

大小铲岛工程可行性和环境影响研究

摘 要

任何一个海域都是资源与环境的综合体，海域的开发利用在空间上必须科学布局，避免相邻或相近开发项目之间，开发与保护之间出现矛盾和冲突，以形成合理的生产结构，维护海域生态环境和海域资源的可持续利用。

大小铲岛工程先在大铲岛与小铲岛两岛周边建立围堰，再用铜鼓深水航道疏浚泥抛于围堰内填海造地。工程将局部改变海域属性，只有通过科学、合理的论证，对资源和环境的影响作出客观的评价，才能为大小铲岛工程的可行性提供科学、客观理论依据，为珠江口海域的合理开发提供理论依据。

本文从以下几个方面对大小铲岛工程建设的可行性及工程施工过程、建成后对环境的影响进行了全面的、多学科的研究与评价：

一、从工程海域的风、浪、潮、流等水文气象资料，泥沙、表层沉积物、岸滩海底地形冲淤及其他地质地貌资料结合工程的环境效益、社会效益和经济效益进行综合评价，得出工程可行性的结论。

二、结合三维水动力模型、波浪绕折射模型及泥沙模型，预测分析工程后海区的流速流向变化、波浪场变化、溢流泥沙扩散及海床冲淤变化。分析工程对附近海域环境的影响情况。

三、指出工程建设过程中，由溢流泥沙所造成的周围海水悬浮物含量增加是暂时的，填埋区底栖生物的损失是不可避免的，对周围海洋生物资源的影响是暂时的。提出溢流口放置在工程区西部，可将大铲湾近岸养殖区影响减至最低，同时保护工程区东部浅水航道的稳定。

四、指出工程后，所引起的流向、流速和潮位的变化影响很小，潮位变化对西部防风暴潮海堤不存在影响。

五、指出连岛工程后，海区附近的岸滩和海底地形将发生新的冲淤变化，连岛工程西缘海底基本都是冲刷区，东部浅水航道基本稳定，大铲岛东南部与小铲岛西北部冲淤状态变化不大。大小铲岛工程建成后，两边平直的人工海岸，使水流更加畅通，流速增加有利航道维护。

关键词：大小铲岛工程 可行性 环境影响

Research on the feasibility of the DaXiaoChan Island project and its influences on environments

Abstract

All of whichever Marine Areas are synthesizing of resources and environments, the development of marine areas should be scientifically laid out in space so as to prevent the contradictions between exploitation and preservation or relatively close project, therefore, it can form a rational production structure and maintain the sustainability of the marine ecological environment and marine resources.

DaXiaoChan Island project will start with the establishment of cofferdam around DaChan Island and XiaoChan Island, then new reclaiming land from the sea will be created by putting the sillage into the cofferdam from Tonggu deep channel. The program will partially change the marine areas attributes, it is only through scientific and rational argumentation and evaluation over the resource and environment that we can provide scientific and objective evidence for the practice of DaXiaoChan Island project and offer theory basis for the reasonable development of Pearl River estuary.

This paper will give a overall, multi-subject study and evaluation over the environment influence from practice of construction for the DaXiaoChan Island project.

We can draw our conclusion over the environmental effects, social results and economic benefits on the practice of the project from the point of hydrometeorological material such as the wind, tides, waves, flow and the landscape material such as sands, marine surface sediment, coastal submarine topography erosion.

Do make a prediction about the alternation of velocity and orientation of water, changes of wave field, the rate of distribution on overflowed slit and coastal submarine topography, with the combination method of 3-D hydrodynamic model,

reeled-refraction model and mud model after projects. And then analyze the influence constitution of environment of the nearby marine areas.

During the Point-out Projects building, the temporary increasing content of suspended material, the reasonable and inevitable loss related to the creatures living at the bottom of landfill area and provisory influence to the halobios resource , which caused by the slit overflowing. The installed point-out overflow port in the western part of projects bring the least minimum influence to breed aquatics district set in the DaChan Gulf as well as the stability of eastern shallow draft waterway in the safeguard.

The elements as velocity, orientation of flow and the tide height will lead to a very little bit change. The fact that any alternation will not exist on the impacts to the western storm-surge-proof.

After pointing out the DaXiaoChan Island project, the new change of erosion will take between the shoal close to sea and submarine topography, the western submarine of the connected Islands are basically erosion district, eastern shallow draft waterway are basically stability, there is little change between southeastward of DaChan Islands and northwestward of XiaoChan Islands in the state of erosion. After DaXiaoChan Island project are finished, the paralleled man-made coastal makes the stream more smooth, which results the alternation of velocity that is useful to maintenance the waterways.

Key word : DaXiaoChan Island project , feasibility , influences on environments

0 引言

21 世纪是海洋的世纪，海洋是人类未来的希望，是世界可持续发展的重要基地。开发海洋，向海洋进军已经成为世界性的大趋势和各国的战略选择。我国是一个海洋大国，近年来，沿海各省纷纷掀起了开发海洋的热潮，海洋经济得到了较快的发展。

但是，随着海洋开发深度和广度的不断加大，因利益驱动而产生的海洋开发利用的无序、无度、无偿的“三无”现象，严重的影响到海洋整体功能的发挥和海洋经济的健康发展。规范海洋开发利用活动，是海洋经济持续、稳定、健康发展的迫切需要。

去年以来，国家对建设用地采取了最严格的控制措施，于是许多地方纷纷把新建、扩建工程项目用地的重点转向填海造地，特别是一些经济发达的城市。

无节制的填海将对有限的海岸线资源造成极大破坏，例如，地处长江、甬江和钱塘江的三江入海交汇处的舟山市，近年来在开发和建设过程中，大量采用移山填海、围海造田的办法，已从一定程度上改变了潮流的流速、流向和有关水文条件，人为地造成了海区有关主要航道淤积情况日渐严重。

再如胶州湾、莱州湾、渤海湾都不同程度地受到填海造地的困扰，尤以胶州湾为最甚，海域面积平均每年减少约 2.9km^2 ，无节制的填海，已导致胶州湾水域面积不断减少，纳潮量锐减，生物资源趋向枯竭。

从一定程度上来说，填海造成的污染可以治理，可是一旦填海造地，海洋将永远无法还原。若一味按照自己的意志用海，擅自改变海域的自然属性，将对国家的海洋资源和海洋环境造成难以恢复的破坏。

因此对于填海造地项目，必须非常的慎重，每个用海项目都必须经过科学严密的论证，对不必要的用海项目要坚决制止，目前国家相关的法规政策已逐步出台。

大小铲岛连岛工程，是深圳市社会经济的高速发展，迫切需要进一步开辟新港口和航道，以解决港口泊位的不足和进一步发展外向型经济的需要。连岛工程将深圳铜鼓航道的废弃疏浚土视为有用的资源进行填海造地的综合利用，不仅减少水抛泥对海洋环境的损害，也减少陆上挖山取土石填海所带来的生态环境破坏。在这种成熟的条件下，为维护海域生态环境和海域资源的可持续利用，必须采用严密、科学的论证方法对大小铲岛连岛工程的可行性和连岛工程对环境的影响进行论证，为工程建设的可行性提供科学、客观理论依据。同时也为珠江口的综合整治提供依据。

1 大小铲岛工程概况、必要性和工程效益分析

1.1 工程概况

大铲岛和小铲岛位于珠江口大铲湾的西部海域，伶仃洋“三滩两槽”的东滩南部和东槽的中南段，其地理位置，大铲岛为北纬 $22^{\circ} 30' 50''$ 、东经 $113^{\circ} 50' 35''$ ，小铲岛为北纬 $22^{\circ} 32' 50''$ 、东经 $113^{\circ} 50' 04''$ 。大铲岛出水面积 $69.2 \times 10^4 \text{m}^2$ ，南东—北西方向较长，约 1900m，南西—北东方向略短，约 700m；小铲岛出水面积 $24 \times 10^4 \text{m}^2$ 。

大小铲岛工程先在大铲岛与小铲岛两岛周边建立围堰，再用铜鼓深水航道疏浚泥 $1.735 \times 10^7 \text{m}^3$ 抛于连岛区围堰内填海造地。根据《深圳港总体布局规划》和《大铲湾片区综合开发利用规划》，为了减少大小铲岛工程对周围水域特别是对矾石水道深槽的影响，拟将连岛区填筑成水晶状，最大宽度与大铲岛目前自然宽度 1200m 相近，南北长 4450m，南北两端适应水流取楔形，见大小铲岛工程示意图 1-1。

大小铲岛工程总平面布置方案：自大铲岛西北角，在规划两岸线的东侧 50m~100m(为码头结构预留空间)，由南向北建筑西围堰 3083m，与小铲岛西南角相接，西围堰南北两端略作平缓处理，提高围堰抗浪能力。自大铲岛东南角沿规划岸线，由南向北建筑东围堰南段 2141m，此段围堰外侧为永久护面，将来码头可为栈桥墩式结构，然后再向北，在规划东岸线的西侧 50m~100m(为码头结构预留空间)建筑东围堰北段 2240m，与小铲岛东南角相接，根据规划岸线形状，东围堰北段根据规划岸线呈折线布置。

东、西围堰与大、小铲岛围成封闭吹填区，总面积 310万 m^2 。

考虑吹填泥浆应在围堰内部流动足够长距离以充分沉淀，使之溢流的含泥量满足环保要求，同时为土地分区、分期开发创造条件，在东、西围堰和大、小铲岛所围成的封闭吹填区内布置两条横隔堰和 1 条纵隔堰，总长 4703m。隔堰将吹填区分成甲、乙、丙、丁、戊共 5 个子区，各子区面积约为 $50 \text{万 m}^2 \sim 80 \text{万 m}^2$ ，纳土容积基本相同，见工程示意图 1-1。

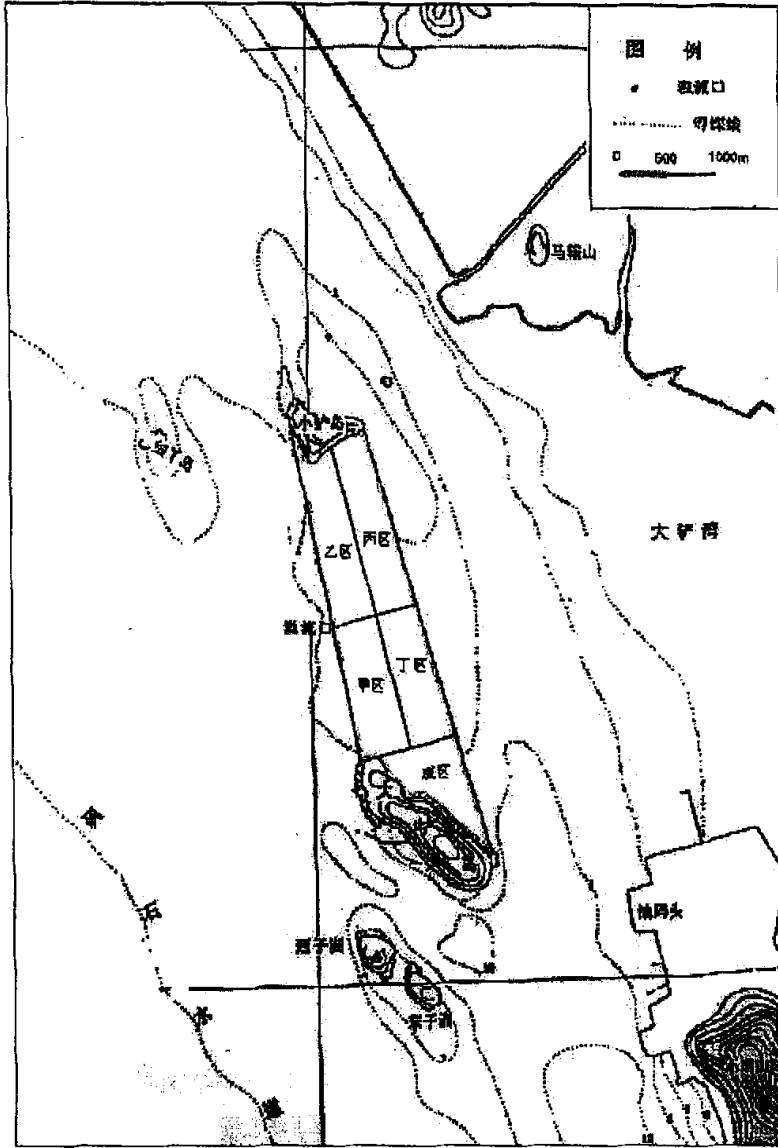


图 1-1 大小铲岛工程示意图

溢流口设置以泥浆流程最长为原则:

当采用耙吸船吹填工艺时,吹泥管可设置在西围堰或东围堰南段。

首先在东围堰东南段预留 120m 临时通航缺口,满足大铲岛海关、边防等单位近期船舶通航要求,可操作性强,能为本工程提前开工创造有利条件。当采用绞吸船吹填方案时,该通航口供挖泥船进出,半封闭的戽区作为储土区;当甲、乙、丙、丁等 4 区吹填完毕后,封筑东围堰通航缺口,戽区采用耙吸船直接吹填。围堰施工由南向北推进,先施工西围堰,形成掩护条件后,再施工东围堰和隔堰,最后施工东围堰通航缺口。

根据当地潮位及波浪条件,参考妈湾、赤湾、蛇口等港区高程设计,初步确定大铲岛与小铲岛港区陆域高程,东侧 5.50m,西侧 5.00m,平均高程 5.25m。

根据规范计算,设计吹填标高为 7.00m。考虑围堰结构、施工特点,分期吹填,一期吹填标高为 5.00m,二期吹填标高为 7.00m。

经计算,围堰顶标高为 5.50m。二期吹填时在围堰顶部建筑 2m 高的子堰,顶标高为 7.50m,内部隔堰顶标高为 5.50m,隔堰上部子堰标高取 7.00m。

大铲岛与小铲岛围堰形成后总容积为 2500 万 m^3 。根据疏浚泥质,考虑开挖绞松、溢流损失、吹填期原泥面下沉等因素,粗估大铲岛与小铲连岛围堰形成后纳泥量为 1800 万 m^3 。

1.2 工程的必要性

深圳市社会经济的高速发展,迫切需要进一步开辟新港口和航道,以解决港口泊位的不足和进一步发展外向型经济。因此,自然条件具备,社会经济发展需要,选择大铲岛与小铲岛连岛填海造地、发展港口交通运输等海洋产业是非常必要的。

大、小铲岛属沿岸岛,离岸约 1000m,基底花岗岩与大陆相连,周围水深大部分浅于 5m,小铲岛浅滩向南直伸至大铲岛东北部,距离大铲岛仅 500m 左右,矾石水道位于连岛区的西部,东部则是通过大铲湾口的浅水航道。此外还有已开发的妈湾、赤湾、蛇口等港口和航道。大小铲岛连岛工程之后,可以实

现大、小港口联合使用，陆、海之间综合发展，使海岸线使用更加合理，促进深圳市西部地区社会经济的进一步发展和粤、港两地经济发展。

早在广东省海岸带资源综合调查和海岛资源综合调查时，以及后来深圳市的海域开发利用规划、大比例尺海洋功能区划及港口交通运输规划时，都一致认同深圳市西部的大铲岛和小铲岛可以采用连岛的方式加以开发，并且也列入省、市海洋功能区划和深圳市的港口发展规划。

利用深圳铜鼓航道的疏浚土，将连岛之间海域吹填造地，条件成熟，一举两得，又没有工程后遗症，将有力地促进广东省和深圳市海洋产业的发展。

1.3 工程的环境损益、经济和社会效益分析

1.3.1 环境损益分析

连岛工程紧靠大铲湾，工程东部通过浅水航道与大铲湾相连。现在由于填海和筑堤，将对大铲湾海水养殖区和工程附近底栖生物造成较大影响。根据南海工程勘察中心 2001 年底栖生物现场调查分析，生物量平均为 $3.23\text{g}/\text{m}^2$ 、栖息密度平均为 $33.33\text{ind}/\text{m}^2$ ，连岛工程建成后，每年减少贝类约 10 吨，鱼、虾、蟹幼体约 1.034 亿尾。工程结束后，大铲岛与小铲岛之间约 3.1km^2 的水域（其中潮间带约 1km^2 ）全部吹填成陆，生存于其中的所有底栖生物也全部被埋掉。

同时工程实施过程，由于悬移质浓度增加，将影响水体中游泳动物的生活环境，可能导致它们游走，而减少生物量；对不能游动的卵和游动力弱的幼体可能导致死亡；对栖息海底的底栖生物因透光强度减弱，可能影响发育。沉降泥沙也对底栖生物有一定影响。对移动能力弱的蛤类可能导致死亡。连岛工程对海洋的自然资源和生态环境造成损害是客观存在的。

但连岛工程将废弃疏浚土视为有用的资源进行填海造地的综合利用，不仅减少水抛泥对海洋环境的损害，也减少陆上挖山取土石填海所带来的生态环境破坏，符合国家“清洁生产”的要求。就此而言，连岛工程对铜鼓航道疏浚泥的利用，也有一定的环境生态效益。

1.3.2 社会效益分析

据 2000 年统计，西部港区承担了深圳港现有吞吐量的 80%以上，工业用地、港口岸线的使用均已十分紧张，大、小铲岛连岛填海成陆后，增加深水岸线和土地面积，缓解了西部用地紧张的局面。

深圳市是对外开放的窗口，腹地外向型经济的发展很大程度上依赖于港口的吞吐能力。连岛工程建成后，用于发展港口交通运输，增加了港口的吞吐能力，从而促进腹地经济的发展。

大铲岛和小铲岛连岛填海造地工程，对促进深圳市西部地区经济的进一步发展，有明显的社会效益。

1.3.3 经济效益分析

根据大、小铲岛连岛填海造地工程技术经济指标初步测算，项目总投资为 3.3667 亿元。铜鼓航道总疏浚量为 3585 万 m^3 ，其中陆抛量约 1800 万 m^3 ，按陆抛成本单价 22.8 元/ m^3 (水抛成本单价 23.4 元/ m^3)计算，陆抛可节省费用 1080 万元，扣除环境经济损失，可获得近 1000 多万元的经济效益。此外，大、小铲岛连岛后，获得约 3.5km 深水岸线和大量的土地资源，其经济总效益是十分显著的。

2 大小铲岛工程的可行性研究

2.1 区域水文气象条件

2.1.1 气候特征

大铲岛与小铲岛位于深圳市西部海区，距陆地最近约 2.25km。处于北回归线以南，属南亚热带海洋性季风气候区，具有气候温和、阳光充足、雨量丰沛和受季风交替影响等特征。根据赤湾水文站、香港的赤沥角站等多年气象资料的统计分析，本海域年平均气温 24.8℃，月平均气温以 1 月最低为 14.1℃，7 月最高为 28.2℃；极端最高气温为 38.7℃(1980.7.10)，极端最低气温为 0.2℃(1957.2.11 和 1975.12.6~14)。

常风向为 ESE、NNE，强风向为 ENE、NE，年平均风速为 2.8m/s，最大风速瞬时可达 40m/s 以上。年平均风力≥6 级的出现天数为 9.9 天，风力≥8 级的出现天数为 8.4 天。

年平均降水量为 1948.4mm，年最大降水量为 2662.2mm(1975 年)，最小降水量为 912.5mm(1963 年)；6 月~8 月雨日特多，为 56.6 天，4 月~9 月降水量占全年的 85%。年平均降水天数为 144.7 天，实测最大 24h 降水量为 363.0mm(1966 年 6 月 12 日)。

据赤湾站气象资料，年平均雾日(能见度≤1km)西部为 12 天，多出现在 12 月至翌年 5 月，其中 2、3 月份最多。

年平均相对湿度为 80%左右。月平均相对湿度最高 85%，极值 99%；月平均相对湿度最低 69%，极值 23%。

2.1.2 海域水文特征

连岛工程海区夏季在太阳辐射影响下，水温垂向梯度增大，表、底层温差可达 2℃以上，表层为 27.8℃~32.0℃，底层为 21.9℃~29.8℃；冬季表、底层水温相差不大，表层为 16.8℃~18.7℃，底层 16.0℃~18.0℃。

夏季丰水期含盐度变幅较大, 水体分层明显, 落潮时表、底层平均盐度可相差 11, 涨潮时表、底层平均盐度可相差 16, 表层为 8.03~31.97, 底层为 8.65~34.37; 冬季枯水期垂向盐度梯度小, 水体混合良好, 落潮时表、底层平均盐度仅差 1 左右, 涨潮时表、底层平均盐度可差 2 左右, 表层为 24.72~33.69, 底层为 29.79~33.85。总之是东南部海水盐度大于西北部。

本海区潮汐类型属不正规半日混合潮, 潮汐日不等现象显著, 平均潮差 1.0m~1.5m, 最高潮位 2.21m~3.70m, 最低潮位 -1.1m~-1.6m。

潮流性质属不正规半日潮流, 潮流运动形式属往复流, 南北向流动。一般落潮流速大于涨潮流速, 最大流速深圳湾为 24cm/s~88cm/s, 理论最大流速可达 180cm/s~195cm/s。

根据 2001 年 4 月 26 日~27 日(大潮期)和 5 月 3 日~4 日(小潮期)的现场测流和计算分析, 潮流性质属不正规半日潮流, 浅海分潮较为显著; 潮流运动形式为明显的往复流; 落潮流历时长于涨潮流历时, 落潮流平均流速大于涨潮流平均流速; 最大可能潮流流速可超过 180cm/s。这与历史资料基本相吻合。

该次实测余流表明, 海域表层余流强, 各测站流速都在 10cm/s 以上, 个别站高达 39cm/s, 表层余流流向均为东南向, 与落潮时主流向基本一致; 底层余流较弱, 基本在 5cm/s 以下, 流向变化较为紊乱, 底层余流方向与表层有较大的差别。

2.1.3 波浪特征

广东省沿海波浪主要是由季风和热带气旋引起的风浪为主。

风浪主要受季风和热带气旋的影响。沿岸波浪的最多浪向决定于季风方向。热带气旋过程中最大波高出现的最多浪向是 E-SE, 以 SE 向居多, 珠江口年出现频率 31%。

连岛工程附近海域波高由外向里逐渐减小。据赤湾站资料, 以风浪为主, 年平均波高仅 0.2m, 最大 1.0m(S~SSW), 常浪向为 SE~SSW, 频率为 25.3%, 曾在 1983 年 9 号强台风登陆珠江口时, 测得最大波高 1.92m。如遇热带气旋袭

击，妈湾 20 年一遇的波高可达 2.98m~3.53m。

(1) 珠江口波浪要素特征

以珠江口东、西两边的大亚湾和荷包岛的波浪统计资料来表征珠江口波浪主要特征，其中尤以荷包岛最能代表，见表 2.1。由表可看出，珠江口平均波高 1m 左右，最多波向 SE。

表 2.1 珠江口波浪要素统计表

地点	平均波高 (m)	最大波高 (m)	平均周期 (S)	最大周期 (S)	最多波向	所占频率 (%)
大亚湾	0.8	4.6	5.8		SE	32.2
荷包岛	1.1	7.3	5.1	11.3	SE	50.0

(2) 荷包岛逐月平均波高和最大波高

由于广东沿岸夏季盛行西南风，风向与海岸线平行。6 月，4 级以上西南风出现频率 76%，7 月、8 月，4 级以上西南风出现频率分别为 42%、52%。到了珠江口海域，受岛屿和珠江口地形影响，不同区域风向、风速和波浪强度差异较大。珠江口西南荷包岛面临南海，海面开阔，其波浪资料具有更大代表性。根据荷包岛 1981 年~1982 年的实测资料统计，强浪向为 SW 和 E 向，其平均波高为 1.3m 和 1.2m，见表 2.2。

表 2.2 荷包岛波高及周期各向统计表

要素	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	不明
平均波高(m)	1.0	1.2	1.2	1.1	0.8	1.3	0.4	---	1.0
最大波高(m)	1.7	3.3	3.3	5.5	2.9	3.1	1.0	----	3.0
平均周期(S)	5.0	5.0	4.4	5.0	4.0	5.0	2.4	----	4.5
频率 (%)	0.8	11.9	7.7	50.0	12.0	3.3	0.1	0.0	14.1

(3) 赤湾波浪特征

根据赤湾 1982 年~1983 年观测资料统计, 平均波高只有 0.2m, 常浪向为 SSE、SE、S 向, 强浪向为 SSW、SW 和 W 向。

2.2 区域地质条件

2.2.1 区域地质地貌特征

深圳市位于莲花山断裂带西南段, 区内以 NE 向构造为主, 以深圳断裂为最大, NW 向为次, 断裂规模较小。

西部沿岸陆域第四系地层发育, 仅南头半岛、坪洲、沙湾一带为花岗岩, 平原上第四系地层厚 15m~20m, 主要为含蚝粉砂淤泥组成, 底部有 2m~6m 厚底砾层。

据中交水运规划设计院深圳设计公司的资料, 大铲岛和小铲岛由燕山期花岗岩组成, 山体陡峻裸露, 与潮滩陡坡相接, 花岗岩伏于浅滩下, 岸面向海倾斜。根据 2001 年 1 月 37 个钻孔揭露, 在连岛工程水域范围, 海底面在 -8.5m~0.7m, 地层自上而下依次为:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------|
| (1) 第四系海积层(Q ^h) | 淤泥, 流塑状态, 一般层厚 6m~10m |
| (2) 第四系冲洪积层(Q ^{al+pl}) | 粘土, 层厚 1.0m~13.8m |
| | 淤泥质粘土 |
| | 粗砂、砾砂 |
| (3) 第四系残积层(Q ^{e1}) | 砂质粘土 |
| (4) 燕山期侵入岩(γ_5^3) | 全风化层 |
| | 强风化层 |
| | 中风化层 |

与深圳市关系比较密切的西江地震构造带和莲花山地震构造带, 对深圳市范围内产生破坏性地震或强震的可能性不大。1990 年全国地震烈度区划图, 本港区地震基本烈度为 7 度。

深圳市海岸地貌丰富多样，西部海岸为滨海平原台地区，属平原海岸类型，岸线平直，泥滩宽广。

自交椅湾至深圳湾顶，除南头半岛端部、大铲岛和小铲岛为花岗岩山地海岸外，大部分岸段为冲积海积平原海岸，坪洲以北岸线较顺直，以南岸线曲折，半岛与浅海湾相间；沿岸有东宝河、福永河、西乡河、大沙河、深圳河等汇入伶仃洋。

西岸海滩有砾滩、沙滩、泥滩等类型，海滩发展较迅速，年平均淤浅 1.2cm~2.4cm。

伶仃洋为喇叭形河口湾，在径流和潮流的作用下形成大致以 5m 等深线为界的“三滩两槽”水下地貌。东槽自虎门起，上段为穿鼻水道，水深 10m 以上；中段为矾石水道拦门浅滩，水深 6m~7m；下段为南头水道接香港暗士敦水道，其中 10m 等深线末端伸至大铲岛至妈湾一带海域。

东槽上段穿鼻水道为落潮流冲刷槽，下段的南头一暗士敦水道为涨潮流冲刷槽；矾石水道为过渡段浅段和盐水楔滞流点。东滩先涨先落，转流期有较明显的回流；东滩与东槽间有纵向槽边沙脊，各沙脊间及其与沿岸潮滩间是浅水潮沟和潮流通道。南头一暗士敦水道潮流作用强，涨潮主流偏深槽东侧，落潮主流偏深槽西侧，深槽长期保持相对稳定。大小铲岛工程附近海区地形分布见图 2-1。

近些年来，西部海域的西槽和中滩略有东移，东槽缩窄，南头一暗士敦水道 10m 深槽退缩变窄。90 年代以来，各港区淤积加快，妈湾、赤湾、蛇口等港区的年最大淤积厚度达 2m~3m。南头水道的潮流作用强，涨、落潮流动力轴和输沙特征基本未变，但断面缩窄后，潮流强度有所减弱，西部岸线的深水港资源已受到一定的损坏。

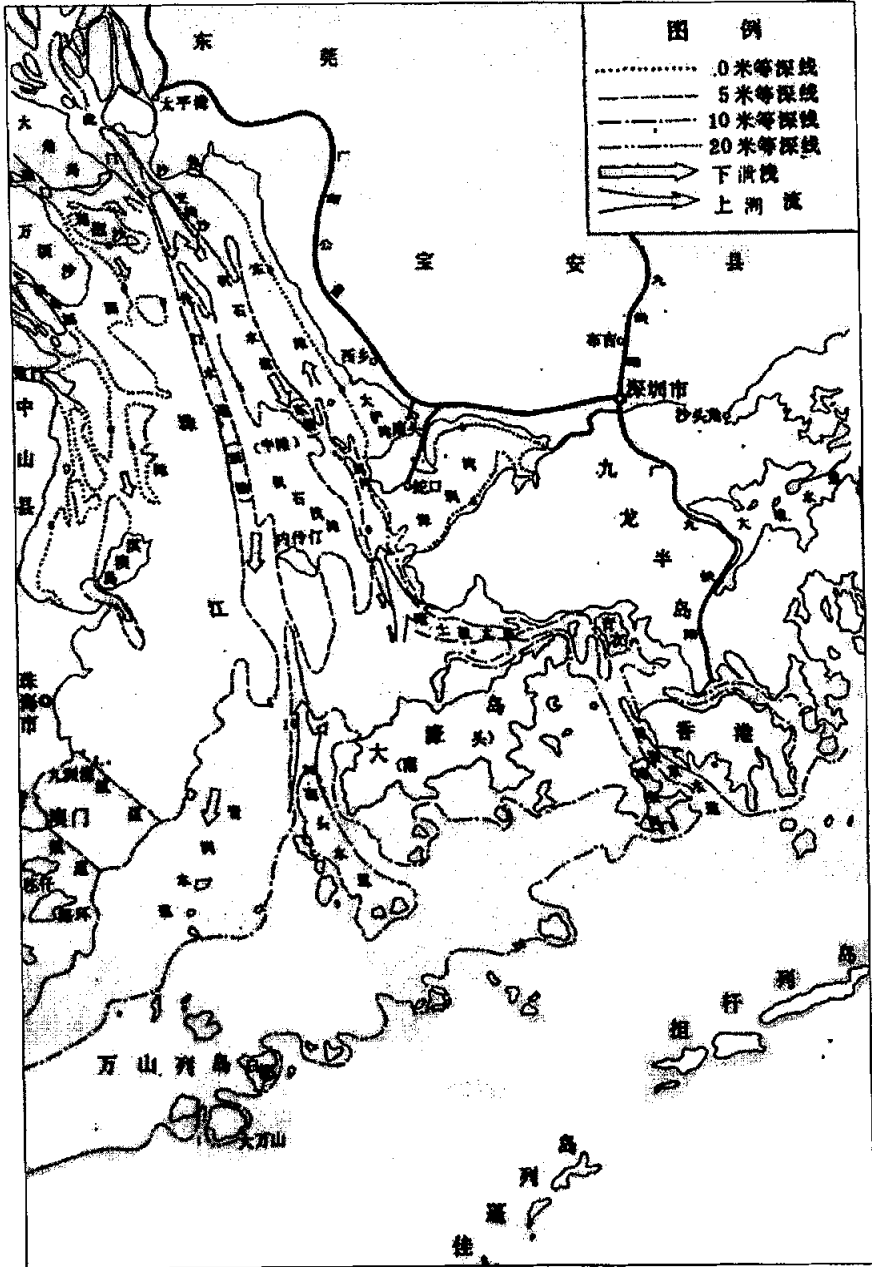


图 2-1 大小铲岛工程附近海区地形分布

2.2.2 泥沙来源与水体含沙量分布

据有关资料统计,珠江流域多年平均输入三角洲河网的悬移质沙量约 $8700 \times 10^4 \text{t/a}$, 其中虎门、洪奇沥、蕉门、横门等四口门流入伶仃洋海域的沙量约 $2757 \times 10^4 \text{t/a}$, 从赤湾—内伶仃岛—金星门断面下泄到外伶仃洋海区的沙量为 $552 \times 10^4 \text{t/a}$, 表明约有 80% 的陆源来沙主要沉降在内伶仃洋海区, 其余 20% 则输出伶仃洋。此外, 约有 $300 \times 10^4 \text{t/a}$ 推移质进入伶仃洋海域, 由蕉门、洪奇沥、横门三口门输入的推移质泥沙主要在口门附近沉降, 虎门输入的推移质泥沙沿东、西槽输移较远, 往往在中段槽底堆积。

涨潮流由海域带入少量泥沙, 在枯水季节, 潮流净输沙方向指向河口湾内, 但全年输沙总量指向海域。涨潮流输入的泥沙, 大部分是由落潮流由湾内输出后再回返输入的。

由于淡水径流是河口区悬移质泥沙的主要来源。伶仃洋含沙量以洪水期落潮期间最大, 见图 2-2 之 B; 枯水期涨潮期最小, 见图 2-2 之 D。在平面分布上西部三个口门最高, 为 $0.14 \text{kg/m}^3 \sim 0.26 \text{kg/m}^3$, 东部的矾石水道和东部浅滩较低, 通常小于 0.10kg/m^3 。铜鼓海区东部的暗士敦水道最低, 为 $0.02 \text{kg/m}^3 \sim 0.051 \text{kg/m}^3$, 在整个海域是西北高、东南低的分布格局, 见表 2.3 和图 2-2。

当淡水与咸水混合时, 极易产生絮凝作用, 使泥沙富集, 形成最大浑浊带。铜鼓岛附近是伶仃洋最大浑浊带活动的区域, 在洪水季节, 最大浑浊带通常在盐度 3~10 的海域形成, 最高含沙量可达 $1.28 \text{kg/m}^3 \sim 1.59 \text{kg/m}^3$, 为一般含沙量的 8 倍~12 倍; 枯水季节, 最大浑浊带形成于盐度 16~22 的海域, 含沙量一般达 0.60kg/m^3 , 是平常的 3 倍~5 倍。该海域最大浑浊带在一个潮周期摆动的范围 2km, 季节活动范围在 8km~13km, 其上限为福永至南朗联线一带, 下限在西乡至淇澳岛联线一带。

表 2.3 工程附近海域悬沙含量统计表 单位: kg/m^3

位 置	层 次	洪季含沙量				枯季含沙量			
		大 潮		小 潮		大 潮		小 潮	
		平均	垂线 平均	平均	垂线 平均	平均	垂线 平均	平均	垂线 平均
伶 仃 水 道	表	0.036	0.151	0.043	0.090	0.034	0.057	0.027	0.059
	中	0.084		0.040		0.057		0.062	
	底	0.332		0.186		0.081		0.089	
矾 石 水 道	表	0.016	0.109	0.026	0.056	0.052	0.070	0.026	0.046
	中	0.047		0.028		0.067		0.044	
	底	0.264		0.113		0.091		0.067	
内 伶 仃 岛 南	表	0.017	0.071	0.012	0.023	0.042	0.066	0.036	0.053
	中	0.051		0.021		0.053		0.052	
	底	0.145		0.034		0.103		0.071	
大 铲 岛 南	表	0.016	0.043	0.007	0.012	0.037	0.041	0.028	0.033
	中	0.034		0.013		0.038		0.032	
	底	0.080		0.015		0.047		0.039	

大、小铲岛附近海域,大潮期水体悬沙含量表层为 $0.0058 \text{ kg}/\text{m}^3 \sim 0.1104 \text{ kg}/\text{m}^3$; 底层为 $0.0121 \text{ kg}/\text{m}^3 \sim 0.5728 \text{ kg}/\text{m}^3$, 见表 2.4, 悬沙中值粒径为 $5.55 \phi \sim 7.02 \phi$ ($8 \mu\text{m} \sim 24 \mu\text{m}$)。小潮期水体悬沙含量表层为 $0.0025 \text{ kg}/\text{m}^3 \sim 0.0337 \text{ kg}/\text{m}^3$; 底层为 $0.0047 \text{ kg}/\text{m}^3 \sim 0.2648 \text{ kg}/\text{m}^3$, 悬沙中值粒径为 $5.57 \phi \sim 6.86 \phi$ ($9 \mu\text{m} \sim 23 \mu\text{m}$), 见表 2.5。大、小潮期悬沙均属细粉砂, 这种泥沙易于沉降, 又易于进入再悬浮状态。大潮期落潮平均悬沙含量略大于涨潮平均悬沙含量, 小潮期涨落潮悬沙含量变化不明显, 因受海底地形和水动力影响, 底层悬沙含量变化较大。

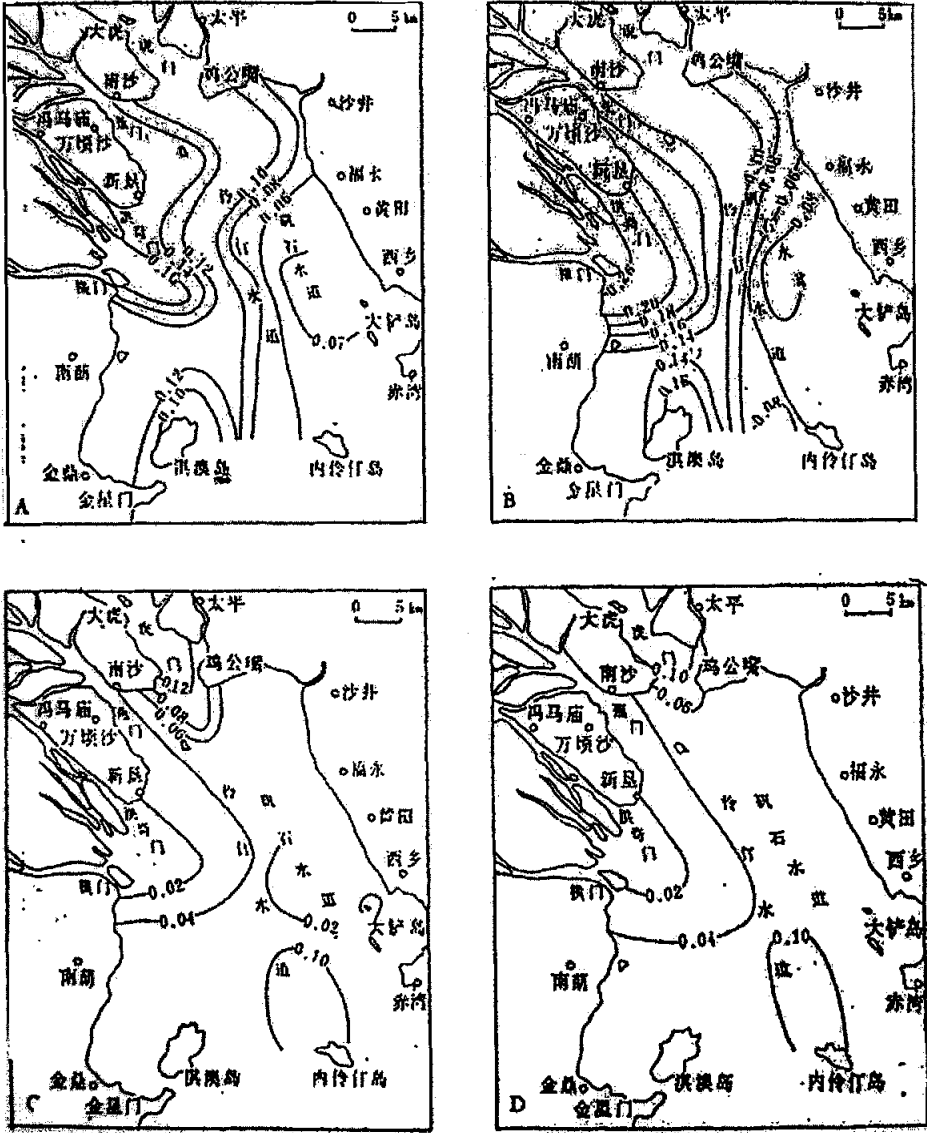


图 2-2 伶仃洋海域水体含沙量分布图

表 2.4 大、小铲岛附近海域含沙量统计表 单位: kg/m^3

kg/m ³	层次	表 层		底 层		平 均	
		潮时		潮时		潮时	
		涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮
大 潮	01	0.0363	0.0428	0.2133	0.0920	0.0396	0.1527
	03	0.0206	0.0217	0.0643	0.0573	0.0425	0.0395
	08	0.0183	0.0223	0.0974	0.0959	0.0579	0.0591
小 潮	01	0.0107	0.0124	0.1522	0.0611	0.0815	0.0368
	03	0.0155	0.0184	0.0340	0.0256	0.0248	0.0220
	08	0.0127	0.0108	0.0978	0.0973	0.0553	0.0541

表 2.5 大、小铲岛附近海域水体含沙量中值粒径统计表 单位: ϕ

潮期	大 潮			小 潮		
	01	03	08	01	03	08
涨憩	6.39~6.50	5.96~6.58	6.25~6.34	5.90~6.18	5.58~6.14	5.87~6.13
落急	6.06~6.32	6.30~6.62	5.55~6.34	6.11~6.15	5.69~6.86	6.01~6.40
落憩	6.07~6.14	6.08~7.02	6.31~6.43	6.19~6.55	5.15~6.02	5.57~6.06
涨急	6.38~6.49	6.00~6.18	6.04~7.00	6.23~6.57	6.02~6.08	6.18~6.62

大、小铲岛附近海域的洪、枯季大潮期,落潮输沙始终占优势,净泄沙量一般有 $1.0 \times 10^4 \text{kg}/\text{d} \sim 1.5 \times 10^4 \text{kg}/\text{d}$,最大可达 $3.2 \times 10^4 \text{kg}/\text{d}$;小潮期的净泄沙量很小,仅为 $980 \text{kg}/\text{d} \sim 1890 \text{kg}/\text{d}$,见图 2-3。

2.2.3 表层沉积物分布特征

伶仃洋表层沉积物类型有粗砂砾、中砂、细砂、粉砂、砂质粘土和粉砂质粘土及粘土质砂等,其分布具有如下特征:

(1) 由湾顶向外沉积物由粗变细,在横门、洪奇沥、蕉门的河口区,表层沉积物主要以中细砂堆积为主,其余大部分海区以粉砂质粘土为主;

(2) 内伶仃洋东部沉积物较细、西部较粗，在东部大、小铲岛附近海区表层沉积物以粉砂质粘土为主，其中在大铲岛西南侧出现淤泥混砂类型，西部海区有较大的细砂和粘土质砂分布，见图 2-4。

(3) 伶仃东、西槽因受潮流冲刷海底出现有不连续的砾砾、中细砂和硬粘土的分布。

根据国家海洋局南海工程勘察 2001 年 4 月 26 日~27 日和 5 月 3 日~4 日进行海上调查资料分析，连岛工程附近海域沉积物粒度分析结果见表 2.6。由表可见，海域表层沉积物主要为粘土质粉砂和粉砂为主；冲刷槽内以砾质砂或粉砂质砂为主，颗粒较粗。结合历史资料，工程附近海区沉积物分布见图 2-5。

表 2.6 沉积物粒度分析成果表

沉积物名称	粒 组 含 量 (%)				粒 度 系 数			
	砾	砂	粉砂	粘土	Md _s	Qd _s	SK _s	Mo _s
粘土质粉砂			72.90	27.10	6.590	1.635	0.035	6.50
粘土质粉砂			75.30	24.70	6.340	1.545	0.125	4.50
粘土质粉砂			69.50	30.50	6.550	1.680	0.750	5.50
粉砂			86.40	13.60	4.960	0.955	0.765	4.50
粘土质粉砂			73.50	26.50	6.400	1.060	0.430	5.50
粘土质粉砂			66.50	33.50	6.220	2.265	0.905	4.50
粘土质粉砂			77.40	22.60	6.180	1.440	0.160	4.50
粘土质粉砂			75.00	25.00	5.500	1.590	0.910	4.50
砾质砂	25.84	61.95			0.310	1.395	0.065	-0.50
粉砂质砂	6.11	65.22	23.17	5.50	2.340	2.315	0.815	2.50

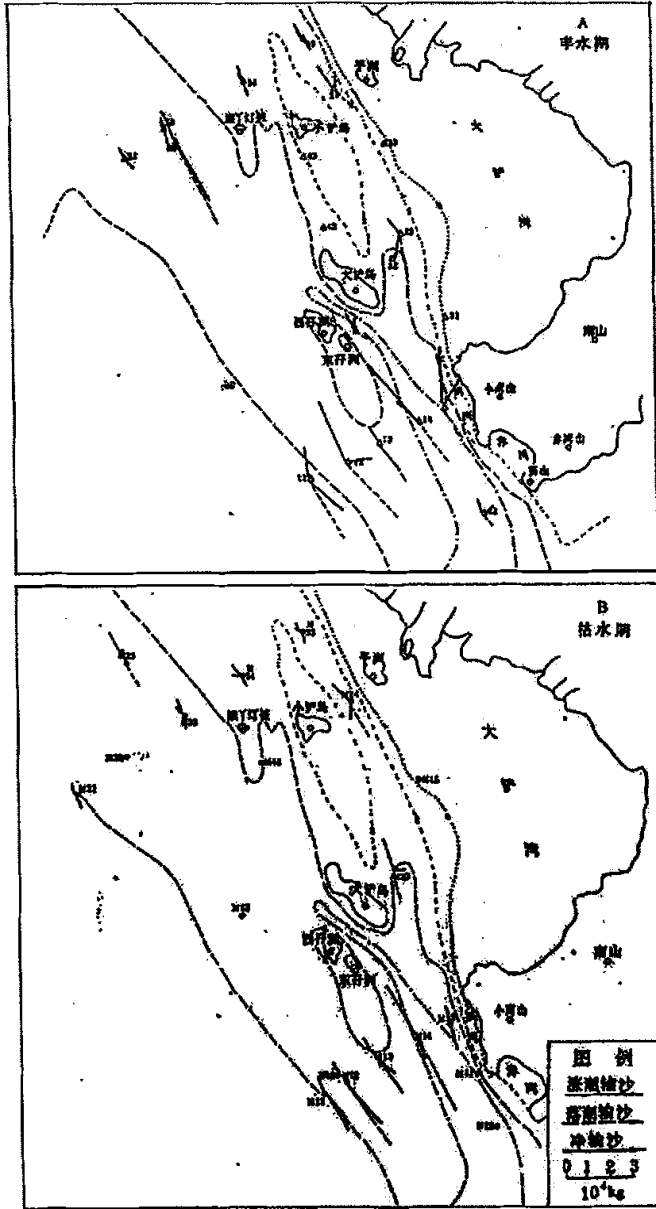


图 2-3 大、小铲岛海域单宽输沙量矢量图

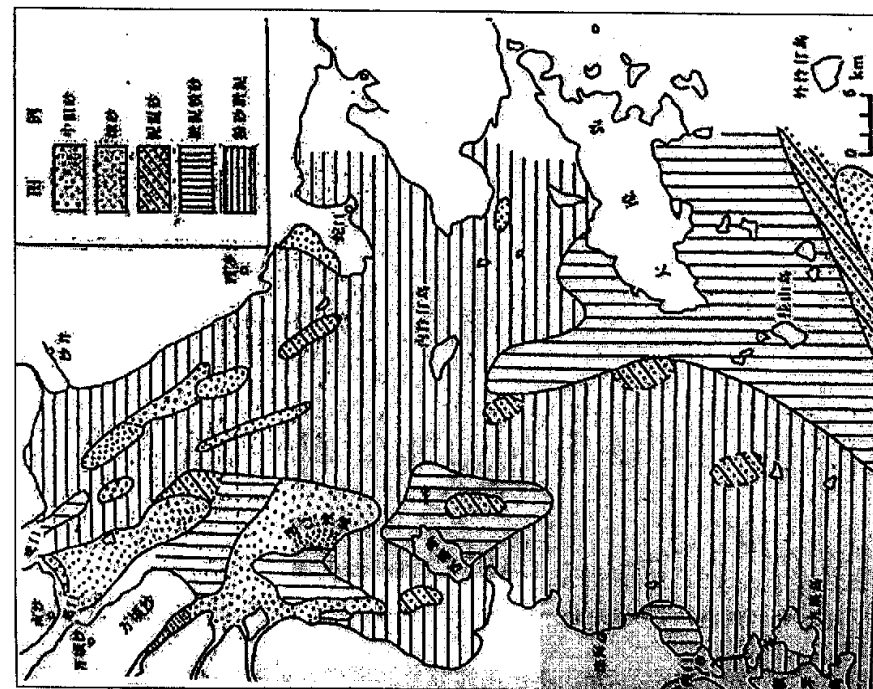


图 2-4 伶仃洋表层沉积物类型图

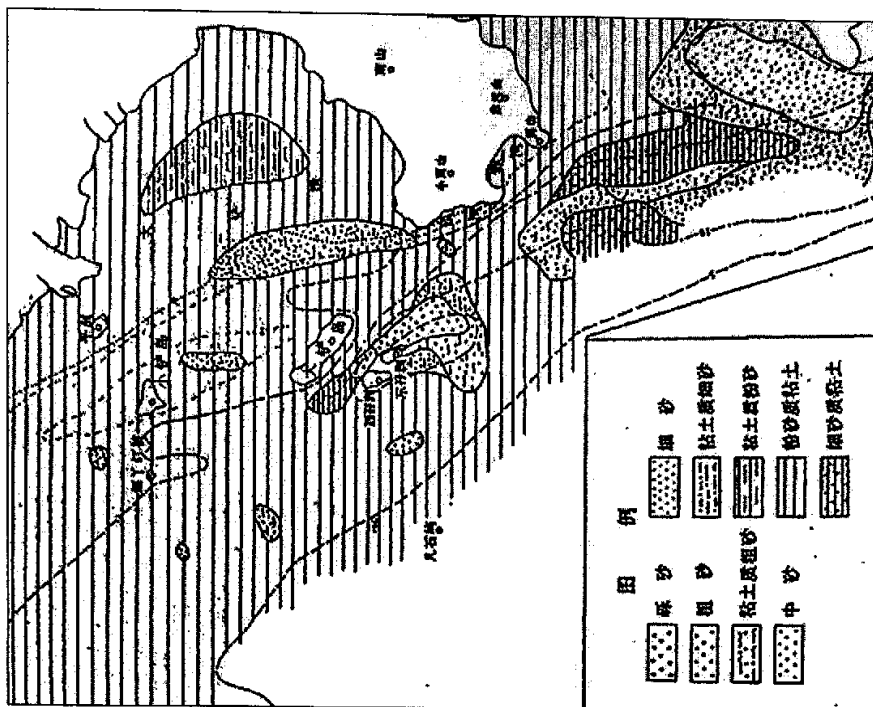


图 2-5 大铲岛与小铲岛附近海域沉积物类型

2.2.4 岸滩与海底地形冲淤特征

伶仃洋处于现代珠江三角洲迅速向海推进的地带，河流泥沙出口后迅速沉积，因而伶仃洋总的以淤积为主。根据不同时期的海图，伶仃洋“三滩两槽”的水下地形的格局基本是1901年以后才开始形成。在此之前，东、西两侧浅滩已经存在，但伶仃洋中部水深大部分皆大于5m，其间虽有分布水深3m~5m的浅滩，但面积甚小。据有关资料分析，1883年~1898年间平均每年淤积量为1532万m³，1898年~1954年间平均每年淤积量为1857万m³，1954年~1974年间平均每年淤积量为2295万m³，淤积量有愈来愈大的趋势。前人对伶仃洋海域淤积速率的研究结果见表2.7。

表 2.7 伶仃洋和大、小铲岛附近海域沉积速率

分析方法	海 区		样品深度 (m)	年 龄	沉积速率 (cm/a)	资料来源	
水 深 对 比 法	伶仃洋				12.0	参考文献 13	
	伶仃洋				2.4	参考文献 14	
	矾石浅滩				1.4	参考文献 14	
	铜鼓浅滩				1.2	参考文献 13	
	沙洲浅滩				1.0	参考文献 13	
输 沙 平 衡 法	伶仃洋				1.6	参考文献 14	
	伶仃洋				2.1	参考文献 14	
	内 伶 仃 洋	西	北段			5.9	参考文献 14
			南段				参考文献 14
		中滩				0.75	参考文献 14
	东滩						参考文献 17
		中滩				0.71	参考文献 18
	东滩				0.30	参考文献 13	
¹⁴ C	大 铲 湾		0.85~2.05	2060~2240	0.10	参考文献 13	
	赤 湾		4.4	3750~3970	0.11	参考文献 13	
	赤腊角湾		11.0	1420	0.11	参考文献 13	
²¹⁰ Pb	大铲湾口		2.38		3.31	参考文献 13	
	铜鼓浅滩				0.70	参考文献 13	

(1) 中滩地形冲淤特征

在 1898 年的海图上可以看出,当时北部的拦江沙只呈长条状分布,为水下沙脊,长约 11km,宽约 500m~600m,水深 3m~6m;1907 年海图上长约 10km,其北部段略有淤高,部分水深略小于 3m。从 1883 年到 1907 年,矾石浅滩遭受冲刷,形成宽约 2m~3m 的冲槽,这时矾石浅滩与拦江沙是不相连的。1907 年以后,中槽萎缩消亡,矾石浅滩与拦江沙连接起来,矾石浅滩迅速淤长,5m 等深线包围的浅滩面积由 1883 年的 54.3km² 扩展到 100.2 km²,以后浅滩仍继续向东、南扩大,到 1974 年中滩面积达 116.5 km²、1989 年中滩面积再增到 149.8 km²,从 1883 年~1989 年每年递增约 0.90 km²,是伶仃洋内浅滩发展最快之处。在矾石浅滩发展过程中,有两处浅滩的发展是最为关键的,一是内伶仃岛北浅滩的向北发展,二是铜鼓岛南侧浅滩向南发展,如 1907 年以前的海图上内伶仃岛南北两端的沙嘴已经存在,总长度约 7.5km,水深 3m~5m,到 1907 年北沙嘴向北发展,已形成长约 14km,水深 3m~5m 的浅滩,同时在它的东南方,发育了向南伸展的东南浅滩,直伸至铜鼓岛西侧,由此形成了矾石浅滩的主体和东槽(矾石水道)、西槽(伶仃水道)的雏形,而铜鼓岛南侧的浅滩,1898 年的海图已有显示,当时水深 3m~5m 的边滩,规模较小,其向南延伸已到达沙洲。这一情况相对稳定,维持多年,直到 1966 年变化都不大。但沙洲南侧的边滩从 1898 年以来,不断扩大,特别是 1933 年~1948 年以后,在沙洲的西南侧发育了规模颇大的沙洲浅滩。1951 年水深小于 5m 的部分,其宽度和长度分别为 3.5km 和 2.5km,到 1974 年则扩张到 3.9km 和 7.5km,使矾石水道下段(暗士敦水道)和伶仃洋水道南段的水流受到阻隔,不再畅通无阻了,东、西两槽的形态得到进一步的发展和确立。1989 年铜鼓岛与沙洲 5m 的边滩已相连,在铜鼓岛西侧因受涨、落潮流的作用,出现水深大于 5m 的水道。

从上述分析表明,中滩(即矾石浅滩)是 1907 年以后由内伶仃岛南、北沙嘴(主要为北沙嘴)、东南浅滩、铜鼓边滩和沙洲浅滩等组合发展起来的,近年的发展方向主要是向东和向南,其北部的拦江沙近期虽有向北伸长的趋势,但形

态上仍是狭条状。由此可见，中滩西侧因受伶仃水道强水流的冲刷作用，限制了中滩向西的发展。

(2) 东槽地形冲淤特征

东槽位于伶仃洋砂体堆积的最东缘，受西滩淤长影响较小，水深和位置较稳定，但也有变化。10m 等深线水道的北端，1955 年时尚可至大铲岛，1974 年~1989 年已消退至妈湾附近。再如 1907 年以后由于拦江沙与矾石浅滩之间的中槽的萎缩消亡，使水流归集于矾石水道的下段，使水道有所扩张。同时，由于矾石浅滩向东扩展，迫使东槽水流轴线东移，引起东滩有一定的冲刷和缩小。

(3) 东滩地形冲淤特征

东滩指伶仃洋东部边滩，宽 1km~4km，大小铲岛工程位于伶仃洋东滩。根据 1955 年、1974 年和 1989 年海图比较，见图 2-6，除凹入陆地的深圳湾、大铲湾和交椅湾淤积速度较快，速率达 1cm/a~3cm/a 以外，其余岸段浅滩淤积较慢，一般速率只有 0.5cm/a~1.5cm/a。东滩的某些岸段浅滩还受到冲刷，如交椅沙北段外坡、公沙外坡等处 5m 等深线向东岸推进，平均速度为 10m/a~20m/a。在大、小铲岛附近海区，在妈湾、赤湾岸段和大铲岛西侧 5m 等深线变化不大，但在大铲岛东部与小铲岛西南部的海底地形受到冲刷，5m 等深线向北东延伸。西孖沙和东孖沙 5m 等深线由西向东摆动，在其西侧的矾石水道东边的 5m 等深线略向东缓慢移动，与西滩比较，东部岸滩处于相对冲淤平衡状态。

2.3 区域海洋灾害

影响连岛工程海域的海洋灾害主要有热带气旋、暴雨(洪涝和风暴潮)等。

2.3.1 热带气旋

热带气旋灾害性天气主要是大风、暴雨和风暴潮等三个方面，居工程海域海洋灾害之首。

深圳市位于珠江口热带气旋影响和登陆频繁的惠东县至台山市之间岸段的中部，热带气旋活动的次数多，季节长，以7月~9月为盛期。

据1953年-2002年登陆珠江口地区台风统计资料，50年间在珠江口岸段登陆的热带气旋共53个，年平均1.06个。出现时间集中在6月-10月份，占全年总数的92%。其中8月份最多，有16个，7月和9月份次之，各有11个。其中直接在深圳登陆的共有4次。

据赤湾海洋站实测8309号台风的最大风速为30m/s(NNW)，瞬时风速达40m/s以上。当热带气旋正面侵袭时，最大风速可达40m/s以上。

2.3.2 暴雨、大风

深圳市是多暴雨的地区，多出现在3月~11月，降水强度大，突发性强，时空分布不均匀，尤其是暴雨比较集中的6月上旬前后以锋面雨为主的“龙舟水”和9月以台风雨为主的“白露水”，多年平均台风雨为689mm，占多年平均降水量35.4%，造成洪、潮、涝灾害交侵，如1993年9月23日台风暴雨和1998年5月24日锋面低槽暴雨均造成一定范围的洪涝。茅洲河和深圳河的洪涝灾害，尤为频繁。由于降水集中，容易造成局地洪涝。年平均暴雨日为9天，日最大降水量为341.8mm。

年平均风力 ≥ 6 级的出现天数为9.9天， ≥ 8 级的出现天数为8.4天，主要出现在热带气旋影响、登陆期间和冬季季风期。

2.3.3 风暴潮

珠江口是一个风暴潮较为严重的海区之一。据记载自1848年~1949年的近百年时间里，遭受台风灾害约60多次，其风暴潮位均在2.0m以上，最高可达3.37m，其中舢板洲、蕉门口的南沙，实测风暴潮位高达2.60m~2.65m，又如6411号、6415号台风在珠海、澳门登陆时，赤湾海洋站实测风暴潮最大增水为1.96m。

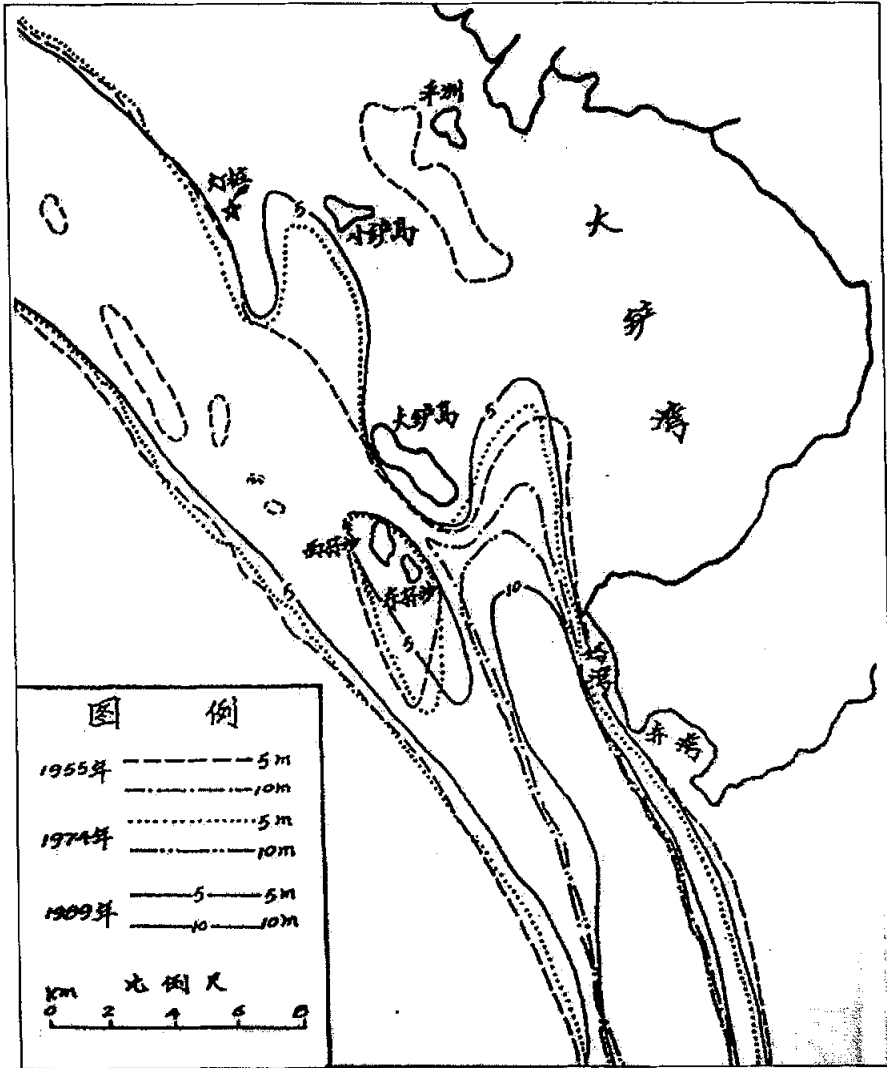


图 2-6 大铲岛与小铲岛 (1955 年~1989 年) 地形演变图

2.4 连岛工程的可行性分析

从自然环境条件和地理位置考虑,大小铲岛工程位于深圳市西部海区,距陆地最近约 2.25km,其周围岸线及海域主要用于港口交通运输业、港口工业、海底管线和保护区等。根据深圳市 1999 年 10 月制定的《深圳市海洋功能区划报告》和《深圳市海域开发利用总体规划(1998 年~2010 年)》,大小铲岛连岛填海造地区,规划为港口交通运输、港口工业、仓储,辅以适当的城镇建设。工程的建设符合规划的要求。从气候气象条件,这里属南亚热带海洋性季风气候区,具有气候温和、阳光充足、雨量丰沛和受季风交替影响等特征。夏季多为东南风,冬季多为东北风,年平均风速为 2.8m/s。海域年平均气温 24.8℃,月平均气温以 1 月最低为 14.1℃,7 月最高为 28.2℃;年平均降水量为 1948.4mm,主要集中在 4 月~9 月,年平均降水天数为 144.7 天。年平均相对湿度为 80%左右。这些对连岛工程的建设比较有利。

要特别注意的是大风、暴雨和风暴潮等主要灾害性天气的影响。深圳市位于珠江口热带气旋影响比较频繁岸段,热带气旋活动的次数多,季节长,以 7 月~9 月为盛期,最大风速可达 30m/s,瞬时风速达 40m/s 以上。深圳市也是多暴雨的地区,多出现在 3 月~11 月,降水强度大,突发性强,时空分布不均匀,年平均暴雨日为 9 天,日最大降水量为 341.8mm。年平均风力大于 6 级的出现天数为 9.9 天,大于 8 级的出现天数为 8.4 天,主要出现在热带气旋影响、登陆期间和冬季季风期。珠江口风暴潮较为严重,风暴潮位均在 2.0m 左右,最高可达 3.37m,这在大小铲岛连岛的陆域高程以及围堰的高度设计上是必须考虑的。恶劣天气对工程的施工将造成一定的影响。

从海洋水文条件看,海域潮流性质属不正规半日潮流,潮流运动形式属往复流,南北向流动。一般落潮流速大于涨潮流速,最大流速为 24cm/s~88cm/s,理论最大流速可达 180cm/s~195cm/s。表层余流强,流速在 10cm/s 以上,表层余流流向均为东南向,底层余流较弱,流向变化较为紊乱。

波浪主要是由季风和热带气旋引起的风浪为主。沿岸波浪的最多浪向决定于季风方向。热带气旋过程中最大波高出现的最多浪向是 E-SE，以 SE 向居多，珠江口年出现频率 31%。工程附近海域波高由外向里逐渐减小。如赤湾附近海域年平均波高仅 0.2m，这对大小铲岛连岛工程的建设是有利的。

从地质地貌条件看，这一地区的地质地貌条件不算复杂，未发现活动断层。区内以深圳断裂为最大，NW 向为次，断裂规模较小。表层沉积物类型有粗砂砾、中砂、细砂、粉砂、砂质粘土和粉砂质粘土及粘土质砂等，海底流塑状态淤泥质沉积层厚度 6m~10m。海区附近没有强大的泥沙流，大铲岛、小铲岛西部海底地形受到冲刷，存在一个 5m 冲刷槽并向北延伸，目前其冲刷速度已经显著减少，5m 等深线向北平均移动速度为 20m/a。海底垂向侵蚀速度为 1~2cm/s。大铲岛、小铲岛东部浅滩淤积较慢，一般速率只有 0.5cm/a~1.5cm/a，东部水深 3m~4m 的浅水航道淤积甚微，处于相对冲淤平衡状态。这对工程的建设是有利的。

大小铲岛工程有一定的综合经济效益和一定的环境生态效益，其自然条件与社会经济之间是协调，符合省、市制定的海洋功能区划，并且《大、小铲岛连岛造陆工程方案设计》中提出“将大、小铲岛区填筑成水晶状，最大宽度与大铲岛目前自然宽度 1200m 相近，南北长 4450m，南北两端适应水流取楔形”的设计方案在很大程度上消除了工程实施后可能带来的一些负面影响。工程建设有利的方面大大优于不利的影响，而不利的影响多数是局部的、暂时的，工程的建设是可行的。

3 大小铲岛工程对环境的影响分析

大小铲岛连岛工程围垦面积大，工程之后，由于受新岸线的影响，工程附近海域及航道水流流速及流向发生变化。人工岛建成之后，外海传入的波浪会受到岛屿的反射及障碍作用，因而岛屿附近的波浪场会改变。这种水动力条件的变化可能改变附近海域的泥沙冲淤规律，对附近港池及航行产生深远影响。连岛工程需要吹填 1800 万 m^3 泥沙，在吹填工程中，溢流泥沙扩散会影响海水水质，并在附近海域造成泥沙淤积。本文根据连岛工程建成后主要用于发展港口交通运输的特点，着重讨论工程建设过程及工程建成后对周围自然环境（包括水动力环境、周围水域岸滩和海底地形等）、港口航道和海洋生物资源可持续开发利用等方面的影响。

3.1 工程对水动力的环境影响分析

任何一项海洋工程的建设都可能对其周围自然环境产生一定的影响，为了分析工程后海区水动力条件的变化及其影响程度，国家海洋局南海工程勘察中心在该项目的海域使用论证报告中采用数值模拟方法，通过建立三维水动力模型、波浪绕折射模型及泥沙模型，预测分析工程后海区的流速流向变化、波浪场变化、溢流泥沙扩散及海床冲淤变化。下文结合其模拟结果分析连岛工程对附近海域环境的影响。

3.1.1 工程后的潮流场变化分析

由于连岛工程之后，岸线发生了变化，因而工程区域附近的局部潮流会发生一定的变化。图 3-1、图 3-2 分别为工程前高潮和低潮时流场，图 3-3 ~ 图 3-4 分别为工程后相应时刻流场。比较工程前后的流场可知，工程前后的潮流场非常接近，工程对潮流场的影响较小，只有连岛工程东、西侧水域的流速都略有增大。连岛工程对潮流场的影响小，其原因在于新增岸线大致与工程前的潮流流向平行，因而对潮流流向改变不大；工程后海域面积虽然减小，但围填面积相对于伶仃洋只是极小的一部分，工程对伶仃洋的纳潮量影响甚微。总之，不会因连岛工程对潮流场的改变而造成海床淤积，相反有利于工程之后两侧水道的维护，不影响其正常的港口功能与航道航行。

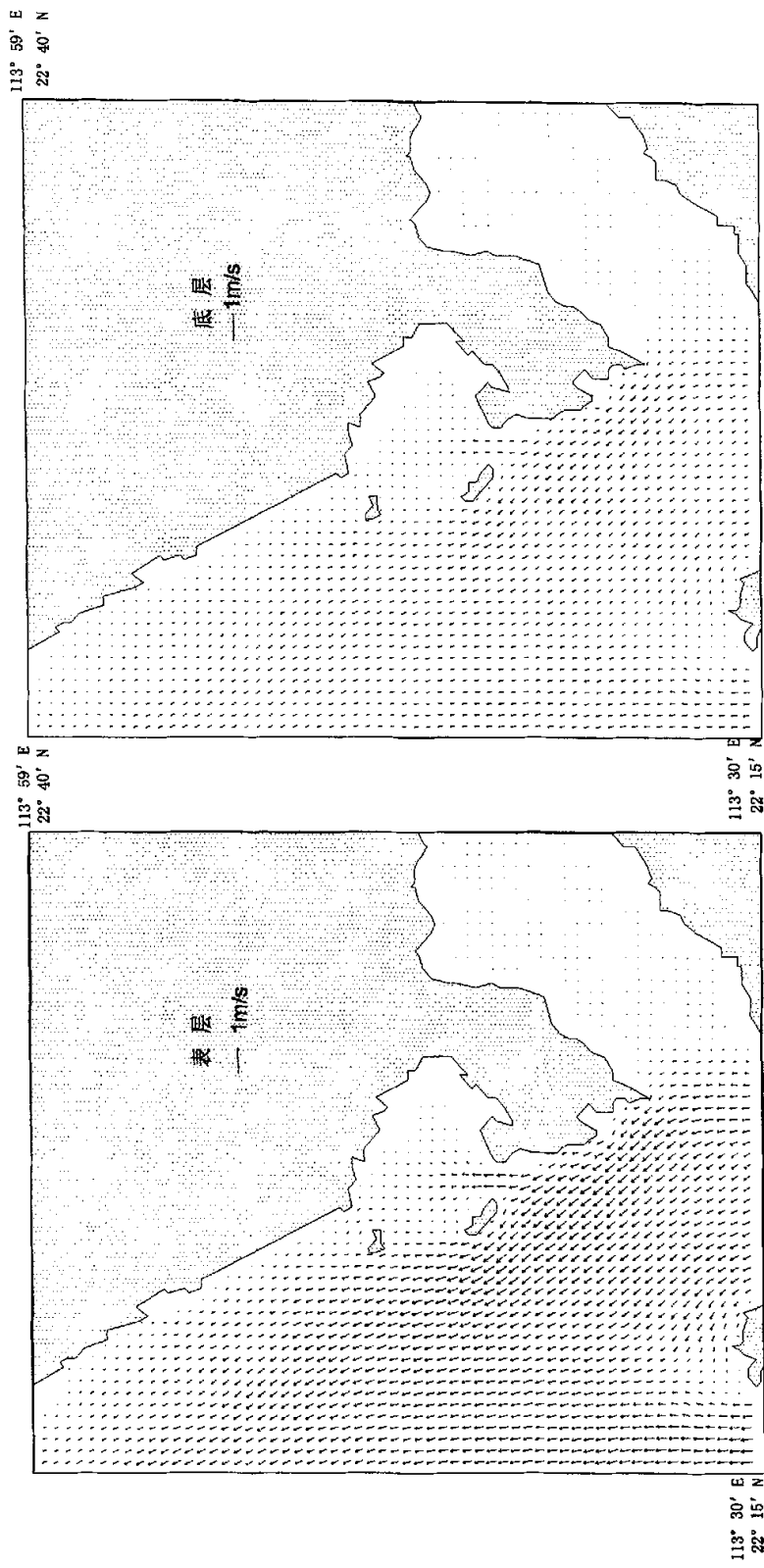
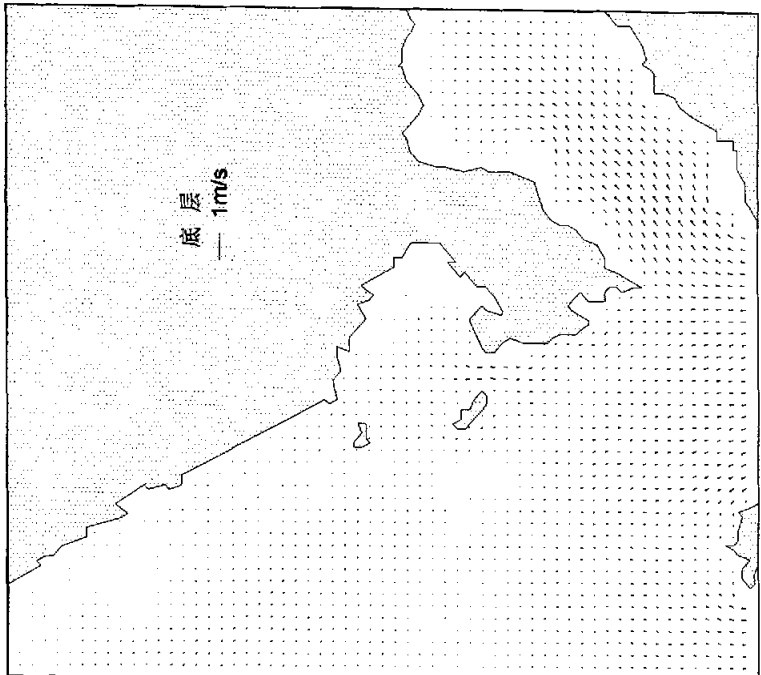


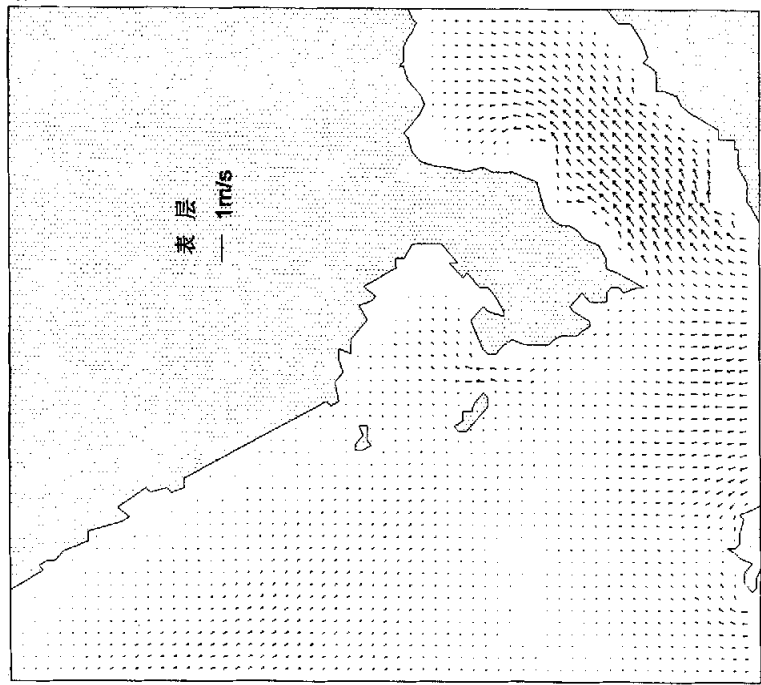
图3-1 工程前高潮时流场

113° 59' E
22° 40' N



113° 30' E
22° 15' N

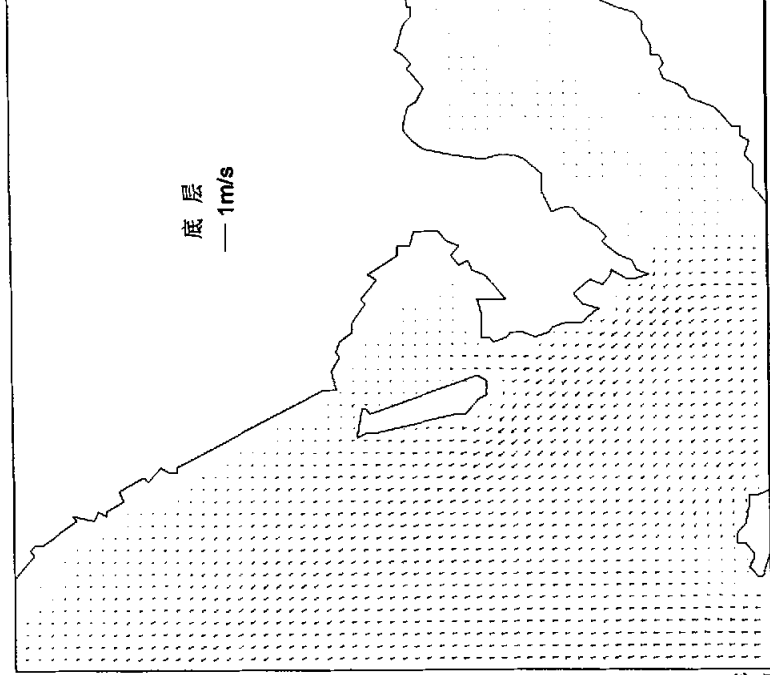
113° 59' E
22° 40' N



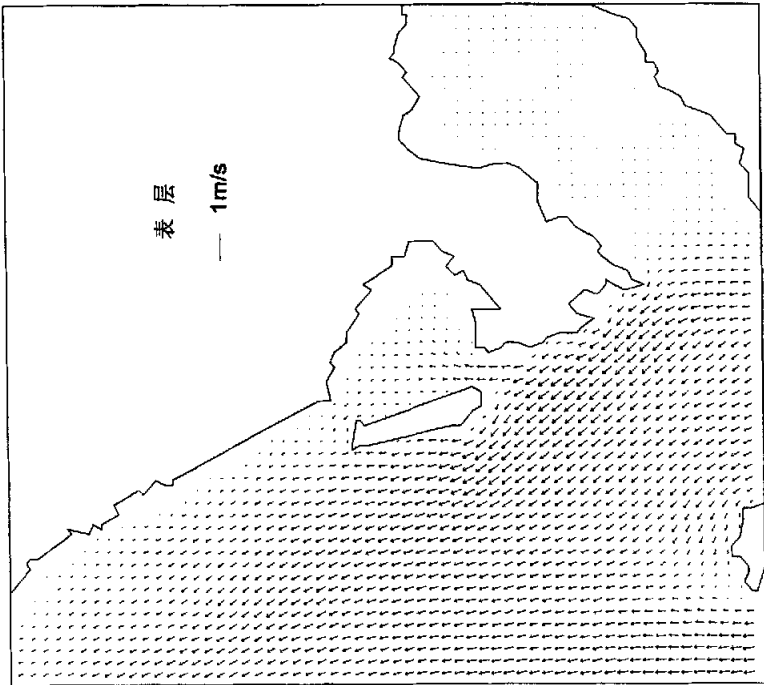
113° 30' E
22° 15' N

图3-2 工程前低潮时流场

113° 59' E
22° 40' N



113° 59' E
22° 40' N



113° 30' E
22° 15' N

113° 30' E
22° 15' N

图3-3 工程后高潮时流场

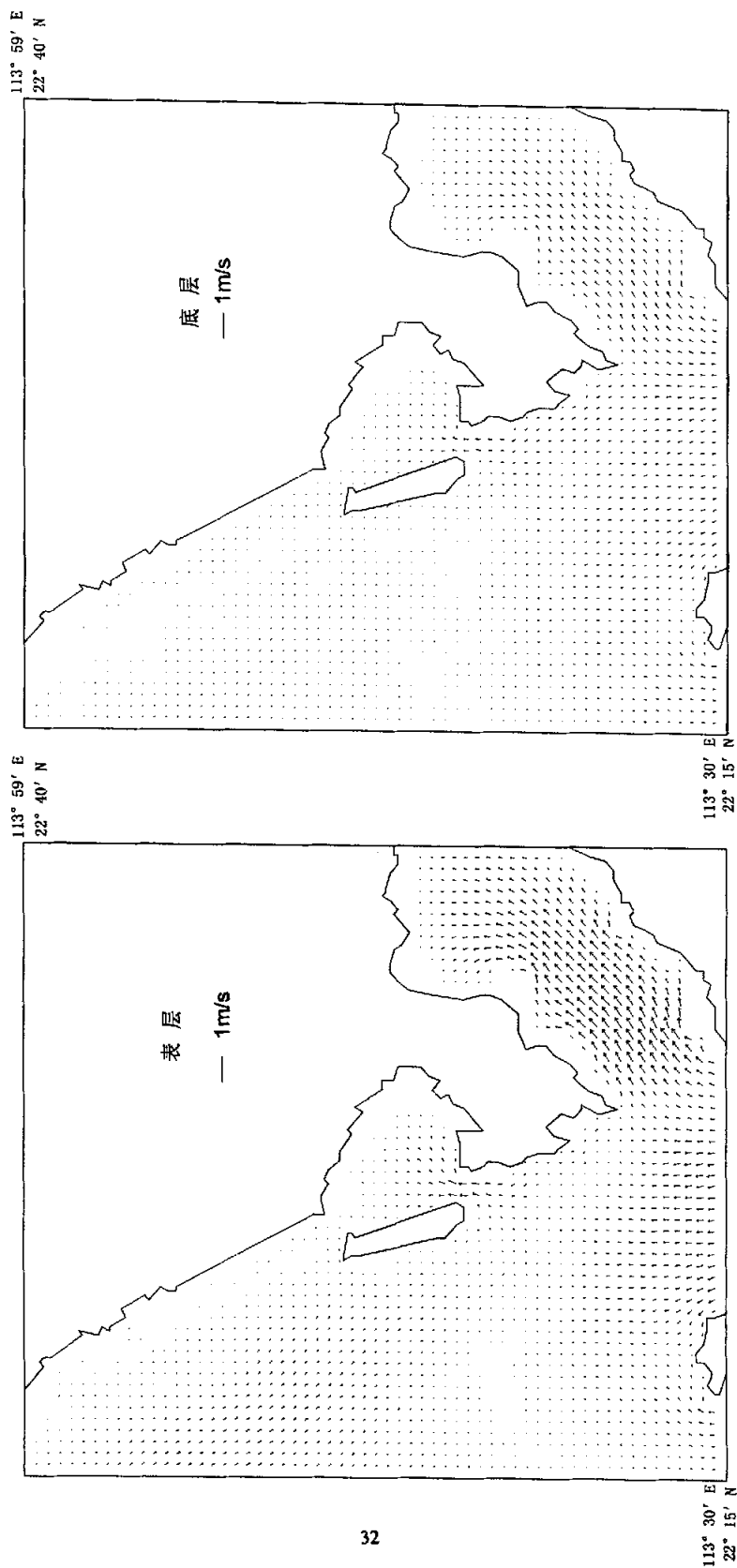


图3-4 工程后低潮时流场

3.1.2 吹填过程中溢流泥沙扩散分析

根据《大、小铲岛连岛造陆工程方案设计》以及铜鼓航道疏浚采用 4500m^3 自航耙吸船疏浚工程船提供的数据,考虑吹填泥浆应在围堰内流动、沉淀尽可能长的距离,保证溢流量中含沙量小于 $2\%\sim 5\%$ 。溢流泥沙扩散模型参数采取吹填量为 1800万 m^3 ,工期 1 年,吹填时泥水含沙量为 30% ,当溢流泥沙含量为 2% 时,排海泥沙量为 88万 m^3 ,排放强度为 $7.4\times 10^4\text{g/s}$;当溢流泥沙含量为 5% 时,排海泥沙量为 237万 m^3 ,排放强度为 $19.9\times 10^4\text{g/s}$ 。泥沙沉速统一采用 0.45mm/s 。溢流口可设在西围堰,也可在东围堰。

本文以溢流泥沙控制最高含量 5% ,分别在东、西围堰排放,来分析预测泥沙的扩散范围及沉积厚度。

图3-5~图3-8为溢流泥沙浓度为 5% ,分别在东、西围堰排放时扩散的泥沙浓度分布。在东、西围堰两侧附近海域,水深不大,不到 10m ,由于垂向扩散及沉降特性,泥沙垂向分布比较均匀,在排放点附近,表层泥沙浓度大于底层。离排放点较远的区域,表、底层泥沙浓度分布趋势一致,浓度值大小接近。泥水团沿围堤方向呈羽状分布,在围堰附近水域,泥沙浓度较高,随着离排放点及围堰的距离增加,泥沙浓度急剧下降。在涨潮过程中,泥水团随潮流向北扩散。在落潮过程中,泥水团随潮流向湾口扩散。因在落潮过程中,越近湾口流速越大,泥沙的扩散范围也越大,排放点排放的泥沙稀释得越快,到低潮时,泥沙扩散范围达到最大,见图3-5、图3-6。在涨潮过程中,往湾顶的流速逐步减小,排放的泥沙扩散范围不如落潮过程中排放泥沙的扩散范围大。

当溢流口设在西围堰时,溢流泥沙主要扩散在连岛工程区的西侧深槽内,围堰边泥沙浓度最大,大铲湾内及深圳湾内的泥沙浓度极小,见图 3-6、图 3-8。溢流泥沙浓度为 5% 时,最大泥沙浓度大于 10mg/L 的区域沿岸长约 8km ,宽约 1.5km ,大铲湾内及深圳湾内的泥沙浓度虽有所增大,但并不显著,见图 3-9。

当溢流口设在东围堰时,溢流泥沙主要扩散在连岛工程的东侧深槽内,同样也是围堰边泥沙浓度最大,尽管大铲湾浅滩离排放点较近,但泥沙主要沿流

向扩散, 浅水区域内泥沙浓度还是较小, 见图 3-5、图 3-7, 与溢流口设在西围堰相比, 排在连岛工程东侧海区的泥沙扩散范围较小, 这主要是该区域内水流流速较小, 泥沙随流扩散速度慢, 泥沙的沉积加快。溢流泥沙浓度为 5% 时, 最大泥沙浓度大于 10mg/L 的区域沿岸长约 4.5km, 宽不到 1km; 浓度大于 50mg/L 的区域沿岸长约 1.5km, 见图 3-9。

图 3-10 是浓度为 5% 的溢流泥沙分别在东、西围堰排放时造成的泥沙淤积厚度分布。当溢流口设置在东侧围堰时, 泥沙主要沉积在东侧航道内, 且岸边淤积较多。当溢流口设置在西侧围堰时, 由于水深、流速都相对要大, 泥沙的扩散范围广, 但沿岸泥沙淤积的强度小, 泥沙在西侧排放时, 大铲湾内的泥沙沉积小。由于连岛工程东侧海域水深较小, 且堰边海域作为泊位之用, 又有养殖区邻近, 溢流口设置在西侧围堰更为合适。

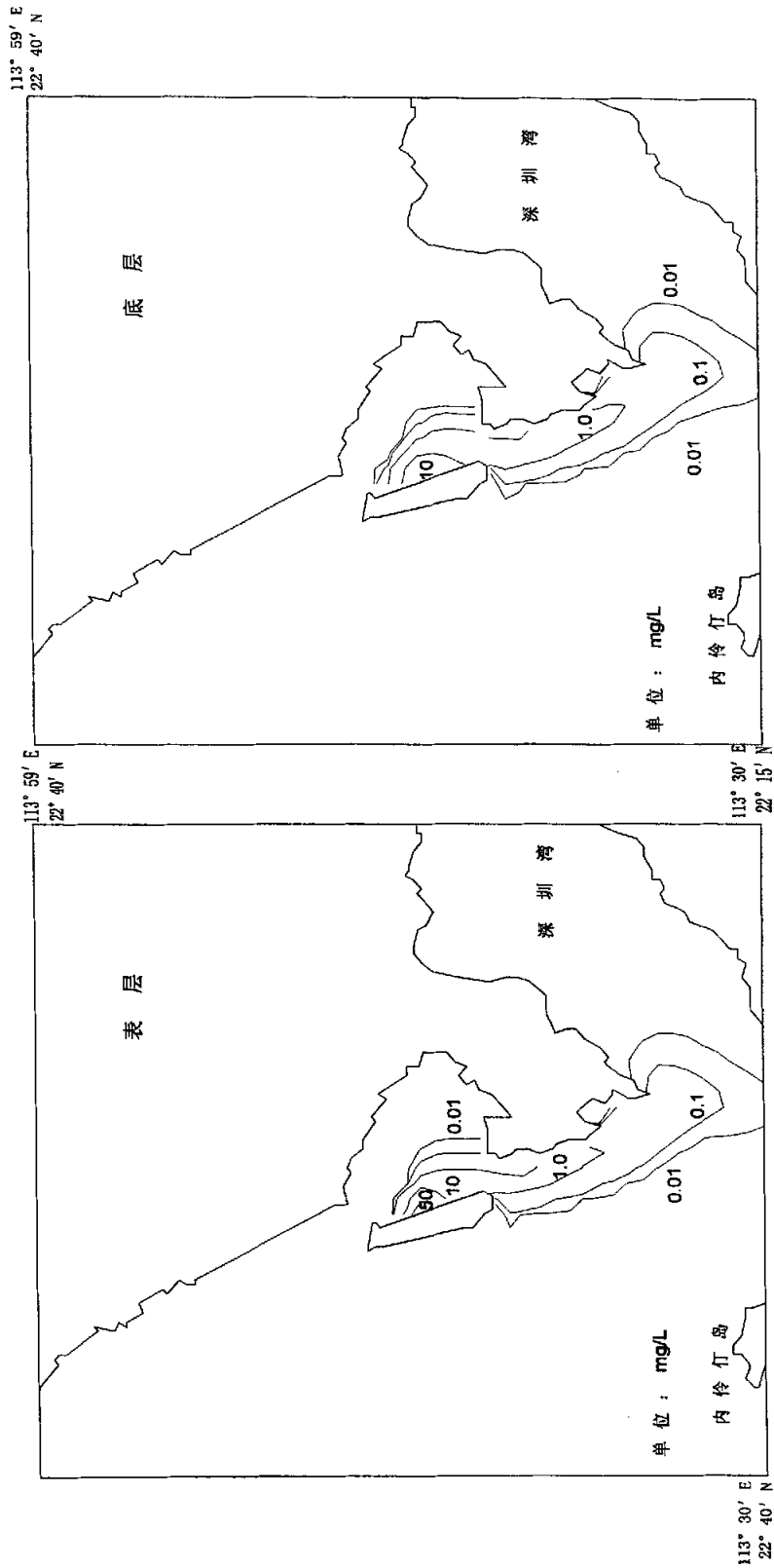
3.1.3 平均波高折绕射计算结果分析

根据本文 2.1.3 波浪的统计特征, 选定珠江口 S、SW 两个方向的平均波高 1.3m 的波浪, 应用海洋谱的缓坡折绕射数学模型, 向湾内进行折绕射计算, 同时, 还以 7.4m/s 的 SW 风从珠江口外向里吹刮(大万山平均风速 6.5m/s, 黄茅洲平均风速 8.3m/s, 两者平均 7.4m/s)进行小风区计算, 并两者结果进行比较。

(1) S 向波浪对围填工程区域影响

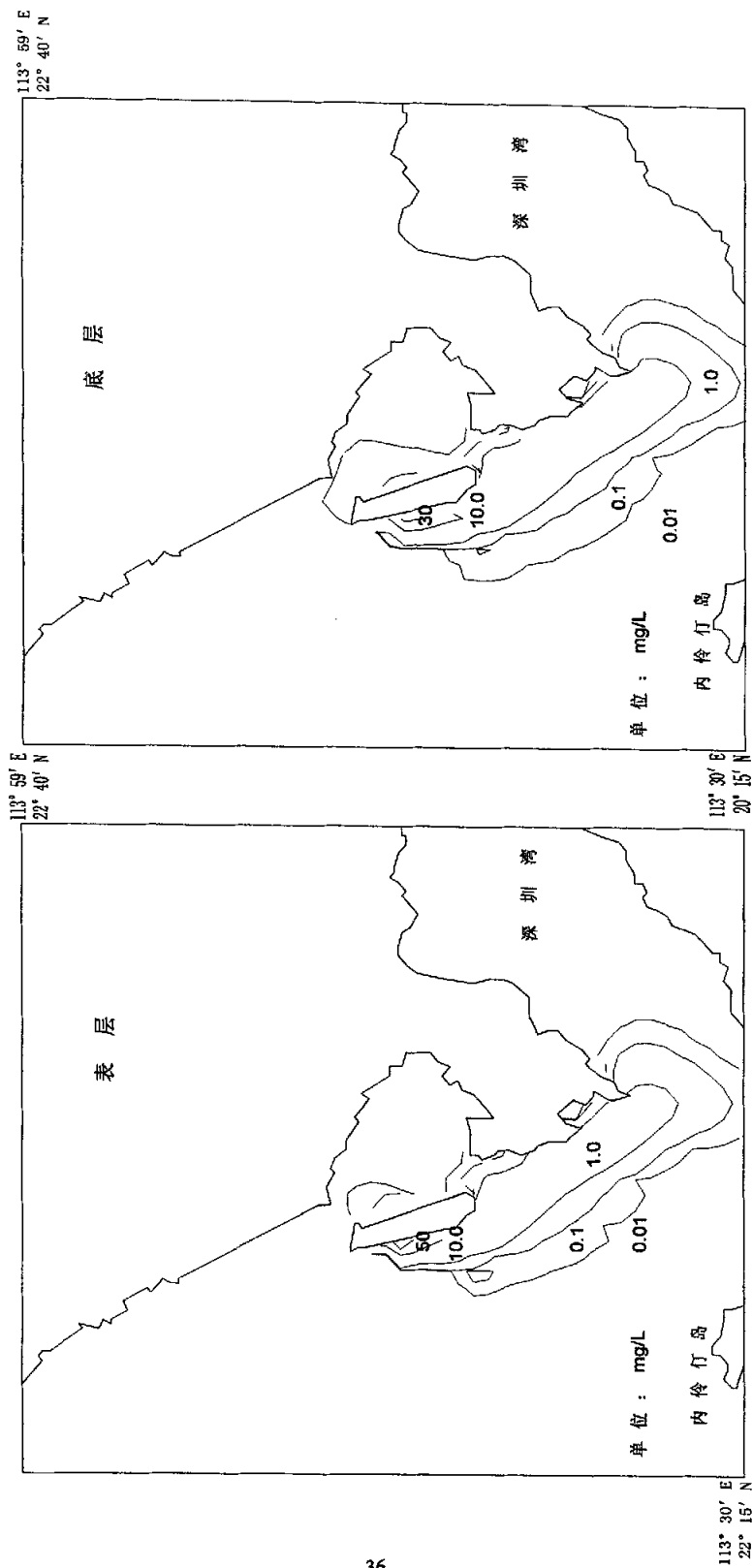
低潮时, 大铲湾西北部海岸, 由于受到小铲岛东南浅滩的掩护, 工程前后这里波浪都有显著削弱; 削弱最大的是连岛工程东缘中部, 工程后的波高只有工程前的 1/2; 大铲湾口波浪削弱不明显。

高潮时, 大铲湾西北部海岸, 由于小铲岛东南浅滩的掩护势力减弱(高潮时水深增加), 工程前波浪显著大于工程后波浪; 削弱最大的是连岛工程东缘中部, 和低潮时相比, 削弱还要加大; 大铲湾口波浪削弱不明显。



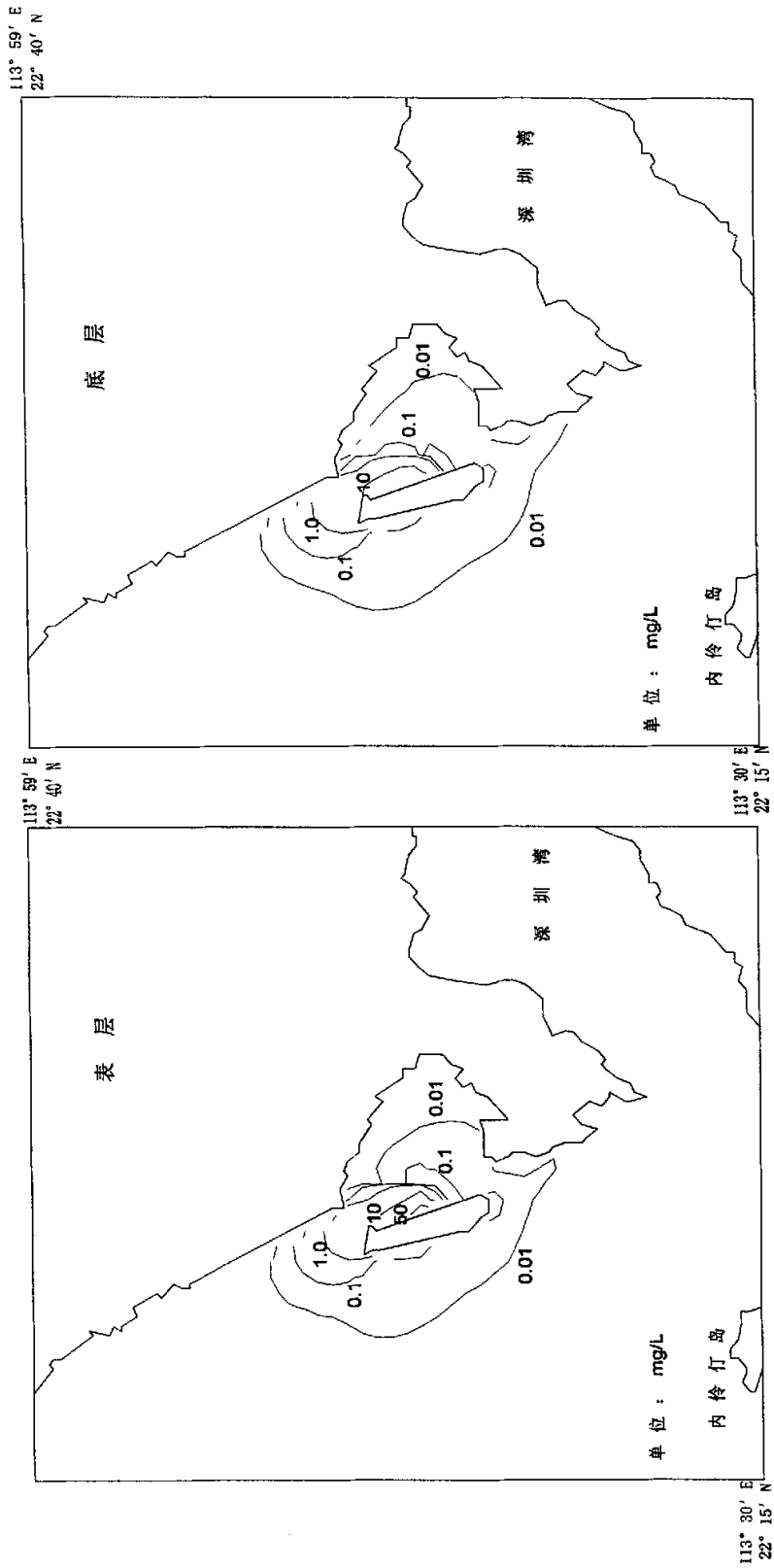
(溢流泥沙浓度为 5%, 东围堤排放)

图3-5 低潮时溢流泥沙扩散分布



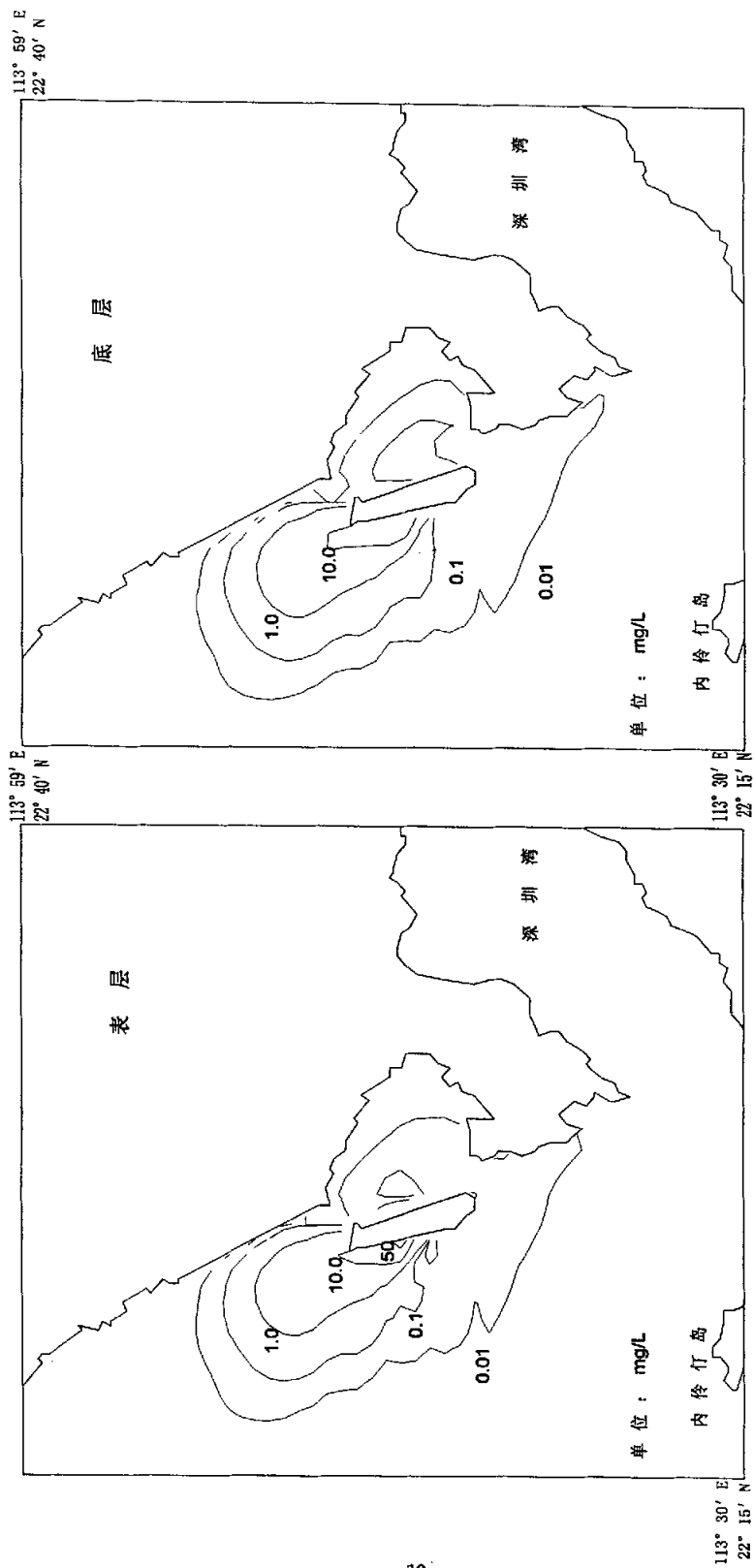
(溢流泥沙浓度为 5%, 西围堤排放)

图3-6 低潮时溢流泥沙扩散分布



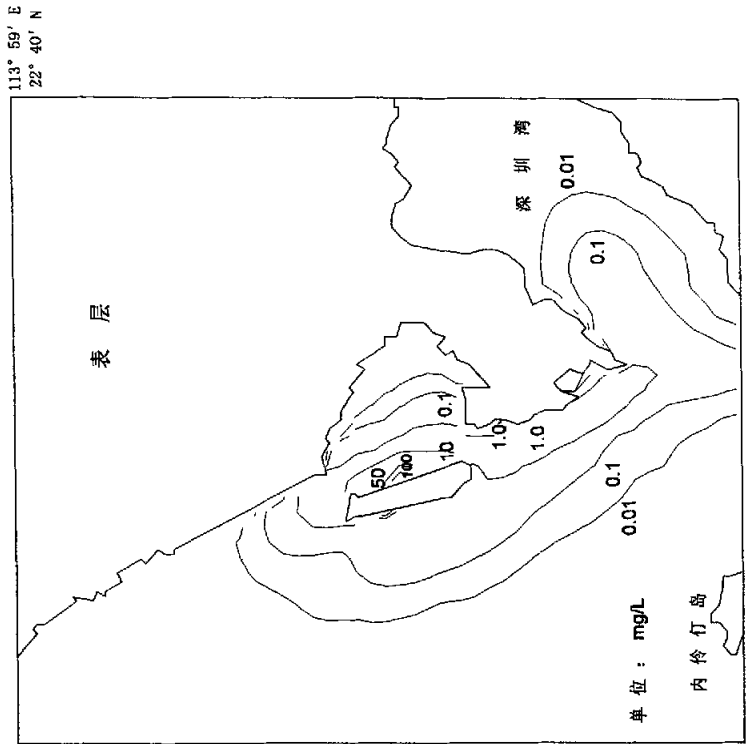
(溢流泥沙浓度为 5%, 东围堤排放)

图3-7 高潮时溢流泥沙扩散分布

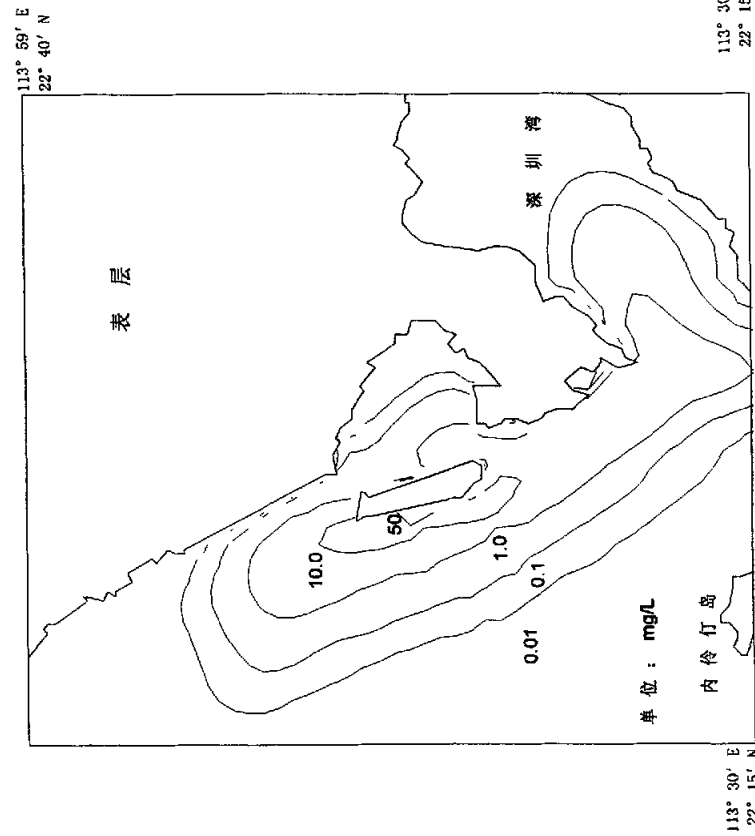


(溢流泥沙浓度为 5%, 西围堤排放)

图3-8 高潮时溢流泥沙扩散分布



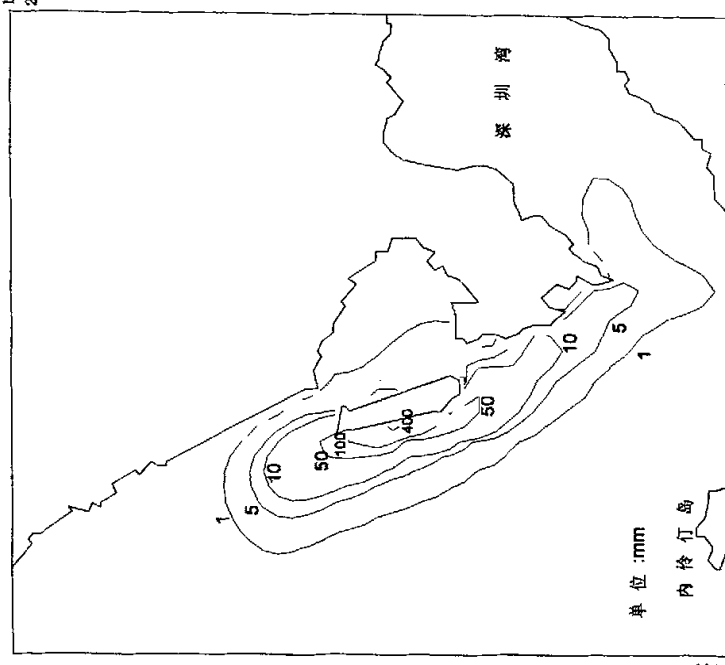
(溢流泥沙浓度为 5%, 东围堤排放)



(溢流泥沙浓度为 5%, 西围堤排放)

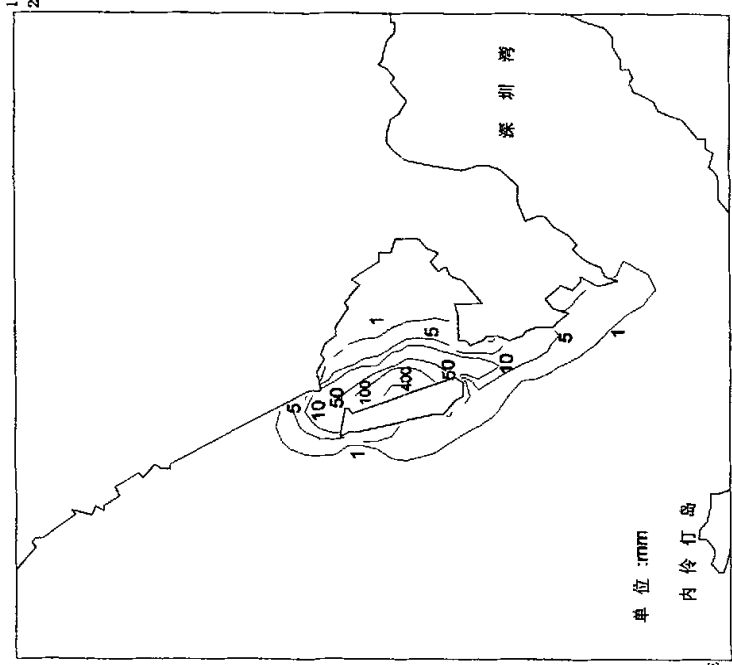
图3-9 最大泥沙浓度分布

113° 59' E
22° 40' N



(溢流泥沙浓度为 5%, 西围堤排放)

113° 59' E
22° 40' N



(溢流泥沙浓度为 5%, 东围堤排放)

113° 30' E
22° 15' N

113° 30' E
22° 15' N

图3-10 溢流泥沙沉积厚度分布

(2) SW 向波浪对围填工程区域影响

低潮时，大铲湾西北部海岸，由于受到小铲岛东南浅滩的掩护，工程前后这里波浪都有显著削弱；连岛工程东缘中部削弱最大，在大铲湾口波浪仍然被削弱 1/2，它表明连岛工程对 SW 浪有很好掩护作用。

高潮时，大铲湾西北部海岸，由于小铲岛东南浅滩的掩护势力减弱（高潮时水深增加），工程前后波高差不多；连岛工程东缘中部削弱最大，在大铲湾口波浪削弱不足围填前的 1/2。

3.1.4 极值波高推算

珠江口外是广东的大浪区之一，用大万山 1984 年~1986 年海浪资料，不分方向年报值按对数分布推得 H_{\max} 分别为 50 年一遇 10.08m、25 年一遇 9.05m、10 年一遇 7.80m，以此依据，应用浅海折绕射模型，求得工程区域码头前缘高潮时 50 年一遇为 4.08m、25 年一遇为 3.70m、10 年一遇为 3.19m，和中交水运规划设计院深圳设计公司已经用小风区方法推算出设计波浪要素基本一致，这里只将他们结果列出如表 3.1。

表 3.1 设计波要素

重现期 (年)	各累积频率的波高 H_F (m)					周期 T (S)	波长 l_1 (m)
	$H_{1\%}$	$H_{4\%}$	$H_{5\%}$	$H_{13\%}$	\bar{H}		
50	4.02	3.44	3.33	2.81	1.81	6.62	62.03
25	3.64	3.10	3.01	2.53	1.62	6.29	57.24
10	3.12	2.65	2.57	2.16	1.38	5.82	50.36
5	2.67	2.26	2.19	1.83	1.16	5.37	43.77

在高潮时刻，从 S、SW 方向传来波浪都要受到连岛工程的影响，在工程的东、东北面，波高受到不同程度削弱：

大铲湾西北部海岸，由于受到围岛堤坝的掩护，多年一遇波高显著下降：

当波浪从 S 向传来时, 这里波高只有 $(0.3\sim 0.6) \times H_{\max}$; 当波浪从 SW 向传来时, 这里波高削弱较少, 为 $(0.6\sim 0.9) \times H_{\max}$ 。

大铲湾口, 当波浪从 S 向传来时, 这里波高削弱较少, 大约为 $(0.8\sim 0.9) \times H_{\max}$; 当波浪从 SW 向传来时, 这里波高削弱最大, 为 $(0.3\sim 0.4) \times H_{\max}$ 。

由此可见, 连岛工程对风暴浪有很好掩护作用。

3.2 工程对岸滩与海底冲淤影响分析

3.2.1 大铲岛东南部矾石水道冲淤基本特征

大铲岛与小铲岛位于矾石水道东缘, 由于西子沙和东子沙的影响, 在大铲岛东南部, 矾石水道分成东西两个深槽。西部深槽受到矾石浅滩的东扩影响, 深槽槽面变窄; 而东部深槽, 则存在三种情况:

(1) 大铲岛东部, 即深槽的头部, 海底是冲刷的, 5m 等深线逐年向北伸展, 多年平均推进速度约 10m/a。其海底侵蚀速度 2cm/a~3cm/a。在连岛之后, 这种侵蚀继续存在, 海底侵蚀速度约 2cm/a。直到东部航道全部达到 4m 左右水深为止。

(2) 大铲岛东南、东子沙东部, 海底是淤积的, 10m 等深线, 逐年向南收缩, 平均收缩速度约 20m/a, 可能是受东子沙浅地形阻拦, 流速降低的缘故。

(3) 从这个部位再向南, 深槽西部淤积, 东部相对稳定: 西部 10m 等深线, 平均每年向深槽收缩 4m~5m, 20 世纪 70 年代以前, 基本不变, 70 年代以后, 加快淤积速度。深槽东部, 妈湾、赤湾岸段的 5m 以上等深线变化不大, 10m 等深线还有向岸靠拢趋势。妈湾、赤湾这段海岸特点, 基本保持到深圳湾口附近, 见图 2-5。

3.2.2 大铲岛与小铲岛连线西缘海底冲刷

大铲岛与小铲岛连线西部有一个 5m 冲刷槽向北延伸, 然后在小铲岛与西

部细丫礁盘（上有航标灯）之间通过。这个深槽在 20 世纪 50 年代~70 年代之间发展迅速，向北推进的水平方向平均速度约 70m/a，海底侵蚀速度约 6cm/a。70 年代之后，冲刷速度显著降低，向北方向推进的多年平均速度为 20m/a。海底侵蚀速度约 1cm/a~2cm/a。

连岛工程之后，根据流场数值计算和应力分析结果，大铲岛与小铲岛连线西缘海底基本都是冲刷区，6m 等深线可以直到围堤脚下，但是在深度普遍达到 6.3m~6.6m 情况下，冲刷将基本停止。由于波浪反射形成的驻波作用，最深处可能位于围堤脚下。

小铲岛至细丫北部侵蚀速度也将进一步放慢，估计 2020 年之前，5m 等深线向北平均移动速度为 10m/a。海底垂向侵蚀速度为 0.5 cm/s ~1.0cm/s。2020 年之后基本停止。

3.2.3 大铲岛与小铲岛连线东部浅水航道稳定

根据历史资料分析结果，大铲岛与小铲岛连线东部水深 3m~4m 的浅水航道淤积甚微，在连岛工程完成之后，根据海底应力分析和计算结果，东部航道将更趋稳定：

(1) 流动条件有很大改善：潮流和余流的流动方向和海岸更加平行，大铲岛与小铲岛之间垂直岸线方向流动基本消灭，顺岸流动速度也稍微加强，这些结果都会减少泥沙淤积的可能性。

(2) 减少向岸输沙量：在大小铲岛连岛工程之前，南向和西南向浪可以将矾石水道中泥沙从大铲岛与小铲岛之间向大铲湾内输送。在输送中必将越过东部 3m~4m 深水航道，一部分泥沙在那里沉积，加大那里淤积量。在连岛工程完成后，波浪输沙隔绝，也减少航道淤积的可能性。

(3) 由于水流与波浪条件的改善，在连岛工程完成之后最初时段，东航道可能会出现轻微冲刷。特别是大小铲岛之间水深浅于 4m 的航段会有明显加深现象出现。但是一旦达到 4m 左右水深，这种加深就会慢慢停止。

总之，大铲岛与小铲岛的东部水深 3m~4m 的浅水航道相对稳定，所以东部岸滩处于相对的冲淤平衡状态。

3.2.4 大铲湾的冲淤变化

大铲湾位于连岛工程东部，连岛工程完成之后，在湾口建立一道堤坝，使大铲湾只能通过南北两个水道与外界沟通。这时将发生两种变化：

波浪输沙能力大大减弱，海湾泥沙来源减少。根据波浪计算结果，连岛工程之前，西南向浪通过大铲岛与小铲岛中间开阔水域进入大铲湾，高潮时可以达到 1m 左右，然后在岸边破碎，从而形成向岸输沙的波流。波浪向岸输沙和潮流联合作用结果，可以使大铲湾淤积速率达 $1\text{cm/a} \sim 3\text{cm/a}$ 。连岛工程完成之后，大铲湾波浪输沙基本断绝，大风天气湾内波浪只能引起局地泥沙再悬浮，主要泥沙来源是水体中的悬移质和推移质，淤积速度大大降低，估计不会超过 1cm/a 。

顺时针环流加强。由于连岛之后落潮流速进一步增强，湾内将形成比连岛前更明显的顺时针环流。0m 等深线将进一步向湾内方向弯曲。

3.2.5 小铲岛西北部冲淤变化

现在小铲岛西北部是一片浅滩，这片浅滩形成显然与小铲岛对流的遮挡作用、降低流速有关。连岛工程完成后，其遮挡作用依然存在，因此浅滩不会消失，可能还会向西北方向稍稍延伸。

3.2.6 连岛工程之后海底冲淤变化

前面岸滩的动态分析表明，从 1955 年起，大铲岛与小铲岛附近基本维持西部冲刷、东部除局部区域冲刷（大铲岛东部）外，基本处于均衡的状态。只有大铲岛和东子沙之间有局部淤积，5m 等深线向东南方向推进速度约 20m/a 。在连岛之后，没有产生新的沙源，相反会使连岛区的东、西两侧海域水流更顺直，涨、落潮流速略增，海底略有冲刷：西部水深保持在 6m 左右，其中包括坝基附近水深 4m 的浅底也将逐渐冲刷到 6m；东部航道略有加深，特别中间浅处加深更大，航道水深基本都在 4m 以上，更有利于通航。加上赤湾、妈湾等

港口、航道的终年维护，大铲湾和西乡岸的筑堤和维护，沙源减少，因此对周围海底地形不会产生显著影响。至于连岛工程西北和东南方向，由于连岛之后流速加大，淤积略有延伸，估计不会超过 200m，但淤积量会相对减少。

需要关注工程之后波浪的作用。连岛工程西部对南向和西南向浪有很好掩护作用。前进波在坝前反射形成驻波。坝基附近底泥下掏，水深增加，而在坝外十或几十米处，容易出现海底沙坝，水深变浅。因此，工程完成之后，要不断对周边水深进行监测。

由于珠江水量大，且拌有大量来沙，总的来说，河口三角洲是淤积的。本文所分析的冲刷，只是在工程结束后短时间内（10 年~20 年）的调整，然后可能就转变为淤积。不过淤积速度比其他水域要慢一些罢了。

3.3 工程对港口、航道的影响分析

3.3.1 流速增加有利航道维护

根据数模计算结果，大小铲岛工程建成后，两边平直的人工海岸，使水流更加畅通，减少湍流的出现，连岛周边流速略有增加，对西部矾石水道和东部浅水航道都有轻微冲刷，有利航道维护。只在妈湾外面流速稍有降低，到赤湾流速又恢复正常。妈湾外面流速降低最大只有 3cm/s，只有潮流 70cm/s 速度的 1/35，因此也不会对妈湾有什么影响。

3.3.2 溢流泥沙对航道和港池没有影响

吹填的溢流泥沙会造成局地淤积，只要溢流水口放在小铲岛西缘，那里是自然冲刷区，就会抵消这种淤积；悬移质在妈湾外面增加量只有 0.01 mg/l ~ 0.10 mg/l，这是一个小量，一旦施工停止，此种影响立即消失。最大淤积厚度只有 1mm~5mm，也不会对航道产生显著影响。

3.3.3 波浪减弱, 有利于港口、航道的安全

通过数模计算连岛工程完成后, 对 S、SW 两个方向来的波浪, 高度均有所削弱, 起到掩护的作用, 有利于港口、航道的安全。

3.4 工程对海洋生物资源的影响分析

3.4.1 直接影响

连岛工程结果, 要将大铲岛与小铲岛之间约 3.1km^2 的水域 (其中潮间带约 1km^2) 全部吹填成陆, 生存于其中的所有底栖生物也全部被埋掉。

根据南海工程勘察中心 2001 年 4 月 26 日~27 日和 5 月 3 日~4 日进行海上调查结果分析, 生存于吹填海域内底栖生物共有 34 种, 其中甲壳动物最多, 占 13 种, 鱼类 10 种, 软体动物 5 种, 环节动物 3 种, 腔肠动物、蠕虫动物和棘皮动物各 1 种。平均生物量 $3.23\text{g}/\text{m}^2$, 平均栖息密度 $33.33\text{ind}/\text{m}^2$ 。同《广东海岛资源综合调查》结果进行比较, 大铲岛与小铲岛水域的底栖生物量只有广东省海岛的 7%, 栖息密度只有广东省海岛的 27%; 大铲岛与小铲岛水域的底栖生物量甚至低于河口海岛区, 生物量只有河口海岛的 17%, 栖息密度只有河口海岛的 23%, 因此损失相对较少。

但是, 大铲岛和小铲岛的连岛水域, 底栖生物也有自己特点, 根据调查观测结果, 连岛区多毛类生物量 $6.33\text{g}/\text{m}^2$, 显著多于海岛区 ($1.71\text{g}/\text{m}^2$); 甲壳类生物量 $3.35\text{g}/\text{m}^2$, 略多于海岛区 ($2.82\text{g}/\text{m}^2$)。这两类生物对于悬移质浓度和沉积物厚度是比较敏感的。

3.4.2 间接影响

(1) 悬移质影响

由数值计算结果可以看出, 吹填之后溢流的泥沙, 一部分沉降于海底, 一部分以悬移质形式随潮流流向南、北方向扩散, 增加了连岛附近海域的悬移

质浓度。溢流出口位置不同，其悬移质浓度等值线分布差别很大。

随溢流口位置和悬移质浓度的不同，一个潮周期内悬移质浓度大于等于 10 mg/l 等值线可能覆盖的最大范围也不同：如果在西围堰排放，溢流泥沙浓度为 5%， 10 mg/l 等值线可能覆盖面积约 8.4 km^2 。在东围堰排放，溢流泥沙浓度为 5%， 10 mg/l 等值线可能覆盖面积约 4.5 km^2 ，东围堰比西围堰排放减少约 1/2。由此可见，溢流泥沙浓度和潮流运动速度是扩散面积大小的决定因子。

上面给出的只是悬移质增加量，如果计算海域原来悬移质量，那么，连岛区西部悬移质总量还要增加。调查结果，悬沙含量表层为 $0.0021\text{ kg/m}^3 \sim 0.1257\text{ kg/m}^3$ ，底层为 $0.0047\text{ kg/m}^3 \sim 0.3224\text{ kg/m}^3$ 。溢流泥沙入海后，可使泥沙浓度普遍增加 20 mg/l 以上。高浓度泥沙可使水色变黄，影响水体透明度，从而导致光照强度减弱，影响生物生长。特别是吹填时间很长，这种影响是不能忽视的。前面指出，这里多毛类、甲壳类生物居多，他们对悬移质浓度是比较敏感的。

(2) 沉降泥沙影响

由数值计算结果可以看出，淤积厚度随溢流口位置和溢流泥沙浓度的不同而变化：如果在西围堰排放，溢流泥沙浓度为 5%，淤积厚度 10mm 占据面积约为 42 km^2 ，淤积厚度 50mm 占据面积约为 7 km^2 。

如果在东围堰排放，溢流泥沙浓度为 5%，淤积厚度 10mm 占据面积约为 18 km^2 ，淤积厚度 50mm 占据面积约为 6 km^2 ，局部区域淤积厚度甚至达到 400mm。

这些淤积厚度，虽然对航行不会造成灾难性后果，但对底栖生物却有一定影响。根据调查观测结果，连岛区海域多毛类生物量 6.33 g/m^2 ，显著多于海岛区 (1.71 g/m^2)；甲壳类生物量 3.35 g/m^2 ，略多于海岛区 (2.82 g/m^2)。这两类生物对于悬移质浓度和沉积物厚度是比较敏感的。

(3) 溢流口选择对海洋生物资源的影响分析

从计算结果可以看出,溢流口放在西围堰要优于东围堰:

① 根据数值计算结果,如果溢流泥沙浓度为 5%,悬移质浓度在东部近岸区也只有 $0.01\sim 0.1\text{ mg/l}$ 。淤积厚度只有 1mm 左右。由此可见,由于溢流口在连岛工程西部,受连岛阻隔,且远离大铲湾海水养殖区,故对大铲湾海水养殖区不会产生明显不利的影响。对西乡以北沿岸的滩涂、浅海增养殖业也不会产生不利的影响。

② 溢流口放在西围堰,特别是小铲岛附近有一个 5m 冲刷槽向北延伸,在 20 世纪 50 年代~70 年代之间冲刷迅速,其平均延伸速度约 70 m/a 。70 年代之后,冲刷速度虽然降低,但是多年平均延伸速度还有 20 m/a 。海底侵蚀速度 $2\text{ cm/a}\sim 3\text{ cm/a}$,溢流口放在西围堰,不会使海底产生淤积。

③ 溢流口放在西围堰,这里是矾石水道东缘,流速强,悬移质扩散迅速;水道中交通船只众多,是非养殖区,即使泥沙浓度高,其影响也比东部靠近养殖区小。

④ 连岛工程海域不是捕鱼场,极少有渔船在该海域捕鱼,所以对游泳生物影响很小。

3.5 工程对水环境的影响分析

3.5.1 海域环境质量现状

连岛工程海域的海水,受到无机氮和铅的严重污染,超过四类水质标准;活性磷酸盐、石油类含量有部分超过一类水质标准。

悬浮物含量较高,水平面上分布呈“斑块状”结构,涨潮时为 $4.4\text{ mg/dm}^3\sim 30.0\text{ mg/dm}^3$,落潮时为 $5.6\text{ mg/dm}^3\sim 13.8\text{ mg/dm}^3$,底层含量普通比表层高。

沉积物中铅的污染严重,其次则是铜、锌、镉等。但是,从疏浚泥重金属溶出试验结果来看,铜、铅、锌、镉、总汞不超标,仍为一类水质标准。

生物体残毒分析结果，除经济水产品的贝类铜含量刚达到超标线外，其余没超标。

3.5.2 连岛工程实施后对水环境影响分析

大小铲岛连岛工程实施后，向岸上吹填的海底泥沙，有一部分以溢流形式重新回到海洋中。含在底泥中的重金属，溶出试验表明，向海水释放量甚微，对水环境污染不会加重。

施工过程中，石油类污染主要来自工作船舶，为了减少人为污染，施工船上应设油水分离器，处理机舱油污水，达标后（ 15mg/l ）再排海。为了进一步减少污染，要求机舱油污水集中于落潮时排放，污染物可以更快进入外海，得到稀释。

船舶固体废物按规定集中送岸处理，不得排海。生活污水暂可不计。

3.6 工程对西岸防风暴潮工程的影响

沿海城市抗风暴潮和防洪治涝是关系到人民生命财产安全和经济建设的大事，深圳市西岸自深圳湾至东宝河口的防风暴潮海堰建设是珠江口东岸海堰建设的重要组成部分。

3.6.1 西部海堤工程现状

深圳河口至后海湾段长约 9km 建成路、堰结合的一级公路。

后海湾至前海湾段长约 5km 被平(湖)南(山)铁路的路基所覆盖，路基(堰)顶高程 5m，达 50 年一遇防风暴潮标准。

大王洲至塘边涌的西乡段长 7.586km，目前堰顶高程为 3.6m~4.0m，防浪墙顶高程为 4.0m~4.3m。规划达标是 50 年一遇高潮位加 12 级风浪爬高加超高的标准，因此，西乡段海堰设计高程为 5.25m。

福永镇正涌至沙井镇西南侧段长 11.3km，实际堤顶高程为 3.2m~3.6m，最低只有 2.74m，防浪墙顶高程为 4.3m~4.5m，有的只有 4.0m。规划达标同西乡段，因此福永至沙井段海堰设计高程为 5.51m。

塘边涌至福永镇正涌的深圳国际机场段属机场附属工程，按规划标准列入机场设施进行建设。

3.6.2 连岛工程对防风暴潮海堤影响分析

根据波浪计算结果，影响这个区域海浪主要来自 S、SW 方向，S 方向海浪掩护条件较差，即使如此，在连岛工程建成后，进入连岛东部海域的波能也受到削弱，特别是大铲湾西北部岸线波高降低显著。连岛工程对 SW 向来浪有最大的保护作用，大铲湾的波高可以降低 1/2。因此，热带气旋来临，从妈湾开始向北，越过大铲湾，直到西乡这一段长达 15km 的岸线，都受到不同程度的保护，风暴潮高度明显降低。根据数值模拟计算结果，连岛工程周围海域潮位变化为 1cm~4cm，不影响防风暴潮海堤高程。

3.7 对污水深海放流管的影响

3.7.1 污水深海放流管现状

深圳市西部污水排海的深海放流管位于南山区向西至妈湾 3 号码头附近入海，系集南山区至市区的城市生活污水和雨水的排放管，从陆上深井至海上最后一根喷管(东经 113° 51.500'、北纬 22° 29.698')长 1609m，其中海上长约 1000m，日排放污水 70 万 t 左右。

3.7.2 连岛工程对放流管影响分析

根据三维数模预测，连岛工程完成后，在最后一根喷管的出口处最大流速降低 3cm/s，对污水扩散和稀释略有影响。根据估算，在落潮时，污水向东南运移距离约减少 72m，向东南方向流动两个小时之后，流速即恢复到工程前水平。

3.8 对海洋自然保护区的影响

连岛工程海域周围有深圳市西部浅海滩涂红树林保护区、伶仃洋幼鱼和幼虾保护区、珠江口经济鱼类繁育场保护区、珠江口中华白海豚自然保护区等。

与连岛工程海域关系较大是珠江口经济鱼类繁育场保护区，其余保护区距

离连岛围填区较远。连岛填海区海域面积约 3.1km^2 ，占各保护区总面积（约 1000km^2 ）的 0.3% 左右，且不是捕捞区。减少海域面积，影响到一定的生物量和栖息环境，但从连岛工程的效益分析，利大于弊，这也是开发利用海域资源中普遍存在的一个损益问题，应尽力提高工艺水平，降低疏浚泥泄漏和泥沙外溢对海域生态环境的损害，保护海洋环境。

3.9 对防洪工程的影响

珠江河口区北起各分流河口，东至香港，西至上川岛，南至淡水所及海域，面积约 10000km^2 ，多年平均入海水量为 2970 亿 m^3 （广东省志，2000），如包括自控制站至河口计算，应为 3260 亿 m^3 ，其中在洪水期（4 月~9 月）入海水量约占全年的 80%，而枯水期（10 月至翌年 3 月）仅占 20%。

大铲岛与小铲岛连岛区围填海域 3.1km^2 ，占珠江河口区面积 0.03%，这是一个小量，不会因河口水域面积缩小，而导致平均海平面升高。

大铲岛与小铲岛在主航道东缘，连岛围填堰主轴和河流主流方向一致，且长轴的南、北迎水两端呈楔状，减少对水流的阻力，消除大铲岛与小铲岛之间湍流状态，加大连岛两边流速和流量。这些措施，消除了夏季径流洪峰到来时，因流水受阻而导致局部水域水位升高的现象。

热带气旋来临时，外海水涌入，会引起风暴潮增水，但是风暴潮的流向和连岛围填堰的长轴方向一致，不会因连岛工程阻水，导致局部区域水位升高。更为重要的是，连岛工程完成后，对东部海域能很好地消除波浪增水作用。根据波浪计算结果，大铲湾西北部海岸，由于受到连岛围填堰坝的掩护，多年一遇波高显著下降，当波浪从 S 向传来时，这里波高只有 $(0.3\sim 0.6) \times H_{\max}$ ；当波浪从 SW 向传来时，这里波高削弱较少，为 $(0.6\sim 0.9) \times H_{\max}$ 。

大铲湾口，当波浪从 S 向传来时，这里波高削弱较少，大约为 $(0.8\sim 0.9) \times H_{\max}$ ；当波浪从 SW 向传来时，这里波高削弱最大，为 $(0.3\sim 0.4) \times H_{\max}$ 。由此可见，连岛工程对风暴浪有很好掩护作用，也会降低风暴浪破碎之后引起的水位升高。因此，该项工程对防洪有着积极的作用。

4 结论与建议

4.1 结论

一、大小铲岛工程利用了铜鼓航道疏浚土进行填海造地，获得约 3.5km 深水岸线和大量的土地资源发展港口交通运输等海洋产业，促进深圳市西部地区经济的进一步发展，具有一定的环境生态效益、显著的经济效益和明显的社会效益。

二、从海洋水文气象、地质地貌条件、经济效益和社会效益综合考虑，其自然条件与社会经济之间是协调，符合省、市制定的海洋功能区划，连岛工程的建设是必要的可行的。

三、工程建成后，其西缘海底基本都是冲刷区，东部浅水航道基本稳定，大铲岛东南部与小铲岛西北部将延续连岛工程前的冲淤状态。连岛建成后，两边平直的人工海岸，使水流更加畅通，流速增加有利航道维护。有利于深圳市主导产业的发展。

四、大小铲岛连岛工程所造成的周围海水悬浮物含量增加是暂时的、局部的；所发生的流向、流速和潮位的变化影响是很小的；底栖生物的损失是不可避免的。

4.2 建议

一、吹填区内部须设置隔堰，保证吹填泥浆在围堰内流动、沉淀尽可能长的距离，控制溢流量中含泥量不超过 2%~5% 。

二、建议溢流口放在连岛工程西部，将大铲湾近岸养殖区影响减至最低，同时保护连岛区东部浅水航道的稳定性。

参考文献

- [1] 宝安区水务局等,《深圳市宝安区西海堤安全鉴定报告》,1999
- [2] 南山区农林水利局等,《深圳市南山区防洪潮规划报告》,1998
- [3] 深圳市环境保护局,《广东省深圳市环境质量报告书(一九九九年度)》,1999
- [4] 深圳市港务管理局,《深圳港总体布局规划》,1998
- [5] 交通部天津水运工程科学研究所,《深圳港西部港区规划岸线工程潮流物理模型试验研究》,1999
- [6] 中交水运规划设计院深圳设计公司,《深圳港铜鼓航道工程可行性研究报告》,2001
- [7] 国家环保总局华南环境科学研究所,《深圳铜鼓航道工程环境影响评价补充报告》(报审稿),2001
- [8] 广东省海岛资源综合调查大队等,《珠江口海岛资源综合调查报告》,广东科技出版社,1993
- [9] 国家海洋局南海工程勘察中心,《珠江口龙穴水道海砂开采使用海域论证报告》,2001
- [10] 陈水深,《珠江口伶仃洋滩槽变化及演变分析》,国土资源遥感,2001,48(2):25~28
- [11] 林燕棠,《珠江口海区水产经济种类中重金属含量的分析》,海洋环境科学,2(1):32~38
- [12] 詹文欢等,《珠江口海岛及海域地质环境与灾害初探》,海洋地质与第四纪地质,2001,21(4):32~36
- [13] 杨干然等,《海岸动力地貌学研究及其在华南港口建设中的应用》,中山大学出版社,1995
- [14] 应秩甫,《伶仃洋横向动力平衡》珠江口海岸带和海涂资源调查研究文集(四),广东科技出版社,1986
- [15] 徐君亮等,《珠江口伶仃洋滩槽发育演变》,北京:海洋出版社,1985
- [16] 董兆英,《伶仃洋水沙量组成及冲淤平衡初步分析》,珠江口海岸带和海涂资源调查研究文集(四),广东科技出版社,1986
- [17] 黄镇国,《珠江三角洲形成发育和演变》,科普出版社广州分社,1982
- [18] 国家海洋局南海工程勘察中心,《大铲岛与小铲岛连岛工程海域使用论证》,2001
- [19] 钱宏林、余文根等,《深圳湾赤潮发生后浮游动物种群结构的初步研究》,1989
- [20] 广东省海岸带和海涂资源综合调查大队,《广东省海岸带和海涂资源综合调查报告》,北京:海洋出版社,1987
- [21] 王文介,杨雪舞,《华南沿海海滩状态和演变》,热带海洋,1996,15(4):9~16
- [22] 吴明阳,杨树森等,《珠江口大铲湾港区泥沙淤积问题研究》,水道港口,1996,2:25~29
- [23] 陈志明,蔡南树等,《珠江口伶仃洋航道的回淤分析》,海洋工程,2002,3(20):61~68
- [24] 阎新兴,《珠江口伶仃洋西部浅滩演变趋势分析》,水道港口,1996,3:29~34
- [25] 何为,《珠江口泥沙特点与控制因数》,中山大学研究生学刊,2001,22(1):84~89
- [26] 朱小鸽,《珠江口海岸线变化的遥感监测》,海洋环境科学,2002,21(2):19~22

- [27] 李飞永, 陈金斯, 《珠江口海区悬浮颗粒物研究》, 海洋学报, 1989, 11(2): 185~192
- [28] 田向平, 《珠江口伶仃洋温度分布特征》, 热带海洋, 1994, 13(1): 76~80
- [29] 叶龙飞, 冯高义, 《伶仃洋的水文动力状况及开发珠江口的若干问题》, 南海研究与开发, 1990, 2: 41~47
- [30] 陈耀泰, 《珠江口沉积分析》, 中山大学学报, 1995, 34(3): 109~114
- [31] 韩震, 恽才兴, 《伶仃洋大铲湾潮滩冲淤遥感反演研究》, 海洋学报, 2003, 25(5): 58~64
- [32] 许振成, 《珠江口海域环境及其综合治理问题辨析》, 热带海洋学报, 2003, 22(6): 88~93
- [33] 任杰, 包芸, 林卫强, 《珠江口伶仃洋水沙纵向输移特征分析》, 热带海洋学报, 2001, 20(3): 35~40
- [34] 刘沛然, 闻平等, 《珠江口伶仃洋滩槽发育演变影响因素的分析》, 台湾海峡, 2000, 19(1): 119~124

致 谢

在工程硕士班学习期间,国家海洋局南海分局及南海工程勘察中心给予了大力的支持,特此致谢!

硕士论文在写作过程中郑西来老师在百忙之中给予我悉心的指导,南海工程勘察中心的同事给予我大力的支持和协助,在此一并表示衷心的感谢!