

高港泵站下层流道引流自动控制软件设计

钱 江

(泰州引江河高港泵站,江苏 泰州 225321)

摘要:为确保工程安全高效运用,高港泵站下层流道自流引江时需自动控制,通过改造闸高的测量方式,研制自动控制程序,实现了定流量闸门的自动调节。在介绍控制的要求的基础上,详细介绍了控制的实现方法,包括闸门高度的测量方式改进、控制算法、程序的编写和监控界面的制作,以及程序的功能。实际运用结果表明,研制的定流量自动控制闸门高度程序实现了工程安全、高效、科学运用,同时也降低了运行人员的工作强度。

关键词:泵站;定流量;引流;闸门;自动控制;高港泵站

中图分类号:TV675 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-764X(2012)S1-0074-04

泰州引江河高港泵站位于长江下游北岸泰州市高港区口岸镇西北约 3 km 处,泵站采用闸站结合布置,堤身式双向箱形流道结构,立轴双层进出水流道,配开敞式轴流泵 9 台,叶轮直径 3.0 m,总装机容量 18 MW,每台机组设置 4 扇平面钢闸门,通过闸门调节,实现 $300\text{ m}^3/\text{s}$ 的抽引、抽排和 $160\text{ m}^3/\text{s}$ 的自流引江。机组结构如图 1 所示,其中 1~3 号既可以通过送水河供排水,也可通过引江河为里下河地区服务,枢纽平面布置如图 2 所示。

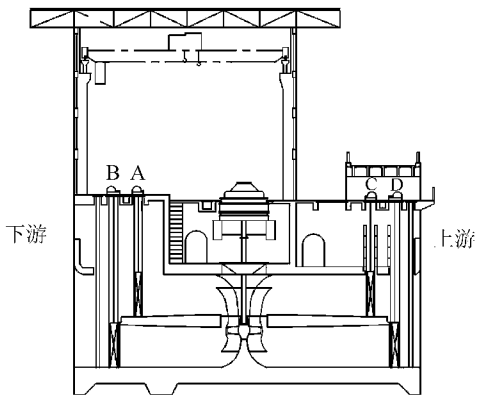


图 1 高港泵站站身剖面示意图

泵站下游引河直通长江,为长江干流的感潮河段,水位受长江中、上游暴雨、洪水和长江口海洋潮汐等综合影响。自流引江运用泵站机组的下层流道引长江水灌溉,运行时上游下道门(D 门)全开,通过调节下游下道门(B 门)高度控制流量。然而,由于长江水位变化的不规则性,给自流引江控制应用带

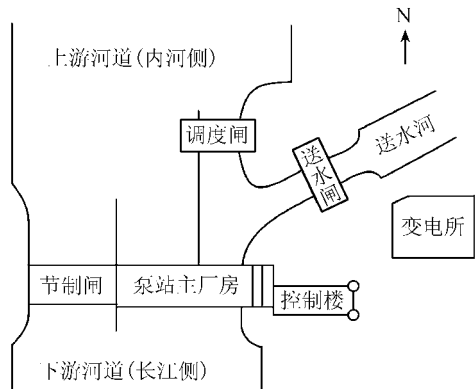


图 2 高港枢纽平面布置示意图

来许多不便。运行调度一般对日均流量和最大流量提出要求,在具体控制运用中,水位变化虽有一定规律,但不规则,使得引水流量无法准确控制,流量调节不及时,将对水工建筑物和河道的安全带来不利影响,为保证工程安全高效应用,运值人员须随时按水位变化情况,查“闸门高度-水位-流量关系曲线”,测算开高,及时调整闸门高度,以满足调度要求。运值人员劳动强度大,并且在实际运行中很难做到及时调节,为此,在原有泵站自动化系统的基础上^[1-2],设计了泵站下层流道引流自动控制软件,能够实现泵站自流引江运行时定流量自动调节等功能^[3-4]。

1 引流自动控制的基本方法和策略分析

为了根据水位变化自动调节闸门高度实现定流量自动控制,在分析高港泵站的结构特点,考虑泵站

稳定性和河道安全性,以及有关泵站运行规范等基础上,提出了泵站下层流道自动引流控制策略如下:

- a. 高港泵站 1~3 号机组既可向送水河也可向引江河引水,而 4~9 号机组只向引江河引水,在软件设计时,1~3 号机组的闸门控制与 4~9 号机组的闸门控制分别实现。
- b. 按照勘测设计要求,在内河水位低于高程 1.0 m 时,应控制初始流量,初次开闸高度 $e = 0.2\text{ m}$ 。待内河水位升高至高程 1.0 m 时,再按分级提闸的要求开启闸门。
- c. 闸门开启应遵循自中间向两边依次提门,关闭时则相反。
- d. 遵循水闸管理规程要求,相邻闸门开启高差不得超过 0.5 m。将高港泵站闸门一次分级提闸高度定为 0.5 m,逐级循环启闭至计算高度。一个操作循环结束,间隔 2 min,待水流平缓后,再进行下一个循环操作。
- e. 一个操作循环内的操作间隔定为 1 min,以保证水流平稳。
- f. 为保证自动控制的安全可靠,除在启闭机上使用主令控制器设定上、下限位外,在控制程序中加设开启上限位。
- g. 为防止在现场进行检修时,有人在控制室误操作,或在巡查发现异常时可在现场采取应急措施,闸门启闭现场手动控制比控制室自动控制优先。
- h. 由于风浪影响或水位传输误差可能造成上、下游水位偏差,为防倒流,设定上下游水位差 $h \leq 0.01\text{ m}$ 时,闸门一次性关到底。
- i. 为避免启闭机的频繁动作,设定一个流量误差允许值 ϵ 。假设调度指令要求的流量为 $Q_{\text{设}}$,根据当前上下游水位和闸门开高计算出来的实际流量为

$Q_{\text{实}}$ 则当 $|Q_{\text{设}} - Q_{\text{实}}| \leq \epsilon$ 时,闸门不调节;当 $Q_{\text{设}} > Q_{\text{实}} + \epsilon$ 时,则闸门按照 $Q_{\text{设}}$ 计算闸门开高提升闸门;当 $Q_{\text{设}} < Q_{\text{实}} - \epsilon$ 时,则闸门按照 $Q_{\text{设}}$ 计算闸门开高降低闸门。

j. 自动引流控制的过程监控由控制室的操作员控制实现,在自动引流监控画面上,要显示如下实时数据:上游水位、下游水位、闸门开高、调度流量、设定流量、实际流量,以及本次开闸引水量、本次开闸引水时间、当日引水量、当日引水时间等统计数据。操作员能够通过监控界面设定调度流量、设定“自动/手动”切换按钮以及手动控制闸门升降的按钮等。

2 引流自动控制的硬件设计

高港泵站 1999 年建成投入使用,其监控系统采用浙江中控 SUPCON JX300 型 DCS 集散控制系统。图 3 是高港泵站自动化系统结构框图,由 8 个位于水泵机组现场的采集控制站和位于控制室的监控操作站等组成,能够实现对泵站机电设备电量、非电量以及水位、流道压力的参数测量,以及对变压器、机组、闸门、辅机等远方控制等功能。

图 3 中,上下游水位取自水文站观测数据,两个测点距离泵站约 800 m,在专用通道以 485 信号输入监控系统 2 号采集站。闸门的高度采用绝对型编码器测量。由于编码器与启闭机之间通过齿轮连接,能精确测量闸门高度,即使失电期间闸门高度变化,也能在电源再次接通后读出当前读数。编码器输出的 SII 信号,经现场仪表解码后转换成 4~20 mA 信号送至各台机组对应的采集控制站。由于高港泵站采用开敞式轴流泵,进出水流道较短,流道内无法布置测流装置,无法实测泵站机组的流量。为此,通过

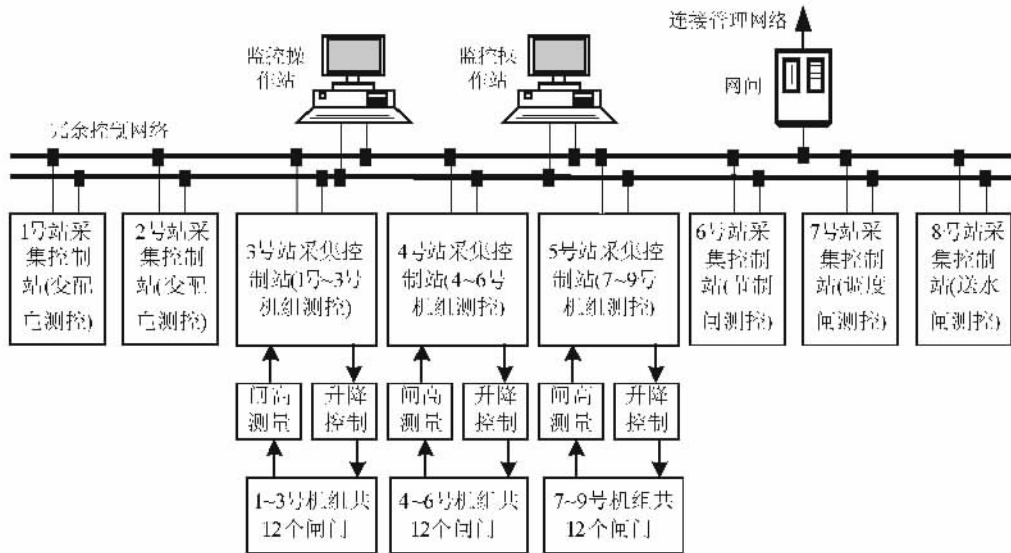


图 3 高港泵站自动化系统结构

在不同水位及开高组合条件下运用 ADCP 声学多普勒流速剖面仪进行测流,推导出如下经验公式计算每台机组下层流道的引流量。

$$Q = 3.86 \times 8.5 \times \Delta h^{0.466}$$

式中 3.86 为系数,8.5 为闸门宽度; Δh 为上下游水位差。每年根据测流情况对公式进行校订。

3 引流自动控制的实现

3.1 算法流程图

根据以上分析的自动引流控制功能需求,首先设计了引流自动控制软件的流程框图,图 4 为高港泵站 4~9 号主机自流引江控制算法的流程。图 4 中,自控程序启动后,首先判断水位条件,若长江侧水位低于或者等于内河侧水位,则将闸门全部关到底;若内河水位低于 1m,则控制初始流量,从中间向两侧提闸门 0.2m,直至内河水位超过 1m,正常运行时,实时检查 $|Q_{\text{设}} - Q_{\text{实}}|$ 的数值,若 $|Q_{\text{设}} - Q_{\text{实}}| \leq \epsilon$

时,不调节闸门高度;若 $|Q_{\text{设}} - Q_{\text{实}}| > \epsilon$ 时,则开始调节闸门高度,升降闸门时,首先确定级数,然后按照从中间向两边提或从两侧向中间降的顺序进行操作,直至 $|Q_{\text{设}} - Q_{\text{实}}| < \epsilon$ 为止。

3.2 程序编写和监控界面的制作

3.2.1 程序设计

SUPCON JX300 系统自带的 SC 语言与 C 语言类似,用其按照控制算法编写的程序方便、快捷,其中 1~3 号机组闸门的自动控制程序由 3 号控制站执行,4~9 号机组闸门的自动控制程序由 5 号控制站执行,程序计算所需的非本站数据由系统自带的数据库交换功能实现,如 2 号站采集的水位数据通过交换到 3 号、5 号站,4~6 号机组的参数交换到 5 号站,使得运算更加快捷。

3.2.2 流程界面

用系统流程图软件制作的监控界面如图 5 和图 6 所示,界面上可对闸门进行提、落、停控制,也可对

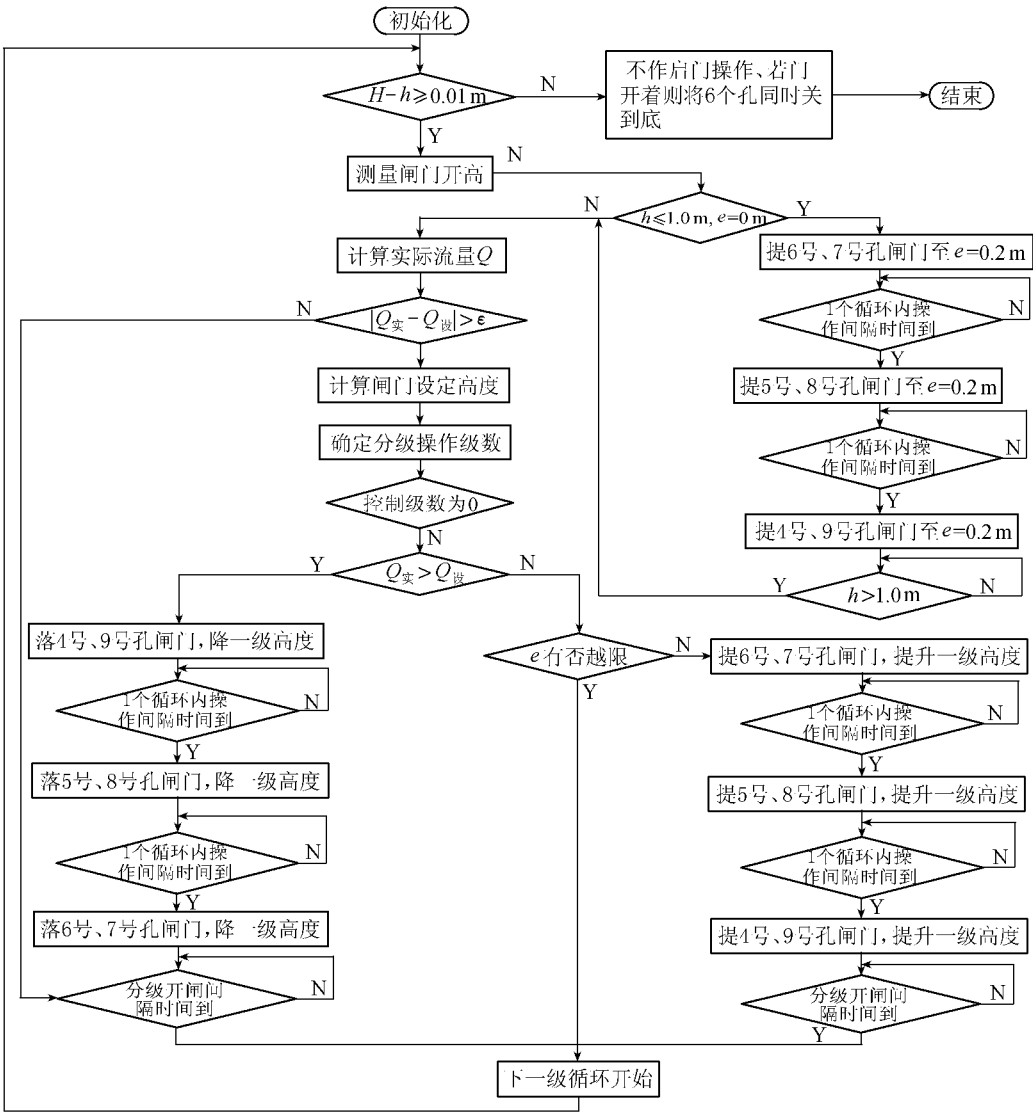


图 4 高港泵站 4~9 号主机自流引江控制算法流程



图5 高港泵站1~3号主机自流引江监控界面



图6 高港泵站4~9号主机自流引江监控界面

闸门进行定高度控制,还可定流量自动控制,显示数据包括了下游水位、上游水位、闸门高度、江苏省防汛防旱指挥部要求的日平均调度流量、值班员根据调度流量设定的设定流量、程序根据上下游水位、设定流量计算得出的闸门应开启的高度、程序根据当前上下游水位和闸门高度算出的实际流量、闸门的运行状态以及统计需要的日平均流量、今日引水时数、今日引水量。除了流程界面外,系统趋势图对闸门开高、水位、流量等重要参数的趋势变化进行跟踪,方便分析。

系统统计的运行数据自动输出到用于日常管理的历史数据查询系统。通过试运行的考验和经验积累,综合安全运用的各种因素和启闭机调节的频繁程度,程序中 ϵ 值的大小设定:1~3号自控在设定流量小于 $50\text{ m}^3/\text{s}$ 时为 $5\text{ m}^3/\text{s}$,大于 $50\text{ m}^3/\text{s}$ 为 $10\text{ m}^3/\text{s}$,4~9号自控在设定流量小于 $100\text{ m}^3/\text{s}$ 时为 $10\text{ m}^3/\text{s}$,大于 $100\text{ m}^3/\text{s}$ 为 $20\text{ m}^3/\text{s}$ 。

4 结 语

设计的泵站自流引江自动控制程序,能够按照运行人员设定的引流流量,根据上下游水位自动计算出每个闸门应开启的高度,并能按照有关运行要求自动实现各个闸门的升降控制,省工省时,操作方便。程序自2008年投入运行后一直运行,稳定可靠,保证了调度指令的有效执行,确保了工程的稳定和河道的安全。

参考文献:

- [1] 郭旭芳. 泵站综合监控自动化系统综述[J]. 通用机械, 2007(7): 64-66.
- [2] 高杏根. 自动监控系统在河道水闸防洪排涝中的应用[J]. 水利水文自动化, 2009(1): 26-30.
- [3] 程洪波. 山美水库溢洪道闸门自动化改造设计[J]. 水利科技, 2003(4): 42-43.
- [4] 陈振清, 宦鸿兴. 秦淮新河节制闸计算机监控系统[J]. 水利水电科技进展, 2008, 28(增刊1): 144-149.

(收稿日期 2011-11-09 编辑:熊水斌)

· 简讯 ·

第1届全国防灾减灾工程学术会议在河海大学召开

由中国灾害防御协会、国家自然科学基金委员会工程与材料科学部、江苏省地震局、《防灾减灾工程学报》编辑部联合主办,河海大学与南京工业大学联合承办的第1届全国防灾减灾工程学术会议于2011年10月22—23日在河海大学召开。中国工程院土木水利建筑学部副主任欧进萍院士,中国工程院周丰峻院士、郑颖人院士、吴中如院士、唐明述院士,河海大学校长王秉教授,江苏省地震局局长丁仁杰研究员,以及来自全国高等院校、科研院所和企业单位从事防灾减灾工程研究和应用的120多名专家学者出席了大会。河海大学校长王秉教授致欢迎辞,丁仁杰局长和欧进萍院士先后在开幕式上讲话。开幕式由本届会议组委会主席、河海大学土木与交通学院院长刘汉龙教授主持。大会期间,欧进萍院士、郑颖人院士、周丰峻院士、唐明述院士等知名专家作了特邀报告,15位专家学者作小组报告,与会人员围绕地震工程与工程抗震、地震区划和应急救援、岩土工程与地下工程中的防灾减灾、爆炸力学与防灾、地质灾害及防治技术等领域的最新科研进展和成果进行了研讨与交流,共有84篇学术论文收入《防灾减灾工程学报》出版的会议论文集。会议决定第2届全国防灾减灾学术会议于2013年召开,由哈尔滨工业大学承办。

(本刊编辑部供稿)