

韩江干流航道设计最低通航水位探讨

徐锡荣¹, 白金霞¹, 陈界仁¹, 何建华²

(1. 河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098; 2. 珠江航务管理局, 广东 广州 510110)

摘要 :在对韩江干流设计最低通航水位计算分析的基础上,结合河段的不稳定流及河床下切对河道水文特性影响的实际情况,依据设计最低通航水位计算原理,分析修正韩江三河坝、留隍和潮安基本站的设计最低通航水位,从而得到合理的韩江设计最低通航水位。

关键词 :设计最低通航水位;不稳定流;河床下切;韩江干流

中图分类号 :U612 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2011)06-0066-03

On the lowest design navigable stage of main stream of Hanjiang River /XU Xi-rong¹, BAI Jin-xia¹, CHEN Jie-ren¹, HE Jian-hua² (1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Zhujiang Navigable Management Bureau, Guangzhou 510110, China)

Abstract :Based on the calculation and analysis of the lowest design navigable stage of the main stream of Hanjiang River and considering the influences of unsteady flows and riverbed downcutting on its hydrological characteristics, the lowest design navigable stages at stations of Sanhe Dam, Liu Huang and Chao'an were analyzed and revised respectively according to the principles of the lowest design navigable stage. The reasonable lowest design navigable stage of Hanjiang River was obtained.

Key words :lowest design navigable stage; unsteady flow; riverbed downcutting; main stream of Hanjiang River

在航道工程建设中,航道设计通航水位是重要的考虑参数。设计通航水位包括设计最低通航水位和设计最高通航水位。前者是确定枯水期航道通航标准水深的起算水位,后者是确定跨河建筑物底部最低点净空高度的起算水位和确定通航建筑物标高的依据^[1]。对于主要受径流影响的天然河流,其设计通航水位一般可按现行 JTJ 214—2000《内河航道与港口水文规范》和 GBJ 50139—2004《内河通航标准》中的有关规定确定^[2-3]。沿海地区主要受海洋潮汐和气象因素的影响,其设计通航水位一般按照现行的 JTJ 213—1998《海港水文规范》和 JTJ 311—1997《通航海轮桥梁通航标准》中的有关规定确定^[4-5]。但是,对于人类活动影响明显的河道,设计通航水位不仅受径流影响,而且还受人类活动影响,其河段航道条件具有其特殊性。因此,在确定其设计通航水位时,一方面依据规范和标准中的有关规定,另一方面还应结合河段水文及人类活动影响特性,具体问题具体分析。笔者以枢纽调节影响较明显的韩江干流河段航道设计通航水位为研究对象,在河段水流条件分析的基础上,依据规范和标准中的有关规

定,对航道设计中的最低通航水位进行分析。

1 河道现状条件

韩江为广东省第二大河流,由梅江和汀江汇合而成(图 1),是粤东地区最主要的水上运输通道。韩江干流从三河坝到潮州市全长 106.5 km,河段设有三河坝、留隍和潮安 3 个水文(位)站。从 20 世纪 90 年代开始,随着流域综合整治开发的展开,韩江上游梅江、汀江分别建成了蓬辣滩和青溪等水电站。由于蓬辣滩和青溪等水电站均为日调节径流式水电站,在实际运行过程中,水电站对下游韩江干流航道无基流保证。同时,由于枯水期梅江和汀江绝大部分时间来水量小于水电站单机发电流量,水电站运行只能将来水先蓄留在水库中,待蓄留一定库容后才发电。因此,水电站每天可能存在有部分时间不发电致使下游韩江干流航道无基流保证。另一方面,20 世纪 80 年代末以来随着经济建设的发展,韩江下游潮州河段、汕头河段出现了人为在河床中大量采沙的活动,过量采沙造成潮州河段河床严重下切。

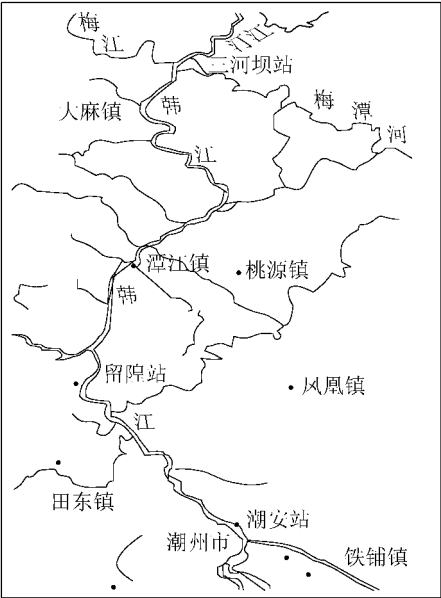


图1 韩江流域示意图

2 设计最低通航水位分析

2.1 设计通航水位存在的问题

依据规范和标准中的有关规定^[6],对干流河段的三河坝、留隍和潮安 3 个水文站分别选用综合历时曲线法和保证率频率法进行设计最低通航水位计算。综合历时曲线法和保证率频率法采用的保证率均为 90%。2 种方法均以日平均水位作为计算系列。为便于分析比较,计算分别采用 1970—2006 年、1981—2006 年、1994—2004 年、1994—2006 年等系列(表 1)。

表 1 不同系列设计最低通航水位结果 m

站名	1970—2006 年		1981—2006 年	
	综合历时曲线法	保证率频率法	综合历时曲线法	保证率频率法
三河坝	34.12	34.15	34.13	31.16
留隍	14.30	14.32	14.35	14.36
潮安	5.24	5.88	4.91	5.58

站名	1994—2004 年		1994—2006 年	
	综合历时曲线法	保证率频率法	综合历时曲线法	保证率频率法
三河坝	34.21	34.23	34.13	34.18
留隍	14.39	14.41	14.32	14.36
潮安	4.43	5.11	4.32	5.07

计算结果表明:①相同系列采用不同的计算方法,其结果存在差异,综合历时曲线法计算的结果均低于保证率频率法计算的结果。这一差异有悖于一般采用这 2 种计算方法所得结果,即综合历时曲线法的计算结果一般要高于保证率频率法的计算结果。②对于三河坝和留隍 2 个水文站,采用综合历时曲线法和保证率频率法所得设计水位相差不大。但从航道维护部门反映的情况看,计算结果与实际维护不太一致,上述设计最低通航水位偏高。③从

不同系列计算的结果看,潮安站的设计最低通航水位存在明显差异,且随着统计系列年接近近期,同一种计算方法所得设计最低通航水位不断降低。

2.2 设计最低通航水位影响因素

2.2.1 不稳定流影响因素分析

天然河流的水流条件在没有外来因素影响下总是遵循自身规律涨落变化,如枯水期和枯洪过渡期水位是稳定回升或降落,尤其在枯季水流稳定,水位变化很小。依据规范和标准的有关规定确定设计最低通航水位。然而,韩江受梅江、汀江的蓬辣滩水电站和青溪水电站的调节影响。由于蓬辣滩水电站和青溪水电站均为日调节径流式水电站,一方面水电站担任调峰发电任务,机组运行时间不确定;另一方面,水电站为了提高经济效益,大多选择长时间蓄水、集中发电运行。因此,枯水期在水电站发电时,下游河道才有流量保证,不发电时就没有流量保证,同时也造成下游韩江干流的流量时大时小,水位陡涨陡落,产生所谓的不稳定流(图 2)。不稳定流的日内变化受调峰发电影响,使河道水位陡涨陡落,水位日内变幅大,与天然河流的水流条件有很大差异^[7]。韩江原型实测资料(表 2)显示,中枯水期三河坝站水位日内变幅达 1.95 m,留隍站水位日内变幅为 0.82 m。由于不稳定流传播沿程呈现衰减趋势,所以潮安站受不稳定流影响较小。

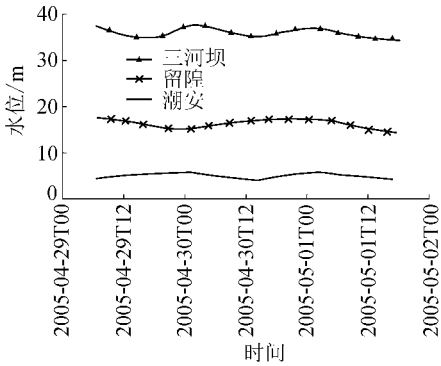


图 2 3 个水文站实测水位过程

表 2 水位特征值统计 m

站名	最低水位	最高水位	水位变幅
三河坝	35.43	37.38	1.95
留隍	15.38	16.20	0.82
潮安	4.81	5.30	0.49

2.2.2 河床下切影响因素分析

河流在天然情况下,由于长期的水沙条件作用,河床冲淤交替,相对平衡。在河床中人为大量采沙造成河段河床下切^[8]。从潮安站不同年份水位~流量($H \sim Q$)曲线(图 3)可以看出,该站 1990 年以前 $H \sim Q$ 关系比较稳定,1970 年,1980 年,1990 年 3 条 $H \sim Q$ 曲线比较接近,且个别部位还出现了重叠的

现象,但 1990 年以后, $H \sim Q$ 曲线都出现了大幅度下移。同一流量对应的水位都有明显的下降。统计表明,1995 年的 $H \sim Q$ 曲线比 1990 年的平均下降了 0.56 m,2000 年的 $H \sim Q$ 曲线比 1990 年的平均下降了 1.52 m,2004 年的 $H \sim Q$ 曲线比 2000 年的平均下降了 0.56 m。究其原因主要是人为大量采沙引起河床严重下切以及相同流量条件下的水位降低。依据规范和标准进行设计最低通航水位计算,以日平均水位作为计算系列,造成计算结果随着统计系列年接近近期,所得设计最低通航水位不断降低。

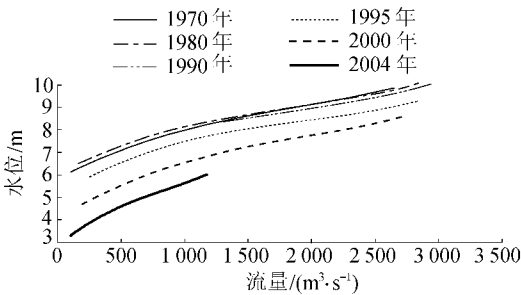


图 3 潮安站中枯季 $H \sim Q$ 关系曲线

3 设计最低通航水位修正

3.1 不稳定流对设计最低通航水位的影响

根据资料调查,枯水期航行于不稳定流河道中的船舶,驾驶人员为提高船舶载重率,一般选择候水通航方式,即利用峰流,避开低谷的行船方案。因此,对于受不稳定流影响的三河坝站、留隍站,枯水期日最低水位是一个重要参数。采用日最低水位累积频率法($P = 90\%$)分别进行设计最低通航水位计算,枯水期日最低水位资料选用上游青溪及蓬辣滩水电站建成正常运行后的 2002—2006 年系列,计算结果见表 3。

表 3 设计最低通航水位结果 m

站名	综合历时曲线法	累积频率法	差值
三河坝	33.85	33.39	- 0.46
留隍	13.92	13.73	- 0.19

从计算结果看,相同系列采用累积频率法得到的日最低水位比采用综合历时曲线法得到的日最低水位低。其中,三河坝站低 0.46 m,留隍站低 0.19 m。基于日均水位与最低水位有上述差别,且韩江运输主要是在水电站调峰发电的状态下开展,因此日最低水位应作为衡量航道水深的重要参数。经上述分析,最低水位累积频率法与综合历时曲线法之差即可认为是水电站调峰对水位的影响。

3.2 河床下切对设计最低通航水位的影响

航道整治中常用的设计最低通航水位是设计最小流量的相应水位,并以此来衡量航道尺度^[9-10]。

但由于设计最小流量资料不易为人们直接获得,而水位则只要观读水尺就能很容易知道,因此,航道工作者一般是以设计最低通航水位来衡量航道的尺度。潮安河段由于大规模采沙,使河床过水断面形状及尺度发生了较大的变化,引起了相同流量条件下水位逐年下降,使规范中以水位系列为基础资料的计算所得结果不符合实际情况。但依据规范^[6-10],设计最低通航水位是设计最小流量相应的水位。从定义上来看,设计最低通航水位是以流量为基础的,只要上游来水情况不变,流量基本不会随河床的下切而发生大的变化。因此,笔者以流量系列为基础,首先确定设计最小通航流量,然后依据近期水位~流量关系曲线确定设计最低通航水位。

3.3 设计最低通航水位的确定

综合分析,三河坝站设计最低通航水位采用综合历时曲线法与累积频率法计算结果的平均值(取 1994—2006 年系列),考虑其受不稳定流影响,不稳定流影响值可采用 0.46 m。同样,留隍站的设计最低通航水位采用综合历时曲线法与累积频率法计算结果的平均值(取 1994—2006 年系列),另外应考虑不稳定流的影响值 0.16 m。潮安站由于受不稳定流影响程度较小,其水位下降主要为人为挖沙影响。因此,潮安站设计最低通航水位的确定采用流量保证率~频率法,即先确定设计流量,然后由设计流量依据水位~流量关系曲线查得水位,以该水位作为设计最低通航水位^[11-12]。本文计算资料系列采用与上述相同系列(即 1994—2006 年系列),以计算流量 225.1 m³/s 作为设计流量,然后由设计流量在该站的水位~流量关系曲线上查得该站的设计最低通航水位为 3.65 m。

根据以上计算分析,结合韩江干流河段不稳定流、人为采沙的影响,确定各水文站设计最低通航水位:三河坝站设计最低通航水位为 33.69 m,留隍站设计最低通航水位为 14.18 m,潮安站设计最低通航水位为 3.65 m。

4 结 语

随着社会的发展,河流资源不断得到开发。在河流资源开发的同时,人类活动对河道水文特性的影响也越来越大。河道水文特性的变化直接影响航道尺度的改变。在深入分析依据规范方法计算的韩江设计最低通航水位的基础上,针对不稳定流的影响及人为采砂、河床大幅度下切等河道特性的变化,对干流水文站的设计最低通航水位进行深入分析,得出了较符合实际的韩江干流三河坝、留隍和潮安站的设计最低通航水位,其成果可为韩江及类似航道设计提供参考。(下转第 79 页)

lbnl/LBNL-48911.

[23] GRATALOUP S , BONIJOLY D , BROSE E , et al . A site selection methodology for CO₂ underground storage in deep saline aquifers : case of the Paris Basin [J] . Energy Procedia , 2009 , 1(1) : 2929-2936 .

[24] 赵仁保 , 岳湘安 , 吴亚红 , 等 . 二氧化碳气体的流动及反应特性研究 : 从微管到多孔介质 [J] . 科学通报 , 2008 , 53 (12) : 1456-1462 .

[25] 能源观察网 . 神华 CCS 示范项目产出高纯度二氧化碳液体 [EB/OL] . [2011-01-05] . <http://www.chinaero.com.cn/yjgc/mtjhly/01/84210.shtml> .

[26] 李小春 , 魏宁 . 基于混合流体自分离的二氧化碳地质封存方法 : 中国 , 10119074 [P] . 2008-06-04 .

[27] 王政 , 傅荣华 , 罗小兰 , 等 . 浅析地质封存技术在温室气体减排中的应用 [C] / 王驹 . 第三届废物地下处置学术

研讨会论文集 . 北京 : 中国岩石力学与工程学会 , 2010 : 535-542 .

[28] 庞忠和 , 杨峰田 , 段忠丰 . 二氧化碳地质封存技术发展现状与展望 [C] / 王驹 . 第二届废物地下处置学术研讨会论文集 . 北京 : 中国岩石力学与工程学会 , 2008 : 479-492 .

[29] 刘猛 , 束龙仓 , 刘波 . 地下水数值模拟中的参数随机模拟 [J] . 水利水电科技进展 , 2005 , 25(6) : 25-27 .

[30] FLETT M , GURTON R , WEIR G . Heterogeneous saline formations for carbon dioxide disposal : impact of varying heterogeneity on containment and trapping [J] . Petroleum Science & Engineering , 2007 , 57 : 106-118 .

[31] 王媛 . 二氧化碳地质处置的研究进展 [R] . 郑州 : 中国力学大会环境力学分会 , 2009 .

(收稿日期 2011-03-14 编辑 骆超)

(上接第 61 页) 因导梁有足够的强度和刚度 , 一般不易损坏 , 为确保导梁有效、准确地定位防渗墙轴线和稳定防渗墙槽口 , 操作施工机械时应尽量避免机械臂及抓斗冲撞导梁 , 一般槽口宽度比防渗墙成槽宽度大约 5 cm , 在成槽过程中起吊和降落臂板时注意控制臂板起吊和降落的速度 ; 发生机械臂碰撞导梁而使导梁移位、槽口变形时及时纠正导梁位置 , 夯实导梁后填土即可。

入岩深度判别工法应用过程中 , 首先需结合地勘资料建立防渗墙墙身穿过的土层 (岩层) 和液压抓斗上压力表所显示的抓斗抓力大小的一一对应关系。先进行多个槽段施工检验 , 证明其结果与地质资料和设计图纸所反映情况相吻合再进行该工法的应用。根据压力表显示数值和土层 (岩层) 对应关系 , 当显示达到设计要求伸入的岩层时记录初始深度 , 由此往下再伸入设计要求的深度 , 即满足防渗墙墙底伸入岩层的深度。

6 结 语

在水利工程防渗墙施工过程中应用钢结构导梁和入岩深度判别新工法 , 能提高防渗墙施工质量且节能环保 , 具有良好的经济效益 , 同时还可节约工期 , 加快施工进度。这 2 项工法值得进一步推广。

参考文献 :

[1] DL/T5199—2004 水利水电混凝土防渗墙施工规范 [S] .

[2] 上海勘测设计研究院 . 永新县丰源水库除险加固工程初步设计报告 [R] . 上海 : 上海勘察设计院 , 2009 .

[3] 上海勘测设计研究院 . 永新县丰源水库除险加固工程施工图阶段工程地质勘察报告 [R] . 上海 : 上海勘察设计院 , 2009 .

[4] GB50017—2003 钢结构设计规范 [S] .

[5] SL191—2008 水工混凝土结构设计规范 [S] .

[6] 德国宝峨公司 . 宝峨 GB 液压抓斗详细资料 [EB/OL] . [2009-11-26] . http://www.bauerchina.net/C_Products_HydraulicGrab.htm . (收稿日期 2011-05-09 编辑 骆超)

(上接第 68 页)

参考文献 :

[1] 黄汉禹 , 刘海洋 . 韩江下游及三角洲河段河床变化分析 [J] . 中山大学学报 , 2001(S4) : 10-13 .

[2] JTJ 214—2000 内河航道与港口水文规范 [S] .

[3] GBJ 50139—2004 内河通航标准 [S] .

[4] JTJ 213—1998 海港水文规范 [S] .

[5] JTJ 311—1997 通航海轮桥梁通航标准 [S] .

[6] GBJ 139—1990 内河通航标准 [S] .

[7] 唐银安 . 不稳定流航道水文分析 [J] 水运工程 . 1997(8) : 23-27 .

[8] 周作付 , 何建华 , 邓年生 , 等 . 受人工采砂影响明显河道设计最低通航水位探讨 [J] . 水运工程 . 2003(8) : 33-36 .

[9] 罗春 . 赣江下游设计最低通航水位计算方法 [J] . 水利水电工程学报 , 2003(4) : 54-56 .

[10] 吴玲莉 , 张玮 , 高龙琨 , 等 . 长江下游感潮河段设计通航水位计算方法比较 [J] . 水利水电科技进展 , 2005 , 25 (4) : 36-38 .

[11] 张幸农 , 陈长英 , 吴建树 , 等 . 感潮河段设计通航水位确定方法及标准初探 [J] . 水道港口 , 2006(4) : 243-248 .

[12] 周焕 , 张真奇 , 傅联森 , 等 . 浙江北部航道设计通航水位的探讨 [J] . 中国水运 , 2009(3) : 17-19 .

(收稿日期 2010-12-27 编辑 方宇彤)