

# 马甸港闸水文站水位流量关系分析

房照娟, 曹小伟, 张彩云, 刘国钧

(江苏省水文水资源勘测局泰州分局, 江苏 泰州 225300)

**摘要:**结合马甸港闸水文站工程情况、设站目的和水文特性,依据 2015—2019 年引水共 59 潮次、排水共 60 潮次实测点据,对该站引水一潮平均流量及最大流量、排水一潮等相关性进行综合分析,为该站实行间测、校测代替常年施测提供数据支撑。

**关键词:**水文站;水位;流量;关系分析

中图分类号:TV123

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)01-0050-04

## Analysis on the relationship between water level and discharge of the hydrological station of Madian Port Sluice

FANG Zhaojuan, CAO Xiaowei, ZHANG Caiyun, LIU Guojun

(Taizhou Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Taizhou 225300, Jiangsu)

**Abstract:** Combined with the engineering situation, design purpose and hydrological characteristics of Madian Port Sluice hydrological station, according to the measured data of 59 tides (diversion) and 60 tides (drainage) in 2015 ~ 2019, the average flow and maximum flow of diversion tide, drainage tide were comprehensively analyzed, which provided data support for the implementation of inter survey and calibration instead of perennial survey.

**Key words:** hydrological station; water level; flow; relationship analysis

## 1 概 况

古马干河是横贯高沙土区中部的主要引、排、航骨干河道,也是一条跨县(市)的骨干河道,全长 42.5 km。西起高港区永安洲江口,东至泰兴与海安界沟。多年来有一定的淤积,1998—1999 年对其进行疏浚整治,恢复了河道原设计标准,河势基本稳定,水位涨落受马甸港闸闸门控制。

马甸港闸是泰兴及通南地区长江防洪屏障的重要组成部分,1958 年建成,2002 年 10 月完成大修加固。该闸为 5 孔中型节制闸,每孔净宽 7.0 m,3 级水工建筑物,设计引水流量  $180 \text{ m}^3/\text{s}$ 、排水流量  $110 \text{ m}^3/\text{s}$ ,闸顶高程 8.0 m,闸底高程 -0.33 m。

马甸港闸水文站是古马干河入江的唯一流量

控制站,属长江感潮闸坝站,它承担着为工农业生产、防汛防旱、工程管理、规划设计、水文预报、水资源评价、水环境调水等提供水文基本信息<sup>[1]</sup>。该站闸上游水尺断面距闸 45 m,闸下游水尺断面距闸 266 m,测流断面距闸 266 m。

## 2 流量测验及历年流量定线方法

### 2.1 流量测验

马甸港闸水文站自设站以来,流量测验采用电动水文缆道测流<sup>[2]</sup>。流速在断面上具有良好的分布规律,单断关系相对稳定,在潮流量测验中,流量测验以简测法为主,常测法测验一般为一潮 1 ~ 2 次。垂线流速采用二点法施测,长江感潮河段,流速变化快,单个测点测速历时不低于  $60 \text{ s}$ <sup>[3]</sup>。根据

收稿日期:2019-11-18

作者简介:房照娟(1981—),女,工程师,主要从事水文水资源相关工作。

测站任务书要求,该站报汛与资料整编成果要求为日(旬、月)潮次引排水量,不对瞬时流量值有要求。

2.2 历年流量定线方法

马甸港闸水文站引排水量均采用一潮推流法定线整编。相关因子取用该站闸上游开闸时稳定水头和引排水过程中有效波高,一潮引水平均流量、一潮引水最大流量、一潮排水最大流量、一潮排水水量公式分别为

$$\overline{Q} = K(\Delta Z \cdot h_u)^n \tag{1}$$

$$Q_m = K(\Delta Z \cdot h_u)^n \tag{2}$$

$$Q_m = KQ_p \tag{3}$$

$$W = K(T \cdot \Delta Z \cdot h_u)^n \tag{4}$$

式中: $\overline{Q}$ 、 $Q_m$ 、 $W$ 为一潮平均流量、一潮最大流量, $\text{m}^3/\text{s}$ 和一潮水量( $10^4\text{m}^3$ ); $\Delta Z$ 为有效波高(m) $\Delta Z = Z_{u_{\text{高}}} - Z_{u_{\text{开}}}$ , $h_u = Z_{u_{\text{开}}} + \text{闸底高程}$ ;其中 $Z_{u_{\text{开}}}$ 为开闸稳定水位(m), $Z_{u_{\text{高}}}$ 为最高水位(m); $K$ 为系数; $n$ 为指数。

其中,系数、指数采用逐步图解法确定,也可借助电脑按线型自动生成。

该站所用引水的水位-流量关系为2015—2019年合并定线,关系公式及定线精度<sup>[4]</sup>见表1,关系图见图1、图2;排水的水位-流量关系为2015—2019年合并定线,关系公式及定线精度见表2,关系图见图3、图4。

表1 2015—2019年(引水)水位-流量关系合并定线情况

类别	一潮平均流量	一潮最大流量
关系公式	$\overline{Q}_p = -91.5(\Delta Z \cdot h_u)^{0.80}$	$Q_m = -148.9(\Delta Z \cdot h_u)^{0.80}$
测点数	59	59
相对误差	0.08%	0.15%
测点误差平方和	4328.0	2622.9
测点标准差	8.7%	6.8%

表2 2015—2019年(排水)水位-流量关系合并定线情况

类别	一潮水量	一潮最大流量
关系公式	$W = 15.4(T \cdot \Delta Z^{0.5} \cdot h_u^{1.5})^{1.25}$	$Q_m = 2.06 Q_p^{0.924}$
测点数	60	60
相对误差	0.18%	-0.80%
测点误差平方和	4915.0	2101.5
测点标准差	9.2%	6.1%

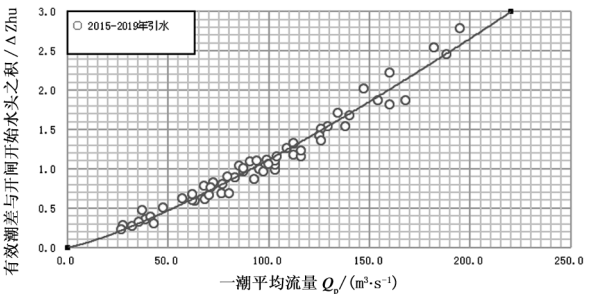


图1 马甸港闸站2015—2019年一潮引水 $Q_p - \Delta Z_{hu}$ 关系

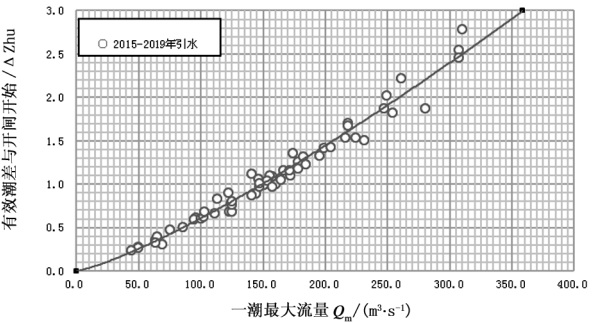


图2 马甸港闸站2015—2019年一潮引水 $Q_m - \Delta Z_{hu}$ 关系

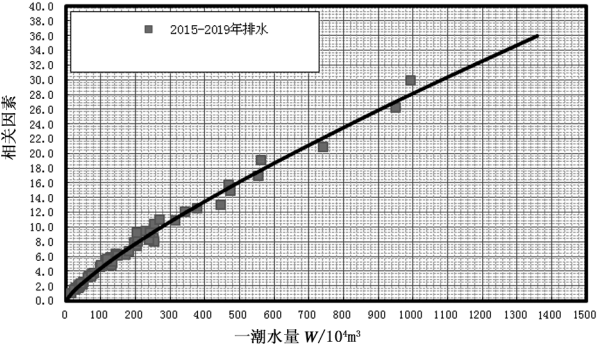


图3 马甸港闸站2015—2019年一潮排水水量关系

3 综合定线分析与检验

3.1 综合定线分析

从历年校测检验情况看,水位-流量关系均未发生显著变化,各年测点来自同一个总体样本,可

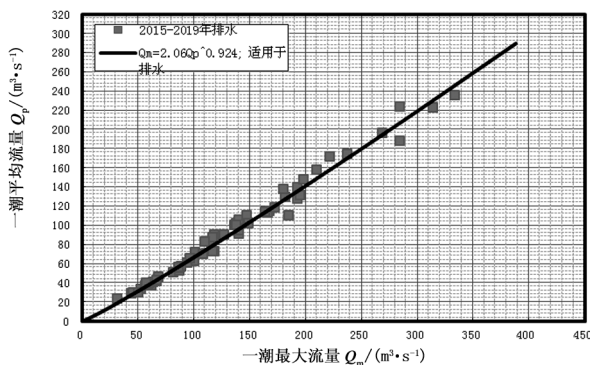


图4 马甸港闸站 2015—2019 年一潮排水最大流量关系进行综合定线。根据《水文测验整编规范》(SL247—2012),综合定线采用 2015—2019 年全部 5 年实测引水流量资料,引水共计 59 测次、排水共计 60 测次。

通过对 2015—2019 年实测流量资料分析、定线,引水一潮平均流量及最大流量水位-流量关系线公式、排水一潮水量及最大流量-平均流量关系线公式为

$$\bar{Q} = 91.5(\Delta Z \cdot h_u)^{0.80} \quad (5)$$

$$Q_m = 148.9(\Delta Z \cdot h_u)^{0.80} \quad (6)$$

$$W = 15.4(T \cdot \Delta Z^{0.5} \cdot h_u^{1.5})^{1.25} \quad (7)$$

$$Q_m = 2.06 Q_p^{0.924} \quad (8)$$

### 3.2 综合线精度

#### (1) 引水一潮平均流量线精度

测点相对误差在不大于  $\pm 10\%$  以内占测点总数的 79.7%,在不大于  $\pm 15\%$  以内占测点总数的 93.2%,在不大于  $\pm 20\%$  以内占测点总数的 98.3%,在不大于  $\pm 30\%$  以内占测点总数的 100%,最大相对误差为  $-27.2\%$ ,测点标准差  $Se = 8.7\%$ 。

#### (2) 引水一潮最大流量线精度

测点相对误差在不大于  $\pm 10\%$  以内占测点总数的 86.4%,在不大于  $\pm 15\%$  以内占测点总数的 98.3%,在不大于  $\pm 20\%$  以内占测点总数的 100%,最大相对误差 18.8%,测点标准差  $Se = 6.8\%$ 。

#### (3) 排水一潮最大流量线精度

测点相对误差在不大于  $\pm 10\%$  以内占测点总数的 95%,在不大于  $\pm 15\%$  以内占测点总数的 96.7%,在不大于  $\pm 20\%$  以内占测点总数的 100%,最大相对误差为  $-16.8\%$ ,测点标准差  $Se = 6.1\%$ 。

#### (4) 排水一潮水量线精度

测点相对误差在不大于  $\pm 10\%$  以内占测点总数的 70%,在不大于  $\pm 15\%$  以内占测点总数的 93.3%,在不大于  $\pm 20\%$  以内占测点总数的 98.3%,在不大于  $\pm 25\%$  以内占测点总数的 100%,最大相对

误差为 21.9%,测点标准差  $Se = 9.2\%$ 。

测点标准差成果见表 3。

表 3 测点标准差成果表

序号	项目	测点标准差 $Se/\%$
1	引水一潮平均流量线精度	8.7
2	引水一潮最大流量线精度	6.8
3	排水一潮最大流量线精度	6.1
4	排水一潮水量线精度	9.2

### 3.3 检验分析

根据《水文资料整编规范》(SL247—2012),对一潮引水平均流量、最大流量及一潮排水最大流量、排水一潮水量的综合水位-流量关系线进行符号检验、适线检验和偏离检验。

#### (1) 符号检验

通过计算,马甸港闸水文站水位-流量关系线均通过符号检验。详情见表 4。

#### (2) 适线检验

通过计算,马甸港闸水文站水位-流量关系线均通过适线检验。详情见表 5。

#### (3) 偏离检验

通过计算,马甸港闸水位站流量关系线均通过偏离检验。详情见表 6。

综上分析,马甸港闸水文站一潮引水平均流量、最大流量及一潮排水最大流量、排水一潮水量的综合水位-流量关系线均通过三项检验,符合定线要求。

## 4 结 语

通过对马甸港闸水文站 2015—2019 年水位流量关系曲线分析,综合定线能够满足引排水流量(水量)的推求,但是仅限于正常堰流情况下推流,不适用于孔流情况下引排水的推流,对于工程运行中偶尔出现的孔流引排水流量(水量),必须根据实测资料进行分析定线,在分析无果时直接采用实测资料进行资料整编。

马甸港闸正常引水、排水水位-流量关系分析成果具有系列较长、测次多、代表性好、精度高的特点,能够准确推算出正常引水、排水条件下一潮水量、平均流量和最大流量。通过对马甸港闸正常引水、排水 5 年资料综合研究表明:在古马干河、马甸港闸工情已稳定的情况下,该站可实行间测、校测

表 4 水位-流量关系曲线符号检验成果

项目	符号	引水—潮平均流量		引水—潮最大流量		排水—潮最大流量		排水—潮水量	
		数值	公式	数值	公式	数值	公式	数值	公式
测点总数	$n$	59		59		60		60	
正或负号个数最小值	$k$	28.0	$u = ( k - 0.5n  - 0.5)/ (0.5n^{0.5})$	29.0	$u = ( k - 0.5n  - 0.5)/ (0.5n^{0.5})$	28.5	$u = ( k - 0.5n  - 0.5)/ (0.5n^{0.5})$	29.0	$u = ( k - 0.5n  - 0.5)/ (0.5n^{0.5})$
检验统计量	$u$	0.26		-0.13		0.26		0.13	
显著性水平	$\alpha$	0.25		0.25		0.25		0.25	
检验临界值	$u_{1-\alpha/2}$	1.15		1.15		1.15		1.15	
结论		$u < u_{1-\alpha/2}$ 通过检验		$u < u_{1-\alpha/2}$ 通过检验		$u < u_{1-\alpha/2}$ 通过检验		$u < u_{1-\alpha/2}$ 通过检验	

表 5 水位-流量关系曲线适线检验成果

项目	符号	引水—潮平均流量		引水—潮最大流量		排水—潮最大流量		排水—潮水量	
		数值	公式	数值	公式	数值	公式	数值	公式
测点总数	$n$	59		59		60		60	
变换符号次数	$k$	30	$u = [n - 2(k + 1)] / (n - 1)^{0.5}$	26	$u = [n - 2(k + 1)] / (n - 1)^{0.5}$	29	$u = [n - 2(k + 1)] / (n - 1)^{0.5}$	28	$u = [n - 2(k + 1)] / (n - 1)^{0.5}$
检验统计量	$u$			0.66		0.00		0.26	
显著性水平	$\alpha$	0.10		0.10		0.10		0.10	
检验临界值	$u_{1-\alpha}$			1.28		1.28		1.28	
结论		$k > 0.5(n - 1)$ , 不作此检验		$u < u_{1-\alpha/2}$ 通过检验		$u < u_{1-\alpha/2}$ 通过检验		$u < u_{1-\alpha/2}$ 通过检验	

表 6 水位-流量关系曲线偏离检验成果

项目	符号	引水—潮平均流量		引水—潮最大流量		排水—潮最大流量		排水—潮水量	
		数值	公式	数值	公式	数值	公式	数值	公式
自由度	$k = n - 1$	58		58		59		59	
检验统计量的绝对值	$ t $	0.07	$ t  = P_p / S_{Pp}$	0.17	$ t  = P_p / S_{Pp}$	1.04	$ t  = P_p / S_{Pp}$	0.15	$ t  = P_p / S_{Pp}$
显著性水平	$\alpha$	0.10	$s = \{ [\sum (P_i - P_p)^2] / k \}^{0.5}$	0.10	$s = \{ [\sum (P_i - P_p)^2] / k \}^{0.5}$	0.01	$s = \{ [\sum (P_i - P_p)^2] / k \}^{0.5}$	0.10	$s = \{ [\sum (P_i - P_p)^2] / k \}^{0.5}$
检验临界值	$t_{1-\alpha/2}$	1.67	$S_{Pp} = s / n^{0.5}$	1.67	$S_{Pp} = s / n^{0.5}$	1.67	$S_{Pp} = s / n^{0.5}$	1.67	$S_{Pp} = s / n^{0.5}$
结论		$ t  < t_{1-\alpha}$ 通过检验		$ t  < t_{1-\alpha}$ 通过检验		$ t  < t_{1-\alpha}$ 通过检验		$ t  < t_{1-\alpha}$ 通过检验	

代替常年施测。与马甸港闸工况相似的闸站,也可以在进行水位-流量关系分析的基础上,实行间测、校测代替常年施测。

参考文献:

[1] 王春泽, 乔光建. 水文知识读本[M]. 北京:中国水利

水电出版社, 2011.  
[2] 朱晓原, 张留柱, 姚永熙. 水文测验实用手册[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2013.  
[3] 牛占. 水文勘测[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2011.  
[4] SL 247—2012, 水文资料整编规范[S].