



贺江航道通航水深问题研究

吴志龙, 陶桂兰, 吴 腾

(河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏南京 210098)

摘要: 建立了贺江白沙至江口区段航道一维河网数学模型, 采用该模型对贺江航道进行模拟分析, 深入研究了水库不同调度条件下贺江航道断面水深问题。计算结果表明, 贺江航道自白沙至江口区段的整体状况良好, 只有在枯水期和中水期工况下在都平闸下存在不满足通航要求的区段, 并且距离短、易整治。最后给出了不符合航道设计尺度要求的断面区间及其断面类型, 对整体的贺江模型模拟计算结果进行了分析, 提出了整治意见。

关键词: 航道; 一维数学模型; 通航水深; 航道整治

中图分类号: U 617.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)02-0095-04

On navigable water depth of Hejiang channel

WU Zhi-long, TAO Gui-lan, WU Teng

(College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: One dimensional numerical model from Hejiang Baisha to Jiangkou is built and used to simulate the Hejiang channel and analyze the sectional water depth under different schedulings. The calculation results show that the whole situation of Hejiang channel from Baisha to Jiangkou is favorable. The channel behind Duping ship lock has the region which does not meet the navigation requirements only in the condition of low water and middle water period, the distance is short and it's easy to control. The channel section intervals and section types which don't satisfy the demand of channel's design dimensions are given and the simulation result for whole Hejiang channel is analyzed and opinions on channel's regulation are put forward.

Key words: channel; one-dimensional mathematical model; navigable water depth; channel regulation

贺江发源于湘桂交界处五岭山脉的黄沙岭, 至江口镇注入西江, 全长351 km (其中广西境内长236 km, 广东境内“白沙—江口”段115 km), 是珠江水系西江干流的一条主要支流。贺江经济腹地涉及到经济互补性较强的湘、粤、桂三省区的15个市县, 是它们通往珠江三角洲的水上便捷通道。随着西江国家水运主通道的全面建设, 对提高贺江航道等级、加快贺江航道的建设速度提出更高要求。解决贺江航道整治建设中的关键技术问题, 对于促进两广经济发展, 加快西部大开发的步伐, 开发贺江沿江经济建设具有十分重要的意义。

贺江广东段自上游至下游共有4个水利枢纽, 分别是文华水利枢纽、都平水利枢纽、白坵水利枢纽和江口水利枢纽, 航道兼有山区河流和渠化河流特点。枯水季节局部航道水深出浅, 电站发电与航道用水矛盾; 洪水时水位、流量暴涨暴落, 流速大、比降陡, 水流流态复杂, 对发展航运极为不利; 同时, 受电站枢纽调度影响, 上下游水位变动大。目前航道等级低, 碍航问题严重。根据《贺江航运建设工程预可行性研究报告》, 贺江按内河V级航道标准建设, 通航航道300吨级船舶, 航道设计尺度为1.6 m × 40 m × 270 m (水深 × 航道底宽 × 最小弯曲半径)。本文采用

收稿日期: 2012-06-05

作者简介: 吴志龙 (1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为航道整治工程。

一维河网数学模型，对贺江白沙—都平、都平—白坵和白坵—江口电站3个区段分别进行水流模拟，分析航道通航尺度，为贺江航道整治及等级提升提供科学依据。

1 一维河网模型

1.1 基本方程式

基本方程式为一维水动力模型的控制方程组 (Saint - Venant 方程组^[1])。

水流连续方程：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1)$$

水流运动方程：

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\alpha_1 \frac{Q^2}{A}) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

式中： x 为距离坐标； t 为时间坐标； A 为过水断面面积； Q 为流量； h 为水位； q 为旁侧入流量； C 为谢才系数； R 为水力半径； g 为重力加速度。

1.2 定解条件

1) 初始条件。

在计算开始时刻 t_0 给定入流汉点的水位 Z 或流量 Q ：

$$Z(x, t)|_{t=0} = Z(x, 0) \quad (3)$$

$$Q(x, t)|_{t=0} = Q(x, 0) \quad (4)$$

2) 边界条件。

可以采用下边界水位过程与上边界的流量过程，或给出上下边界断面的水位流量关系曲线。

当主河道有支流入汇或主河道汉点上也有支流入汇的可能，支流的边界条件也要给出：

$$Z(x, t)|_{x=0} = Z(0, t) \quad (5)$$

$$Q(x, t)|_{x=K} = Q(K, 0) \quad (6)$$

$$Q(x, t)|_{x=K,0} = f[Z(x, t)] \quad (7)$$

2 模型的验证

2.1 贺江河道河网概况

河网概化的原则为概化后的河网与实际河网的水利特性等效^[1]。本次研究建立的一维河网模型的长度从白沙—江口共计115 km，根据地形资料，将整个河网模型分成3段进行模拟计算，分别是白沙—都平，都平—白坵，白坵—江口。整

个主河道模型共划分228个断面，见图1。加上分支河道共计266个断面，断面间距约500 m，计算时间步长取为3 min。计算边界条件为上游给定流量，下游给定水位。边界糙率结合水面线验证确定，初拟给定0.025。

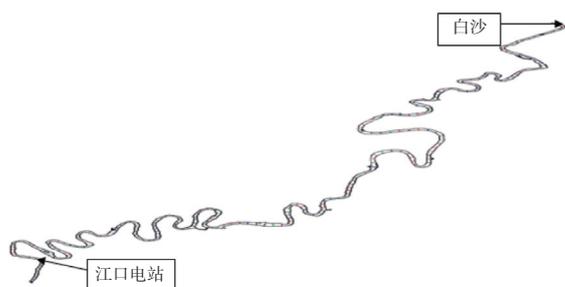


图1 整体河网模型

2.2 验证结果

在白沙—江口电站之间布设20个水位测站，在同一天内9:00—17:00每30 min测量1组沿程水位高程数据，从同一天测量数据中取出9:30时刻的实测数据，将水利枢纽位置的水位数据作为数学模型的边界条件进行模拟计算，并与实测数据进行对比分析。图2为沿程水位验证，表1为模型模拟计算水位与天然实测水位的对比情况。

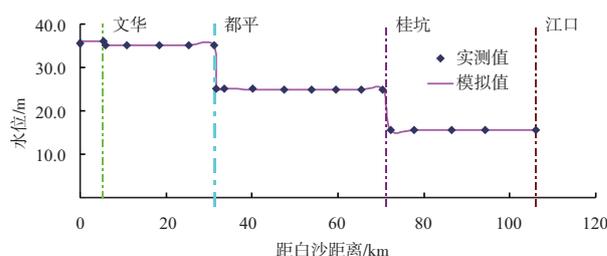


图2 沿程水位验证

表1 水位验证结果

测点号	实测值/m	模拟值/m	差值/m
4	35.175	35.112	0.063
5	35.188	35.148	0.040
6	35.195	35.163	0.032
9	25.018	25.068	-0.050
10	25.048	24.992	0.056
11	24.829	24.810	0.019
12	24.870	24.890	-0.020
13	24.794	24.779	0.015
14	24.845	24.872	-0.027
17	15.540	15.543	-0.003
18	15.600	15.544	0.056
19	15.640	15.595	0.045

由表1可知, 沿程水位计算值与实测值的差值均在-0.1~0.1m, 由此可见, 水位计算值与实测值符合较好。从而证明了本数学模型是符合实际情况的, 经过本数学模型计算出来的数据能够反映河道实际水位变化情况。

3 贺江航道通航水深分析

3.1 边界控制条件

数学模型的模拟计算边界控制条件是由沿途

各水电站的洪水调节及运行方式决定的。根据来水流量的洪中枯情况, 沿途各水电站的运行工况如表2所示。

3.2 计算结果

将3个区段的数学模型计算结果分别进行整理, 水位沿程变化结果见图3。

3.3 计算结果分析

1) 不满足航道断面尺寸要求的河道横断面类型。

表2 各区段不同运行工况的流量和水位

工况	白沙—都平		都平—白坵		白坵—江口	
	上游流量/(m ³ ·s ⁻¹)	下游水位/m	上游流量/(m ³ ·s ⁻¹)	下游水位/m	上游流量/(m ³ ·s ⁻¹)	下游水位/m
枯水期	100	34.1	150	23.95	600	14.5
中水期	600	34.1	500	23.4	1 500	14.5
洪水期	1 300	32.5	1 500	23.4	1 800	11.8

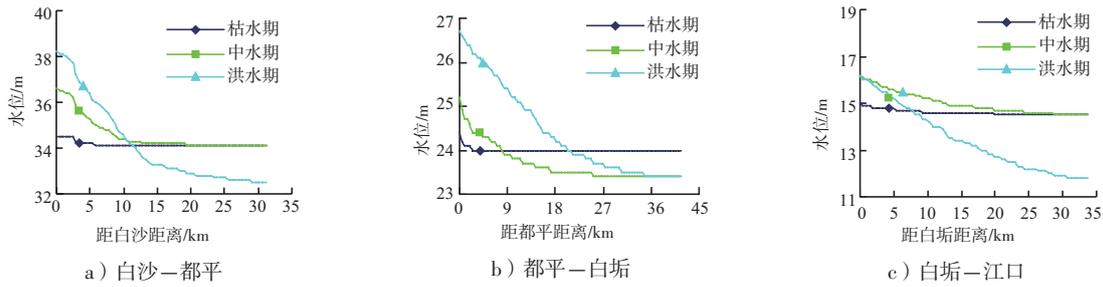
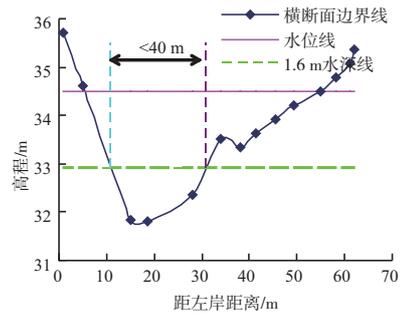


图3 水位沿程变化

在不满足通航要求的航道尺度中, 大致有两种类型 (图4), 一种是水深不满足航道水深的要求; 另一种是水深满足航道水深要求, 但是航道底宽不满足要求。

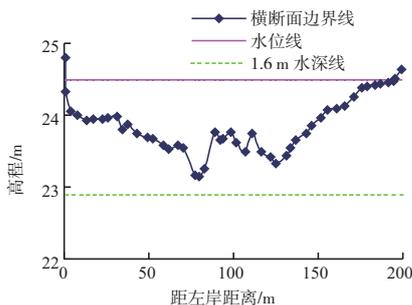
2) 枯水期沿程航道断面通航条件分析。

经计算, 在枯水期时, 白沙—都平区间和白坵—江口电站区间所有航道断面均满足通航设计尺寸要求。都平—白坵区间航道断面在枯水期存在不满足航道尺寸要求的断面, 在距都平0 m处、



b) 航道底宽不满足要求

图4 不满足通航要求的航道尺度



a) 水深不满足要求

996.77 m处和1 971.62 m处航道断面的水深不满足通航设计水深尺寸的要求, 在距都平498.69 m处和8 421.42 m处航道断面的航道底宽不满足通航设计宽度尺寸的要求。不满足航道断面尺寸要求航道里程情况见表3, 不满足航道断面尺寸要求的航道位置见图5a)。

3) 中水期沿程航道断面通航条件分析。

在中水期时, 白沙—都平区间和白坵—江口

电站区间经计算所有航道断面均满足通航设计尺寸要求。都平—白坵区间航道断面在中水期存在不满足航道尺寸要求的断面，在距都平996.77 m处断面的水深不满足通航设计水深尺寸的要求，在

距都平0 m处和1 971.62 m处断面的航道底宽不满足通航设计宽度尺寸的要求。不满足航道断面尺寸要求航道里程情况见表3，不满足航道断面尺寸要求的航道位置见图5b)。

表3 不满足航道断面尺寸要求的航道里程

计算方案	白沙—都平		都平—白坵		白坵—江口	
	通航水深	航道底宽	通航水深	航道底宽	通航水深	航道底宽
枯水期	无	无	1 500	1 000	无	无
中水期	无	无	500	1 000	无	无

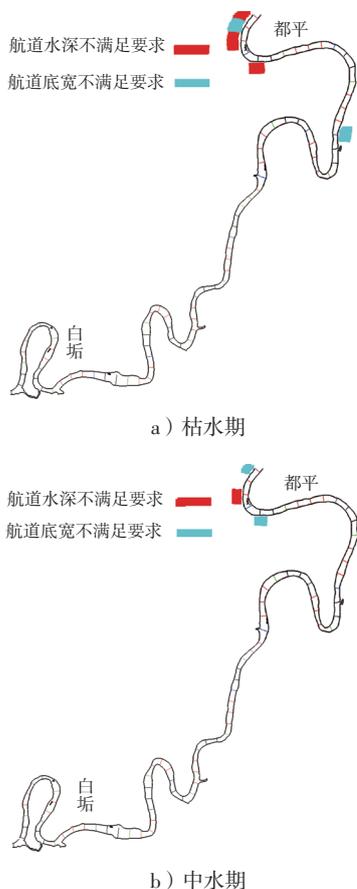


图5 不满足航道断面尺寸要求的航道位置

4) 洪水期沿程航道断面通航条件分析。

经计算，在洪水期时，白沙—都平、都平—白坵和白坵—江口电站之间所有航道断面均满足通航设计尺寸要求。

5) 综合分析。

在洪中枯3种工况下，白沙—都平和白坵—江口电站的区间全都符合设计通航水深尺寸的要求。在枯水期时，都平—白坵有1 500 m范围不符合航道水深的要求，有1 000 m范围不满足航道底宽的要求。在中水期时，都平—白坵有500 m范围

不符合航道水深的要求，有1 000 m范围不满足航道底宽的要求。

经过分析不满足航道尺寸要求的航道区间，可以看出都平—白坵需要整治的区段是在都平电站闸下部分。可以推断，在下游坝上回水区域内的航道尺度是不需要整治就能满足船舶通航的要求，但是回水区的上游因为没有坝上回水的作用，加上上游来沙作用，导致通航尺度不能满足设计通航尺度的要求，需要采取措施进行航道整治。

4 结论

经过水流数学模型的计算分析，都平—白坵在枯水期和中水期工况下航道有不满足航道设计尺度要求的区间；白沙—都平和都平—江口电站河道在各个枢纽的调控作用下，在枯水期、中水期和洪水期都能够满足设计航道尺度的要求的，整体航道状况良好。枯水期工况下都平电站闸下部分河段需要整治，该区间是贺江航道白沙—江口的重点整治河段。

参考文献：

[1] 孙映宏, 姬战生, 周蔚. 基于MIKE11 HD和NAM耦合模型在河流施工围堰对防洪安全影响分析中的应用与研究[J]. 浙江水利科技, 2009(2): 30-34.
 [2] 温进化, 杨铁锋. Mike系列软件在平原河网区合理水面率研究中的应用[J]. 浙江水利科技, 2007(6): 49-51.
 [3] 王领元. 丹麦MIKE11水动力模块在河网模拟计算中的应用研究[J]. 中国水运, 2007(2): 106-107.
 [4] 柴晓玲, 余启辉, 要威, 等. 复杂河网地区航道整治工程对防洪的影响分析[J]. 人民长江, 2011, 42(10): 1-6.