129	92.6	23.77	0.27	0.17
19	ND39	45.9	57.3	128	90.3	18.79	0.19	0.14
20	ND45	47.7	63.5	154	88.6	19.50	0.053	0.19
21	ND47	59.3	71.4	179	92.1	28.58	0.52	0.25
22	ND50	35.5	52.9	120	73.1	14.11	0.17	0.14
23	ND51	27.1	46.6	95.6	68.8	16.05	0.17	0.014
24	ND52a	20.9	44.3	91.9	56.8	11.55	0.12	0.083
25	ND54	15.4	36.0	64.3	54.7	16.21	0.25	0.14
26	ND55	27.8	48.2	110	70.7	13.98	0.10	0.098
27	ND57	43.4	47.5	114	81.9	18.94	0.038	0.15
28	ND60	21.4	39.3	75.9	65.4	11.19	0.13	0.09
检出限			0.5				0.02	0.010
评价标准		30	25	80	100	15	0.5	0.2

育,浅层气分布广泛。

(5)综合测试和分析了调查区海底土的物理力学指标与分布特征,查明海底土共有 8 类,其物理力学指标差异较大。对土体稳定性、砂土液化等特殊工程地质问题进行了探讨,认为在地震烈度大于 7 度时,少数站位存在砂土液化的可能性。进行了工程地质分区,对其总结出工程地质条件(表 2)。

2.3 海洋地质环境综合评价和预警

2.3.1 专家打分法

根据本次调查资料,认为影响调查区海洋地质环境的因素主要有海水有害因子、表层沉积物有害因子和工程地质条件^[13]。因而,海洋地质环境综合评价主要从此三方面进行。以伶仃洋为例,在工

程地质分区的基础上,把珠江口伶仃洋划分为 3 个评价区,即Ⅰ区、Ⅱ区和Ⅲ区。

通过列表清单法,将已调查的可能反映海洋地质环境特征的因子分别列在同一张表格内,再采用专家评分法,逐项进行分析。设定 4 个等级:A 级为优,表示环境状况极好,各评价因子没有超出标准,对环境的影响极小;B 级为良,表示各评价因子略有超标,对环境的影响较小;C 级一般,表示各评价因子对环境有一定的影响,受到一定程度的污染;D 级为差,表示各评价因子超标较多,对环境的影响较大。评价时以等级最多的为优势级,当同一区出现两个数量相等的优势级时,则综合考虑,最后得到地质环境因子综合评价表(表 3)。可见,伶仃洋分区的海洋环境质量等级为 B~D 等级。

表 2 调查区综合工程地质分区表

Table 2 Integrated table of engineering geological divisions of survey area

地质条件	工程地质 I 区	工程地质 II 区	工程地质 III 区
海底地形地貌	区内最小水深值为 1.4 m, 最大水深值为 25.0 m。平均坡降为 1.50‰, 最大坡降为 14.37‰, 位于本区北部 地貌类型主要有: 浅滩、洼地	区内最小水深值为 3.1 m, 最大水深值为 27.0 m。川鼻至龙穴水道段坡降较矾石浅滩段大, 平均坡降达 1.97‰。矾石浅滩平均坡降为 0.19‰。地貌类型: 槽沟、沙波、洼地、浅滩	区内最小水深值为 2.4 m, 最大水深值为 16.0 m。平均坡降为 1.19‰。最大坡降为 45.45‰, 位于调查区南部。地貌类型主要有: 浅滩、洼地
底质	本区海底表土质类型有流泥、淤泥、淤泥质土、淤泥混砂	本区海底表层土质类型有: 流泥、淤泥、淤泥混砂	本区海底表层土质类型有: 流泥、淤泥、淤泥混砂
地质灾害类型	本区内已发现属于活动性地质灾害的类型有浅层气(反射模糊区)、活动断层和沙波。属于限制性地质条件的有不规则浅埋基岩、埋藏古河道、洼地、水下浅滩	本区已发现为活动性地质灾害的有浅层气(反射模糊区)、活动断层和沙波。属限制性地质条件的有不规则浅埋基岩、埋藏古河道、槽沟、洼地、水下浅滩	本区内已发现属于活动性地质灾害的类型有浅层气(反射模糊区)、活动断层和沙波。属于限制性地质条件的有不规则浅埋基岩、埋藏古河道、洼地、水下浅滩
土的物理力学性质	(1)流泥: $w = 85.7\% \sim 98.8\%$, $\rho_d = 1.46 \sim 1.55 \text{ g/cm}^3$, $e = 2.153 \sim 2.499$, 塑性指数 $14.9 \sim 22.0$, 液性指数 $2.75 \sim 3.99$, $a_v = 1.56 \sim 2.49 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $1.41 \sim 2.13 \text{ MPa}$, 黏聚力 $3.6 \sim 11.3 \text{ kPa}$, $s_{uT} = 6.6 \sim 7.5 \text{ kPa}$, 微型贯入承载力 $15.5 \sim 32.3 \text{ kPa}$	(1)流泥: $w = 85.9\% \sim 102.6\%$, $\rho_d = 1.41 \sim 1.54 \text{ g/cm}^3$, $e = 1.490 \sim 2.736$, 塑性指数 $16.3 \sim 21.1$, 液性指数 $3.26 \sim 4.04$, $a_v = 1.19 \sim 2.80 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $1.19 \sim 2.37 \text{ MPa}$, 黏聚力 $0.3 \sim 11.3 \text{ kPa}$, 摩擦角 $2.45^\circ \sim 11.10^\circ$, $s_{uT} = 3.0 \sim 7.2 \text{ kPa}$, 微型贯入承载力 $21.9 \sim 25.1 \text{ kPa}$	(1)流泥: $w = 85.7\% \sim 111.0\%$, $\rho_d = 1.39 \sim 1.57 \text{ g/cm}^3$, $e = 2.117 \sim 2.861$, 塑性指数 $9.3 \sim 24.3$, 液性指数 $2.88 \sim 6.37$, $a_v = 1.39 \sim 3.38 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $1.33 \sim 5.54 \text{ MPa}$, 黏聚力 $3.6 \sim 13.4 \text{ kPa}$, 摩擦角 $2.42^\circ \sim 6.80^\circ$, $s_{uT} = 3.8 \sim 5.7 \text{ kPa}$, 微型贯入承载力 $15.5 \sim 32.3 \text{ kPa}$
	(2)淤泥: $w = 61.2\% \sim 83.7\%$, $\rho_d = 1.48 \sim 1.68 \text{ g/cm}^3$, $e = 1.594 \sim 2.299$, 塑性指数 $9.2 \sim 19.8$, 液性指数 $2.48 \sim 5.77$, $a_v = 0.77 \sim 1.84 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $1.49 \sim 4.28 \text{ MPa}$, 黏聚力 $1.6 \sim 16.5 \text{ kPa}$, 摩擦角 $2.42^\circ \sim 11.00^\circ$, $s_{uT} = 3.7 \sim 11.6 \text{ kPa}$, 微型贯入承载力 $29.1 \sim 45.6 \text{ kPa}$	(2)淤泥: $w = 56.1\% \sim 79.7\%$, $\rho_d = 1.52 \sim 1.70 \text{ g/cm}^3$, $e = 1.487 \sim 2.216$, 塑性指数 $10.4 \sim 20.7$, 液性指数 $2.50 \sim 4.75$, $a_v = 1.07 \sim 1.82 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $1.37 \sim 2.76 \text{ MPa}$, 黏聚力 $3.5 \sim 18.6 \text{ kPa}$, 摩擦角 $2.42^\circ \sim 8.70^\circ$, $s_{uT} = 6.5 \sim 7.5 \text{ kPa}$, 微型贯入承载力 $25.1 \sim 32.3 \text{ kPa}$	(2)淤泥: $w = 78.3\% \sim 82.4\%$, $\rho_d = 1.58 \sim 1.62 \text{ g/cm}^3$, $e = 1.945 \sim 2.040$, 土粒比重 $1.945 \sim 2.70$, 塑性指数 $13.3 \sim 14.9$, 液性指数 $3.44 \sim 4.12$, $a_v = 0.86 \sim 1.49 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $1.98 \sim 3.53 \text{ MPa}$, 黏聚力 $13.4 \sim 14.6 \text{ kPa}$, 摩擦角 $2.42^\circ \sim 5.09^\circ$, $s_{uT} = 6.2 \sim 8.3 \text{ kPa}$, 微型贯入承载力 $25.1 \sim 45.6 \text{ kPa}$
	(3)淤泥质土: $w = 48.3\% \sim 54.1\%$, $\rho_d = 1.56 \sim 1.72 \text{ g/cm}^3$, $e = 1.349 \sim 1.647$, 塑性指数 $7.4 \sim 11.1$, 液性指数 $2.84 \sim 4.64$, $a_v = 0.83 \sim 1.24 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $1.97 \sim 2.87 \text{ MPa}$, 黏聚力 $5.8 \sim 13.4 \text{ kPa}$, 摩擦角 $2.42^\circ \sim 14.90^\circ$, $s_{uT} = 8.7 \text{ kPa}$, 微型贯入承载力 42.3 kPa	(3)淤泥混砂: $w = 27.6\% \sim 49.5\%$, $\rho_d = 1.74 \sim 1.98 \text{ g/cm}^3$, $e = 0.701 \sim 1.303$, 塑性指数 $5.8 \sim 8.5$, 液性指数 $1.52 \sim 5.93$, $a_v = 0.44 \sim 0.77 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $2.99 \sim 3.87 \text{ MPa}$, 黏聚力 $0.4 \sim 5.6 \text{ kPa}$, 摩擦角 $2.55^\circ \sim 10.70^\circ$, 微型贯入承载力 52.1 kPa	(3)淤泥混砂: $w = 51.0\%$, $\rho_d = 1.74 \text{ g/cm}^3$, $e = 1.30$, 塑性指数 6.6 , 液性指数 5.20 , $a_v = 0.83 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 2.78 MPa , 黏聚力 7.5 kPa , 摩擦角 6.40°
	(4)淤泥混砂: $w = 41.3\% \sim 57.3\%$, $\rho_d = 1.68 \sim 1.74 \text{ g/cm}^3$, $e = 1.249 \sim 1.528$, 塑性指数 $7.4 \sim 10.1$, 液性指数 $3.3 \sim 5.49$, $a_v = 0.62 \sim 1.03 \text{ MPa}^{-1}$, 压缩模量 $2.45 \sim 3.63 \text{ MPa}$, 黏聚力 $5.6 \sim 18.6 \text{ kPa}$, 摩擦角 $5.06^\circ \sim 7.00^\circ$, $s_{uT} = 8.8 \text{ kPa}$, 微型贯入承载力 52.1 kPa		

注: w 为天然含水率, %; e 为天然孔隙比; ρ_d 为天然密度, g/cm^3 ; a_v 为压缩系数, MPa^{-1} ; s_{uM} 为微型十字板抗剪强度, kPa ; s_{uT} 为扭力十字板抗剪强度, kPa 。

2.3.2 区域环境质量综合指数评价法

利用公式分别对各评价因子中的因子项进行指数评价。计算出各因子项的 P_i 后, 取其平均值 P_1 (海水有害因子)、 P_2 (表层沉积物有害因子) 和 P_3 (工程地质条件)。在此基础上, 对三大因子的平

均评价指数进行加权平均, 得到调查区的海洋地质环境综合评价指数, 参照一定的标准, 即为此区域的环境质量。

(1) 北京西郊综合指数法。参照区域环境评价中的北京综合指数法, 对三大因子的综合指数平均

值进行累加,即 $P = P_1 + P_2 + P_3 = 1.540\ 3 + 1.293\ 7 + 0.8 = 3.634$, 根据评价标准(表4),认为珠江口伶仃洋的海洋地质环境质量为中度污染(Ⅳ级)。

表3 伶仃洋海洋地质环境因子综合评价表

Table 3 Integrated table of marine geological environmental factors in Lingding Sea

影响因子	评价分区		
	I 区	II 区	III 区
海水有害因子	D	C	C
表层沉积物有害因子	B	C	C
工程地质条件	C	C	C
综合评价	C	C	C

表4 区域环境评价标准表

Table 4 Regional environmental assessment standards

P 值	<1	1~2	2~3	3~4	>4
环境质量评价	良好	清洁	轻度污染	中度污染	严重污染
评价等级	I	II	III	IV	V

(2) 区域环境质量综合指数法。引进加权因子,根据三大因子对海洋地质环境的影响差别,利用专家评分法赋予不同的权值 W_i ,再根据公式 $P = \sum W_i P_i = W_1 P_1 + W_2 P_2 + W_3 P_3$,计算出海洋地质环境质量的综合指数为 1.318 3,认为本区的海洋地质环境质量总体为一般状态(Ⅲ级)。

2.3.3 环境影响评价综合指数法

结合珠江口伶仃洋海洋环境的恢复能力,应用专家评分法对各类因子赋值,根据计算结果评议珠江三角洲海洋地质环境。计算得到环境质量指数 $EQ = 35$,参照生态环境质量标准, EQ 值划分标准及相应级别。综合上述各种方法的评价结果可知,珠江口伶仃洋海洋地质环境质量总体一般,达到Ⅲ级标准。但两项重要因子海水水质和表层沉积物环境较差,尤其是有的有害因子超标较多,应引起注意(图2)。

3 成果意义及其应用

项目围绕重点经济区珠江三角洲近岸重要环境地质问题,突破了前人传统的工作方法,开展了从空中到海面全面调查和综合研究,取得了较好的社会效益。调查成果受到广东省海洋与渔业主管部门的积极评价,并被应用于科研院校的立项以及环境研究之中。广州海洋地质调查局与香港环境保护署、香港大学、德国波罗的海海洋研究所等建

立了学术联系,依托项目成果在国内外刊物上发表了多篇研究成果。

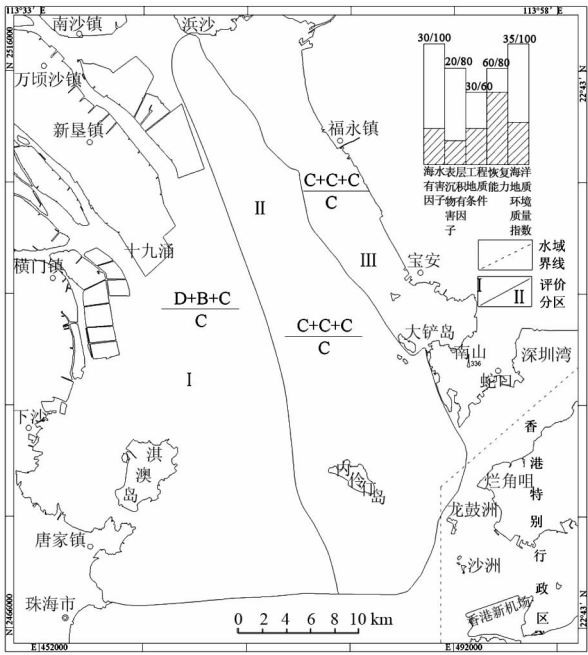


图2 调查区伶仃洋海洋地质环境综合评价图

Fig. 2 Integrated assessment of marine geological environmental in Lingding Sea

应用方面主要体现在:①为后续的“北部湾广西近岸海洋地质环境与地质灾害调查”、“华南海岸带地质环境综合调查评价”及其他在国家重要经济区的海洋环境地质调查积累了技术经验;②中国地质调查标准化建设计划项目“海岸带(海区)环境地质调查规范(1:100 000)”,是在充分总结本项目成果和方法的基础上编制而成的;③为主管部门评估珠江口水域海砂储量和协调各方提供了基础地质资料;④项目水深、地貌、沉积物、水质调查成果,为深圳湾污染泥沙淤积整治专题研究的立项提供了依据;⑤新发现的活动断层促进了科学评估港珠澳大桥等大型涉海工程项目环境效应。

4 结论与建议

4.1 结论

通过综合调查研究,得到了如下结论:

(1) 珠江口海底地形滩槽相间,滩槽之上还发育有许多小地貌,主要包括槽沟、沙波、洼地和浅滩等。口门浅滩淤展较快,经济高速发展所引起的海岸线变迁掩盖了自然变迁的痕迹,改变了水动力条

件,对环境造成很大的影响。

(2)局部海水污染比较严重,珠江口内伶仃岛以北海域无机氮、活性磷酸盐、铅、硫化物、石油类为重污染。海底表层沉积物大部分站位 Cu、Pb、Zn 等含量均超标,Hg、Cr 有少数站位超标。

(3)调查区表层沉积物类型较为多样,共计有 9 种不同类型,粒度参数变化较大。本区晚第四纪以来沉积了 3~4 套沉积层,有孔虫、硅藻和孢粉的分布均反映海平面在此期间呈现升→降→升的波动。

(4)在内伶仃岛以北海底以下 20 m 处发现一条第四纪以来有过活动的浅层正断层。除此之外,尚有浅层气、沙波、地震活动和海岸侵蚀淤积等灾害。属于限制性地质条件的有不规则基岩、埋藏古河道、冲刷槽沟、水下浅滩和洼地。

(5)调查区可分出 4 个工程地质区。区内海底表层土在 50 年一遇波浪作用下,不会发生局部滑移或层间蠕滑现象,区内的黏土质砂、粉土在地震基本烈度不超过 8 度时,不存在液化可能性。

(6)对珠江口内伶仃洋的海洋地质环境质量预测,认为其中短期(5~10 年)内仍处于一般状态,不会发生较大的改善,即不会从量级上有所变化,但总体趋势将好转。

4.2 建议

通过对各种资料的综合分析,结合调查区地质环境特点,对今后珠江三角洲区海洋开发和工程建设活动提出以下建议:

(1)加强海域综合管理。优越的区位、良好的自然条件和丰富的自然资源,使珠江三角洲成为经济发达地区。但经济发展的同时,环境也遭受人为破坏。珠江口环境的恶化,很大程度上是由于人为因素造成的,如围海造地及养殖、排污、无序采沙等,使珠江口海域的环境问题日趋突出。20 世纪 90 年代以来,由于地方政府加大了海域的综合管理,海洋环境已有了相当的好转,但调查期间,珠江口海域仍然发现许多挖沙船,调查资料显示挖沙在部分地段仍是无序状态,破坏了海床原有的形态特征。

(2)开发利用海岸要遵循环境地质规律。本区是珠江三角洲断陷盆地区,地处南海北部陆缘地震带的北侧,属于南海北部地壳不稳定区,断裂发育。

据广东省地震局专家预测,珠江口处于地震烈度 7 度的影响范围内。据统计,历史上有 1/3 的地震是发生在北部陆缘地震带中,在担杆岛曾发生过 5 级以上的地震,说明该带活动性较强。因此,今后的开发建设项目在规划和设计时,应事先查清地质环境现状,充分考虑原有的自然系统和地壳不稳定因素的影响。本次调查在地形地貌、底质类型、灾害地质条件、海底土等方面已发现了对海洋工程不利或者有限制的地质因素,如断裂、浅层气、软泥、洼地和槽沟等,应在工程开发中引起注意。

(3)建立环境监测及防灾系统。区域开发建设的同时,应先进行环境综合调查,对调查结果进行评估。而后,建立环境监测系统,建立数据库和模型,分析并模拟环境变化过程,从而预测环境发展趋势,防止环境发生灾变。

建议环保部门协调管理,收集各相关资料,建立海洋环境监测系统,一方面对直接影响环境的排污等工程进行管理,另一方面长期实时监测珠江口环境变化和地质灾害影响,及时处理各种突发事件,并通过长期观测,找出环境变化的规律,建立模型,预测未来的环境变化,减灾防灾。

参考文献:

- [1] 广州海洋地质调查局. 珠江三角洲近岸海洋地质环境与地质灾害调查(内伶仃岛以北水域)成果报告[R]. 广州: 2004.
- [2] 广州海洋地质调查局. 珠江三角洲近岸海洋地质环境与地质灾害调查(内伶仃岛以南水域)成果报告[R]. 广州: 2005.
- [3] 广州海洋地质调查局. 珠江三角洲近岸海洋地质环境与地质灾害调查(珠江口西部水域)成果报告[R]. 广州: 2006.
- [4] 岳维忠,黄小平,孙翠慈. 珠江口表层沉积物中氮、磷的形态分布特征及污染评价[J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(2): 111-116.
- [5] 刘孟兰,林端,罗一丹,等. 珠江口地区总悬浮颗粒中金属元素沉降通量[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(3): 23-41.
- [6] 黄玉昆,夏法,陈国能. 断裂构造对珠江三角洲形成和发展的控制作用[J]. 海洋学报, 1983, 5(3): 327-336.
- [7] 龙云作,霍春兰,马道修,等. 珠江三角洲沉积地质学[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [8] 王珊珊. 珠江三角洲和近岸河口海域现代沉积环境及晚更新世以来的环境演变[M]. 青岛:中国海洋大学出版社,2008.
- [9] 何起祥. 中国海洋沉积地质学[M]. 北京:海洋出版社, 2006.
- [10] 李平日,乔彭年,郑洪汉,等. 珠江三角洲一万年来环境变迁[M]. 北京:海洋出版社,1991.
- [11] 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.
- [12] 叶银灿,陈俊仁,潘国富,等. 海底浅层气的成因、赋存特征及其对工程的危害[J]. 东海海洋,2003,21(1):27-36.
- [13] 《中华人民共和国环境影响评价法与规划、设计、建设项目实施手册》编委会. 中华人民共和国环境影响评价法与规划、设计、建设项目实施手册[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002.

Main Progress and Achievements of Coastal Marine Geological Environment and Geological Hazard Investigation in Pearl River Delta

XIA Zhen, LIN Jin-qing, ZHENG Zhi-chang, SHI Yao-hong, MA Sheng-zhong, LIANG Kai,
CHEN Tai-hao, HUANG Xiang-qing, ZHANG Shun-zhi, PAN Yi
(Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, China)

Abstract: A 1:100000 coastal marine geological environment and geological hazard investigation was carried out for the first time in the Pearl River Delta, one of the most important economic zone in China, basing on integrated method of remote sensing, hydrology and hydrochemistry, comprehensive geophysical survey, geological sampling, geological drilling, and static sounding. The chemical parameter of seawater, marine environmental quality, hydrodynamics, topography and geomorphology, sediments, shallow stratigraphic structure, potential geological hazards and submarine engineering geological conditions were analyzed, and the marine geological environment was assessed and forecasted. Finally, reasonable suggestion about coastal marine development and engineering construction were put forward.

Key words: Pearl River Estuary; marine geological environment; hazard; survey; assessment