

# 水电厂闸门控制及维护分析

李承昊, 赵懿, 胡玉芳

(大唐雅安电力开发有限公司, 四川雅安 625500)

**摘要:**随着我国科学技术的发展,水电厂的运行方式也越来越先进,而水电厂闸门在水电厂日常运行中起着十分重要的作用,尤其在汛期流量较大时,通过开启泄洪闸来引导多余水量安全地排入下游河道,以达到防洪度汛的目的。本文阐述了某电厂的泄洪闸门和冲砂闸门的控制系统和日常维护,并提出了相应的优化策略。

**关键词:**水电厂;闸门;控制系统

**中图分类号:**[TM622];TV663;TM407

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2023)04-0109-05

## Control and Maintenance Analysis of Gates of Hydropower Plant

LI Chenghao, ZHAO Yi, HU Yufang

(Datang Ya'an Electric Power Development Co., Ltd., Ya'an Sichuan 625500)

**Abstract:** With the development of science and technology in our country, the operation mode of hydropower plants is more and more advanced, and the gates of hydropower plants play a very important role in daily operation, especially during flood season with large flow, it is necessary to open flood gates to guide excess water safely discharge into the downstream rivers to prevent flood. This paper describes the control system and routine maintenance of flood gate and sluice gate of a hydropower plants, and puts forward the corresponding optimization strategy.

**Keywords:** Hydropower plant; Gate; Control system

### 1 概况

闸门控制系统广泛应用于中国各大、中、小型水电站,借助于科技的高速发展,形成了一系列特点鲜明、优缺点明显的闸门控制系统<sup>[1]</sup>。为满足电站现场“无人值班,少人值守”的要求,闸门控制方式已由最开始的单一现地控制发展成为了现在的远方结合现地的控制方式。搭载了 PLC 的闸门控制系统对于控制精度更加可靠,操作方式更简易,对电站的安全生产和防洪度汛起着重要的作用。

本文所研究的水电站为雅安市荥经河不具有日调节功能的坝后式电厂,水库正常蓄水位 721.00 m(目前仅蓄水至 719.50 m),尾水位 701.00 m,平均水头 18.83 m,总库容 661 万 m<sup>3</sup>,调节库容 76.8 万 m<sup>3</sup>,电厂发电引用流量为 2×62 m<sup>3</sup>/s,装机容量 2×1 万 kW。该电厂枢纽工程采用混凝土重力坝,坝线总长 128 m,坝顶高程 724.00 m。从左岸至右岸依次有六孔闸门:三孔

泄洪闸,一孔冲砂闸和两孔进水闸。取水口位于右岸紧靠泄洪冲砂闸,坝后式厂房位于坝轴线下游约 75 m 处与坝轴线平行。

径流主要由降雨形成,雨量主要集中在 7、8、9 月,占全年总降雨量的 56%,春冬两季主要由融雪水及地下水补给,1、2、3 月仅占全年径流的 8.3%。丰水期(5~10 月)多年平均流量为 135 m<sup>3</sup>/s,占年径流量的 80.5%;枯水期(11 月~次年 4 月)多年平均流量为 35.6 m<sup>3</sup>/s,占年径流量的 19.5%。流域内的洪水由于流域内特有的地形和地势条件,洪水过程呈陡涨陡落的尖峰型,一次洪水过程多在 48 h 以内。多年平均流量为 79.2 m<sup>3</sup>/s,最大年平均流量为 98.0 m<sup>3</sup>/s(2005 年),最小年平均流量为 71.0 m<sup>3</sup>/s。多年平均最大洪峰流量 1 270 m<sup>3</sup>/s,比原设计数据略小。其中年最大泄洪流量 3 940 m<sup>3</sup>/s,年最小泄洪流量 768 m<sup>3</sup>/s。

本文主要通过研究该电站泄洪闸以及冲砂闸的控制特性和日常维护方面的细则来验证闸门在

收稿日期:2023-04-24

日常运行过程中的可靠性,并且针对控制和维护方面来提出可优化的措施。

## 2 闸门特性

### 2.1 泄洪闸门

开敞式泄洪闸为三孔,闸孔宽为 12 m,每孔设露顶弧形工作闸门和平板检修门各一道,(检修门共用)。工作弧门底高程 707.466 m,门面半径 16 m,支铰高程 717.50 m,闸顶高程为坝前正常挡水位 721.00 m,闸底为 WESIV 型堰,堰顶高程为 708.00 m,溢流坝的最低高程为 690.00 m,最大坝底宽度为 43.5 m,最大坝高 34 m,(包括闸墩),闸墩厚度 4 m,闸墩顶部高程 724.00 m。

该电站的三孔泄洪闸所采用的露顶弧形闸门,它的优点是闸门可以绕固定支铰的水平轴转动。铰轴中心一般布置在弧形面板的圆心处,故作用在面板上的全部水压力通过轴心,启门时,只需克服闸门自重以及止水及铰轴的阻力对轴心的阻力矩。弧形闸门具有运转可靠,启闭省力特点。闸墩的厚度较小、没有影响水流流态的门槽,具有泥沙多时工作状态好、泄流条件好、启闭力较小等优势<sup>[2]</sup>。该电站泄洪闸门参数见表 1。

表 1 泄洪闸门技术参数表

名称	参数	备注
闸门面积	144 m <sup>2</sup>	
闸底槛高程	707.466 m	
闸门形式	露顶式弧形门	
总水压力	18 559 kN	
操作方式	动水启闭、局开调流	
闸门自重	148.7 t	

在日常运行过程中,三孔泄洪闸门每开启 1 m,可下泄大约 80 m<sup>3</sup>/s 的流量,单孔闸门最大可开启至 10 m。

### 2.2 冲砂闸门

泄洪冲砂闸为一孔,设半径为 16 m 的工作闸门和平板检修门各一道。弧门孔口尺寸为 12 m×8 m,门面半径 16 m,支铰高程 712.50 m,检修平板门孔口尺寸为 12 m×9 m。进口为有压短嘴进水方式,顶端采用椭圆曲线。闸室底板高程为 700.00 m,闸前拉砂槽底坡 1/50,闸后以抛物线接 12:4 斜坡段,斜坡段为消力池底板用半径为 20 m 的反弧段相衔接,闸基建基面高程 690.00 m,齿槽底高程为 687.00 m,闸顶高程同

泄洪闸 724.00 m,最大闸高 34 m,最大闸底底宽 42.5 m,冲砂闸门技术参数见表 2。

表 2 冲砂闸门技术参数表

名称	参数	备注
闸门面积	96 m <sup>2</sup>	
闸底槛高程	700.00 m	
闸门形式	平底潜孔式门	
设计洪水单宽流量	70.83 m <sup>3</sup> /s	
校核洪水单宽流量	126 m <sup>3</sup> /s	
操作方式	动水启闭、局开调流	

冲砂闸比泄洪闸泄流能力更强,在冲砂闸开启 1 m 时,可下泄大约 120 m<sup>3</sup>/s 的流量,最大开度可达 10 m。

## 3 闸门控制及维护

### 3.1 闸门运行方式

该电厂泄洪和调节库水位工作由泄洪闸完成,每场洪水后期的拉沙工作由冲砂闸完成。

#### 3.1.1 闸门操作顺序

(1)为了使该电厂进水口水流稳定,尽量先开启 2 号泄洪闸。

(2)为了避免下游出现不利流态,一般采用对称开启闸门的方式,然后依次开启 1、3 号泄洪闸,若还达不到泄洪要求,最后则开启 1 号冲砂闸;从局部开启直至全部全开。洪水消退后,闸门操作按“先关两边,后关中间,对称、均匀关闭。避免长时间集中冲刷一个地方。

(3)河中现水流夹带大量泥沙或其他污染物,如果引水发电,会对电厂水工建筑物或机电设备带来不良后果,应停机冲渣。

(4)进水口清污机出现故障或污物过多,使进水口栅差大至 0.5 m 以上时,可停机捞渣后始可运行。

#### 3.1.2 运行操作

##### 3.1.2.1 现地操作

大坝闸门操作正常运行方式为现场“自动”“手动”“调试”。

(1)现场手动操作步骤:控制选择开关 SA1 置于“调试”位,脱离 PLC 控制,仅供安装调试或 PLC 故障时使用,要求闸门现场必须有人监视。

(2)启动油泵:按 1 号或 2 号油泵启动按钮,则 1 号或 2 号油泵运行,此时,允许闸门开启或关闭。

(3)开闸门:油泵正常运行后,按开门按钮 1SB1,闸门开启上升至全开位,闸门停止运行。若需要闸门停止在某个位置,则按停门按钮 1SB2,闸门停止运行。

(4)关闸门:油泵正常运行后,按关门按钮 1SB2,闸门关闭下降至全关位,闸门停止运行。若需要闸门停止在某个位置,则按停门按钮 1SB2,闸门停止运行。

(5)左右纠偏:闸门在开关运行过程中,自动进行左右纠偏,如闸门不同步运行达到超差值时,闸门不能上升,但可进行关闭操作,此时应将闸门切换为“调试”运行,手动纠偏后,再切换为自动运行。

(6)停闸门:若需要闸门停止在某个位置,则按停门按钮 1SB2,闸门和油泵停止运行。

(7)下滑自动复位:当闸门提升至指定开度或全开位后,闸门下滑达到 150 mm,控制系统就会自动启动工作泵组,若第一次自动复位失败,闸门继续下滑达 160 mm,而工作泵组并未投入运行,控制系统启动备用泵组,将闸门提升至下滑前位置,并发出故障报警信号。

(8)故障复位:当出现故障时报警,应检查并清除故障,按故障复位按钮后,才允许操作(注意:PLC 触摸屏无密码设置,其参数非专业人员禁止修改,若出现故障尽快通知维护人员)。

### 3.1.2.2 远方操作

在中控室上位机点出闸门操作画面进行操作,运行人员在操作之前应确保闸门控制方式是“远方”控制。

(1)点击开度设置图标,设置闸门开度,防洪度汛期间一般根据上游来水量调节闸门开度;

(2)点击闸门操作图标,再点击开启,点击执行,闸门上升到预设开度;

(3)上位机操作闸门上升或下降的过程中,如果出现异常,应立即点击停止,点击执行,停止操作<sup>[2]</sup>。

远方操作闸门的优点:

(1)将现场情景图形化,实时传输闸门开启高度和闸门状态等信息;

(2)通过计算机鼠标操作即能开启或者关闭闸门;

(3)实时显示现场电压、电流信息,详细监视设备的运行情况;

(4)可以记录闸门每次动作的时间及开启的高度;

(5)闸门水位上限或下限,电压过高或过低,电流过高,均能自动告警;

(6)软件集成水位信息,实时显示当前水位高度;

(7)软件可集成显示现场视频监控画面,远程操作做到信息化、可视化,信息化、可视化集成在同一界面中,远程操作更加便捷,更加可靠,满足无人值守的要求,但现地必须有人进行监护,并且通过工业电视视频进行监控。

## 3.2 闸门维护

### 3.2.1 运行故障与事故处理

#### 3.2.1.1 启闭机液压机构故障

若闸门无法正常启闭,故障发现人应仔细检查故障设备情况,在现场进行前期处理。若故障无法消除或未找到故障点,则组织技术及安全人员迅速查明故障部位及原因,确定故障性质及消除故障所需的时间。如果需关闭闸门,则应决定是否用检修闸门挡水,在开启闸门过程中,首先在水库调度规程许可范围内开启其它闸门,以同流量泄洪代替,防止库区水位超过限定值。若闸门有下滑迹象,则应仔细观察设备异常情况并疏散周围人员,以免事故扩大,造成人员伤亡,待闸门停止下滑后,立刻组织技术人员检查维修。故障排除后必须先进行静水启闭试验(有检修门挡水),然后进行动水启闭试验(无检修门挡水),试验无异常后方可继续运行。

#### 3.2.1.2 闸门变形、卡阻使闸门无法正常启闭

故障发现人应立即切断所有相关电源,仔细检查故障设备情况,进行现场先期处理。维修人员进行故障排除时,应该保持启闭机对闸门有一定的承重力,根据需要使用辅助起重机械,防止发生闸门失控造成事故,并做好维修记录,作为今后修订处置方案的依据。如果闸门未处于全关位置,且闸门距离地面距离不足 20 cm 时,可使用调试方式启动油泵关闭闸门。故障排除后,必须先进行静水启闭试验(有检修门挡水),然后进行动水启闭试验(无检修门挡水),试验无异常后方可继续使用。

### 3.2.2 闸门的维护保养

经常对泄洪闸及冲砂闸进行维护保养可以减

少闸门的磨损程度,消除隐患和故障,保持闸门及其附属设备能够稳定运行<sup>[3]</sup>。闸门设备的维护保养的主要方式有:清洁、润滑、紧固、防腐除锈、刷漆,日常情况下对闸门系统的巡视检查应达到每周一次,机电设备的维护保养分为日常维护保养和定期维护保养。

### 3.2.2.1 日常保养

运行人员对冲砂闸及泄洪闸的外观进行检查,观察液压缸是否漏油,是否出现腐蚀严重的现象,如果出现上诉情况应通知维护人员及时解决。观察闸门控制屏上是否存在故障报警,如果有故障报警,应及时排查原因并解决。在闸门运行过程中存在的异常声响、异常震动及时做好记录,方便维护人员处理。

### 3.2.2.2 定期保养

对运行了一定时间的闸门及机电设备,需要进行定期的维护保养,以保证延长闸门使用寿命能够稳定运行,发挥闸门的技术特性和经济特性,保养时主要对以下设备进行重点维护:闸门门叶、闸门水封、动滑轮组、主轮装置、侧轮装置、起升电机、主令开关、制动装置、动力电源回路、控制系统回路。在定期维护结束后,应对几道闸门进行启闭试验,以保证能够正常使用<sup>[4]</sup>。

## 4 优化意见及展望

### 4.1 优化意见

#### 4.1.1 现地操作水位显示优化

目前,该电站获取适时上游水位数值的方式,主要通过厂房上位机显示查看,对于远方操作来说较为方便,能够在闸门开启或关闭时,及时看到水位的变化。但在现地操作时,因为闸门控制室在大坝,控制室内没有水位显示器,如果需要获取水位信号,需要中控室值守一人及时与现地操作人员通讯联系,这样,使现地操作人员很不方便。因此,必须通过技改将厂房上位机上的水位信号传输至大坝闸门控制室的控制柜 PLC 显示器上,能够在 PLC 显示器上及时看到适时水位数值,这样,可以方便运行人员在开、关闸门时根据水位来调节闸门开度,同时,对于电站在汛期的稳定运行也可起到很好的作用。

#### 4.1.2 警报系统及监控系统优化

目前该电站启动泄水流程后,是通过值班人员到大坝泄洪闸门控制柜处拉响泄洪警报,警示

下游岸边逗留人员尽快撤离,远离泄洪区域。如果将泄洪警报开关布置于中控室,更有利于值班人员提高启动泄水流程的效率,既节省时间,又及时泄洪。但是,泄洪时间一般都在夜间和凌晨,天色较暗,导致下游监控设备的清晰程度受到影响,值班人员无法确定下游岸边是否有逗留人员,所以,将泄洪警报开关置于大坝上,可以让值班人员在拉响泄洪警报之前,能够在大坝上通过手电筒辅助观测下游有无人员逗留,但这种方法所需时间较长,且人为观测因为视线原因有时候会存在一定偏差。针对这种情况,若改良下游摄像头夜晚清晰度不高的状况,并加入热成像技术以及生物识别功能,能准确确定下游是否有人逗留,以提高泄洪的安全性。通过对监控摄像头的改造,便可将泄洪警报开关置于中控室,这样,就可方便值班人员快速准确地观察下游岸边是否有人逗留,并及时拉响警报,实现电站在泄洪前后及时将信息传达至危险范围,保证下游居民的生命安全,提高泄洪流程的可靠性<sup>[5]</sup>。

### 4.2 闸门自动控制系统的实现

针对该电站目前闸门的运行方式,已经达到了比较智能的程度,能用多种方式对闸门开度进行调节,完成防洪度汛任务。闸门自动控制系统是依照来水量的大小来控制泄洪闸的开度,达到自动控制的目的。流量传感器通过将信号传送到闸门控制系统,闸门控制系统对流量信号进行识别,如果达到泄洪流量标准,将自动启动泄水警报。泄洪警报流程结束后,利用人工智能识别系统确认下游无人,才开启闸门进行泄洪,并根据来水量自动调节闸门。这样,能有效提高闸门自动控制系统的可靠性、稳定性,确保闸门的安全运行,才能真正实现“无人值班,少人值守”<sup>[6]</sup>。但是,采用闸门自动控制系统会存在一些技术上的难题:

(1)自动控制系统控制回路出现问题,导致误动作可能会误开启闸门,造成不必要的损失;

(2)流量传感器存在测量误差,可能会导致传输到系统上的数据发生偏差,导致闸门运行故障;

(3)闸门运行时期一般集中在汛期,闸门长期未运行可能会导致自动控制系统程序丢包而无法使用。

(4)生物识别技术存在不稳定性,可能会出现识别错误或者未识别出下游逗留人员,这种情况

下开启闸门,可能会引发事故。

闸门自动控制系统对水电站的运行有百利而无一害,但需要技术人员在实践中解决这些难题,才能保障系统稳定运行。

## 5 结 语

本文在通过对某电站的闸门参数、运行方式、运行原理、日常维护方式进行分析,并结合该电站闸门在历史运行过程出现的故障问题,得出该电站的闸门运行方式比较成熟可靠,装置集成化程度较高的结论。但是,对比国内某些尖端电站,在装置自动化、智能化上还存在比较大的差距,因此,该站要实现“关门运行”,还有很长的一段路要走。闸门控制系统要想真正从“人”手中交到“机器”手中,不仅要依赖精密程度高的可靠装置,更需要人工智能技术的结合,因为人工智能技术在今后水电站运行的发展中必将扮演重要的角色。

(上接第 89 页)

核模块的加载/卸载,可阻断对内核的恶意攻击。系统还具有内核隐藏功能,它隐藏了安全内核,并自动保护自身系统程序目录和文件,可防止安全内核程序被删除,最大限度地降低了安全风险。

### 3.4.3.7 灵活的网络访问控制

系统提供了主机防火墙功能,系统管理员可以根据需要设计安全策略来控制基于网络的访问,可通过设置拒绝或允许的 IP 和服务管理系统的外部访问,也可对存在漏洞的连接进行控制,阻断外部非法访问,避免被入侵者利用。

### 3.4.3.8 日志管理

系统提供了对安全日志和系统日志进行详细的记录和保护,内容包括产品自身的安全配置和针对保护的目标所作的操作日志、违规日志等,提供细粒度的查询和检索,方便进行备份、保存、统计分析。

## 4 结 语

网络安全是当今社会中十分重要的一环,对于保障信息的安全和稳定具有至关重要的作用。在不断发展的互联网环境下,网络安全面临着越来越复杂和严峻的挑战,因此,需要采取相应的措施,加强网络安全保护。通过加强对硬件设备的防护、设置合理的防火墙、加强加密技术的应用等

## 参考文献:

- [1] 曹宁,温宁. 水利闸门控制系统的研究进展[J]. 信息与电脑(理论版),2015,(21):96-99.
- [2] 代威. 弧形闸门开度计算[J]. 山西水利科技,2014,(02):18-20.
- [3] 李作成. 闸门启闭机自动化后的维修与保养[J]. 内蒙古水利,2011,(05):91-92.
- [4] 杨宏宇,刘婧,庞涛,等. 闸门启闭机械维修保养技术[J]. 河南水利与南水北调,2016,(07):91-93+114.
- [5] 杜亭,吴国栋,赵传啸,等. 泄洪警报系统在官地水电站的应用[J]. 自动化应用,2019,(11):148-149.
- [6] 单江. 水库闸门自动控制系统的安全性设计[J]. 中国水运(下半月),2014,14(07):168-171.

## 作者简介:

李承昊(1999-),男,四川邛崃人,学士,助理工程师,从事水电运行方面工作;

赵 懿(1999-),男,四川绵阳人,学士,助理工程师,从事水电运行方面工作;

胡玉芳(1998-),女,四川攀枝花人,学士,从事水电运行方面工作。

(责任编辑:卓政昌)

多种手段,可以有效地提高网络安全保障水平。同时,也应该注重人才的培养和引进,提高网络安全技能和素质,增强网络安全人才队伍力量,探索适合国情的网络安全发展模式。只有这样,才能确保网络的安全和稳定,为推动信息化建设和数字经济的快速发展提供保障和支撑。

## 参考文献:

- [1] Shu, J., & Chen, X. (2021). Cybersecurity risk management in smart cities: State-of-the-art and research challenges. *Journal of Cleaner Production*, 305, 127687.
- [2] Li, Y., Zhang, Q., Qi, L., & Chiu, D. M. (2019). A survey on internet of things security: Requirements, challenges, and solutions. *Journal of Network and Computer Applications*, 126, 46-70.
- [3] Xu, Q., Yu, S., & Song, M. (2018). A survey of security and privacy issues in smart grids. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(1), 556-576.
- [4] 陈亚燕. 水电厂信息网络安全防护策略探究[J]. 网络安全技术与应用,2021,(03):103-104.
- [5] 栾国强,张鹏. 水电企业信息安全防护体系综合提升研究[C]//信息产业信息安全测评中心. 2018 第七届全国安全等级保护技术大会论文集,2018 第七届全国安全等级保护技术大会论文集,2018:189-193.

## 作者简介:

李 鹏(1989-),男,山东烟台人,工程师,学士学位,主要研究水电厂站通讯技术及网络安全管理。

(责任编辑:卓政昌)