

利用断面资料推求单一水位流量关系线的探讨

晏志伟¹, 潘 卉², 乔玲玲³, 李 逊³

(1.湖北省天门市水文水资源勘测局,湖北 天门 431700;
2.湖北省武汉市水文水资源勘测局,湖北 武汉 430071;
3.湖北省襄阳市水文水资源勘测局,湖北 襄阳 441003)

摘 要:介绍了用断面资料推求流量的基本原理和方法,提出了该方法的适用条件。以马良坪站 2010 年的实测资料为实例应用本方法推求单一的水位流量关系曲线,进一步说明了本方法的适用条件。通过对推求的水位流量关系曲线与当年实测的水位流量关系曲线对比,说明了该方法在其适用的条件下能满足无流量资料条件下的水情报汛和水文应急服务的要求。

关键词:河底坡降;水面比降;断面;水位流量关系;单一线

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)01-0073-04

1 引言

当前,水文正面临着从传统水文向现代水文,行业水文向社会水文,工程水文向资源水文、生态水文、民生水文的转变。特别是在有关民生的防灾减灾和面对突发事件时,民众和政府决策都需要及时获知水文情势,而往往这些地方是在我们没有设立水文站的位置。水位信息可以通过设立水尺、临时水位站等获取实时数据,由于没有现成的水位流量关系曲线,如何获取及时准确的实时流量信息成为摆在水文人面前的一个难题。

曼宁公式在全世界使用了一百多年,该公式有三个参数,一个是糙率,一个是水面比降,另外一个就是断面的水力几何尺寸(水力半径和断面面积)。糙率可以根据现场查勘断面的特性和河床情况在糙率表中查询选择。随着测量技术的发展,特别是 GPS(RTK)、全站仪等先进测量仪器和技术的普及,测量河渠断面几何尺寸变得简单易行,通过测量多个断面可以计算获得不同水位级的河段平均底坡。如果河段的平均底坡能替代水面比降,有了这些参数也就可以计算出各级水位的流量,由计算的流量与水位就可以建立水位流量关系线。

2 基本原理及方法

根据水力学原理可知,明渠均匀流时的水力坡度、

水面坡度和底坡三者相等。虽然天然河道很难形成明渠均匀流,天然河道的洪峰流量可以看成是恒定非均匀流。但对于某些河道顺直且断面变化不大的河段、人工整治的渠道,渠线较顺直,过水断面形状、尺寸及底坡在较长流程保持不变,且边界条件无显著变化,基本上能满足均匀流的条件,流量可按均匀流近似计算^[1]。

人们在实践中总结了明渠均匀流的实测资料,由谢才提出了著名的谢才公式:

$$v=C\sqrt{RJ} \quad (1)$$

因明渠均匀流的水力坡度 J 等于底坡 i ,则明渠均匀流的流量公式可写为:

$$Q=AC\sqrt{Ri} \quad (2)$$

前人在明渠上做了大量的实验,提出了广泛应用的计算谢才系数的曼宁公式:

$$C=\frac{1}{n}R^{1/6} \quad (3)$$

由式(2)、(3)可得广泛用于水文计算的流量公式:

$$Q=\frac{1}{n}AR^{2/3}i^{1/2} \quad (4)$$

当河段河道顺直匀整,全河段有大体一致的河宽和形状,沿程河底无深潭,底坡无突变可由实测断面资料分水级计算上、下断面的平均河底高程,用某

收稿日期:2013-12-23

作者简介:晏志伟(1982-),男,湖北孝感人,助理工程师,主要从事基层水文测整、水文分析计算与研究。E-mail:469251467@qq.com

一级水位的平均河底高程差除以断面间距得该级水位的河床坡降,用计算的各级水位的坡降与水位建立水位坡降关系曲线替代水位比降关系曲线。根据查勘断面河床组成及植被生长情况选用各级水位下的糙率资料。利用水位坡降关系、糙率和实测断面的水力几何特征参数计算各级水位的流量,由水位和计算的流量建立水位流量关系曲线。

3 实例应用

本文以马良坪水文站 2010 年资料为例应用本办法推求该站 2010 年的水位流量关系。沮河马良坪水文站集水面积 926km²,为山区二类精度巡测站,测验河段河道顺直匀整,在 6.50m(冻结基面)以下全河段有大体一致的河宽和形状,沿程河底无深潭,底坡无突变,水流畅通,无死水、回游,无变动回水影响。右岸为浆砌块石,左岸为黄粘土,河床由卵石组成。当年水位流量关系稳定为单一线。

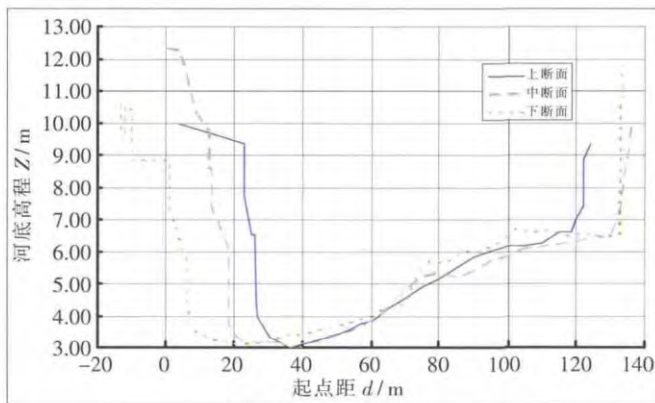


图1 马良坪站断面图

Fig.1 The section of the Maliangping station

当年实测最大流量 435m³/s,相应水位 6.27m。全年最低水位 3.45m,相应流量 1.14m³/s;年最高水位 6.34m,相应洪峰流量 458m³/s。2010 年该站实测了上、下比降断面和流速仪测流断面,上、下比降断面间距 200m,断面见图 1。

获取上、下断面的不同水位级的水面宽、面积,由面积除以水面宽得该级水位的断面平均水深,由水位减去断面平均水深得该水位级的平均河底高程,由上、下断面的平均河底高程差除以断面间距得该水位的平均河底坡降,结果见表 1。点绘水位与底坡关系见图 2。

从图 2 可以发现水位在 6.5 m 以上的点据特别散乱,分析其原因是下断面在 6.70m 左右断面突然扩散,这从表 1 的数据也可以发现,水位在 6.50 m 时水面宽为 95.9m,水位在 7.00m 时,水面宽突然增大到 131m。因而这种关系就不复存在了。

以 0.2m 为水位级差加密获取上、下断面在 6.50m 水位以下的水力特征参数,分别计算河底坡降,点绘水位与底坡关系图,图的下部点据较差,往往会出现负坡降,见图 3。根据点据的分布,主要考虑中、上部的点据,逢中定一条光滑的曲线,下部顺趋势绘制。

根据河段顺直,断面规整,水流通畅;河床为砂砾或卵石组成,床面较平整;岸壁为黄粘土查天然河道粗糙系数 n 值表^[2],表中 n 值的范围为 0.022~0.026,由于 6.50m 以下的断面组成一致,没有明显的变化,本次计算 n 值在水位 6.50m 以下均采用 0.024。根据水位坡降关系曲线和获取的各水位的中断面水力特征参数采用式(4)计算流量,计算结果见表 2。

表1 马良坪站河底坡降计算成果表

Table1 The results of the bed slope calculation for the Maliangping station

水位级 /m	上断面				下断面				河底 坡降 / 10 ⁻⁴
	水面宽 / m	面积 / m ²	平均水深 / m	平均河底高程 / m	水面宽 / m	面积 / m ²	平均水深 / m	平均河底高程 / m	
3.50	22.7	6.51	0.29	3.21	33.4	8.22	0.25	3.25	-2.00
4.00	35.3	21.2	0.60	3.40	53.0	30.4	0.57	3.43	-1.50
4.50	42.6	40.5	0.95	3.55	64.2	59.8	0.93	3.57	-1.00
5.00	50.5	63.7	1.26	3.74	65.9	92.4	1.40	3.60	7.00
5.50	58.5	91.1	1.56	3.94	69.4	126	1.82	3.68	13.00
6.00	68.6	123	1.79	4.21	81.3	164	2.02	3.98	11.50
6.50	87.2	163	1.87	4.63	95.9	210	2.19	4.31	16.00
7.00	95.6	209	2.19	4.81	131	272	2.08	4.92	-5.50
7.50	98.6	258	2.62	4.88	132	337	2.55	4.95	-3.50
8.00	99.0	307	3.10	4.90	132	403	3.05	4.95	-2.50
8.50	99.0	357	3.61	4.89	132	469	3.55	4.95	-3.00
9.00	99.6	406	4.08	4.92	143	536	3.75	5.25	-16.50

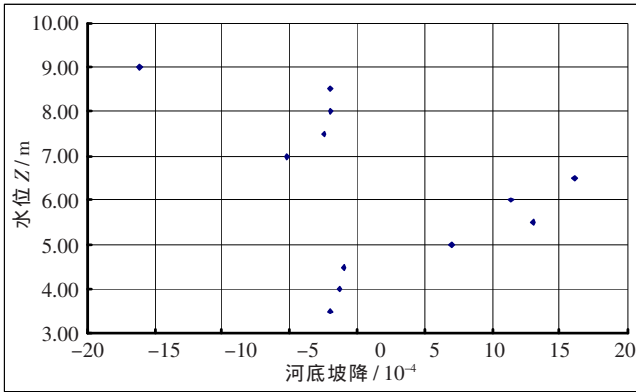


图2 马良坪站水位底坡点据图

Fig.2 The stage-bed slope scatters of the Maliangping station

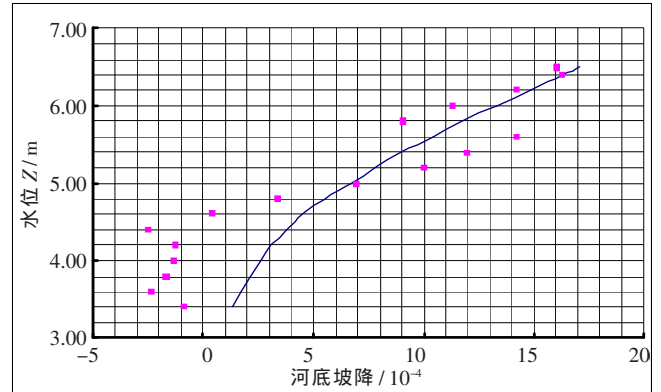


图3 马良坪站水位底坡关系图

Fig.3 The stage-bed slope relation of the Maliangping station

表2 马良坪站流量计算成果表

Table2 The stage-discharge calculation result of the Maliangping station

水位 / m	水力半径 / m	糙率	面积 / m ²	坡降 / 10 ⁻⁴	流量 / m ³ ·s ⁻¹	流速 / m·s ⁻¹
3.40	0.23	0.024	7.30	1.3	1.30	0.18
3.60	0.38	0.024	14.1	1.7	4.02	0.29
3.80	0.54	0.024	22.0	2.1	8.81	0.40
4.00	0.69	0.024	30.4	2.6	15.9	0.52
4.20	0.84	0.024	39.4	3.1	25.7	0.65
4.40	1.00	0.024	48.8	3.8	39.6	0.81
4.60	1.15	0.024	58.6	4.5	56.9	0.97
4.80	1.30	0.024	68.7	5.5	80.0	1.16
5.00	1.44	0.024	79.3	6.7	109	1.37
5.20	1.57	0.024	90.2	7.8	142	1.57
5.40	1.40	0.024	103	9.0	161	1.56
5.60	1.53	0.024	118	10.4	211	1.79
5.80	1.64	0.024	133	11.8	265	1.99
6.00	1.72	0.024	149	13.3	325	2.18
6.20	1.72	0.024	167	14.9	386	2.31
6.40	1.74	0.024	187	16.3	455	2.43
6.50	1.73	0.024	198	17.1	492	2.48

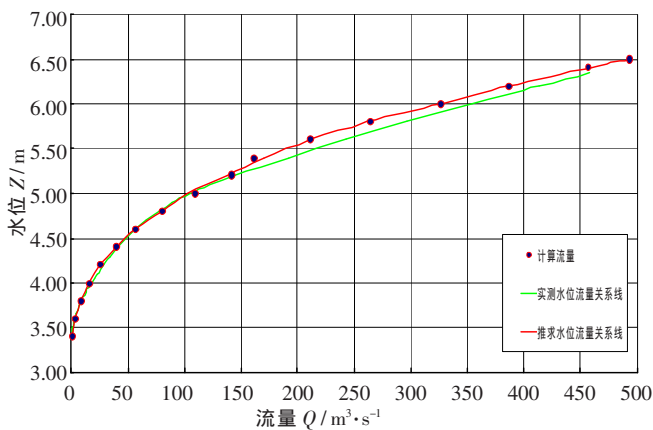


图4 马良坪站水位流量关系曲线图

Fig.4 The stage-discharge relation curve of the Maliangping station

根据表2中计算的流量与水位点绘水位流量关系点据，自点群中心绘制一条光滑的关系曲线即为利用断面资料推求的水位流量单一线，如图4中的红线。为了验证本方法的准确性，将2010年该站整编的水位流量关系线同时绘制在同一张图上，如图4中的绿线。从图上可以看出，利用断面资料推求的水位流量关系线与实测的水位流量关系线相差较小，基本能满足水情报讯和水文应急服务的要求。按利用断面资料推求的水位流量关系线推求2010年马良坪站洪峰水位6.34m的相应洪峰流量为435m³/s，比整编的洪峰流量458m³/s偏小5.0%。

利用上述方法对渔洋关站2005年的水位流量关

系进行推求,其结果也较好,见图5。2005年该站采用历年水位流量综合线推流,年最高水位16.90m,相应洪峰流量为332 m³/s。采用本方法推算的流量为345 m³/s,偏大3.9%。

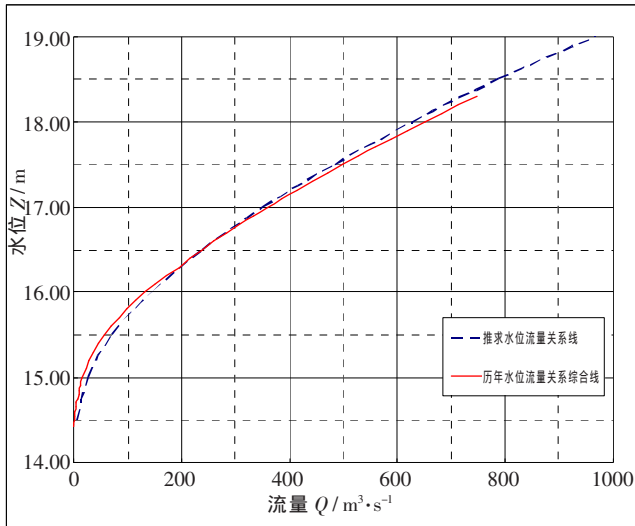


图5 渔洋关站水位流量关系曲线图

Fig.5 The stage-discharge relation curve of the Yuyangguan station

4 结语

通过以上分析与实例应用结果显示:

(1)当河段河道顺直匀整,全河段有大体一致的河宽和形状,沿程河底无深潭,底坡无突变的河段采用本方法计算水位流量关系往往能取得较好的效果。

(2)适当增加测量断面的个数,可以减少、消除河

道局部地形对计算底坡的影响,采用多个断面计算的平均河底底坡更具代表性,更能代表河段的平均底坡。

(3)在修正水位坡降关系线时,可以参考由坡降和糙率、水力半径资料计算的水位流速关系曲线,并可根据高水水位流速曲线常趋近于与纵轴接近平行的直线的特性做为修改坡降、糙率的控制条件。在无流速资料时,高水时断面平均流速可参考以下经验数值:山区:3.0~5.0m/s;山丘区:2.0~3.0m/s;平原:1.0~2.0m/s。有流速资料地区可参考本地区资料进行修正。

(4)本办法为在应对防灾减灾和面对突发水事件时获取流量数据提供了方法,在条件较好的河段往往能取得较好的效果。同时本方法也可应用于为防汛服务的中小河流、山洪防治等项目的水文水位站的流量数据获取。在实际应用中可适时的进行流量测验,根据实测流量资料对关系线进行修正,以进一步提高关系线的精度。

(5)由于本方法是根据均匀流的原理推求洪峰流量,没有考虑附加比降等的影响。根据水力学和人类积累的实践经验,该方法适用于山区河道或平原河流的上游水位流量关系成单一线的河段。

参考文献:

- [1] 刘纯义,熊宜福.水力学[M].北京:中国水利水电出版社,2005. (LIU Chunyi, XIONG Yifu. Hydraulics[M]. Beijing:China WaterPower Press,2005. (in Chinese))
- [2] 吴持恭.水力学[M].北京:高等教育出版社,2008. (WU Chigong. Hydraulics[M]. Beijing:Higher Education Press, 2008. (in Chinese))

How to Obtain Single Stage-discharge Relation Curve by Using Section Data

YAN Zhiwei¹, PAN Hui², QIAO Lingling³, LI Xun³

(1. Tianmen Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hubei Province, Tianmen 431700, China;

2. Wuhan Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hubei Province, Wuhan 430071, China;

3. Xiangyang Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hubei Province, Xiangyang 441003, China)

Abstract: The single stage-discharge relation curve was made by using the observed data from the Maliangping Station in 2010, and it proved the application condition as well. According to the comparison between actual data and inference of stage-discharge relation curve, under the application condition, the results show section information can meet the requirement of hydrology alarm and emergency service when there's no observed data.

Key words: bed slope; surface slope; section; stage-discharge relation; single curve