



“十二五”国家重点出版物出版规划项目
海岸河口工程研究论丛

岛群中建港水动力 关键技术问题研究

杨 华 左书华 赵洪波 著
李 蓓 吴明阳 陈汉宝

RESEARCH ON HYDRODYNAMIC
KEY TECHNOLOGIES OF PORT CONSTRUCTION IN
ARCHIPELAGO WATERS



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



“十二五”国家重点出版物出版规划项目
海岸河口工程研究论丛

岛群中建港水动力 关键技术问题研究

杨 华 左书华 赵洪波 著
李 蓓 吴明阳 陈汉宝

RESEARCH ON HYDRODYNAMIC
KEY TECHNOLOGIES OF PORT CONSTRUCTION IN
ARCHIPELAGO WATERS



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书的编写是以“十一五”交通科技重大专项课题《离岸深水港建设关键技术研究》中的“岛群中建港水动力关键技术问题研究”为基础,全面论述岛群海域泥沙环境、波浪特征、泥沙淤积机理、淤积计算和模型试验的研究成果。书中有关成果已纳入《海港总体设计规范》(JTS 165—2013)和《海港水文规范》(JTS 145-2—2013)中。

图书在版编目(CIP)数据

岛群中建港水动力关键技术问题研究 / 杨华等著.

— 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2015.6

ISBN 978-7-114-11718-3

I. ①岛… II. ①杨… III. ①岛-港口建设-研究
IV. ①U65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 215330 号

海岸河口工程研究论丛

书 名: 岛群中建港水动力关键技术问题研究

著 作 者: 杨 华 左书华 赵洪波 李 蓓 吴明阳 陈汉宝

责任编辑: 韩亚楠 崔 建 陈 鹏

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 21.25

字 数: 357 千

版 次: 2015 年 6 月 第 1 版

印 次: 2015 年 6 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11718-3

定 价: 48.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

海岸、河口是陆海相互作用的集中地带,自然资源丰富,是经济发达、人口集居之地。以我国为例,我国大陆海岸线北起辽宁省的鸭绿江口,南至广西的北仑河口,全长 18000km;我国海岸带有大大小小的入海河流 1500 余条,入海河流径流量占全国河川径流总量的 69.8%,其中流域面积广、径流大的河流主要有长江、黄河、珠江、钱塘江、瓯江等。海岸河口地区居住着全国 40%左右的人口,创造了全国 60%左右的国民经济产值,长三角、珠三角、环渤海等海岸河口地区是我国经济最为发达的地区,是我国的经济引擎。

人类在海岸河口地区从事经济开发的生产活动涉及到很多的海岸河口工程,如建设港口、开挖航道、修建防波堤、围海造陆、保护滩涂、治理河口、建设人工岛、修建跨(河)海大桥、建造滨海火电厂和核电厂等等,为了使其经济、合理、可行,必须要对环境水动力泥沙条件有一详细的了解、研究和论证。人类与海岸河口工程打交道是永恒的主题和使命。

交通运输部天津水运工程科学研究院海岸河口工程研究中心的前身是天津港回淤研究站,是专门从事海岸河口工程水动力泥沙研究的专业研究队伍。致力于为港口航道(水运工程)建设和其他海岸河口工程等提供优质的技术咨询服务,多年来,海岸河口工程研究中心科研人员的足迹遍布我国大江南北及亚洲的印尼、马来西亚、菲律宾、缅甸、越南、柬埔寨、伊朗和非洲的几内亚等国家,研究范围基本覆盖了我国海岸线上大中型港口及各种海岸河口工程及亚洲、非洲一些国家的海岸河口工程,承担了许多国家重大科技攻关项目和 863 项目,多项成果达到国际

先进水平和国际领先水平并获国家及省部级科技进步奖。海岸河口工程研究中心对淤泥质海岸泥沙运动规律、粉沙质海岸泥沙运动规律和沙质海岸泥沙运动规律有深刻的认识,在淤泥质海岸适航水深应用技术、水动力泥沙模拟技术、悬沙及浅滩出露面积卫星遥感分析技术等方面无论在理论上还是在实践经验上均有很高的水平和独到的见解。中心的一代代专家们为大型的复杂的项目上给出正确的技术论证和指导,使经优化论证的工程方案得以实施。如珠江口伶仃洋航道选线研究、上海洋山港选址及方案论证研究、河北黄骅港的治理研究、江苏如东辐射沙洲西太阳沙人工岛可行性及建设方案论证、瓯江口温州浅滩围涂工程可行性研究、港珠澳大桥对珠江口港口航道影响研究论证、天津港各阶段建设回淤研究、田湾核电站取排水工程研究等等,事实证明这些工程是成功的。在积累的成熟技术基础上,主编了《淤泥质海港适航水深应用技术规范》、《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》、《海港水文规范》泥沙章节、参编《海港总体设计规范》和《核电厂海工构筑物设计规范》等。

本论丛是交通运输部天津水运工程科学研究所海岸河口工程研究中心老一辈少一辈专家学者多年来的水动力泥沙理论研究成果、实用技术和实践经验的总结,内容丰富、水平先进、科学性强、技术实用、经验珍贵,涵盖了水动力泥沙理论研究,物理数学模型试验模拟技术研究,水沙研究新技术、水运工程建设、河口治理、人工岛开发建设实例介绍等海岸河口工程研究的方方面面,对从事本行业的技术人员学习和拓展思路具有很好的参考价值,是海岸河口工程研究领域的宝贵财富。

本人在交通运输部天津水运工程科学研究院工作 20 年(1990~2009 年),曾经是海岸河口工程研究中心的一员,我深得老一代专家的指导,同辈人的鼓励和青年人的支持,我深得严谨治学、求真务实氛围的熏陶、留恋之情与日俱增。今天,非常乐见同事们把他们丰富的研究成果、实践经验、成功的工程范例著书发表,分享给广大读者。相信本论丛的出

版将会进一步丰富海岸河口水动力泥沙学科内容,对提高水动力泥沙研究水平,促使海岸河口工程研究再上新台阶有推动作用。希望海岸河口工程研究中心的专家们有更多的成果出版发行,使本论丛的内容越来越丰富,也使广大读者能大受裨益。

交通运输部科技司司长

赵明

2014 年 11 月

前 言

我国近岸深水资源缺乏,可开发的深水港址几近枯竭,随着我国国民经济快速发展,沿海港口吞吐量大幅增长,运输船舶不断大型化,海港工程建设开始向深水水域发展。我国近海存在众多岛屿,目前许多岛群和岛屿中的深水岸线开发程度不高,开发潜力很大,是离岸深水港选址的重要资源之一。由于群岛海区的海洋水文特性和地貌特点与近岸海域有很大的不同,机理更复杂,影响因素更多,需要解决的问题更难,因此,研究群岛区的动力特性、泥沙问题和船舶安全靠泊问题有益于岛群深水港口岸线的开发,能有效缓解水路运输需求与港口现状之间的矛盾,促进海洋水文学、海岸动力学以及泥沙运动的基本理论学科的发展,具有广泛的应用前景。

岛群区域水动力受岛屿束流效应影响,多具有高流速、高含沙的特征。在这一海域建港水动力和泥沙及船舶安全靠泊问题是港口建设的关键问题。本书的编写是以“十一五”交通科技重大专项课题《离岸深水港建设关键技术研究》中的“岛群中建港水动力关键技术问题研究”为基础,主要从与港口有关的水文、泥沙和波浪条件出发,以洋山深水大港为依托,以港口调研资料分析为基础,全面论述岛群海域泥沙环境、泥沙淤积机理、淤积计算和物理模型的研究成果,总结岛群港口选址及建筑物布置的基本原则。并通过对岛群间波浪传播模拟方法的研究,以及对岛群间波浪的波高频率分布特征、台风浪双峰谱周期特征、波浪能量的方向分布特征的分析,得到岛群波浪与无遮掩海域波浪的特点及模拟方法与关键技术点,在大量模型实践基础上,结合已有规范,给出了考虑波浪的船舶系泊参数计算方法;书中提出的平衡含沙量理论、航道港池淤积

计算公式与建港选址原则等已成功应用于洋山深水港建设中,且有关成果已纳入《海港总体设计规范》(JTS 165—2013)和《海港水文规范》(JTS 145-2—2013)中。

本书第一、九章由左书华、杨华编写;第二、八章由陈汉宝、孟祥玮编写;第三、四章由赵洪波、曹祖德编写;第五、六章由李蓓、张征编写;第七章由吴明阳、杨华编写;第十章由杨华编写。杨华和左书华对全书进行了统稿。参加重大专项课题人员还有赵冲久、王宣、程泽坤、蔡嘉熙、冯玉林、孙精石、侯志强、肖辉、刘国亭、庞启秀、闫新兴、成建华、沈可虹、孟祥玮、刘海源、高峰、姜云鹏、张慈珩、刘针、刘海成、杨会利、李华国、白静、孙百顺等。

由于作者的水平有限,书中不当之处在所难免,敬请读者不吝赐教。

著者

2014年12月

目 录

1 我国主要岛群分布及特征	1
1.1 我国主要岛群分布	1
1.2 我国已建岛群部分港口的自然条件及工程近况	3
1.3 岛群水域水动力、泥沙及地形基本特征	16
1.4 我国岛群岸线、水深资源开发的研究现状	21
本章参考文献	30
2 岛群间波浪特性研究	34
2.1 岛群间波浪条件与传播特征分析	34
2.2 波浪数学模型在岛群波浪研究中的应用与对比	34
2.3 岛群间波浪计算与分析	50
本章参考文献	62
3 典型岛群海域(洋山港)泥沙冲淤机理及平衡含沙量理论	65
3.1 海区动力泥沙环境背景分析	65
3.2 洋山港海域通道内地形变化	72
3.3 海区泥沙运动基本特性研究	75
3.4 洋山港海域泥沙冲淤机理解析	80
3.5 平衡含沙量理论	92
3.6 海床冲淤判别和冲淤指标	97
3.7 小结	99
本章参考文献	100
4 典型岛群(洋山港)海床冲淤及顺岸式港池淤积计算	101
4.1 海床冲淤演变计算公式的建立和应用	101
4.2 顺岸式港池的淤积计算公式的建立和应用	104
4.3 小结	113
本章参考文献	114
5 典型岛群海域(洋山港附近海域)二维潮流泥沙数值模型研究	115
5.1 模型的建立与验证	115
5.2 洋山建港以来不同阶段实施封堵汊道过程中二维潮流泥沙数学模型	138

5.3 封堵或保留封堵颗珠山(西港区建设方案)二维潮流泥沙数学模型 ...	151
本章参考文献	162
6 典型岛群海域(洋山港附近海域)台风暴潮泥沙骤淤数值模型研究	163
6.1 台风暴潮骤淤数值模拟方法	163
6.2 数学模型基本理论	165
6.3 选取的代表台风及方案	190
6.4 深海海域台风浪-潮-流数值模拟	192
6.5 东海近岸海区台风浪-潮-流数值模拟	200
6.6 台风浪-潮流作用下洋山港附近海区泥沙运移及海床冲淤变化的验证 ...	206
6.7 台风浪-潮流作用下洋山港附近海区海床冲淤变化的预报	207
6.8 小结	220
本章参考文献	220
7 典型岛群海域(洋山港海域)建港工程布置物理模型试验研究	222
7.1 模型建立及验证	222
7.2 洋山深水港北港区总体规划研究	228
7.3 洋山深水港分期建设方案试验研究	237
7.4 洋山深水港远景规划方案	240
本章参考文献	249
8 基于风浪流共同作用下强潮流岛群海域船舶系缆力及运动量模型试验研究	252
8.1 模型试验相似准则	252
8.2 模型及动力条件模拟	260
8.3 六分量测量设备	266
8.4 某工程船舶系泊试验简介	275
8.5 系缆船舶波浪力计算	288
本章参考文献	302
9 岛群海域建设深水大港关键问题分析及工程布置的基本原则	304
9.1 岛群建设深水大港的关键问题分析	304
9.2 岛群水域港口选址及工程布置的基本原则	318
9.3 洋山港建设的关键问题和工程布置基本原则	320
本章参考文献	322
10 结语	325

1 我国主要岛群分布及特征

1.1 我国主要岛群分布

岛群主要是指由岛屿形成的群岛,河口海岸区由于泥沙运动形成明、暗沙洲群,以及人工岛等。岛群所在海岸基本上属于两大类,即平原淤泥、粉沙质海岸和山地区丘陵岬湾或海岸。前者多与大河河口三角洲相联系,岸线平直,岸滩平缓;后者海岸曲折,具有突出的海岬和深入的海湾,岬湾相间,岛山罗列。我国的岛屿群主要分布在山东及辽东半岛、长江河口和杭州湾外,以及浙闽广东、海南局部沿岸。

1.1.1 渤海湾海岸

黄河口—滦河口之间,海岸的历史演变受黄河和滦河的深刻影响。黄河三角洲在发育时期,岸线外伸;黄河改道以后,岸线后退。海岸性质为粉沙、沙质海岸,并有贝壳堤堆积。滦河尾闾具有游荡性,多次改道,走大清河入海时,沙质海岸的沙嘴伸至曹妃甸附近,后又被切蚀成一段段孤立的沙岛,称为“曹妃甸岛群”。曹妃甸一带的岛屿,面积为 3.74km^2 ,各岛大致平行岸线分布,由北向南主要由石臼坨、月坨、腰坨(乐亭县)、西坨、蛤坨、腰坨(滦南县)、东坑坨、西坑坨、曹妃甸等共 36 个小岛组成,沙岛距大陆岸线约 20km,甸头端部紧邻渤海湾 20~30m 的深水区,是渤海湾内少有的深水海区。

在海洋动力的长期作用下,曹妃甸浅滩的甸头形成了一岬角地貌,长期以来处于稳定状态。利用曹妃甸天然港址优势,曹妃甸的总体开发正在分期建设中,主要工程包括:建设 4 个 25 万吨级矿石码头、3 个 30 万吨级原油码头、16 个 5 万~15 万吨级煤炭码头、1 个 10 万吨级 LNG 码头等。

1.1.2 山东半岛及辽东半岛海岸

辽东半岛是位于海岬之间的海湾,沉积物不厚,水深较深,具有发展深水大港的潜力,目前开发利用的有大连、旅顺以及长兴岛附近的港口。

山东半岛北部海岸,海岸线曲折程度较小,与庙岛群岛峡道相连的岸线有蓬莱港、蓬莱新港、长山港等重要港口;还有一系列海湾,均湾口敞开,两侧往往有陆连岛。陆连的沙坝以及沙嘴为港口的发展创造了有利的条件(如龙口港等)。

1.1.3 苏北海岸

苏北海岸是我国最长的淤泥质及粉沙质海岸,北部的连云港为岬角型海岸,连岛与大陆之间的峡道型通道,为建港提供了条件。之后通过筑堤,又使海峡成为狭长海湾。苏北平原海岸的发育受黄河来沙影响巨大。1855年,黄河改道山东入海之后,废黄河三角洲持续侵蚀后退,侵蚀泥沙一般运移至海州湾,另一股向东南运移,与长江口外向西北运移的泥沙流相汇于弶港附近,再以弶港为中心,发育成规模巨大的辐射状沙洲群,沙脊之间为狭长的峡道(潮汐通道)、外海波浪行经沙脊(由连续分布的明、暗沙岛组成),发生破碎,又为泥沙物资由潮流向沙洲群内部输送堆积创造了条件。由明、暗沙岛沙洲组成的辐射状分布的岛群、岛(洲)间的较深峡道,较好的波浪掩护条件以及高可动性粉沙底质,构成了本区独特的港口航道开发环境。

在辐射沙洲中,有烂沙洋水道、黄沙洋水道两个主要的潮汐通道深槽,这两个水道又被沙洲分成不同南北水道。烂沙洋水道和黄沙洋水道具有开发成10万吨级以上深水航道的前景和潜力。

1.1.4 长江河口和杭州湾

长江河口是陆海相互作用的典型区域,径流和潮流作用很强,河槽涨、落潮流路的分歧使缓流区的泥沙堆积,2000多年来,长江河口经历南岸边滩推展、北岸沙岛并岸、河口束窄、河槽成形并加深的演变建筑。在自然和人工干预下形成了由一系列明、暗沙洲和岛屿(崇明岛、横沙、长兴岛、九段沙等)组成的岛群,其间分布有不同程度的峡道(汉道),如北支、南支、北槽、南槽等。在南支南岸有上海市重要港口——上海港,为了发挥长江口黄金水道的作用,在北槽实施了长江口重大工程——深水航道工程。

杭州湾口外分布有我国最大的岛群,包括崎岖列岛、嵎泗列岛和舟山群岛,共有大小岛屿1339个。杭州湾外岛群也是我国作为港口资源开发程度最高的岛群,已建大型港区有镇海(北仑)港区、舟山港区、洋山港区等。洋山港区一期、二期、三期码头于2008年已全部建成,形成5600m长的码头深水岸线;舟山港区可建码头岸线有1538km,其中水深大于10m的深水岸线183.2km,水深大于20m的深水岸线82.8km,具有极大的深水岸线发展潜力。

1.1.5 杭州湾以南的浙东、闽北岬湾式海岸

杭州湾以南的浙东、闽北岬湾式海岸主要有三门湾、乐清湾、瓯江口、罗源湾等。其特点是:大陆岸线非常曲折,港湾深入内地,呈溺谷状态;河流入海泥沙以细颗粒居多;岸外岛屿罗列,外海大浪不易传进,湾内水域静稳;大多处于强潮环境,

潮差较大,潮流成为泥沙运移、堆积的主要动力;海湾成为淤泥沉积有利的场所,湾内沉积物主要为粉沙和淤泥。

其中瓯江口外岛群最为典型,在瓯江口及口外有灵昆岛、大小门岛、洞头岛等岛屿,岛屿之间形成了不同的水道。温州港以这些岛屿和水道为依托,不断地向周围发展,目前已形成龙湾港区、七里港区、瑞安港区、鳌江港区,状元岙、大小门、乐清湾等新港区也相继启动开发,沿海港口生产泊位岸线达到 13km 以上。

1.1.6 闽南及广东海岸

闽江口以南的闽南海岸[闽江口、湄州湾及泉州(晋江口)等],同样具有岸线曲折、近岸岛屿众多、潮汐作用明显等岬湾式海岸的特点,但海积地貌(如连岛沙坝)较为发育。广东海岸及其附近岛屿,亦有类似情况。其沿岸沙堤、沙嘴、沙坝和连岛沙坝等海积地貌更为发育,它们把一部分海水封闭在内,成为泻湖和盐沼。广东还有一些海湾,如珠江口以东的大鹏湾、大亚湾,珠江口以西的广海湾,均湾口敞开,并有岛群分布。除湾顶有泥滩或粉沙滩发育,湾内水深较深,海湾及近岸岛屿有良好的港口开发条件。闽南、广东、海南岛南部的沿岸,特别是海湾内的沉积物,主要为沙及砂砾,为港口的发展提供了良好的泥沙环境。

1.2 我国已建岛群部分港口的自然条件及工程近况

本文重点调查收集了上海洋山港、浙江宁波—舟山港、福建泉州港、浙江温州港等岛群港口资料,并对其港口的自然条件和港口建设情况分述如下。

1.2.1 自然条件

资料显示,某些岛群(如舟山群岛)跨越海域范围较大,各区动力、泥沙条件存在差异,分别叙述过于繁复,在此后的某些章节中,出于分析所需,还将再次提及。为避免烦叙、利于对比,在此,仅将有关水文泥沙条件等简要概括于表 1.2-1 中。

1.2.2 港口近况

港口工程主要包括码头泊位、航道及锚地。以港为序,分述如下:

(1) 洋山港

洋山深水港区位于杭州湾口、长江口外的浙江省嵊泗崎岖列岛,由大、小洋山等数十个岛屿组成(图 1.2-1,图 1.2-2)。洋山港西北距上海市南汇芦潮港约 32km,南至宁波北仑港约 90km,向东经黄泽洋水道直通外海,距国际航线仅 45 海里,是距上海最近的深水良港。到 2020 年,洋山港布置集装箱深水泊位 50 多个,设计年吞吐能力 1500 万 TEU 以上;通过跨海大桥与上海交通运输网络连接,充分发挥上海港经济腹地广阔、箱源充足的优势。

水文泥沙条件对比

表 1.2-1

项目	边界条件	潮汐(潮位;m)	潮流(流速;m/s)	波浪	主要沙源	含沙量 (kg/m ³)	底质(粒径:mm)
港口							
洋山港	(1) 计有岛屿 20 余个,主要航道近 10 条; (2) 岛屿以岛链形式列于南、北,构成东窄西宽、一主多汉的喇叭型宽阔水域	(1) 非正规半日潮型; (2) 潮位(理论基面): 最高潮位 5.73 最低潮位 -0.23 平均高潮位 3.88 平均低潮位 1.14 平均潮差 2.73 (3) 平均历时: 涨潮 5 小时 47 分 落潮 6 小时 37 分	(1) 往复流性质明显; (2) 南、北岛链间水域断面潮段平均最大流速: 西口门涨潮 1.07 落潮 1.21 东口门涨潮 1.42 落潮 1.41 中部水域涨潮 1.18 落潮 1.20 (3) 各断面平均流向: 涨潮 284°~293° 落潮 107°~111°	(1) 海域以小波高、短周期的风成浪为主; (2) 杨梅岬站:热带气旋影响 4 次/a,最大波高 4.7m (1998~2005 年); (3) 工作船码头强浪向 N~NW,台风最大波高 3.1m (2004~2005 年)	受杭州湾及长江口南下泥沙影响较大;港区高含沙量主要地为强水流所致	(1) 含沙量平面分布以港区最大,其次为西部、南部和东部,北部最小; (2) 港区平均含沙量约 1.4kg/m ³ ; (3) 含沙量垂线分布较均匀	(1) 底质表层 $\bar{D}_{50}$:港区外围介于 0.016~0.004; 港区所处主通道一般为 0.018~0.027; 各浅道介于 0.016~0.032; (2) 沉积物分选处于好~中常范畴; (3) 港区及外围基本属于泥质海岸性质
宁波港 (北仑区)	(1) 北仑港区所处的金塘水道,岛屿较少,主要由金塘岛和南岸所挟; (2) 平面上呈宽窄相间的藕节状; (3) 底部地形在纵向上呈中段低、东、西口门高的马鞍形。是一条不可多得的深水峡道	(1) 金塘水道属正规半日潮型; (2) 潮位(理论基面): 最高潮位 4.87 最低潮位 0.06 平均高潮位 2.96 平均低潮位 1.15 平均潮差 1.82 (3) 平均历时: 涨潮 5 小时 45 分 落潮 6 小时 42 分	(1) 金塘水道涨落潮为往复流,外侧海域属旋转流; (2) 为高流速峡道区,小潮时近岸的涨、落潮平均流速可分别达 1.38 和 2.0; (3) 水道流路分歧;涨潮流轴线靠北,落潮流轴线靠南	(1) 除杭州湾有 NW 向涌浪传入外,其他均为局部风成浪 (1986~1989 年北仑测波站); (2) 常浪向、强浪向均为 NW,最大实测 $H_{1/10}$ 为 2.4m,通常小于 0.4m;10 年一遇设计波高为 3.3m	除台风过境和东侧及北侧滩面冲刷泥沙影响外,其主要受本区外,其含沙量主要来自杭州湾自水道进口进入的多寡所控制	(1) 含沙量的平面分布为水道西口大于东口; (2) 水道平均含沙量为 1kg/m ³ 左右; (3) 除憩流期外,表层与底层含沙量差别不大	(1) 水道底质 $\bar{D}_{50}$ 为 0.010, d_{50} 的区域变化幅度较小,介于 0.009~0.011; (2) 沉积物分选多为中常; (3) 峡道沉积物属粉沙质淤泥

续上表

项目	边界条件	潮汐(潮位;m)	潮流(流速;m/s)	波浪	主要生源	含沙量 (kg/m^3)	底质(粒径;mm)
港口	(1) 该水域岛屿星罗棋布(约 1390 个岛),潮汐通道纵横交错; (2) 北部多为小岛,分布稀疏,南部多是大岛,排列密集; (3) 以基岩岸线为主(占岸线总长的 75.8%),其次是以海堤为主的人工海岸(占 21.6%),再次为沙质海岸(占 2.1%),泥质岸线仅占 0.5%; (4) 水道地形处于动力平衡或微淤状态	在众多岛屿的复杂组合下,使潮汐因子出现如下特征: (1) 水道的潮型多样,既有正规半日潮,又有不正规半日潮和混合潮型; (2) 自东海陆架—杭州湾,高潮位逐渐降低,低潮位升高,潮差减小,水域平均潮差为 2.53; (3) 历时:在算山以东,涨潮历时由东向西沿程缩短,而算山以西由东向西则逐渐加长;落潮时则相反	(1) 水流总体流向为 SSE ~ NNW,水道(含汉道)总体呈往复流; (2) 潮流强度受岛屿密集度、岛距及排列形式的影响明显。岛群密集区的潮汐通道,涨潮表层 $V_{\max}$ 为 0.92 ~ 2.34,落潮为 0.93 ~ 2.31。岛群稀疏区:涨潮表层 $V_{\max}$ 为 0.29 ~ 1.00,落潮为 0.31 ~ 1.49	(1) 非掩护区的北部海域,年平均波高 1.1m,台风期最大波高 17.0m(E 向),南部海域,年平均波高 0.5m,最大波高 4.2m(E 向); (2) 岛间波高随掩护状况不同而异,但均表现出波高明显减弱的特征	从沙源影响时间的长短及程度出发,可分为 3 个方面:冬春两季受苏北沿岸流挟沙和长江、杭州湾南下泥沙的影响相对较大;大风浪,特别是台风浪在岛群东侧及南、北两侧滩地的强掀沙,对该水域含沙量的明显增加有着短期但却不可忽视的作用;至于甬江、瓯江陆源沙的影响则仅居于次要地位	(1) 由于岛群分布范围广大,动力条件差异大,故各水道的含沙量除均随季节更替而变化外,含沙量的区域差异较明显; (2) 冬高于夏:冬季为 0.1 ~ 0.5,夏季远小于此值; (3) 中部高于南部和北部:中部为 0.1 ~ 0.5,南部为 0.1 ~ 0.2;就整个岛群水域而言,属较低含沙量范畴	(1) 水道沉积物类型丰富,区域变化大。如水道口门外侧:金塘水道西口的 d_{50} 为 0.1,属沙质,而虾寺门口处则为淤泥,其 d_{50} 仅为 0.008; (2) 水道岸滩及岛群周边物质较细,属泥质粉沙类

续上表

项目 港口	边界条件	潮汐(潮位;m)	潮流(流速;m/s)	波浪	主要沙源	含沙量 (kg/m^3)	底质(粒径:mm)
温州港 (瓯江口)	(1) 瓯江口外岛屿众多、滩槽交错、地形复杂,计有大门、洞头等岛屿数十个及主要水道4条,形成三滩四槽; (2) 龙湾以外水面迅速展宽,形成喇叭形边界; (3) 水道水深较良好,槽区地形基本稳定	(1) 属于不规则半日潮型; (2) 受岛屿分布不同的影响,不同区域的潮差有别,如江心屿为3.96,而龙湾却为4.50; (3) 潮差自外向内增大;属强潮型河口	(1) 属往复流; (2) 龙湾向外,以中水道、黄大岙水道潮流最强,垂线平均涨落潮最大流速分别达0.39~1.95和0.80~2.45; (3) 落潮流速大于涨潮流速	岛群掩护良好; 据湾外侧甲米礁站观测(1990年12月~1992年9月)台风侵袭时最大波高4.3m(E向),而岛内掩护区的南口水道附近,波高却为2.1~3.0	(1) 河口主要沙源为强流对浅滩泥沙的悬扬及挟带; (2) 瓯江口下泄泥沙(年平均含沙量0.13)及杭州湾南下泥沙流(卫星遥感资料分析仅0.05~0.3),均远低于河口区,因此两者不是河口水域的主要沙源	总体属含沙量较大河口,但区域差别明显;正常天气条件下,水体含沙量在1.0左右,以龙湾最大,其垂线涨落潮潮段平均为1.8~3.2;而口门北侧的乐清湾却仅为0.3左右	(1) 河口滩面沉积物总体较细,如乐清湾各区底质的平均中值粒径仅为0.005~0.007; (2) 其他水域底质略粗,但仍属于泥质粉沙类

续上表

项目 港口	边界条件	潮汐(潮位:m)	潮流(流速:m/s)	波浪	主要沙源	含沙量 (kg/m ³)	底质(粒径:mm)
泉州港 后渚港区 (泉州湾)	(1) 计有近 10 个岛、礁分布于泉州湾口,在口门形成三条主要进出水道,最大水深为 13~20m; (2) 大坠门、小坠门、公牛礁等岛礁横亘于湾口南北,岛内宽阔水域总体掩护较好; (3) 1972 年建闸及大规模围垦前,湾内地形冲淤平衡;此后 7 年内,全水域及港区总体淤积较重	(1) 正规半日潮型; (2) 潮位(理论基面): 最高潮位 7.68~7.85 最低潮位 -0.08~0.29 平均高潮位 6.31~6.67 平均低潮位 1.34~1.55 平均潮差 4.88~5.22 属强潮型水域; (3) 平均历时:涨潮 6 小时 10 分,落潮 6 小时 16 分	(1) 港区为往复流,但涨落潮流路分异; (2) 港区附近深槽主流的涨潮最大流速为 1.19,落潮最大流速为 1.32;涨落潮流段平均流速相近,一般变化为 0.25~0.47;岛群外侧流速相对较大,如大坠门口外落潮流段平均流速为 0.7 以上	(1) 岛群以内,台风影响相对较小,如湾口以北侧的秀涂站,设计高水位的 $H_{1\%}$ 仅为 3.58m (E 向); (2) 据崇武海洋站 (1974~1983 年) 观测:湾口外侧的波高却较大,其中 SE 向最大为 5.2m, SSE 向为 5m, ESE 为 3.6m	据历时 29 年实测,晋江年最大悬移质输沙量为 424 万 t,平均 222 万 t/a,是湾内的主要沙源;湾外的沿岸输沙微弱	(1) 正常天气含沙量的平面分布,以晋江口外水域相对较大; (2) 属较低含沙量海域,含沙量一般为 0.2~0.3;大风天港区含沙量仅为 1.0 以内	(1) 港池及其近侧滩面物质较细, d_{50} 为 0.005~0.1; (2) 大、小坠门浅滩,底质变幅较大,为中粗沙~泥质粉沙,由此区向外为淤泥沉积物