



老堡口—新圩河段IV级航道建设条件分析

曾亚东

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

摘要: 选取优良河段, 采用等级流量比较法、稳定航深估算法研究该河段在其流量、比降、河床糙率等因素影响下可能达到的航道水深; 再根据西江流域的规划船型和船型现状, 提出建设IV级航道的尺度标准, 综合分析该研究河段建设IV级航道的可行性。

关键词: 优良河段; 航道尺度; 潜能; 可行性

中图分类号: U 612.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)08-0135-04

The condition of constructing a level-4 navigation channel at the reach from Laobaokou to Xinxu

ZENG Ya-dong

(Changjiang Chongqing Harbor Waterway Engineering Investigation and Design Institute, Chongqing 401147, China)

Abstract: The flow level comparing method and the stable waterway depth estimating method were adopted in the fine reach to research the water depth that can be reached when this river is under the influence of factors such as flow, slope, and bed roughness. Furthermore, according to the planned ship type and the current situation of the ship type at the watershed of Xijiang river, the dimension standards for constructing a level-4 navigation channel was put forward, and the feasibility of constructing a level-4 channel at this reach was comprehensively analyzed.

Keywords: fine reach; channel scale; potential; feasibility

西南水运出海北线通道由都柳江、融江、柳江共3个河段组成。支流古宜河(又称寻江)于老堡口汇入后称融江, 流经融安、融水、柳城县城, 至柳城凤山与支流龙江汇合, 全长183.3 km。与龙江汇合后称柳江, 流经柳州市区、柳江县, 至象州县石龙三江口与红水河汇合后进入西江干流黔江, 柳江全长202.8 km。融、柳江流域面积58 397.5 km²。都柳江黔桂省界石碑至柳州新圩河段共295.9 km。其中都柳江(石碑—老堡口)约为83.4 km, 目前航道维护等级为Ⅶ级; 融江(老堡口—凤山三江口)现为Ⅵ级航道; 柳江(凤山三江口—新圩)为29.2 km, 也为Ⅵ级航道。2007年9月26日广西壮族自治区人民政府颁布的《广西壮

自治区内河水运发展规划》, 规划都柳江、融江为广西地区性重要航道, 规划等级为Ⅴ级。为满足地方经济建设和提高航运效益的需要, 要求将老堡口之下的融江、柳江建设为Ⅳ级航道, 论证该河段建设成为500吨级航道的可行性、为工程建设项目立项提供科学决策依据。

1 航道现状

西南出海北线通道(省界—柳州)共包括3个航段: 都柳江、融江、柳江凤山三江口—柳州段, 见图1。本文研究范围为老堡口—新圩河段, 全长212.5 km。其中老堡口至凤山河段为融江, 全长183.3 km, 目前为Ⅵ级航道, 航道维护尺度为

收稿日期: 2016-03-16

作者简介: 曾亚东(1981—), 男, 工程师, 研究方向为港口、航道及近岸工程。

(1.0~1.2 m)×15 m×200 m; 凤山—新圩段,属于柳江河段,全长 29.2 km,目前为 V 级航道,航道维护尺度为(1.3~1.6 m)×40 m×270 m。本文研究河段内目前有已建的麻石、浮石、古顶及大埔水

电枢纽 4 个梯级电站,均在融江上。此外,本研究河段还受上游都柳江上的规划洋溪枢纽及下游柳江上的已建红花枢纽的影响^[1]。

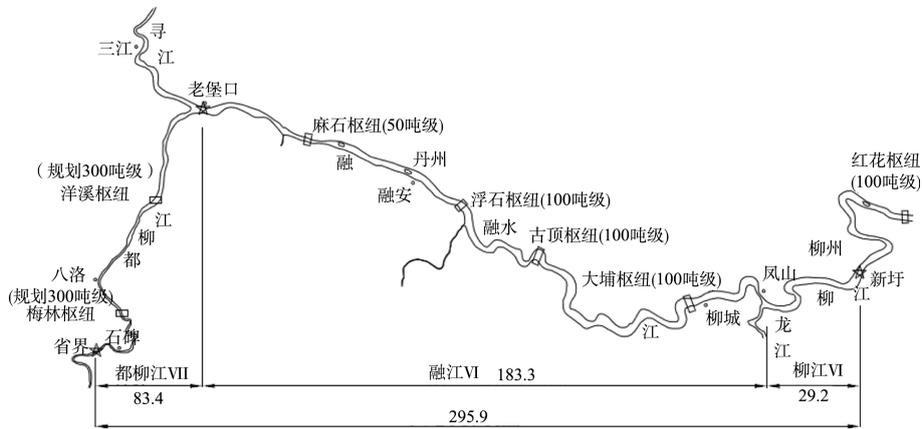


图 1 西南出海北线通道(省界—柳州)河段枢纽布置(单位:km)

2 航道开发潜能研究

根据前面航道概况,其中浮石—古顶已经衔接,水深较大,河宽较宽,航道条件较好,均已满足 IV 级航道条件要求。古顶—大埔间枯水期有 6 km 不衔接,洪水期是完全衔接的。只有麻石—浮石、大浦—新圩两段存在脱水段,因此,现主要研究航道条件较差的麻石—浮石段及大浦—新圩段的航道开发潜能。

2.1 优良河段及河相关系分析

天然冲积河流的河床在水流长期作用下,会形成来水来沙条件与河床边界条件相适应的均衡形态,与这种形态相关的因素(河宽、水深、比降、流量、流速、含沙量、泥沙粒径及级配等)之间常存在某种函数关系,这种函数关系称为河相关系。优良河段即是相当长时间内近似达到上述均衡形态且满足一定航行条件的河段,一般应具有好的河相关系。河相关系可分为纵剖面河相关系和横断面河相关系。横断面河相关系又分为 2 种,一种是相应于某一特征流量或水位(如造床流量、平滩水位)的河相关系,这样的河相关系适用于一个河段的不同断面、同一河流的不同河段、甚至不同的河流,它只决定断面的宏观

形态,而不涉及其细节,有文献称之为沿程河相关系;另一种是同一横断面相应于不同流量的河相关系,它能确定断面形态随流量变化的细节,有文献称之为断面河相关系。显然,沿程河相关系要比断面河相关系稳定得多。对于航道整治工程来说,研究和运用最为广泛的是横断面沿程河相关系。

本节针对该河段的特性,分析和探讨麻石—浮石、大浦—新圩的脱水段(脱水段是指大坝回水不能到达的区域,若下游大坝的回水能达到上游大坝的坝脚,就不存在脱水段)的优良河段建立河相关系式,研究该河段航道开发潜能。

2.2 航道建设潜能估算方法^[2]

2.2.1 等级流量比较法

等级流量比较法是一种用于天然河流航道整治定级的理论计算方法,此法能够反映天然河流经航道整治后可能建成的航道标准。依据国家内河通航标准,采用水力学和河流动力学理论,可以推导出航道开发成各标准航道等级理论上所需的最小通航流量 $Q_{理论i}$,然后与天然情况下各等级的设计最小通航流量 $Q_{天然i}$ 进行比较,若 $Q_{天然i} >$

$Q_{理论i}$ ，则航道可规划开发为 i 级 ($i=1\sim 7$ ，为标准航道等级)，最高规划等级 $I=\max\{i\}$ 。此法称为等级流量比较法，公式如下：

$$Q_{理论i} = \zeta_i \frac{1}{n} b_i h_i^{\frac{5}{3}} J^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中： Q 为断面理论所需流量 (m^3/s)； i 为国家标准航道等级， i 为 VII； b_i 为标准等级航道宽度 (m)； h_i 为标准等级航道深度 (m)； n 为枯水河床糙率； ζ 为断面修正系数； J 为枯水平均水面比降。

2.2.2 稳定航深估算法

稳定航深估算法首先假定采取一定的工程措施，险滩整治后的枯水断面形态与优良河段的断面形态相近，根据河流动力学原理，建立与整治河段类似、满足整治要求宽度的优良河段在某一特征流量下的河相关系。然后据此河相关系，采用水力学理论，推导出航道整治后可能达到最大稳定航道水深的计算公式：

$$h = \frac{H}{\eta} = \frac{1}{\eta} \left(\frac{nQ}{\alpha^2 J^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{1}{2\beta - \frac{11}{3}}} \quad (2)$$

式中： Q 为流量 (m^3/s)； h 为航道标准水深 (m)； B 为水面河宽 (m)； H 为断面平均水深 (m)； J 为枯水平均水面比降； n 为枯水河床糙率； α 、 β 、 η 为河相关系数。

2.3 航道开发潜能估算

2.3.1 麻石—丹洲

1) 已知条件。

融江麻石—丹洲长 1.04 km 河段属浮石变动回水区河段，枯水最小水深 0.6 m，航槽最小宽度为 170 m，实测最大表面流速 3.5 m/s，最大流量 1 370 m^3/s ，多年平均流量 127 m^3/s ，设计流量为 100 m^3/s (通航保证率 95%)。在设计流量下平均水面比降 0.02‰，糙率 n 经过数模验证取值在 0.032~0.047。IV 级航道标准尺度为 2.3 m×40 m×330 $m^{[3]}$ 。

2) 等级流量比较法。

按照等级流量比较法，结合麻石—丹洲优良河段河相关系，对麻石—丹洲段航道整治开发潜能进行试算，结果见表 1。从表 1 可以看出，当糙

率取 0.03 时，计算所需理论流量为 $Q_{理论} = 90 m^3/s$ ，小于最小下泄流量 100 m^3/s 。因此，麻石—丹洲的整治开发潜能为 IV 级，即经过整治后理论上能达到 IV 级航道水深。

表 1 麻石至丹洲段 IV 双线航道的理论流量计算 ($P=95\%$)

航道等级	h/m	H/m	b/m	B/m	ζ	n	$Q_{理论}/(m^3/s)$
						0.03	90.0
IV	2.3	1.89	40	105.88	1.9	0.04	68.0
						0.05	54.5

3) 稳定航深估算法。

麻石—丹洲河段的沿程优良河段河宽大都在 200 m 以上，而且河道弯曲度适中，对航行不造成束缚。如果通过模拟优良河段来进行整治工程设计，影响航道通航标准的关键就在于整治后可以达到的稳定航道水深。按照稳定航深估算法，结合麻石—丹洲段沿程优良河段河相关系，计算航道整治后在枯水期一定通航流量下，开发成各航道等级可能达到的最大稳定航深，见表 2。结果表明，糙率取最小值 0.03 时，计算所得稳定航深 h 能满足 IV 级双线航道水深 2.3 m 的要求，该段航道在水深 2.3 m 情况下，最小宽度为 60 m，最小弯曲半径达到 400 m。因此，麻石—丹洲河段经过整治后理论上能达到 IV 级航道要求。

表 2 麻石—丹洲段航道整治后对应稳定航深 ($P=95\%$)

航道等级	$Q/(m^3/s)$	n	α	β	H/m	η	h/m
IV 级		0.03			1.90		2.32
双线	100	0.04	17.598	-1.084 3	2.03	0.820 7	2.47
		0.05			2.36		2.87

2.3.2 大埔—新圩

1) 已知条件。

大埔—新圩全长 47.6 km，为红花电站库区，其常年库区长约 36.6 km，变动回水区长约 4 km，天然河段长约 7 km，有蚂拐滩、司马滩等存在碍航情况。大埔电站设计最小下泄流量为 146 m^3/s 。在设计流量下平均水面比降为 0.06‰，糙率 n 经过数模验证取值在 0.032~0.05。IV 级双线航道标准尺度为 2.3 m×40 m×330 m。

2) 等级流量比较法。

按照等级流量比较法, 结合大埔—新圩优良河段河相关系, 对大埔—新圩段航道整治开发潜能进行试算, 结果见表3。从表3可以看出, 当糙率取0.03时, 计算所需理论流量为 $Q_{理论} = 144 \text{ m}^3/\text{s}$, 小于最小下泄流量 $146 \text{ m}^3/\text{s}$ 。因此, 大埔—新圩的整治开发潜能即经过整治后理论上能达到IV级航道水深。

表3 大埔—新圩段IV双线航道的理论流量计算 ($P=95\%$)

航道等级	h/m	H/m	b/m	B/m	ζ	n	$Q_{理论}/(\text{m}^3/\text{s})$
IV	2.3	1.75	40	218.88	3.48	0.03	144
						0.04	108
						0.05	86

3) 稳定航深估算法。

大埔—柳州沿程优良河段河宽大都在140 m以上, 如果通过模拟优良河段来进行整治工程设计, 影响航道通航标准的关键就在于整治后可以达到的稳定航道水深。按照稳定航深估算法, 结合大埔—新圩段沿程优良河段河相关系, 计算航道整治后在枯水期一定通航流量下, 开发成各航道等级可能达到的最大稳定航深, 见表4。结果表明, 糙率取最小值0.03时, 计算所得稳定航深 h 为2.32 m, 能满足IV级双线航道水深2.3 m的要求。该段航道在水深2.3 m情况下, 最小宽度为70 m, 最小弯曲半径达到400 m以上。因此, 大

埔—新圩河段经过整治后理论上能达到IV级航道水深。

表4 麻石—丹洲段航道整治后对应稳定航深 ($P=95\%$)

航道等级	$Q/(\text{m}^3/\text{s})$	n	α	β	H/m	η	h/m
IV级 双线	146	0.03	14.58	-0.973 9	2.09	0.761 7	1.77
		0.04					2.74
		0.05					3.12

3 结语

1) 在麻石—丹洲、大埔—新圩两段选取优良河段, 利用等级流量比较法和稳定航深估算法分析得出, 糙率取最小值0.03时, 计算所得稳定航深 h 能满足IV级双线航道水深2.3 m的要求。

2) 两段航道在水深2.3 m情况下, 最小宽度均到达70 m以上, 最小弯曲半径达到400 m以上。因此, 麻石—丹洲、大埔—新圩河段经过整治后理论上能达到IV级2.3 m×40 m×330 m航道尺度要求。

参考文献:

[1] 长江重庆航运工程勘察设计院. 西南出海北线通道老堡口至新圩河段500吨级航道建设条件研究[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2012.

[2] 长江航道局. 航道工程手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

[3] 长江航道局. JTJ 312—2003 航道整治工程技术规范[S]. 中华人民共和国交通部. 北京: 人民交通出版社, 2003.

(本文编辑 武亚庆)

· 消 息 ·

中咨集团代建的定海大桥工程主线桥梁贯通

7月10日, 中咨集团代建的海南定海大桥工程最后一块预制梁架设完成, 标志着大桥主线桥梁顺利贯通。

定海大桥连接定安和海口, 总投资4.6亿元, 设计为4车道二级公路, 设计时速为60 km, 总长1 891.7 m, 其中主桥全长1 021.1 m。

定海大桥是海口、定安、澄迈三市县的重要交通枢纽, 建成后, 贯通东线高速公路, 与海榆中线相衔接。