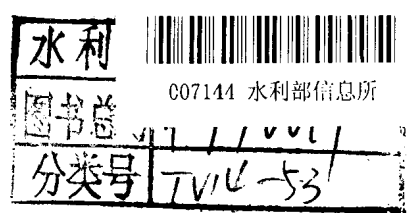
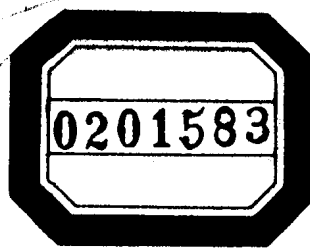


李保如河流研究文选



水利电力出版社



李保如河流研究文选

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

内 容 提 要

本书为我国著名的河流泥沙专家李保如教授级高级工程师部分研究论文选集,共选了他自 50 年代后期起撰写的论著 24 篇,其中 20 篇已在国内有关刊物(包括正式出版的论文集)和国际学术讨论会发表过。内容包括河道治理、河床演变、水库泥沙、土壤侵蚀、泥沙基本理论、河流泥沙物理模型等。这些研究成果具有很高的学术价值和实用价值。

本书可供广大水利、地理、水土保持专业的科技人员和大专院校的师生参考。

311/14

李保如河流研究文选

责任编辑 荆东亮

*

水利电力出版社出版发行

(北京三里河路 6 号)

黄河水利委员会印刷厂印刷

*

开本:787×1092/16 印张:18.5 字数:450 千

1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷

印数:0001—2000

ISBN7-120-02214-8/TV·874

定价:20.00 元

《李保如河流研究文选》编辑组成员

组 长 赵业安

副组长 刘月兰

成 员 钱意颖 赵文林 龙沛霖 赵业安

刘月兰 张红武 姚文艺

序

初识李保如同志系在1955年12月。当时我刚刚结束在前苏联的研究生学习归国，参加了在北京召开的泥沙问题研究工作座谈会，会上决定建立泥沙研究工作组，保如同志任该组中心小组秘书。会后参观了官厅水库、永定河下游、黄河花园口河段及有关研究单位多处。当时彼此均值青春年华，正意气风发，思有所作为，加上都从事泥沙研究工作，志同道合，匆匆一遇，竟成老友。

此后三十余年，保如同志几易工作岗位，由水利水电科学研究院到水利部十一工程局，尔后又到黄河水利委员会，但一直主要从事黄河泥沙问题的研究及规划设计工作。在此期间，我始终在大学执教，但一同参加泥沙问题的学术讨论和工程技术论证的机会是很多的，或抱膝长谈，或杯酒言欢，岁月流逝，友情弥笃。

保如同志和我虽主要从事研究工作，但却对实际工程挺感兴趣，认为参与研究解决当前重大工程实际问题是水利工程师的首要职责。保如同志文选的内容正好显示出这一特点。为了治理实际河流的需要，必须对它们在自然情况下或在受人为干扰时的水沙运动及河床演变规律有深入的了解，用为数不多的可能取得的水沙观测资料，揭示十分复杂的河床演变规律，这是保如同志的擅长，同时也是文选中的一个主题部分。文选中的另一个主题部分是有关分析研究的基本工具和基本方法，前者如纵剖面及起动条件的计算，后者如动床模型的理论及实践。文选中第三个主题部分是关于实际河流的治理。为解决实际问题而进行研究，在认识深化之后，力求进一步发展理论并改进研究方法，这条老一代泥沙工作者所走过的道路，在文选中得到充分体现。

保如同志七十华诞之际，弟子收选其历年撰写的论文，汇成此册。它是保如同志数十年向社会默默奉献的心血结晶，也是我国泥沙研究宝库众多财富中的一个重要组成部分，它的付梓将有助于推动泥沙研究工作的进一步发展。

谢鉴衡

1993年5月

• • •

编者的话

河流是构成人类生存环境的一个重要组成部分。河流的形式与演变受水文、气象、地质地貌及人类活动等多种因素的影响,涉及许多极其复杂的理论和生产实际问题,其解决如何直接关系到水利、交通、航运、电力等诸多方面经济建设的成败和发展速度。河流泥沙问题的研究不仅要通过理论探讨、野外实际观测资料的分析、推断,还要借助于物理模型试验及数学模型等研究手段;既要涉及到泥沙基本特性及运动规律的微观理论问题,又要解决水库淤积、河道整治、防洪等宏观方面的生产问题;不但要注重河道的形态及演变,还需考虑到流域产沙的分析和计算。李保如同志在这些方面及包括泥沙测验、资料整理等方面都有研究和建树,而且在河流物理模拟、河床演变分析等方面具有很深的造诣。在研究工作中,他既注重理论分析,更强调野外调查和观测,掌握第一手资料。例如,在河流模拟试验中,他不仅认真研究模拟方法和技术,还非常重视对所模拟的实际河流的查勘和了解,尽量准确认识其边界、初始条件及历史情况和现状,使研究工作基于正确的基础理论和对事物客观正确的认识之上。

李保如同志早在 50 年代就参加了我国泥沙研究领导小组,是我国知名的河流泥沙专家之一。几十年来,他先后主持和组织领导了几十项重大科研项目,撰写了大量的泥沙科学论文,为推动我国泥沙学科的发展做出了贡献。为使这些论文集于大成,便于河流泥沙工作者及其他有关工作者参阅和研究,恰值李保如同志七十华诞,我们将其主要论文加以收集,编辑成书,也意致庆。

本书所收集的论文大多已发表于正式刊物上,也有作者手头的近作。在编辑过程中,除了我们做些必要的文字加工和编排外,作者还对原文进行了重新校阅和修改。为了便于读者阅读和规范体例,我们对部分论文补写了提要。论文目录基本上按照研究内容进行排列。

在编辑出版过程中,得到了黄委会水利科学研究院及其泥沙研究所领导的很大支持和关心,长江科学院、清华大学、武汉水利电力大学、兰州铁道学院、河南黄河河务局、河南水文水资源局、黄河水利水电开发总公司、水利电力出版社等单位也给予了大力帮助,张青同志负责了全书插图的绘制工作,马幼娟同志负责了全书的排版工作,在此谨致谢意。

编者

1994 年 10 月

李保如同志简介



李保如,1925年生,1948年毕业于西北工学院,先后在前中央水利实验处、水利水电科学研究院、黄委会水利科学研究院从事治黄及泥沙等方面的研究和领导工作,现为黄委会水利科学研究院教授级高级工程师、黄河研究会顾问、国际水力学研究协会会员,并兼任华北水利水电学院教授等,是我国河流泥沙界著名的老一代专家之一。早在50年代,他就参加了我国泥沙研究领导小组,后任中国水利学会泥沙专业委员会委员兼常务秘书,还担任了水力学专业委员会委员,原长江三峡工程论证泥沙专家组专家,现任泥沙基本理论研究指导委员会委员。曾多次为泥沙研讨班授课,直接培养了硕士生,为我国泥沙研究事业的发展作出了重大贡献。他的业绩被收入《中国工程师名人大全》,并享受国家特殊贡

献的专家津贴。

早在60年代初,他就解决了渭河、黄河治理中以及有关的一些重大生产问题。其中1963年对于位山破坝问题的处理意见,曾同钱宁教授等一起向周恩来总理作了汇报。同年还解决了保定造纸厂遇到的人民币钞票用纸生产难题及北京热电厂运行事故,分别受到了薄一波副总理和钱正英部长的表扬。70年代以后,主要研究和解决黄河中、下游治理和防洪中的课题,其中“黄河龙门以下干流河道冲淤计算方法”及“各种治黄措施对黄河下游河道冲淤的影响”等荣获重大治黄科技成果奖。他多次出国讲学和考察,近两年参加了孟加拉国布河整治研究及我国南水北调中线穿黄工程有关问题的研究等工作;还先后指导了10多项有关黄河、淮河等大型河工模型试验,江泽民总书记、田纪云副总理、杨振怀部长等党和国家领导人都先后观看过其中的黄河花园口至东坝头河道整治模型试验。

李保如同志先后撰写发表了“我国部分河道的整治方法及其效果”等30多篇论文,并在国际会议上发表过“三门峡水库拦沙期下游河道的变化”等5篇论文。曾负责和参加了《泥沙手册》部分章节的撰写及全书的终审定稿工作,还主编了两集《黄科所科学研究论文集》,其中第一集获北方十省市(区)优秀科技图书二等奖。

目 录

序	II
编者的话	V
李保如同志简介	VI
我国部分河道的整治方法及其效果	1
各种措施对黄河下游河道减淤作用的比较	10
孟加拉国布河 Jamuna 河段河型与河道演变	22
河道整治方法、工程措施及其效用	36
河流纵比降及纵剖面的计算方法	48
关于“渭河下游冲积形态的研究”一文中几个问题的商榷	55
治黄设想	61
三门峡水库拦沙期下游河道的变化	71
对黄河干流修建大型水库两个问题的探讨	79
黄河中游地区 1977 年暴雨后小型库坝工程情况的调查	89
淤地坝淤地面积和拦泥量的计算	97
底沙起动条件的计算方法	100
泥沙起动流速的计算方法	116
抽气式悬沙采样器率定资料的整理方法	125
水工建筑物下游河床局部冲刷计算及其模型试验方法	130
龙门以下干流河道冲淤计算方法	150
用空气模型研究水工问题的理论基础及模型设计	174
游荡性模型几何比尺变率的限制条件	182
自然河工模型试验	187
黄河河道演变的物理模型试验	219
我国河工动床模型设计方法及其几个特殊问题的研究现状	228
RESEARCH ON SEDIMENT PROBLEM OF THE YELLOW RIVER	244
EXPERIMENT STUDY CONCERNING THE EFFECT OF DISTORTION RATIO ON FLOW FIELD IN RIVER MODELS	263
南水北调中线穿黄渡槽所在河段河床演变及选线问题的研究	271

我国部分河道的整治方法及其效果

提 要

多年来,我国在大河的河道整治方面取得了丰富的成功经验,这些经验对解决河道整治问题具有重要的参考价值。本文分别以黄河下游河道整治、川江通航河道整治以及长江下荆江蜿蜒型河道裁弯等治河实例介绍了我国部分河道整治的方法、措施和效果。

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、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。

1 黄河下游河道整治^[1]

1.1 河道概况及治理原则

黄河下游河道长 878km,因淤积严重,现河床一般高出堤外地面 3~5m,最大 10m。其中,陶城铺以上(参见图 1)长 464km 为宽河段,堤距 5~10km,属复式河槽,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:以防洪为主,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。整治工程则应因地制宜,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。

1.2 中水河槽整治标准和治导线规划

1.2.1 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($5000\text{m}^3/\text{s}$),整治河宽则采

• 本文原载于《水利水电技术》,1984 年第 9 期。

用实测多年平均主槽河宽。直河段主槽河宽 B 为：高村以上 1000m，高村至孙口 800m，孙口至陶城铺 600m，陶城铺以下 500m。

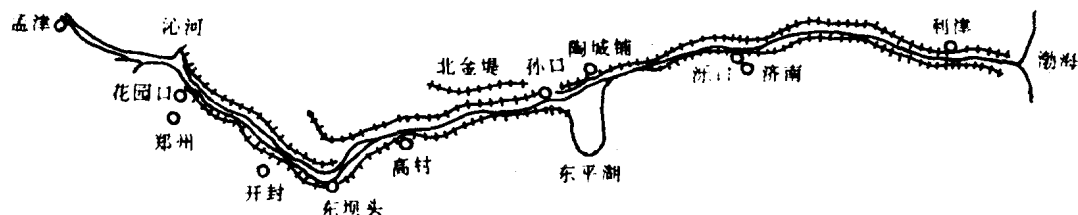


图 1 黄河下游河道平面示意图

1.2.2 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 5~10km），再接下一个河弯。河弯曲半径 R (m) 用下式计算：

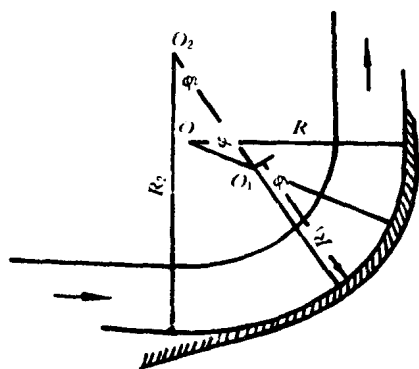


图 2 工程位置与治导线关系
图 2 中, $R_1 < R < R_2$ 。

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

式中 A ——常数，取 2900~3300；

φ ——中心角(弧度)；

n ——指数，一般取 2.20~2.66。

R 与两弯间直段长度 L 与河宽的关系式分别为

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

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

为使工程布置能适应河势上提下挫的变化，更好地流入弯，送流出弯，实际弯道采用如图 2 的复合曲线。

1.3 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 2200m 减小为 1600m，年摆动强度由 670m 减小为 410m。又如高村至陶城铺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（见图 3），主槽位置趋于稳定（见图 4），断面最大摆动范围由 5400m 减为 1400m，年最大摆动强度由 1273m 减为 388m，年平均摆动强度由 425m 减为 181m，同时河相关系 $\sqrt{B}/H$ 由 12~45 减为 7~21，平滩水深由 1.47~2.77m 增加为 2.05~3.73m，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。

2 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。

2.1 川江的航道整治

川江指长江上游宜昌至宜宾段,长 1045km,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 100mm 左右。川江多年平均径流量 4529 亿 m^3 ,枯水流量为 $3000\text{m}^3/\text{s}$,洪水流量为 $50000\sim 80000\text{m}^3/\text{s}$,悬移质年输沙量为 5.2 亿 t,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。

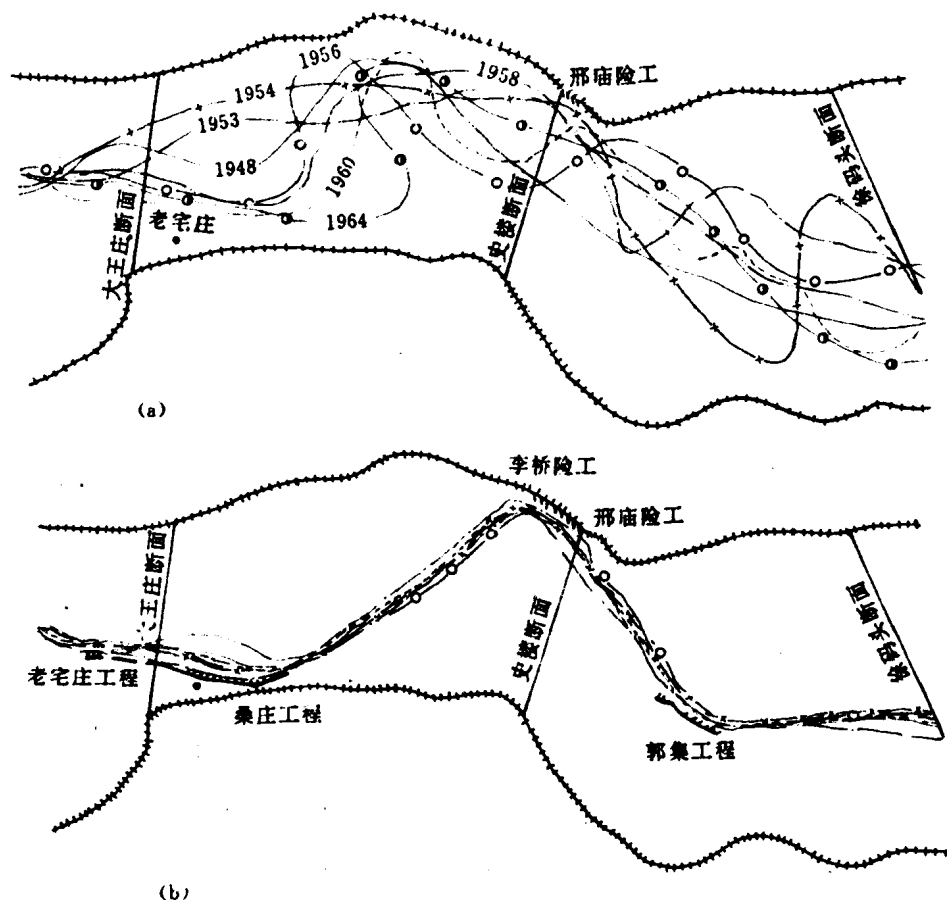


图3 老宅庄至徐码头河段整治前后主流线套绘图

(a) 整治前的 1948~1956 年

(b) 整治后的 1975~1982 年

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。

2.1.1 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,横向水流畅常形成“扫弯水”,使凹岸出现

突嘴和暗礁,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,因而应在枯水期利用整治建筑物加大流速,以冲刷浅区,增加航深。

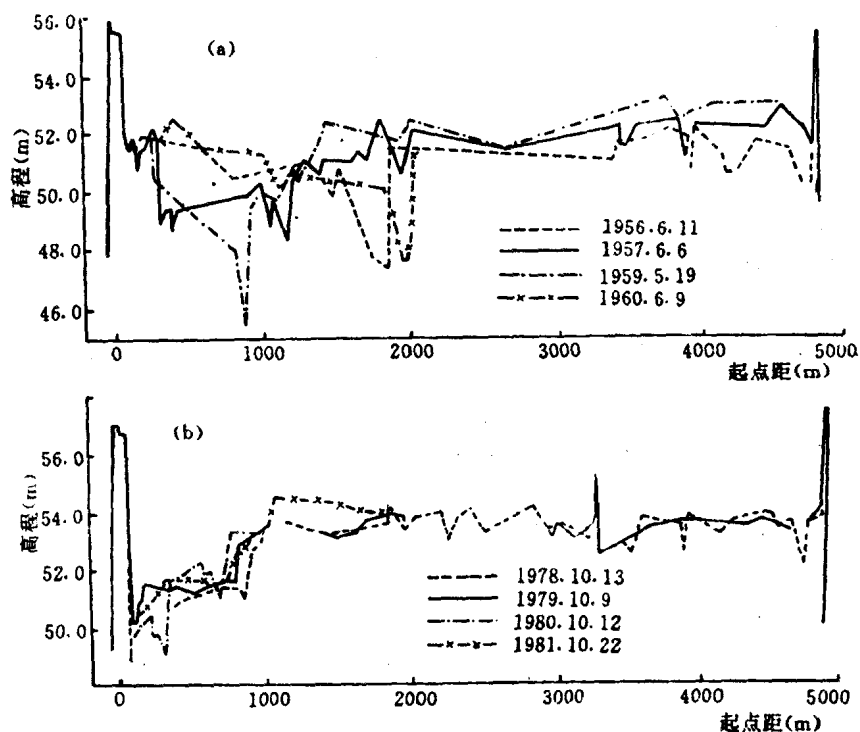


图4 史楼断面整治前后对比图

(a) 整治前断面

(b) 整治后断面

(2) 砖灶子浅滩的整治。砖灶子浅滩长1km,位于上下游两个90°的反向弯道间,河段进出口河面宽为480m及500m,而中间河宽900m,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188m及200m,右槽筑三条丁坝长80~126m,坝高2.1m,整治线宽440m,整治后改变了该滩的浅、险情况,工程约束水流形成微弯过渡段,满足了通航要求。

(3) 燕子矶滩的整治。燕子矶滩位于急弯河段下游,急弯处洪水河宽600m,至下游1km浅区处放宽到1000m,在宽段形成过渡段浅滩,枯水时水深仅2.0~2.2m,小于通航要求。整治措施系在浅滩滩脊上游右岸筑下挑丁坝,长160m,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:

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

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, $\Delta Q = 0.08Q_1$;

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

y_1, y_2 —— V/V_c 的函数, V 为断面平均流速, V_c 为推移质起动流速, 对燕子矶滩采用 $y_1 = 1.13, y_2 = 21.34$ 。

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 2.5m。设计水位根据通航要求确定。经计算, $B_2 = 457\text{m}$ 。

丁坝完工一年后冲刷区长达 400m, 5m 水深等深线上下游贯通, 3m 水深等深线最小宽度为 110m, 满足了通航要求。

2.1.2 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 10~40cm, 尾部在 10cm 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。如主槽凹岸有石嘴、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(见图 5), 长 2.0km。上游为峡谷河段, 洪水河宽

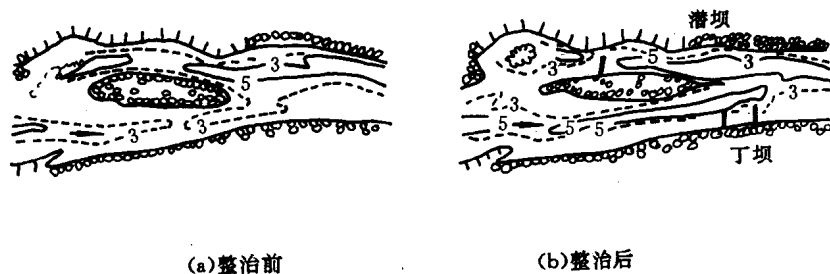


图 5 小南海滩整治前后水深比较

250m。出窄口后放宽, 至下游 2000m 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 10cm。

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两条,长 90m 及 130m,高 2m,在副槽建潜锁坝一座,在江心洲尾建顺坝一条。竣工后航槽稳定,达到通航尺度。

2.1.3 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。另一类是在分汊河段中,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嘴和岸礁,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,其轴线与下游突嘴顶点相连成直线,丁坝将顶冲水流导向突嘴以外,减弱环流。整治后达到设计通航尺寸,泡旋水也得以改善。

2.2 甬江口航道整治

2.2.1 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 5km(见图 6)。甬江口为不规则半日潮河口,平均潮差为 1.76m,潮量一般为 1883 万 m^3 。上游流量很小,多年平均约 82 m^3/s 。上游 25km 下建有姚江

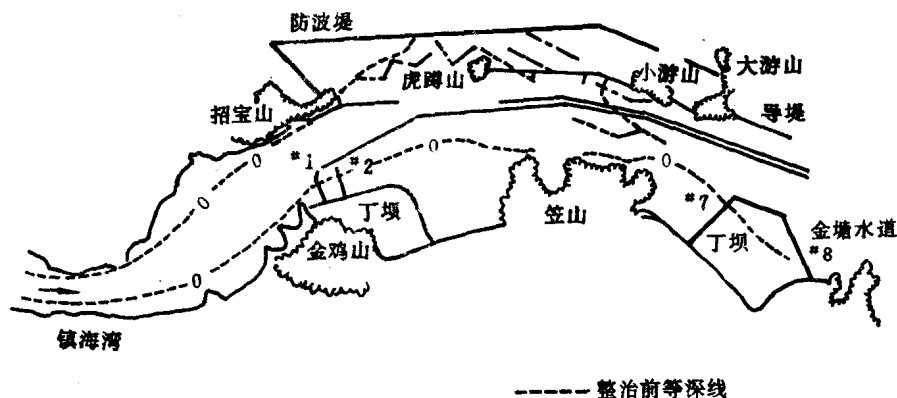


图 6 甬江口航道整治工程平面布置图

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 kg/m^3 。

为了在甬江口建港,1974 年在招宝山至大游山左侧前海塘地区建造长 3.2km 的防波堤,并在招宝山尾段建码头长 410m。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 m^3 ,经过疏浚,1976 年 2~6 月又回淤 80 万 m^3 ,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 158m)后,河道断面放宽,招宝山处为 400m,游山段达 700 多 m,潮流流向分布较均匀,流速小,泥沙淤积,致使航深不足。

2.2.2 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 280m,口门段为 320m,由上而下逐渐放宽。工程措施(参见图 6)包括:在港池对岸上首建两条丁坝长 105m 及 120m,虎蹲山和小游山间建顺坝长 480m,其间设两条短丁坝各长 30m,在游山口门段左侧建导流堤长 520m,右岸建两丁坝长 475m 及 400m,并与 350m 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 0.22m/s 增至 0.42m/s,大于泥沙起动流速(0.35m/s),游山口门段中潮位时平均落潮流速实测为 0.45m/s,最大平均流速处于潮位 2.0~2.5m 间,其值达 0.5~0.6m/s,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 7m 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。

3 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(见参考文献及潘庆桑等 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。

3.1 长江下荆江裁弯

3.1.1 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 240km,包括 16 个弯道(参见图 7),曲折系数约为 3.0,平滩河宽 1040m,相应水深 13m,多年平均流量 9600m³/s,多年平均输沙量 2.9 亿 t。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 7),共计缩短河长 78km,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 58~134m³。

3.1.2 引河法裁弯及其效果

裁弯工程采用引河法,既可减小新河开挖量,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。

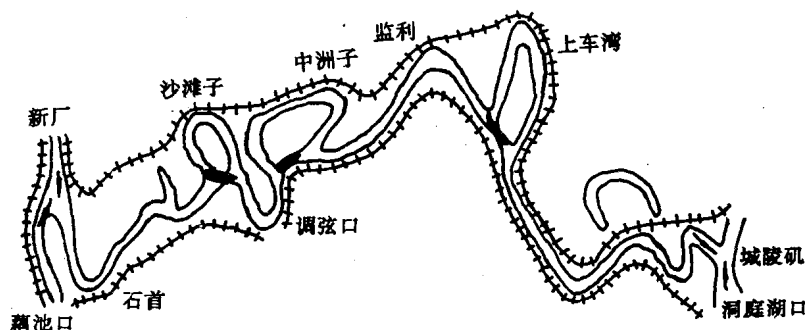


图7 下荆江裁弯工程位置图

中洲子裁弯引河长 4.3km,平均弯曲半径 2500m,原河长 36.7km,裁弯比为 8.5。引河区表层为粘土,一般厚 6m,下层为中细沙(平均粒径 d_{50} 为 0.17mm)。引河底宽 30m,开挖深度一般为 6m,局部粘土较厚处全部挖除,引河开挖面积为原河道断面面积的 1/30。上车弯裁弯引河长 3.5km,平均弯曲半径为 2000m,原河长 32.7km,裁弯比为 9.3。引河区表层为粘土,上段厚 30m、中段厚 20m、下段厚 4~6m,下层为中细沙(平均粒径 d_{50} 为 0.17mm),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冲刷量,因而新老两河下泄沙量比裁弯前减小。加之在裁弯下游城陵矶有洞庭湖出入汇,其水量接近下荆江而含沙量仅为下荆江的 15%,因而裁弯后下游河床没有淤高。

裁弯后上游 200km 河段内洪水位下降,同水位泄量增大。1981 年宜昌站出现 30 年来的最大洪峰流量,由于裁弯,沙市段洪水位降低 0.5m,避免了运用荆江分洪工程。此外裁去碍航浅滩 4 处,航程缩短 78km,有利航运,可见裁弯效益明显。

3.2 渭河仁义湾裁弯

渭河仁义湾位于三门峡水库库区 335m 高程以下,该湾形成于 1905 年以前,1974 年裁弯前总长 12km,外形呈鹅颈形,颈部最窄处长 2.5km。该湾曲折率大,泄洪不畅,影响渭河下游防洪,也由于弯道发展,塌毁农田。原设计裁弯工程主要数据是:引河曲率半径 1870m,中心角 94° ,进口分流角为 17.5° ,出口汇流角为 30° ,引河长 3.05km,裁弯比为 3.93,引河出口间比降为 1:6100,底宽 30m,边坡 1:1,平均挖深 5.5m。引河区地层,表层为粉砂土(三门峡水库库区淤积物),下部为中细砂,粘土层极少见。

1974 年先开挖引河,其底宽 15m。经汛期洪水,引河被冲宽,但在引河进口右岸形成长 300m、宽 60m 的凸嘴。1975 年又挖除凸嘴,同时为迫使引河过流,在原河道进口筑临时拦河坝。经汛期洪水引河继续展宽,平均河宽由 80m 扩宽为 210m, $\sqrt{B}/H$ 由 0.84 增至 1.67。

两年内引河共冲刷 540 万 m^3 ,水面比降由 1.16‰增大为 1.87‰,冲刷后引河口门上游 5.2km 陈村处汛后常水位(200 m^3/s 流量),1974 年比 1972 年下降 1.2m,1975 年再下降 1.7m,合计下降 2.9m,洪水位下降 0.67m(流量 4230~4320 m^3/s)。但由于进口修筑拦河坝,原河道不能淤积,因此在引河下游发生淤积。至目前为止,该引河仍正常过水。

4 顺直型河段稳定河岸的措施

长江自下三山至下关段长 23km 称长江南京段,穿越南京市,该河段为顺直型河段。因河两岸均有重要企业,岸线咫尺崩坍将造成严重损失。

建国以来,为防治南京段长江两岸崩坍,曾进行过三次大规模整治。1949 年汛后浦口港区全线崩塌,除临时抛石、沉石笼抢护外,曾根据外国专家建议,采用“疏浚心滩、导流趋中”的整治方案。在白沙洲及其附近浅滩共开挖 1132 万 m^3 ,但竣工两年半后,开挖区大量回淤,在白沙洲原址出现更大潜洲,工程失败。

1954 年汛期两岸同时崩坍,改用了重型沉排护岸方案,1957 年竣工,竣工后江岸稳定。1966~1968 年浦口沉排区的上游河岸连续崩坍,曾进行了抛石抢护。1970 后,又对七坝、大胜关、梅子洲头等主流转向部位,进行了抛石护岸工程。竣工后迄今江岸稳定,不再崩塌。

本河段虽外形变化不大,但江中水下淤积体(潜洲)运动频繁强烈,是引起主流变化及崩岸的主要原因。经对多年来河道演变特点进行分析,表明 1950 年开挖的白沙洲正位于潜洲下移的运动迹线上,这是疏浚方案失败的原因。以后改用柴排护岸并加固主流转向部位的河岸以控制主流流向的方案是成功的。

参 考 文 献

- 1 第二次河流泥沙国际学术讨论会论文集. 中心议题 D 有关文章,包括 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 等。