

射阳河闸(闸上游)水文站流量 间测可行性分析

查 红, 黄宏家, 余乃旺, 孙成林, 陈 刚

(江苏省水文水资源勘测局盐城分局, 江苏 盐城 224051)

摘要:选用 2003—2017 年连续 15 年射阳河闸(闸上游)站实测流量、定线、推流等成果资料,对该站一潮推流法综合关系进行分析,依据巡测规范,从采用资料、相关因素控制率、关系线间偏离误差、三种检验、精度等 5 个方面分析该站实行流量间测的可行性,并结合该站工情、水情实际提出间测方案,可为闸坝类水文站间测分析提供参考。

关键词:水文站;一潮推流法;综合关系;巡测规范;间测

中图分类号:TV123

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)07-0042-06

Feasibility analysis on the intermittent measurement of hydrological station in the Sheyang River Sluice (upstream of the sluice)

ZHA Hong, HUANG Hongjia, YU Naiwang, SUN Chenglin, CHEN Gang

(Yancheng Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Jiangsu 224051, Yancheng, China)

Abstract: The actual data of measured flow, alignment and flow estimation of Sheyang River Sluice (upstream of the sluice) station for 15 consecutive years from 2003 to 2017 were selected to analyze the comprehensive relationship of the one - tide flow method at the station. According to the survey specification, According to the patrol survey specifications, the feasibility of implementing inter - measurement at the station was analyzed from five aspects: the use of data, the control rate of relevant factors, the deviation error between the relationship lines, the three kinds of inspections, and accuracy. And combined with the actual work conditions and water conditions of the station, the inter - measurement scheme was proposed, which could provide a reference for the inter - measurement analysis of dam and sluice type hydrological stations.

Key words: hydrological station; one - tide flow method; comprehensive relationship; inspection specifications; inter - measurement

间测是指“水文测站资料经分析证明水文要素如水位流量间历年关系稳定或其变化在允许误差范围内,对其中一要素如流量停测一段时期后,再行施测的测停相间的测验方式^[1]”,是一种经济高效的测验方式,可节约水文测验在人力、物力、管理等方面的投入。

2016 年 3 月,江苏省水文水资源勘测局在前期

组织召开全省测报方式改革逐站方案审核会经充分交流讨论的基础上,提出全省 150 个国家基本水文站(流量站)逐站流量监测实施方案,包括间测分析及建立关系、流量精简、水位落差法、比降面积自动测流、水动力学模型、超声波时差法、雷达波在线测流、自动测流缆道、H-ADCP、V-ADCP、能坡法、过水堰、闸位计(功率计、流量计)等 13 种类型,其

收稿日期:2020-02-23

作者简介:查红(1968—),男,高级工程师,硕士,主要从事水文工作。E-mail: 747008620@qq.com

中拟计划通过间测分析实行间测的有 51 个基本站。因此,对水文站多年流量测验成果资料进行综合分析,对符合间测条件的站实行间测^[2-5],优化水文测验方案,对推进水文测报方式改革,促进水文部门优质高效地服务于经济社会发展具有重要意义。

江苏省近七成的水文站属闸坝类,本文以射阳河闸(闸上游)站为例,介绍流量间测可行性分析技术方法及成果,可为闸坝类水文站流量间测分析提供参考。

1 测站概况

射阳河西起扬州市宝应县射阳湖,流经盐城市境内建湖、阜宁、滨海、射阳 4 县,至射阳县海通镇以东入海,全长约 198 km,流域面积 4 036 km²。为挡潮、御卤、蓄淡、抗旱、排洪,1956 年 5 月在射阳河下游沿海建成综合型大型涵闸,同期为控制掌握射阳河入海水量,为里下河地区防洪调度提供水文情报设立射阳河闸水文站,测验项目有闸上水位、闸下潮位、流量、降雨量、蒸发量、地下水位(温)等,为国家重要水文站和中央报讯站。

该站建有降蒸观测场 1 座,场内布设有标准雨量器、虹吸式自记雨量计、遥测雨量计、蒸发皿等降水量、蒸发量观测设备;闸上游、闸下设有直立式水尺、自记水位计、遥测水位计等水位观测设备;建站以来流量测验一直采用水文缆车桥测方法。

该站测验河段顺直,高水时无岔流、串沟,河床及河岸均为砂土,冲淤变化甚微。主流基本稳定,偶因闸门开启位置不同而略有摆动。射阳河闸共 35 孔,闸孔总净宽 350 m,正常水深大于 4.0 m,全潮流量测验每隔 0.5~1.0 h 施测 1 次,1 次全潮平均施测 6~7 次,为满足定线推流精度要求,全年需测流 20 潮次左右,测流任务繁重。

该站实测最大流量 2 560 m³/s(1956 年 6 月 12 日),最大年径流量 76.07 亿 m³(1965 年),最小年径流量 10.90 亿 m³(1978 年)。2003—2017 年平均年径流量为 49.24 亿 m³,其中 7—10 月累计径流量为 25.67 亿 m³,占全年总量 52.1%。

2 一潮推流法综合关系分析

近 20 年以来,射阳河闸排水出流形态均为淹没式堰流,采用“一潮推流法”定线推流。每年以 $Th^{1.5}\Delta Z^{0.5}$ 为相关因素与一潮排水量 W 建立相关关系,定线并拟配公式推算逐潮水量;以一潮平均流量 Q 为相关因素与一潮最大流量 Q_m 建立相关关系,定线并拟配公式推算逐潮最大流量。由于地处沿海受

涵闸、潮汐和冲淤变化影响,该站水力因素与水量(流量)相关关系按三类精度水文站要求控制。

2.1 一潮排水量综合关系

选取射阳河闸(闸上游)站 2011—2017 年连续 7 年共 112 潮次的实测潮量成果资料,建立 $Th^{1.5}\Delta Z^{0.5}-W$ 综合关系,定线并拟配公式,综合关系线数学表达式为

$$W = 92.64 (Th^{1.5}\Delta Z^{0.5})^{1.042} \quad (1)$$

式中: W 为一潮排水量,10⁴m³; T 为一潮开闸历时,10⁴s; h 为闸上游平均水头,m; ΔZ 为闸上游稳定高水位与稳定低水位之差,m。

综合线 3 种检验及精度:偏离 $\pm 10\%$ 以内测次有 94 次,占总测次的 83.9%;偏离 $\pm 15\%$ 以内的有 110 次,占总测次的 98.2%;正号点 54 个,负号点 57 个,线上点 1 个,符号变换 52 次;系统误差 $P = 0.3\%$,标准差 $Se = 7.1\%$,随机不确定度为 14.2%。符号检验: $U = 0.19 < 1.15$,定线合理;适线检验: $U = 0.57 < 1.28$,定线合理;偏离数值检验: $|t| = 0.45 < 1.67$,定线合理。 $Th^{1.5}\Delta Z^{0.5}-W$ 综合关系线见图 1。

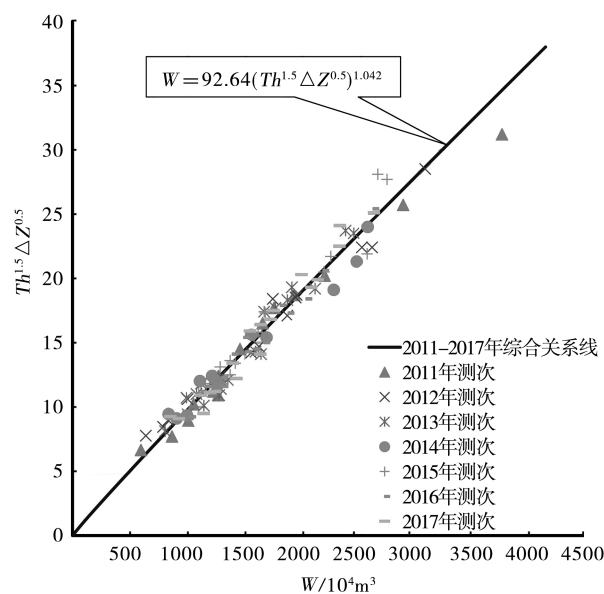


图1 射阳河闸(闸上游)站一潮排水量综合关系线

2.2 一潮最大流量综合关系

资料仍选用 2011—2017 年连续 7 年共 112 潮次的实测潮量成果资料,建立 $Q-Q_m$ 综合关系,定线并拟配公式,综合关系线数学表达式为

$$Q_m = 3.036 Q^{0.890} \quad (2)$$

式中: Q_m 为一潮最大流量,m³/s; Q 为一潮平均流量,m³/s。

综合线 3 种检验及精度:偏离 $\pm 10\%$ 以内测次

有 105 次, 占总测次的 93.8%; 偏离 $\pm 15\%$ 以内的有 111 次, 占总测次的 99.1%; 正号点 56 个, 负号点 55 个, 线上点 1 个, 符号变换 52 次; 系统误差 $P = 0.3\%$, 标准差 $Se = 5.7\%$, 随机不确定度为 11.4。符号检验: $U = 0.00 < 1.15$, 定线合理; 适线检验: $U = 0.57 < 1.28$, 定线合理; 偏离数值检验: $|t| = 0.56 < 1.67$, 定线合理。

$Q \sim Q_m$ 综合关系线见图 2。

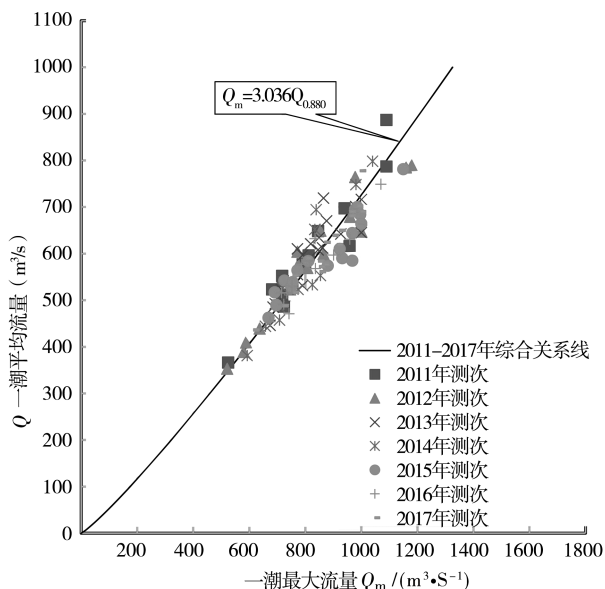


图 2 射阳河闸(闸上游)站一潮最大流量综合关系线

3 关系线之间偏离误差分析

关系线之间偏离误差分析包括相邻年份关系线之间和每年关系线与综合线之间偏离误差分析。

各独立年份关系线因受当年水情限制实测关系点据不可能覆盖历史洪水或枯水水情, 这就对当年关系线延长走向的确定带来困难, 对照历年出现偏离在所难免, 故在分析关系线之间误差时需对高、低水偏离较大年份关系线参照大水年和枯水年测次点据进行修正, 并且保证修正后的线仍能满足定线精度要求。2011—2017 年射阳河闸(闸上游)站一潮排水量及最大流量各年份相关关系及修正关系公式成果见表 1。

根据《水文巡测规范》, 相邻年份关系线之间、每年的关系线与综合关系线之间的偏离误差分高、中、低水进行分析。该站一潮排水量相关因素有 T 、 h 、 ΔZ 三要素合成 $(Th^{1.5}\Delta Z^{0.5})$ 按常规方法分析高、中、低水不合测站实际, 拟以 2003—2017 年(包含 2003、2006、2007 年大水年)间一潮排水量相关因素 $(Th^{1.5}\Delta Z^{0.5})$ 最大值 36.9 为变幅, 取变幅的 7/8、

1/2、1/8 值分别作为相关因素高、中、低水的代表值; 一潮最大流量相关因素为一潮平均流量 Q , 以此多年最大值 $1\,069\text{ m}^3/\text{s}$ 为变幅, 取变幅的 7/8、1/2、1/8 值分别作为相关因素高、中、低水的代表值。将高、中、低水相关因素代表值分别代入各年关系线和综合关系线公式, 计算相邻年份关系之间和每年关系线与综合关系线之间偏离误差, 计算成果见表 2、表 3。

表 2、表 3 统计表明, 2011—2017 年射阳河闸(闸上游)站一潮排水量当年关系线与综合关系线、各相邻年份关系线间的最大偏离相对误差高、中、低水分别为 6.9%、4.4%、13.7%, 一潮最大流量当年关系线与综合关系线、各相邻年份关系线间的最大偏离相对误差高、中、低水分别为 7.1%、3.1%、14.9%。

4 综合关系线相关因素控制率分析

盐城境内通榆河 2002 年 10 月全线贯通, 对里下河“四大港”排水分配产生明显影响, 故选用这一工情重大变化之后的 2003 年、2006 年、2007 年 3 个洪水年射阳河闸(闸上游)站一潮排水量和最大流量相关因素极值对两条综合关系线相关因素控制率进行分析计算, 详见表 4。计算结果表明, 射阳河闸(闸上游)站一潮排水量综合关系线实测相关因素 $(Th^{1.5}\Delta Z^{0.5})$ 值变幅占历年变幅 84.6% (不包括通闸潮次); 一潮最大流量综合关系线实测相关因素 (Q) 值变幅占历年变幅 83.0%。

5 间测可行性分析

根据《水文巡测规范》(SL195—2015) 中测站实行间测的条件规定, 以及上文分析成果, 从采用资料、相关因素控制率、关系线之间偏离误差、关系线三种检验、定线精度等 5 个方面对射阳河闸(闸上游)站是否具备流量间测条件进行符合性分析, 详见表 5。

表 5 表明, 对射阳河闸(闸上游)站流量实行间测是可行的。

6 间测方案

根据《水文巡测规范》规定“每年的水位流量关系曲线(或单值化线)与历年综合关系曲线之间的最大偏离不超过规定的允许误差范围者, 可实行停 2~5 年测 1 年”, 结合射阳河闸水情、工情实际, 拟实行停 4 年校测 1 年(逢 0、5 年份校测), 遇大洪、大旱特殊水情、连续通闸工情恢复正常测流测验方

表1 射阳河闸(闸上游)站2011—2017年各年一潮排水量和最大流量关系公式

年份	$Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}$		$Q \sim Q_m$	
	原定线	修正线	原定线	修正线
2011	$W = 90.77 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 1.062$		$Q_m = 3.22 Q^{0.866}$	
2012	$W = 60.90 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 1.190$	$W = 70.10 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 1.135$	$Q_m = 2.03 Q^{0.944}$	$Q_m = 2.55 Q^{0.908}$
2013	$W = 113.6 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 0.968$	$W = 90.50 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 1.045$	$Q_m = 4.78 Q^{0.806}$	
2014	$W = 92.30 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 1.046$		$Q_m = 8.29 Q^{0.720}$	$Q_m = 4.03 Q^{0.836}$
2015	$W = 103.8 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 0.997$		$Q_m = 0.809 Q^{1.09}$	$Q_m = 1.86 Q^{0.959}$
2016	$W = 117.5 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 0.958$		$Q_m = 2.59 Q^{0.908}$	
2017	$W = 120.4 (Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}) 0.946$		$Q_m = 3.57 Q^{0.857}$	

表2 射阳河闸(闸上游)站一潮排水量关系线之间偏离相对误差计算成果

水位级	要素与误差	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
高水	相关因素 $Th^{1.5}\Delta Z^{0.5}$	32.3						
	年线 $W(10^4\text{ m}^3)$	3637	3620	3418	3498	3318	3280	3224
	相邻年份关系线之间偏离相对误差(%)	0.5	5.6	2.3	5.1	1.1	1.7	
	综合线 $W(10^4\text{ m}^3)$	3462						
	每年关系线与综合线之间偏离相对误差(%)	5.1	4.6	1.3	1.0	4.2	5.3	6.9
中水	相关因素 $Th^{1.5}\Delta Z^{0.5}$	18.5						
	年线 $W(10^4\text{ m}^3)$	2012	1923	1909	1953	1904	1923	1903
	相邻年份关系线之间偏离相对误差(%)	4.4	0.7	2.3	2.5	1.0	1.0	
	综合线 $W(10^4\text{ m}^3)$	1937						
	每年关系线与综合线之间偏离相对误差(%)	3.9	0.7	1.4	0.8	1.7	0.7	1.8
低水	相关因素 $Th^{1.5}\Delta Z^{0.5}$	4.61						
	年线 $W(10^4\text{ m}^3)$	460	397	447	456	476	508	511
	相邻年份关系线之间偏离相对误差(%)	13.7	12.6	2.0	4.4	6.7	0.6	
	综合线 $W(10^4\text{ m}^3)$	455						
	每年关系线与综合线之间偏离相对误差(%)	1.1	12.7	1.8	0.2	4.6	11.6	12.3

表 3 射阳河闸(闸上游)站一潮最大流量关系线之间偏离相对误差计算成果

水位级	要互与误差	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
高水	相关因素 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	935						
	年线 $Q_m(\text{m}^3/\text{s})$	1204	1271	1186	1227	1314	1291	1255
	相邻年份关系线之间偏离相对误差(%)	5.6	6.7	3.5	7.1	1.8	2.8	
	综合线 $Q_m(\text{m}^3/\text{s})$	1249						
	每年关系线与综合线之间偏离相对误差(%)	3.6	1.8	5.0	1.8	5.2	3.4	0.5
中水	相关因素 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	535						
	年线 $Q_m(\text{m}^3/\text{s})$	742	765	756	770	769	777	778
	相邻年份关系线之间偏离相对误差(%)	3.1	1.2	1.9	0.1	1.0	0.1	
	综合线 $Q_m(\text{m}^3/\text{s})$	764						
	每年关系线与综合线之间偏离相对误差(%)	2.9	0.1	1.0	0.8	0.7	1.7	1.8
低水	相关因素 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	134						
	年线 $Q_m(\text{m}^3/\text{s})$	224	218	248	241	205	221	237
	相邻年份关系线之间偏离相对误差(%)	2.7	13.8	2.8	14.9	7.8	7.2	
	综合线 $Q_m(\text{m}^3/\text{s})$	226						
	每年关系线与综合线之间偏离相对误差(%)	0.9	3.5	9.7	6.6	9.3	2.2	4.9

表 4 射阳河闸(闸上游)站综合关系线控制率计算成果

洪水年份	最大一潮排水量/万 m^3		最大一潮流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
	W	$Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}$	Q_m	Q
2003	3036	31.2	1410	1069
2006	3564	36.9	1070	816
2007	3610	35.0	1160	877
综合线实测潮次	3724	31.2	1180	887
综合线控制率(%)		84.6		83.0

表 5 射阳河闸(闸上游)站流量间测符合性分析

分析内容	规范条文规定	测站分析成果	符合性
采用资料	4.2.6:要求 5 年以上	综合线采用 7 年资料,变幅分析采用 15 年资料	符合
相关因素控制率	4.2.6:要求 80% 以上	$Th^{1.5} \Delta Z^{0.5}$:84.6%, Q :83.0%	符合
每年关系线与综合线之间偏离误差	4.5.8:允许高水 8.0%、中水 10%、低水 15%	$Th^{1.5} \Delta Z^{0.5} \sim W$ 线: 最大高水 6.9%、中水 4.4%、低水 13.7% $Q \sim Q_m$ 线:最大高水 7.1%、中水 3.1%、低水 14.9%	符合

(续表 5)

分析内容	规范条文规定	测站分析成果	符合性
关系线三种检验	4.7.1:进行符号检验、适线检验、偏离数值检验	每年关系线与综合线均通过符号、适线、偏离数值三种检验,定线合理	符合
定线精度	4.5.6:系统误差:不大于 2%,随机不确定度:允许 22%	$Th^{1.5}\Delta Z^{0.5} \sim W$ 综合线:系统误差 0.3%,随机不确定度 14.2%; $Q \sim Q_m$ 综合线:系统误差 0.3%,随机不确定度 11.4%	符合

案。停测年份实行检测,每年的检测不少于 3 次,测次宜分布于高、中、低各级水位,并采用较高精度的测验方案。

7 结 语

本文选用射阳河闸(闸上游)站 2003—2017 年连续 15 年(含丰、枯年型)实测流量及定线、推流等成果资料,在对测站历史定线成果进行合理修正的基础上,对该站水力因素与一潮排水量、一潮平均流量与一潮最大流量关系进行综合分析,依据新修订的《水文巡测规范》对该站流量实行间测的可行性进行逐条逐项分析。高、中、低水位级及实测流量的水位变幅控制率本文采用测站水量、流量关系

线的相关因素进行分析,尽可能做到切合测站实际,方法科学合理。

参考文献:

[1] 水利部水文局. SL195—2015 水文巡测规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2016.

[2] 杨崇勇, 操丕军. 康定(四)站流量间测分析[J]. 四川水利, 2019(3):86-88.

[3] 冯省波. 水文站流量停间测可行性浅析[J]. 海河水利, 2016(4):43-44.

[4] 郭建平, 唐晓春. 张家港闸水文站实施流量间测方案探讨[J]. 治淮, 2013(12):80.

[5] 王玲. 巢湖闸 2004—2013 年堰闸流量综合关系线分析[J]. 江淮水利科技, 2015(4):36-45.

(上接第 32 页)

3 结 论

(1) 在上游流量为 50 年一遇洪水 $7\,800\text{ m}^3/\text{s}$, 下游潮位 4.00 m 的边界条件下,中深泓的实际分流比远低于设计分流比;北深泓及南深泓的实际分流比大于其设计分流比,实际流量也超过各自设计流量;上游控制断面 141+000 水位值为 5.28 m,不满足设计控制水位 5.12 m 要求。

(2) 在 2019 年 8 月洪水行洪结束后,闸下引河均有不同程度的冲刷。中深泓分流比有所增加,南深泓、北深泓分流比相应减少。但中深泓的实际分流比仍远低于设计分流比。上游控制断面 141+000 水位值为 4.99 m,满足设计控制水位 5.12 m 要求。

(3) 鱼嘴开挖方案可以一定程度上缓解南、北泓的行洪压力,但与中泓闸下引河开挖方案相比,其优先级较低。通过方案 3 可以看出,鱼嘴开挖对分流比的影响应建立于下游引河开挖的基础上。中泓闸下引河淤积是行洪能力不足的主要原因。

参考文献:

[1] 洪大林, 宦国胜, 谢瑞. 新沂河口二期建闸物理模型试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2009(3):74-81.

[2] 陈界仁, 张婧, 罗春, 等. 赣江下游东西河分流比变化分析[J]. 人民长江, 2010, 41(6):40-42, 47.

[3] 张玮, 倪兵, 陈乾阳. 长江澄通河段通州沙西水道整治工程对分流比影响研究[J]. 水道港口, 2013(1):45-50.

[4] 高敏, 范期锦, 谈泽炜, 等. 对长江口北槽分流比的分析研究[J]. 水运工程, 2009(5):87-91.

[5] 董德化, 何焯霞, 黄希敏, 等. 珠江三角洲局部水位壅高及河口治理的几个问题[J]. 人民珠江, 1999(5):17-19.

[6] 李义天, 郭小虎, 唐金武, 等. 三峡建库后荆江三口分流的变化[J]. 应用基础与工程科学学报, 2009(1):26-36.

[7] 杨胜发. 上游工程对分汊河道分流比的影响[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版, 1999, 18(1):93-98.