

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2011.03.015

长江中游航道整治线宽度确定方法

应 强^{1,2}, 臧英平³, 张幸农^{1,2}, 袁胜英^{1,2}, 仲 琳³

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029; 3. 南京市长江河道管理处, 江苏 南京 210011)

摘要 在对枢纽下游航道整治线宽度研究的基础上, 结合长江中游的水沙特点, 对影响长江中游航道整治线宽度的各因素进行分析, 认为整治线宽度与河宽的比值可表示为整治前后水深比值的指数形式, 并采用长江中游周天河段整治线宽度的试验结果来确定指数值, 从而得出整治线宽度的计算公式。该公式应用于长江中游周天河段、窑监河段、牯牛沙河段的计算结果表明, 该公式适用于三峡水库运行后长江中游浅滩航道整治线宽度的计算。

关键词 长江中游航道; 整治线宽度; 航道整治

中图分类号 :V617.6 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2011)03-0051-02

Determination of width of waterway regulation lines in middle reaches of Yangtze River//YING Qiang^{1,2}, ZANG Ying-ping³, ZHANG Xin-nong^{1,2}, YUAN Sheng-ying^{1,2}, ZHONG Lin³(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210029, China; 3. Nanjing Yangtze River Management Office, Nanjing 210011, China)

Abstract : Based on studies on the width of waterway regulation lines downstream the Three Gorges Reservoir and combined with the water and sediment characteristics in the middle reaches of Yangtze River, various factors for the width of waterway regulation lines in the middle reaches of Yangtze River were analyzed. The ratio of the width of waterway regulation line to the river width could be expressed as the exponential form of the ratio of the water depths before and after regulation. The experimental data of Zhoutian reach in the middle reaches of Yangtze River were employed to determine the exponential value. Accordingly, a formula for the width of waterway regulation lines was derived. It was applied to the calculation of the width of waterway regulation lines for Zhoutian reach, Yaojian reach and Guniusha reach. The calculated results show that the proposed formula can be used to calculate the width of waterway regulation lines in the middle reaches of Yangtze River after the operation of Three Gorges Reservoir.

Key words : middle reaches of Yangtze River; width of regulation line; waterway regulation

三峡工程的蓄水运用, 改变了长江中游的水沙条件, 进而会引起局部河段的河势调整, 影响通航条件, 故有必要开展长江中游航道整治线宽度确定方法的研究。整治线宽度的确定方法已有了较多的研究, 研究成果大多基于输沙平衡原理, 如窦国仁^[1]、刘建民^[2]等学者的研究大多是在天然水沙过程下得出, 将这些成果应用到受人为调节(如枢纽)的河段时, 由于河床的演变特性与天然河道的演变特性不同, 因此整治线参数计算中的某些参数需作出调整。许多学者^[3-6]在这方面进行了探索, 并得出了一些成果, 但这些成果因参数较多而难以在实际工程中应用。为此, 应强等^[7]在对枢纽下游航道整治线宽度确定方法研究的基础上, 结合长江中游航道的特点和试验资料, 提出了整治线宽度的计算公式。

1 长江中游航道整治线宽度公式的推导

1.1 枢纽下游航道整治线宽度的确定公式

笔者在进行枢纽下游航道整治线宽度确定方法的研究时, 根据水利枢纽下游浅滩的碍航特性以及是否受到枢纽下泄非均匀水流的影响, 将碍航浅滩分为 4 种类型, 分析了非恒定水流的输沙能力, 讨论了碍航浅滩年内输沙不平衡的处理方法, 提出了枢纽下游航道整治线宽度计算公式^[7]:

$$\frac{B_2}{B_1} = \left(\frac{1}{K}\right)^{\frac{2}{15}} \left(\frac{K'}{K'_1}\right)^{\frac{2}{15}} \left(\frac{k_{12}}{k_{11}}\right)^{\frac{2}{15}} \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{\frac{7}{30}} \eta^{\frac{47}{15}} \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{4}{3}} \tag{1}$$

其中 $\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$

作者简介: 应强(1963—), 男, 浙江永康人, 教授级高级工程师, 从事河流动力学和航道整治研究。E-mail: yqiang@nhri.cn

式中: B_1, B_2 分别为整治前、后的河道宽度; K 为考虑枢纽下游河床下切过程中浅滩段与深槽下切不同步的系数; K'_1, K'_2 分别为整治前、后非恒定流输沙影响系数; k_{11}, k_{12} 为将沙莫夫公式转化为指数形式时的分段系数; d_1, d_2 分别为整治前、后的床沙粒径; Q_1, Q_2 分别为整治前、后通过浅滩断面的流量; H_1, H_2 分别为整治前、后的平均水深。

1.2 影响因素分析

由式(1)可见, 枢纽下游航道整治线宽度的影响因素除了天然河道整治前后的流量、粒径、水深等因素外, 还有整治前后水流非恒定流特性和整治后浅滩深槽下切不同步影响这2个因素。实际应用时, 要逐项确定这些因素尚有一定的难度, 公式应用起来也不方便, 有必要对各因素进行简化分析。

借用天然河道整治线宽度研究常用的处理方法^[7], 取 $\eta = 1, k_{11} = k_{12}$ 。

K 为考虑枢纽下游河床下切过程中浅滩段与深槽下切不同步的系数, 它是浅滩泥沙淤积量与水流输沙量比值的函数, 对于具体河段, 泥沙淤积量是淤积厚度的函数, 对于具体的水沙过程, 各组次的水流输沙量可认为不变, 因此也可认为它是冲刷深度的函数, 可写为 $1/K = f_1(H_1/H_2)$, 如以指数形式表示, 即有 $1/K = (H_1/H_2)^{P_1}$ 。

K'_1, K'_2 可认为是整治前、后非恒定流输沙影响程度的反映^[7], 如果认为整治前后的流量过程相同, 那么有 $K'_1 = K'_2$ 。

d_1, d_2 分别为整治前、后的床沙粒径。长江中游河床现阶段以冲刷为主, 冲刷过程中由于水流的筛选作用, 冲刷后床沙粗化, 冲刷越深, 床沙粗化越明显。因此可以认为 d_1/d_2 也为冲刷深度的函数, 可写为 $d_1/d_2 = f_2(H_1/H_2)$, 如以指数形式表示, 即有 $d_1/d_2 = (H_1/H_2)^{P_2}$ 。

通过以上分析讨论, 取 $\eta = 1, 1/K = (H_1/H_2)^{P_1}, K'_2/K'_1 = 1, k_{12}/k_{11} = 1, d_1/d_2 = (H_1/H_2)^{P_2}$, 式(1)又可写为

$$\frac{B_2}{B_1} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{4}{3} + \frac{2}{15}P_1 + \frac{7}{30}P_2} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^P \quad (2)$$

式中: P 为综合影响指数。

式(2)的形式与乐培九等^[8]提出的公式形式一致, 但乐培九等提出的指数 P 只是泥沙平均粒径的函数, 且其变化范围在1~1.5之间。

1.3 指数 P 的确定

选用肖立敏^[9]硕士论文中周公堤—天星洲河段试验资料, 试验采用了3种整治线宽度和3种整治水位共9组4个断面的资料。整治前的河道宽度

$B_1 = 1\,412\text{ m}$, 平均水深 $H_1 = 5.17\text{ m}$ 。整治后的平均河宽 $B_2 = 1\,182\text{ m}$ 时, 平均水深 $H_2 = 5.69\text{ m}$; $B_2 = 1\,082\text{ m}$ 时, $H_2 = 5.92\text{ m}$; $B_2 = 982\text{ m}$ 时, $H_2 = 6.10\text{ m}$ 。笔者还采用了张幸农等^[10]的水槽试验资料, $H_1/H_2 = 0.472 \sim 0.909, B_2/B_1 = 0.25 \sim 0.75$ 。

根据肖立敏^[9]及张幸农等^[10]的试验资料, 变化 P 值, 计算 $(H_1/H_2)^P$, 并与实测的 B_2/B_1 比较, 求出 $R = \sqrt{\sum [B_2/B_1 - (H_1/H_2)^P]^2}$, 以最小均方差作为控制条件, 得出 $P = 1.875$ 。 B_2/B_1 水槽试验值与式(2)计算值的比较见图1。由图1可知, $P = 1.875$ 时试验值与计算值拟合较好。

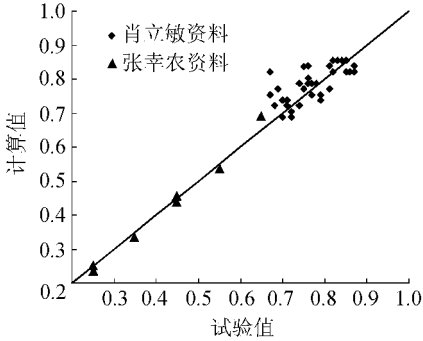


图1 B_2/B_1 计算值与试验值的比较

为进一步说明, 点绘了实验室中实测 B_2/B_1 与 H_1/H_2 (图2中散点), 采用公式 $B_2/B_1 = (H_1/H_2)^{1.875}$ 计算的 B_2/B_1 与 H_1/H_2 的关系曲线为图中实线, 上包络线 $B_2/B_1 = 1.1(H_1/H_2)^{1.875}$ 和下包络线 $B_2/B_1 = 0.88(H_1/H_2)^{1.875}$ 分别为上、下2条虚线。由此可见采用式(2)计算 B_2/B_1 可能产生10%左右的误差。

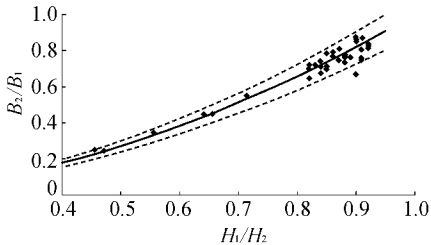


图2 B_2/B_1 计算值及其外包络线

2 整治线宽度的计算

a. 周天河段的整治线宽度。周天河段^[11]整治前的河道宽度 $B_1 = 1\,410\text{ m}$, 平均水深 $H_1 = 4.85\text{ m}$, 要求整治后的平均水深 $H_2 = 6.0\text{ m}$ 时, 采用式(2)进行计算, 可以得出 $B_2 = 936\text{ m}$ 。

b. 窑监河段的整治线宽度。窑监河段^[12]整治前的河道宽度 $B_1 = 1\,350\text{ m}$, 平均水深 $H_1 = 5.20\text{ m}$, 要求整治后的平均水深 $H_2 = 6.0\text{ m}$ 时, 采用式(2)进行计算, 可以得出 $B_2 = 1\,032\text{ m}$ 。(下转第60页)

结果更为合理。本文仅考虑渠道的单一断面优化,实际上,影响渠道工程量的因素还有断面形式、渠道比降、糙率系数、边坡系数等,关于复杂因素下渠道的优化设计将另文阐述。

参考文献：

[1] FLYNN E L. 渠道断面优化设计[J]. 江西水利科技, 1991, 17(2):167-174.

[2] 门宝辉,黄金柏,李树桥.黄金分割法在渠道断面设计中的应用[J].东北农业大学学报, 2000, 31(3):283-287.

[3] 鲍卫锋,黄介生,孔祥元,等.基于遗传算法的渠道断面最优设计[J].中国农村水利水电, 2005(5):75-78.

[4] 倪士超,迟道才.基于扩展微分进化算法的渠道断面优化设计[J].人民长江, 2009, 40(13):81-82.

[5] BASTURK B, KARABOGA D. An artificial bee colony (ABC) algorithm for numeric function optimization[C]//IEEE Swarm Intelligence Symposium 2006. Indianapolis :IEEE, 2006.

[6] BASTURK B, KARABOGA D. A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization :artificial bee

colony (ABC) algorithm[J]. Global Optim, 2007, 39(3):459-471.

[7] CHANG H S. Converging marriage in honey-bees optimization and application to stochastic dynamic programming[J]. Journal of Global Optimization, 2006, 35 :423-441.

[8] KOUDIL M, BENATCHBA K, TARABET A, et al. Using artificial bees to solve partitioning and scheduling problems in codesign[J]. Applied Mathematics and Computation, 2007, 186(2):1710-1722.

[9] 吴晶晶.基于人工蜂群算法的作业车间调度优化[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版, 2007, 22(6):51-53.

[10] 丁海军,李峰磊.人工蜂群算法在 TSP 问题上的应用及参数改进[J].中国科技信息, 2008(3):159-161.

[11] KARABOGA D. An idea based on honey bee swarm for optimization ,technical report[R]. Turkey :Erciyes University , 2005.

[12] BASTURK B, KARABOGA D. On the performance of artificial bee colony (ABC) algorithm[J]. Appl Soft Comput, 2008, 8(1):687-697.

(收稿日期 2010-10-19 编辑 骆超)

(上接第 52 页)

c. 牯牛沙河段整治线宽度。在确定牯牛沙河段整治线宽度时,采用式(2)进行计算,取 $B_1 = 1\,600\text{ m}$, $H_1 = 5.6\text{ m}$, $H_2 = 6.5\text{ m}$ 时,代入式(2)可以得出 $B_2 = 1\,210\text{ m}$ 。

文献[13]选择的整治水位与本文相同,整治线宽度为 $1\,200\text{ m}$,较本文的 $1\,210\text{ m}$ 略小。采用数学模型对牯牛沙整治工程设置后的浅滩演变进行计算。计算结果表明,在此种整治参数下,经过典型水文过程作用后可达到规划的航道尺度,整治工程达到了预期的整治效果。

3 结 语

枢纽下游整治线宽度的计算公式在长江中游(枝江以下)河段应用时,可进一步简化,分析得出整治前后的宽度为水深的指数形式,并用试验资料确定了指数值。应用此公式计算了周天河段、窑监河段、牯牛沙河段的航道整治线宽度,表明此公式适用于三峡水库运行后长江中游浅滩航道整治线宽度的计算。

参考文献：

[1] 窦国仁.河道导治线宽度的确定[J].土木工程, 1957, 2(2):60-62.

[2] 刘建民.冲积性河流浅滩整治水位与整治线宽度确定[J].水道港口, 2005, 26(2):83-86.

[3] 唐存本,李安中,张贤明.内河航道通航条件关键技术研究专题之三:内河航道设计通航水位计算方法研究[R].南京:南京水利科学研究院, 2006.

[4] 李义天.长江中下游设计水位及航道整治参数研究[R].武汉:武汉大学, 2005.

[5] 贡炳生,蔡国正,张贤明.论天然河流设计最低通航水位两种确定方法的矛盾与统一[J].水运工程, 2005(2):47-51.

[6] 王秀英,李义天,孙昭华.长江中下游整治线宽度确定方法研究[J].泥沙研究, 2005(6):13-20.

[7] 应强,张幸农.枢纽下游航道整治线宽度的确定方法[J].水利水电科技进展, 2009, 29(2):44-47.

[8] 乐培九,李旺生.冲积河流航道整治线宽度问题的研究[J].泥沙研究, 1991(2):46-51, 57.

[9] 肖立敏.顺直微弯河段整治水位与整治线宽度对航道整治效果影响研究[D].南京:南京水利科学研究院, 2007.

[10] 张幸农,孙波.冲积河流航道整治线宽度的研究[J].泥沙研究, 2005(5):48-53.

[11] 朱立俊,王建中.长江中游典型长直过渡段浅滩演变与治理措施研究[R].南京:南京水利科学研究院,武汉:长江航道规划设计研究院, 2004.

[12] 曹民雄,蔡国正,王秀红,等.长江中游弯道段浅滩整治参数及方法研究[R].南京:南京水利科学研究院, 2008.

[13] 张明进,王建军.典型河段整治关键参数的应用研究[R].天津:交通部天津水运工程科学研究所, 2009.

(收稿日期 2010-09-30 编辑 骆超)