



规划枢纽库区设计最低通航水位计算分析*

刘勇

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 400074)

摘要: 以西南水运出海北线通道航道建设工程为依托, 综合分析多个已建库区多年实测水位资料, 得知枢纽成库后综合糙率将有所减小, 在接近设计流量时成库后综合糙率与成库前糙率比值为 0.862。将上述成果运用于洋溪、梅林等规划枢纽库区沿程设计最低通航水位计算中, 与实际较为符合。

关键词: 规划枢纽库区; 设计最低通航水位; 航道工程

中图分类号: TV 135.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)05-0094-03

Calculation and analysis of designed minimum navigable stage in hub planning area

LIU Yong

(Changjiang Chongqing Harbour and Waterway Engineering Investigation and Design Institute, Chongqing 400074, China)

Abstract: Based on the channel construction project of the north channel for the southwest water transport, we analyze measured data of many years on the water level of multiple existing reservoirs, and get to know that the comprehensive roughness will be reduced after completion of the water conservancy, and the ratio of the channel's comprehensive roughness after completion of the water conservancy to the natural river is 0.862. Using the results to calculate the designed minimum navigable stage of Yangxi and Meilin reservoir, it shows that the calculation result accords well with the natural conditions.

Key words: hub planning area; designed minimum navigable stage; waterway engineering

设计最低通航水位是航道整治工程设计与实践最基础的参数。对于主要受径流影响的天然河流, 其设计最低通航水位一般可按现 JTJ 145-1—2011《内河航运工程水文规范》^[1] 和 GB 50139—2004《内河通航标准》^[2] 中的有关规定确定。但是对于受枢纽回水影响的河流, 设计最低通航水位既受枢纽回水影响, 又受上游径流影响, 其航道条件十分复杂, 设计最低通航水位也较难确定。

目前, 正值水电开发的黄金时期, 大量的河流从天然变为库区河段。而航道整治工程为节约投资, 一般在水电站施工期进行。此时, 下游枢

纽还未正式蓄水, 对整治河段航道条件的影响只能通过数学模型进行计算, 成库后的糙率与天然糙率差异较大, 因此应通过专门的研究才能确定。而关于此方面的研究成果较少。

1 河道现状

西南水运出海北线通道都柳江黔桂省界石碑至柳州新圩河段全长 295.9 km, 由都柳江(83.4 km)、融江(183.3 km)及柳江(29.2 km)所组成(图 1), 是广西壮族自治区航道建设的重要组成部分。根据相关规划, 西南水运出海北线通道省界至新圩段将于 2015 年建设成为 V 级航道。

收稿日期: 2013-09-24

*基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAB05B02, 2011BAB09B01)

作者简介: 刘勇(1984—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口、海岸及近海工程设计与研究工作。

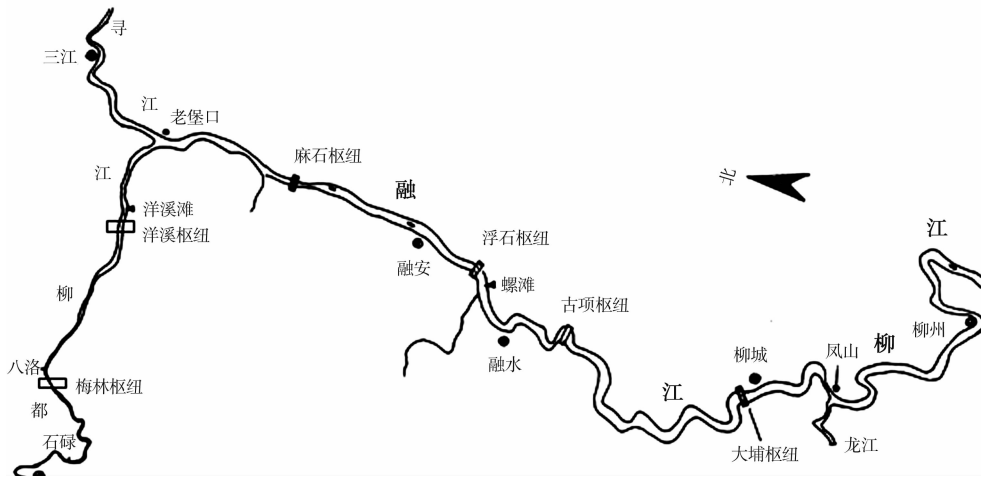


图1 西南水运出海北线通道河道

都柳江位于北线通道的上段，发源于贵州省独山县浪黑村，集水面积 $13\ 790\text{ km}^2$ ，黔境 $11\ 586\text{ km}^2$ 。河流两岸主要为山区和丘陵台地，八洛至老堡口 53 km 为通航河段，目前航道维护等级为Ⅶ级，航道尺度为 $0.8\text{ m} \times (8 \sim 10)\text{ m} \times 90\text{ m}$ (水深 \times 航宽 \times 弯曲半径，下同)。在该河段内规划有梅林和洋溪等水利枢纽，枢纽相关指标见表 1。

都柳江与古宜河（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会合，全长 183.3 km 。融江段现为Ⅵ级航道，航道尺度为 $1.0\text{ m} \times 15\text{ m} \times 150\text{ m}$ 。建成枢纽主要有麻石、浮石、古顶及大浦等，相关指标见表 1。

表1 西南水运出海北线通道内各个水利枢纽相关通航指标

水利枢纽	正常蓄水位/m	死水位/m	规划通航船舶吨位/t	水库调节特性	建成年份
梅林	176.0	167.3	300	日调节	待建
洋溪	163.0	156.0	300	日调节	待建
麻石	134.0	130.0	300	日调节	1973
浮石	113.0	110.2	300	无调节	2002
古顶	102.0	101.5	300	日调节	2006
大浦	93.0	92.0	300	日调节	2006
红花	77.5	77.0	1 000	日调节	2006

融江与龙江于凤山镇汇合后称柳江，流经柳州市区、柳江县，至象州县石龙三江口与红水河会合后进入西江干流黔江。北线通道融江下游段及柳江段受已建红花水利枢纽回水影响。

由于麻石、浮石、古顶、大浦及红花库区已经成库多年，可以采用蓄水后实测资料进行分析或者计算，而洋溪、梅林等规划枢纽库区还未成库，计算难度较大。下面主要多规划枢纽库区的设计水位计算方法以及计算关键点进行详细分析、探讨。

2 水文特性

西南水运北线出海通道省界至柳州河段有涌尾（二）、长安、柳州三个水文站，长安、柳州站设立于 20 世纪 30 年代，涌尾（二）设立于 20 世纪 50 年代，各站采用自计雨量计进行降水观测。

省界至柳州段具有山区河流的特性：水位陡涨陡落， 1 d 之内可以连升或降数米。据统计，最高水位与最低水位相差较大。如在统计年限（1986—2008 年）内，涌尾站最高水位与最低水位相差近 20 m ；长安站相差近 17 m ；柳州站相差近 23 m ；柳州站最高水位与最低水位相差近 24 m 。可见，该河段为典型的山区河流。

表2 基本站的设计水位与设计流量（天然）

站名	设计最高通航水位/m		设计最高通航流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$		设计最低通航水位/m	设计最小通航流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
	10%	20%	10%	20%		
涌尾站	152.53	149.50	9 670	7 580	137.20	47.20
长安站	118.84	116.76	16 300	13 200	106.05	78.06
柳州站	87.14	85.22	22 500	19 200	69.79	165.00

3 规划枢纽库区设计最低通航水位计算分析

3.1 计算条件的选取

根据 JTJ 145-1—2011 《内河航运工程水文规范》有关规定，无调节能力的枢纽上游河段，应按保证率计算的入库流量与坝前运行水位相组合，以及坝前最低运行水位与其相应的流量组合，得出多组回水曲线，取其下包线作为沿程各点的设计最低通航水位。梅林和洋溪枢纽为日调节电站，对该河道径流量分配改变不大，确定最低通航水位计算组合为：

梅林库区沿程设计最低通航水位计算组合为：

1) 正常蓄水位 - 发电消落幅度 + 98% 设计流量 $[(176 \text{ m} - 0.5 \text{ m}) + 47.2 \text{ m}^3/\text{s}]$ ；

2) 汛限水位 + 汛期最小流量 $(167.3 \text{ m} + 54.3 \text{ m}^3/\text{s})$ 。

洋溪库区沿程设计最低通航水位计算组合为：

1) 正常蓄水位 - 发电消落幅度 + 梅林电站最小下泄流量 $[(163 \text{ m} - 0.5 \text{ m}) + 47.2 \text{ m}^3/\text{s}]$ ；

2) 汛限水位 + 汛期最小流量 $(167.3 \text{ m} + 54.3 \text{ m}^3/\text{s})$ 。

3.2 计算方法的选取

麻石电站 1973 年建成，至今已有 40 年，通过对枢纽库区多年实测水位的分析，得知电站建成后并未造成库区水位抬高。由此推出洋溪、梅林等枢纽成库后，泥沙淤积也将难以对库区水位产生影响。因此，本次计算不考虑泥沙淤积影响因素，建立一维恒定水流数学模型进行计算。

3.3 计算糙率的取值分析

对于一维恒定流模型，只要糙率取得当，计算成果将较为精确。而规划枢纽库区沿程糙率比天然情况有所改变，且无法直接率定得到，需要综合分析确定。

工程河段已成库的枢纽较多，流量及调节方式也差别不大，首先分析其蓄水前后的糙率变化。

对于浮石、古顶、大浦及红花库区，每个库区选择了一段或者两段进行糙率的反算，选择计算区段应考虑下列因素：1) 受回水影响，且实测资料较多；2) 来流条件与设计流量相差不大；3) 选择在一段时间内流量变化幅度较小的流量过

程中的某一天（以各站日均流量在前后各 2 d 时间内变幅小于该天流量的 10%）；4) 在流量过程比较平稳的时段内选择水位站水位过程也较平稳的某一天（在前后各 2 d 时间水位变幅在 0.5 m 以内）。选择了 5 个河段进行糙率计算，计算结果见表 3。

表 3 成库后与天然糙率比较

库区名称	河段	综合糙率		成库后/天然
		天然	成库后	
浮石库区	浮石—长安水位站	0.035	0.031	0.886
古顶库区	古顶—浮石	0.037	0.032	0.865
大埔库区	大埔—十五坡	0.036	0.032	0.889
	十五坡—和睦	0.038	0.032	0.842
红花库区	柳州水文站—凤山	0.038	0.032	0.842
平均值				0.862

注：流量为设计最低通航流量。

通过对已建枢纽库区天然及成库后枯水糙率的计算。当来流较小时，成库后的糙率约比天然的小，其比值在 0.842 ~ 0.889，变化范围不大（表 3）。故取其平均值作为规划枢纽（洋溪、梅林）成库后糙率的修正系数。

在正常蓄水位时，梅林及洋溪大部分库区未完全渠化，若整个库区的糙率均修正，则上游设计水位偏低（图 2）。故选取糙率全部修正后的水面线与天然水面线的交点为临界点。临界点以下河段则对糙率进行修正，临界点以上河段则直接用天然糙率进行计算。各河段糙率修正系数见表 4。

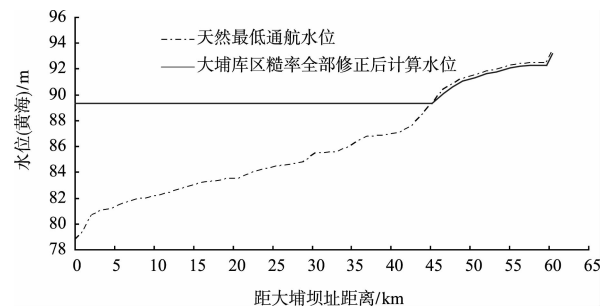


图 2 大埔库区糙率全部修正后水位与天然对比

表 4 成库后糙率修正

库区名称	计算河段	糙率修正系数
梅林库区	梅林下滩至省界	1
	梅林坝址至梅林下滩	0.862
洋溪库区	沈口滩至梅林坝址	1
	洋溪坝址至沈口滩	0.862

(下转第 106 页)