

Estimation and Application of River Roughness at Yangdi Hydrological Station

Yanqing Li, Hefan Wang, Xiao Zhou

The Middle Stream of Yangtze River Hydrology and Water Resources Survey, Wuhan Hubei
Email: 93345876@qq.com

Received: Feb. 5th, 2019; accepted: Feb. 20th, 2019; published: Feb. 28th, 2019

Abstract

The river roughness is one of the most important parameters in the hydrological analysis and calculation. According to the measured hydrological data at Yangdi hydrological station from 2007 to 2016, the relation between cross-section roughness and water level was analyzed. Meanwhile, the roughness deduced by the relationship was verified by the measured discharge of 2017. It indicates that the roughness estimated method based on water level and roughness relation curve is reasonable, and is useful in observing high flood discharge.

Keywords

Roughness, Hydrological Station, Flow Discharge, High Water Level Flood

杨堤(三)水文站糙率的推求与应用

黎炎庆, 王合凡, 周 晓

长江中游水文水资源勘测局, 湖北 武汉
Email: 93345876@qq.com

收稿日期: 2019年2月5日; 录用日期: 2019年2月20日; 发布日期: 2019年2月28日

摘 要

河道糙率是水文测验与分析计算中一个非常重要的参数, 通过杨堤(三)水文站及其落差站2007年~2016年共10年的实测水文资料, 分析其断面糙率与水位之间的关系, 并采用2017年实测流量对反推糙率进行验证, 探索利用水位-糙率曲线推求河道流量的方法, 以及在高水位洪水测验中作为抢测流量手段的可行性。

作者简介: 黎炎庆, 男, 工程师, 从事水文测验、整编及水文分析计算等工作。

关键词

糙率, 水文站, 流量, 高水位洪水

Copyright © 2019 by authors and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

比降-面积法是利用实测或调查测验河段的水面比降和断面面积等资料, 采用水力学公式计算河段瞬时流量的一种方法。该方法具有经济、简便、安全、迅速的特点, 能快捷地推算出瞬时流量。当客观条件十分困难或常规测验设备被洪水冲毁, 无法采用流速仪法、浮标法等测流时, 比降-面积法不失为一种较为理想的用于抢测超标洪水的方法。

比降-面积法的理论基础为曼宁公式, 公式中各要素物理概念明确, 在具有落差水位站的常规流量测验断面中, 比降、面积、水力半径均为已知参数。因此, 只要确定糙率就能推求出相应的流量。糙率反映的是河段的水流阻力特性, 一般情况应从河段实测资料反推求出。

本文以杨堤(三)水文站为研究对象, 根据实测流量资料及相应落差水位, 推求杨堤(三)站的断面糙率, 探索本站断面糙率与水位之间的关系, 以备应急时能够采用比降-面积法施测超标洪水。

2. 测站概况

杨堤(三)水文站为监测资水(东支)入洞庭湖水情的基本站, 属三类精度水文站。监测项目包括: 水位、流量和降水量观测。本站所在测验河段上下游 500 m 内较顺直, 上游约 700 m、下游约 600 m 处各有一大弯道。两岸堤身较陡, 以六角水泥板护坡, 堤脚为抛石, 河床由坚实黄土组成, 断面整体较为稳定。本河段来水受上游洪水涨落影响, 亦受下游湘水和南洞庭湖回水顶托影响。该站历年特征值如表 1 所示。

Table 1. Statistical results of water level and discharge at Yangdi hydrological station

表 1. 杨堤(三)站水位流量特征值统计表

项目	多年平均	历年最大	时间	历年最小	时间	统计年份
水位(m)	28.69	37.03	1996.07.21	25.14	1992.12.19	1951~2012
流量(m ³ /s)	474	2340	1998.06.14	-834	1994.06.20	1955~2012

白马寺(二)水位站位于杨堤(三)站下游约 23 km 处, 为杨堤(三)站的落差辅助站, 两站之间无支流汇入或流出(原西林港、红旗渠和南湖哑河均被封堵)。两站所处区域位置如图 1 所示。

3. 数据选择

本文选取杨堤(三)站 2007 年~2016 年共 10 年的实测大断面、流量、水位及白马寺(二)站同时期水位等资料, 通过曼宁公式对杨堤(三)站的断面糙率进行反推, 并建立水位与糙率之间的关系; 然后采用 2017 年实测流量资料对反推的糙率进行验证。因两站高程值均采用江 BPM51-33' 作为水准引据点, 冻黄差为同一数值, 故均采用其冻结水位进行水位及比降计算。



洞庭湖区水文站网分布图

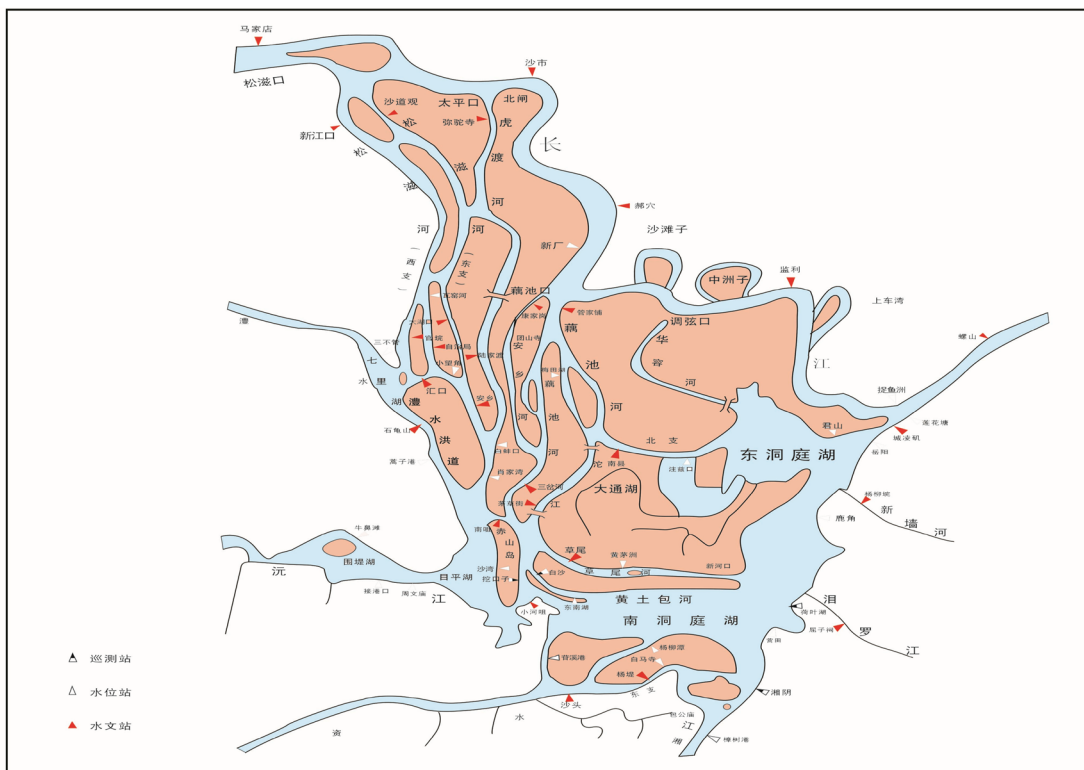


Figure 1. Sketch map of the water system at Yangdi hydrological station

图 1. 杨堤(三)站区域水系站网布置图

4. 推算成果

天然河道，特别是平原水网区河道，难以找到完全满足曼宁公式使用条件的河段。曼宁公式作为一个经验公式，是在均匀流态中推导出的。严格的说，天然河道的水流受制于河道及边界条件等影响，恒定均匀流基本不存在，只有在水位较为平稳或洪峰出现并持续的短时间内，方可近似视为均匀恒定流。但以现有的科学技术水平，经验公式中只有曼宁公式的使用条件较为贴近天然河道情况。而且，目前国内也有类似地区的测站采用此法进行推流整编，因此，本文以杨堤(三)水文站为例，参照曼宁公式进行大胆的尝试，探索其断面糙率与水位之间的关系。

曼宁公式为：

$$Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \tag{1}$$

式中： Q 为流量， m^3/s ； n 为糙率； A 为过水面积， m^2 ； R 为水力半径， m ； S 为能面比降(文中以水面比降代替)。

经分析，杨堤(三)站 2007 年~2016 年共 10 年 246 次实测流量，其中有 9 次因湘水顶托较为严重，水位落差小于 0.11 m，不能很好地反映本站的真实比降，予以剔除[1]。通过其余 237 次实测流量资料，采用曼宁公式反推出糙率 n ，与对应水位 H 点绘在图上，并通过点群中心拟合趋势线，如图 2 所示。

从图 2 可以看出：所有样本水位变幅在 26.17~35.62 m 之间，点群趋势性较明显，线型是标准的反向曲线，符合河床糙率一般变化规律，同时还具有以下特点：

1) 在 30.00 m 以下的低水位部分，糙率的整体趋势是随水位升高而减小，但点据分布较为散乱。究其原因是在水位较低时，水流受水流边界变化影响的敏感度强，断面平均水深与水力半径相差较大，同一水位级，推

算出的糙率最大相差 0.010。

2) 在 30.00 m 以上的中高水位部分, 糙率随水位的变化幅度明显减小, 趋向于一个常数, 约为 0.017, 个别偏离中心线的点据最大偏离值为 0.004。

经统计, 当杨堤(三)站水位在 30.00 m 以上时, 采用 0.017 作为断面糙率值, 其标准差 Se 为 8.3%, 系统误差为 1.6%, 精度满足相关规范要求[2]。

作为抢测超标洪水的备用方案, 本文重点关注中高水时的断面糙率, 因此, 为验证反推糙率的可靠性, 用其推算 2017 年杨堤(三)站水位在 30.00 m 以上测点流量, 并与实测流量进行比较。验证结果如表 2 所示。

从表中可以看出: 当水位在 30.00 m 以上并外延至 36.58 m 时, 采用 0.017 的糙率值, 推算流量与实测流量较为接近, 其最大相对误差为 6.9%, 最小相对误差为 0, 精度满足相关规范要求[2]。精度检验如表 3 所示。

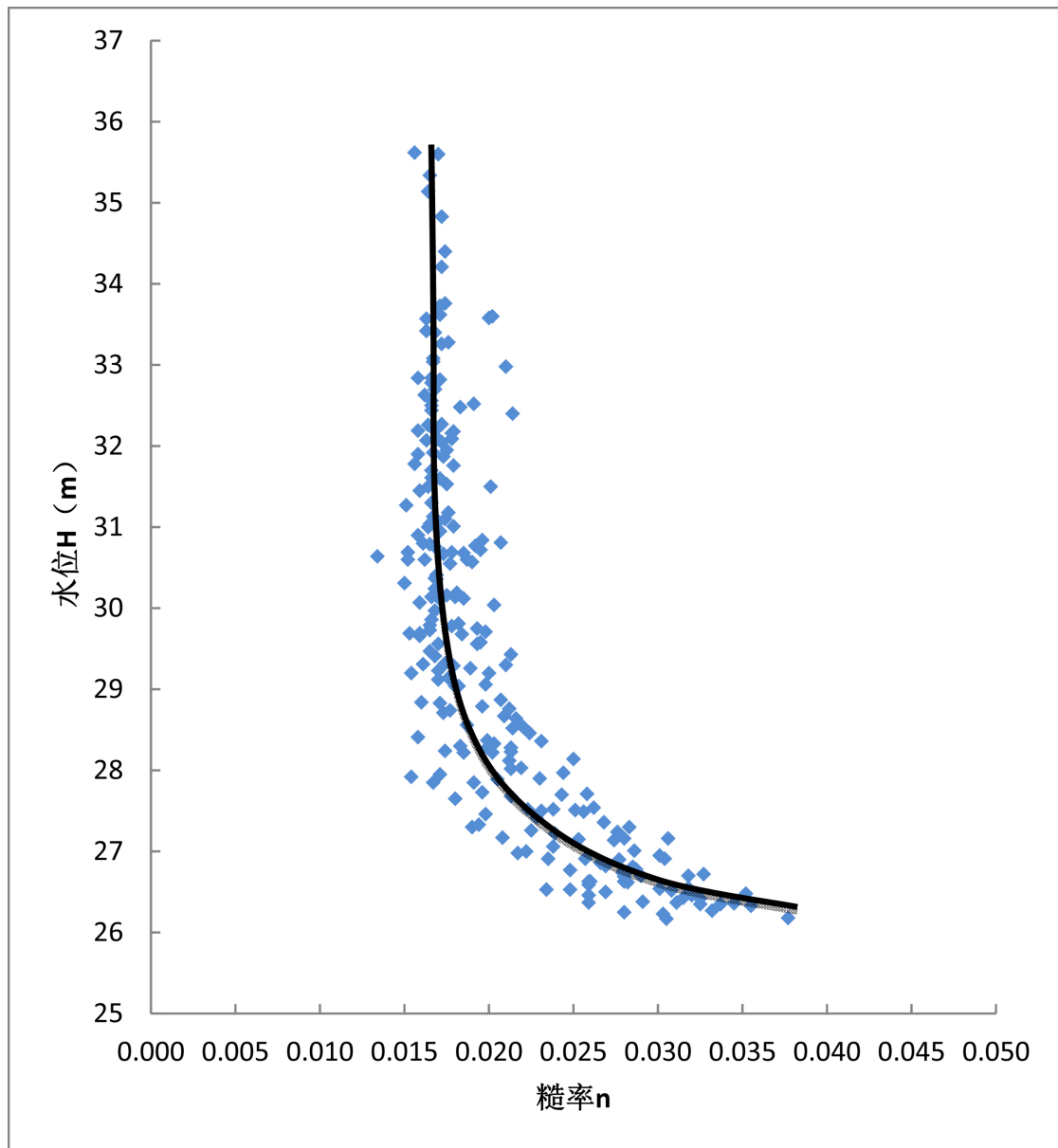


Figure 2. Relationship between water level and discharge at Yangdi hydrological station
图 2. 杨堤(三)站水位 - 糙率关系图

Table 2. Results of calculated and measured discharges at Yangdi hydrological station in 2017**表 2.** 杨堤(三)站 2017 年实测流量验证结果统计表

序号	水位(m)	落差(m)	实测流量(m ³ /s)	推算流量(m ³ /s)	相对误差(%)
1	30.22	1.15	1020	1090	6.9
2	31.71	1.10	1410	1410	0.0
3	32.18	0.58	1100	1110	0.9
4	32.62	1.51	1850	1930	4.3
5	32.72	1.25	1750	1790	2.3
6	33.21	0.68	1450	1420	-2.1
7	34.22	0.36	1210	1200	-0.8
8	35.04	0.65	1820	1810	-0.5
9	35.70	0.78	2200	2170	-1.4
10	36.12	0.75	2260	2240	-0.9
11	36.53	0.48	1930	1890	-2.1
12	36.58	0.31	1470	1530	4.1

Table 3. Precision test results of observed discharge at Yangdi hydrological station**表 3.** 杨堤(三)站 2017 年实测流量验证结果精度检验统计表

样本容量	N = 12	正号个数: 5.5	符号交换次数: 4
符号检验	u = 0.00	允许: 1.15 (显著性水平 a = 0.25)	合格
适线检验	u = 0.60	允许: 1.64 (显著性水平 a = 0.05)	合格
偏离数值检验	t = 1.07	允许: 1.75 (显著性水平 a = 0.10)	合格
标准差	Se(%) = 3.2	随机不确定度(%): 6.4	系统误差(%): 0.9

5. 结语

综上所述,采用水位-糙率曲线推求河道流量的方法,在杨堤(三)站高洪测验中作为抢测流量的手段是可行的。曼宁公式在平原河网中具有一定的适用性,特别是在断面较为稳定、规整的河道,能较好地建立糙率与水位的关系,尤其在中高水位时,糙率与水位的关系稳定单一。因此,建议对有条件的测站进行糙率分析,当常规测验方法不能进行超标洪水测验时,可直接采用曼宁公式进行推流,其计算简便,成果可靠。

参考文献

- [1] 朱晓原,等. 水文测验实用手册[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
ZHU Xiaoyuan, et al. Manual for hydrological measurement. Beijing: China Water & Power Press, 2013. (in Chinese)
- [2] 河流流量测验规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2016.
Code for liquid flow measurement in open channels. Beijing: Planning Publication of China, 2016. (in Chinese)