

夏仕港套闸除险加固工程电气和自动化方案研究

董莹, 徐亚萍

(靖江市江河堤闸管理处, 江苏泰州 214500)

摘要: 介绍夏仕港套闸除险加固工程电气和自动化设计方案, 阐述自动化监控系统闸阀门的运行控制原则, 对视频监视系统、信号和标志系统、防雷系统的设计进行具体叙述。

关键词: 自动化; 液压泵站; 运行控制; 视频监视; 防雷接地

中图分类号: TV698.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2016) 06-0051-06

Research on electrification and automation design scheme of reinforcement project in Xiashi harbor sluice

DONG Ying, XU Yaping

(Jingjiang River Dam Sluice Management Division, Taizhou 214500, Jiangsu)

Abstract: Electrification and automation design scheme of reinforcement project in Xiashi harbor sluice is introduced. Operation control principles for automatic monitoring system of gates and valves are described. Designs of video monitoring system, signal and sign system, lightning protection system are described in details.

Key words: automation; hydraulic pump station; operation control; video monitoring; lightning protection and grounding

1 项目概况及改造范围

夏仕港套闸隶属于靖江市江河堤闸管理处, 位于江苏省靖江市西来镇与斜桥镇交界处的夏仕港入江口, 距长江边 1.0 km, 为沿江通南地区重要的防洪引排口门。套闸所处航道为姜十线航道, 目前航道等级为Ⅵ级。该套闸于 1979 年 12 月动工兴建, 1985 年 10 月投入运行, 为增强通南地区的防洪抗灾能力、提高引排流量、缓解用水与通航的矛盾、促进水运事业的发展、加快苏北地区经济建设起到了十分重要的作用。夏仕港套闸投入运行以来, 水工建筑物、机电设备老化、损坏严重, 对套闸正常运行构成安全隐患, 因此, 需对夏仕港套闸进行除险加固。夏仕港套闸为Ⅳ级套闸, 闸室尺寸 14×158.58×2.2 m (宽度×长度×门槛最小水深), 上下游均采用三角闸门和平板输水阀门,

闸门、阀门通过液压启闭机开关, 工程电气及自动化改造范围主要包含套闸供配电、自动化监控系统、视频监视系统、信号和标志系统、防雷系统等内容。

2 供配电方案

夏仕港套闸为Ⅳ级套闸, 根据《套闸电气设计规范》(JTJ310-2004) 规定, 夏仕港套闸门、阀门启闭机、控制系统、通信系统、信号系统和生产照明等主要用电负荷为二级负荷, 其他用电负荷为三级负荷。夏仕港套闸负荷等级按二级负荷设计, 采用双回路电源供电。一路 10 kV 电源供电, 一路由柴油发电机组供电, 10 kV 电源架空线由终端杆经变压器后通过电缆敷设至低压进线柜, 柴油发电机提供 400 V 备用电源。主供电源与备用电源互为闭锁, 主供电源采用高供低计方式计量, 动

收稿日期: 2016-05-10

作者简介: 董莹 (1969-), 男, 工程师, 主要从事水利工程管理工作。

力与照明用电分开计量。套闸电压等级有交流 10 kV、380/220 V, 直流 24 V。

低压电气主接线采用单母线不分段接线。主要回路包括: 上下闸首动力柜回路(动力柜内含闸阀门电机电源和检修电源)、照明回路、操作电源回路、消防回路、检修回路、备用回路等^[1]。

3 自动化监控系统

3.1 监控对象

夏仕港套闸自动化监控对象主要包括高低压供电系统、液压泵站系统、水位计、闸阀门启闭机、交通信号灯以及室外照明灯等设备。

3.2 监控系统功能

监控系统主要有数据采集和处理、监视与报警、控制与调节、系统自诊断与恢复、数据记录与存储、人机接口、时钟同步、数据通信、优化调度和经济运行等九大功能。

(1) 数据采集和处理

现地控制单元自动采集被控对象各类实时数据, 并在事故或者故障情况时自动采集事故或者故障发生时刻的相关数据。监控主机接收现地控制单元上传的各类实时数据, 接收上级调度系统下发的命令, 以及接收其它系统发来的数据。

系统采集的数据量包括液压泵站电机和变压器高、低压侧的电气量(电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数)、非电量(液压泵站的压力、流量、温度; 闸室底板压力; 变压器的温度; 上、下游水位等)、开关量(液压泵站机组开关状态、接触器状态、闸阀门行程开关位置、电磁阀状态等信号; 主变压器各侧开关合分状态、操作机构储能状态、隔离开关状态、接地开关状态; 高低压柜动力箱内主要开关的状态; 硬件闭锁、报警状态、其它各类状态量性质的事故及故障信号)等。

(2) 监视与报警

监视系统通过监视器或大屏幕对闸阀门、液压泵站、辅机、变配电等主要设备的运行工况进行监视, 对闸门开关和阀门升降等各种运行工况、液压泵站各种运行工况的转换过程、变配电系统送停电过程、辅助设备操作的过程等进行监控。当发生过程受阻时, 给出明确的受阻原因, 并在发生闸阀门故障、液压泵站机组开停机及运行过程中事故、变压器温度过高信号动作、电源系统、发电机故障等异常情况时报警。

(3) 控制与调节

对闸阀门、公用及辅助设备以及变配电设备进行控制与调节。控制方式按优先级由高至低依次分为现地手动控制、现地控制单元控制、船闸控制级三级。

不同控制方式的切换应采用转换开关等硬件装置进行切换。对于现地控制单元控制和船闸控制级方式, 操作人员应取得有相应的操作权限。

(4) 系统自诊断与恢复

监控系统具备对自身的硬件及软件进行故障自检和自诊断的功能。发生故障时, 能保证故障不扩大, 在一定程度上实现自恢复, 并迅速地查明故障原因, 及时更换模块排除故障。系统自诊断的故障信息包括故障对象、故障性质、故障时间等。在线自诊断时, 不影响系统的正常监控功能。硬件系统在失电故障恢复后, 能自恢复运行; 软件系统在硬件及接口故障排除后, 应能自恢复运行。系统自恢复过程不对正在运行的其它系统和现场设备造成波动和干扰。外围控制设备故障时, 监控系统也能及时判断并有明确的提示, 提示维护人员排除故障。

此外, 监控系统的故障不影响被控对象的安全。

(5) 数据记录与存储——套闸运行日志

监控系统对采集与处理的实时数据进行记录, 建立历史数据库, 存储系统中全部输入信号(模拟量和开关量)以及重要的中间计算数据。历史数据库的数据记录与存储满足用户对历史数据的多种检索方式, 如历史趋势曲线、日报表、月报表、事件查询等。

监控系统具有数据库自动清理、备份等维护功能。

(6) 人机接口——计算机和触摸屏的操作界面

监控系统提供船闸控制级和现地级人机接口。船闸控制级人机接口作为船闸运行人员监视、控制和调节船闸运行的主要手段, 同时也为维护人员提供系统故障诊断、系统运行参数设定或修改、数据库建立和维护、监控画面编辑和修改、报表定义或修改等管理和维护工作的接口。现地级人机接口为运行人员提供在现场对被控对象进行运行监视、控制或者调节的接口。

(7) 时钟同步

监控系统通过设置时钟同步设备, 实现船闸控制级计算机设备、现地控制单元、微机保护设备的时钟同步。船闸控制级计算机设备与现地控制单元采用与时钟同步设备进行数据通信的方式获取毫秒级精度的时钟信号。

(8) 数据通信

监控系统内通信包括船闸控制级监控主机与现地控制单元之间的通信、现地控制单元与其它智能测控设备之间的通信、总控制中心与上下闸首控制室采用光纤网络连接及四套 PLC 之间的数据连接。

(9) 优化调度和经济运行

对于长江口门船闸, 在内外侧水位相同的情况下, 打开关闭一侧阀门, 可开通闸运行以提高通航效率。对内外侧水位差低于 20 cm 的工况下, 可考虑关闭上下游阀门, 直接通过三角门的门缝输水功能, 直接打开一侧三角闸门输水, 待水位平后,

闸门开到位, 船只进闸, 以避免开关阀门时间, 以提高通航效率。

在内外侧水位平的情况下, 直接打开上下游闸阀门, 开通闸运行。如果遇到紧急情况, 先关闸门再关阀门。

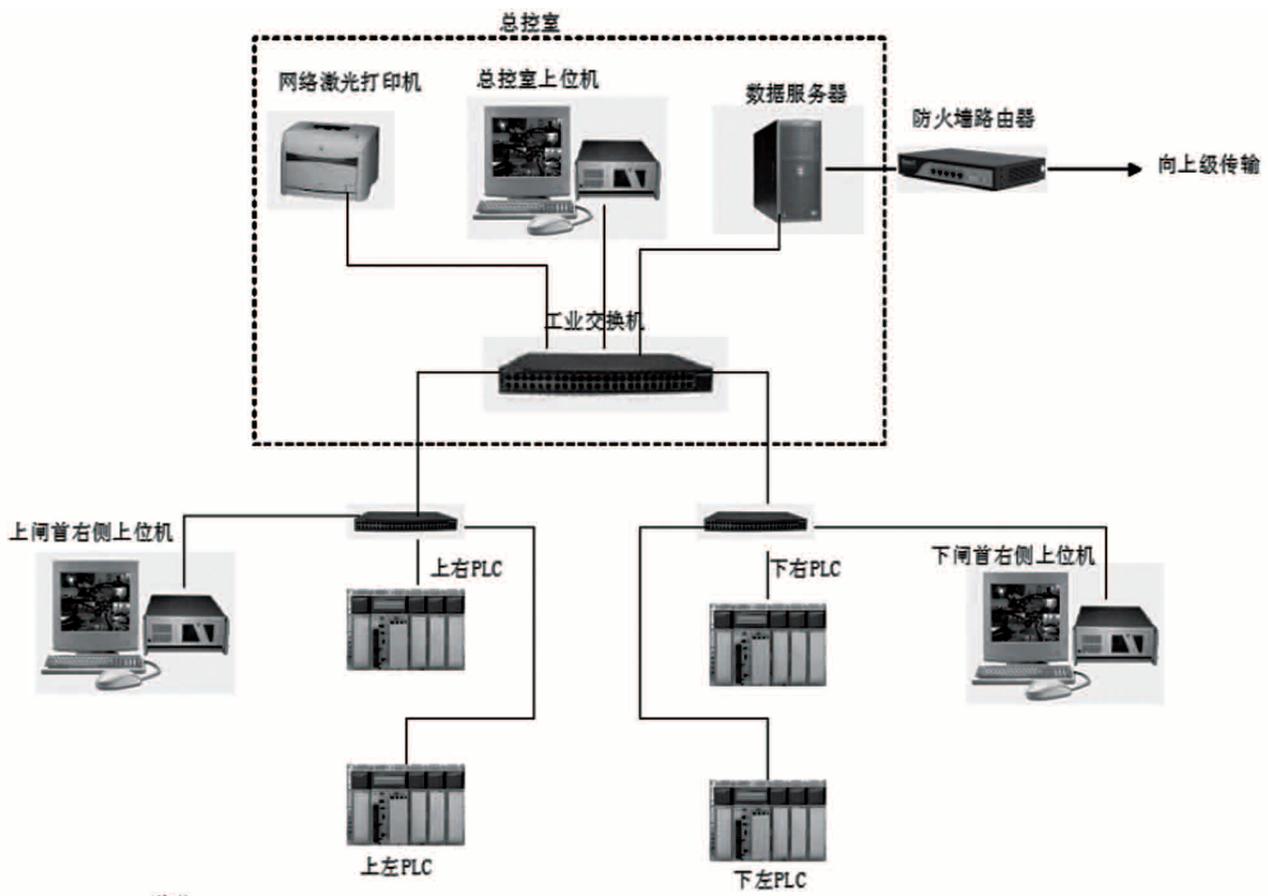
在内河需要向长江排涝时, 可同时打开上下游闸阀门, 以加快内河的排涝^[2]。

3.3 监控系统结构与组成

为保证夏仕港套闸控制运行的安全性、可靠性等因素, 套闸控制采用计算机控制系统, 主要由上位机、下位机两大部分组成。

上位机由套闸监控中心和上下闸首控制室的监控主机、数据库服务器、交换机、打印机等组成, 实现对套闸的集中控制、数据管理、统计报表及打印等功能。

下位机由 4 套 PLC 组成, 分别实现现地对上、下闸首左右侧闸、阀门等设备的现地控制。PLC



- 说明:
- 1、虚框内设备布置在总控制室, PLC 分别布置在四个桥头堡。
 - 2、PLC 之间采用铠装光纤连接, 采用 TCP/IP 网络。PLC 安装在动力柜中。
 - 3、船闸应急手动控制系统可在自动化系统出现全面故障时控制船闸的运行。

图 1 夏仕港套闸自动化控制系统图

与监控系统采用以太网连接。

3.4 自动化系统网络结构及协议

自动化监控系统采用光纤工业以太网交换机,控制系统网络为以太网结构,网络通信协议采用TCP/IP以太网协议,通过100 Mbps多模光纤网实现套闸监控中心监控主机和上、下闸首机房现地PLC之间的网络通信。保证数据传输的实时性的同时,也提高了控制系统网络传输的可靠性。

3.5 控制管理模式

套闸控制管理模式分为3个层次,即现地设备层、现地分散控制层和集中控制层。

现地设备层为套闸上、下闸首机房室内、外的机电设备,主要包括电动机、液压泵站、水位计、闸/阀门传感器、交通信号灯以及室外照明灯具等设备;现地分散控制层为套闸上、下闸首机房内的控制及显示设备,主要包括PLC、现地控制操作台、现地控制触摸屏、电机控制柜等,平时主要实现套闸闸首机房监控设备的调试、维护等功能,当套闸监控中心设备或控制系统网络发生故障时,用于现地分散控制操作闸、阀门,确保套闸运行安全畅通;集中控制层由套闸监控中心监控主机、数据库服务器及打印机等组成,实现套闸的集中控制、协调管理。同时对套闸的运行情况、控制操作情况及故障情况进行数据管理,形成日、月、年报表,并将有关报表及时通过网络系统上传上级管理部门。

3.6 监控系统控制要求及控制方式、类型

(1) 液压泵站的控制要求

闸门采用三角门型,阀门采用钢质提升平板门型,启闭机采用直推式液压启闭机,每个闸首一侧的闸门和阀门启闭机共用一套液压泵站控制系统,四套液压泵站分别安置在闸首机房内,每套液压泵站配置2台电机(15 kW),一用一备。

在闸门启闭机的液压控制系统中,由PLC控制电比例泵达到无级变速,并符合“慢—快—慢”的无级变速要求,闸门启、闭时间控制在2.5~3 min之内,在油缸内安装有位移传感器,用以检测油缸活塞杆运行位置,由PLC控制油泵的排油量,以达到两扇闸门的同步到位。

在阀门启闭机液压控制系统中,由PLC控制电比例泵实现变速,阀门开启以输水系统灌、泄水要求变速,并控制强制关闭阀门按2 m/min(可调)的速度运行。在油缸内安装有位移传感器,用

以随时观察阀门在水下的运行情况和同步。当高水位差 ≥ 4 m时,阀门开启先以0.5 m/min运行5 min,然后以1.0 m/min运行到位,总时间约为6.0 min;当常水位差 < 4 m时,阀门开启先以0.5 m/min运行4 min,然后以1.0 m/min运行到位,总时间约为3.5 min;强制关闭阀门按2 m/min(可调)的速度运行。阀门平水关闭时,采用差动回路,以阀门自重下落。

油箱中设有电加热器,以保证该启闭机在冬季也能正常工作。当系统油温 ≤ 5 ℃时,温度传感器发信号,加热器开始加热;当系统油温 ≥ 30 ℃时,温度传感器发信号,加热器停止加热。

液压系统还设有压力、温度传感器,可随机观察系统压力和温度变化情况,又可参与控制。当系统压力 ≥ 17 MPa时,由压力控制传感器发讯,系统断电停止工作,以有效防止启闭机过载。

(2) 系统控制方式及类型

控制方式分为远方集中/现地分散、自动/手动、程控/应急相结合3种,控制类型分为自动、单项、点动3种,其中点动控制用于设备维修和调试。

(3) 套闸运行控制方式

当套闸运行时,集中控制系统可在监控中心和上下闸首实现集控自动运行和集控手动运行。集控自动运行时,PLC通过采集、判断整个套闸的运行状态,根据自动过闸运行工艺,自动控制上下闸首闸/阀门的运行,实现连续过闸运行。

其中,停机、急停、强落阀等操作为紧急情况下的保护措施,具有较高的操作权限等级。为保证系统和过闸船只安全运行,程序运行过程中的任何时刻都应可以进行停机、急停、强落阀等操作。停机时,控制系统暂时停止运动,但控制指令继续保持,待停机恢复后,继续运行^[3]。

4 视频监视系统设计

为保证套闸安全运行管理的需要,从套闸高效运营管理、收费安全及调度管理等方面综合考虑,通过设置200万像素全数字视频高清监视系统及报警系统,加强对套闸控制、套闸收费调度管理的监视力度,直观地反映套闸重要地点的现场情况,增强安保措施,如实地显示和记录各个场所现场图像。同时,系统预留图像数据传输的网络化与远程化接口。视频监视系统数字高清视

频系统用于对套闸重点区域进行实时视频监控和音频监听,具有视频和音频采集、传输、切换控制、显示、存储和重放、远程浏览等功能。在总控制室配置2块70寸监视器,以显示各个摄像机的视频图像。

4.1 视频监控点的布设方案

视频监控点安装位置能全天候监视船闸工作人员的工作情况和船闸管理范围内人员活动状况,监视各闸首闸门及机械设备运行情况,监视船舶停靠情况以及通航情况。安装过程中需调试摄像机安装高度、角度、清晰度。环境照度不满足视频监视要求的,应配置辅助照明。布设方案具体如下:

(1) 在套闸监控中心布设室内摄像机用于监督监控中心内部工作情况;

(2) 在套闸上右、下右闸首机房(现地操作室)室内适当位置布设室内固定摄像机用于监视闸首机房工作情况;

(3) 在套闸上左、下左闸首机房室外房顶(操作室对侧)适当位置布设室外枪式遥控摄像机用于监视闸首调度人员的工作情况及闸室船舶运行及停靠情况;

(4) 在套闸上、下闸首机房外侧(导航墙一侧)室外适当位置(与上、下游靠船墩成对角线布置)布设室外枪式遥控摄像机用于从上、下游闸首机房外侧监视闸门运行情况,同时兼顾监视套闸上、下游靠船墩船舶停靠情况;

(5) 在套闸上、下闸首机房内侧(闸室一侧)室外适当位置布设室外枪式遥控摄像机用于从上、下游闸首机房内侧监视闸门运行情况,同时兼顾监视套闸闸室船舶停靠情况;

(6) 在配电房的配电室和发电机室内布设室内球形遥控摄像机用于监视供配电设备及发电机的运行情况;

(7) 在四个闸首机房内适当位置布设室内遥控摄像机用于监视液压启闭机等机械设备运行情况。

4.2 视频监控系统的功能

视频监控系统主要具有监视、控制、录像、权限管理及远程浏览五大功能。

(1) 监视功能

视频监控系统全天候监视套闸收费、登记及调度人员的工作过程,监视收费大厅、监控中心及闸首机房室内、外附近区域人员活动状况,监视

各闸首闸门及机械设备运行情况,套闸靠船墩船舶停靠情况以及公用引航道船舶通航情况;

监控中心设置监控管理终端,对系统内每个摄像机画面调用和控制,并通过画面监视、多画面分割和画面切换功能,对不同监视点进行实时监视和切换。发生抢劫等危险情况时,视频监视系统通过与报警系统联动,实时报警到监控中心。结合画面记录、回放功能,可对事发现场情景进行回放。

此外,系统具有可扩展功能,考虑到视频监视系统的远程浏览功能,视频图像预留网络接口,可供上级管理部门实时调用和查看。

(2) 控制功能

通过手动或自动操作,对摄像机、云台等进行遥控,可对活动摄像机进行上、下、左、右控制,对摄像机镜头进行变焦和光圈调节,调节监视效果。手动切换或编程自动切换监视图像,对视频输入信号在指定的监视器上进行固定或时序显示,切换图像显示重建时间应在可接受的范围内。

除此之外,具有与报警控制器联动的接口,报警发生时能切换出相应部位摄像机的图像,予以显示和记录。

(3) 录像功能

视频监控系统对任意监视图像进行手动或自动录像,并在超存储总容量时,进行录像自动覆盖。存储的图像信息应包含图像编号/地址、存储时的时间和日期。

根据安全管理需要,录像时存储现场声音信息,并可根据用户指定时段进行图像、数据信息的记录。

(4) 权限管理

视频监控系统的权限分为一般权限、操作权限和管理权限。

一般权限,只能监视、查询视频图像;操作权限,既可监视、查询视频图像,也可以对前端设备进行控制;管理权限,除了具有操作权限外,还能对系统进行修改和扩充。

(5) 远程浏览

系统采用标准规约的以太网接口与泵站信息管理系统相连,以C/S和B/S模式提供远程视频监视服务。授权用户可远程浏览泵站视频监视系统的全部或者部分视频图像,也可对摄像机等设备进行控制^[4]。

4.3 视频监控系统的构成及数据传输方案

夏仕港套闸上下游闸首机房、配电房等处的摄像机经过光端机将视频及控制信号通过单模光纤传输到套闸监控中心机房;视频信号由视频分配器组分配和放大后分别传送至视频切换矩阵和网络硬盘录像机中。通过视频切换矩阵等设备,将视频图像送至监控中心视频监控屏幕墙的终端监视器上,便于管理及操作人员任意切换和调用现场图像,实现对套闸控制、套闸收费、调度区域的实时监督和管理。可实现对系统所有画面24小时不间断实时录像,并实现对指定时间段内图像的查看和回放。

4.4 视频监控设备的配置

视频监控设备主要包括网络视频存储设备、视频解码器、15台55寸液晶拼接屏、视频管理软件、室外球形摄像机、室内固定摄像机等,通过星型网路进行连接。

5 航道标志和信号指挥系统设计

在夏仕港套闸引航道和套闸进口处设置航道信号灯:主要包括上下闸首和闸室内设置红绿交通指挥灯4组,套闸界限灯4组(红灯),上下闸首设航道中心灯2只(红灯)。上下闸首和闸室内设置的交通指挥灯采用PLC控制,用编程的方法实现与套闸运行流程的逻辑关系。

6 防雷接地系统

夏仕港套闸采用TN-C-S防雷接地系统。在上下闸首的房屋顶部设置避雷带,并与套闸接地网相连。在上下闸首底板下设置水平接地网,并指

定闸室底板中的两根钢筋(直径大于12mm)与闸首下接地网相连,接地电阻小于 $1\ \Omega$,接地网与电气合用。

配电室与总控制室独立接地电阻不大于 $1\ \Omega$ 。在各个支架和设备位置处将接地支线引出地面。所有电气设备底脚螺丝、构架、电缆支架和预埋铁件、照明灯杆与室外摄像机支柱等均可靠接地。各设备接地引出线与主接地网可靠连接。

各电气设备的接地由设备接地端子用铜排引至设备支架上接地端子,再以镀锌扁铁从设备支架下接地端子引至主接地网。主要设备接地端子采用两根引下线分别接入主接地网不同网格。

7 结语

安全生产,重于泰山,对于类似夏仕港套闸这种投入使用年限长,设备、设施老化磨损严重的水闸应尽快实施除险加固工程,确保工程安全运行。目前夏仕港套闸加固改造工程已完成,电气和自动化改造完成后,运行安全可靠,大大提高了船舶通航效率。

参考文献:

- [1] 张孟军.三峡永久船闸现地子站电气控制系统原理.中国三峡.2003,10(6).
- [2] 刘雪芹,刘新泉,姚怀柱.三河船闸计算机监控系统设计应用.江苏水利.2012(8).
- [3] 吕剑栋,沈冰,梁荣祥.上虞市上浦闸船闸自动化建设研究.浙江水利科技.2009(3).
- [4] 陈刚.视频监控系统在船闸中的应用.电工技术.2005,27(3).

(责任编辑:张亚男)