

# 龙潭河陂下段河道生态整治水力计算

赖永辉

(广东水利电力职业技术学院, 广东 广州 510635)

**摘要:**生态水利是当前水利研究的重点之一,也是今后水利水电事业的发展目标和方向. 以从化市龙潭河陂下段河道生态整治工程为例,对工程中的河床生态整治工程以及河岸边滩生态整治工程所涉及的水力计算的方法和过程进行了分析和研究,有效地解决了工程枯水期景观水深维持与营造优良生态景观和洪水期河道顺利行洪等两个主要问题,实现了人水和谐的生态整治目标,也可为相关河道治理工程以及今后的河道系统性生态治理提供参考依据.

**关键词:**河道;生态整治;水力计算

**中图分类号:** TV85

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-640X(2011)01-0092-05

目前,我国水利水电事业正由传统的“工程水利”逐步向现代的“环境水利”乃至当代的“生态水利”转变,人们也越来越认识到“人水和谐”和“可持续发展水利”的重要性. 然而,由于对自然界认知程度和科学技术发展水平的不足,对于生态水利工程建设,大多仍停留在河流生态需水量、河流生态系统特性、健康指标体系构建、系统健康评价等探索性研究阶段<sup>[1-8]</sup>,已开展的一些研究工作主要以河岸护坡形式探讨为主<sup>[9-10]</sup>,关于河道生态治理中的水力计算及其处理方面的问题涉及较少. 为此,本文以从化市龙潭河陂下段河道生态治理工程为例,对该工程中的水力计算问题进行了研究.

## 1 工程概况

工程所在地从化市,东邻河源市龙门县,南与广州白云区接壤,西与广州花都区、清远市相连,北邻清远市佛冈县和韶关市新丰县. 根据《广州市城市总体发展战略概念规划》制定的“北优”发展战略,从化市被确立为广州市主要的水源涵养地,将对该市地区功能布局与空间结构进行优化,建立“生态优先”的建设战略. 流溪河流域集水面积 173 km<sup>2</sup>,河长 27.1 km. 龙潭河是流溪河 6 条主要支流之一. 陂下段位于龙潭河上游,该段河道长 848 m,河道平均坡降 2.04‰. 陂下段河道两岸杂草、杂树丛生,给河道正常行洪泄洪造成了阻碍和影响,过去 30 年中曾多次发生汛期洪水漫溢的现象;同时,该段河道也对其两旁正在大力营建的“从化市田园风光工程”的优美景观环境造成了负面影响. 因此,对龙潭河陂下段的河道生态整治势在必行.

## 2 河床生态整治水力计算

龙潭河陂下段河道河床生态整治主要有两个目的:一是对原河床中严重影响排洪泄洪或是枯水期出露并影响优良生态景观的河槽、洼地、滩涂和杂树杂草予以清除;二是在枯水期来水量较少时,在河床中的一定位置修筑生态陂头建筑物,既起到一定的壅水作用、增加景观水深,也可为游人提供休憩游玩的下水亲水通道. 水力计算方面,需了解修建了相应的生态陂头建筑物后,能否达到一定的景观水深;同时,需要复核该段的水面变化是否会对上游两岸排水造成阻塞. 龙潭河陂下段河床生态整治水力计算,也就是考察该段枯水期平均流量下的水面变化是否会对周边造成影响.

收稿日期: 2010-03-20

作者简介: 赖永辉(1975-),男,广东封开人,博士,主要从事环境水文学方面的研究. E-mail: lyhlai@sina.com.cn

2.1 计算方法

龙潭河陂下段河床生态整治水力计算,主要包括普通河道段(非生态陂头段)水面线计算及生态陂头段水面线计算两部分.对于普通河道段的河流水面线,主要采用技术成熟、为业界普遍认同的明渠恒定非均匀流水面曲线计算法进行计算,计算方法可参考文献[11].水力计算断面布置见图 1.出于美化生态景观的需要,在对河道河床进行整治时,计划在图 1 中 L6 与 L3-1 两个断面处布置生态陂头.考虑到整体景观的优美与和谐,陂头的修建高度不宜过高,同时,由于龙潭河陂下段地处龙潭河上游,汛期洪水来流量大,水流流速快,设置的陂头需具有较好的抗冲性,因此将其布置为三级跌水落差建筑物型式.

生态陂头布置纵剖面见图 2.对生态陂头段的水面变化进行计算时,需考虑 2 种情况:

(1)生态陂头下游断面水深较小,水位较低,跌水落差建筑物正常发挥跌水作用时,其上游  $l = (3 \sim 4) h_k$  处水深为  $h_k$  [11],该水深可根据以下公式试算获得:

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A_k^3}{B_k} \quad (1)$$

式中: $\alpha$  为动能修正系数; $Q$  为流量; $A_k$  为过水断面水深为临界水深时的过水断面面积; $B_k$  为过水断面水深为临界水深时的水面宽度.而跌水落差建筑物断面水深  $h_D = 0.7 h_k$ ,由该公式计算得到的断面水深和陂头顶面高程可得断面水位.

(2)生态陂头下游断面水深较大,水位较高,造成一定的淹没影响,跌水落差建筑物不能正常发挥跌水作用时,可采用堰流通用公式计算:

$$Q = \sigma_s \varepsilon m B \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (2)$$

式中: $Q$  为河道过流流量; $\sigma_s$  为淹没系数; $\varepsilon$  为侧向收缩系数; $m$  为流量系数; $B$  为河道平均宽度; $H_0$  为水头.

计算中按实用堰和宽顶堰两种过水情况分别考虑,然后采用综合计算结果.经计算两种过水模式得到的陂头顶面高程基本相同.

2.2 计算条件

计算中所采用的河道断面资料为 2008 年从化龙潭河陂下段 1 : 1 000 的实测河道断面资料 [12]. 所涉及的计算断面与水位高程采用珠江高程体系.流量边界条件为枯水期多年平均流量.鉴于实测资料的不足,同时由于现场观测条件较差,研究中以浮标法观测得到的当年枯水期各个月份的河道流量平均值作为枯水期多年平均流量.经实测,取枯水期多年平均流量为  $1.51 \text{ m}^3/\text{s}$ .水位边界条件为河流的枯水位,计算中采用现场调查与专家咨询相结合的方法予以确定.经年内各月份的多次现场实测及向当地富有经验的河道管理工作人员咨询,确定 L5 断面处的枯水位为 38.9 m,并以此作为水位边界条件.河道内边界条件主要包括 L5 断面处的光辉大桥以及 L6 与 L3-1 断面处的生态陂头.对 L5 光辉大桥断面按实际河道河床地形进行断面切取即可进行水力计算,不需采用专门的桥梁壅水公式.生态陂头的内边界条件处理方法见下面的水力计算过程.综合考虑有关参考文献中关于各类型河流河床的糙率情况 [11] 以及有关规划报告中关于龙潭河河道河床糙率的研究成果 [13],取龙潭河陂下段河床糙率为 0.032.

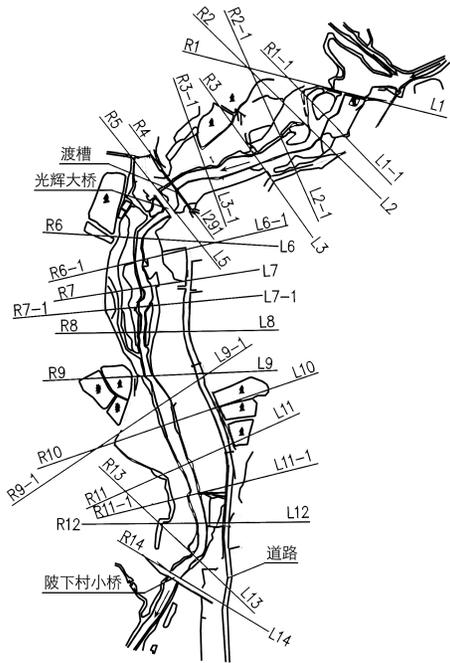


图 1 龙潭河陂下段河道计算断面布置示意图  
Fig. 1 Layout of calculated cross-sections in Beixia reach of Longtan river

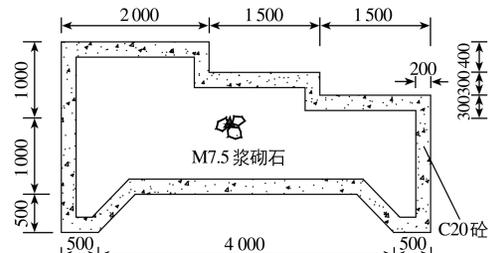


图 2 生态陂头布置纵剖面(单位:mm)  
Fig. 2 Layout of longitudinal profile of ecological Beitou reach

### 2.3 计算过程

首先根据有关水力计算条件,采用明渠恒定非均匀流水面曲线计算法,通过假定下游出口断面 L14 断面的水位,经试算并以 L5 断面的枯水位 38.9 m 作为检验条件,得到整治前枯水期多年平均流量下的计算河段水面线,计算结果见表 1. 随后,以计算得到的下游出口断面 L14 水位 38.20 m 作为整治后的水位边界条件进行整治后的水面线计算.

水面线计算分为 5 段(在 L6 和 L3-1 两个生态陂头下游 5 m 处增设临时计算断面 L6-0 和 L3-10):第 1 段利用明渠恒定非均匀流水面曲线计算法从 L14 向上游推算至 L6-0 断面,得该段各断面水位;第 2 段是 L6-0 ~ L6 陂头段,根据河道的实际情况选用不同的计算式进行计算;第 3 段是 L6 ~ L3-10 段,根据第 2 段计算所得的 L6 断面水位仍然按明渠恒定非均匀流水面曲线计算法计算得各断面水位;第 4 段为 L3-10 ~ L3-1 陂头段,计算方法如 L6-0 ~ L6 陂头段;最后的第 5 段为 L3-1 ~ L1 段,根据第 4 段计算结果按明渠恒定非均匀流水面曲线计算法计算得剩余的各断面水位. 由此可计算得到从下游 L14 到上游 L1 河段间各断面水位并据此作出河床生态整治后的水面线.

表 1 枯水期多年平均流量时河流水面线计算结果

Tab. 1 Calculation results of water surface profile at average annual flow in dry season

m

断 面	整治前计算水位	整治后计算水位	断 面	整治前计算水位	整治后计算水位	断 面	整治前计算水位	整治后计算水位
L14	38.20	38.20	L9	38.56	38.56	L291	38.92	38.92
L13	38.23	38.23	L8	38.64	38.64	L3-1	38.95	39.27
L12	38.27	38.27	L7-1	38.69	38.69	L3	38.99	39.3
L11-1	38.31	38.31	L7	38.74	38.74	L2-1	39.01	39.3
L11	38.36	38.36	L6-1	38.79	38.79	L2	39.03	39.3
L10	38.42	38.42	L6	38.83	38.84	L1-1	39.04	39.3
L9-1	38.18	38.48	L5	38.90	38.91	L1	39.06	39.3

### 2.4 计算结果与分析

由表 1 中龙潭河陂下段枯水期多年平均流量下河道水面变化可见,各断面水位在 38.2 ~ 39.3 m 间渐变,虽然 L6 与 L3-1 断面处的生态陂头起到一定的壅水作用,但河流水位、流速变化并不急剧,水深基本保持在 1 ~ 2 m,能达到很好的水生态景观效果. 同时,由于河道中各排水口底面高程基本在 39.5 m 以上,生态陂头的建筑和壅水不会对两岸正常生产和排水造成不利影响.

## 3 边滩与河岸生态整治水力计算

边滩与河岸生态整治的目的:一是通过修建防洪堤,实现河道防洪,抵御设计标准以下的洪水,以免洪水漫溢对两岸人民生活造成危害;二是在现有河滩和修建的防洪堤面上种植亲水性植物,达到美化生态景观的效果. 设计中主要考虑了 2 个方案:方案 1 沿现有河滩的高一级阶地边线布置堤岸轴线,其优点主要是减少了挖填土工程量,可有效降低直接工程建设费用;方案 2 是在方案一的堤防轴线基础上适当向河道方向内移,主要是为了在河堤的建设中避开现有农田耕地,减少农用耕地征用补偿费.

河岸与河滩生态整治水力计算主要考虑整治前后设计洪水标准下的河道水面线水位变化情况. 以生态整治方案 1 为例:整治前,可根据河道地形边界条件 and 设计标准洪水水流边界条件,利用明渠恒定非均匀流水面曲线计算法计算河道水面线;整治后,由于河床生态整治工程只会改变河床底端局部地形,对洪水期整个河道的水流运动和流态不会产生太大影响,此时不需要单独考虑陂头段的水面变化,只需依照整治后的河道地形边界条件利用明渠恒定非均匀流水面曲线计算法即可计算得整治后的河道水面线. 计算条件方面,整治前后计算断面的布置与划分以及河道糙率与河床生态整治水力计算相同,河道地形边界条件根据整治前后的实测或设计资料确定. 流量边界条件和水位边界条件方面,根据有关规划报告研究成果<sup>[13]</sup>,龙潭河陂下段主要承担 20 年一遇的防洪任务,计算河段流量边界条件为对应于设计频率  $P=5\%$  时该河段的最大洪峰流量  $339 \text{ m}^3/\text{s}$ ,水位边界条件为对应于整治前设计标准洪水时河段下游出口 L14 断面的洪水水位,根据规划

报告中龙潭河水面线计算成果进行内插,得该断面水位为 41.20 m. 整治前后河岸与河滩生态整治水力计算结果见表 2.

表 2 整治前后设计标准洪水下河道水面线计算结果

Tab.2 Calculation results of water surface profile under design flood before and after regulation

m

断面	整治前计算水位	整治后计算水位	断面	整治前计算水位	整治后计算水位	断面	整治前计算水位	整治后计算水位
L14	41.20	41.20	L9	41.76	41.91	L291	42.27	42.27
L13	41.32	41.31	L8	41.94	41.96	L3-1	42.31	42.31
L12	41.39	41.40	L7-1	42.02	42.03	L3	42.42	42.39
L11-1	41.49	41.51	L7	42.04	42.05	L2-1	42.55	42.57
L11	41.62	41.64	L6-1	42.06	42.07	L2	42.65	42.66
L10	41.71	41.73	L6	42.09	42.10	L1-1	42.68	42.69
L9-1	41.73	41.74	L5	42.24	42.25	L1	42.73	42.73

由表 2 可见,当发生设计频率  $P=5\%$  的 20 年一遇洪水时,河道流量将达到  $339 \text{ m}^3/\text{s}$ ,河道水位较枯水期有大幅抬高,河道整治前,洪水位将高于现有河滩滩面高程约 20~30 cm 而发生水流漫滩现象;整治后,在河堤的约束下,河道宽度比漫滩河流宽度要窄,但河道计算水位仍然与整治前的漫滩水位基本持平,说明河道的整治疏浚有利于河道行洪泄洪,有效降低了洪水期河流水位.同时,根据河道水面线计算结果,沿河水位低于设计的两岸堤面高程,说明方案 1 可有效抵御设计洪水的侵袭,布置合理.

河岸与河滩生态整治方案 2 的水力计算方法与方案 1 相同,不同只在于方案 2 的河道边界条件采用河堤纵轴线和相关的河滩堤防布置断面.经计算,方案 2 也可满足设计标准洪水顺利泄洪的效果,但总的工程费用高于方案 1.经比选,最后确定采用整治方案 1 为龙潭河陂下段边滩与河岸生态整治方案.

## 4 结 语

通过对从化市龙潭河陂下段河道生态整治工程中水力计算问题的研究,主要得到以下认识和结论:

(1)本次水力计算,主要考虑了河道清淤、阻洪碍洪杂物的清除和河道两岸堤防修筑后,能否达到设计标准洪水安全泄洪;以及河道岸滩园林绿化植物的种植、河槽中供游人亲水娱乐的生态陂头修筑后,能否有效壅高枯水期河道水位,营造良好水生态环境的同时又不会影响上游正常渠管排水等.这既延续了传统水利工程中的规避水害功能,又考虑了人水和谐和营造适宜性人居环境问题,是对当地水资源的科学合理的开发利用.

(2)根据计算,从化市龙潭河陂下段河道生态整治工程中,枯水期多年平均流量下,河道水位在 38.2~39.3 m 范围内变化,各断面水位变化和缓,且低于上游各排水口底面高程,达到了营建优良生态景观和不影响上游排水的要求.而在设计标准洪水情况下,河道水位自下游出口到上游进口在 41.2~42.73 m 范围内变化,经在河道两岸适当位置布置生态堤防,可满足河道防洪需要.

(3)由于龙潭河陂下段地处从化市较偏远地段,在河道整治中仅考虑了防洪、排水以及生态景观等方面的要求.而对于经济发展状况较为发达的地区,还将涉及取水、发电、渔业水产养殖、旅游、航运等其他方面和与周边河流生态环境协调发展的问题,故需全面考虑,以实现人类社会与自然环境的可持续发展.

## 参 考 文 献:

- [1] 徐建新,穆磊,雷宏军.郑州市河流生态环境需水量计算与分析[J].人民黄河,2009,31(8):63-64.(XU Jian-xin, MU Lei, LEI Hong-jun. Water demand calculation and analysis of river ecosystem in Zhengzhou City [J]. Yellow River, 2009, 31(8): 63-64. (in Chinese))
- [2] 王战平.灞河生态需水量研究[J].地下水,2009,31(141):79-81.(WANG Zhan-ping. Study of water required for ecological environment in Bahe River [J]. Underground Water, 2009, 31(141): 79-81. (in Chinese))
- [3] 杨丽蓉,陈利顶,孙然好.河道生态系统特征及其自净化能力研究现状与发展[J].生态学报,2009,29(10):5665-

5674. (YANG Li-rong, CHEN Li-ding, SUN Ran-hao. River ecosystems and their self-purification capability: research status and challenges[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5665-5674. (in Chinese))
- [4] 李兴拼, 郑江丽, 贺新春, 等. 东江流域水文变异及其对生态环境的影响[J]. *人民珠江*, 2009(5): 32-34. (LI Xing-pin, ZHENG Jiang-li, HE Xin-chun, et al. Hydrological alteration in Dongjiang River Basin and its effects on ecological environment [J]. *Pearl River*, 2009(5): 32-34. (in Chinese))
- [5] 姜小红. 生态水利工程建设思考[J]. *治淮*, 2009(10): 42-43. (JIANG Xiao-hong. Reflections on the construction of ecological water[J]. *Harnessing the Huaihe River*, 2009(10): 42-43. (in Chinese))
- [6] 孙才志, 刘玉玉. 地下水生态系统健康评价指标体系的构建[J]. *生态学报*, 2009, 29(9): 5065-5075. (SUN Cai-zhi, LIU Yu-yu. Construction of evaluation index system for groundwater ecosystem health assessment[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(9): 5065-5075. (in Chinese))
- [7] 寸伟, 贾森. 渭河健康生态系统的综合治理分析[J]. *地下水*, 2009, 31(6): 179-180. (CUN Wei, JIA Miao. Integrated river ecosystem health analysis and management of Weihe[J]. *Underground Water*, 2009, 31(6): 179-180. (in Chinese))
- [8] 杨涛, 惠秀娟, 许云峰. 用于流域管理的河流水生态系统健康评价初探[J]. *环境保护科学*, 2009, 35(5): 52-54. (YANG Tao, HUI Xiu-juan, XU Yun-feng. Discussion on river ecosystem health assessment for watershed management[J]. *Environmental Protection Science*, 2009, 35(5): 52-54. (in Chinese))
- [9] 杨勇. 基于水利生态型考虑的河道护坡研究[J]. *管理观察*, 2009(29): 311-312. (YANG Yong. Studies on river slope based on water ecology[J]. *Observation and Management*, 2009(29): 311-312. (in Chinese))
- [10] 周宝佳, 代琼, 赵仕勇, 等. 河流生态护岸浅析[J]. *水科学与工程技术*, 2009(5): 7-10. (ZHOU Bao-jia, DAI Qiong, ZHAO Shi-yong, et al. Analysis of ecological protection of riverbank[J]. *Water Sciences and Engineering Technology*, 2009(5): 7-10. (in Chinese))
- [11] 李炜, 徐孝平. 水力学[M]. 武汉: 武汉水利电力大学出版社, 2000. (LI Wei, XU Xiao-ping. *Hydraulics*[M]. Wuhan: Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering Press, 2000. (in Chinese))
- [12] 广州地质勘察基础工程公司. 从化龙潭河陂下段河堤整治工程地质勘察报告[R]. 广州: 广州地质勘察基础工程公司, 2009. (Guangzhou Geological Exploration Engineering Company. *Geology report of ecological harnessing engineering in Conghua Longtan river Beixia reach*[R]. Guangzhou: Guangzhou Geological Exploration Engineering Company, 2009. (in Chinese))
- [13] 广州市水利水电勘测设计研究院. 从化市水系规划水文分析报告[R]. 广州: 广州市水利水电勘测设计研究院, 2009. (Guangzhou Institute of Water Conservancy and Hydropower Survey and Design. *Conghua hydrological analysis of water system planning*[R]. Guangzhou: Guangzhou Institute of Water Conservancy and Hydropower Survey and Design, 2009. (in Chinese))

## Hydraulic calculation river ecological harnessing engineering in Beixia reach of Longtan River

LAI Yong-hui

(*Guangdong Technical College of Water Resources and Electric Engineering, Guangzhou 510635, China*)

**Abstract:** Ecological water conservancy engineering is currently the focus of the work in water research, but also the goal and direction of future water resources and hydropower development. In this paper, taking the ecological harnessing project in Beixia reach of Conghua Longtan river as an example, the hydraulic calculation methods and the calculation process involved in the riverbed and the beach strand ecological harnessing engineering are analyzed and studied. Two problems in this project including maintaining the project depth and excellent ecological landscape in the dry season and the flood passing through smoothly in the flood season are solved effectively, and the main harnessing goal which is called the harmony between people and river is achieved. This ecological harnessing engineering can also be the scientific references for other relevant river harnessing engineering and the future systemic management of the river eco-system.

**Key words:** river channel; ecology harness; hydraulic calculation