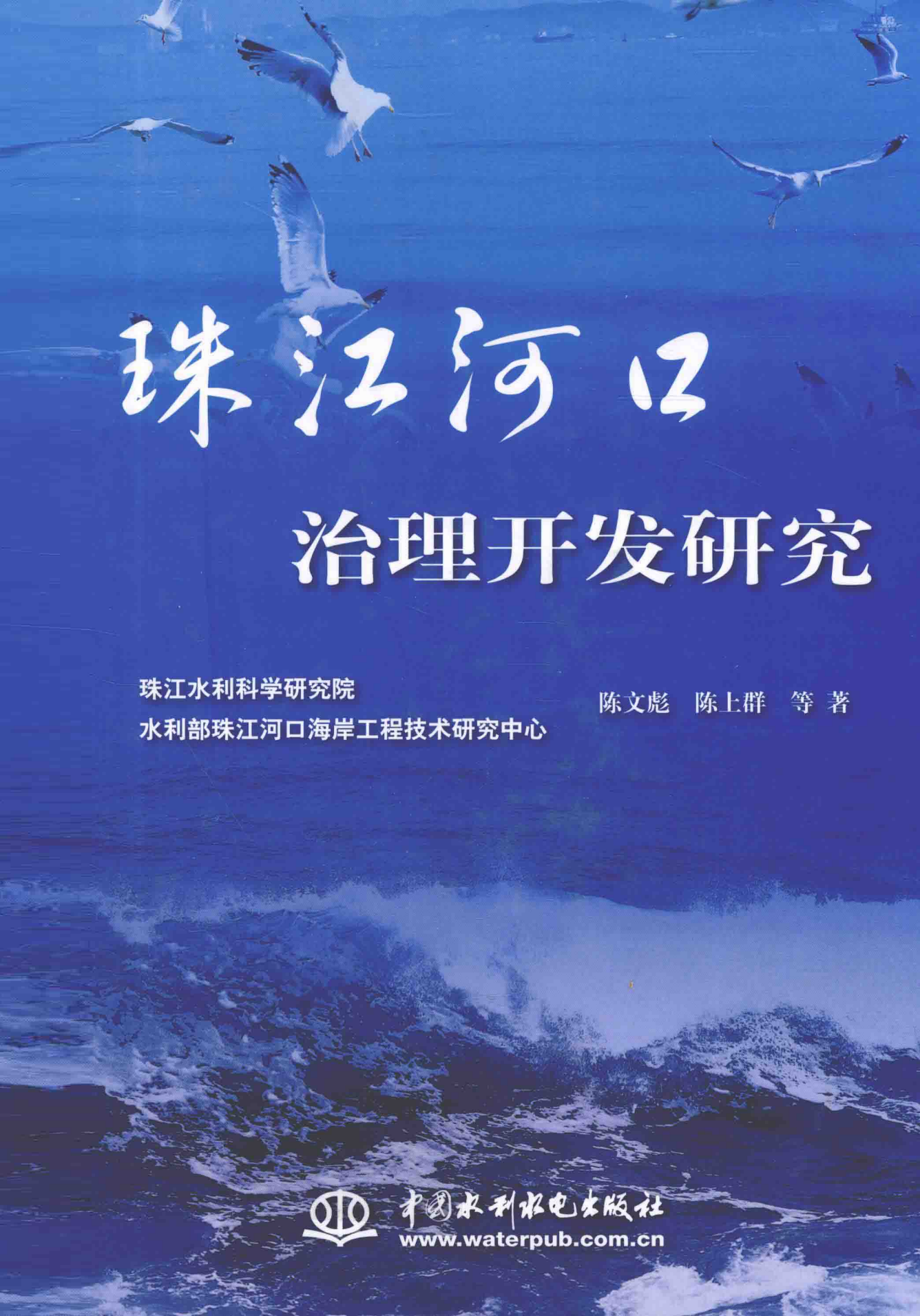




珠江河口

治理开发研究

珠江水利科学研究院

水利部珠江河口海岸工程技术研究中心

陈文彪 陈上群 等 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

珠江河口

治理开发研究

珠江水利科学研究院

水利部珠江河口海岸工程技术研究中心

陈文彪 陈上群 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是珠江河口治理开发研究工作的总结,全书共12章。第1章为珠江河口基本情况介绍;第2、3、4章为珠江河口水沙运动和河床演变的基本规律;第5章为珠江河口当前存在的主要问题,河口治理研究沿革,治理方针原则和研究方法;第6、7、8章为珠江河口物理模型试验、数学模型模拟计算和遥感技术应用研究的理论基础及具体方法;第9、10、11、12章为珠江河口规划、治理、开发的建设和经验。本书收集了有关珠江河口的实测资料和有关单位、学者的论述,在此基础上较全面地阐述珠江河口水沙运动与河床演变的基本规律以及治理开发的研究方法,并结合珠江河口的治理开发建设和经验加以阐述。本书可作为从事水利、航道、地理地貌研究、开发和管理工作者参考用书,亦可供有关高等院校师生研究、学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

珠江河口治理开发研究/陈文彪等著. —北京
中国水利水电出版社, 2013. 1
ISBN 978 - 7 - 5170 - 0532 - 2

I. ①珠. II. ①陈. III. ①珠江—河口—河道整治
—研究 IV. ①TV882. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 001603 号

书 名	珠江河口治理开发研究
作 者	珠江水利科学研究院 水利部珠江河口海岸工程技术研究中心 陈文彪 陈上群 等著
出版发行	中国水利水电出版社(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales @ waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京金奥都科技发展中心
印 刷	美航快速彩色印刷公司
规 格	184mm × 260mm 16开本 60印张 1423千字
版 次	2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷
定 价	240.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

1979年10月,珠江水利科学研究院(原珠江水利科学研究所)成立伊始,水利部就明确下达任务要求研究珠江流域在规划、治理、开发中所提出的需要解决的问题,重点是珠江河口问题;珠江水利委员会也明确要求珠江水利科学研究院的研究重点应放在珠江河口的规划、治理和开发方面。为此,水利部曾多次下达研究课题和研究经费,并在科研基础设施建设上给予了大力支持,使研究工作得以顺利开展。

遵照水利部和珠江水利委员会的工作要求,多年来珠江水利科学研究院在珠江河口规划、治理、开发方面开展了大量的研究工作,运用野外资料分析、潮汐物理模型试验、数学模型模拟计算及遥感技术应用等多种手段进行了研究,取得了丰硕的研究成果。本书总结了珠江水利科学研究院成立33年的研究成果。

本书共12章。第1章概述,着重介绍珠江河口的基本情况;第2章珠江河口水流动力特征;第3章珠江河口泥沙运动特征;第4章珠江河口河床演变特征,着重介绍珠江河口水流、泥沙及河床演变的基本规律;第5章珠江河口治理开发研究综述,着重介绍珠江河口当前存在的主要问题、治理开发历史沿革及治理的方针、原则和研究方法;第6章珠江河口潮流泥沙物理模型试验研究;第7章珠江河口潮流泥沙及含盐度耦合联解数学模型研究;第8章珠江河口遥感技术应用研究,着重介绍各种研究手段的基本理论和具体方法;第9章伶仃洋治理开发研究;第10章磨刀门治理开发研究;第11章黄茅海与鸡啼门治理开发研究;第12章珠江河口堤围建设,着重介绍珠江河口规划、治理、开发工程的建设与经验。

参加本书编写的有陈文彪、陈上群、徐峰俊、许祥向、王现方、林俊、吴天胜。由陈文彪担任主编,陈上群担任副主编,陈文彪负责全书统稿。王琳曾参加早期的编写策划。陈海娇负责全书的改正及部分章节的打印。限于水平,本书疏漏之处在所难免,衷心欢迎读者批评指正。

本书的出版得到水利部国际合作与科技司的支持和资助,谨此表示感谢。

编 者

2012年3月

目 录

前 言	
绪 言	(1)
第 1 章 概述	(9)
1.1 河口区范围及网河分布	(9)
1.2 气象	(13)
1.3 地理地貌	(25)
1.4 地质土壤	(29)
1.5 自然灾害	(47)
参考文献	(58)
第 2 章 珠江河口水流动力特征	(59)
2.1 径流	(59)
2.2 潮汐与潮流	(78)
2.3 余流	(114)
2.4 近岸海流	(124)
2.5 风暴潮与增水	(132)
2.6 波浪	(148)
2.7 柯里奥利斯力	(176)
参考文献	(178)
第 3 章 珠江河口泥沙运动特征	(180)
3.1 泥沙的来源	(180)
3.2 悬移质输沙量及其分配	(181)
3.3 含沙量分布特征	(183)
3.4 泥沙粒径分布特征	(190)
3.5 泥沙的絮凝沉降速度	(198)
3.6 潮汐水流挟沙能力	(211)
参考文献	(218)
第 4 章 珠江河口河床演变特征	(221)
4.1 珠江三角洲的形成发育及主要影响因素	(221)

4.2	珠江河口滨线的推移	(230)
4.3	珠江河口河道冲淤演变	(238)
4.4	珠江河口的沉积速率	(252)
4.5	珠江河口拦门沙的演变特征	(266)
	参考文献	(284)
第5章	珠江河口治理开发研究综述	(285)
5.1	珠江河口存在的主要问题	(285)
5.2	珠江河口治理研究沿革	(297)
5.3	珠江河口治理的方针、原则	(310)
5.4	珠江河口治理研究方法	(311)
	参考文献	(314)
第6章	珠江河口潮流泥沙物理模型试验研究	(315)
6.1	概述	(315)
6.2	模型设计	(316)
6.3	模型制作	(330)
6.4	模型测控系统	(331)
6.5	模型量测设备	(355)
6.6	模型验证	(373)
6.7	结论	(406)
	参考文献	(407)
第7章	珠江河口潮流泥沙及含盐度耦合联解数学模型研究	(408)
7.1	珠江河口耦合联解潮流泥沙数学模型	(408)
7.2	珠江河口含盐度输移数学模型	(466)
7.3	珠江河口耦合数学模型可视化研究	(476)
	参考文献	(476)
第8章	珠江河口遥感技术应用研究	(478)
8.1	遥感技术概述	(478)
8.2	遥感技术在珠江河口治理规划与治理工程中的应用研究概况	(480)
8.3	珠江河口地物特征的遥感影像判读与分析方法	(481)
8.4	珠江河口水沙输移动态变化的遥感分析方法	(498)
8.5	珠江河口冲淤变化的遥感分析方法	(501)
8.6	遥感技术在珠江河口综合治理规划方案论证中的作用	(505)
8.7	遥感技术在珠江河口水行政管理中的应用	(508)
8.8	遥感与GIS技术在珠江河口大型涉水工程建设中的应用	(511)

参考文献	(522)
第9章 伶仃洋治理开发研究	(523)
9.1 综合治理规划方案研究	(523)
9.2 综合治理治导线规划方案复核论证研究	(584)
9.3 航道整治研究	(627)
9.4 港口建设研究	(660)
9.5 已建港口回淤观测分析	(711)
参考文献	(742)
第10章 磨刀门治理开发研究	(743)
10.1 口门治理开发工程的研究	(743)
10.2 澳门附近水域治理规划方案研究	(776)
10.3 横洲口外治导线规划方案研究	(799)
参考文献	(804)
第11章 黄茅海与鸡啼门治理开发研究	(805)
11.1 黄茅海综合治理规划方案研究	(805)
11.2 黄茅海航道整治研究	(824)
11.3 黄茅海港口建设研究	(835)
11.4 鸡啼门治理规划方案研究	(864)
参考文献	(882)
第12章 珠江河口堤围建设	(883)
12.1 珠江河口的联围筑闸工程	(883)
12.2 珠江河口的堵海工程	(906)
12.3 珠江河口的滩涂围垦工程	(915)
12.4 珠江河口的海堤工程	(927)
12.5 珠江河口的水闸工程	(945)
参考文献	(950)

绪 言

珠江是我国南方最大、中国第三大的河流，其长度和流域面积在我国七大江河中均居第四位，而水量则仅次于长江，居第二位；从单位面积产水量而言，则为全国之首，但沙量则较少，仅为长江的17%、黄河的7%，是一条水量大沙量少、河床较为稳定的良好河流。珠江河口是强径流、弱潮流的河口，具有“三江汇流、网河密布、八口出海”的独特特征，在我国七大江河中是独一无二的，其水流泥沙运动和河床演变受径流、潮流和波浪等的动力作用，并受网河区的诸多水道及八大出海口门的互动影响，情况十分复杂。

珠江河口三角洲地区自然资源丰富，土地肥沃，气候温和，雨量充沛，热量充足，地理位置优越，具有发展经济的良好条件。珠江河口农业十分发达，素有鱼米之香的盛誉；水果品种丰富，自古以来岭南佳果就闻名遐迩；工业发展迅速，特别是改革开放以来，工业迅速发展，在我国具有举足轻重的地位；交通发达，水运、公路、高速公路和高速铁路四通八达，人员来往和物流十分便捷；毗邻港澳，面临南海，是我国对外开放的重要窗口，具有发展经济的得天独厚的优越条件。2004年以来，广东、福建、江西、广西、海南、湖南、四川、云南、贵州等9个省（自治区）再加上香港和澳门两个特别行政区（简称为“9+2”）建立了“泛珠三角”超级经济圈，其面积占全国的1/3强，其经济实力更加强劲，已经形成了宽领域、多形式的区域合作新格局。“9+2”的联手发展，对提升泛珠三角区域的综合竞争力和国际影响力，具有广阔的发展前景。

珠江三角洲及泛珠三角经济的发展，与珠江河口的治理开发关系至为密切，必须使珠江河口的治理开发适应其经济发展的需要，才能确保经济的快速、稳定和持续发展。当前，珠江河口仍存在着众多问题，障碍和制约着珠江三角洲乃至泛珠三角的经济发展，亟待研究和治理。主要问题是：洪、涝、潮、咸、旱、台风等自然灾害仍然威胁着河口三角洲地区人民生命财产的安全和经济遭受严重损失；河口不断淤积延伸，拦门沙不断淤积扩展，影响泄洪纳潮、潮排潮灌、生态环境和通航，甚至于影响网河区水沙分配及河势变化，以及河口萎缩；人类活动频繁、剧烈，特别是人为无序、超量挖掘床沙，造成河床下切，导致网河区和各口门水沙重新分配、河势变化、局部河道洪水位异常壅高、咸潮入侵加强等洪潮灾害；河道污染严重，水质性缺水问题日益突出，水环境、生态环境趋于恶化；大量滩涂的围垦开发，以及水体的严重污染，导致大量滩涂湿地的减少、萎缩，造成生态环境的破坏和经济上的巨大损失；河滩被严重侵占，由于多头管理，法制意识淡薄，使清除河障困难重重，影响河道泄洪，加重防洪压力，并影响网河区分流比的变化。

综合治理开发珠江河口，势在必行，迫在眉睫。历史上虽然曾对珠江河口进行过治理

与开发,但大都停留在筑堤围垦,以后才发展到潮排潮灌、通航、发电、供水等方面,其规模都不大,又缺乏全面的治理规划和科学试验研究,由于长期受封建统治的束缚、近代帝国主义的侵略压迫和国内长时期的政治动乱所影响,使珠江河口治理的进展和经济的发展都十分缓慢。新中国成立以后,珠江河口的治理与开发进入了一个全新时代,综合治理与开发的思想意识、全面治理规划的开展、采用现代科学技术手段进行试验研究的深度,以及治理开发工程的规模等方面,都是过去任何时期所不能比拟的,在河口治理方面取得了很大成绩,在经济发展方面也是举世瞩目的。然而,由于珠江河口问题的复杂性、目前理论研究水平的欠成熟性、河口治理任务的艰巨性和长期性,以及珠江河口的现状与经济发展需要的不相适应性,仍迫切需要进行珠江河口的综合治理与开发工作。

水利部珠江水利委员会珠江水利科学研究院的前身珠江水利科学研究所自1980年8月成立以后,在围绕着珠江流域规划中的问题开展科学研究的同时,重点是对有关珠江河口治理开发中提出的问题进行研究,开展了大量有关珠江河口治理开发的研究工作,其中有多项被列为水利部的重点科研项目,多项获得国家、部、省级的科技进步奖,本书即为该院在珠江河口治理开发研究方面的系统总结,是该院技术人员的集体智慧和劳动的结晶。为了使该书内容尽可能全面,并提高其技术含量,我们对有关单位和学者在有关珠江河口方面的重要研究成果也加以收集和编纂,使该书更具完整性。

编写本书的目的,主要在于总结珠江河口治理开发的研究工作经验,以期今后的研究工作不断有所提高和有所发展,把珠江河口的治理开发工作推上一个新的台阶。为此,本书的编写遵循如下原则:①尽可能收集现场观测资料,以利于总结基本规律,并为今后的研究工作提供资料的依据;②尽可能阐述研究的工作方法,以期对今后的研究工作有所帮助;③尽可能提高到理论的高度认识问题,使认识具有科学性;④对与珠江河口治理开发有关的问题,尽可能做到内容全面、系统和完整,在总结以往工作的同时,尽可能选取新近内容,以适应新的发展需要;⑤尽可能反映珠江水利科学研究院在珠江河口治理开发的研究工作中,采用实测资料与遥感信息相结合的综合分析方法、数学模型的数值模拟计算方法,以及物理模型的试验研究方法等多种手段进行研究的特色;⑥水环境和生态环境问题是当今河口治理开发中的一个重要方面,但由于时间所限,本书未予涉及,留待后续工作进行。

根据上述编写原则,对本书各章节的重点内容概要介绍如下:

第1章概述。本章首先论述了一直有争论的珠江河口区和珠江三角洲的范围,指出珠江河口三角洲的流域面积为 26820km^2 ,行政区域包括广东省的广州市、深圳市、珠海市、东莞市、中山市、江门市和佛山市等7个市所管辖的范围,以及香港和澳门两个特别行政区。其次,阐述了珠江三角洲网河区的水系分布,说明其相互间密不可分的关系;然后分别就气象、地理地貌、地质土壤、自然灾害等方面较为详尽地对珠江河口三角洲地区的基本概况进行介绍。

第2章珠江河口水流动力特征。本章从径流、潮汐与潮流、余流、近岸海流、风暴潮与增水、波浪、柯里奥利斯力等方面阐述了珠江河口的水流动力特征,重点是径流、潮汐与潮流和波浪,这是作用于珠江河口区的主要动力;在内容上尽可能收集新近的现场实测资料,借以分析其基本特征和规律,并为今后进行研究工作提供依据;在阐述上注意计算方法的介绍,以供今后进行研究工作参考。此外,尽可能应用遥感技术通过对系列卫星影像信息的解释,分析各口门海区涨、落潮流的流势特征,是本章研究工作的一个特色。

第3章珠江河口泥沙运动特征。本章首先从河口泥沙来源、悬移质输沙量及其分配、含沙量分布、泥沙粒径分布等方面阐述珠江河口泥沙运动的基本特征和基本规律,然后对河口泥沙运动中的两大问题,即泥沙的絮凝沉速和潮汐水流挟沙能力结合珠江河口的特点进行阐述。在泥沙的基本特征和基本规律方面,注意尽可能收集至今为止的现场实测资料,据以进行分析,以期获得较全面的认识,并为今后的研究工作提供基础数据。其次,应用遥感技术通过对系列卫星影像提取表层悬沙含量的信息,获得了伶仃洋海区在洪水期和枯水期的多年平均含沙量的平面分布,据以探索其平面分布规律,这是一种新的尝试。

在泥沙絮凝沉降速度问题上,首先阐述了泥沙絮凝沉降的临界粒径,并指出珠江河口的悬移质在其沉降过程中存在着明显的絮凝作用,在分析河口的冲淤变化及工程泥沙问题时,必须考虑絮凝作用的影响。其次,重点介绍了珠江水利科学研究院对珠江口黏性细沙絮凝沉降的研究成果。此外,阐述了流动盐水中黏性细沙的絮凝沉降问题,并介绍现有的计算方法。

在潮汐水流挟沙能力问题上,首先介绍了珠江河口的经验、半经验公式,然后介绍南京水利科学研究院刘家驹研究的在风浪和潮流作用下淤泥质浅滩含沙量的计算公式,以及窦国仁等人研究的潮流和波浪作用下的挟沙能力研究成果,经珠江河口多年的实测资料与工程运用实践表明,至今为止,这些计算公式是较为适合的。

第4章珠江河口河床演变特征。本章分别就珠江三角洲的形成发育及主要影响因素、珠江河口滨线的推移、珠江河口河道冲淤演变、珠江河口沉积速率、珠江河口拦门沙的演变特征等方面加以阐述。

关于珠江三角洲的形成发育,许多学者曾做了研究,众说纷纭,本章做了综合介绍,并对其主要影响因素做了概括性分析。关于珠江河口滨线的推移,本章着重介绍了广州地理研究所黄镇国等人的研究成果,其研究较系统、全面和深入,对研究珠江河口滨线的推移甚有帮助。关于珠江河口河道冲淤演变,珠江水利科学研究院以及若干单位和学者曾做过分析研究,本章对其研究成果做了概括性的综合介绍。关于珠江河口的沉积速率,不少学者曾用不同方法做了研究,成果颇多,差别亦较大,众说纷纭,本章对各种方法做了概括性介绍,这对认识珠江河口的沉积发展及今后的研究工作会有所裨益。关于珠江河口拦门沙的演变特征,本章分别对伶仃洋拦门沙、磨刀门拦门沙、黄茅海拦门沙的演变加以阐述,并对影响拦门沙的形成和演变的主要因素结合珠江河口的具体条件进行分析和论述。

分析表明：珠江河口网河区在 20 世纪 80 年代以前，其河流段和过渡段的主槽常为淤积，滩地有冲有淤，潮流段则为槽淤滩淤，但自 80 年代以后，由于改革开放政策的推进，人类活动频繁、剧烈，尤其是人为无序、超量挖掘床沙，使河床普遍下切，改变了河道自然演变的规律，并且愈演愈烈，这给人们提出了一个值得关注的问题，是一个亟待采取对策的重要课题。

第 5 章珠江河口治理开发研究综述。本章首先阐述了珠江河口当前存在的主要问题，指出了这些问题与珠江三角洲的经济快速发展不相协调，是迫切需要研究和解决的问题。

其次，阐述了珠江河口治理开发的历史沿革。在新中国成立以前，历史上的各个朝代虽然对珠江河口的治理开发做了一些工作，但规模都不大，且未开展深入的研究工作；新中国成立以后，建立了治河管理机构，应用当代科学技术逐步开展了系统、深入的研究工作，并进行了规模较大的治理开发工程，取得了历史上任何时期都不能比拟的可喜成就，在研究工作上也是硕果累累，成绩喜人。

然后，阐述了珠江河口治理的方针、原则。根据国务院指示精神，结合珠江河口治理开发中存在的主要问题和珠江三角洲社会经济快速发展的需要，珠江水利委员会提出珠江河口的治理方针是：因势利导，统筹兼顾，全面规划，综合治理，治理与开发相结合，开发服从整治，以开发促进整治。治理的原则是：要有治理的科学性、治理的全面性、治理的现代性和治理的前瞻性。根据珠江河口各口门所处地理环境和水沙条件的差异，水流动力条件和冲淤特性及发展趋势的不同，以及存在问题的症结所在，阐述了各口门的治理规划布置原则。

最后，阐述了珠江河口治理开发研究的方法。根据珠江河口水域形态、水动力系统、水沙关系、八大口门和网河交织互动等的复杂性，以及其经济地位的重要性，在研究方法上提出了应用实测资料与遥感信息相结合进行综合分析、采用物理模型进行试验研究，以及采用一、二维联解数学模型进行数值模拟计算等多种手段进行，各种手段相互进行补充和相互印证，以期获得较全面、科学、可靠的认识，尽可能避免在河口治理与开发中出现失误而造成损失。这也是本书的一个重要特点所在。

第 6 章珠江河口潮流泥沙物理模型试验研究。本章是物理模型试验研究的理论基础。重点介绍了珠江河口八大出海口门潮汐整体物理模型，还介绍了在珠江河口治理开发研究中曾采用的局部定床清水模型、局部定床浑水模型和局部动床浑水模型。此外，还详细介绍了珠江水利科学研究院自主研究开发的模型测控系统和量测设备，其中测控系统包括早期采用的多口门横移式尾门生潮系统、潮汐箱生潮系统，以及最近采用的生潮与测控系统由中央监控机（上位机）、现场工控机（下位机）、变频调速器、潜水泵、水位仪、流速仪和工业现场总线等组成的分布式工业控制系统。

珠江水利科学研究院采用物理模型试验研究珠江河口治理与开发的有关问题，曾多项获得国家、部、省级的科技进步奖，其中珠江八大出海口门潮汐整体物理模型试验研究曾

获水利部大禹奖二等奖,经水利部组织专家进行评审,认为整体上达到国际先进水平,其中变频调速控制泵群和光栅编码技术两项在潮汐模型的潮汐生成和水位控制方面达到国际领先水平。

第7章珠江河口潮流泥沙及含盐度耦合联解数学模型研究。本章是数学模型模拟计算的理论阐述,着重介绍珠江水利科学研究院在珠江河口耦合联解潮流泥沙数学模型研究、珠江河口耦合联解含盐度输移数学模型研究及珠江河口耦合联解数学模型可视化研究等方面的研究成果。

在潮流泥沙数学模型方面,根据珠江河口区域范围大、形态复杂及网河交错等特点,采用一维模型、二维模型及一、二维耦合联解模型进行计算,一维模型用以计算网河区水流和河床冲淤的平均情况,并为二维模型提供流量的边界条件;二维模型则用以计算口门区的水流和河床的冲淤分布情况,并以水位传给一维模型,实现一、二维方程的变量联解,从而构成河口区整体潮流、泥沙的耦合联解数学模型。含盐度输移数学模型的计算方法亦与此基本相同。

一维模型方程的离散采用四点加权 preissmann 固定网格隐式差分格式,计算采用三级联解法求解;二维模型采用贴体正交曲线坐标系下的数学变换,使计算网格与边界更能很好地贴合,以提高计算精度,方程的离散采用交错网格的 ADI 法,并用追赶法求解。这些,是该计算方法的特点所在。

在数学模型的可视化研究方面,在国内外前人研究工作的基础上,成功地研究开发了一套较完整的数据后处理软件包,其功能齐全,基本囊括了二维数学模型研究成果演示的各种手段,集成了制作、编辑、演示三大功能,并包括了遥感分析成果的演示在内;通用性强,可用于河口、海岸、治河、水运等二维水流、泥沙、水质数学模型研究成果的演示,也可用于水力模型研究成果的演示;仿真程度较高,画面生动、形象,显示效果好,使用简单方便,易于操作、应用。

上述研究成果,曾用于研究珠江河口逾百项的研究项目,都取得了较好的成果。该项研究成果,经水利部组织专家进行评审,认为整体上达到国际先进水平。

第8章珠江河口遥感技术应用研究。本章是遥感技术应用方法及其在珠江河口治理研究工作中应用的阐述。在阐述了遥感的定义、类型、特点及遥感影像的判读与分析方法以后,着重介绍遥感技术在珠江河口治理规划与治理工程中的应用研究。应用遥感技术的分析方法分析了珠江河口各口门区涨、落潮流水沙的输移特征、滩槽演变特征,以及建立了悬沙遥感定量关系式,据以分析各口门海区悬沙的表层含沙量分布规律,均获得良好效果。

遥感技术的应用,特别是现场实测资料与遥感信息相结合的分析方法,在珠江水利科学研究院已得到普遍采用,成为研究珠江河口治理与开发不可缺少的手段之一,其研究成果曾多次获得省、部级的科技进步奖,其中参与的“八五”国家重点科技项目(攻关)

《珠江口伶仃洋航道整治技术的研究》中的遥感分析专题被专家评审为达到国际同类先进水平。

第9章伶仃洋治理开发研究。本章阐述了伶仃洋的治理与开发研究工作及其成果,内容包括伶仃洋综合治理规划方案研究及其复核论证研究、航道整治研究、港口建设研究及已建港口回淤观测分析等。

关于伶仃洋综合治理规划方案的研究,介绍了在20世纪80~90年代初采用实测资料分析、物理模型试验、数学模型计算和遥感技术应用等多种手段进行研究的成果,其中物理模型采用伶仃洋整体模型和蕉门局部模型、洪奇门局部模型、横门局部模型等相互配合进行了不下30余种工程方案、3~6种水文组合的比较试验,最后选择了大喇叭治导线总体方案作为推荐方案。研究成果业经水利部批准,并获得水利部科技进步奖三等奖。

关于伶仃洋综合治理治导线规划方案复核论证研究,是由于上述研究成果限于当时各方面条件的不成熟,只限于研究伶仃洋局部范围以内,未能考虑珠江河口八大口门之间水陆泥沙运动的相互影响,以及各口门治理方案之间的相互影响,未把珠江河口当成一个整体水系,以及珠江河口治导线规划方案当成一个整体规划方案进行研究。2003年珠江水利科学研究院成功建立了珠江河口八大出口门潮汐整体物理模型,同年又完成了《珠江三角洲河口区潮流泥沙及含盐度耦合联解数学模型研究》,两项研究成果均通过了水利部组织的专家评审鉴定。此外,1998~2001年珠江水利委员会补测了珠江河口网河区及口门区的同步水文泥沙资料及水下地形资料。于是,应用多种手段把珠江河口当成一个整体系统来研究其综合治理规划方案,就成为可能。因此,有必要对前述研究成果进行复核论证。另外,近年来珠江河口出现了一些新问题,在网河区局部河道出现洪水位异常升高,造成防洪压力增大,也需要迫切进行深入研究;为了进一步完善珠江河口综合治理规划的研究工作,也需要进行一些补充试验研究。

复核论证采用了物理模型、数学模型、实测资料分析与遥感技术应用相结合的方法等多种手段进行研究,并介绍了物理模型的研究成果。由于复核论证要求所采用的水文组合有所不同,地形资料也有所不同,因此试验结果也与前述成果有一定的差异,无法进行对比,但重要的是两种试验结果总的变化趋势是一致的,基本规律并无差异。

关于航道整治研究,全面、系统、概要地介绍了由交通部天津水运工程科学研究所和广州港务局主持,有珠江水利科学研究院等8个单位参加的“八五”国家重点科技项目(攻关)《珠江口伶仃洋航道整治技术的研究》的研究成果。该项目采用现场勘测及资料整理分析、物理模型试验、数值模拟计算、水槽试验、遥感技术应用分析以及理论研究等多种手段进行研究,在伶仃洋出海航道选线的论证、分析研究的方法、第一手现场资料的积累等方面取得了丰硕的突破性研究成果,曾获交通部科技进步奖二等奖。

关于港口建设研究,简要介绍了珠江水利科学研究院在承担伶仃洋沿岸港口建设研究项目中具有代表性、较重大的研究成果,目的在于提供今后研究工作参考。

关于已建港口回淤观测分析,主要介绍了珠江水利科学研究院以伶仃洋的港口为主、结合其他珠江河口港口的回淤观测资料进行分析的研究成果。港口回淤量的计算是港口建设中必须研究的重要课题,但目前的计算方法往往不十分准确,港口回淤观测资料的积累及分析就显得十分重要,可据以检验计算方法的合理性和可靠性,使研究工作建立在坚实的基础之上。

第10章磨刀门治理开发研究。本章分别介绍了口门治理开发工程的研究、澳门附近水域治理规划方案研究及横洲口外治导线规划方案研究。

关于口门治理开发工程的研究,阐述了磨刀门口门存在的主要问题,口门治理开发的必要性、紧迫性及其任务,以及采用物理模型、数学模型、实测资料分析及遥感技术应用等多种手段对口门治理开发工程进行研究的成果。此外,还介绍了工程基本完成后治理开发工程的效果分析。分析表明,工程后所造成的变化,与研究成果预测的变化基本一致。可见,磨刀门治理开发工程总体上是成功的,取得了明显的经济效益、社会效益和生态效益,其研究成果曾获水利部科技进步奖三等奖,并获第三届钱宁泥沙科学奖。

关于澳门附近水域治理规划方案的研究,在阐述了澳门附近水域河道组成、水文泥沙、河床演变等基本特征的基础上,介绍了采用物理模型与数学模型对其治理方案的比选研究及选择的较优方案,该研究成果获得了水利部的批准。

关于横洲口外治导线规划方案的研究,介绍了采用物理模型进行研究的成果,在方案比选的基础上选择了较优方案。

第11章黄茅海与鸡啼门治理开发研究。本章分别介绍了黄茅海综合治理规划方案研究、黄茅海航道整治研究,黄茅海港口建设研究及鸡啼门综合治理规划方案研究。

关于黄茅海综合治理规划方案的研究,介绍了采用物理模型、数学模型及遥感技术应用等多种手段进行研究的成果,在进行了治导线规划方案比选的基础上提出了优选方案。经珠江河口八大出海口门潮汐整体物理模型复核试验表明,该优选方案不失为较好的规划方案。

关于黄茅海航道整治的研究,主要是研究黄茅海出海航道整治方案,实现江海联运。本章主要阐述了依据多家有关研究单位对黄茅海海区的冲淤演变分析、黄茅海海区试验性挖槽成果分析以及数学模型、物理模型、遥感技术应用等研究成果。在对崖门出海航道的东线方案与西线方案进行比较分析后,认为从黄茅海的演变特征与发展趋势、航道的流速变化,以及疏浚挖槽的稳定性与回淤强度分析等方面着眼,东线方案优于西线方案。

关于黄茅海港口建设的研究,主要介绍了珠海港总体布局规划概况及高栏港区规划方案的研究,在采用物理模型试验确定了优选方案的基础上,进一步介绍了高栏港区规划调整后方案的数学模型与物理模型的研究,以及高栏港区规划方案的回淤计算分析,以论证规划方案的合理性。

关于鸡啼门综合治理规划方案的研究,在阐述了鸡啼门是以径流动力作用为主、浅海

区以淤积为主, 以及其水沙输移和滩槽演变特征后, 介绍了采用数学模型和物理模型对治理规划的近期方案和远期方案进行研究的成果, 研究表明治理规划近期方案中的优化方案是较为合理的方案, 而对于远期方案则建议视近期方案的实施情况及延伸段和浅海区的动力变化趋势, 以及及时观测海区水文、地形资料后, 再作进一步的研究。

第 12 章珠江河口堤围建设。本章分别介绍了珠江河口的联围筑闸工程、堵海工程、滩涂围垦工程、海堤工程及水闸工程的建设。这些工程都是根据珠江河口的实际情况和特点而兴建的, 具有珠江河口的特色。

珠江河口的联围筑闸工程是新中国成立后自 20 世纪 50 ~ 60 年代初期大范围、大规模地兴起的, 现已无大的联围筑闸工程。本章首先介绍了西、北江三角洲、东江三角洲及口门区的主要堤围概况, 然后根据实测资料分析论述了联围筑闸对水流的影响及对河床冲淤的影响。

珠江河口的堵海工程是 1958 年进行的白藤堵海工程。本章首先介绍堵海工程的概况及引发的问题, 然后介绍了根据实测资料分析论述堵海工程对水流及河床变化的影响, 以及河湖分家后对水流及河床变化的影响。由此说明: 采用以河湖分家为主要措施的整治方案是消除白藤堵海遗留的问题, 取得防洪、排涝、引淡、防咸、防风、围垦造田和交通运输等最大综合效益的有效办法。

珠江河口的滩涂围垦工程分别介绍了珠江河口滩涂资源的分布及其发育概况、滩涂资源的质量评价、滩涂资源的围垦开发及围垦工程的技术经验。珠江河口对滩涂资源的围垦开发具有 2000 多年的历史, 积累了丰富的经验, 本章对这些经验进行了总结与论述。

珠江河口的海堤工程分别介绍了珠江河口海堤的地质条件、海堤的防潮(洪)标准及级别、海堤断面型式的选择、海堤的施工、海堤的软基处理、海堤的防浪措施及海堤的堵口合龙。本章以介绍珠江河口地区的经验为主, 适当介绍国内其他河口的成功经验, 以资参考。

珠江河口的水闸工程主要介绍了由珠江河口地区工程技术人员试验成功、现已在珠江河口地区广泛推广应用的浮运水闸, 就浮运水闸的设计和施工做了较完整的阐述。

要实现维护河流健康, 建设绿色珠江, 任重而道远。珠江河口的治理开发是长期的任务, 治理开发的研究工作, 需要不断深入、持续地进行, 要与时俱进, 以科学发展观为指导, 不断有所创新、有所发展。由于珠江河口是世界上最复杂的河口之一, 加之水文泥沙、河道地形等实测资料的缺乏, 以往的研究工作还难以深入, 且限于水平, 认识难免片面, 书中的缺点和错误在所难免, 衷心希望读者批评指正。

本书的编写, 得到了水利部国际合作与科技司的大力支持和资助; 在本书的编写中, 除采用编写者的研究成果外, 大量引用了珠江水利科学研究院有关研究室的研究成果, 还引用了一些单位和学者的研究成果。在此一并表示感谢!

第1章 概 述

1.1 河口区范围及网河分布

1.1.1 河口区范围

河口的定义还没有统一的认识,《泥沙手册》(1992)^[1]将河口区分为近口段、河口段及口外滨海段三个河段。在多年平均径流量和海口断面多年平均潮差的组合情况下,潮流界以上至潮区界为近口段;潮流界以下至海口断面为河口段;在海口断面以下为口外滨海段。这个定义与苏联 И. В. 萨菲依洛夫(1952)的定义基本一致,与黄胜(1964)“根据径流与潮流两种力量的强弱对比,将河口区分为以径流作用为主的称为河口河流段,以潮流作用为主的称为河口潮流段,在以上两河段之间的径流与潮流两种力量相互消长的河段称为过渡段”^①相比,也基本一致。黄胜还提出了潮汐河口的定义有广义和狭义两种解释,前者包括入海河道下游受潮汐影响的河段,后者则仅指入海河道下游受潮流影响的河段。由此,我们认为狭义的定义即为《泥沙手册》所指的河口段及口外滨海段,或黄胜所指的过渡段和潮流段。

珠江由西江、北江、东江及入注三角洲诸河如深圳河、茅洲河、绥福河、沙河、增江、南岗河、流溪河、高明河、沙坪河、潭江等组成(见表1-1),分经虎门、蕉门、洪奇门、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门等八个口门流入南海,受南海潮汐的影响,各河流的潮区界和潮流界长短不同,见表1-2所示^[2]:

表 1-1 珠 江 水 系

河流	源地	河口	全长 (km)	源地一下游					下游一河口 (三角洲段)		
				下游界	长度 (km)	集水 面积 (km ²)	平均 坡降 (‰)	落差 (m)	长度 (km)	集水 面积 (km ²)	平均 坡降 (‰)
西江	云南曲靖市 马雄山	广东珠海市 磨刀门	2214	三水县思贤滘 西口	2075	353120	0.58		139	8370	-0.048
北江	江西信丰县 大茅山	广东广州市番 禺区沙公堡	573	三水县思贤滘 东口	468	46710	0.26	305	105		0.0534
东江	江西寻乌县 桎髻岭	广东广州市 黄埔新港	562	东莞市石龙镇	520	27040	0.39	440	42	1380	0.00047
直注珠江 三角洲诸河	深圳河、茅洲河、绥福河、沙河、增江、南岗河、流溪河、高明河、沙坪河、潭江									17070*	

* 含属于深圳河集水面积的九龙半岛 421.26km², 澳门半岛 18km², 不含岸外岛屿面积。

① 黄胜, 潮汐河口问题讲义, 南京水利科学研究所, 1964 年 6 月。

表 1-2

珠江河口潮区界和潮流界

河流	潮区上界 (距口门 km)	潮区下界 (距口门 km)	潮流上界 (距口门 km)	潮流下界 (距口门 km)
西江	梧州—德庆 (300)	外海 (55)	三榕峡 (160)	口门 (0)
北江	芦苞—马房 (130)	三善滘 (43)	三水—马房 (90)	口门 (0)
东江	铁岗 (90)	大盛—新家浦 (40)	石龙—下南 (60)	泗盛、大盛、东莞围 (2~10)
流溪河	江村—蚌湖 (90)	老鸦岗 (70)	老鸦岗—江村 (80)	黄埔—石围塘 (39~60)

珠江河口为扇形三角洲河口，在三角洲上汉道纷繁，河网纵横交错，相互沟通，大小汉道数以千计，在我国大江大河的河口中是绝无仅有的。

与河口的定义认识一样，对珠江三角洲的范围也存在着认识不一致。主要有以下几种看法^[3]：

1. “古三角洲”和“现代三角洲”

曾昭璇 (1981) 认为，从地貌学观点看，珠江三角的范围，西到肇庆三榕峡、北到清远浈阳峡、东到博罗田螺峡为古三角洲。因为北江出飞来峡后分出 6 条汉道，西江出三榕峡后放射状分汉为 4 条古洪泛水道，而东江出田螺峡后也分汉为放射状河道，由此构成古三角洲。东江在石龙以下，西、北江在三水以下都形成泥沙堆积、河道分汉，构成现代三角洲。

2. “广义的三角洲”和“狭义的三角洲”

廖远祺、范锦春 (1981) 认为，“在地理区划上广义的珠江三角洲的范围为西江在三榕峡以下，北江在飞来峡以下，东江在观音阁以下。狭义的珠江三角洲范围是西、北江自佛山市三水区思贤滘以下，东江自东莞市石龙以下，称为网河区，总面积约 11300km²。”

3. “大三角洲”和“小三角洲”

由于农业区划、水利规划、经济区规划等的需要，有大三角洲和小三角洲之分。如广东省综合农业区划 (1980.3) 中的珠江三角洲不仅包括平原，还延伸到西、北、东江下游的沿江平原及其外缘的丘陵地区，其范围包括佛山地区全部、广州市南部四县一郊、惠阳地区南部五县市、肇庆地区东部三县市、韶关地区清远市、深圳市及珠海市，共 23 个县 (市郊)、7 个市。有的不包括清远市，总面积为 3.5 万 km² (国家农业区划委员会珠江三角洲农业发展战略研究组，1982.9)。有的则不包括从化县和惠东县 (广东省计划委员会农业处，1980)。在珠江三角洲经济区规划研究 (1995) 中，珠江三角洲“按大三角洲计算，包括广州、深圳、珠海、东莞、中山、江门、佛山和惠州市的惠城区、惠东、博罗、肇庆的端州区、鼎湖区、高要、四会，面积为 41569km²”^[4]。小三角洲则为珠江三角洲的平原区或堤围区。

由上可见，所谓古三角洲、广义的三角洲和大三角洲，各家看法差别较大；而所谓现代三角洲、狭义的三角洲和小三角洲，差别则较小。广州地理研究所张仲英等人 (1983) 认为三角洲是一个地貌学的名词，现代三角洲的概念应包括河口的陆上和水下