

相应水位计算方法的探讨

苏枫春

河北省廊坊水文勘测研究中心

DOI:10.32629/eep.v9i1.3028

[摘要] 通过对相应水位计算方法的探讨,应用相应洪峰水位法、总涨差法、算术平均法、加权平均法及其它方法等计算相应水位,根据上游站洪峰水位(流量)过程进行演算预报下游站洪峰相应水位(流量)过程、分析计算实测流量的相应水位等,以提高下游站洪峰相应水位(流量)、实测流量的相应水位等的精度,探求洪水波在河道中的传播规律,为防洪减灾、水利工程调度、洪水演进分析提供有力技术支撑。

[关键词] 相应水位; 计算方法; 分析; 探讨

中图分类号: P731.34 **文献标识码:** A

Research on Corresponding Water Level Calculation Methods by

Fengchun Su

Langfang Hydrological Survey and Research Center, Hebei Province

[Abstract] This study investigates various methods for calculating corresponding water levels, including the peak flood water level method, total rise method, arithmetic mean method, weighted average method, and others. By applying these methods to the peak flood water level (flow) data from upstream stations, it forecasts the corresponding water level (flow) at downstream stations and analyzes the corresponding water level of measured flows. The research aims to enhance the accuracy of predicted and measured corresponding water levels, explore the propagation patterns of flood waves in river channels, and provide robust technical support for flood control, disaster mitigation, water resource management, and flood evolution analysis.

[Key words] corresponding water level; calculation method; analysis; discussion

引言

水位是指江河湖等水体的自由水面相对于某一基面的高程。相应水位是水位要素中的一个重要的组成部分,也是水位体系之一。相应水位在水文测验整编中指的是与实测流量相对应的基本水尺水位或在绘制的水位流量关系曲线上查得的与某流量相对应的水位;在水文预报中指的是某河段上、下站同位相的水位,即洪水波沿河道自上游向下游的传播过程中,同一个水文特征点(如洪峰、谷等位相点)先后通过上下游站时形成的水位。相应水位主要特点是:时间的滞后性;空间的关联性;传播的稳定性。

1 水文预报中相应水位的计算方法

河道相应水位法分析计算是根据天然河道里洪水波运动原理,分析洪水波在运动过程中,波上任一位相的水位(相当于水位过程线上某一时刻的水位)自上断面传播到下断面时的相应水位及传播速度的变化规律,寻求某种经验关系。

1.1 相应洪峰水位相关法

在一定的河段上,如果没有区间来水、河道冲淤变化以及回水顶托或分洪溃口等影响,河道与断面对洪水波的变形的影响,

可看做定值。河段下游站水位就可以通过应用已知的上游站的水位预报计算一定时间(传播时间)后的水位。

根据河段上下游站实测洪峰水位过程,摘录相应的洪峰水位值及出现的时间,点绘上下游站相应的洪峰水位关系曲线图和上游站洪峰水位与传播时间关系曲线图;建立上下游站洪峰相应水位关系式(1)和上游站洪峰水位与传播时间关系式(2)为:

$$Z_{m,t+\tau} = f(Z_{m,t}) \tag{1}$$

$$\tau = f(Z_{m,t}) \tag{2}$$

式中 $Z_{m,t}$ -上游站洪峰水位, m;

$Z_{m,t+\tau}$ -下游站相应洪峰水位, m;

τ -上游站的洪峰水位流到下游站的相应洪峰水位的传播时间, h。

在已知上游站洪峰水位的情况下,应用上下游站相应的洪峰水位关系曲线图和上游站洪峰水位与传播时间关系曲线图及式(1)、式(2),就可以预报计算下游站相应的洪峰水位。

1.2 总涨差法

当河段上下游站间距过长,其洪峰传播时间大于上游站涨洪历时,则上游站出现洪峰时,下游站还未起涨,这在一些陡涨陡落的山溪性河流中较常见的,如果仍用下游站同时水位做参数,就不能反映水面比降的影响,无法采用相应洪峰水位法推求下游站相应洪峰水位,只有应用总涨差法计算求之。

总涨差 $\sum \Delta Z$ 为本站洪峰水位 Z_m 与起涨水位 Z_0 之差。即总涨差公式(3)为:

$$\sum \Delta Z = Z_m - Z_0 \quad (3)$$

式中 $\sum \Delta Z$ -洪峰水位总涨差, m;

Z_m -洪峰水位, m;

Z_0 -起涨水位, m。

根据上下游站洪峰水位过程,分别计算出上下游站相应洪峰水位总涨差,点绘上下游站相应洪峰水位总涨差关系曲线图;建立其关系式(4)为:

$$\sum \Delta Z_{\text{下}} = f(\sum \Delta Z_{\text{上}}) \quad (4)$$

式中 $\sum \Delta Z_{\text{上}}$ -上游站洪峰水位总涨差, m;

$\sum \Delta Z_{\text{下}}$ -下游站洪峰水位总涨差, m。

在已知上游站洪峰水位总涨差($\sum \Delta Z_{\text{上}}$)的情况下,应用上下游站相应的洪峰水位总涨差关系曲线图,就可以查得下游站洪峰水位总涨差($\sum \Delta Z_{\text{下}}$)值以及下游站起涨水位,采用公式(5)为:

$$Z_{m\text{下}} = Z_{0\text{下}} + \sum \Delta Z_{\text{下}} \quad (5)$$

式中 $Z_{m\text{下}}$ -下游站相应洪峰水位, m;

$Z_{0\text{下}}$ -下游站起涨水位, m;

$\sum \Delta Z_{\text{下}}$ -同上。

计算得出下游站相应洪峰水位($Z_{m\text{下}}$)值。

1.3 以支流水位为参数的洪峰水位相关法

在有一条支流汇入的河段,根据河段上下游站及支流站实测洪峰水位过程,摘录相应的洪峰水位值及出现的时间,以支流相应水位为参数,点绘上下游站相应的洪峰水位关系曲线图,建立其关系式(6)为:

$$Z_{m\text{下}t} = f(Z_{m\text{上}t-\tau}, Z_{\text{支}t-\tau_{\text{支}}}) \quad (6)$$

式中 $Z_{m\text{下}t}$ -下游站t时刻相应洪峰水位, m;

$Z_{m\text{上}t-\tau}$ -上游站(t- τ)时刻上游站洪峰水位, m;

$Z_{\text{支}t-\tau_{\text{支}}}$ -支流站(支t- $\tau_{\text{支}}$)时刻水位, m;

τ -上游站洪峰水位传播到下游站的传播时间, h;

$\tau_{\text{支}}$ -支流站t时刻水位传播至下游站传播时间, h。

在已知上游站洪峰水位的情况下,应用以支流相应水位为参数的上下游站相应的洪峰水位关系曲线图就可以查得下游站相应的洪峰水位。

在有两条支流汇入的河段,同一条支流汇入的情况一样,根据河段上下游站及两条支流站实测洪峰水位过程,摘录相应的洪峰水位值及出现的时间,以两条支流相应水位为参数,点绘上下游站相应的洪峰水位关系曲线图,建立其关系式(7)为:

$$Z_{m\text{下}t} = f(Z_{m\text{上}t-\tau}, Z_{\text{支}1t-\tau_1}, Z_{\text{支}2t-\tau_2}) \quad (7)$$

式中 $Z_{m\text{下}t}$ -同上;

$Z_{m\text{上}t-\tau}$ -同上;

$Z_{\text{支}1t-\tau_1}$ -第1条支流站(t- τ_1)时刻水位, m;

$Z_{\text{支}2t-\tau_2}$ -第2条支流站(t- τ_2)时刻水位, m;

τ_1 -第1条支流站t时刻水位传播至下游站传播时间, h;

τ_2 -第2条支流站t时刻水位传播至下游站传播时间, h。

在已知上游站洪峰水位的情况下,应用以两支流相应水位为参数的上下游站相应的洪峰水位关系曲线图就可以查得下游站相应的洪峰水位。

1.4 以峰型系数为参数的洪峰流量相关法

在天然河道里,由于洪水波波形不同,下游洪峰流量与上游来水的峰型有直接的关系。在不同的河段,河道横断面出现突起的石梁、卡口及河段出现弯道、滩地等情况下,对上游峰型有很大影响。

根据河段上下游站实测洪峰流量过程,摘录相应的洪峰流量值,点绘以峰型系数C为参数的上下游站相应的洪峰流量关系曲线图,建立其关系式(8)为:

$$Q_{m\text{下}} = f(Q_{m\text{上}}, C) \quad (8)$$

式中 $Q_{m\text{上}}$ -上游站洪峰流量, m^3/s ;

$Q_{m\text{下}}$ -下游站洪峰流量, m^3/s ;

C-峰型系数。

峰型系数关系式(9)为:

$$C = \frac{\text{上游站洪峰流量}}{\text{上游站前 24 h 平均流量}} \quad (9)$$

式中C-同上。峰型系数的大小,反映了洪峰的胖瘦,当峰型系数越大,表示洪峰越尖瘦。

根据河段下游站实测洪峰水位流量过程,摘录洪峰流量、相应水位值,点绘洪峰水位流量关系图,建立其关系式(10)为:

$$q_{m\text{下}} = f(Z_{m\text{下}}) \quad (10)$$

在已知上游站洪峰流量的情况下,应用以峰型系数C为参数

的上下游站相应的洪峰流量关系曲线图就可以查得下游站洪峰流量,再从下游站的洪峰水位流量关系曲线图上查得洪峰的相应水位。

2 水文测验整编中相应水位的计算方法

2.1 水位流量关系曲线图上的相应水位的计算方法

水位流量关系曲线图上的相应水位是通过在绘制的水位流量关系曲线图上查得的与某流量相对应的水位值即为相应水位。

2.2 实测流量相应水位的计算方法

2.2.1 算术平均法

在实测流量过程中,因水位变化引起测流断面面积的变化,当平均水深大于1m时不超过±5%;或当平均水深小于1m时不超过±10%,在没有遇到水位峰顶或谷底的情况下,采用测流开始和终了两次水位的算术平均值作为相应水位。人工观测的相应水位计算见表1。当测流过程中跨越洪水峰顶或谷底时,要加测或摘录峰顶或谷底等转折点水位,完整控制水位的变化过程,将多次实测或摘录的水位进行算术平均计算。

表1 相应水位计算表

水尺名称	水尺编号	水尺零点高程/m	水尺读数/m	相应水位/m	平均相应水位/m
基本	P		始: 终:		

2.2.2 加权平均法

在实测流量过程中,水位的变化引起测流断面面积的变化超过上述范围时,相应水位的计算方法按(11)式计算。

$$Z_m = \frac{b_1 V_{m1} Z_1 + b_2 V_{m2} Z_2 + \dots + b_n V_{mn} Z_n}{b_1 V_{m1} + b_2 V_{m2} + \dots + b_n V_{mn}} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i V_{mi} Z_i}{\sum_{i=1}^n b_i V_{mi}} \quad (11)$$

式中 Z_m -相应水位, m;

b_i -测速垂线所代表的水面宽度, m; 其为该垂线两边的两个部分间距的平均值;在岸边垂线上,采用水边至垂线的间距再加上该垂线至下一条垂线间距的一半所得之和, m;

V_{mi} -第*i*条垂线的平均速度, ms;

Z_i -第*i*条垂线上测速时的基本水尺水位, m, 实测或摘录而得。

其中,对计算“连续测流法”实测流量的相应水位,取用垂线平均流速、部分间距、测时水位等数值代入(11)式时,所取得垂线号和施测时间,都必须同计算部分流量和断面流量时所取得的号数与时间保持一致。

由于公式(11)在推导过程中,假定相应水位 Z_m 与各条测速垂线的测时水位 Z_i 的差值 $\Delta Z_i = Z_m - Z_i$ 和各该垂线水深 d_i 之比 $\frac{\Delta Z_i}{d_i}$ 很小,而 $(\frac{\Delta Z_i}{d_i})^2$ 等高阶项可以忽略不计。因此在实际应用时,要计算 $\frac{\Delta Z_i}{d_i}$ 值,看是否满足其值很小这一条件要求。

2.2.3 其他方法

当采用其他方法计算的相应水位,与加权平均法相比,水位误差不超过±1cm或相应的流量误差不超过±2%时,可应用其他方法计算相应水位。

(1) 部分流量加权法

采用部分流量加权法计算其相应水位的公式(12)为:

$$Z_m = \frac{\sum_{i=1}^n q_i Z_i}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad (12)$$

式中 Z_m -同上;

q_i -部分流量, m^3/s ;

Z_i -部分流量相邻两侧速垂线测时水位的平均值, m。

(2) 多次实测水位平均法

采用多次实测水位平均法公式(13)为:

$$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_{n-1} + Z_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} \quad (13)$$

式中 Z_m -同上;

Z_1, Z_2, \dots, Z_n -各测速垂线的测时水位, m;

Z_i -同上;

n -测速垂线数。

在应用公式(12)和(13)计算相应水位前,应有充分的分析计算成果。可将本站之前的实测流量成果,按照不同水位级、不同涨落变幅及涨水面、落水面、跨峰、跨谷等情况选择测次,分别用部分流量加权法和多次实测水位平均法计算出相应水位,与加权平均法($b' V m$ 加权法)进行比较,从而确定出这两种方法在本站的适用范围。

3 结语

相应水位是水文要素的重要内容之一。在水文工作的实践中,通过选用适宜的相应水位计算方法,使得推求出的相应水位更加规范合理,相应水位的精度得到更好的保证。

相应水位在水利工程调度、洪水预报、河道洪水演进特性分析、历史洪水对比分析等方面具有重要意义,为防洪减灾、水利工程建设等提供有力技术支撑。

应用智慧水文系统,构建“天空地水工”一体化数据监测网络,全方位做好水文数据的监测工作。

【参考文献】

- [1]长江流域规划办公室.水文预报方法[M].北京:水利出版社,1982.
- [2]水利电力部水利司.水文测验手册第一册野外工作[M].北京:水利电力出版社,1975.
- [3]中华人民共和国水利部.河流流量测验规范:GB50179-2015[s].北京:中国计划出版社,2016.

作者简介:

苏枫春(1968--),男,汉族,河北文安人,助理工程师,从事的研究方向或者工作领域:主要从事水文测报工作。