

黄河水利委员会
水利科学研究所

科学研究论文集

第一集（泥沙·水土保持）

河南科学技术出版社



编辑委员会

主 编 李保如

副主编 钱意颖 林斌文

编 委 (以姓氏笔划为序)

王恺忱、牛崇桓、屈孟浩

张红武、程秀文、焦恩泽

秘 书 张红武(兼)、赵宝华

前 言

黄河是中华民族的摇篮，孕育了我国灿烂的文化，但黄河洪水及泥沙所引起的灾害又使黄河成为闻名于世的灾难性河流。黄河之所以难治，关键的问题之一在于泥沙多，下游河道淤积严重。

为研究解决黄河泥沙问题，50年代初期黄河水利委员会成立了泥沙研究所，以后随着科学研究任务的增加，扩大为水利科学研究所，但仍以泥沙研究为重点。多年来我所与兄弟单位分工与协作，对黄河的泥沙问题进行了大量科学试验研究工作，取得了多项有理论意义及有实用价值的科研成果，在解决生产问题上取得了良好的效果，有明显的社会效益与经济效益。为了更好地与兄弟单位交流经验，为了便于有关部门使用这些成果，现将我所部分有关泥沙及水土保持方面的研究成果汇编成专集。以后还要陆续将有关成果汇编出版。

本专集收集的论文包括水库泥沙、河道演变、河道整治、河口演变、引黄渠系泥沙、泥沙物理模型及模型测试仪表技术、泥沙数学模型、工程泥沙、流域产沙及水土保持等。这些论文有些已在国内期刊发表，有的在已在或将在国际学术讨论会宣读并编入会议论文集，有的已为生产部门所采用。由于黄河泥沙问题十分复杂，有许多问题还解决得不够，有待进一步研究解决，甚至需要几代人的艰苦努力。

本论文集的作者有的是年事已高的科技工作者，也有许多是中青年科技工作者，这也反映了我所泥沙研究工作后继有人的可喜现象。

本论文中所选用的论文虽经过编委会评议审查，但限于水平，难免有缺陷乃至差错，敬请读者指出。

本论文集能够顺利出版，河南省科学技术出版社及黄委会宣传出版中心给予很大的帮助，谨致谢意。

编 者

1988年5月

目 录

前言

我国部分河道的整治方法及其效果.....	李保如 (1)
黄河下游河道冲淤情况及基本规律.....	赵业安 潘贤弟 樊左英 韩少发 (12)
黄河下游游荡性河段形态变异成因的探讨.....	毕慈芬 (27)
断面法与输沙率法淤积测量成果偏离的主要原因.....	林斌文 (38)
黄河下游河道冲淤计算方法.....	刘月兰 韩少发 吴 知 (46)
关于评价和抉择泥沙数学模型的基本考虑.....	沈受百 (59)
三门峡水库泥沙问题的经验总结.....	钱意颖 程秀文 陈世丹 傅崇进 尚红霞 (75)
巴家咀水库泥沙的几个特殊问题.....	焦恩泽 (86)
黄河河口的淤积延伸与摆动改道.....	王恺忱 李泽刚 (96)
黄河近代三角洲海岸的动态变化.....	李泽刚 (104)
黄河河口一次成功的有计划改道.....	王恺忱 沈受百 (112)
黄河河道演变的物理模型试验.....	李保如 屈孟浩 (120)
黄河下游渠村闸分洪动床模型试验.....	王华丰 (132)
黄河动床河道模型的相似原理及设计方法.....	屈孟浩 (140)
悬移质级配曲线的理论计算.....	张红武 (155)
利用气流模型进行黄河下游河道整治工程的试验研究.....	
.....	王德昌 刘和清 祝 杰 (162)
沉沙池模型试验研究.....	屈孟浩 (172)
河工模型变率及弯道环流的研究.....	张红武 (185)
河工模型尾部水位自动控制系统.....	马劲松 刘新合 赵云枝 高广智 (202)
微机流量控制系统研制及其在水利模型试验中的应用.....	马劲松 刘 利 (210)
高含沙均质水流基本特性的试验研究.....	
.....	钱意颖 杨文海 赵文林 程秀文 张隆荣 (216)

黄河高含沙洪水的输移特性及河床形成问题·····	齐 璞 赵业安 (231)
多级孔口消能工的清浑水消能效果·····	张隆荣 王国栋 (245)
高含沙紊动水流流变特性探讨·····	姜乃迁 钱意颖 樊新顺 谈进 (253)
黄河下游引黄灌溉泥沙处理技术近期研究成果综述·····	
·····	张永昌 杨文海 段学琪 蓝华林 王湘楠 (261)
人民胜利渠灌区加大输沙至田减少渠道淤积经验总结·····	
·····	张永昌 杨文海 段学琪 蓝华林 王湘楠 (269)
结合黄河大堤淤背机械高浓度处理入渠泥沙的试验研究·····	
·····	张永昌 杨文海 段学琪 蓝华林 王湘楠 (279)
略论黄河流域水土保持基本概念·····	吴以敦 张胜利 (294)
黄土高原沟壑区坡耕地土壤流失方程的初步探讨·····	曾茂林 (298)
黄河中上游水土保持及支流治理减沙效益·····	张胜利 赵业安 (308)



**Collected Research Papers Institute of
Hydraulic Research Yellow River
Conservancy Commission**

(Vol. 1, Sedimentation and Soil Conservation)

Contents

Preface

River Training Means and Their Effects on Some Rivers in China

.....*Li Baoru* (1)

The Basic Law of Scouring and Filling in the Lower Yellow River

.....*Zhao Yean, Pan Xiandi, Fan Zwoyin and Han Shaofa* (12)

The Cause of Morphological Change of the Wandering and Braided
Reach of the Lower Yellow River

.....*Bi Cifen* (27)

Major Cause of the Deviations in Evaluation of Quantity of Sedi-
mentation by Range Survey Method and Sediment Load Method

.....*Li Binwen* (38)

A Method for Calculating Sediment Erosion and Deposition in the
Lower Yellow River

.....*Liu Yuelan, Han Shofa and Wu zhi* (46)

The Basic Consideration on Appraisement and Choice of Sedimentation
Mathematical Models

.....*Shen Shoubai* (59)

A Summary with a Discussion of the Experiences on Sediment Problems
in Sanmenxia Reservoir

.....*Qian Yiyang, Cheng Xiuwen, Cheng Shidan, Fu Chongjin
and Shang Hongxia* (75)

Several Special Sediment Problems in the Bajiazui Reservoir

.....	<i>Jiao Enze</i> (86)
Channel Extension and Shifting Due to Deposition at the Modern Estuary of the Yellow River	
.....	<i>Wang kaichen and Li Zegang</i> (96)
Dynamical Change of the Coast at the Present Delta of the Yellow River	
.....	<i>Li Zegang</i> (104)
A Successful Planned Course Change on the Estuary of the Yellow River	
.....	<i>Wang Kaichen and Shen shoubai</i> (112)
Physical Model Study of River Process of the Yellow River	
.....	<i>Li Baoru and Qu Meng hao</i> (120)
Movable Model Test on the Flood Diversion by Qu Chun Sluice Gates on the Lower Yellow River	
.....	<i>Wang Huafen</i> (132)
Similarity Criteria and Modelling Technigues of Movable-bed Models for the Yellow River	
.....	<i>Qu Menghao</i> (140)
Theoretical Calculation for Size Distribution Cumulative Curve of Suspended Load	
.....	<i>Zhang Hongwu</i> (155)
An Experimental Investigation on Engineering Works of River Regulation in the Lower Yellow River with Pneumatic Flow Models	
.....	<i>Wang Dechang, Liu Heping and Zhu Jie</i> (162)
Physical Model Study on the Settling Basins	
.....	<i>Qu Menghao</i> (172)
An Investigation of Distortion Ratio of River Models and Transverse Current in Bends	
.....	<i>Zhang Hongwu</i> (185)
Automatic Controlling System of the Tail Water Stage in River Models	
.....	<i>Ma Jinsong, Liu Xinhe, Zhao Yongzhi and Gao Guangzhi</i> (202)
Development of a Discharge-Controlling System by Micro-Computer and Its Application on the Hydraulic Model Experiment	
.....	<i>Ma Jinsong and Liu Li</i> (210)
Experimental Study on Homogeneous Hyperconcentrated Flow	
.....	<i>Qian Yijing, Yang Wenhai, Zhao Wenlin, Cheng xiuwen and Zhang Longrong</i> (216)
The Characteristics of Sediment Transport and Problems of Bed Formation By Flood with Sediment Hyperconcentration in The Yellow River	

- Qi Pu and Zhao Yean (231)
- Energy Dissipation of Clear Water and Muddy Flows in Multistage Orifice Dissipator**
- Zhang Longrong and Wang Guodong (245)
- A Preliminary Study on Rheologic Properties of Turbulent Slurry**
- Jiang Naiqian, Qian Yiyang, Fan Xinchun and Tan Jin (253)
- A Comprehensive Account of Recent Researches on the Technique of Dealing with Sediment in Irrigation with Water Diverted from the Yellow River**
- Zhang Yongchang, Yang Wenhai, Duan Xueqi, Lan Hualin and Wan Xiangnan (261)
- A Summary of Experience on Reducing Deposition in Irrigation Canals by Enlarging the Sediment Conveyance through the Canals to the Fields in the Irrigation District of the People's Victory Canal**
- Zhang Yongchang, Yang Wenhai, Duan Xueqi, Lan Hualin and Wan Xiangnan (269)
- An Experimental Study on the Treatment of Sediment Carried into Irrigation Canals at High Concentration with Machinery in Coordination with the Dyke Strengthening of the Yellow River**
- Zhang Yongchang, Yang Wenhai, Duan Xueqi, Lan Hualin and Wang Xiangnan (279)
- On the Basic Concept of Soil and Water Conservation of the Yellow River Basin**
- Wu Yixue and Zhang Shengli (294)
- An Approach to the Soil Erosion Equation of Slope Tillage Field in the Loess Plateau Gully Area**
- Zeng Maolin (298)
- Effect of Sediment Reduction through Improvement of the Tributaries and Soil and Water Conservation on the Upper and Middle Reaches of the Yellow River**
- Zhang Shengli and Zhao Yean (308)

我国部分河道的整治方法及其效果

李保如

河道整治对国民经济发展有重要意义。河道整治目的包括：防洪，保证引水，防止坍岸以保护城镇及农田；维持航道水深，保护跨河建筑物（如桥梁）；以及控制泥沙淤积等。河道整治方法包括：修建水库，修建堤防和护岸工程，分洪工程，裁弯工程，机械疏浚，引水建筑物，导流建筑物等。为进行河道整治首先要研究河道演变规律，内容包括：河型分类（游荡型、分汊型、顺直型及弯曲或蜿蜒型），河相关系（平面形态及尺寸、横断面尺寸、比降等与来水来沙条件的关系等），河流阻力，挟沙能力及冲淤变化规律等。这些规律目前虽有理论尝试，但尚没有能适用于所有河流或河段的统一答案，目前解决问题的方法主要是对不同河道或河段进行专门观测研究，以找出本河段的半理论半经验关系，至于河道整治建筑物的布设，以及工程材料的选用则更具有经验性，目前解决办法仍是靠物理模型及工程技术人员的经验。

我国多年来对大江大河的河道整治已有不少成功经验，这些经验对解决河道整治问题有重要参考价值。本文介绍我国部分成功的治河实例，以供参考。

一、黄河下游河道整治⁽¹⁾

（一）河道概况及治理原则

黄河下游河道长878公里，因淤积严重，现河床一般高出堤外地面3~5米，最大10米。陶城埠以上（参见图1）长464公里为宽河段，堤距5~10公里，为复式河槽，洪水期河槽冲淤及主流摆动剧烈，防洪问题十分突出，整治原则是：以防为主，兼顾护滩、护村，以及引水、航运。方法是：除依靠大堤、干流水库和滞洪区防洪外，主要对行洪为主的中水河槽进行整治使其稳定，控导溜势以利排洪排沙入海。

整治工程则因地制宜，就地取材，根据河道平面变化规律，因势利导，以达到整治的综合效益。

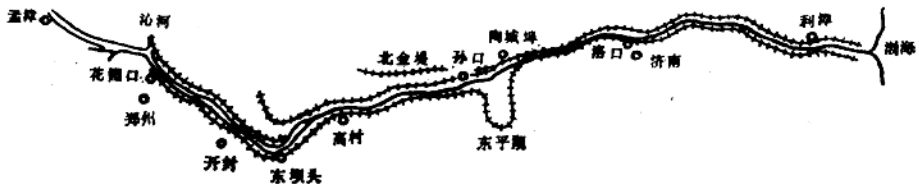


图1 黄河下游平面图

(二) 中水河槽整治标准和治导线规划

1. 中水河槽整治标准

中水河槽的整治流量采用下游河道实测多年平均平滩流量(5,000米³/秒), 整治河宽则采用实测多年平均主槽河宽。直河段主槽河宽 B 为: 高村以上1000米, 高村至孙口800米, 孙口至陶城埠600米, 陶城埠以下500米。

2. 治导线规划

在确定河道整治工程平面布置时, 先规划治导线, 再据以确定工程位置, 最后布设整治建筑物。治导线一般有两种基本形式, 一为连续弯道形, 一是陡弯下接直段(长5~10公里)再接下一个河弯。河弯曲率半径 R (米)用下式计算:

$$R = \frac{A}{\varphi^n} \quad (1)$$

式中 A ——常数, 取2900~3300;

φ ——中心角(弧度);

n ——指数, 一般取2.2~2.66。

R 与两弯间直段长度 L 分别与河宽的关系式为

$$R = (2 \sim 4) B \quad (2)$$

$$L = (2 \sim 5) B \quad (3)$$

为使工程布置能适应河势上提下滑的变化, 更好地引入弯, 送出弯, 实际弯道采用如图2的复合曲线。图2中, $R_1 < R < R_2$ 。

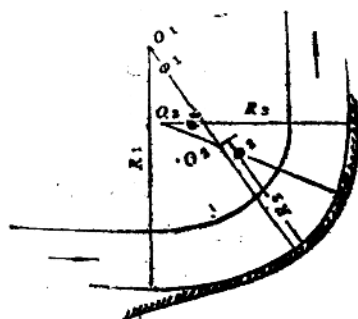
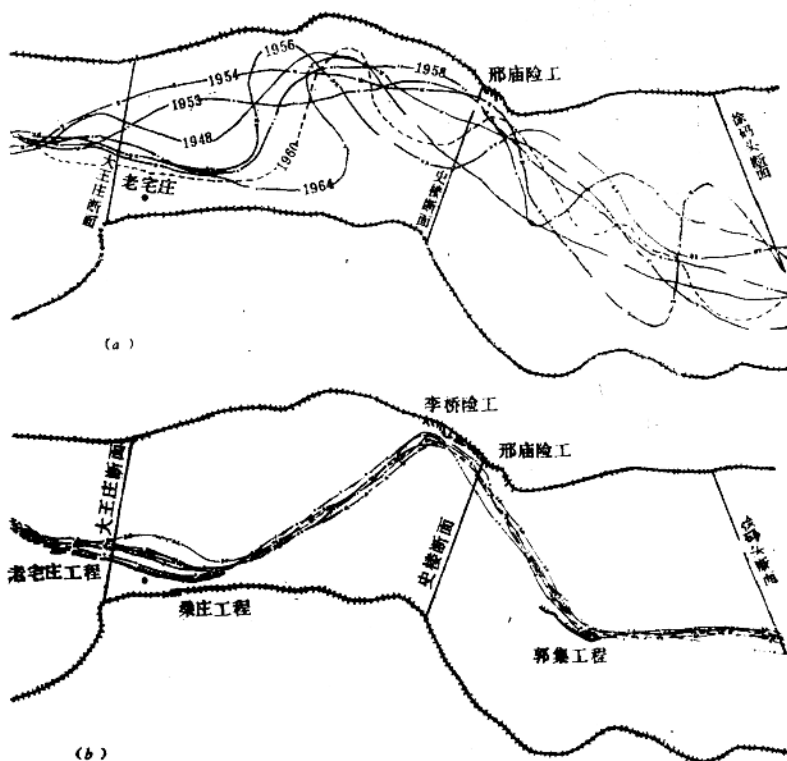


图2 工程位置与治导线关系

(三) 治理效果

整治后效果明显。如东坝头至高村间的游荡段整治后河段平均游荡范围由2,200米减小为1,600米, 年摆动强度由670米减小为410米。又如高村至陶城埠为由游荡段向弯曲段过渡的河段, 主流摆动频繁, 并且河弯顶部下移, 河弯更加弯曲。整治后水流归顺, 流路单一(参见图3), 主槽位置趋于稳定(参见图4), 断面最大摆动范围由5,400米减为1,400米, 年最大摆动强度由1,273米减为388米, 年平均摆动强度由425米减为181米, 同时河相关系 $\sqrt{B}/H$ 由12~45减为7~21, 平滩水深由1.47~2.77米增加为2.05~3.73米, 河道有由过渡段向弯曲型河段转变趋向, 说明整治已初见成效。



(a) 整治前的1948~1965年 (b) 整治后的1973~1982年
图3 老宅庄至徐码头河段整治前后主流线套绘图

二、通航河道的整治

川江浅滩甚多，有碍通航，甬江口为港区航道，受海潮的影响，两处航道整治工程均已取得成功的经验。

(一) 川江的航道整治

川江指长江上游宜昌至宜宾段，长1,045公里，共有滩、险180处，其中浅滩59处，主要分布在万县至宜宾间。浅滩河床由卵石组成，其平均粒径 d_{50} 为100毫米左右。川江多年平均径流量1,529亿米³，枯水流量为3,000米³/秒，洪水流量为50,000~80,000米³/秒，悬移质年输沙量为5.2亿吨，泥沙粒径细，不参加造床作用。航道整治目的是减少洪水期浅脊的淤积量，延长和加强枯水期的冲刷以增加通航长度。

川江浅滩从形态上可分为过渡段浅滩、汊流浅滩和弯道浅滩，各类浅滩特征及整治实例如下。

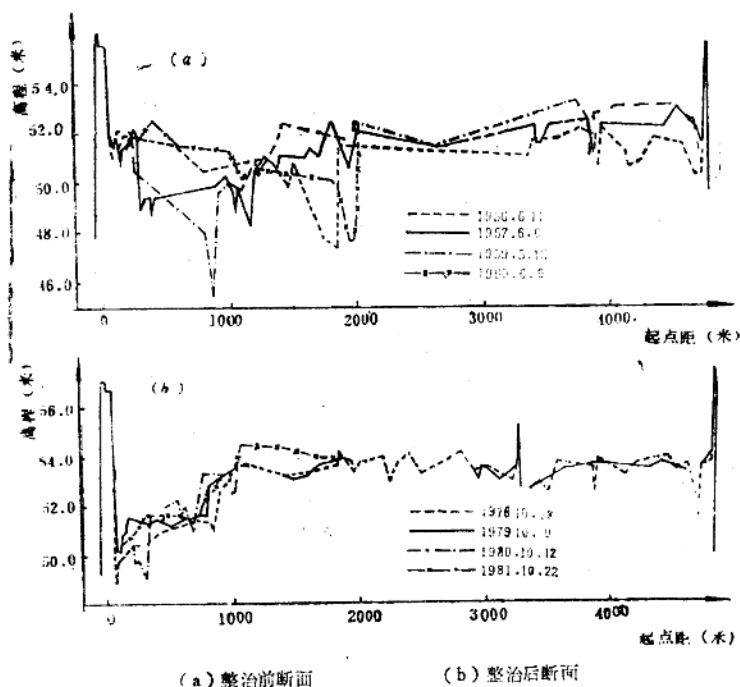


图4 史楼断面整治前后对比图

1. 过渡段浅滩的整治

(1) 过渡段浅滩分类特征及整治原则

过渡段浅滩有两种情况,一种是上下交错的两个边滩不规则,例如上边滩低平而下边滩宽而高,或者相反。因过渡段水面较宽,水流分散,流速小,汛期推移质停积,落水期不能全部冲走,枯水期水浅成滩。如上下深槽交错,因下深槽吸流而产生横流,航槽多弯而水浅。当下深槽窄深时,横向水流常形成“扫弯水”,使凹岸出现突咀和暗礁,水流紊乱急湍,常伴有碍航泡水,在环流作用下对岸航槽常出浅。因此这种过渡段浅滩常是浅、弯、险并存,造成航行困难。另一种是弯道下游直段中的过渡段浅滩,由于水流经弯道以后,环流变弱,过渡段水面放宽,流速减缓,造成与凸岸边滩相连的大片浅区,有碍通航。

过渡段浅滩的整治原则是以枯水整治、筑坝导治为主,只在河床卵石沉结密实时,才在整治初期辅以疏浚。由于这类浅滩主要是因为落水期冲刷能力不足形成的,因而在枯水期利用整治建筑物加大流速,以冲刷浅区,增加航深。

(2) 砖灶子浅滩的整治

砖灶子浅滩(参见图5)长1公里,位于上下游两个90°的反向弯道间,河段进出口河面宽为480及500米,而中间河宽900米,宽段泥沙堆积形成左右两槽。整治工程根据模型试验结果布设,在左槽上首筑丁坝两条长188及200米,右槽筑三条丁坝长80~126米,坝高2.1米,整治线宽440米,整治后改变了该滩的浅、险情况,工程约束水流

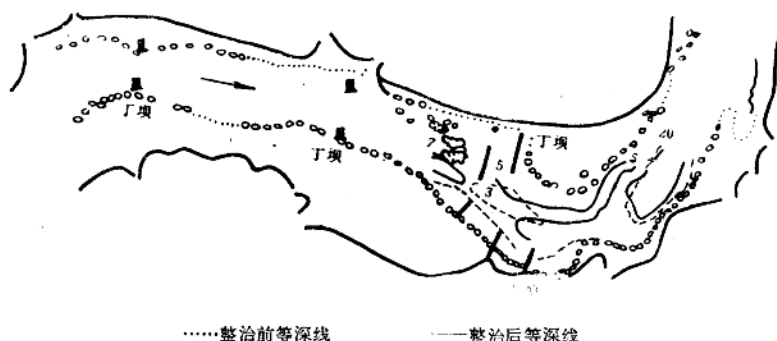


图5 砖灶子滩河势及整治前后水深比较

形成微弯形过渡段，满足了通航要求。

(3) 燕子碛滩的整治

燕子碛滩（参见图6）位于急弯河段下游，急弯处洪水河宽600米，至下游1公里浅区处放宽到1000米，在宽段形成过渡段浅滩，枯水时水深仅2.0~2.2米，小于通航要

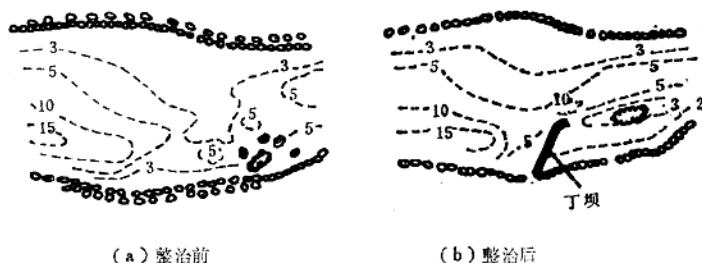


图6 燕子碛滩整治前后水深比较

求。整治措施系在浅滩滩脊上游右岸筑下挑丁坝，长160米，丁坝和水流交角 60° ，丁坝压缩水流使最大流速区位于滩脊上。整治线宽度系用下述经验公式计算：

$$B_2 = B_1 \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^{1/3} \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^{1/2} \quad (4)$$

式中 B_1 、 B_2 ——整治水位时筑丁坝前后河宽；

Q_1 、 Q_2 ——整治水位时筑丁坝前后流量， $Q_2 = Q_1 - \Delta Q$ ， ΔQ 为丁坝渗流量，

$$\Delta Q = 0.08 Q_1;$$

H_1 、 H_2 ——整治水位时筑丁坝前后河道平均水深， $H_2 = 0.65 \times t$ ， t ——整治水位—设计水位+设计水深+整治后水位降落值（取为0.2米）；

y_1 、 y_2 —— V/V_c 的函数， V 为断面平均流速， V_c 为推移质止动流速，对燕子碛滩采用 $y_1 = 1.13$ ， $y_2 = 21.34$ 。

整治水位为与航道整治建筑物头部高程相平的水位，确定为2.5米。设计水位根据通航要求确定。

经计算, $B_2 = 457$ 米。

丁坝完工一年后冲刷区长达400米, 5.0米水深等深线上下游贯通, 3.0米水深等深线最小宽度为110米, 满足了通航要求。

2. 汉流浅滩的整治

(1) 汉流浅滩的特征

川江汉流浅滩多位于窄段或峡谷出口下游的放宽段, 洪水期窄段流速大, 将前期停积的卵石推移到放宽段, 形成不同形态的江心洲和心滩。从形态看一般是两汉, 个别为多汉, 江心洲平面形状多是头大尾小呈葫芦形, 头部地形扁平, 尾部隆起, 分流处断面不对称, 副槽河底高而窄, 主槽河底低而宽, 洲头河床质粒径一般为10~40厘米, 尾部在10厘米以下。主、副槽河床高差大, 副槽过水断面小。这类浅滩的江心洲和心滩位置比较稳定, 一般主、副槽无周期性消长。从碍航情况看, 一般是洲头部有横向水流, 航道弯曲。如主槽凹岸有石咀、潜礁, 则形成险区。在洲尾和下边滩间多有浅区, 少数汉流浅滩在主槽腰部也有浅脊。洲尾出现浅区的原因是水流的汇流角较大, 水流互相撞击, 消耗能量, 在汇流处至洲尾之间形成缓流区造成洲尾浅滩。另一种情况是因汇流处靠副槽一侧有深潭, 吸引水流横渡, 使航槽变得既浅又弯, 航行困难。

(2) 整治原则及实例

对这类浅滩的整治原则是减小汇流角度, 截断横向水流及底流, 并集中水流冲刷浅区。为此应在洲尾设顺坝, 顺坝原则上沿洲尾浅脊偏主槽方向布置, 坝长大致延伸到与整治线宽度相符的位置, 坝高则同整治水位。对于较复杂的汉流浅滩, 除建洲尾坝外, 尚需辅以其他整治建筑物。如尾部浅区河面较宽时, 则按整治线宽度布置丁坝。如主槽流量不足时, 则应在副槽建潜坝以增大主槽流量, 从而加大对浅区的冲刷能力。

例如小南海汉流浅滩为多汉浅滩(参见图7), 长2.0公里。上游为峡谷河段, 洪

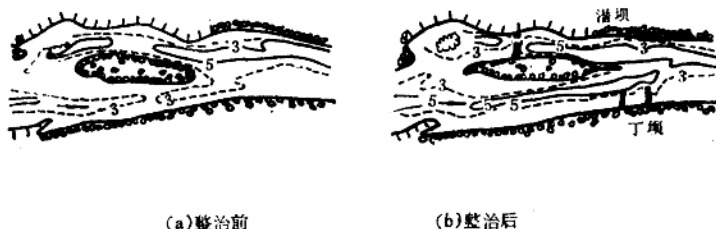


图7 小南海滩整治前后水深比较

水河宽250米。出窄口后放宽, 至下游2000米处形成大江心洲, 左支原分三汉已逐步消亡, 右支为主航道。但右槽腰部及江心洲尾有一浅区, 河床随水位上涨而淤高, 河床质为卵石, 平均粒径 d_{50} 约为10厘米。

整治工程方案根据模型试验及资料分析确定, 包括在主槽浅区右岸筑丁坝二条, 长90及130米, 高2米, 在副槽建潜坝一座, 在江心洲尾建顺坝一条。竣工后航槽稳定, 达到通航尺度。

3. 弯道型浅滩的整治

(1) 弯道型浅滩特征

这类浅滩出现在下述两类河段：一是边滩交错河段，由于深槽河岸受冲，边滩扩大，水流受滩头部阻力而产生横流，将主流挤向凹岸形成“扫弯水”，靠边滩一侧因受弯道环流作用，卵石停积，并伸入航道而碍航。另一类是在分叉河段中，副槽河床质粒径粗，不易冲刷，枯水期航深不足，而主槽河岸容易冲刷发展为弯曲河段，由于主流顶冲凹岸突咀和岸礁，形成强烈环流和泡水，使对岸形成伸入航槽的浅区，下航船队需防擦滩和落弯触礁。

(2) 整治原则及实例

这类浅滩的整治原则是用导治建筑物改变弯道流量分配及底沙输移方向，因而既消除险恶水流又减弱弯道环流，有利浅区冲刷从而解决滩、险问题。

例如折桅子滩经模型试验和分析计算，在凹岸建一条丁顺坝（参见图8），其轴线与下游突咀顶点相连成直线，丁坝将顶冲水流导向突咀以外，减弱环流。整治后达到设计通航尺寸，泡旋水也得以改善。

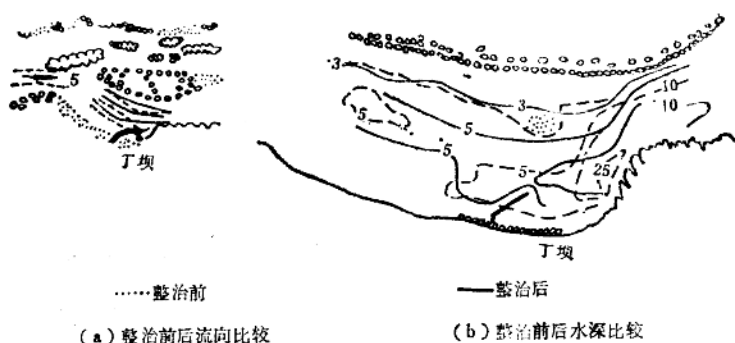


图8 折桅子滩平面图

(二) 甬江口航道整治

1. 航道概况

甬江口位于浙江省东南部，为重要外贸水道。自宁波市以下的镇海弯道至大游山河口称甬江口河段，为弱潮河口，全长5公里（参见图9）。甬江口为不规则半日潮河口，平均潮差为1.76米，潮量一般为1,883万立方米。上游流量很小，多年平均约82米³/秒。上游25公里处建有姚江闸，流域来沙很少，主要是海域来沙。潮流的年平均含沙量为1.03公斤/米³。

为了在甬江口建港，1974年在招宝山至大游山左侧后海塘地区建造长3.2公里的防波堤，并在招宝山尾段建码头长410米。竣工后虎蹲山河段及以外航道大量淤积泥沙，1975年夏至1976年春10个月内口门段淤积110万立方米，经过疏浚，1976年2~6月又回淤80万立方米，泊位区淤积尤甚，船只无法靠泊。经分析淤积原因是建防波堤后改变了招宝山至游山段的海潮流向，同时使笠山断面潮流流速减小造成淤积。从河道形态

看，落潮流量经镇海深槽（宽185米）后，河道断面放宽，招宝山处为400米，游山段达700多米，潮流流向分布较均匀，流速小，泥沙淤积，致使航深不足。

2. 整治措施及效果

整治原则是：利用河势因势利导，在不改变海潮流量前提下，用丁、顺坝等调整流势，改变滩槽冲淤部位以形成微弯型河道，增加航槽及泊位区流速以冲刷浅区增加航深；同时确定恰当的整治线宽度和整治水位，将丁坝布置在深槽主流所经过的尾段，以调整流势，并利用建筑物巩固和增高边滩。

根据上述原则并利用模型试验成果确定招宝山段整治宽度为280米，口门段为320米由上而下逐渐放宽。工程措施（参见图9）包括：在港池对岸上首建两条丁坝长105及120米，虎蹲山和小游山间建顺坝长480米，其间设两条短丁坝各长30米，在游山口门段左侧建导流堤长520米，右岸建两丁坝长475及400米并以350米顺堤相连接。游山导堤的作用主要是拦阻和减小东北方向风浪对落潮流的冲击而又不改变金塘水道的潮流流向，使落潮流量集中于航槽以提高航槽的挟沙能力。

整治后经观测对比表明：整治前后的平均高潮位、平均潮差及涨落潮流量均无改变，潮水含沙量也无变化；整治后码头前沿港池内主流流速由0.22米/秒增至0.42米/秒，大于泥沙起动流速（0.35米/秒），游山口门段中潮位时平均落潮流速实测为0.45米/秒，最大平均流速处于潮位2~2.5米间，其值达0.5~0.6米/秒，因而航道水深增加，港池段、虎游段、游山口外航道（原有浅段），整治后水深一般在7米以上。近年已有数百艘万吨级船舶乘潮进港作业，这表明整治是成功的。

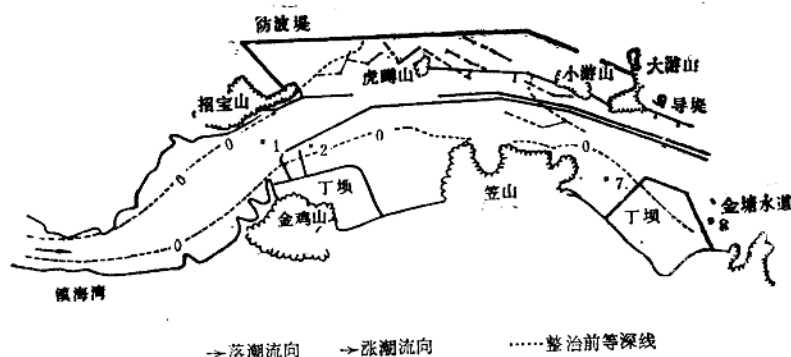


图9 甬江口航道整治工程平面布置图

三、蜿蜒型河道的裁弯

为解决蜿蜒型河道的防洪、通航等问题，常采用人工裁弯并护岸等措施进行整治。长江下荆江裁弯（见参考文献及潘庆棠等1977年的文章“长江中游河段人工裁弯河道演变研究”），渭河仁义湾裁弯（参见陕西省三门峡水库库区管理局1976年编写的渭河仁义湾裁弯总结）等工程均取得成功。

(一) 长江下荆江裁弯

1. 河道特征及整治概况

长江中游藕池口至城陵矶河段称下荆江,长240公里,包括16个弯道(参见图10),曲折系数约为3.0,平滩河宽1,040米,相应水深13米,多年平均流量9,600米³/秒,多年平均输沙量2.9亿吨。该河段堤岸崩坍剧烈,河道摆动频繁,泄流不畅,汛期洪水灾害严重,急弯浅滩多,影响通航。在对该河段特征及其成因进行长期研究的基础上,拟定了该河段裁弯规划,有计划地进行裁弯并结合河势控制工程以扩大泄量,确保堤防、城镇安全,并缩短航程、改善通航条件。1967~1969年实施了中洲子和上车湾两处裁弯工程,1972年发生了沙滩子自然裁弯(图10),共计缩短河长78公里,约为全河段长度的1/3。裁弯后为防止新的崩岸及弯道发展,又采用抛石及抛枕护岸,平均每米长度江岸抛石58~134立方米。

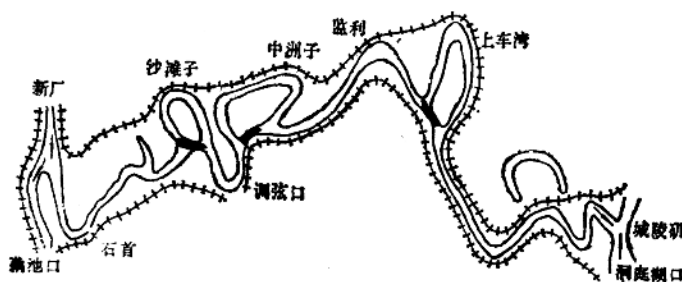


图10 下荆江裁弯工程位置图

2. 引河法裁弯及其效果

裁弯工程采用引河法,既可减少新河开挖量又可避免新河上下游河势突变不易控制。开挖引河时为加大引河流速,以利于冲刷,引河尽量深挖至易冲土层或通航标准高程。引河开挖宽度则根据预估崩岸发展速度及通航要求选定,具体数据如下。

中洲子裁弯引河长4.3公里,平均弯曲半径为2,500米,原河长36.7公里、裁弯比为8.5。引河区表层为粘土,一般厚6米,下层为中细沙(平均粒径 d_{50} 为0.17毫米)。引河底宽30米,开挖深度一般为6米,局部粘土较厚处全部挖除,引河开挖断面面积为原河道断面面积的1/30。上车弯裁弯引河长3.5公里,平均弯曲半径为2,000米,原河长32.7公里,裁弯比为9.3。引河区表层为粘土,上段厚30米、中段厚20米、下段厚4~6米,下层为中细沙(平均粒径 d_{50} 为0.17毫米),引河开挖断面面积为原河道断面面积的1/17至1/25。

引河过流后,新河先冲深后展宽,凹岸冲刷凸岸淤积。当原河道分流比大于50%时,原河道淤积,但其深槽仍是汛期冲刷,枯水淤积;原河道分流比减小,原河道只淤不冲,最终形成牛轭湖。新河过水初期分流比大于分沙比,河道冲刷较快,当新河分流比大于50%时,分流比小于分沙比,此时新河道冲刷转慢,原河道淤积也转缓,以后新河道不再冲刷,而原河道继续淤积。实测资料表明不同时段原河道淤积量总大于新河道