

河口治理与 大风骤淤

罗肇森 著



南京水利科学研究院专著出版基金资助出版

河口治理与大风骤淤

罗肇森 著

海洋出版社

2009年·北京

内 容 摘 要

港口、航道的开发与泥沙研究是当今河口海岸工程的热点。本书内容分五部分:第一部分为河口治理,包括河口水流泥沙、河床演变及国内外河口治理的经验,河口治导线放宽率,分汊网河航道整治方法;第二部分为航道回淤,分别介绍作者研究的方法、泥沙(包括浮泥)问题及其在若干港口工程中的应用;第三部分为大风期(包括台风)骤淤、推导的公式及其验证应用,这是进入 21 世纪我国面临的难点焦点问题;第四部分为河口建闸和减淤措施、潮汐水流泥沙模型试验;最后部分为作者水利计算和波浪冲滩的早期论文。

本书是作者多年从事河口、海岸研究成果的汇集,不少观点和论述已分别编入水利、交通部门相关专业的规范、规程和手册,可供交通、水利部门从事规划、设计和科研人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

河口治理与大风骤淤/罗肇森著. —北京:海洋出版社,
2009. 4

ISBN 978 - 7 - 5027 - 7336 - 6

I. 河… II. 罗… III. 河口—河道整治 IV. TV856

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 046981 号

策划编辑: 阎 安

责任编辑: 项 翔

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京盛兰兄弟印刷装订有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张:23

字数: 531 千字 定价: 92.00 元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

简 历



罗肇森 1930年生,广东信宜市人,教授级高级工程师。1948年入广西大学土木工程系,1953年武汉大学河港工程系毕业。其间,1949年11月参加工作和1951年治淮各一年。毕业后分配到交通部航务工程设计院、交通部水运科学研究院筹备处,1957年随该院港工航道研究所合并入南京水利科学研究院(前身为水利部、交通部、电力工业部南京水利科学研究所),在河流海岸研究所从事潮汐河口整治、港口航道、海岸工程等研究至今。曾担负交通部国家“八五”重点科技项目(攻关)“珠江崖门口航道整治技术研究”等多项研究专题负责人;担任院、所学术委员会委员、院技术委员会委员、江苏省水利学会河道港口专业委员会副主任委员和注册咨询专家;研究生导师。1992年起享受国务院政府特殊津贴。1981年,受美国河口研究联合会资助,应邀就“中国河口建闸泥沙淤积和改善措施”做主题发言,并受水利部的委托以《钱塘江潮》在会上交流,会后考察访问美国西海岸有关高校和工程单位,得到水利部表扬。曾获水利部、交通部科技进步二、三、四等奖励多项。现为河港所专家委员会委员、项目技术顾问。

序 言

河口是连接河流和海洋的枢纽,既是河流物质的归宿,又是海洋的开始,而海岸则是陆地和海洋的过渡带。河口海岸是陆海相互作用的集中带,各种过程(物理的、化学的、生物的和地质的)耦合多变,演变机制复杂,生态敏感,环境脆弱,世界上 60% 的人口和 2/3 的大中城市集中在沿海地区。因此研究和治理河口海岸问题是人类永恒的使命。我国是一个多河流国家,同时又有长达 18 000 km 的海岸线,河口、港口和航道开发治理中的泥沙研究一直是海岸工程的热点。

罗肇森,教授级高级工程师,1957 年 3 月,在交通部水运科学研究院筹备处与我院合并时转入我院,在河流海岸研究所从事河口海岸工程泥沙研究工作至今。他 50 余年如一日,兢兢业业,孜孜不倦,在各项试验研究工作中,身临现场查勘、深入体察、研究,完成了不少生产上的科研任务,解决了许多河口海岸工程中的科学技术问题,写出了大量有参考价值的科研报告和论文。罗教授 1991 年退休后,仍致力于该领域的科学研究,在交通部国家“八五”重点科技项目(攻关)“珠江崖门口航道整治技术研究”中担任负责人,研究成果被交通部评为“成果多、质量高、手段先进,总体上达到国际先进水平”。《河口治理与大风骤淤》一书是罗教授多年研究河口和海岸工程技术问题的结晶,书中许多论文是罗教授退休后撰写的。尤其可贵的是,对于如“大风骤淤”这样的泥沙难题,他敢于面对,勇于探索,取得了可喜的成果。

河口和海岸工程泥沙领域的研究工作,意义十分重大。《河口治理与大风骤淤》编入了罗肇森教授在该领域的 31 篇论文,是其 50 多年来科学研究成果的总结。相信此书的出版将有助于促进河口海岸工程学界的技术交流和学科发展,鼓励更多的研究人员不断学习和创新。也希望有更多的科技工作者,勤于思考,善于总结,踊跃撰写专著和论文,推动科技事业的持续进步和发展。

南京水利科学研究院院长:



2008 年 5 月

作者序

余少年爱水玩水,入大学后曾与电机系同学研究小型水力发电,1951 年参加治淮,从此与水结下不解之缘。入南京水利科学研究院后,在河流海岸研究所从事研究工作至今。

50 多年来,参加过科研院所的筹备、设计和相关试验;主持或参加过塘沽新港、长江口、瓠江、甬江、射阳河、珠江等河口有关整治及潮汐发电、运河护坡等研究;上世纪 70 年代主要主持水利部重点项目“河口建闸闸下淤积及减淤措施”研究;改革开放以来,主要从事黄埔港、深圳港、珠海港、茂名水东港、广西防城港等港口和珠江崖门口航道及西江航道等研究。从 1985 年研究黄埔港新沙港区开始,着重研究港口航道的泥沙回淤;1987 年,研究茂名水东港拦门沙航道的开发,涉足大风期的航道骤淤问题。

在长期的科研实践中,以“任务带学科”为动力,笔者比较注重现场调查、模型试验、结合实际与总结经验,曾写出科研报告、论文逾百篇。在严恺院士主编的《海岸工程》巨著中,编写“河口治理工程”专章,为交通部《航道整治技术规范》编写“潮汐河口航道整治”部分,参与编写交通部《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》,为中国大百科全书编写“河口整治”等条目。本书是作者对河口治理的论述和航道回淤(含大风骤淤)等方面的研究成果,同时也收进作者早期一些已刊印的论文。

按照“任务”与“时间”顺序,本书有下列特点:(1)潮汐河口悬沙淤积和局部动床冲淤模型试验开创了较完善的潮汐水流泥沙模型试验的先例,试验的理论和至今仍为研究者采用。(2)河口建闸淤积和减淤措施作为河口治理工程的一部分内容,作了系统的分析研究和总结,不仅在中国有指导意义,而且在第一次河流泥沙国际学术讨论会发表后,引起美国学者的重视,次年即被邀请并资助参加美国的会议,提供的论文至今在其资料库中仍是这方面的主要参考文献。(3)航道回淤公式从实践中来,再指导实践,在不少河口港口得到应用,并编进航道工程手册,该文在《泥沙研究》发表后,一些国家曾翻译出版为本国使用。(4)作为 21 世纪建港的难点焦点问题之一,大风骤淤的概化模型由粗到精,随着资料的增多,逐步完善。(5)对河口治理作了较全面论述和总结。

承南京水利科学研究院院长张建云作序,窦希萍、陆永军、马启南、辛文杰和赵晓冬

等同志对本书提出许多宝贵意见；整理文稿时，罗勇做了大量工作；一些同事和老伴蒋明的长期支持与鼓励，使本书得以付印。本书出版得到南京水利科学研究院专著出版基金资助。在此一并表示衷心的感谢！

罗肇森

2008 年 5 月

我的一点体会

河口治理、海岸泥沙是一门新兴的科学。上世纪五六十年代初接触河口整治时,几乎没有什么理论可以指导;而且河口的治理,实践周期长,也难以取得经验。因此,如何将已有经验,上升到理论,再用到生产实践中去,是首先遇到的课题。

1967年,受治河大师张书农教授的启迪,吸取了国外河口治理经验和学习泥沙运动理论后,提出了河口整治建筑物高程达到落潮最大流速的水位的理论,即:

1. 驻波型河口整治建筑物高程需达到中潮位;
2. 过渡型潮波河口整治建筑物高程在中、低潮位之间;
3. 前进波型的河口整治建筑物高程略高于低潮位即可。

当时,张教授(兼南京水利科学研究所副所长)在审阅笔者《姚江建闸后甬江淤积问题分析及航道改善措施研究》报告后问:河口整治建筑物的高程,美国用高潮位,日本用中潮位,而德国用略高于低潮位也能成功,为什么?根据此提问,我思考得出了上述结论,后来成功地应用于瓯江河口、甬江河口整治。

1984年底,我接受珠江黄埔港新沙港区泥沙淤积研究任务,在此之前,广州市的国家级及省属单位已做了不少工作,未获可行性结论。1985年春节刚过,国家计委下达文件指出:“新沙港区建设是‘六五’向世界银行贷款项目,泥沙问题不研究清楚不得开工”;接此文件后,我即赴广州,在广州港务局协助下,立即开展工作。那时,国内外都没有顺水流开挖航道的回淤计算公式,自己不得不进行推导,用黄埔港已挖航道的实测资料进行验证,得到初步规律后,用以预报新沙港区的泥沙淤积。该年5月得出初步成果,6月,世界银行委派的顾问公司和专家来审查,8月交通部开审查会,通过了工程可行性研究。在此研究成果的基础上,搜集和整理其他航道的回淤资料,完成了“河口航道开挖后的回淤计算”成果,类似此成果(水流顺航道的),当时国内外是没有的。

接着,根据航道淤积情况,以悬沙运动为主的河口(中国大多数河口属此)为研究对象,提出了以水体悬沙含量(S)多少而采用的河口整治原则:

- | | |
|--|-------------|
| 1. $S < 0.3 (\text{kg}/\text{m}^3)$ | 疏浚 |
| 2. $0.3 \leq S < 0.6 (\text{kg}/\text{m}^3)$ | 疏浚为主,结合工程整治 |
| 3. $S \geq 0.6 (\text{kg}/\text{m}^3)$ | 整治工程为主,结合疏浚 |

在无回流及复杂的水流的条件下,这几条原则已为实践所证实。整治建筑物的高程得到海岸工程界共识并已编入交通部《航道整治技术规范》。

潮汐河口水流复杂,复杂之处在于是不恒定流,水流随地点和时间而有变化;但是,潮汐河口也简单,简单之处在于地点固定,潮流作周期性的运动。潮汐中有大、中、小潮之分,不同潮型的高低潮位、平均潮位,涨落潮平均流速、最大流速大致接近,有一定规律可循,而且,在大的开阔的河口,这些规律不受上游下泄洪水的影响。但开阔的河口,水流随地点和时间而有变化,河口又受风浪的影响,就统计的观点言,受风距离、风的强度

与波浪大小,仍有规律可循。科学研究就是要从错综复杂的环境中找出规律,在生产实践应用中去应用规律;对应用中暴露出来的问题,进一步分析,总结其规律,进一步得到提高。例如:大风期的骤淤,是1987年研究茂名水东港拦门沙航道的淤积时设计单位提出的,为此,我搜集了不少已有公式进行计算,但结果不满意,随后根据自己的认识,作了进一步推导和最恶劣情况的估算,经研究后认为开挖拦门沙航道可行。此前,有单位多年研究得到的结论是:拦门沙航道的开挖是可能的。“行”和“能”一字之差,是石油总公司所需要肯定的。广州黄埔港新沙港区从 -2.3 m 挖至 -9.8 m ,茂名水东港拦门沙航道从最浅水深 -1.9 m 挖至 -9.8 m ,防城港外航道由 -2.3 m 挖至 -16.0 m 兼开挖建设20万吨级码头泊位成功,泥沙回淤是关键,这些都得益于对泥沙研究的认识、分析和判断(自然,也有结合水流、波浪等动力因素的考虑)。至于大风期的骤淤,经过若干年的探索和完善后,1997年已得出泥沙粒径为 $0.02\sim 0.08\text{ mm}$ 时的泥沙淤积为最多的初步结论;但那时候还没有粉砂质航道遭遇严重淤积的例子;2002—2003年渤海湾连续出现几场偏北大风,黄骅港外航道遭受严重的淤积,故以黄骅港的实测资料验证和计算,修正原来公式的推导和有关参数,取得与黄骅港实测资料符合后,再以京唐港、天津港的资料进行验证,证明所提出的方法合理、公式结构正确,选用的经验参数符合实际,从而完善了这一计算方法,定名为“大风骤淤的概化模型”。

大风骤淤的研究是实践、认识,再实践、再认识的过程,是“任务带学科”的例子,是遵从《实践论》得到的结果。

“实践出真知”的另一个体会是,1970年进行“射阳河闸下裁弯悬沙淤积和裁弯段冲刷模型试验”时用压气浑动法生潮产浑以及使用木粉作模型沙得到较好相似的认识,生潮产浑和木粉模型沙是通过多次反复试验而成功的。这样的试验当时几乎没有经验可以借鉴,也缺乏理论指导。现在来看,经处理后的木粉确是海岸河口细颗粒泥沙工程试验研究的好材料,不少大型潮流波浪泥沙模型试验都在使用,取得了较好的试验成果。同样,压气浑动法的原理和方法也为“气动冲淤”在工程上的应用积累了不少有用的经验。

罗肇森
2008年5月

CONTENTS

1 ESTUARINE REGULATION

Estuarine Regulation Works

Calculation Formula of Widening Rate of Estuarine Regulation Line

Widening Rate of Estuarine Regulation and Its Preliminary Calculation in the Training Line of North Deep – Channel of the Changjiang River Estuary(English)

Review and Advance of the Technology in Estuarine Channel Regulation

Research on Estuarine Network Channel Projects Regulation

2 HARBOUR CONSTRUCTION IN ESTUARIES, SILTATION IN BASINS AND CHANNELS

Computation of Siltation in Dredged Channel in Estuaries

Study on Fluid Mud – Carrying Capacity, Sediment Transport and Their Application

Dry and Wet Densities of Sediment and Relations with their Pore – Ratio and Porosity

Prediction of Sedimentation in Navigation Channel on Mouth Bar of a Tidal Inlet. (English)

Estimation Method and Mathematical Model for Predicting Siltation in Dredged Estuarine Channels(English)

Study of Siltation for Development of Deep Water Navigation Channels of Lingdingyang in The Pearl River Estuary

Condition for Harbour Construction of the Shuidong Bay and its Research and Practice of Mouth – Bar Channel Development

Practice and Research of Regulation in the Yamen Outlet Channels of the Pearl River Estuary

Study on the Siltation in Basins and Navigable Channels for the Comprehensive Planning of the Fengcheng Harbour

Probe on the Scheme of Excavation Basin in the Goalan Harbour Planning of the Zhuhai Economic Special Zone

3 SUDDEN SILTATION IN CHANNELS DURING HEAVY WIND

Analysis of the Adventure on Navigation Channels During Heavy Wind

Sediment Transport Under the Coexisting Action of Waves and Currents and the Prediction of Sudden Siltation in Navigation Channels

Sediment Transport Under the Coexisting Action of Waves and Currents and the Prediction of Sudden Siltation in Navigation Channels (English)

Estimation of Sudden Sedimentation in Outer Channel of the Huanghua Port During

Rough Climate and the Measures for its Reduction

Sediment Transport Under the Coexisting Action of Wind Waves and Currents and the Selection of Approach Channel

Discussion on the Layout of Port and Channel to be Constructed in Silty Coasts—from the Point of Rapid Siltation Occurrence at the Approach Channel of Jintang port

Prediction of Sudden Siltation on Mouth – Bar Channel of the Fangcheng Harbor During Typhoon – Return Period of 20 and 50 years

Caparison of Rapid Siltations at Three Major Ports in the Boahai Bay During Heavy Wind

4 SEDIMENT MODEL IN ESTUARIES, SEDIMENTATION RELATED TIDAL BARRIERS AND MEASURES FOR ITS REDUCTION

Process of Sedimentation and Measures of its Reduction in Estuaries Below Tidal barriers

Sedimentation Associated with Tidal Barriers in China's Estuaries and Measures for its Reduction(English)

Physical Model Test on Suspended Sediment and Scouring and Silting on Movable Bed Area in Cut – Off Channel of the Sheyang River Estuary

Interaction of Upland Run – Off and Tidal Flux in Estuaries Sediment Coming from Sea “Air Lift and Sediment Controlling” Method and its Application Prospect

5 HYDRAULIC COMPUTATION AND WAVE BEACH MODEL

Tidal Computation of a River Network in the Sheyang – Huangshagong Regions in Jiangsu Province

Unsteady Flow Equations with Side – Discharge and their Application

Similarity Law and Research Status on Wave Model of Beach Erosion

目 次

1 河口治理

河口治理工程	(3)
河口治导放宽率的计算	(85)
Widening Rate of Estuarine Regulation and Its Preliminary Calculation in the Training Line of North Deep – Channel of the Changjiang River Estuary	(90)
潮汐河口航道整治技术的回顾与进展	(98)
分汊网河航道整治工程方法研究	(107)

2 河口建港与港区航道泥沙回淤

河口航道开挖后的回淤计算	(117)
浮泥挟沙力和输沙规律的研究和应用	(125)
工程泥沙的干、湿容重和孔隙率、孔隙比的关系	(131)
Prediction of Sedimentation in Navigation Channel on Mouth Bar of a Tidal Inlet ...	(135)
Estimation Method and Mathematical Model for Predicting Siltation in Dredged Estuarine Channls	(143)
珠江口伶仃洋深水航道开发方案的回淤研究	(154)
水东湾的建港条件及拦门沙航道的开发研究与实践	(163)
珠江崖门口航道研究与工程实践	(173)
防城港总体规划港口航道回淤研究	(183)
高栏港挖入式港池方案探讨	(190)

3 大风期航道骤淤

大风期航道的危险性分析	(197)
波、流共同作用下的近底泥沙输移及航道骤淤预报	(203)
Sediment Transport Under the Coexisting Action of Waves and Currents and the Prediction of Sudden Siltation in Navigation Channels	(214)
大风期黄骅港外航道的骤淤估算及防淤减淤措施探讨	(227)

风浪流共同作用下的海岸泥沙输移和港口航道选择	(233)
从京唐港大风期骤淤浅议粉砂质海岸建港布置和航道选线	(239)
防城港拦门沙航道 20 年、50 年重现期台风骤淤预报	(249)
渤海湾三大港大风期的骤淤和比较	(259)

4 河口泥沙模型、建闸淤积和减淤措施

建闸河口淤积变化规律和减淤措施	(267)
Sedimentation Associated with Tidal Barriers in China's Estuaries and Measures for its Reduction	(277)
潮汐河口悬沙淤积和局部动床冲淤模型试验	(288)
海域来沙河口径流和潮流的相互作用	(313)
气动冲淤治沙方法及应用前景	(321)

5 水力计算及波浪冲滩

江苏省射阳河黄沙港地区感潮河网工程问题的水力计算	(331)
有侧流的明渠不恒定流方程及其应用	(340)
波浪冲滩模型试验及模型相似律	(347)

1 河口治理

河口治理工程^{*}

1 概述

举凡河流注入海洋、湖泊或相连河道的河段均形成河口,故有入海河口、入湖河口及支流河口之分。本文主要讨论入海河口,它是由河流过渡到海洋的中间区段,或称河流入海的尾闾。入海河口治理是海岸工程中的重要组成部分。

1.1 河口水流与泥沙

1.1.1 河口泥沙运动一般特性

山区性或砂质海岸的河口,河床泥沙粒径较粗,一般大于 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$,此类河口泥沙除随潮流涨落、运移的方向不同和河床沙波形态有别外,其起动、运移的性质基本与无潮河流相同,但一般平原性海岸或淤泥粉砂质海岸的河口泥沙都是细颗粒的,这里着重加以阐明。

1)河口河床泥沙粒径细,具有黏性^[1]。不管是陆域来沙、海域来沙或是陆海双向来沙,归根到底都是陆域来的,特别是我国具有众多的多沙河流的海岸河口是如此。河流的泥沙从产沙地起,一方面经过长距离的输送、磨损、沉积分选后,到达河口时,颗粒已变细;另一方面,在河流中不参与造床作用的冲泻质一泻千里,只有到河口后才有沉降的机会,故一般河口的泥沙具有细颗粒泥沙的性质,泥沙粒径 $D < 0.0125 \text{ mm}$ 。河口泥沙的主要运动形式是悬扬、输移、沉降,再悬扬、再输移,细颗粒泥沙成推移运动的泥沙量甚少。

2)除砂质河床外,河口悬沙和底沙粒径差异小,强潮海相河口差异值更小,例如钱塘江河口,闸口至澉浦的床沙中值粒径 $0.026 \sim 0.054 \text{ mm}$,悬沙中值粒径 $0.02 \sim 0.04 \text{ mm}$ ^[2]。长江口有陆域来沙,差异大一些,悬沙中值粒径 0.009 mm ,底沙中值粒径 $0.029 \sim 0.093 \text{ mm}$,北支 0.093 mm ,南支 0.084 mm ,北港 0.061 mm ,北槽 0.059 mm ,南槽 0.029 mm ^[3],不同位置有较大的差异。一般说来可取 0.7 倍底沙粒径作为悬沙的粒径。

3)受潮汐往复流动的作用,河口泥沙作时而前进时而后退的运动,但因有径流,总的输沙向海。

4)外海沉积的泥沙在波浪和潮流的掀动和挟带下,可以悬扬并随潮流输入河口内,成为河口港及其航道淤积的泥沙来源。

5)河口地区在盐淡水混合作用下,细颗粒泥沙具有絮凝性质,絮凝泥沙的当量粒径约为 0.03 mm 。

6)泥沙粒径愈细,愈不易密实,易动易扬,洪水小潮时常出现浮泥。

^{*} 载于严恺主编、梁其荀副主编,海岸工程第七章,海洋出版社出版,2002年2月。收入本书时,作了少量修改和增删。

7) 水流过程与泥沙过程不相应,沙峰落后于流速峰,憩流时含沙量不为零。

河口泥沙的起动、悬扬输移,在现阶段仍用无潮河流的公式计算,但要考虑潮汐河道的特性。例如:河口泥沙时沉时扬,不易密实,计算起动流速时要考虑淤积泥沙的容重;细颗粒泥沙在遇咸水后发生絮凝,其沉降速度要比单颗泥沙的沉降速度快。有些河口悬沙的含量除与潮汐水流的大小以及水深变化有关外,常与前期的含沙量有关系等等。

1.1.2 河口潮波传播

(1) 河口潮波传播的四个阶段

浅海潮汐受地形底部摩擦阻力的影响,水面有垂直波动与水平移位,具有移动波性质。进入河口后,受河川径流和河床的约束作用,形成水位周期升降、流向前进后退的往复水流。在一般情况下,整个往复流分为四个阶段(见图1):

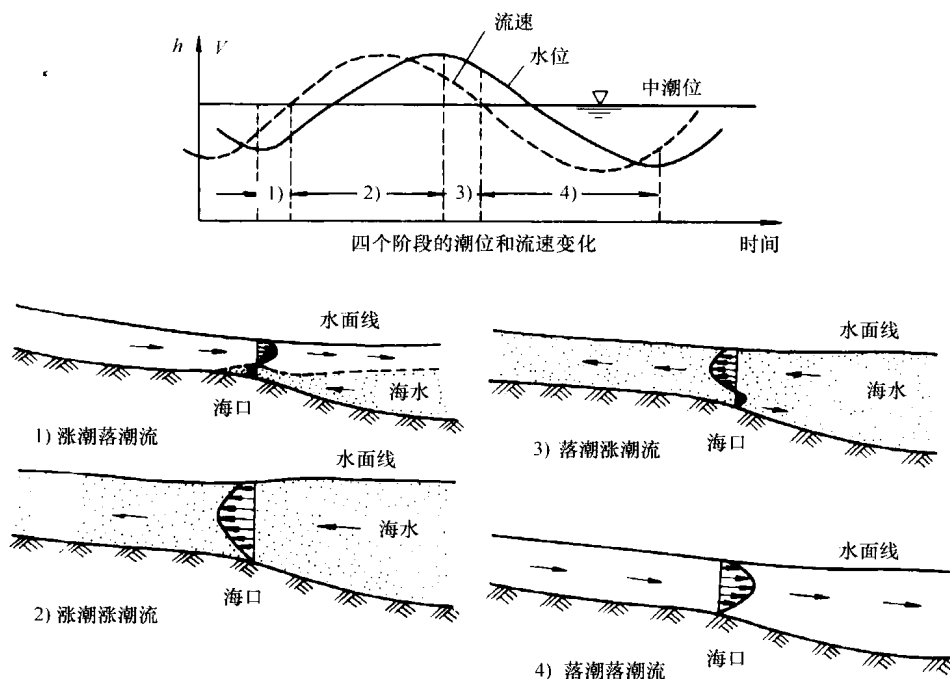


图1 河口潮水涨落四个阶段的水位、流速变化过程

1) 涨潮落潮流 浅海潮流侵入河口初期,海水密度大,潜入河底向上游推进,河口水位上升,水面坡降变缓,但上层水流受河川径流的补充,水流方向仍指向下游。此时,在咸淡水交汇地区,流速垂线分布呈上下二层:上层为淡水,流向下游;下层为海水,指向上游。

2) 涨潮涨潮流 随着海水的上升,河口水位也不断上涨,水面转向上游倾斜,落潮流经历憩流(即潮流速降为零)后在整个断面上转向,变为涨潮流。

3) 落潮涨潮流 当潮波向上游推进至相当距离后,海洋中已开始落潮,河口的水位也随之下降,但在惯性力的作用及充填上游河谷储蓄的需要下,水流方向仍指向上游。

4) 落潮流落潮流 河口水位继续下降,水面转向下游倾斜,涨潮流经历憩流之后,在整个