

涡河蒙城新闻堰闸流量系数定线分析

于品正

阜阳水文水资源局蒙城闸水文站

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6059

[摘要] 涡河蒙城新闻建设工程位于蒙城县城关北的涡河干流上,距蒙城老闸下游约10.3km,河道开阔,左岸有大片滩地,最大堤距950m。2022年5月蒙城新闻通蓄水后,为了水文测验的准确与水情预报的及时报送,使用超声波多普勒流量流速剖面仪ADCP和流速仪对蒙城新闻淹没式孔流状态下的各级流量进行了多次实地测验,并对流量进行率定分析,拟合出蒙城新闻的淹没式孔流水位流量关系曲线,为更高效管理提供参考依据。

[关键词] 蒙城新闻; 定线; 流量系数; 水文分析

中图分类号: P331 文献标识码: A

Calibration and Analysis of the Discharge Coefficient Curve of the New Mengcheng Sluice on the Guohe River

Pinzheng Yu

Mengchengzha Hydrological Station of Fuyang Hydrological and Water Resources Bureau

[Abstract] The Mengcheng New Sluice Construction Project on the Guohe River is located on the main stream of the Guohe River north of Mengcheng County's Chengguan area, approximately 10.3km downstream from the old Mengcheng Sluice. The river channel is wide, with a large stretch of beach on the left bank and a maximum embankment distance of 950m. After the Mengcheng New Sluice was filled with water in May 2022, in order to ensure accurate hydrological measurements and timely submission of water regimen forecasts, ultrasonic Doppler current profiler (ADCP) and current meters were used to conduct multiple field tests on various levels of flow under the submerged orifice flow condition of the Mengcheng New Sluice. Calibration analysis was conducted on the flow rate, and a submerged orifice flow rating curve for the Mengcheng New Sluice was fitted, providing a reference basis for more efficient management.

[Key words] Mengcheng New Sluice; Alignment; Flow Coefficient; Hydrological Analysis

1 新闻现状简介

蒙城新闻枢纽是涡河上一座集防洪、排涝、蓄水灌溉、交通航运于一体的大(2)型水利工程^[1]。现状枢纽需扩建,蒙城县要求将枢纽移址建设,新址距离涡河蒙城老闸约10.3km,以兼顾城市水环境和涡河生态经济带建设。

蒙城新闻枢纽于2023年1月正式开展水文测验工作,共16孔,每孔净宽10m,闸底板顶面高程16.50m,泄洪能力按20年一遇洪水设计,流量为2400m³/s; 50年一遇洪水校核,流量为2900m³/s。闸上设计蓄水位维持原正常设计蓄水位25.32m不变。

2 数据来源及方案

2.1数据来源与采集。本研究的数据主要来源于涡河蒙城新闻闸上游与闸下游水位站的2023-2024年的运行记录,包括不同水位、闸门开度下的流量数据。记录数据由安装在闸址处的自动水位计实时收集,确保了数据的准确性和实时性。此外,还收

集了涡河的历史水文数据,用于对比分析。

2.2研究方法。研究采用流量系数线定线分析法,这是一种常用的水文学方法,通过建立水位与流量之间的关系模型,来确定流量系数。具体步骤包括:首先对收集到的数据进行预处理,去除异常值;然后利用水文模型进行模拟,分析不同水位和闸门开度对流量的影响;最后,根据模拟结果优化流量系数线,提高流量预测的准确性^[2-5]。

2.3测验精度的把控。蒙城新闻枢纽自建闸至今共出现过淹没堰流和淹没孔流两种流态,由于新闻建成后其正常蓄水情况下堰闸流态主要为淹没孔流,淹没堰流出现情况较少且无法满足定线需求,故此次仅对淹没孔流进行流量系数的定线过程分析,为把控好测验精度在资料收集时采取以下几点措施:

(1)闸门开启高度是否准确是关系到流量系数率的准确性,对闸管所报来的闸门变化数据实际观看核实,根据情况可实际

测量,并做好闸门开启记录。(2)对上下游遥测水位进行校正,使人工水位与遥测水位保持一致。(3)流态观测以目测为主,当遇到不易识别的流态,以及缺乏流态判别采用水文测验实用手册中平底闸 $e/H-h_1/H$ 关系流态判别图判别。(4)蒙城新闻流态以淹没孔流为主,淹没式孔流采用水文资料整编规范相关公式计算流量系数,以主要影响因素(Δz 、 $e/\Delta z$)指标,主要影响因素变化0.10m左右幅度布设流量测次,使影响因素上中下部布设大致均匀。

3 流量率定建模分析

表1 蒙城新闻(闸下游)站2023-2024年流量系数计算表

流量测次	上下游水位差	开启孔数	孔宽	开高	过水面积	流量	相关因素	流量系数
	ΔZ		b	e	b*e	Q	$e/\Delta Z$	M实
1	5.41	4	40	0.1	4	20.4	0.018	2.19
2	3.56	16	160	0.4	64	330	0.112	2.73
3	5.01	12	120	0.1	12	64.6	0.02	2.41
4	3.6	16	160	0.4	64	332	0.111	2.73
5	4.42	10	100	0.32	32	179	0.068	2.66
6	4.48	12	120	0.2	24	135	0.045	2.66
7	4.4	16	160	0.12	19.2	94.8	0.027	2.35
8	2.73	16	160	0.71	112.8	495	0.258	2.66
9	4.03	16	160	0.3	48	252	0.074	2.62
10	1.62	16	160	0.83	133	444	0.512	2.62
11	2.03	16	160	0.73	117	430	0.36	2.58
12	1.67	16	160	0.71	114	405	0.425	2.77
13	2.74	16	160	0.635	101.6	466	0.228	2.77
14	2.88	16	160	0.42	67.2	300	0.146	2.63
15	4.6	16	160	0.118	18.9	98.4	0.023	2.43
16	4.64	16	160	0.229	36.6	199	0.049	2.52

2023-2024年间采用ADCP实测流量测验成果的16个测次的流量数据,蒙城新闻闸底板为平底闸门高程为16.50米,根据《水工建筑物与堰槽测流规范》(SL 537-2011)闸下出现淹没水跃,水跃前端接触闸门,闸下水头高于闸门底边,既闸下水头大于闸门开启高度,根据规范要求经过实地测验得出16个流量测次流态为淹没式孔流,该节制闸孔淹孔采用6号计算公式,流量系数M2相关计算见公式1:

$$M_2 = \frac{Q}{Be\sqrt{\Delta z}} \tag{1}$$

式中： M_2 —淹没孔流流量系数； Q —流量； B —闸门开启总宽； e —闸门平均开启高度； Δz —上下游水位差

本站利用堰闸流量系数法定线推流,以影响因素进行高、中、低部划分并计算得出蒙城新闻(闸下游)断面流量系数计算表,见表1。根据表1实测流量相关关系绘制 $e/\Delta z-M_2$ 关系线图(图1)。

蒙城新闻(闸下游)站整编采用堰闸流量系数计算公式推流,根据该站特性,淹没式孔流： $e/\Delta z$ 在0.12以下为下部， $e/\Delta z$ 在0.12以上0.25以下为中、0.25以上为上部，当 $e/\Delta z \geq 0.26$ 时系数线稳定， M_2 稳定值为2.68,历年最大变幅为0.494。

根据相关因素点绘出来的关系曲线,在蒙城新闻(闸下游)站淹没式孔流临时系数线检验表(如表2)的三种检验后,得到的流量系数关系曲线可以作为涡河蒙城新闻枢纽工程启用后的推流曲线。

经过对2023-2024年16份实测流量分析得出,蒙城新闻(闸下游)站淹没式孔流线比较稳定,根据要求合并定线10个实测流量点以上的需要进行三种检验及不确定度分析,根据表二数据得出下列三种检验结论:

第一种符号检验:在16个流量测点里正号个数6个,通过计算满足 $u < u_{1-\alpha/2}$ 的判定条件,判定此关系线合理,即接受检验。

第二种适线检验:按测点将 $e/\Delta z$ 由低至高排列顺序,分析测点偏离正负号变动情况,统计出符号变换次数k为10,根据规范要求当 $k \geq 0.5(n-1)$ 不做此检验,经过计算 $k > 0.5(n-1)$ 因此得出本次偏离系数检验免检,同时判定此定线合理且通过了适线检验。

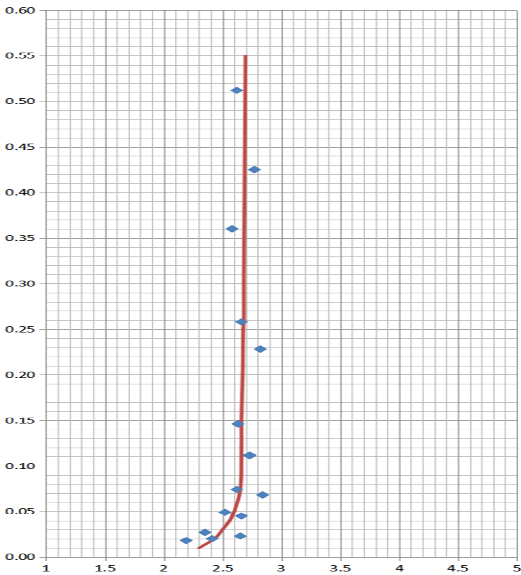


图1 蒙城新闻水文站淹没式孔流流量系数关系曲线
注：Y轴为相关因素： $e/\Delta z$ ；X轴为流量系数： M_2 。

第三种检验偏离数值检验：进行偏离数值检验时，当 $|t| < t_{1-\alpha/2}$ 则认为合理， $|t| = 0.84$ 小于 $t_{1-\alpha/2}$ 允许值 1.73，即接受检验。

综上数据得出新绘制的蒙城新闻淹没式孔流流量系数线可过三种检验，此外根据《水文资料整编规范》（SL/T 247-2020）堰闸站水力因素关系定线精度指标，一类精度的水文站定线时随机不确定度不得超过 10%，系统误差不超过 ±2%，本次定线随机不确定度 7.2%，系统误差 -0.7% 均满足定线要求，因此本次淹没式孔流流量系数线定线成果可用。

表2 涡河蒙城新闸（闸下游）站淹没孔流关系检验计算表

序号	施测号数	$e/\Delta Z$ (m)	校正因素M实	线上校正因素M2	偏差P (%)	P(i)-P(平)	[P(i)-P(平)] ²
1	1	0.018	2.19	2.4	-8.75	-8.03	64.48
2	3	0.02	2.41	2.43	-0.82	-0.1	0.01
3	15	0.023	2.43	2.45	-0.82	-0.1	0.01
4	7	0.027	2.35	2.48	-5.24	-4.52	20.43
5	6	0.045	2.66	2.58	3.1	3.82	14.59
6	16	0.049	2.52	2.6	-3.08	-2.36	5.57
7	5	0.068	2.66	2.64	0.76	1.48	2.19
8	9	0.074	2.62	2.65	-1.13	-0.41	0.17
9	4	0.111	2.73	2.66	2.63	3.35	11.22
10	2	0.112	2.73	2.66	2.63	3.35	11.22
11	14	0.146	2.63	2.66	-1.13	-0.41	0.17
12	13	0.228	2.77	2.67	3.75	4.47	19.98
13	8	0.258	2.66	2.68	-0.75	-0.03	0
14	11	0.36	2.58	2.68	-3.73	-3.01	9.06
15	12	0.425	2.77	2.68	3.36	4.08	16.65
16	10	0.512	2.62	2.68	-2.24	-1.52	2.31
样本容量：N =16		正号个数： 6				符号交换次数： 10	
符号检验：u=0.75		允许： 1.15(显著性水平 $\alpha=0.25$)				合格	
适线检验：U=-1.55		免检					
偏离数值检验： $ t =0.84$		允许： 1.73(显著性水平 $\alpha=0.10$)				合格	
标准差：Se(%)=3.6		随机不确定度(%)： 7.2				系统误差(%)： -0.7	

4 流量率定成果的应用

以2024年实测数据为例，蒙城新闻闸上年平均水位为 23.39m，蒙城新闻闸下游年平均水位为18.20m上下游水位差为 5.19，根据公式1计算出当闸门开启孔数16开启高度0.10m，相关因素 $e/\Delta Z$ 为0.019，根据图1查线 M_2 值为2.40，代入流量计算公式

$Q = 2.40 * 160 * 0.10 * \sqrt{5.19}$ ，计算结果保留三位有效

数字流量为87.5m³/s。以此类推当水位计水位不变情况下开启孔数16开启高度0.20m，相关因素 $e/\Delta Z$ 为0.039根据（图一）查线M2

值为2.55，代入流量计算公式 $Q = 2.55 * 160 * 0.20 * \sqrt{5.19}$

计算结果保留单位有效数字流量为186m³/s。可见当掌握开关闸报讯时上游水位、下游水位、闸门开启孔数、闸门开启高度等数据时，代入该拟合曲线可直接得出相应的流量数据，可以更准确、高效的提供所需的流量数据。

5 结语

蒙城新闻修建后闸底板高程、孔数、闸门宽相较于原蒙城老闸均发生变化，原老闸的自由孔流现变为淹没孔流，为满足水文资料整编与报讯的要求，对蒙城新闻淹没式孔流流量系数进行率定，流量测验时实地核实闸门开启的高度与孔数，从测验的源头上提高淹没孔流定线的精度。

本次流量率定虽然定出淹没式孔流曲线，但在测点、测点密集度方面存在欠缺，下一步将持续监测新闻的水位、流量、闸门开高、开宽等水文数据，进一步探索不同水文条件下流量系数的变化规律，以提高流量预测的准确性，新闻闸下断面顺直、规整，水位流量关系受其他影响因素小，可以通过安装在线流量系统，经过一定时间的比测、分析，与流量系数线相互验证，直至在线流量可以用于整编，会大大提高工作效率，同时将考虑引入更多的先进技术和方法，如人工智能和大数据分析，以优化流量系数线的定线过程不断完善蒙城新闻相关因素与流量系数关系的关系曲线，为蒙城新闻的水文测报工作提供有力保障。

[参考文献]

[1]于品正.涡河蒙城新闸枢纽工程启用对老闸枢纽流态变化的分析[J].水上安全,2023,(08):184-186.
[2]季亚磊.亳州市中小河流水文站堰闸流量系数率定及分析[J].陕西水利,2023,(06):30-33.
[3]白传贞,孙飞,孔凡奇.南水北调东线一期江苏段工程邳州泵站流量系数率定[J].江苏水利,2022,(08):49-51.
[4]陈整风.涡河大寺闸维修加固后流量系数变化分析[J].江淮水利科技,2018,(01):40-41.
[5]王成,孙正兰,李江艳,等.落差指数法在沿江大型水闸淹没堰流定线中的应用[J].江苏水利,2017,(08):11-15.
作者简介：
于品正(1993--),男,安徽蒙城人,助理工程师,主要从事水文测验水文资料整编等工作。