

《钱塘江河口丛书》之三

浙江省钱塘江管理局
浙江省河口海岸研究所

论文选编

第一辑 上册

浙江省钱塘江管理局 编
浙江省河口海岸研究所

1949-1998



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

P343. 1-53
1-1. 上

《钱塘江河口丛书》之三

浙江省钱塘江管理局
浙江省河口海岸研究所

论文选编

第一辑

(1949~1998)

上册

浙江省钱塘江管理局
浙江省河口海岸研究所 编

中国水利水电出版社

图书在版编目(CIP)数据

浙江省钱塘江管理局、浙江省河口海岸研究所论文选编. 第一辑. 上册: 1949~1998/《浙江省钱塘江管理局、浙江省河口海岸研究所论文选编》编委会编. —北京: 中国水利水电出版社, 2000. 12

(钱塘江河口丛书; 3)

ISBN 7-5084-0583-8

I. 浙… II. 浙… III. 钱塘江-研究-文集 IV. P343.1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 88328 号

书 名	《钱塘江河口丛书》之三 浙江省钱塘江管理局 浙江省河口海岸研究所 论文选编 第一辑(1949~1998)上册
作 者	浙江省钱塘江管理局 浙江省河口海岸研究所 编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sale@waterpub. com. cn
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国人民大学印刷厂
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 64.5 印张 1459 千字
版 次	2001 年 1 月第一版 2001 年 1 月北京第一次印刷
印 数	0001—2100 册
定 价	180.00 元

凡购买本图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社金五环出版服务部负责调换

版权所有·侵权必究

序

钱塘江是浙江省的母亲河，河口有气势澎湃的涌潮闻名古今中外。钱塘江河口由于江宽水浅，潮浪汹涌，河槽游荡多变，岸滩涨坍无常，历史上潮灾频繁。唐宋以来，历代王朝均重视钱塘江海塘的修筑；民国时期方有引用近代科学技术，整治江道，稳定河槽的设想。然因国穷民疫，除局部河段曾修筑零星治江堤坝外，无力系统实施，收效甚微。中华人民共和国成立以来，在整修加固海塘的同时，大力收集水文、江道等基本资料，开展科学试验研究，不断修订、完善治江规划，经过四十余年的努力，使杭州至澉浦河口段的江道缩窄整治工程，完成了近九成，结合治江、围涂 110 万亩，取得了巨大的经济、社会效益，并为强潮河口的治理，提供了有益的经验。

中华人民共和国成立以来，主要是 1957 年建立浙江省河口海岸研究所以来，围绕钱塘江河口为主，兼及浙江省其他河口海岸的治理开发，从勘测、试验、研究、规划、设计和实施，到环境影响的跟踪分析和实践经验的总结反馈，进行了比较系统、不断提高的科技工作，形成了相应的技术报告、研究论著，其中，部分已在中、英文公开刊物上发表，部分为内部报告（各二百余篇）。为了便于查阅使用，现选择其中主要部分汇编成上、下两册。上册收录已公开出版的论文，下册收录内部刊物刊出的文章或根据内部技术报告缩简改写的文章。至于编著的书籍或其组成部分，因篇幅过大，均未收入。入选文章或多或少均在当时具有某种创新，或具有一定特色，为了本局（所）业务范围的各个方面均有文章入选，在文章较少的方面，入选尺度略有放宽。但为保证选集的整体质量，也不勉强。

文章内容涉及钱塘江涌潮、潮汐非恒定流、泥沙输移与江道演变、河口治理开发、治理工程的设计与施工、水污染防治与水环境评价、测试技术与试验仪器设备以及史志研究等诸多方面，主要着眼于解决生产建设中的实际问题。在研究解决实际问题时，除系统整理分析现场第一性资料之外，大量运用了数值模拟与比尺模型试验等现代科学技术。在应用现代科技手段研究解决实际问题的过程中，对相关的应用技术也有所发展，对事物的认识也有所提高，诸如：河口的形成与发展，涌潮的形成机理及其传播变化的规律，考虑滩槽水沙交换的潮汐水流、泥沙输移及河床变形的数值模拟方法，咸水入侵及河床变形数值模拟与比尺模型试验技术， $k-\epsilon$ 紊流模型，河口海岸和平原河网水质模型及水污染防治优化方案，海塘基础及丁坝坝头防冲技术，土工织物的应用，水下地形信息微机处理系统等等。

我们希望这个论文集的出版，可以为近半个世纪来人们认识、改造浙江省钱塘江等河口海岸地带的过程提供一份真实的记录，对探索今后发展的道路也能有所借鉴。

戴泽衡 韩曾萃

二〇〇〇年七月

《钱塘江河口丛书》编辑委员会 成员名单

主 任	戴泽蘅			
副主任	韩曾萃	李光炳		
委 员	余 炯	余大进	余祈文	杨永楚
	肖绪华	林炳尧	周潮生	黄菊卿
	蒋 伟	熊绍隆	潘存鸿	

目 录

序

第一部分 涌潮研究与计算

- 1.1 一维涌潮计算..... 金旦华 刘国俊 周本华(3)
- 1.2 钱塘江涌潮的一维数学模型..... 赵雪华(16)
- 1.3 THE QIANTANG BORE Dai Zeheng Zhou Chaosheng(21)
- 1.4 浅水流中涌潮的形成..... 林炳尧(27)
- 1.5 钱塘江口涌潮的二维数值模拟
..... 谭维炎 胡四一 韩曾萃 潘存鸿 楼越平 毛献忠(33)
- 1.6 关于涌潮的研究..... 林炳尧 周潮生 黄世昌(44)
- 1.7 波状水跃和波状涌潮的分析..... 林炳尧 黄世昌 毛献忠(52)

第二部分 潮汐和非恒定流计算

- 2.1 钱塘江潮汐水力计算 浙江大学应用数学教研组
浙江省钱塘江工程管理局规划研究室(63)
- 2.2 漩门海峡拦截过程中潮汐水流变化的计算..... 赵雪华 施麟宝(73)
- 2.3 河口建坝对毗邻海湾潮波影响的计算(二维特征理论法)
..... 林秉南 赵雪华 施麟宝(78)
- 2.4 UNSTEADY FLOW STUDIES IN CHINA
..... Lin Pin-nam Dai Zheheng Li Kuanbin (88)
- 2.5 挡潮闸水力计算中的几个问题 韩曾萃 邵雅琴 程杭平(105)
- 2.6 考虑滩地输水的潮汐水流计算方法 韩曾萃 程杭平(112)
- 2.7 二维非恒定流动的显式迎流有限元模式 耿兆铨(123)
- 2.8 非恒定水流数值解空间失稳问题分析 耿兆铨(131)
- 2.9 柯氏力对钱塘江河口潮汐影响的分析 余大进 卢祥兴(136)
- 2.10 河口动边界二维水力计算..... 施麟宝(143)
- 2.11 河口、港湾潮流数值模拟中的区域分裂法 潘存鸿 黄菊卿(150)
- 2.12 SIMULATION OF FREE SURFACE FLOW NEAR ENGINEERING
STRUCTURES USING MAC-METHOD
..... Pan Cun-hong Xu Xue-zi Lin Bin-yao(157)
- 2.13 非恒定水深平均的 $K-\epsilon$ 紊流模型的有限元模式
..... 潘存鸿 许学咨 林炳尧(166)
- 2.14 守恒误差对水动力学数学模型结果的影响..... 潘存鸿(175)

- 2.15 钱塘江尖山河湾潮位序列的重整化和分形分析..... 宋立松(180)
- 2.16 NESTED SIMULATION BY USING 2-D FEM AND 3-D FEA FOR
DESIGNING AN INTAKE STRUCTURE NEAR SHORE
..... L. Yu W. N. L. Roma A. M. Righetto Z. Geng S. Xiong(184)
- 2.17 一维河网水力计算界面设计..... 虞开森 程杭平(191)
- 2.18 钱塘江河口动床模型在洪水预报中的应用..... 史英标 韩曾萃(194)

第三部分 泥沙输移与江道演变

- 3.1 钱塘江河口河槽冲淤变化及悬移泥沙的运行 戴泽衡 李光炳(205)
- 3.2 钱塘江河口沙坎的近代过程 钱 宁 周志德 谢汉祥 李光炳(228)
- 3.3 钱塘江河口河床演变及治理 戴泽衡 李光炳(247)
- 3.4 钱塘江河口潮流输沙数学模型 林秉南 黄菊卿 李新春(255)
- 3.5 钱塘江河口考虑滩地输沙的含沙量计算方法 韩曾萃 程杭平(268)
- 3.6 甬江淤积及治理的探讨 李光炳 施祖蓉(279)
- 3.7 潮汐对河口泥沙运动和淤积的影响 蔡树棠 黄菊卿(286)
- 3.8 钱塘江河口河床变形计算方法及其应用
..... 韩曾萃 程杭平 周文波 邵雅琴(295)
- 3.9 潮汐水流泥沙输移与河床变形的二维数学模型
..... 林秉南 韩曾萃 孙宏斌 周志德 何少苓 王连祥(306)
- 3.10 椒江悬沙运动若干问题的探讨..... 符宁平 毕敦洪(314)
- 3.11 钱塘江河口边滩的近期变化..... 陈希海 徐有成(321)
- 3.12 曹娥江花官弯道天然取直的江道演变分析..... 施祖蓉 邵雅琴(333)
- 3.13 黄湾建闸后闸下潮汐、潮流变化和淤积趋势预估 耿兆铨 卢祥兴(340)
- 3.14 杭州湾北岸深槽形成及演变特性研究..... 余祈文 符宁平(348)
- 3.15 杭州湾北岸深槽冲淤变化试验研究..... 熊绍隆 陶圭棱 卢祥兴 胡晓强(360)
- 3.16 钱塘江上河闸闸下外江局部冲刷试验
..... 陈森美 陈 武 周飞武 董 展 伍冬领(368)
- 3.17 长江口南支非均匀沙垂向分层的数学模型
..... 徐健益 陶学为 方良田 楼越平 韩曾萃(374)
- 3.18 潮汐河口泥沙物理模型设计方法..... 熊绍隆(380)
- 3.19 治江围涂对钱塘江尖山河湾演变的影响..... 余祈文 符宁平(388)
- 3.20 河口围垦促淤过程预测探讨..... 宋立松(400)
- 3.21 上虞西江闸港冲淤试验..... 施祖蓉(405)

第四部分 河口海岸治理开发研究

- 4.1 钱塘江河口治理的现状与展望 章绍英(411)
- 4.2 浙江省海岸带综合利用问题的探讨 戴泽衡 章绍英(415)
- 4.3 在与钱江潮斗争中围垦海涂 戴泽衡(423)

4.4	黄墩港潮汐电站发电量计算及兴建电站对象山港潮汐水流影响的初探	赵雪华	程 锋	(429)
4.5	狮子口建潮汐电站对象山港潮汐水流的影响	黄菊卿		(432)
4.6	杭州湾地区综合开发规划设想	戴泽蔚	李家芳 刘 克 宋小棟	(437)
4.7	杭州湾水域开发方案综述	韩曾萃		(441)
4.8	钱塘江尖山河段治导线初步研究	韩曾萃	余祈文	(444)
4.9	FLUVIAL PROCESSES AND RECLAMATION OF THE QIANTANG ESTUARY	Li Guangbing	Dai Zeheng	(448)
4.10	钱塘江河口及杭州湾促淤围涂规划的探讨	余祈文	楼越平	(459)
4.11	我国潮汐能资源开发利用现状和前景预测	赵雪华	执笔	(468)
4.12	三门湾火力发电厂航道研究	黄菊卿		(481)
4.13	三门湾综合开发规划探讨	戴泽蔚		(484)
4.14	钱塘江河口治江围涂后航道变化及其整治原则	符宁平	余大进	(488)
4.15	钱塘江河口段通航能力的初步分析	符宁平	余祈文	(495)
4.16	浅析钱塘江河口建港水域条件	符宁平	余祈文 余 炯 楼越平	(501)
4.17	钱塘江四工段航道整治的试验研究	陶圭棧	卢祥兴	(509)
4.18	钱塘江杭州段整治与城市开发	朱保土	陈咸昉	(517)
4.19	沿海水闸闸下减淤的实践与对策	周 毅	周文波	(521)
4.20	椒江河口长顺坝整治工程数模研究	黄菊卿	潘存鸿	(527)
4.21	丁坝防冲促淤试验研究	伍冬领 林炳尧 陈 武	陈森美	(533)
4.22	FLUVIAL PROCESSES AND REGULATION PRACTICE OF THE QIANTANG ESTUARY (ABSTRACT)	Dai Zeheng	Jiang Wei	(539)
4.23	减缓钱塘江北岸老海塘险情的试验研究	卢祥兴	赵渭军 陶圭棧	(540)

第五部分 治理开发工程设计施工管理和原型观测

5.1	土工织物在秦山核电厂海堤工程中的应用	郑祖桢	徐雄军	(547)
5.2	钱塘江浮运沉井试验	蒋 纬		(554)
5.3	钱塘江河口两岸水闸设计与施工问题初析	钟克勤		(563)
5.4	海堤工程的软弱地基加筋	郑祖桢		(569)
5.5	铰链式模型袋混凝土排在强潮区护塘工程上的应用试验	严东木		(576)
5.6	土工编织袋在海堤堵口工程中的应用	郑祖桢	束移年	(582)
5.7	钱塘江水下防护工程的研究与实践	周 胜 倪浩清 赵永明 杨永楚 王一凡 吕文德 梁保祥		(586)
5.8	深层搅拌法在南台头排涝工程中的应用	宣伟丽		(597)
5.9	钱塘江海塘防冲工程技术进展	蒋 纬		(601)
5.10	TIDE CHANGES AFTER RIVER CONTRACTION/RECLAMATION IN QIANTANG ESTUARY	Han Zengcui	Yu Jiong Ni Yongqiang	(606)
5.11	VARIATION OF RIVER REGIME THROUGH CONTRACTION OF			

QIANTANGJIANG RIVER ESTUARY	Z. C. Han	Y. P. Lou	(615)
5.12 丁坝坝头冲刷坑的终极深度及其过程.....	林炳尧	黄世昌 蒋 伟	(625)
5.13 土坡稳定分析的若干问题讨论.....	胡洪志	朱奚冰 丁锦仁	(630)
5.14 试论制定《浙江省钱塘江管理条例》的必要性.....	钱斐铭	邬扬明	(636)
5.15 裁弯工程设计方法.....		熊绍隆	(640)
5.16 秦山核电厂一期海堤原型观测资料分析.....	郑祖桢	徐雄军 章香雅	(647)
5.17 海塘底脚防冲工程中小沉井群的设计与施工.....	戚久鸿	骆晓明 胡洪志	(658)
5.18 强化责任意识 提高人员素质			
——浅谈如何建立水政监察岗位责任制.....	胡海忠	余延生	(662)
5.19 钱塘江涌潮区护岸工程的设计及研究.....	宣伟丽	贺海洪 罗 苑	(664)
5.20 钱塘江海塘防御台风暴雨预案编制的实践与认识			
.....	施俊跃	邬扬明 朱保土	(671)
5.21 斜坡上块石的起动流速与抛石体的稳定坡度.....	林炳尧		(677)

第六部分 水污染防治与水环境评价

6.1 钱塘江江水含盐度计算的研究	韩曾萃	程杭平	(687)
6.2 二维非恒定污染场的计算			
——海盐啤酒厂排污方案的计算	韩曾萃	程杭平 耿兆铨	(693)
6.3 核电站冷却废水放射性及热量的稀释计算	韩曾萃	程杭平 耿兆铨	(699)
6.4 运河截污排入钱塘江对其水质影响的分析	韩曾萃	耿兆铨 程杭平	(712)
6.5 SALT WATER INTRUSION AND ITS COUNTERMEASURES IN SOME COASTAL CITIES OF CHINA	Han Zengcui	Shao Yaqin	(719)
6.6 杭州西湖换水的掺混特性	余大进	陶圭棣 卢祥兴 伍冬领	(734)
6.7 厌氧水质模型初探.....	虞开森	张书农 郑英铭	(741)
6.8 京杭运河与钱塘江沟通中的几个环境问题	王义斌	韩曾萃	(747)
6.9 舟山水产食品厂技术改造工程水环境评价	黄菊卿	潘存鸿	(753)
6.10 一维热污染计算中有关问题的探讨.....		潘存鸿	(760)
6.11 一种快速多功能的水质模型参数率定方法.....		虞开森	(767)
6.12 溢油和含油污水对舟山海域水质影响的数值分析			
.....	耿兆铨	倪勇强 程杭平	(772)
6.13 钱塘江河口盐水入侵的模型试验.....		卢祥兴	(780)
6.14 萧山电厂温排水二维污染数值模型	施祖蓉	施麟宝	(787)
6.15 嘉兴电厂冷却水工程的数值研究.....	耿兆铨	倪勇强 程杭平	(796)
6.16 MODEL STUDY ON COMBATING SALT WATER INTRUSION FOR HANGZHOU CITY	Z. Han	Y. Shao X. Lu	(807)
6.17 一、二维污染浓度场及质点跟踪的耦合模型	韩曾萃	程杭平	(813)
6.18 三门火电厂循环冷却水数模研究.....		潘存鸿 黄菊卿	(821)
6.19 SIMULATION OF CONCENTRATION DISTRIBUTION DUE TO			

MULTI-POINT WASTEWATER DISCHARGING INTO

QIANTANGJIANG RIVER Mao Xianzhong Han Zengcui(829)

6.20 温州市内河网水质改善优化方案研究..... 邵雅琴 周文波 程杭平(836)

6.21 北仑港三期工程废水排放对北仑海域水质影响的数值分析

..... 姚炎明 耿兆铨(843)

6.22 三角形网格在潮汐河流水质计算中的应用..... 潘存鸿(849)

6.23 COMPARISON OF SILTATION BETWEEN PREDICTION AND FIELD

DATA IN DOWNSTREAM OF TIDAL BARRAGE

..... Z. C. Han W. B. Zhou Y. Q. Shao(855)

6.24 城市污水江边排放与江心排放的观测及模拟

..... 韩曾萃 毛献忠 程杭平 邵雅琴(863)

6.25 多种类数学模型在水域环评中的联合运用

..... 耿兆铨 倪勇强 毛献忠 程杭平(870)

6.26 城市污水河口处置物理模型研究

——杭州市第二污水排水口稀释扩散研究..... 王 敏 金慕光 林 洁(882)

第七部分 测试技术与试验仪器设备

7.1 电子地形仪系统的分析 邴丽娟(891)

7.2 用消光系数改正 GDY—I 型光电颗粒分析仪计算 黄晓庄(900)

7.3 SWJ—1 型水位计 金振国 吴秀武(903)

7.4 微机控制自动摄影 邴丽娟 金振国(908)

7.5 人工变形在航道整治试验中的应用 卢祥兴 陶圭棣(913)

7.6 PROPOSED SIMILARITY LAW FOR SURFACE VELOCITY IN

HYDRAULIC MODELS Yu Dajin Zhao Weijun(919)

7.7 潮汐河口水沙资料整编原则探讨 熊绍隆(927)

7.8 水下地形信息微机处理系统 虞开森(935)

7.9 应用导航型 GPS 定位系统进行小比例尺水深测量的探讨..... 张莫梅 胡建炯(942)

7.10 潮汐动床模型试验中浑水分流阀的研制..... 金慕光(948)

7.11 阶跃流量检测与控制微机系统的设计..... 金振国 邴丽娟 周建炯(955)

7.12 单动力推摇小车式生波机的研制..... 金慕光(959)

第八部分 水利史志研究

8.1 关于江河志的思考

——修改《钱塘江志》篇目考虑的几个问题 周潮生(967)

8.2 钱塘江北岸海塘的特点及其在太湖平原的地位 陶存焕(970)

8.3 钱塘江海塘史上的光辉一页

——钱镠筑捍海塘浅议..... 周潮生(973)

8.4 钱塘江北岸海塘结构形式的演变及其成就 陶存焕 俞世法(980)

第一部分

涌潮研究与计算

1.1 一维涌潮计算

金旦华 刘国俊 周本华**

前 言

在潮汐河口的一维不定常水流运动中,由于河口潮型及河床沙坎地形等因素,有时会形成不连续水流的涌潮现象,这在数学上是解一维的一阶拟线性双曲型方程组的边值初值问题,并且在求解过程中,解会自然形成间断,根据实际工作的需要,要求所采用的计算方法能确切地定出涌潮形成的时刻及位置,和涌潮推进时其前后两侧的水深和流速。这样,一般在空气动力学中用来计算激波的差分方法不易满足上述要求。我们在 104 机上用了特征线法来进行计算,同时也用差分法配合计算,以求相互补充验证。

本文:一、简略地介绍了问题的基本方程、边界条件、初始条件和间断关系;二、对具体的河流资料作了适当的处理;三、叙述了所采用的差分法与特征线法的计算方案;四、对所计算的模型和实例的数值结果进行了分析和比较;五、叙述了具体计算步骤的摘要,以及尚存在的问题。

本项工作是在冯康先生的直接指导下进行的,也曾多次得到林秉南先生等的关注和启示。我们在此表示衷心的感谢。此外,赵雪华同志参加协作,提供资料,分析结果;王玛丽、张家驹等同志参加了方案的制订和部分工作,我们在此也一并致谢。

符号说明

x 水平的、沿水流方向的空间坐标,从左到右为正方向。

t 时间坐标。

$U(x,t)$ x 方向水流流速。

$H(x,t)$ 水深。

$C=\sqrt{gH}$ 小扰动传播速度。

$Z(x,t)$ 水流表面的水位。

$Z_0(x)$ 河底高程。

$B(x)$ 过水断面的顶宽。

$i_0=-\frac{\partial z_0}{\partial x}$ 河底坡度。

$\mu=\frac{1}{B}\frac{\partial B}{\partial x}$ 河宽率。

* 刊《应用数学与计算数学》第2卷第3期(1965年8月)。

** 本选编编者按:本项工作系浙江省水利电力厅于1963~1964年委托中国科学院计算技术研究所和水利水电科学研究院水工所共同进行,浙江省水利科学研究所先后派谢昌益、赵雪华两同志参加。

η chézy 系数。

g 重力加速度。

R 断面水力半径。

θ 涌潮速度。

$\alpha=U+C$ 第一族特征方向。

$\beta=U-C$ 第二族特征方向。

下标“+” 涌潮点波后值。

下标“-” 涌潮点波前值。

一、数学问题

1. 基本方程

在河底坡度很小,断面为矩形的河道中,在无支流、侧流的情况下,其水流的一维运动方程为拟线性双曲型方程组^[1,3]

$$\begin{cases} \frac{\partial BH}{\partial t} + \frac{\partial BHU}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial HU}{\partial t} + \frac{\partial HU^2}{\partial x} + g \frac{\partial \frac{H^2}{2}}{\partial x} = Hg(i_0 - \tau) - HU^2\mu \end{cases} \quad (2)$$

或

$$\begin{cases} \frac{\partial H}{\partial t} + U \frac{\partial H}{\partial x} + H \frac{\partial U}{\partial x} = -HU\mu \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial H}{\partial x} = g(i_0 - \tau) \end{cases} \quad (4)$$

式中: $g\tau$ 为摩擦阻力; τ 可用 Chézy 公式表示

$$\tau = \frac{U|U|}{\eta^2 R}$$

引入量 $C = \sqrt{gH}$, 并根据一般的特征理论,可把方程(3)、方程(4)化成

$$\begin{cases} \frac{\partial 2C}{\partial t} + U \frac{\partial 2C}{\partial x} + C \frac{\partial U}{\partial x} = -\mu UC \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + C \frac{\partial 2C}{\partial x} = g \left(i_0 - g \frac{U|U|}{\eta^2 C^2} \right) \end{cases} \quad (6)$$

及

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = U + C \equiv \alpha \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}(U + 2C) \equiv \left[\frac{\partial}{\partial t} + (U + C) \frac{\partial}{\partial x} \right] (U + 2C) = g \left(i_0 - \frac{1}{g} \mu UC - \frac{gU|U|}{\eta^2 C^2} \right) \equiv M \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = U - C \equiv \beta \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}(U - 2C) \equiv \left[\frac{\partial}{\partial t} + (U - C) \frac{\partial}{\partial x} \right] (U - 2C) = g \left(i_0 + \frac{1}{g} \mu UC - \frac{gU|U|}{\eta^2 C^2} \right) \equiv N \end{cases} \quad (10)$$

2. 边界条件和初始条件

(1) 边界条件

上边界: 河流上端($x=0$)受水库控制, 能给出固定不变的流量, 即

$$HU|_{x=0} = \text{const} \quad (11)$$

下边界: 河流下端($x=x_L$)为潮汐河口, 可给出周期性的潮位过程线, 即

$$Z(x_L, t) = \phi(t)$$

$\phi(t)$ 是以 T 为周期的周期函数。由 Z 即可知道

$$C(x_L, t) = \sqrt{g[\phi(t) - Z_0(x_L)]} = C_1(t) \quad (12)$$

(2) 初始条件

$$U(x, t)|_{t=0} = U^*(x)$$

$$Z(x, t)|_{t=0} = Z^*(x) \quad \text{或} \quad C(x, t)|_{t=0} = C^*(x)$$

3. 涌潮的间断关系

当水流运动中有涌潮时, 其 H (或 C)、 U 会出现间断。其间断关系可直接由方程(1)、方程(2)推得如下

$$\begin{cases} \theta(H_+ - H_-) = H_+ U_+ - H_- U_- \\ \theta(H_+ U_+ - H_- U_-) = H_+ U_+^2 - H_- U_-^2 + \frac{g}{2}(H_+^2 - H_-^2) \end{cases} \quad (13)$$

$$\theta(H_+ U_+ - H_- U_-) = H_+ U_+^2 - H_- U_-^2 + \frac{g}{2}(H_+^2 - H_-^2) \quad (14)$$

化成 C 后为

$$\begin{cases} \theta(C_+^2 - C_-^2) = C_+^2 U_+ - C_-^2 U_- \\ \theta(C_+^2 U_+ - C_-^2 U_-) = C_+^2 U_+^2 - C_-^2 U_-^2 + \frac{1}{2}(C_+^4 - C_-^4) \end{cases} \quad (15)$$

$$\theta(C_+^2 U_+ - C_-^2 U_-) = C_+^2 U_+^2 - C_-^2 U_-^2 + \frac{1}{2}(C_+^4 - C_-^4) \quad (16)$$

或

$$\begin{cases} \theta = \frac{C_+^2 U_+ - C_-^2 U_-}{C_+^2 - C_-^2} \\ U_+ = U_- \pm \frac{C_+^2 - C_-^2}{C_+ C_-} \sqrt{\frac{C_+^2 + C_-^2}{2}} \end{cases} \quad (17)$$

$$U_+ = U_- \pm \frac{C_+^2 - C_-^2}{C_+ C_-} \sqrt{\frac{C_+^2 + C_-^2}{2}} \quad (18)$$

在我们所取的坐标系中, 河口取在右端, 所以涌潮自右向左推进, $\theta < 0$, 故方程(18)中应取负号, 即

$$U_+ = U_- - \frac{C_+^2 - C_-^2}{C_+ C_-} \sqrt{\frac{C_+^2 + C_-^2}{2}} \quad (19)$$

问题即对上述的方程、边界条件、初始条件进行求解。由于受到边界条件周期性的控制, 当时间 t 无穷增加时, 应该有渐近的周期解。此外, 在此周期内, 解会自发形成间断, 并向前传播及到最后消失。这样, 我们的计算应该体现出以上这些特点。

二、资料处理

1. 地形资料

在具体的河道计算中, 一定会涉及到有关地形资料的处理。实测资料有 $Z_0(x)$ 、 $B(x)$,

由于测量只能在有限个水文站上进行,因此资料也只能在有限个离散点上给值。对所给出的资料,通常作如下处理:对 $Z_0(x)$ 分段以直线进行计算,对 $B(x)$ 分段以指数函数进行计算,而 $i_0 = -\frac{\partial Z_0}{\partial x}$ 、 $\mu = \frac{1}{B} \frac{\partial B}{\partial x}$ 则为间断的阶梯函数,如图 1.1.1。

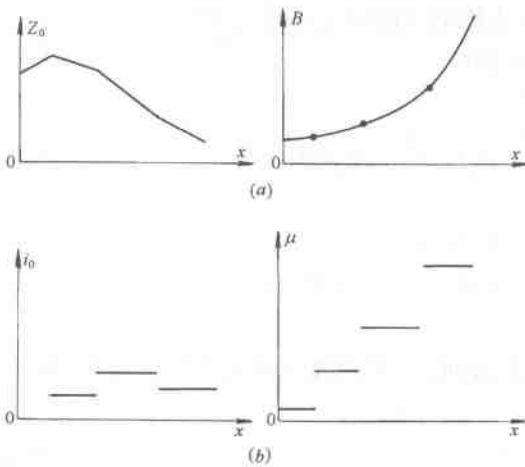


图 1.1.1

这样,原来光滑的资料就人为地引入了间断。此类间断的存在,影响到方程组的求解,因此有必要对原有资料处理,进行光滑化的修改,修改处理后的资料应该适应所用计算方法的要求。

我们直接对方程式(8)、式(10)中出现的 i_0 、 μ 进行光滑化处理。设给出资料数据的离散点为 $x = l_j, j=1, 2, \dots, M$ 。在离散点 $x = l_j$ 左右各取插值基点 x_{2j-1}, x_{2j} 。其大小次序排列如图 1.1.2:

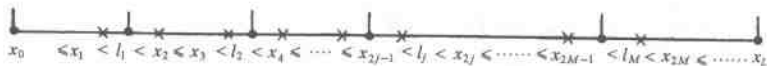


图 1.1.2

x_0, x_L 分别为上、下两边界点。插值基点位置的选取不依赖于计算方法中差分格网点的划分,但间隔 $[x_{2j-1}, x_{2j}]$ 的长度应和差分格网的步长 Δx 相适应,不宜过小。我们在区间

$[x_k, x_{k+1}]$ 上用 Hermite 公式进行插值,以 f_k, f_{k+1} 分别记成被插函数在区间两端之值。因为 i_0 和 μ 的导数在插值基点上均为零,所以插值公式化简而有

$$f(x) = f_k + \frac{3(f_{k+1} - f_k)}{(x_{k+1} - x_k)^2}(x - x_k)^2 - \frac{2(f_{k+1} - f_k)}{(x_{k+1} - x_k)^3}(x - x_k)^3 \quad (20)$$

这样处理所得的 i_0, μ 在区间 (x_{2j-1}, x_{2j}) 内为三次多项式,在区间 (x_{2j}, x_{2j+1}) 内为常数 f_{2j} ,都充分光滑,而在插值基点上具有连续、有界的一阶导数。把式(20)积分,则有

$$F(x) = F(x_k) + f_k(x - x_k) + \frac{(f_{k+1} - f_k)}{(x_{k+1} - x_k)^2}(x - x_k)^3 - \frac{(f_{k+1} - f_k)}{2(x_{k+1} - x_k)^3}(x - x_k)^4 \quad (21)$$

如 $f(x)$ 为 i_0 的插值公式,则 $-F(x)$ 即为 $Z_0(x)$ 的插值公式;如 $f(x)$ 为 μ 插值公式,则 $e^{F(x)}$ 即为 $B(x)$ 的插值公式。根据 $F(x)$ 的连续性要求,插值基点 x_{2j-1}, x_{2j} 应对 l_j 是对称的。

光滑化处理后的 i_0 和 Z_0 与原处理的 i_0 和 Z_0 比较[见图 1.1.3, μ 和 $B(x)$ 从略]。实际计算表明,这样处理后的资料能适应我们

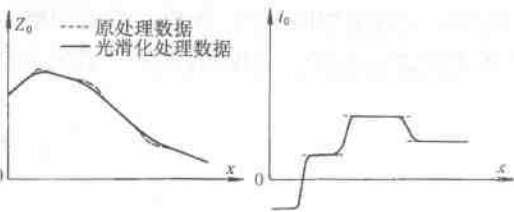


图 1.1.3