



“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

长兴岛

深水港开发研究

李孟国 李文丹 韩志远 肖辉 麦苗 著

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF
DEEPWATER HARBOR IN CHANGXING ISLAND



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

长兴岛

深水港开发研究

李孟国 李文丹 韩志远 肖辉 麦苗 著

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF
DEEPWATER HARBOR IN CHANGXING ISLAND



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

内 容 提 要

本书汇集了对大连长兴岛 30 万吨级深水港开发涉及的水动力泥沙问题的研究成果, 主要包括: 外海深水设计波要素计算、各种工程水位(包括设计高、低水位, 重视期高、低水位及乘潮水位)计算、水动力泥沙特征分析、岸滩演变分析、马家浅滩成因及稳定性分析、大范围波浪场计算、港内波浪场计算、潮流场计算、泥沙淤积和骤淤计算、流冰运动计算等。

本书适合从事海岸河口水动力泥沙研究的科技人员和港口、海岸及近海工程专业高校学生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

长兴岛深水港开发研究 / 李孟国等著. — 北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2015.3

ISBN 978-7-114-11500-4

I. ①长… II. ①李… III. ①深水港 - 港口工程 - 设计 - 研究 - 辽宁省 IV. ①U658

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 141108 号

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

书 名: 长兴岛深水港开发研究

著 者: 李孟国 李文丹 韩志远 肖 辉 麦 苗

责任编辑: 韩亚楠 崔 建

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

字 数: 395 千

版 次: 2015 年 3 月 第 1 版

印 次: 2015 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11500-4

定 价: 55.00 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,南至广西壮族自治区的北仑河口,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、甌江等。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,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所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机构,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度尼西亚、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,尤其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专注于为大型的复杂的项目提供精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,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

胡明

2012年11月

前 言

本书是作者对大连长兴岛开发 30 万吨级深水港涉及的水动力泥沙(创新)研究成果的汇总。

1. 主要技术问题和技术工作

长兴岛西北岸(岸线南起马家咀,北至高脑子角)是待开发的大型深水港区,水深条件好,是我国北方地区为数不多可供建设 20 万~30 万吨级码头的优良深水岸线资源。长兴岛深水港开发方案是通过建设东西防波堤环抱形成单口门内港池,东防波堤外侧通过栈桥建设 30 万吨级原油码头区,西防波堤外侧通过栈桥建设 30 万吨级大宗干散货(矿石)码头区,其他专业码头依托防波堤掩护区域及围堰形成的岸线进行布局。

长兴岛海域是未开发的海域,没有可供直接使用的水动力泥沙设计参数,另外,工程方案布置需要根据水动力泥沙条件进行优化。

本书对长兴岛 30 万吨级深水港开发涉及的水动力泥沙问题进行了全面研究,包括外海深水设计波要素计算、各种工程水位(包括设计高、低水位,重现期高、低水位及乘潮水位)计算、水动力泥沙特征分析、岸滩演变分析(包括马家浅滩成因与稳定性分析)、多方案波浪数学模型计算、多方案潮流泥沙数学模型计算、多方案骤淤分析计算、多方案流冰运动模拟计算等。

2. 主要研究结论

(1)长兴岛海域水深条件好,底床及岸滩稳定,水体含沙量小,泥沙淤积轻微,没有骤淤问题。

(2)马家浅滩是全新世海积沉积物,形成时间距今 2100~4550 年,为冰后期海面上升时形成的残留沉积,经现代潮流作用改造过后,逐渐与现代水文泥沙环境相适应,马家浅滩是稳定的,工程后也将继续处于稳定状态。

(3)长兴岛海域设计高水位为 2.35m,设计低水位为 0.23m,极端高水位为 3.40m,极端低水位为 -1.40m(马家咀理论基面)。

(4)长兴岛海域潮差不大(平均潮差为 1.03m,最大潮差为 2.58m,最小

潮差为 0.11m),但潮流动力强,流速大且持续时间长(马家咀和马家浅滩外侧大潮和小潮涨潮时段表层流速大于 1.0m/s 的时间均长达 6h,大潮涨潮表层流速大于 1.5m/s 的时间长达 4h,大潮涨潮垂线平均流速大于 1.0m/s 的时间长达 5h,大潮落潮时段表层流速和垂线平均流速大于 1.0m/s 的时间均长达 5h),潮段最大流速发生时刻与潮位无甚对应规律。

(5)内港池进港航道横流和内港池回流强度均不大。

(6)长兴岛海域的强浪向为 N ~ NNE 向,港口布局及防波堤设计应以重点考虑。

(7)正常天气情况下基本不会发生流冰堆积。

(8)从水动力泥沙角度考虑,长兴岛具有开发建设 30 万吨级深水港的条件,开发建设方案可行。

3. 主要技术创新

本研究有以下几方面的技术创新:

(1)针对长兴岛不规则半日潮(两个高潮、两个低潮潮高差别较大)的特点,分别建立了长兴岛与鲅鱼圈的高高潮位和低低潮位相关关系,并对高高潮位的相关关系进行了合理修正,根据鲅鱼圈的不同重现期高、低水位确定了长兴岛海区的不同重现期高、低水位。

长兴岛海区无长期验潮资料,其不同重现期水位需要根据与邻近的鲅鱼圈建立相关关系得到。由于长兴岛处于辽东湾湾口,而鲅鱼圈处于辽东湾东侧北端,两地受进出渤海潮流、风与浪的影响不尽相同,使得两地出现的最高高潮位(或最低低潮位)不一定同时出现。如用这两地的年极值相对应,即采用其高高潮相关关系去计算,很显然长兴岛的最高潮位值偏低。为弥补其极值出现时间的不对称和提高长兴岛相应的高高潮位,确保各重现期水位的安全,应对其相关关系线进行修正。根据该两站高高潮关系图,将长兴岛的高潮位点作一包络线并延伸,该线某点至相关关系线的垂直距离就是长兴岛用其相关关系计算结果的修正值。通过相关关系计算并进行修正,即可根据鲅鱼圈的不同重现期高水位计算得到长兴岛相应的不同重现期高水位。

(2)使用多年各向大风过程计算了外海深水设计波要素。

根据 1988 ~ 2007 年 20 年间影响长兴岛海域的台风、寒潮、温带气旋等恶劣大风天气过程及 2012 年 11 月 11 日 ~ 12 日的寒潮大风过程,利用

ECMWF(欧洲中长期预报研究中心)和NCEP(美国国家环境预报中心)历史再分析风场资料和MM5风场模型计算出工程附近海域10m高度的再分析风场,使用SWAN波浪模型计算对应的波浪场,得到了外海深水的极值波要素,通过P-Ⅲ型极值分布分析得到了外海深水处重现期(2年、5年、10年、25年、50年、100年)设计波要素。

(3)采用悬沙卫星遥感分析,历史地形图冲淤演变分析、沉积物矿物特征分析, ^{14}C 年代测定、 ^{210}Pb 沉积速率测定、波浪作用下表层泥沙起动分析等手段对马家浅滩的成因和稳定性进行了较系统的研究和分析。

(4)建立了大、小嵌套潮流数学模型,成功模拟了本海区小潮差、大流速且潮段最大流速与潮位无甚对应规律的潮流场,详细模拟计算了各开发方案实施前后的流场变化,并据此优化了方案。

(5)建立了考虑波流共同作用的泥沙数学模型,模拟计算了工程海域的悬沙场、各开发方案的泥沙回淤和骤淤。

(6)数值模拟了正常天气情况下和大风天气情况下的流冰运动,对各开发方案实施后流冰堆积情况进行了分析。

(7)综合开展外海深水设计波要素计算、各种工程水位计算(包括设计高、低水位、不同重现期高、低水位及乘潮水位)、水动力泥沙特征分析、岸滩演变分析、马家浅滩成因及稳定性分析、大范围波浪场计算、港内波浪场计算、潮流场计算、泥沙淤积和骤淤计算、流冰运动模拟计算等多方面研究,论证了长兴岛30万吨级深水港开发的水动力泥沙问题。

4. 成果应用

(1)本研究的相关成果:各种工程水位计算成果、外海深水设计波要素计算成果、马家浅滩的成因和稳定性分析成果、潮流场计算成果、波浪场计算成果、泥沙淤积和骤淤计算成果、流冰运动模拟成果等均被大连理工大学土木建筑设计研究院有限公司在设计中采用,成为其2009年5月的防波堤及临时围堰工程可行性研究报告和2009年6月完成的初步设计报告的科学依据。

(2)2009年7月18日上午,大连市长兴岛深水港的防波堤及临时围堰工程开工建设,标志着长兴岛深水港开发建设全面启动。2011年12月26日,大连长兴岛深水港防波堤及围堰主体工程完工。2012年5月28日,长兴岛30万吨级原油码头水工结构施工结束,同时,原油罐区配套及岸上工

艺管线区强夯作业正加紧进行,整个长兴岛深水港建设已进入收官阶段。2013年11月19日,由中交一航局承建的30万吨级原油码头及栈桥工程顺利通过交工验收,并交付业主使用。该码头建成后,可停靠世界最大的45万吨船舶,年通过能力约1837万吨,成为辽宁地区第4座30万吨级原油码头。

作 者

2014年12月于天津

目录

第 I 篇 概 述

1 研究背景	3
2 主要技术工作	4
3 主要资料依据	6
3.1 波浪资料	6
3.2 风资料	6
3.3 潮位资料	6
3.4 水文全潮资料	6
3.5 水深地形资料	7
4 开发方案	7
参考文献	12

第 II 篇 水动力泥沙特征分析

1 水动力特征	15
1.1 气象	15
1.2 波浪	18
1.3 潮汐	20
1.4 潮流	23
1.5 余流	39
1.6 盐度	44

2 泥沙环境	45
2.1 悬沙粒径	45
2.2 含沙量	45
2.3 悬沙遥感分析	48
2.4 表层沉积物	50
2.5 泥沙来源分析	54
3 小结	56
参考文献	57

第Ⅲ篇 马家浅滩成因与稳定性分析

1 工程海域岸滩演变分析	61
1.1 海岸地貌特征	61
1.2 长期地形冲淤变化	63
1.3 近期地形冲淤变化	65
2 马家浅滩成因分析	67
2.1 ^{210}Pb 沉积速率计算	67
2.2 矿物分析	69
2.3 马家浅滩成因分析	70
3 马家浅滩表层泥沙的起动水深	73
3.1 计算公式	73
3.2 计算点布置	74
3.3 结果分析	75
4 小结	76
参考文献	78

第Ⅳ篇 工程水位计算

1 研究目的	81
2 设计高、低水位的计算	81
3 重现期水位的计算	82
3.1 长兴岛海洋站与邻近海洋站高、低潮位的关系	82
3.2 长兴岛海洋站与鲅鱼圈海洋站高高潮位、低低潮位的关系	82

4 乘潮水位	87
5 小结	93
参考文献	94

第 V 篇 深水设计波要素计算

1 气象和波浪资料的收集	97
1.1 台风天气过程的挑选	98
1.2 大风过程的挑选	103
2 风场模型及模拟计算	106
2.1 MM5 风场模型介绍	106
2.2 近 20 年(1988~2007 年)台风海面风场过程的模拟与验证	107
2.3 近 20 年(1988~2007 年)大风海面风场模拟与验证	115
3 波浪场模型及模拟计算	125
3.1 SWAN 波浪模型介绍	125
3.2 波浪数值模拟计算	129
4 深水设计波要素计算	139
4.1 极值计算方法	139
4.2 样本数据的来源	140
4.3 不同重现期波要素的计算	155
4.4 计算结果的合理性分析	167
5 小结	168
参考文献	169

第 VI 篇 波浪数学模型试验

1 研究目的	173
2 深水波要素	173
3 重现期风速	174
4 设计波要素计算	179
4.1 MIKE 21 NSW 波浪数学模型	179
4.2 计算区域及网格划分	180
4.3 模型验证	180

4.4	计算点	182
4.5	计算结果	184
5	港内波况计算	190
5.1	MIKE 21 BW 波浪数学模型	190
5.2	小风区风成浪	193
5.3	港内波况计算结果	194
6	小结	216
	参考文献	218

第Ⅶ篇 潮流泥沙数学模型试验

1	研究目的	221
2	波浪数学模型	221
2.1	基本方程及数值方法	221
2.2	波浪资料	221
2.3	计算域的确定	221
2.4	计算条件及参数选取	222
2.5	模型验证	222
2.6	结果分析	222
3	潮流泥沙数学模型	227
3.1	考虑波浪作用的潮流数学模型	227
3.2	悬沙数学模型	233
3.3	海床变形数学模型	235
3.4	计算域的确定及网格划分	236
3.5	关键技术处理及有关参数的确定	237
3.6	模型验证	239
4	工程海域潮流泥沙特征分析	256
4.1	现状下潮流场特征分析	256
4.2	现状下悬沙场特征分析	257
5	方案实施后潮流模拟	258
5.1	流态变化	258
5.2	流速变化	268
5.3	内港池进港航道横流分析	281

5.4 内港池回流分析	286
5.5 各方案 30 万吨级原油码头和矿石码头与潮流的夹角	289
6 方案实施后泥沙模拟	292
6.1 数学模型计算	292
6.2 经验公式计算	295
6.3 泥沙骤淤计算	296
6.4 马家浅滩泥沙冲淤计算	296
7 方案比选	297
8 小结	298
参考文献	300

第Ⅷ篇 流冰运动初步计算分析

1 工程海域海冰特点	303
2 流冰运动初步计算分析	303
3 小结	310
参考文献	312

第Ⅸ篇 结 论

第 I 篇

概 述



