



交通运输行业高层次人才培养项目著作书系

吴华林 孔令双 王元叶 著

# 长江口细颗粒泥沙动力过程

Dynamic Process of Fine Sediment  
in the Yangtze Estuary and  
Prediction of Channel Siltation

# 及航道回淤预测



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



交通运输行业高层次人才培养项目著作书系

吴华林 孔令双 王元叶 著

# 长江口细颗粒泥沙动力过程

Dynamic Process of Fine Sediment  
in the Yangtze Estuary and  
Predictions of Channel Siltation

## 及航道回淤预测



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书采用现场观测、水文数据分析、室内试验、数值模拟等多种研究手段,对长江口细颗粒泥沙运动特性、水沙盐分布特点、泥沙输移过程、航道泥沙来源及航道回淤机理进行了深入研究,建立了反映长江口细颗粒泥沙运动特点的三维航道回淤预测模型,可对深水航道回淤量时空分布进行精确预测,为航道开发、航道减淤和日常疏浚维护管理提供技术支持。

本书可作为港口航道工程、河口治理相关技术人员的参考书,也可供相关专业院校的师生学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

长江口细颗粒泥沙动力过程及航道回淤预测 / 吴华林, 孔令双, 王元叶著. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018. 8

ISBN 978-7-114-14831-6

I. ①长… II. ①吴… ②孔… ③王… III. ①长江口—泥沙运动②长江—航道—泥沙淤积—预测 IV. ①TV152②U617.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 175162 号

交通运输行业高层次人才培养项目著作书系

书 名: 长江口细颗粒泥沙动力过程及航道回淤预测

著 者: 吴华林 孔令双 王元叶

责任编辑: 潘艳霞

责任校对: 宿秀英

责任印制: 张 凯

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: 中国电影出版社印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 9.75

字 数: 219千

版 次: 2019年1月 第1版

印 次: 2019年1月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14831-6

定 价: 80.00元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

## 书系前言

### Preface of Series

进入 21 世纪以来,党中央、国务院高度重视人才工作,提出人才资源是第一资源的战略思想,先后两次召开全国人才工作会议,围绕人才强国战略实施做出一系列重大决策部署。党的十八大着眼于全面建成小康社会的奋斗目标,提出要进一步深入实践人才强国战略,加快推动我国由人才大国迈向人才强国,将人才工作作为“全面提高党的建设科学化水平”八项任务之一。十八届三中全会强调指出,全面深化改革,需要有力的组织保证和人才支撑。要建立集聚人才体制机制,择天下英才而用之。这些都充分体现了党中央、国务院对人才工作的高度重视,为人才成长发展进一步营造良好的政策和舆论环境,极大激发了人才干事创业的积极性。

国以才立,业以才兴。面对风云变幻的国际形势,综合国力竞争日趋激烈,我国在全面建成小康社会的历史进程中机遇和挑战并存,人才作为第一资源的特征和作用日益凸显。只有深入实施人才强国战略,确立国家人才竞争优势,充分发挥人才对国民经济和社会发展的重要支撑作用,才能在国际形势、国内条件深刻变化中赢得主动、赢得优势、赢得未来。

近年来,交通运输行业深入贯彻落实人才强交战略,围绕建设综合交通、智慧交通、绿色交通、平安交通的战略部署和中心任务,加大人才发展体制机制改革与政策创新力度,行业人才工作不断取得新进展,逐步形成了一支专业结构日趋合理、整体素质基本适应的人才队伍,为交通运输事业全面、协调、可持续发展提供了有力的人才保障与智力支持。

“交通青年科技英才”是交通运输行业优秀青年科技人才的代表群体,培养选拔“交通青年科技英才”是交通运输行业实施人才强交战略的“品牌工程”之一,1999 年至今已培养选拔 282 人。他们活跃在科研、生产、教学一线,奋发有为、锐意进取,取得了突出业绩,创造了显著效益,形成了一系列较高水平的科研成果。为加大行业高层次人才培养力度,“十二五”期间,交通运输部设立人才培养专项经费,重点资助包含“交通青年科技英才”在内的高层次人才。

人民交通出版社以服务交通运输行业改革创新、促进交通科技成果推广应用、支持交通行业高端人才发展为目的,配合人才强交战略设立“交通运输行业高层次人才培养项目著作书系”(以下简称“著作书系”)。该书系面向包括“交通青年科技英才”在内的交通运输行业高层次人才,旨在为行业人才培养搭建一个学术交流、成果展示和技术积累的平台,是推动加强交通运输人才队伍建设的重要载体,在推动科技创新、技术交流、加强高层次人才培养力度等方面均将起到积极作用。凡在“交通青年科技英才培养项目”和“交通运输部新世纪十百千人才培养项目”申请中获得资助的出版项目,均可列入“著作书系”。对于虽然未列入培养项目,但同样能代表行业水平的著作,经申请、评审后,也可酌情纳入“著作书系”。

高层次人才是创新驱动的核心要素,创新驱动是推动科学发展的不懈动力。希望“著作书系”能够充分发挥服务行业、服务社会、服务国家的积极作用,助力科技创新步伐,促进行业高层次人才特别是中青年人才健康快速成长,为建设综合交通、智慧交通、绿色交通、平安交通做出不懈努力和突出贡献。

交通运输行业高层次人才培养项目  
著作书系编审委员会  
2014年3月

# 前 言

## Foreword

长江口是一个巨型多沙分汊的复杂河口。长江口拦门沙曾长期制约着长江黄金水道的开发和上海国际航运中心事业的发展。经四十多年、几代专家的长期跟踪研究,制定了打通拦门沙航道的系统方案。自1998年起,历时13年,分阶段完成了从7.0m水深至12.5m水深的长江口深水航道整治目标,2011年5月18日,长江口深水航道治理三期工程顺利通过国家竣工验收,标志着迄今为止我国最大的水运工程、长达92km的12.5m深水航道(南港北槽航道)全面完成,取得了显著的社会和经济效益。然而,12.5m水深航道虽然顺利贯通,但航道淤积问题却非常严峻,2012年维护量达近亿立方米,减淤降费压力巨大,航道回淤在较长一段时间内仍将是困扰长江口深水航道的主要难题之一,因而,针对长江口细颗粒泥沙动力过程、航道回淤机理和航道回淤预测技术等开展深入系统研究,既有理论意义,又有实用价值。

本书采用现场观测、水文数据分析、室内试验、数值模拟等多种研究手段,对长江口细颗粒泥沙运动特性、水沙盐分布特点、泥沙输移过程、航道泥沙来源及航道回淤机理进行了深入研究,建立了反映长江口细颗粒泥沙运动特点的三维航道回淤预测模型,可为长江口深水航道减淤和航道日常疏浚维护提供理论基础和技术手段支持。除署名作者外,上海河口海岸科学研究中心戚定满、顾峰峰、万远扬、刘杰、李为华、王钟寅、程海峰、赵德招等同志也参加了部分工作,交通运输部长江口航道管理局原总工程师范期锦教授级高级工程师、长江口航道建设公司原副总经理金鏐教授级高级工程师给予了技术指导,在此一并表示感谢。

本研究得到国家重点研发计划项目“长江口水沙变化与重大工程安全”(2017YFC0405400)和交通运输部基础理论重点项目“长江口细颗粒泥沙动力过

程及航道回淤机理研究”(2012329A06040)的资助,本书的出版得到交通运输部高层次人才培养项目的资助。鉴于长江口泥沙动力过程及航道回淤机理极其复杂,航道回淤模拟技术的突破困难较大,加之作者学识、水平的局限,书中不当之处,在所难免,恳请读者批评指正。

吴华林

2017年12月

# 目 录

## Contents

第1章 绪论	1
1.1 长江口水沙基本特性	1
1.2 长江口河床地形基本特征	2
1.3 长江口深水航道治理工程	4
1.4 研究背景	5
1.5 本书研究内容	6
第2章 长江口深水航道回淤分析	8
2.1 长江口 12.5m 深水航道维护期航道回淤特征	8
2.2 12.5m 与 10m 航道回淤特征比较	9
2.3 北槽航道回淤组成	11
2.4 河床质与航道回淤物质	12
第3章 长江口北槽水沙运动观测	14
3.1 北槽近底水沙现场观测	14
3.2 北槽水沙通量观测	18
第4章 长江口北槽细颗粒泥沙运动特性试验	25
4.1 泥沙静水沉降试验	25
4.2 水流作用下的泥沙起动试验	33
4.3 波浪作用下的泥沙起动试验	40
4.4 泥沙冲刷试验	45
第5章 长江口北槽水沙盐时空分布特征	49
5.1 水动力场特征	49
5.2 含沙量场特征	58
5.3 盐度场特征	62
第6章 长江口北槽水沙输移特征	64
6.1 北槽中下段涨落潮周期内的泥沙运动过程	64

6.2	北槽最大浑浊带区域含沙量变化 .....	64
6.3	涨落潮动力过程床面冲淤特征 .....	65
6.4	大潮至小潮过程床面冲淤特征 .....	66
第7章	长江口北槽泥沙来源 .....	68
7.1	北槽四侧边界水沙输移特征 .....	68
7.2	北槽泥沙来源 .....	80
第8章	长江口北槽航道回淤机理 .....	97
8.1	北槽航道回淤量洪枯季差异原因 .....	97
8.2	北槽航道回淤量集中在中段原因 .....	98
第9章	长江口北槽航道回淤预测 .....	105
9.1	长江口三维潮流泥沙数学模型介绍 .....	105
9.2	模型主要参数选取 .....	112
9.3	模型计算范围和网格 .....	115
9.4	模型边界条件 .....	116
9.5	模型验证 .....	117
9.6	北槽航道回淤量预测 .....	135
参考文献	.....	140
索引	.....	142

# 第1章 绪 论

## 1.1 长江口水沙基本特性

### 1.1.1 潮汐

长江口是中等强度的潮汐河口,口外为正规半日潮,口内潮波变形,为非正规半日浅海潮。一日内两涨两落,一个涨落潮过程历时约 12h25min,日潮不等现象明显。潮波变形程度越向上游越大,导致潮位、潮差和涨、落潮历时沿程发生变化。潮位向上游递增,潮差向上游递减,涨潮历时缩短,落潮历时延长。

长江口的潮流在拦门沙以上河段主要呈现往复流运动性质,拦门沙以外旋转流性质增强,口门外则为典型的旋转流,且多为顺时针方向旋转。主槽中落潮流速一般大于涨潮流速,涨、落潮最大流速在高、低潮位前 1h 左右出现。

### 1.1.2 流域来水来沙

长江口流域来水量丰沛,根据大通站 1950—2016 年的资料统计,多年平均径流量为 8954 亿  $\text{m}^3$ ,年际间虽有一定的波动,但并无明显的趋势性变化。

根据大通站 1951—2016 年的资料,多年平均年输沙量为 3.66 亿 t,2003 年三峡工程开始蓄水运行,长江来沙量呈减小态势,2003—2016 年大通站平均年输沙量为 1.4 亿 t。

### 1.1.3 主要汊道分流分沙比

长江口深水航道工程实施前后,南、北港的分流分沙比无明显变化,分配比例保持在各占 50% 左右。

长江口深水航道工程实施以后,北槽落潮分流分沙比呈减小的趋势。落潮分流比由工程实施前的约占 50% 减小到现在基本稳定的 42% 以上。工程前,北槽的落潮分沙比约占 50%,工程后北槽落潮分沙比经过初期的波动后,一直维持在 50% 以内。

### 1.1.4 含沙量

长江口垂线平均含沙量纵向分布(由上游向外海)呈现“低—高—低”的态势,拦门沙区域含沙量高于其上下游,为最大浑浊带活动范围,北槽拦门沙区域的垂线平均含沙量通常高于  $1.0\text{kg}/\text{m}^3$ ,涨潮含沙量大于落潮含沙量。北槽含沙量垂线分布洪枯季不同,枯季垂线分布比较均匀,洪季垂线分布分层明显,近底存在高浓度含沙层,近底含沙量大的区域主要集中在拦门沙区域。

### 1.1.5 河床质

长江口河床质泥沙主要由砂、砂质粉砂和黏土质粉砂组成。南支河段河床质泥沙以砂为主;南港河段河床质泥沙以砂和粉砂为主;北槽河段河床质泥沙以黏土质粉砂为主。河床

质泥沙沿纵向分布特征为:拦门沙段泥沙粒径最细,其上、下游区段相对较粗。

### 1.1.6 波浪

长江口的波浪以风浪为主,涌浪次之,风浪出现的频次约占 77%,涌浪出现的频次约占 33%。常浪向为 NNE 向,次常浪向为 N 和 SSE。风浪的季节性变化明显,冬季以 NW 向浪为主,夏季以 SSE 向浪为主,春季以 SE 和 SSE 向浪为主,秋季则以 NE 向浪居多。涌浪主要出现在 NE—SE 向,约占涌浪出现频率的 57.5%。

因受地形的影响,长江口波高由口外向口内衰减。口外多年平均波高约为 0.9m,口内南港段则为 0.35m。

## 1.2 长江口河床地形基本特征

长江口自徐六泾至口外 15m 等深线,长约 160km。平面形态呈喇叭形,徐六泾处江面宽约 5km,口外启东嘴到南汇嘴宽约 90km。长江口自徐六泾以下,河槽出现有规律的分汊:首先被崇明岛分为南、北两支;南支又被长兴岛、横沙岛分成南、北两港;南港再被九段沙(水下暗沙)分为南、北两槽,总体上呈现“三级分汊、四口入海”的河势格局。目前,长江口南支—南港—北槽为主要通海航道。

### 1.2.1 北支

北支是长江口第一级分汊的北汊,自崇头至连兴港全长约 80km,是长喇叭形的潮汐河道。北支河道从上口至青龙港分布着浅滩与深槽,深槽靠近崇明岛一侧,有洪冲枯淤的变化规律,北岸有向外延伸的浅滩,水深一般为 2~3m(理论最低潮面以下,下同),浅滩的发育也阻碍了长江径流进入北支水道。从青龙港到大新港为一弯道,浅滩在南岸,深槽在北岸,水深 2~5m。大新港到三和港江面逐渐展宽,水道中有多处心滩,两侧为汊道,水深 2~5m。三和港向下至连兴港河道中分布着潮流脊和冲刷槽,5m 槽已由口门附近的连兴港贯通至吴淞港以上,局部深槽水深在 8~9m。目前北支受涨潮动力控制,涨潮带来的泥沙落潮不能全部带出,河槽呈现淤积趋势,同时涨潮时水、沙、盐经北支入口向南支倒灌。

### 1.2.2 南支

南支是长江口第一级分汊的南汊,自徐六泾—南、北港分汊口(浏河口附近),全长约 70km。南支上段由白茆沙分为南、北两条水道。白茆沙南、北水道汇流口(七丫口附近)至南、北港分汊口之间的河段为南支中段,南支中段有一条长约 40km 的沙带,称之为扁担沙。扁担沙北侧为新桥水道,南侧为南支主槽,南支下段为南、北港分汊口。

(1)南支上段(白茆沙河段)。白茆沙河段中间为白茆沙,两侧为南、北水道,形成江心洲形河段。白茆沙 5m 以浅沙体长约 10.5km,面积约 25.7km<sup>2</sup>。白茆沙南水道为主要的泄水通道,宽为 2~4km,深泓水深在 15m 以上,局部深槽水深可达 50m 以上;北水道宽为 1~2km,上口水深在 8~10m,中下段水深在 12~15m。近年来,白茆沙北水道(进口段)淤积,南水道冲刷发展,白茆沙南、北水道持续表现为“南强北弱”的态势。

(2)南支中段。南支主槽在平面上为一条顺直向南微弯的河槽,宽约 5km,水深多在 20m 以上。多年来,南支主泓傍靠南岸,深泓位置比较稳定,航道水深条件较好。但近年来,南支主槽呈现向相对宽浅方向变化,深槽逐渐向北展宽。

扁担沙东西长约 36km,沙体最宽处约 6.5km(5m 以浅范围内)。扁担沙滩面高程为 -5 ~ +2m,涨落潮时均有大量水流漫滩,下段滩面串沟发育。在南、北港分流口稳定后,扁担沙的冲淤变化是影响南北港分汊河段和下游河床稳定的重要因素。

(3)南支下段。南支下段滩槽众多,2006—2009 年,中央沙圈围及青草沙水库工程、新浏河沙护滩和南沙头通道限流潜堤工程等相继实施,使得南北港分流口河段局部河势的不利变化得到了基本控制,中央沙、新浏河沙沙体得以稳定,沙头不再大幅冲刷后退,南沙头通道因限流作用已由原来的冲刷发展转变为淤积态势。

### 1.2.3 北港

北港是长江口第二级分汊的北汊,自南北港分流口至北港口外 10m 等深线长约 90km。北港为微弯形河槽,平面上呈反 S 形。上承新桥通道、新桥水道,下经拦门沙河段入海。北港中下段因近左岸有堡镇沙(又称六淤沙脊)纵卧其间而形成“两槽一脊”的 W 形河槽,潮流脊至今仍在活动之中。

### 1.2.4 南港

南港是长江口第二级分汊的南汊,南港河段上承南北港分汊口,下接南北槽分汊口,全长约 25km。南港河段因有瑞丰沙的存在局部形成复式河槽,沙体以南是南港主槽,以北是长兴水道。

南港主槽和长兴水道均为较稳定的深槽。主槽水深超过 15m。2001 年后瑞丰沙腰部形成窄沟,沙体被分为上沙体和下沙体,下沙体持续冲刷,到 2006 年后基本冲刷殆尽,南港河槽向单一河槽转化。下沙体的冲刷使得南港中下段主槽拓宽,主槽水深变浅,南岸边滩外移。南港主槽水深在 12 ~ 13m 之间。长兴水道原为涨潮流占优势的水道,与瑞丰沙构成“外沙里泓”格局。随着瑞丰沙中部窄沟的形成,经中部窄沟进入长兴水道的落潮流增强,导致长兴水道下段(马家港以下河段)涨落潮流对比发生变化,最终转变为落潮流占优势的水道。目前长兴水道水深基本维持在 10m 以上。

### 1.2.5 北槽

北槽是长江口第三级分汊的北汊,位于南港以下,是长江口深水航道治理工程的主要整治段。北槽自南北槽分汊口至深水航道北导堤堤头长约 59km,近期北槽的变化主要受长江口深水航道治理工程的影响。

长江口深水航道治理工程前(1997 年以前),北槽上段存在长约 15km,自然水深小于 6m 的拦门沙浅段。1998 年起工程开始实施,在双导堤和丁坝群的作用下,北槽河床发生明显的冲淤调整,总体上呈现整治段“主槽河床冲刷、丁坝坝田淤积”的特点,河槽断面形态向窄深方向调整。由于整治工程的“导流”作用,丁坝治导线内的主槽容积有所扩大,北槽全槽形成了一条上下段平顺相接、具有相当宽度的覆盖航道的微弯深泓,为 12.5m 深水航道的全线贯通创造了良好的河势条件。

### 1.2.6 南槽

南槽是长江口第三级分汊的南汊,位于南港以下,与北槽相邻,其北侧为九段沙,南侧为南汇东滩。南槽自南北槽分汊口至外海 8m 等深线长约 56km。

1998 年长江口深水航道工程实施以来,南槽落潮分流比增加,南槽上段主槽发生冲刷,

10m 深槽累计下延了约 13km,江亚南沙沙尾淤涨下延明显,目前 5m 沙尾已淤进南槽中段航道。受南槽上段冲刷的影响,南槽拦门沙滩顶最浅段的位置下移了约 11km。目前南槽上段水深在 10m 以上,南槽口外水深在 7m 以上,但拦门沙滩顶最浅水深仍保持在 5m 左右。

### 1.2.7 河口拦门沙

长江挟带大量泥沙入海,由于河口急剧展宽,受口外潮流的顶托,流速减缓,泥沙在口门附近大量沉积;又由于口门处于咸淡水交汇地带,细颗粒泥沙易产生絮凝沉降。二者的共同作用在口门附近形成一个高含沙量区域——“最大浑浊带”,在地形上则形成水深较上下两端均浅的“河口拦门沙”。

水深浅于 10m 的拦门沙滩长的多年平均值,北港约为 43.8km,最浅滩顶水深约为 5.8m;在长江口深水航道治理工程前,北槽拦门沙滩长约为 56.2km,最浅点水深约为 6.1m,1998 年工程实施后,至 2010 年北槽拦门沙区段 12.5m 航槽贯通,南槽拦门沙滩长约为 71.6km,拦门沙浅滩最长,滩顶最浅水深 5.0m 左右。

### 1.3 长江口深水航道治理工程

长江口深水航道治理工程于 1998 年 1 月 27 日开工,至 2011 年 5 月 18 日三期工程通过国家竣工验收,12.5m 深水航道正式宣布开通。工程经历了三期工程的建设(图 1-1),一期工程航道设计航道水深 8.5m(理论最低潮面下,下同)、航道底宽 300m;二期工程航道水深加深至 10m,航道底宽 350~400m;三期工程航道水深进一步加深至 12.5m,航道底宽 350~400m。三期工程完成后,第三、四代集装箱船和 5 万吨级船舶可全天候双向通航,第五、六代集装箱船、10 万吨级满载散货船和 20 万吨级减载散货船可乘潮进出长江口。

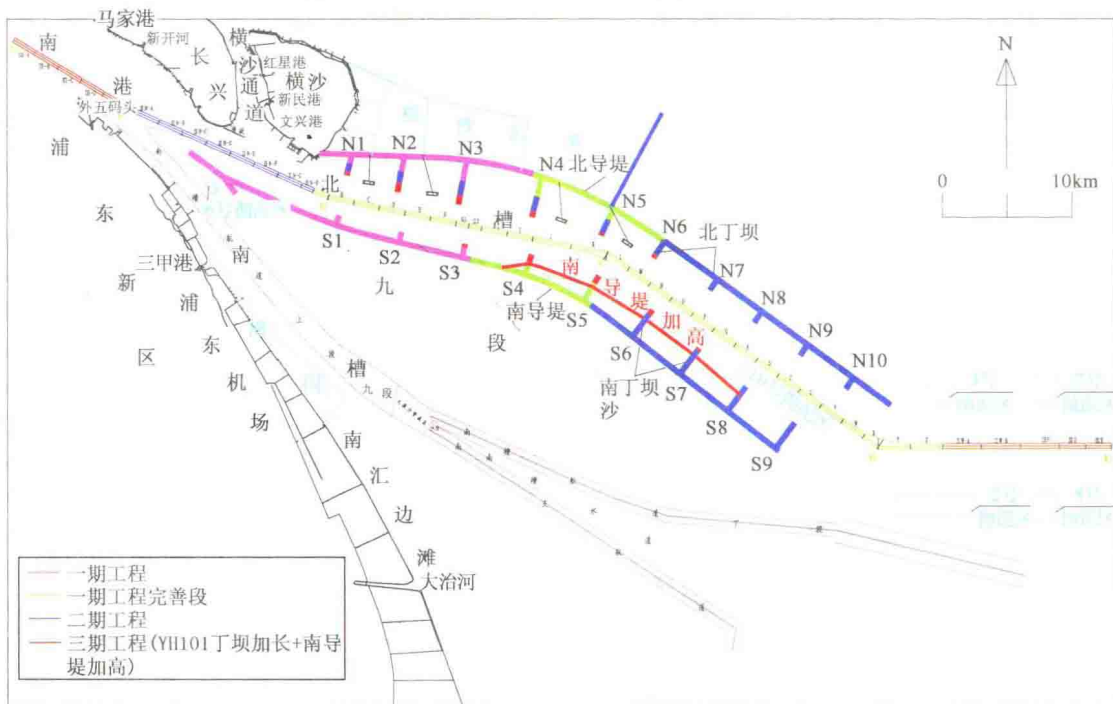


图 1-1 长江口深水航道治理一期~三期工程的平面位置示意图

历经 13 年建设,长江口深水航道治理工程累计建成导堤、丁坝等各类整治建筑物 169.165km,其中鱼咀及堵堤 5.53km;南、北导堤(含南坝田挡沙堤、长兴潜堤) 120.337km,丁坝 34.711km,其他护滩堤坝 8.587km;建成水深 12.5m、宽 350~400m、长 92.268km 的双向航道,完成基建疏浚工程量共约 3.2 亿  $m^3$ ;累计完成工程投资约 155.76 亿元(表 1-1)。

长江口深水航道治理工程主要建设内容一览表

表 1-1

实施阶段		一期工程	二期工程	三期工程	合计
分流口	南线堤(km)	1.6			1.6
	堵堤(km)	0.73			0.73
	潜堤(km)	3.2			3.2
南导堤(km)		30	18.077		48.077
北导堤(km)		27.89	21.31		49.2
护滩丁坝及促淤潜堤(km)		0.5	8.087		8.587
长兴潜堤(km)				1.84	1.84
南坝田挡沙堤(km)				21.22	21.22
丁坝	数量(座)	10	14	11	19
	总长(km)	11.19	18.9	4.621	34.711
航道疏浚长度(km)		46.13	59.5	92.268	92.268
航道长度(km)		51.77	74.471	92.268	92.268
疏浚量(万 $m^3$ )		4386	5921	21849	32156
工程投资(亿元)		30.8477	57.1094	67.8071	155.7642
工程实施时间		1998.01.27— 2000.02.20	2002.04.28— 2005.06.16	2006.09.30— 2010.03.14	—

注:1.二期工程实施的 14 座丁坝中新建 9 座,在一期工程基础上加长 5 座,三期工程实施的 11 座丁坝均为在一、二期工程基础上加长。

2.各期工程投资均为经审计的工程竣工决算价。

目前,长江口总体河势较为稳定,已建整治建筑物稳定、持续地发挥着“导流、拦沙、减淤”的功能。自 2010 年 3 月三期工程交工验收以来,成功经受了洪季长时间大流量和“圆规”“梅花”“布拉万”等台风的考验。至今,长江口 12.5m 深水航道水深保持了 100% 的通航保证率。

## 1.4 研究背景

长江口深水航道三期工程于 2010 年 3 月 14 日实现 12.5m 航道水深目标,并于 2011 年 5 月 18 日通过国家竣工验收。据上海海事大学测算,长江口深水航道治理工程实施后,截至

2010年8月31日,仅集装箱、散货和石油三大货种船舶产生的航运直接经济效益已经累计近800亿元。预计2010年9月至2020年12月,长江口深水航道每年产生的航运经济效益将达177.6亿元。长江口12.5m深水航道治理工程建成对于改善长江航道条件、提高长江水运承载能力、建设上海国际航运中心具有重大意义。

与此同时,在长江径流来沙逐年减少的大环境下,长江口北槽航道年回淤总量较一期工程至二期工程维护前期的2000万~4000万 $\text{m}^3$ 有较大幅度的增加,自二期工程维护后期及三期工程建设以来,基本维持在6000万 $\text{m}^3$ 以上。长江口深水航道一期、二期整治工程实现了逐步提高水深、改善航道条件的目标,但受当时现场资料、研究条件及研究手段的限制,航道回淤问题一直比较突出。三期工程后,随着航道的进一步增深,12.5m深水航道贯通,航道回淤问题更加凸显,航道回淤量大,时空分布具有相对集中的明显特征,航道维护面临巨大挑战,减淤降费需求迫切。

长江口丰水多沙,为中等潮汐河口,径流和潮流两股动力在时间和空间范围内相互消长,变化复杂;长江口平面呈“三级分汊、四口入海”的河势格局,洲滩、汉道众多,边界和地形条件复杂;泥沙以颗粒粒径小于0.032mm的黏土和粉沙颗粒为主,在波浪、潮流等动力作用下,易悬易沉,强动力条件下近底床面会产生高浓度的含沙水体层;河口口门处于径流和咸淡水交汇地带,黏性细颗粒泥沙在咸水环境下絮凝沉降,在拦门沙区域形成了一个高含沙区域——高浑浊带。以上诸多因素构成了长江口复杂多变的动力环境、泥沙运动及航道回淤机制,为破解回淤难题,必须深入研究这种复杂动力环境下细颗粒泥沙动力过程,揭示航道回淤机理,形成航道回淤模拟预报技术。

### 1.5 本书研究内容

关于长江口细颗粒泥沙运动及航道回淤,众多专家学者做了大量研究。但由于巨型河口泥沙运动及航道回淤机理极其复杂,影响因素众多,仍存在一系列尚不明晰的问题,主要有:航道水沙垂向结构以及近底紊流作用下细颗粒泥沙的动力过程和机制;北槽泥沙来源及泥沙输移特性;北槽泥沙运动特性及相关参数的定量计算;不同动力因子对北槽航道的泥沙来源和航道淤积的影响;缺乏高精度反映近底水沙三维特性的航道回淤数学模型。本书重点聚焦以上几个方面,阐述长江口细颗粒泥沙动力过程、航道回淤机理以及航道回淤量预测的研究成果。

(1)第1章介绍了长江口水沙基本特征、长江口河床地形基本特征及长江口深水航道治理工程等

(2)第2章对长江口12.5m深水航道贯通以来的回淤量变化及时空分布进行了分析。

(3)第3章介绍了围绕长江口北槽细颗粒泥沙运动过程及航道回淤机理开展的专项观测,主要包括近底水沙观测和水沙通量观测。

(4)第4章介绍针对长江口北槽细颗粒泥沙运动特性和关键运动参数开展的室内试验研究成果。

(5)第5~8章分别对长江口北槽水沙盐时空分布、水沙输移特性、泥沙来源、航道回淤机理进行了研究。

(6)第9章综合利用前几章的成果,建立长江口北槽航道回淤三维数学模型,并介绍了

模型参数的确定方法和模型验证成果。

本书总体技术路线见图 1-2。

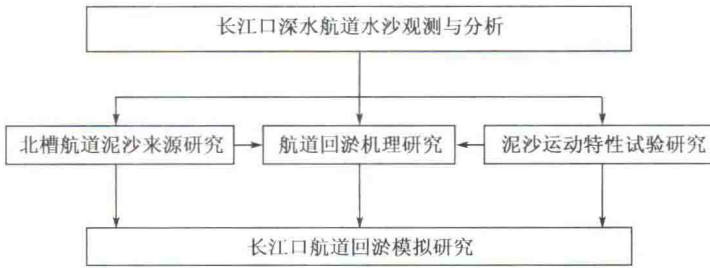


图 1-2 技术路线示意图

## 第2章 长江口深水航道回淤分析

### 2.1 长江口 12.5m 深水航道维护期航道回淤特征

根据长江口北槽航道 2010—2016 年的回淤量资料,北槽航道回淤特征主要有三点:

#### 2.1.1 航道维护期回淤量大

经统计,2010—2016 年全长 92.2km 的 12.5m 深水航道年回淤量 2010 年为 8015 万  $m^3$ , 2011 年为 8546 万  $m^3$ , 2012 年为 10080 万  $m^3$ , 2013 年为 8106 万  $m^3$ , 2014 年为 7621 万  $m^3$ , 2015 年为 6940 万  $m^3$ , 2016 年为 5401 万  $m^3$ , 12.5m 航道维护期 7 年年均回淤量约 7815 万  $m^3$  (上述方量均已扣除超过规定允许超挖深度而不予计量支付的船方量)。

其中北槽航段(B~III-1)总长 65.2km, 2010—2016 年回淤量分别为 5959 万  $m^3$ 、5588 万  $m^3$ 、8326 万  $m^3$ 、6002 万  $m^3$ 、6863 万  $m^3$ 、6212 万  $m^3$  和 5083 万  $m^3$ , 年均回淤量约 6290 万  $m^3$ 。

#### 2.1.2 回淤量沿程分布高度集中在北槽中段

从航道回淤的沿程分布来看,12.5m 北槽航道回淤分布集中在北槽中段(H~O 单元)(图 2-1), H~O 单元长度为 17.9km, 回淤量 4414 万  $m^3$ , 约占北槽航道的 70%。

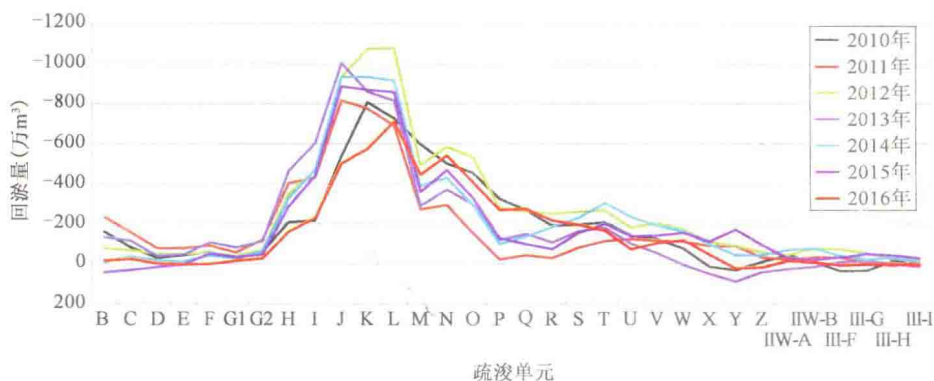


图 2-1 长江口 12.5m 航道维护期年回淤分布

#### 2.1.3 航道回淤量主要集中在洪季

洪季(6—11 月)是长江口深水航道回淤集中时段。北槽 12.5m 航道维护期 7 年洪季回淤占全年比重分别为 85%、97%、92%、92%、96%、87% 和 74%。

南港段航道回淤无季节变化规律,洪枯季淤强基本接近;圆圆沙段航道洪季约为枯季的 2 倍;北槽航道回淤主要集中在洪季,洪季回淤比重超过 85% (表 2-1、图 2-2)。