

三河闸流量精准控制的做法与思考

柳 斌, 王 豹, 陈培然, 傅 金

(江苏省洪泽湖水利工程管理处, 江苏 淮安 223100)

摘要:2020 年淮河发生流域性洪水,三河闸作为流域骨干型工程,全年累计行洪 315 亿 m^3 ,三河闸流量的精准控制在防汛防旱中起到至关重要的作用。通过总结三河闸调度操作流程,分析流量控制中可能存在的误差,列举了三河闸多项控制误差的做法,进一步加强三河闸流量控制的精细化管理。

关键词:三河闸;精准控制;精细化管理

中图分类号:TV663

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2021)10-0004-03

Practice and thinking on precise flow control of Sanhe Sluice

LIU Bin, WANG Bao, CHEN Peiran, FU Jin

(Hongze Lake Water Conservancy Project Management Office, Huai'an 223100, China)

Abstract: In 2020, the Huaihe River suffered a large basin flood. As the backbone project of the river basin, Sanhe Sluice had a total annual flood of 31.5 billion m^3 . The precise control of Sanhe Sluice played a vital role in flood control and drought prevention. By summarizing the operation process of Sanhe Sluice, possible errors in flow control were analyzed, and practices of multiple control errors of Sanhe Sluice were listed to further strengthen fine management of flow control of Sanhe Sluice.

Key words: Sanhe Sluice; precise control; fine management

三河闸工程位于江苏省洪泽区与盱眙县交界处,洪泽湖的东南角,为淮河入江水道的控制口门,是控制和调节洪泽湖下泄流量,确保入江水道及里下河地区防洪安全的重要水工建筑物,发挥着控制洪水、蓄水灌溉、便利航运和发展水产等综合效益。

三河闸工程闸身为钢筋混凝土结构,共 63 孔,每孔净宽 10 m,总宽 697.75 m,底板高程 7.50 m (废黄河高程系,下同),宽 18 m,共 21 块底板,闸孔净高 6.2 m,闸门为钢结构弧形门。三河闸按洪泽湖水位 16.00 m 设计、17.00 m 校核,原设计流量为 8 000 m^3/s ,加固后的三河闸设计行洪能力提高到 12 000 m^3/s ,属大(1)型水闸。

2020 年入汛以后,淮河流域遭遇严峻汛情,三河闸以较为完善的水利工程体系和行之有效组织

指挥,成功发挥了淮河流域骨干性工程的重要作用。截至 2020 年 9 月 2 日,三河闸累计安全行洪 72 d,其中闸门提出水面泄洪 40 d,泄洪量达 315 亿 m^3 ,最大实测流量 7 970 m^3 ,闸门调整 25 次,测流 91 次。

1 三河闸调度运行流程

1.1 调度原则

根据《国家防汛防旱总指挥部关于淮河洪水调度方案的批复》(国汛[2016]14 号),在蒋坝水位低于高程 14.5 m 时,洪泽湖(三河闸)的调度运行由江苏省水旱灾害防御调度指挥中心负责;蒋坝水位达到或超过高程 14.5 m 时,洪泽湖(三河闸)的调度运行由淮河防汛抗旱总指挥部商请有关省提出意见,报国家防汛抗旱总指挥部决定。

收稿日期:2021-02-03

作者简介:柳斌(1994—),男,本科,主要从事水利工程运行管理工作。E-mail: 940382464@qq.com

1.2 调度流程

值班当班人员接到上级主管部门的调度指令后, 应按照指令详细记录内容, 并口述复核调度流量、执行时间等重要参数。闸门运行人员在运行前根据三河闸上下游实时水位, 查询“三河闸水位-闸门开启高度-流量关系曲线”, 确定开启孔数及闸门开启高度, 再按照“三河闸上下游水位-安全流量关系曲线”分次开启到拟定开启高度, 待上下游水位稳定后核对流量符合性, 必要时调整闸门开启高度。实测流量与调度流量对比, 当流量大于 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 误差不超过 5%; 当流量小于等于 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 误差不超过 15%。三河闸工程控制运行流程图 1。

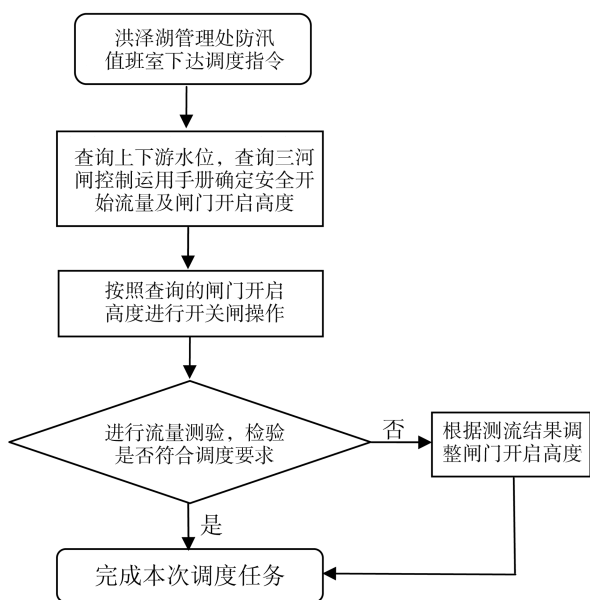


图 1 三河闸工程控制运用流程

2 误差来源分析

三河闸目前调度方式为定流量调度, 管理所根据调度指令要求的流量, 调整闸门开启的孔数及开启高度, 完成调度任务。这里调整闸门开启的孔数和开启高度, 就需要根据三河闸上游水位查询水位流量关系曲线 $H_{\text{上}}-e-Q$ (上游水位-闸门开启高度-流量, 下同) 确定闸门开启高度, 初次调整完成后, 由水文工作人员进行流量测验, 然后通过对比实测流量与调度流量, 并结合上游水位变化趋势, 再决定是否需要对开启高度进行调整。可以看出整个流量调度过程中最重要的步骤就是查水位流量关系曲线以及通过流量测验确定实际流量。下文将从这两方面逐一分析其中可能存在的误差。

2.1 水位流量关系曲线

三河闸现在使用的水位流量关系曲线 $H_{\text{上}}-e$

- Q 是依据多年流量实测资料, 采用以下公式进行率定:

$$\text{淹没堰流: } Q = \sigma C_1 B h_u^{3/2} \quad (1)$$

$$\text{淹没孔流: } Q = M_2 B e \sqrt{\Delta Z} \quad (2)$$

式中: Q 为流量, m^3/s ; h_u 为上游水头, m ; ΔZ 为上下游水位差, m ; e 为闸门开启高度, m ; B 为闸门净宽, m ; C_1 、 M_2 为流量系数; σ 为淹没系数。

在调度使用中, 工作人员查看三河闸上游水位, 根据调度流量的要求来确定闸门的开启高度。

可以看出在水位流量关系曲线的率定及使用过程中, B 、 e 、 h 对曲线的精度起到至关重要的作用^[1]。

2.2 水文流量测验

三河闸流量测验采用驻测方式, 一般采用的测流方法为 ADCP 法^[2], 备用的测流方法为流速仪法。鉴于 ADCP 测流的便利性和时效性, 现在 ADCP 测流较为普遍, 2020 年三河闸全年也都是采用 ADCP 测流, 所以本文讨论 ADCP 法测流误差。

ADCP 法测流过程中出现的误差主要可以分为仪器误差、水流影响误差和测验方法误差。ADCP 在测流中, 仪器盲区、入水深等特性会造成一些误差, 另外 ADCP 内置罗经磁偏角误差对断面宽及航向影响也较大, 这些误差主要取决于仪器特性, 较难避免。在实际测量中, 水流中的含沙量、水流的流态以及流速等, 都会对流量测验结果有所影响, 这部分误差只有通过选择合适的测流时间及测流断面来相对减小而无法避免。测验方法的误差就是实际工作中需要注意的一些事项, 通过规范的测量程序能够较好地减少这方面误差。

3 误差控制

3.1 闸孔宽度误差

三河闸设计单孔净宽 10 m、总净宽 630 m, 执行调度指令时均按照此宽度计算流量。由于施工误差和水流冲刷等因素的影响, 实际单闸孔净宽和总净宽均与设计值存在一定的误差。为了解实际闸孔宽度与设计宽度的误差, 三河闸对部分闸门宽度进行抽测, 结果发现最大误差为 2.3 cm, 且大部分闸门宽度误差小于 1.0 cm, 与设计宽度基本相符, 综合误差小于 2‰。经过实际测量, 对闸门总净宽有了更精确的了解, 为精准调度提供准确的数据支撑。

3.2 闸门开高误差

三河闸闸门的开启高度通过自动控制系统软件控制, 开启高度数值以现地 PLC 柜和中控室控制

主机软件数值为准,同时可以通过开启高度标尺粗略读取。闸门开启高度误差主要包括开启高度传感器误差、标尺刻划误差和弧线换算垂直开启高度的误差^[3-4]。三河闸弧形闸门开启高度关系见图2。设闸门底从A点开启到A',垂直开启高度为 e ,根据几何关系可得开启高度计算公式为

$$e = 2R \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\varphi - \frac{\alpha}{2} \right) \quad (3)$$

式中: R 为弧形闸门臂长, φ 为关闸时闸门底至弧心连线与底板水平线之间夹角, α 为弧形闸门移动的角度。

三河闸自动控制软件中,闸门垂直开启高度与弧高是通过一次多项式模拟的线性关系,且为考虑闸门关闭状态下开启时启闭机钢丝绳的余量及拉伸量,存在一定的误差。经过现场试验,控制软件中开启高度达到3.5 cm时,闸门才真正调离底板泄洪。通过实测多孔闸门开启高度与闸位计开启高度对比发现,实测垂高与控制软件中开启高度在不同开度下存在2~7 cm误差。

以5#闸门为例,更新闸门控制系统软件中闸门弧高与垂高关系曲线,同时考虑闸门关闭状态下开启时启闭机钢丝绳拉伸量,得到控制软件中闸门开

高的修正值,数据如表1所示。由数据可见,修正后控制软件中开高与闸门实测开高精度明显提高,除闸门大开度状态(此时闸门基本提出水面敞泄),开启高度误差均控制在1.0 cm以内,满足精准调度的要求。

3.3 水位误差

三河闸上下游水位均采用WDC31型浮子式水位计观测,安装的浮子式水位计进行过严格的比测,比测合格后,方可正式使用。在之后的使用过程中,三河闸水文站按照测站任务书要求,每月定期对自记水位计进行检查,记录自记值并与校核水位进行对照,若差值超过0.02 m时,则对自记仪器进行校正,并根据实际情况对有差错的自记数据进行订正。每月校核不少于3次,校核间隔时间要基本一致。在三河闸开闸期间,增加水位计校正次数,确保水位计数值与真实水位误差不超过1 cm。

3.4 流量测验误差

在实际的流量测验工作中,很多误差无法控制,如水流流态造成的误差,水流中含沙量对测验结果的影响等,能做到的就是规范测验过程,总结测验结果,优化测验方案。三河闸水文站根据相关

(下转第67页)

表1 三河闸5#闸门开高实测与闸位计数值对比

修正后						修正前					
实测垂高/m	软件垂高/m	偏差/m	修正弧长/m	修正垂高/m	修正偏差/cm	实测垂高/m	表显垂高/m	原偏差/cm	修正弧长/m	修正垂高/m	修正偏差/cm
0.938	1.000	0.062	1.151	0.940	0.002	2.455	2.500	0.045	2.799	2.454	0.000
1.040	1.100	0.060	1.266	1.039	0.001	2.555	2.600	0.042	2.904	2.555	0.002
1.143	1.200	0.057	1.380	1.139	0.004	2.658	2.700	0.036	3.008	2.656	0.006
1.238	1.300	0.062	1.493	1.240	0.002	2.764	2.800	0.035	3.112	2.758	0.006
1.342	1.400	0.058	1.606	1.341	0.001	2.865	2.900	0.037	3.216	2.859	0.002
1.441	1.500	0.059	1.718	1.442	0.001	2.963	3.000	0.032	3.320	2.961	0.003
1.542	1.600	0.058	1.829	1.543	0.001	3.168	3.200	0.027	3.527	3.165	0.003
1.646	1.700	0.054	1.939	1.644	0.002	3.373	3.400	0.033	3.735	3.370	0.011
1.746	1.800	0.054	2.049	1.745	0.001	3.567	3.600	0.030	3.944	3.578	0.019
1.846	1.900	0.054	2.158	1.847	0.001	3.770	3.800	0.056	4.155	3.789	0.044
1.948	2.000	0.052	2.267	1.948	0.000	3.944	4.000	0.071	4.355	3.988	0.058
2.051	2.100	0.049	2.374	2.049	0.002	4.429	4.500	0.045	4.853	4.487	0.031
2.151	2.200	0.049	2.481	2.150	0.001	4.955	5.000	0.062	5.354	4.986	0.046
2.252	2.300	0.048	2.588	2.252	0.000	5.438	5.500	0.045	5.859	5.484	0.000
2.353	2.400	0.047	2.694	2.353	0.000						