

# 天然河道洪水水面线推算中几个技术问题及处理方法

何书会<sup>1</sup>, 杨艳岭<sup>1</sup>, 赵建芬<sup>2</sup>, 赵哲<sup>3</sup>

(1.河北省水利水电第二勘测设计研究院, 河北 石家庄 050021;

2.河北天和咨询有限公司, 河北 石家庄 050021;

3.石家庄滹沱新区投资开发有限公司, 河北 石家庄 050020)

**摘要:**天然多沙河道水面线的升降与河道平面形态、过水断面形状、河床粗糙度及河床植被、河床的扩展及收缩、河床组成及其冲淤变化等众多因素有关。以南水北调中线总干渠交叉河道水面线推算为例, 分析了天然多沙河道水面线推算中尚需注意的几个技术问题, 提出了解决问题的思路和具体的处理方法, 具有示范作用, 对类似河流的洪水水面线推算有一定的借鉴意义。

**关键词:**南水北调; 天然河道; 水面线; 糙率; 水头损失

中图分类号: TV122.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2014)05-0036-03

## 1 引言

南水北调中线工程总干渠通过河北省境内太行山前的坡水区, 河北省境内总长 461km, 与数百条河流交叉, 由于总干渠所交叉的大、中型河流均为天然、多沙性河道, 其特点不尽相同, 各交叉河流的情况较为复杂, 涉及的技术问题较多, 由于各自处理技术问题的思路和方法不同, 受其影响, 同一条河可能推算出不同的洪水水面线, 有的甚至相差较大。众所周知, 洪水水面线的升降是诸多因素综合作用的结果, 该主要因素包括河道平面形态、过水断面形状、河床粗糙度及河床植被、河床的扩展及收缩、河床组成及其冲淤变化等。本文针对南水北调中线工程交叉河道洪水水面线推算中遇到的各种技术问题, 从洪水位推算断面的布设、行水范围的划定、历史洪水痕迹的取舍、糙率分析与选取、起推水位的确定及局部水头损失与壅水计算等六方面进行了分析及处理, 供类似河流工程计算中参考应用。

## 2 洪水水面线推算中技术问题及其处理

### 2.1 推算断面的布设

河道水面线是由下游至上游逐段推算的, 因此推算水面线要在计算河段上布设断面, 而河道的分段和断面布设的多少及位置直接关系计算成果的精度。分段原则: 第一, 根据天然水面线推算中各水力要素的变

化情况, 尽可能使分段内的河床平均坡度、流量、糙率、断面形状基本一致, 水面线无急剧变化; 第二, 当河流有分支或汇合等流量突变时, 均需在分支或汇合处的上下游加设断面<sup>[1]</sup>; 第三, 在桥梁、节制闸等建筑物处加设断面; 第四, 计算断面最好选在无回流的渐变流断面上, 不可避免时应扣除回流所占断面面积; 第五, 起推断面尽量选在有实测资料或有查证河段, 并与计算断面有一定距离。如泚河河道弯曲, 下游扩散, 至铁路桥附近又局部收缩, 整个河段只有“63.8”和“96.8”洪水调查洪痕及铁路桥设计指标, 则起推断面设在铁路桥, 推算河段长 6.45km, 见图 1。

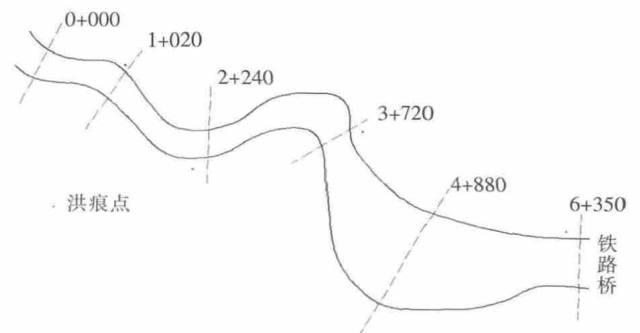


图 1 泚河断面布设示意图

Fig.1 Diagram of profile disposal of the Zhihe River

通过南水北调中线工程总干渠各交叉河流水面曲线推算过程及结果表明<sup>[2]</sup>, 计算河段的长度、分段数量

收稿日期: 2013-08-13

作者简介: 何书会 (1957-), 男, 河北藁城人, 教授级高工, 河北省工程设计大师, 主要从事水文、水资源设计工作。E-mail: heshuhui207@163.com

以及起推断面距交叉断面的距离等,可根据河道的宽度、坡度、河势的变化大小而定,落差较大或断面较窄的河流,计算河段的长度及分段距可短些,反之可适当加长;流域面积大于  $100\text{km}^2$  的较大河流,计算河段一般不少于  $7\text{km}$ ,分段距可在  $1\text{km}$  以内,若遇过水断面要素变化较大时,可加设断面。起推断面距交叉断面一般在  $5\sim 7\text{km}$  左右为宜,若条件不具备时最小不应少于  $3\text{km}$ ,对于断面较宽或落差相对较小的河流,计算河段的长度可取长一些<sup>[3]</sup>。如南沙河最大河宽达  $7\text{km}$  左右,起推断面距交叉断面长  $11\text{km}$ 。当起推断面的水位较难准确确定时,还应对其进行敏感性分析,即将起推断面的水位增加或减少  $\Delta H$  时,对交叉断面的水位成果影响不大,则起推断面位置基本可行,否则应再向下游取起推断面。

## 2.2 行水范围的划定

水面线推算时,当计算河段内有分洪区、泛区以及局部回流区和死水区时,要依据地形、历史行洪、河势情况及农作物组成,并参照相似区域行水测验资料划定行水范围,提高水面线计算的精度。如氾河的  $5+600$  断面,由于不可避免的位于河道急剧扩散段,且右河岸弯曲,深泓右侧为宽阔滩地,下游断面又急剧收缩,形成部分死水区,因此该断面应分析有效过水面积,划定行水范围时按上下游断面的趋势扣除死水面积。如图 2 所示。

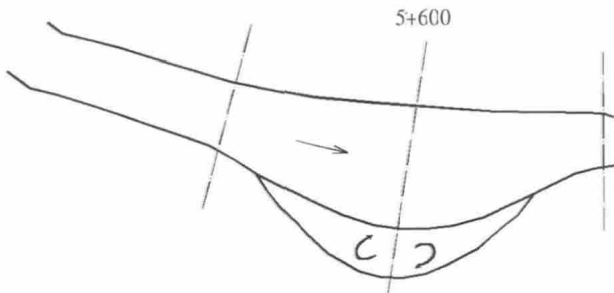


图 2 氾河  $5+600$  断面行洪范围划定示意图

Fig.2 Diagram of the flood range of the Zhihe River profile 5+600

## 2.3 糙率分析与选取

行洪河道的河床糙率是反映河流阻力的一个综合性系数,随着河槽边壁粗糙程度、滩地植被的不同、河槽纵横形态的变化、多沙河道中尤其是河床冲淤的变化,糙率的大小随之改变<sup>[4]</sup>。在多沙河道水位推算中一般应选取综合糙率,它不仅反映了上述的诸多因素,还反映了河段内冲刷及下切因素的影响。当天然多沙河道行洪时,随着洪水流量和流速的增减,水流挟沙能力随之改变,沙质河床将发生冲淤变化。在洪峰期随着行

洪流量的增加,流速加大,河床发生明显冲刷,洪峰过后随着行洪流量的减小又逐渐回淤<sup>[5]</sup>。但是河床的冲淤变化,仅靠实测历史洪水调查难以掌握,即使有水文站控制的河流,在洪峰期由于流量和流速过大,仍无法观测过水断面的冲淤,为了考虑洪峰期河床冲刷及下切对水位的影响,在南水北调中线总干渠交叉工程设计中,在准确确定“63.8”洪水或“96.8”洪水等较大洪水水面线基础上,用实测的现状河道纵横断面资料反推其综合糙率,该糙率小于河道实际糙率,它既有河道糙率本身的含义,又含有河床冲刷及下切的成分。这样反推的综合糙率在河道内主槽与滩地之间,上、下游之间,各推算断面之间的糙率值不会完全相同,反映了河道内各种复杂的阻水和行洪情况。在推算设计和校核条件下水面线时,采用综合糙率代替河道糙率,以达到洪峰期河床冲刷情况下的水位流量关系的目的。

## 2.4 历史洪水痕迹选取

河道历史行洪痕迹是验证洪水水面线推算成果正确与否的重要依据,也是反推河道行洪时综合糙率的基本条件。在南水北调中线工程设计中,采用“63.8”洪水和“96.8”洪水等特大洪水痕迹复核水面线<sup>[6]</sup>,洪痕点一般不少于  $4\sim 5$  个,同时应沿河道均匀分布,有条件时最好每个横断面附近河道两岸都有洪痕点,以便为水位推算提供充分依据。在沙河河道水位推算中,由于河道较宽,深槽网状分布,流态比较复杂,河道两岸调查的洪痕点“63.8”洪水为  $30$  个左右,“96.8”洪水接近  $100$  个,通过分析发现沙河发生大洪水时横比降较大,且随着河宽的增加而增大,呈现北高南低的趋势,最大可达  $3\text{m}$  以上,因此在洪水水面线符合洪水痕迹时采用河道南北两个主槽分别符合洪痕的方法效果较好。

## 2.5 起推水位的确定

在南水北调中线工程交叉河流水位推算中,分析归纳了几种确定起推水位的方法<sup>[2]</sup>:(1)起推断面及上下游附近有实测水位~流量资料的采用实测资料,缺乏高水点时可适当外延。(2)对于没有实测水位~流量关系资料的河流,为了便于分析起推水位,大多将起推断面布设于铁路桥和公路桥处(或其它有控制的断面)。桥头断面一般有桥的设计、校核及调查的“63.8”洪水或“96.8”洪水四组水位流量点子,供推算时使用;也可以采用曼宁公式推算桥址断面近似的水位~流量关系,再根据铁路桥的特征水位、流量点子修正计算的水位~流量关系,从而取得起推断面(桥)不同流量的起推水位。(3)对于起推断面不在铁路桥等有控制断面

附近,且没有实测水位~流量关系资料的河道,可根据起推断面附近的洪痕点与同流量情况下曼宁公式计算的水位建立关系,并参考相似河流实测与计算水位关系的变化趋势修正起推断面的水位~流量关系。(4)对于无实测水位~流量关系的河流,在设计洪水水位推算时还应对起推水位进行敏感性分析,即起推水位高出(或低于)某一个 $\Delta H$ 时,交叉断面处洪水水位计算成果变化是否明显,若不明显则成果基本合理,反之两者太敏感,应尽量使起推断面往下游移动,避免起推水位精度所带来计算成果的偏差。

### 2.6 局部水头损失及壅水计算

天然多沙河道水面线计算的局部水头损失,与水流形体周界(过水断面)变化的几何形状及水流的流型有关。当过水断面突然变化较大时,仅用局部能量损失的计算公式 $h_j=\xi\left(\frac{V_2^2}{2g}-\frac{V_1^2}{2g}\right)$ 来反映(计算)是不够的,应按阻水物的壅水计算考虑对水面线的影响进行修正。河道内阻水物主要有桥梁(涵)、水闸、卡口、弯道、河道堆积、圈围阻水及支流汇口等,由于这些阻水物的阻碍所产生的水面线的变化较大,故天然河道水面线推算时,必须认真考虑阻水物的壅水(局部水头损失)的影响,其壅水计算的方法可采用堰流、孔口出流及建筑物泄流等有关计算公式计算,亦可采用《公路工程水文勘测设计规范》、《中国工程师手册》等有关规程规范中推荐的壅水计算公式计算。

### 3 结语

上述天然多沙河道水面线推算几个技术问题及其处理方法,是笔者在实际工作中的经验和体会。应当指出,天然河道水面线推算基本理论与方法,是建立在河道平面形态变化不大、两推算断面间过水断面相对均

匀、河道行洪水流为恒定流等假定基础上,其推求的为断面平均水位。在实际工程中,天然河道行洪多为非恒定流,行洪断面也非相对均匀,同一行洪断面洪水水位也存在横比降,且同流量涨水时水位高于落水时水位等实际问题,因此洪水水面线推算的洪水水位常出现与洪水痕迹拟合的不太好。在设计成果的取值时除考虑上述因素外,还应考虑河弯水位超高(凹岸水位比凸岸水位超高值)、河段常年行洪的冲刷(下切)或淤积等因素的影响,提高采用成果的安全性。

参考文献:

- [1] 何书会. 汉道型河道水面线及两汉分流比推算[J]. 水文, 2000,20(1): 51-52.(HE Shuhui. Calculation of water surface and flood proration of the ramate river [J].Journal of China Hydrology, 2000,20(1):51-52.(in Chinese))
- [2] 河北省水利水电第二勘测设计研究院. 南水北调中线工程(河北省段)交叉河流水文及水力计算报告[R]. 2006.(The Second Design and Research Institute of Water Conservancy and Hydropower of Hebei.Calculation report of water conservancy and hydrology on crossed rivers of south-to-north water diversion midline project (Hebei Province) [R].2006.(in Chinese))
- [3] SL104-95, 水利工程水利计算规范[S]. (SL104-95, Regulation for Water Conservancy Computation of Water Projects [S]. (in Chinese))
- [4] 李炜. 水力计算手册(第二版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006. (LI Wei. Manual of Hydropower Calculation (2nd Edition) [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2006. (in Chinese))
- [5] 刘培斌, 耿云成, 孙东坡, 等. 河流工程问题数值模拟理论与实践[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001. (LIU Peibin, GENG Yuncheng, SUN Dongpo, et al. Theory and Practice on Numerical Simulation of River Engineering Problem [M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 2001. (in Chinese))
- [6] 河北省水利水电第二勘测设计研究院. 南水北调中线工程河北省段交叉河流“96.8”洪水调查报告[R]. 1997. (The Second Design and Research Institute of Water Conservancy and Hydropower of Hebei. Research report of flood “96.8”on crossed rivers of south-to-north water diversion midline project [R]. 1997. (in Chinese))

## How to Solve Problems in Natural River Water Surface Calculation

HE Shuhui<sup>1</sup>, YANG Yanling<sup>1</sup>, ZHAO Jianfen<sup>2</sup>, ZHAO Zhe<sup>3</sup>

(1. Second Design and Research Institute of Water Conservancy and Hydropower of Hebei Porvince, Shijiazhuang 050021, China;

2. Hebei Tianhe Consultation Company Co., LTD, Shijiazhuang 050021, China;

3. Shijiazhuang Hutuo New City Investment and Development Co., LTD, Shijiazhuang 050020, China)

**Abstract:** The change of natural sandy river water surface is in relation with river planar shape, cross shape, roughness and vegetation, river bed expansion or contraction, river bed composition, scour and silting. Taking calculation of the cross section water surface curve of the general channel of the south-to-north water diversion, several problems which need to be noticed and resolved in natural sandy river water surface calculation were analyzed. The detailed processing method and way of solving problems were put forward.

**Key words:** south-to-north water diversion project; natural river; water surface curve; roughness; head loss