

珠江口伶仃洋滩槽发育演变

徐君亮 李永兴 著
蔡福祥 陈琴德

海洋出版社

珠 江 口
伶 仃 洋 滩 槽 发 育 演 变

徐君亮 李永兴
蔡福祥 陈琴德 著

海 洋 出 版 社

1985年·北京

内 容 简 介

本书运用了现代河口三角洲演变的动力沉积学方法,就伶仃洋滩槽发育演变规律进行了较深入的研究,在河口湾的动力特性、沉积物的粒度特征、矿物分散流和泥沙来源、沉积环境、沉积速率、浅滩分类、河口湾属性等方面提出了不少新的观点,并就河口湾的开发整治问题,在宏观上作了探讨。这是珠江口第一部比较系统的河口学专著。可供河口海岸、海洋、地理、地质、水文水利、港口航道等工作者和有关高等学校、中等专业学校的师生参考。

责任编辑:盖 广 生

责任校对:刘 兴 昌

珠 江 口

伶仃洋滩槽发育演变

徐君亮 李永兴 蔡福祥 陈琴德 著

海 洋 出 版 社 出 版 (北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 北京昌平兴华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.125 字数: 290千字

1985年5月第一版 1985年5月第一次印刷

印数: 500 册

统一书号: 13193·0594

定价: 5.40元

前 言

伶仃洋是珠江主要的入海口，属喇叭形河口湾，其范围在东经 $113^{\circ}32'$ — $113^{\circ}55'$ ，北纬 $22^{\circ}12'$ — $22^{\circ}46'$ 之间。北起沙角与大角山咀之间的虎门，宽度约4公里；南抵香港大屿山岛的鸡翼角与澳门之间的海域，宽30公里；东至深圳湾内的深圳河口，西至金星门内的唐家湾下栅，水域面积约2100平方公里。本书所研究的范围仅包括1978—1979年水文测验区域，即赤湾、内伶仃岛、淇澳岛一线以北的内伶仃洋，水域面积1041平方公里。沿海包括东莞、番禺、中山等县及珠海、深圳两特区的一部分。伶仃洋是广州及黄埔港的出海水道，香港、澳门位于东、西两侧，口外有蕴藏丰富的陆架油田，地理位置十分重要。研究湾内滩槽的形成发育演变对珠江三角洲的防洪排涝、黄埔港和伶仃洋出海航道的维护整治、以及滩涂资源的开发利用等等，关系至为密切。本书写作目的即在于阐明伶仃洋滩槽的发育演变规律和将来发展趋势，为制订珠江三角洲综合整治规划和本海区出海口门的导治等方面，提供一些科学论据。

伶仃洋河口湾内，浅滩广布，水深5米以内的浅滩总面积约784平方公里，占内伶仃洋滩槽总面积的75%。浅滩的发育演变是河口演变的主要方面，其演变过程与深槽互相关联，互为消长，很大程度上反映了河口湾的演变过程。另一方面，河口浅滩的发展，口门的淤积和不合理的围垦是珠江三角洲发生洪涝灾害的重要原因，也是对港口航道开发和维护的严重障碍。因此，伶仃洋浅滩形成发育演变的研究，被列为国家重点科研项目《珠江三角洲综合整治关键技术试验》的研究课题，广州地理研究所在1979—1983年承担了这一科研任务。

本课题的研究分两个阶段进行。第一阶段（1979—1980）为水动力特征的研究，是在珠江口伶仃洋水文调查的基础上进行的，后来由广东省科委列为一个独立课题，1981年由徐君亮、陈琴德、李永兴、刘光紫、何亚寿完成了《珠江口伶仃洋水文特性》研究报告，并于同年冬通过同行专家评审上报。第二阶段（1981—1983）为动力沉积和浅滩发育演变的研究，先后在伶仃洋进行表层沉积物采样（取得样品350多个），柱状钻孔取样（共24个钻孔）和浅滩类型划分及围垦历史调查等三次野外工作，同时，还定期进行22个横断面的水深测量。室内分析包括历史海图分析和实验室分析。实验室分析项目有悬移质粒度，沉积物粒度，重矿物，粘土矿物，微量元素，化石硅藻， ^{14}C 测年等。本课题研究是在上述调查、观测、实验和分析的基础上进行的。

伶仃洋浅滩形成发育演变的研究是在广东省科委、水电部珠江水利委员会、广东省科学院的领导下完成的。在研究工作进程中，得到原珠江三角洲整治规划办公室、交通部广州航道局、中山大学河口海岸研究室、暨南大学水生生物研究室、中国科学院南海海洋研究所海岸研究室、广东省测绘局、广东省测试分析研究所、杭州大学地理系河口与海岸专业、湖南冶金地质研究所、冶金部广州有色金属研究院等单位的大力支持和协助。由于有关部门和各兄弟单位鼎力协助，使此项研究任务得以顺利完成。在此，谨向各单位表示衷心的感谢。

参加伶仃洋浅滩形成发育演变课题研究工作的有徐君亮、陈琴德、李永兴、蔡福祥、刘光紫、马铭留、严润群等同志。何亚寿、陈天富同志也参加过部分工作。研究成果报告各章

写作执笔人是：河口概述，徐君亮；水动力特征，由徐君亮根据《珠江口伶仃洋水文特性》摘要补充而成；冲淤趋势分析，陈琴德、马铭留、刘光紫（严润群、何亚寿参加了部分工作）；表层沉积物的特征，李永兴、蔡福祥、陈琴德、徐君亮；浅层沉积环境，蔡福祥、李永兴、徐君亮；沉积速率，徐君亮、蔡福祥（陈琴德参加研究并提供有关历史海图量算资料）；浅滩类型，徐君亮、李永兴（蔡福祥参加浅滩类型图的编制）；河口学属性和开发整治，徐君亮、李永兴。各章初稿完成后全文由徐君亮负责修改定稿，插图由李永兴负责整理。

《伶仃洋浅滩形成发育演变》研究报告初稿完成后，广东省科学院于1983年11月邀请国内同行教授、专家进行评审。郭敬辉教授、廖远祺总工程师、曾昭璇教授、麦乔威副总工程师、易明焯高级工程师、冯怀珍副教授、沈灿燊副教授、黄少敏副教授、蔡爱智、杨干然、李春初讲师、王文介助理研究员，以及其他长期从事河口海岸和航道港口研究工作的专家，提出了许多宝贵的修改意见；并建议进一步充实深槽区资料，作为一本比较完整的珠江口伶仃洋河口湾专著出版，以适应当前伶仃洋开发整治的需要。同时，为我国河口学研究积累资料。

根据评审会意见，本书在《伶仃洋浅滩形成发育演变》研究报告初稿的基础上，我们进行了槽区表层沉积物样品分析统计，并参考广州航道局的钻孔和航道整治资料，对槽区沉积和航道港口开发维护作了研究补充，使更能说明伶仃洋滩槽演变的特征和发展趋势。此外，在河口湾边界条件方面，增加了珠江三角洲地质构造，动力地貌发育过程，近岸海流和深层陆架水的上升作用等的部分资料，使伶仃洋滩槽发育演变过程的研究，与珠江三角洲的形成发育过程、口外海滨的动力过程能够联接，互相呼应，使本书的内容较臻完善。

全书共分九章，我们试图从动力和沉积的角度，比较系统地论述伶仃洋滩槽的发育演变过程，并以口门导治为中心，就伶仃洋的开发和整治问题，从宏观上提出一些粗浅看法，以资讨论。

本书的补充修改工作主要由徐君亮、李永兴、陈琴德承担；蔡福祥参加了部分研究和作。最后由徐君亮统稿。广州地理研究所地貌第四纪研究室楼桐茂教授对伶仃洋浅滩形成发育演变的初稿和修改稿，均进行了全面审阅，给予许多宝贵的指正。在整个研究过程中，样品的实验工作主要由本所中心实验室负责完成；书中插图全部由本所谭丕显同志清绘，在此我们深表谢意。

由于作者水平的限制，研究工作还不够深入，本书所提出一些初步认识和看法，定有不妥和错误之处，敬请专家和同志们指正。

序 言

我国海域广阔,江河众多,并有世界闻名的数大河口,这些河口类型复杂,一般具有航运、水利和发展海洋渔业的功能,多数是发展国际往来的门户,在祖国建设中发挥着重要的作用。

我们的祖先很久以来就认识到河口的重要性,并对其进行了记述和探讨,在河口地区发展了重要城市。但在解放前的半殖民地半封建时代,大河河口往往成了帝国主义武装入侵的门户,宽阔秀丽的河口反成为我国的不利条件。

解放后,在党和政府的领导下,河口掌握在人民手中,开展了大河河口的调查和实验研究。尤其是1956年南京河口讲习班之后,我国河口学研究更有新的发展。主要进行了长江口、钱塘江口及珠江口等的研究,建立了许多定位半定位观测站,有的还进行了模型试验,并成立了专门的研究机构或研究工作组。现在我国已初步形成了一支专门从事河口学研究的科学队伍,为进一步开展我国河口研究打下了良好的基础。

珠江口是我国南方一个重要河口,对发展我国两广地区,尤其是珠江三角洲地区的经济起着重要的作用,同时在自然形态和形成因素上也是我国一个特殊类型的河口。珠江口以她口门众多,河流潮流动力复杂为其主要特征。其中伶仃洋就集中了四个重要口门,是珠江出入海洋的最主要通道。但河床淤浅,河道冲淤频繁,中泓流路时变,致使河口上游洪涝加重,航运交通受到影响。近年来,由于经济发展和对外交往的需要,研究伶仃洋的冲淤变化规律,探讨如何才能保持其河床稳定和流路通畅,并预见其泥沙和浅滩的运移动向,结合整治口门开发海滩,就成为急待解决的问题了。多年来中央和广东的航道、水利、海洋、水产及科学研究单位,进行了大量的实地调查研究。特别是广东省科委和水电部珠江水利委员会,将“伶仃洋浅滩形成发育演变”列入“珠江三角洲综合整治关键技术试验”的重点科研项目,由广州地理研究所承担这一研究任务。该所为此成立了研究组,在有关部门的支持下,在徐君亮等同志的努力下,进行了观测试验和多年研究,并广泛地搜集和参阅了前人的研究成果,进行综合论证。最后写成了《珠江口伶仃洋滩槽发育演变》一书。这是目前我国比较系统地论述大河河口发育演变方面的一部河口学专著。在我国河口学研究史上具有重要意义。

本书内容论述全面,包括了珠江口伶仃洋的地理概况、河口水文和动力特性、表层沉积物的特征、沉积环境、滩槽冲淤趋势、沉积速率、浅滩类型和生物岸滩,以及伶仃洋的河口学属性等方面的问题,并对伶仃洋的整治和开发利用提出了宝贵的意见,对伶仃洋的寿命问题也作了初步的预测,具有较高的科学水平。可作为整治、改造、利用珠江口伶仃洋的重要参考,对进一步开展珠江口的科学研究也具有重要意义。

本书完成后曾由广东省科学院邀请国内有关专家进行评议,还以书面形式广泛征求了有关部门的意见,据此作了认真的补充修改,最后定稿。但是由于珠江口环境因素比较复杂,而且研究工作中受各种条件限制,因此难免还有不确切和不成熟的地方,有待今后进一步完善。

中国科学院地理研究所

研究员 **郭敬辉**

水利电力部珠江水利委员会

总工程师 廖远祺

目 录

第一章 河口概述	(1)
一、珠江水系和口门	(1)
二、珠江三角洲发育的地质背景	(3)
三、三角洲的发育和伶仃洋的地貌特征	(6)
四、前人研究简介	(9)
第二章 水动力特征	(12)
一、进入河口的径流和泥沙	(12)
(一)河流径流	(12)
(二)河流泥沙	(14)
二、潮汐和潮流	(15)
(一)潮汐的基本特征	(15)
(二)潮流的特征	(17)
(三)近岸海流和深层陆架水	(22)
三、余流和风暴潮	(23)
(一)余流状况	(23)
(二)台风风暴潮增水	(24)
四、盐水入侵和盐淡水混合	(25)
(一)盐水入侵	(25)
(二)盐度变化的特征	(26)
(三)盐淡水的混合类型	(30)
(四)密度流和盐水楔的活动规律	(32)
五、悬移质泥沙的分布和输沙平衡	(36)
(一)悬移质泥沙的来源	(36)
(二)悬移质泥沙粒径的大小和分布	(37)
(三)悬移质输沙平衡	(38)
第三章 表层沉积物的特征	(44)
一、沉积物的粒度特征	(45)
(一)粒级划分标准和分析方法	(45)
(二)粒度结构参数	(45)
(三)粒度参数散点图	(50)
二、沉积物类型	(52)
(一)细粉砂质淤泥	(52)
(二)细砂	(54)
(三)淤泥质细砂	(55)

(四)粗粉砂质淤泥	(56)
(五)中—粗砂	(56)
三、沉积物的矿物特征	(57)
(一)矿物分析方法	(57)
(二)重矿物的分布和组合类型	(58)
(三)粘土矿物的特征	(76)
四、伶仃洋的泥沙来源问题	(80)
(一)西滩	(80)
(二)中滩	(81)
(三)东滩	(81)
第四章 浅层沉积环境	(84)
一、粒度分析	(86)
(一)垂直层序的地域差异	(86)
(二)萨胡 (Sahu) 判别式的Y值	(95)
二、粘土矿物分析	(96)
(一)粘土矿物的组成	(96)
(二)粘土矿物的组合类型	(98)
(三)粘土矿物的垂向分布	(99)
三、微量元素分析	(102)
(一)微量元素的分析方法	(102)
(二)应用微量元素的含量判别沉积环境	(102)
四、化石硅藻分析	(108)
(一)样品处理方法	(108)
(二)化石硅藻的种群特征和分布	(109)
(三)化石硅藻的垂向变化	(116)
第五章 冲淤趋势分析	(118)
一、河床的冲淤特征	(118)
(一)西滩外延, 中滩扩展	(118)
(二)有冲有淤, 以淤为主	(120)
(三)深泓抬高, 沙体外延	(123)
(四)大水年洪淤枯冲, 小水年洪冲枯淤	(127)
二、滩槽的演变趋势	(127)
(一)横门口滩槽	(128)
(二)洪奇沥口滩槽	(131)
(三)蕉门口滩槽	(132)
(四)中部滩槽	(134)
(五)东部浅滩	(136)
第六章 沉积速率	(138)
一、伶仃洋沉积速率的推算	(138)
(一)用 ^{14}C 测定年代求算沉积速率	(138)

(二)用历史海图求算沉积速率	(142)
(三)实测输沙平衡计算沉积速率	(143)
二、伶仃洋淤积寿命问题的探讨	(143)
第七章 浅滩类型	(147)
一、浅滩类型划分的原则和分类系统	(147)
(一)划分原则和标志	(147)
(二)分类系统	(148)
二、各类浅滩的基本特征	(150)
(一)河成浅滩	(150)
(二)潮成浅滩	(153)
(三)生物岸滩	(158)
第八章 伶仃洋的河口学属性	(163)
一、世界河口三角洲的分类	(163)
二、伶仃洋的河口学特性	(164)
(一)动力类型的差异	(164)
(二)表层沉积物的差异	(166)
(三)沉积环境的差异	(167)
(四)浅滩发育的差异	(167)
第九章 伶仃洋整治和开发利用问题	(169)
一、伶仃洋当前存在的主要问题	(169)
二、伶仃洋的整治和开发	(172)
(一)口门导治问题	(172)
(二)海滩围垦问题	(173)
(三)港口航道的开发和维护	(175)
三、伶仃洋开发整治与珠江三角洲综合整治的关系	(176)
尾 语	(179)

第一章 河口概述

大河河口是地理学研究的特殊类型,这种类型萨莫依洛夫(Самойлов)称为“河口区”,并把它划分为以河流情势为主的河流近口段,兼有河流情势和海洋情势的河流河口段或三角洲,和以海洋情势为主的口外海滨^[1]。我国地理工作者一般将潮区界与潮流界之间称为近口段,潮流界与滨线之间称为河口段,滨线以外称口外海滨段。潮流界是涨潮流迫使河水倒流所及的界限;潮流界以上,河水虽不倒流,但河水位受潮流影响而有涨落,其涨落为零的界限即为潮区界。按照这个划分,西江德庆至三榕峡间,北江石角至黄广一三水间,流溪河埗湖至江村—老鸦岗间,东江观音阁至园洲—石龙间为近口段;三榕峡—三水—老鸦岗—石龙一线以下至大襟岛—大柁岛—三灶岛—横琴岛—香港一线以上为河口段;河口段往外则为口外海滨段。伶仃洋位于河流情势和海洋情势互相作用的河口段,是河口区的核心部分。

河口湾是自然环境特殊和经济意义重大的区域。我们认为河口湾兼受陆地和海洋两类地理因素的影响,各种自然演变过程,如动力、化学、生物过程,比单一的陆地或海洋更为复杂多变。这些过程互相作用的结果,形成独特的环境结构和丰富多样的自然资源,如矿产资源、土地资源、水产资源、水运(港口、航道)资源、潮汐动力资源以及旅游资源等等,使河口湾成为自然生产力很高的地域,因而主张把河口湾作为独特的地理系统来研究^[2-3]。还有人从海岸带管理和立法的观点,论述了海岸带(包括河口湾)是一种在地理意义和社会意义上独具特征的区域,对于一个海洋国家的现在和未来,有着巨大的直接利益和潜在利益,因而日益受到海洋国家的重视。同时,河口海岸带独具的地理和社会经济特征,构成了一个有其固有规律的管理系统和立法的客观基础^[4]。所以,河口海岸带,尤其是大河河口的研究,早就为各国政府和科学家所重视。本章拟就珠江河口的地理环境和前人对伶仃洋的研究情况作一简要叙述。

一、珠江水系和口门

珠江是我国南方最大的河流,其长度和流域面积,均居全国第四位,但水量仅次于长江,居全国第二。

珠江水系主要由西江、北江和东江组成,支流众多,河口段水道纵横交错。西江是珠江水系的主流,发源于云南省沾益县的马雄山,大致自西向东流,经云南、贵州、广西、广东等省(区),至广东三水县思贤滘与北江会合,进入三角洲网河区,主流经由磨刀门出海,全长约2216公里。北江干支流均发源于南岭山区,正源为湊水,源自江西信丰县的西溪湾,流至韶关汇合武水后称北江,至三水思贤滘与西江相通进入西、北江三角洲网河区,全长约468公里。东江干流发源于江西寻邬县大竹岭,上源称寻邬水,入广东省境流至东莞石龙镇

进入东江三角洲网河区,最后汇入狮子洋经虎门出海。全长约 523 公里。流域总面积45.26万平方公里,其中西江35.5万平方公里,北江4.68万平方公里,东江3.24万平方公里,珠江三角洲网河区为0.86万平方公里。此外,还有直接注入网河区的流溪河、增江、潭江等。

珠江三角洲河网的结构,是以纵向大汉河为主体,由宽度几百米至二千米左右的汉河为经线,宽度仅为百余米的短小汉河作为纬线,构成网状水系。据统计,珠江三角洲网河区共有大小汉道一千多条,平均河网密度每平方公里有 0.424 公里,洪奇沥、蕉门及东江口一带,河网密度每平方公里增大至 0.6 公里。在网河水系中,西江、北江和流溪河的河汉互相灌注;东江三角洲的网河,由于狮子洋强大的潮汐通道分隔而自成一局。珠江三角洲实质上是西、北江三角洲和东江三角洲的总称,珠江三角洲网河水系特别发育,成为我国独具特色的河型,它对于珠江口伶仃洋口门滩槽演变有着非常密切的关系。

珠江三角洲纵横交织的网河水系,一般主干河道较强大,由一顶点呈放射状流入海。网河出海处形成八大口门,自东至西有虎门、蕉门、洪奇沥、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门等。由于各口门所在位置不同,它们分属于不同的河流系统。如注入伶仃洋北部的虎门,主要接纳东江、流溪河和珠江正干,部分汇纳北江来水;伶仃洋西北部的蕉门和洪奇沥,主要接纳北江干流,部分汇纳西江来水;横门为西江东海水道主要出水口;磨刀门为西江干

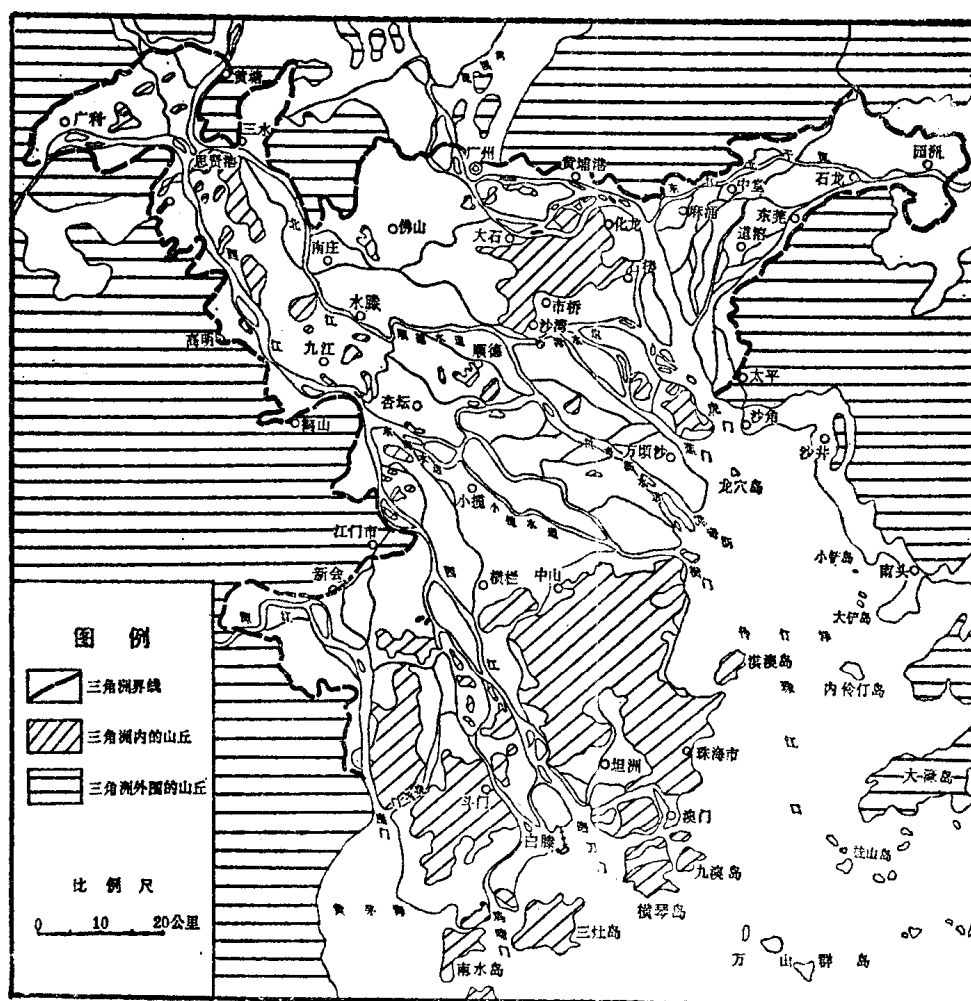


图1-1 伶仃洋在珠江三角洲的位置

流主要出口；鸡啼门（包括原泥湾门）和虎跳门为西江分流汊道出水口；崖门则主要接纳潭江，并有部分西江来水。又由于各河的水、沙来量大小不一，因而河流动力差异很大。例如，西江和北江分别占珠江总输水量的78.2%和12.8%，而东江和流溪河仅占总输水量的8.5%和0.5%，因此，接纳西、北江来水的各口门，如磨刀门、鸡啼门、横门、洪奇沥和蕉门等河流动力较强；而主要接纳东江来水的虎门和潭江来水的崖门则河流作用较弱。在海洋动力方面，由于各口门形态不一，潮汐作用亦不尽一致，虎门和崖门为喇叭形河口湾，潮汐作用显著，年平均潮差分别为1.63米和1.50米，最大潮差可达3米以上；而上述河流动力强劲的河口，口门较顺直，口外砂坝发育，潮波传播受到地形影响和径流顶托，年平均潮差仅有1米左右，表明潮汐影响很弱。这种不同河口的动力特征，深刻影响珠江河口滩槽的演变过程。

伶仃洋位于珠江三角洲东部，它汇集珠江八个口门中的虎门、蕉门、洪奇沥和横门之水，为珠江主要出口和最大的河口湾（图1-1）。由于湾内各口门的动力特征不同，使河口滩槽演变更加复杂化。

二、珠江三角洲发育的地质背景

现在的珠江主要出口伶仃洋，是三角洲古海湾还没有被泥沙所填满的残留水体，湾内三角洲的形成和发育，经历了复杂的沉积过程，同时受着沿海地区新、老地质构造所控制。因此，探讨珠江口滩槽的发育演变，就有必要对古海湾的地质背景作一概括叙述。

珠江三角洲基底地层古老，震旦系变质岩分布于三角洲东部和北部，如增城、东莞、宝安县境及广州北郊，在中山的小欖、顺德的大良亦有出现。古生代地层主要分布于三角洲外围，如三水以西的西江两侧，广州一芦包以北，及宝安县伶仃洋沿岸。三角洲内仅见于五桂山、三乡—古井之间及内伶仃岛、横门山岛等湾中岛屿。由此可以推断古海湾基底主要为震旦系和古生代变质岩。这些古老地层，构成了珠江三角洲及伶仃洋基底地貌发育的基础。

侏罗纪至白垩纪，燕山运动花岗岩侵入，奠定了珠江三角洲古海湾的地貌轮廓。随着花岗岩的侵入及断裂活动，形成高起的断块山地和深广的断陷盆地。隆起的山地分布于流溪河流域、北江下游以及高明、鹤山、台山、新会、深圳、香港和珠江口一带，经过长期的侵蚀和剥蚀，形成今日的丘陵山地。珠江三角洲上众多的花岗岩丘陵和岗地，也是从这个时期开始形成的。在三角洲地区，与侏罗纪花岗岩入侵的同时，已经形成新会、三水、东莞三大断陷盆地的雏形，堆积了早白垩纪陆相红色碎屑岩系；白垩纪早期和晚期的断裂活动，使盆地继续凹陷，三大盆地基本形成，继续接受来自周围山地的物质，堆积了晚白垩纪的红色砂岩、砾岩和页岩。因此，古海湾北部边缘，即东莞、广州、三水和高鹤一带，上述红色岩系构成的低丘台地甚为发育。到了第三纪早期，三个盆地继续沉降，堆积了厚达二千米的陆相地层。与大幅度沉降同时，并伴有火山活动和海浸，所以三角洲古海湾亦出现喷出岩构成的丘陵、岗地和海相地层。如西樵山一带的粗面岩丘陵，广州漱珠岗的流纹岩岗地；而三水盆地和新会盆地的下第三系地层中夹有灰岩，东莞盆地下第三系地层中出现海相沉积，则是古海湾第三纪海浸的见证。

黄玉昆研究了断裂构造对珠江河口三角洲形成和发展的控制作用^[5]，他认为本区的主要断裂系统有北西、北东和东西走向三组（图1-2）。北西向断裂主要有西江断裂、白坭—灵山断裂、化龙—黄阁断裂和南岗—太平断裂；北东向断裂主要有北江断裂、古劳—广州断

裂、新会—市桥断裂、石龙—厚街断裂和五桂山南、北麓断裂；东西向断裂主要有广州—罗浮山断裂和河口断裂。三组断裂的形成时代，大致说来，北东向和东西向断裂是在燕山运动时期形成的，北西向断裂形成较晚，主要是喜马拉雅运动的产物。这三组断裂多属正断层，它们不仅控制整个三角洲的外部轮廓，而且还控制着河道延伸方向、古海岸线和白垩纪—第四纪沉积物的展布。例如西、北江三角洲北缘为广州—罗浮山断裂，西缘为西江断裂，东缘为化龙—黄阁断裂；东江三角洲北缘为广州—罗浮山断裂，南缘为石龙—厚街断裂；潭江三角洲北界为新会—市桥断裂，南界为五桂山北麓断裂。珠江三角洲主体处于上述断裂的下降盘部分，在地质历史上长期为沉降区，白垩纪—第三纪红层就沉积在这一地区。第四纪沉积物厚度亦严格受断裂控制，如珠江三角洲15个串珠状沉积中心，按排列方向亦可分为北东、北西、东西或近东西向三组，顺着西江、北江、东江和潭江干流作有规则排列，反映出断裂带对河道走向和沉积厚度的控制作用。因此，珠江三角洲的形成主要是断块差异升降运动的结果。珠江三角洲就其形成的构造基础来说是个断块三角洲，这种从内营力作用的角度划分的三角洲类型，张虎男称为断块型三角洲[6]。

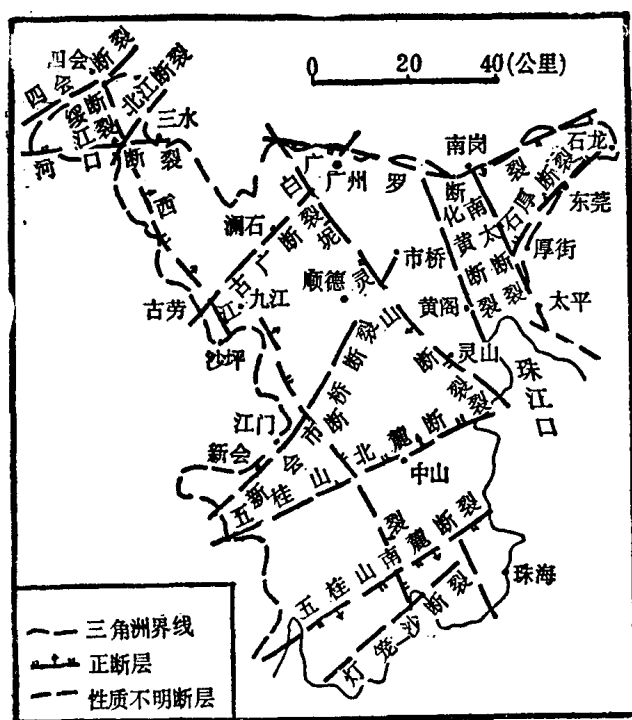


图1-2 珠江三角洲断裂系统略图

(据黄玉昆等，断裂构造对珠江三角洲形成和发展的控制作用，1983。)

表现为强烈的继承性断裂活动，并引起差异性断块升降，它既使中第三纪的剥蚀面抬升，又使珠江三角洲若干盆地断陷。由于断裂升降运动沿着上述三组不同方向的断裂带交切，尤其是北西向断裂对西、北江三角洲的控制，使得基底地貌呈现北西向平行岭谷及棋盘状格局。第四纪更新世，本区构造运动型式继承喜山运动间歇性抬升和断陷，形成了东莞、三水、顺德、中山、新会和斗门六个主要凹陷区及其间的相应抬升区，平行岭谷及棋盘状基底地貌进一步形成，主要河道依基底地貌的谷地发育。这种基底地貌特征，为晚更新世以后珠江三角洲

据上述可知，珠江三角洲的基本轮廓是在燕山运动花岗岩入侵并产生断裂时开始形成的，到了早第三纪才趋于定型。至于晚第三纪到第四纪以来，现代珠江三角洲经历了怎样的变化？而后又怎样沦为海湾并在湾内堆积成为今天的河口三角洲？这就需要从新构造运动来分析基底地貌的形成过程，以及第四纪晚更新世以来珠江三角洲的形成过程。

珠江三角洲的基底轮廓在早第三纪基本定型之后，至第三纪中期，由于喜马拉雅运动第一幕的强烈地壳变动，使本区盆地上升成陆，并受到剥蚀和切割。剥蚀侵蚀下来的物质，由古珠江水系搬运到距现代珠江三角洲二百多公里的珠江口外堆积。但是对珠江三角洲基底地貌形成起决定作用的是晚第三纪喜山运动第二幕，这次构造运动在本区

的沉积和发育演变奠定了基础。

第四纪晚更新世中期,本区进入三角洲沉积阶段,构造上表现为平原区沉降,边缘地区抬升。广州地理研究所地貌第四纪研究室,近年来根据第四纪沉积相的变化, ^{14}C 年代的测定,第四纪地层的划分和海平面变化的研究,认为珠江三角洲经历了三次海进和三次海退的沉积旋回〔7〕:

1. 玉木亚间冰期前期海退阶段

时代距今约32 500—40 000年。这一时期气候偏冷,属于低海面时期,珠江三角洲全境均为陆地,河流相的砂砾层和中粗砂层呈条带状分布,反映了当时的古河谷位置;而河谷间的高地则受侵蚀和剥蚀。

2. 玉木亚间冰期后期海进阶段

距今22 000—32 500年。这一时期气候比前期转暖,海面上升。但由于平行岭谷地形限制,海水只是沿前期塑造的西江、北江、东江、潭江四条宽阔谷地向内陆推进,为珠江三角洲发育过程中的第一次海进。海进范围主要偏于西、北江三角洲东南部,东江三角洲只是上溯到石楼、虎门以南。海进所及地区沉积了厚度5—10米的含海相生物的深灰色粘土。其余地区仍为河流相堆积。

3. 北方期海退阶段

时代为玉木冰期晚期至全新世,距今7500—22 000年。这一时期气候转冷,为全球低海面时期,珠江三角洲属河相堆积和风化阶段,这一时期的砂砾层或中粗砂层、花斑状风化粘土、粉砂和细砂堆积或基岩出露是其见证。地貌特征仍表现为平行岭谷,但由于高地的侵蚀和谷地的堆积,地势已较和缓。

4. 大西洋期第二次海进阶段

距今5000—7500年。这正是大西洋期普遍海进,气候由凉转温,海面大幅度上升,海进范围遍及整个三角洲,只是一些地势特别高的岭地未被水淹没,或为狭长状的“岛屿”。海进把低海面时形成的珠江正干及狮子洋、北江和西江谷地淹没,成为溺谷地形;而黄埔—石楼—市桥—大良—杏坛一线以南地区则为大片浅海。因此这一阶段是真正的珠江漏斗湾形成阶段,也是珠江三角洲含海洋生物和贝壳的海相层最发育、分布最广泛的阶段。

5. 亚北方期局部海退阶段

时代距今2500—5000年。这一时期海退不象以往两次那样全境海退,而是比较明显的局部海退。这一方面是由于三角洲平原向海推进而使滨线外移;另一方面是由于海面在持续上升过程中,在距今五千年左右,南海海面已很接近现海面高度,然后处于停滞阶段或轻微下降(本阶段气候由温转凉,也说明海面停滞或略下降是可能的)。随着海退,使得东江三角洲几乎全境变为陆地,狮子洋及其周围再次出露成陆,海湾偏于狮子洋以西的石楼—鱼湾头一带,与珠江正干的溺谷湾连接起来,其口门位置从石碣下移到了广州。此时,北江的口门从三角洲边缘下移到佛山、水藤、西江的口门从羚羊峡东口下移到了九江以北。在各口门以下的海进区堆积了砂质淤泥;未受海水淹没的地区,堆积了河相的含砾中细砂,或是大西洋期的海进淤泥层出露水面成为风化杂色粘土。在地貌上,西、北江三角洲中部和南部的海域大大缩小,西北部平行岭谷地貌也不及前期明显,东江三角洲的地貌与今日无大差别。

6. 亚大西洋期第三次海进阶段

时代为距今2500年以来。这一时期气候由凉转热,表明海面在亚北方期相对停滞后转为上升,海进的范围比亚北方期更广,而与大西洋期(最大一次海进)时的状况相似。西、北

江三角洲的中、下游再次沦为连片的海区。北江口门从水藤上移到南庄附近,东江的口门由麻涌上移到中堂,狮子洋第二次被淹没,海水沿珠江正干直达越秀山下,淹没了“清泉街断裂”以南的整个广州市区。在海进地区沉积了含牡蛎壳等海相标志的淤泥,属前一段的连续沉积或覆盖于风化粘土及砂砾之上,但在西、北江三角洲上段及东江三角洲中、上段,并未受到海进影响,堆积了河相的粉砂质粘土。经过上述三次海进和海退的沉积旋回,至距今2000年左右的秦汉年间,珠江三角洲的滨线位于东莞万江—潢涌—中堂—黄埔—广州—大石—化龙—石楼—沙湾—紫坭—富裕—顺德杏坛公社的逢简和安教。以后由于河流的堆积,加以历代人工围垦促淤,三角洲加速发展,古海湾不断被充填缩窄,原来散布于海湾内的花岗岩、喷出岩和红色岩系岛丘、台地陆续与陆地相连,珠江各口门及其主要出口伶仃洋逐渐演变成为今天的形态。

三、三角洲的发育和伶仃洋的地貌特征

根据上述第四纪沉积的研究,珠江三角洲晚更新世开始便是在古河口湾内发育,但当时的珠江古海湾主要为溺谷湾,河网水系尚未充分发育。晚更新世末至全新世初,发生玉木晚冰期海退,海平面大幅度下降,晚更新世形成的老三角洲成为陆地。直至中全新世大西洋期海进之后,珠江三角洲才一直处于海陆交互作用的沉积环境。其间虽在亚北方期局部地区发生过海退,但总的说来,三角洲不断向海推进,汉道发育,逐步形成网河。可以说,珠江三角洲这种独具特色的河网型三角洲,主要是大西洋期以来发展形成的。

珠江三角洲地貌发育是以河口放射状汉道为基本特征。这是河流进入浅水的河口湾后因射流作用而成的。每个河口都有一个放射状水系冲积成三角洲,各河口三角洲彼此连接后,又合成一个更大的三角洲。例如东江下游三角洲和增江小三角洲合并后,向西南发展,再合成为今天以石龙为顶点的东江三角洲;北江和西江两个小三角洲和绥江小三角洲合并后,再向东南伸长成为西、北江三角洲。珠江三角洲是由多个河口三角洲组合而成的,可称为“复合三角洲”。这种地貌发育模式,在我国各大河口,也是具有特色的。

珠江三角洲地貌发育的另一个特征是岛丘的促淤作用显著。据调查统计,今天三角洲上有160处岛丘突起,属丘陵、台地、残丘地貌类型,总面积约占珠江三角洲五分之一。这些山丘脚下,还可见到海岸沙堤和海蚀地貌遗迹,如已发现海蚀地形深入分布到广州西北部南海大沥公社石碣村附近¹⁾。这是三角洲形成之前古海湾存在的证据。这些古海湾沿岸的丘陵山地和分散的岛屿,对潮流、波浪均起着顶冲作用,有利于湾内细颗粒泥沙的沉积,尤其是岛丘浪影区,加速了海滩的形成。当各河口三角洲向湾内伸展,便和这些浅滩连结起来。因此,这些以岛屿为中心的浅滩加速了珠江三角洲的扩展。现在珠江河口湾内和口外海滨区,尚有上百个丘陵山地组成的岛屿,这些岛屿也将是未来三角洲上的岛丘。

李平日、乔彭年根据¹⁴C年代测定,沉积相研究,以及河道地形、考古发现和史籍记载,研究了珠江河网三角洲的演进过程。认为珠江三角洲六千年来的发育模式具有如下三个方面^[8]:

①多次分汊,逐级发展。北江自紫洞、西江自甘竹和东江自石龙以下分汊现象极为明显,大体上说,西、北江三角洲有四级分汊,东江三角洲有三级分汊,每一级分汊的顶点位

1) 曾昭璇等,珠江三角洲历史时代河道变迁,华南师范大学地理丛书之十二,1982年。

置基本上与上一时期演进的三角洲滨线相对应。②沙洲合并，河汉由繁到简。珠江三角洲的沙洲发展，除一般性河口淤积成滩外，还往往在河口附近以岛丘或水下礁石为核心聚沙成滩。这些初始出现的水下浅滩，逐渐淤涨成洲，进而扩大发展，出现两个或数个沙洲相连，合并成一片或几片成陆的大沙洲。与此同时，起初被沙滩分隔的宽阔汉流，有些趋于淤浅消亡，有些发展成干流或主河汉。③左汉萎缩，右汉发展。这种河道发育的不对称现象在珠江三角洲普遍存在，如三角洲上部北江左侧汉道古云东海、白坭水、西南涌、佛山涌等，过去都曾经是北江通往广州的重要水道，后来都依次日渐淤塞，成为宽谷细流不相称的河形；而右侧的东平水道则发展为北江干流。又如西江三角洲下游天河以下河段，右汉由磨刀门出海，水深河宽，成为西江干流，左汉容桂水道则逐渐衰退，滩多流曲，河道日趋萎缩，现在两者的流量比约为6:4。北江三角洲两条主要出海水道，右汉蕉门水道比左汉沙湾水道更为发展，两者的流量比为7:3，也是不对称的。东江三角洲亦是右汉北干流发达，左汉南支流逐渐淤浅。河汉强弱的变化如此，导致三角洲的整体发展趋势亦是向右偏转。这种三角洲平原的演进过程目前仍在继续进行。将来伶仃洋龙穴岛与淇澳岛之间，磨刀门大横琴与三灶岛之间，鸡啼门三灶岛与南水岛之间，也势必发育成为三角洲平原，使珠江三角洲不断向海扩展。

今日之伶仃洋，为一北北西—南南东走向的喇叭形河口湾，它是古海湾堆积未淤满的部分。河口湾北岸和东岸为东莞、深圳和香港地区的花岗岩和黑云母片麻岩丘陵地，海拔300—500米以上。如东莞长安莲花山（509米）、马鞍山（329米）、深圳福永大茅山（376米）、羊台山（587米）、南头塘朗山（430米）、蛇口南山（336米）、香港园头山（375米）、炮台峰（583米）、大屿山（935米）。沿岸间有狭长海积平原，地势低平。西岸横门以北为三角洲平原。西、北江在三水汇流后分多条汉道出海，进入伶仃洋的主干汉道有横门、洪奇沥、蕉门和虎门（虎门接纳东江、流溪河全部来水，并接纳北江部分水量）。汉道沿程有众多的低洼积水地，且由支汉互相贯通，构成放射状网河水系，地貌上呈地势低平，河网密布的特点。松散沉积物厚达40—45米。横门以南至澳门，为断块上升的地垒山丘，一般海拔200—400米，主要为燕山期花岗岩构成，如横门南岸大尖峰（278米），中山五桂山（531米）、珠海凤凰山（437米）、湾仔白面将军（393米）等。丘陵山地迫近海岸，只有中山南朗至唐家湾后环沿岸，有狭长的滨海平原和沙堤。伶仃洋湾内，有花岗岩和变质岩岛屿散布，如龙穴岛、舢舨洲、横门山岛、大铲岛、小铲岛、内伶仃岛和淇澳岛等，海拔几十米或100—300米不等。湾外群岛罗列，如万山群岛、大、小蜘蛛洲、桂山岛、三角山岛、九澳岛、飞仔岛和大、小横琴岛等，海拔多为100—400米。湾口东侧大濠岛（935米）为珠江口最大和海拔最高的岛屿。河口湾内外岛屿屏障，对减弱潮流运动，加速三角洲淤积过程有一定的影响。

伶仃洋水深一般从湾顶向南逐步增加，湾顶沙角附近北纬 $22^{\circ}45'$ ，平均水深2.79米，湾口附近北纬 $22^{\circ}20'$ ，平均水深5.52米。20米等深线位于珠江口外的万山群岛—隘州岛—外伶仃岛—香港；桂山岛与大濠岛之间亦有一水深20多米的深槽。10米等深线自小蒲台向黄茅岛—牛头岛—大濠岛延伸，楔端嵌入到内伶仃岛南部的西槽；另一由香港急水门、暗士顿水道伸入到赤湾港以北；虎门口至舢舨洲东南部亦有局部水深10米以上。5米等深线自澳门以南的大横琴岛和九澳岛延伸至内伶仃岛西侧后，成楔形向虎门嵌入，把伶仃洋分为东部和西部两大浅滩。中部水深5米以上的深槽，又被矾石浅滩和拦江沙（水深不到5米，因位于伶仃洋中部，又称中部浅滩）分隔为东槽和西槽。因此，伶仃洋水下地形大致可以分为西滩、中滩、东滩、东槽和西槽（图1-3）。现将各水下地形单元特征分述如下：

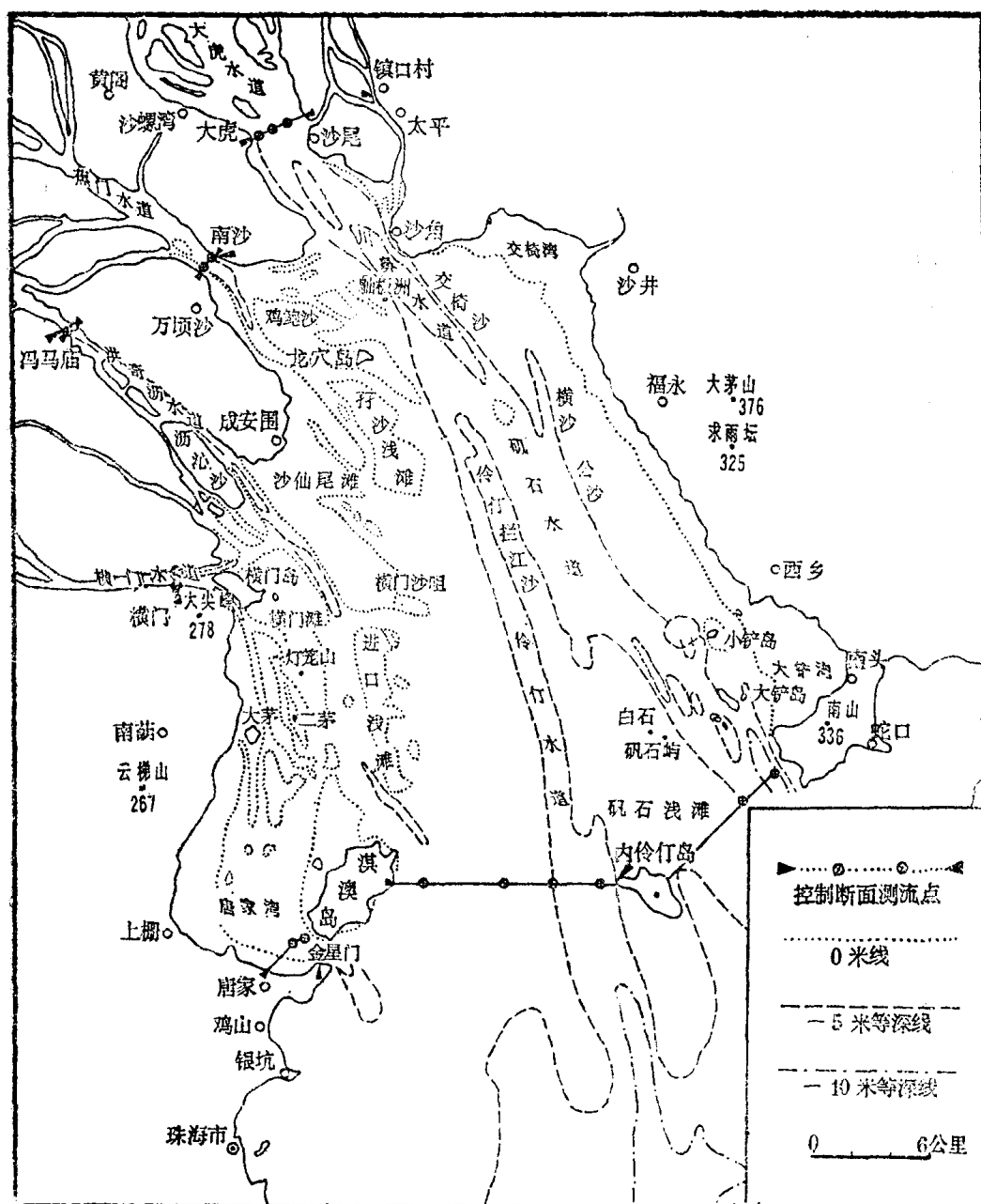


图 1-3 伶仃洋地形略图

西部浅滩：位于番禺南沙的大角山咀经舢舨洲至内伶仃岛西侧一线以西，面积广阔，除金星门及淇澳岛与进口浅滩之间两处河槽水深大于5米外，其余均为5米以下。其中又被蕉门、洪奇沥、横门水道延伸的水下汊道分割而成几条平行排列的水下沙脊。在蕉门南汊道以东，主要有鸡鲍沙，向东南延伸为龙穴隆滩，孖沙尾沙和东流尾沙等沙脊；蕉门与洪奇沥汊道之间，主要有沙仙尾滩，向东南延伸为横门沙咀和进口浅滩等；洪奇沥和横门口外的横门滩，向南延伸为横门东、中、西滩。这些沙脊大致呈北西—南东走向，由于河流不断堆积，不少地方低潮出露水面，沙脊下方广大水域，水深多不足两米。

中部浅滩：即矾石浅滩，为一河口湾轴拦门沙，大致以内竹伶岛为中心向南北伸长，水