

DOI:10. 3969/j. issn. 1674 - 1951. 2019. 06. 003

基于以太网的水电站卷扬式启闭机 控制系统的设计

Design of winch hoist control systems for hydropower
stations based on Ethernet

胡美玲¹,赵雪瑞²,赵耀丽²
HU Meiling¹,ZHAO Xuerui²,ZHAO Yaoli²

(1. 华电郑州机械设计研究院有限公司,郑州 450046; 2. 河南省工业规划设计院,郑州 450000)
(1. Huadian Zhengzhou Mechanical Design Institute Company Limited,Zhengzhou 450046,China;
2. Henan Institute of Industrial Planning and Design,Zhengzhou 450000,China)

摘 要:水电站卷扬式启闭机安装位置相对分散,采用传统控制系统实现集中控制较为困难,且现场布线及故障节点较多,抗干扰能力较差。通过对可编程逻辑控制器(PLC)及以太网通信技术的研究,开发了一种基于以太网通信的水电站卷扬式启闭机控制系统,该系统采用以太网总线通信技术,大大减少了现场电缆敷设数量,提高了系统的抗干扰能力,可实现闸门的分级自动控制,远程少人操作,人机交互性能优越,自动化程度高,运行稳定可靠,可为水电站卷扬式启闭机的设计提供参考。

关键词:水电站;卷扬式启闭机;以太网;PLC;远控;控制系统

中图分类号:TV 664 **文献标志码:**A **文章编号:**1674 - 1951(2019)06 - 0013 - 04

Abstract:Since the relatively dispersed layout of a winch hoists in a hydropower station, it is difficult to realize centralized control by traditional control system. There are complex wiring and fault nodes on site, which leads to poor anti-interference ability. After the research on PLC and Ethernet bus communication technology, a winch hoist control system for hydropower station is developed based on Ethernet communication technology. The technology reduces the number of wires on site, improves the anti-interference ability of the system, realizes graded automatic control on gates, reduces the operating staff and increase the control distance, advances the human-computer interaction performance, and improve the automation and stability of the system, which provides reference for the design of winch hoists for hydropower stations.

Keywords:hydropower station; winch hoist; Ethernet; PLC; remote operation; control system

0 引言

随着自动化技术和计算机控制技术的发展,卷扬式启闭机的控制系统得到了极大的改善,可编程逻辑控制器(PLC)控制技术和总线通信技术已经逐步应用到卷扬式启闭机的控制系统中来。本文介绍一种水电站卷扬式启闭机的控制方案,该方案采用基于以太网通信的“上位机+下位机”控制方式,通过 PROFINET 总线及时、准确采集现场数据并向现地设备传送控制命令,实现水电站卷扬式启闭机在中控、集控和现地的分层级控制。这种控制模式可

实现远程少人操作,操作功能完备,设备故障率低,人机交互性好,将逐步成为水电站卷扬式启闭机控制系统设计的主流。

1 系统设计原则

1.1 安全可靠

通过采用成熟技术和高质量的输入输出元器件,合理配置 PLC 硬件和软件资源,并充分利用 PLC 内部软元件设计、PLC 控制系统故障检测与诊断程序,对关键元器件实行软、硬双重保护,确保控制系统安全、可靠地运行。

1.2 兼容性与可扩展性

本系统采用的工业控制器为 SIMATIC S7 - 1200(以下简称 S7 - 1200)和 SIMATIC S7 - 1500 PLC(以下简称 S7 - 1500),2 个系统的通信环境、硬

件环境、软件环境相互兼容。随着应用需求的发展,系统能灵活扩充,且在保证技术专业程度的同时,对各种应用系统有较好的通用性能,可以适应日益提高的安全生产要求。

1.3 易维护性

本设计方案操作、维护简单,系统采用模块化设计及安装,并采用全中文的控制界面,图形界面友好,满足操作者正常操作和远程监控设备运行要求。

2 控制系统总体方案

本设计方案依托项目水电站大坝共 13 孔闸门,由 13 台固定卷扬式启闭机控制闸门开度调节流量。该控制系统采用基于以太网的闸门控制系统,分 3 级控制,由 13 个独立的现地控制子站系统、集控室集中控制主站和中控室上位机远程控制系统组成^[1]。控制系统如图 1 所示。

2.1 PLC 控制系统

本系统主站 PLC 选用 S7-1500,子站 PLC 选用 S7-1200,主站 S7-1500 与 13 个子站 S7-1200 之间采用 PROFINET 以太网通信。由于现地控制系统与集控系统距离较远,故每套现地控制系统配备一个光纤收发器,主从站之间通过光缆传输信号。

S7-1500 做控制主站,具有以下卓越的控制性能^[2]。(1)处理速度:S7-1500 的信号处理速度更为快速,可极大地缩短系统响应时间,进而提高生产效率。(2)高速背板总线:新型背板总线技术采用高波特率和高效传输协议,以实现信号的快速处理。(3)通信:S7-1500 带有 3 个 PROFINET 接口,通过 PROFINET IRT,可定义响应时间并确保高度精准的

设备性能。(4)集成 Web Server:无需亲临现场即可通过 Internet 浏览器随时查看 CPU 状态。

S7-1200 做控制从站,支持通过 RS232,RS485 实现点对点通信,支持 ASCII,Modbus,TCP/IP 通信协议,可以与 S7-200,S7-300,S7-1500 等系列 PLC 通信。同时,S7-1200 还可支持最多 8 个扩展信号模块和 3 个通信模块,使系统各部分既可有机的融合,又有相对的独立性,系统的结构、容量、通信和处理能力等方面都为日后系统的升级扩展和设备更新留有余地。

2.2 通信方式介绍

工业以太网一般使用 IEEE 802.3 中定义的以太网标准,针对自动化系统的网络节点辅助采用了服务质量(QoS)机制^[3]。该控制系统方案中主站 S7-1500 和子站 S7-1200 之间,主站 S7-1500 与上位机之间均采用工业以太网进行通信。

PROFINET 作为工业以太网之一,采用了 3 种不同的协议栈来实现。这样既满足了普通以太网的需求,又满足了工业系统对不同应用的实时性要求。PROFINET 使用以太网和 TCP/IP 协议作为通信基础^[4],以微软 OLE,COM,DCOM 为技术核心,最大限度地实现开放性和可扩展性,并向下兼容传统工控系统,使分散的智能设备组成的自动化系统向着模块化的方向跨进了一大步。PROFINET 网络可以采用星形结构、树形结构、总线型结构和环形结构,本方案网络结构采用树形结构,如图 1 所示。

2.3 现地控制子站

现场控制子系统共 13 个子站,用于完成 13 个闸门的本地控制,控制柜布置在现地启闭机室内。

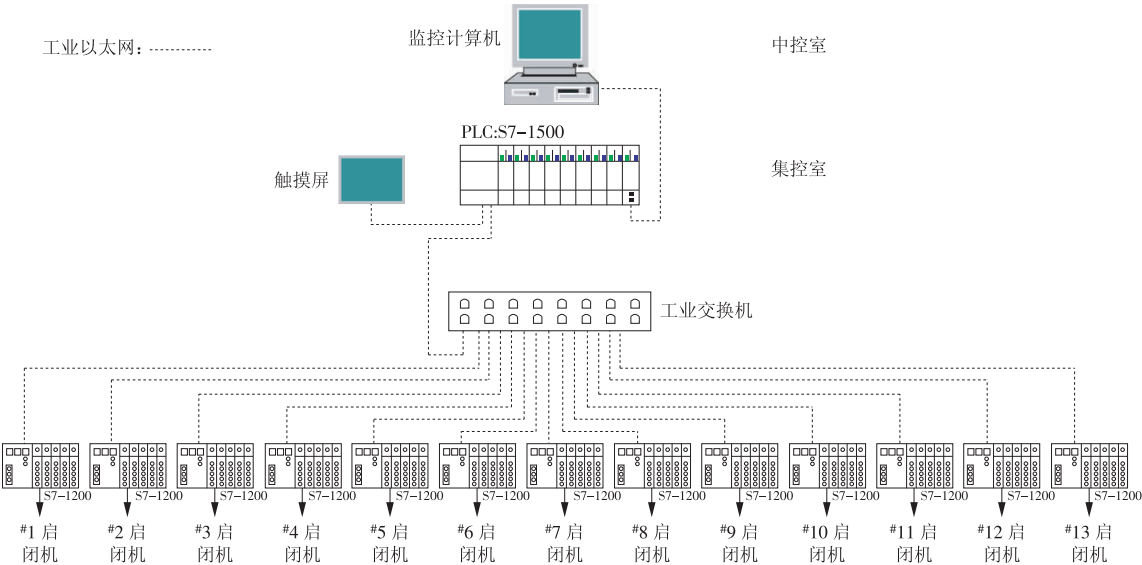


图 1 水电站卷扬式启闭机控制系统

Fig. 1 Winch hoist control systems for hydropower stations

卷扬式启闭机现场控制子系统分别由带 PROFINET 接口的 S7-1200 PLC、闸门开度传感器、闸门开度主令开关、称重传感器、机械载荷限制器等组成,其提升电机为三相交流变频电动机,通过 ACS880 系列变频器进行启动和调速控制。上升和下降速度分别设有 1 挡、2 挡和 3 挡。现场控制子系统通过本地操作或接收远方动作指令完成闸门的上升、下降和停止,并设置零位保护、超载保护、闸门全开、闸门全关和电动机过流保护等保护功能。

S7-1200 PLC 作为现地控制系统的核心,完成设备运行状态和参数的采集、计算,控制各个执行机构的动作。中央处理器(CPU)选用 6ES7214-1HG40-0XB0,另外选配有数字量输入模块 6ES7221-1BH32-0XB0、数字量输出模块 6ES7222-1HF32-0XB0、模拟量输入模块 6ES7231-4HD32-0XB0 和模拟量输出模块 6ES7232-4HD32-0XB0。

2.4 集中主站控制

集中主站控制系统采用 S7-1500 系列 PLC,负责处理各个现地子站上传的数据和参数,并将数据上传至中控室的上位机,方便中控室进行远程监控。集中控制主站系统配备工业级光纤交换机,与子站 S7-1200 和中控室上位机进行连接,实现工业以太网的通信。CPU 选用 6ES7511-1AK00-0AB0,另外选配有数字量输入模块 6ES7521-1BH10-0AA0、数字量输出模块 6ES7522-1BH10-0AA0 和模拟量输入模块 6ES7531-7QD00-0AB0。

集中主站控制系统配备工业触摸一体机,显示每个闸门的运行状态,包括合闸状态、分闸状态、闸门全开状态、闸门全关状态、载荷和开度的显示等;同时具备远程控制闸门动作的功能,包括系统的合闸、分闸,闸门的上升、下降等控制功能。

2.5 中控室上位机远程控制

中控室设置有上位机 1 台,用于显示现地设备的运行状态和过程参数,进行各运行方式的选择和切换,进行远程自动远程操作,同时还具有模拟量参数显示、棒图显示、声光报警、打印报表等功能。

上位机配置参数如下:CPU,P4 2.4 GHz;硬盘,500 GB、固态硬盘;内存,DDR 2 GB;显卡,AGP;网卡,10/100 Mbit/s 自适应网卡;显示器,24 英寸(60.96 cm)液晶彩色显示器,分辨率为 1 600 × 1 024,刷新率为 85 Hz,X 射线满足国际安全标准。

3 控制模式

该水电站卷扬式启闭机的控制方案有 3 种控制模式,分别是现地控制、集中控制和远程控制。这 3

种控制模式具有互锁及连锁控制功能,实现水电站 13 孔闸门的现地手动控制及远程自动控制功能。在每台启闭机的现地控制柜上可以对相应闸门进行控制,并显示该闸门的载荷、开度和故障等状态。在集中控制室主站控制柜,可以对 13 孔闸门中任何一个闸门进行手动或远程自动控制,并在控制柜触摸屏上对 13 孔闸门的运行状态进行显示。在水电站中控室上位机可以对 13 孔闸门中任何一个闸门进行手动或远程自动控制,并对 13 孔闸门的运行状态、过程参数及报警状态进行显示,同时还具有故障查询、打印报表等功能。

在集中控制和远程控制方式时,可以实现闸门的自动控制。根据现场采集参数,如闸门载荷值、闸门开度值、闸门前后水位和水流速度等模拟量,该系统自动运算并判断闸门是否下滑,是否需要开启闸门降低水位,并根据设定水位要求自动控制闸门提升或者下降。而且在自动控制方式下,允许同时操作的闸门数量可以设置,当超过设置数量时闸门操作无效,闸门不能动作。该方案控制流程框图如图 2—5 所示。

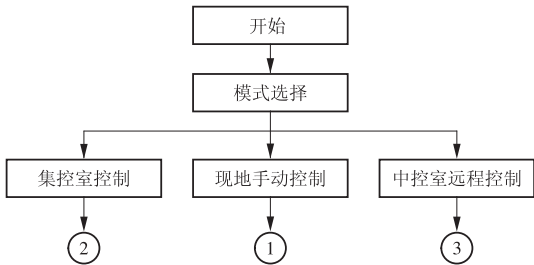


图 2 启闭机控制流程框图
Fig.2 Flow chart of hoist control

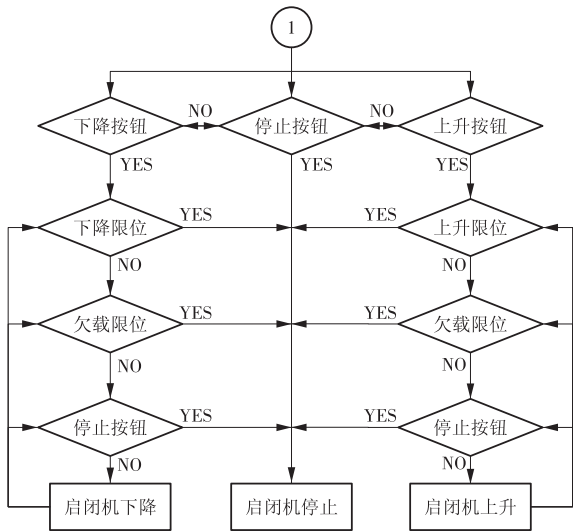


图 3 启闭机现地手动模式控制流程框图
Fig.3 Flow chart of the hoist manual control on site

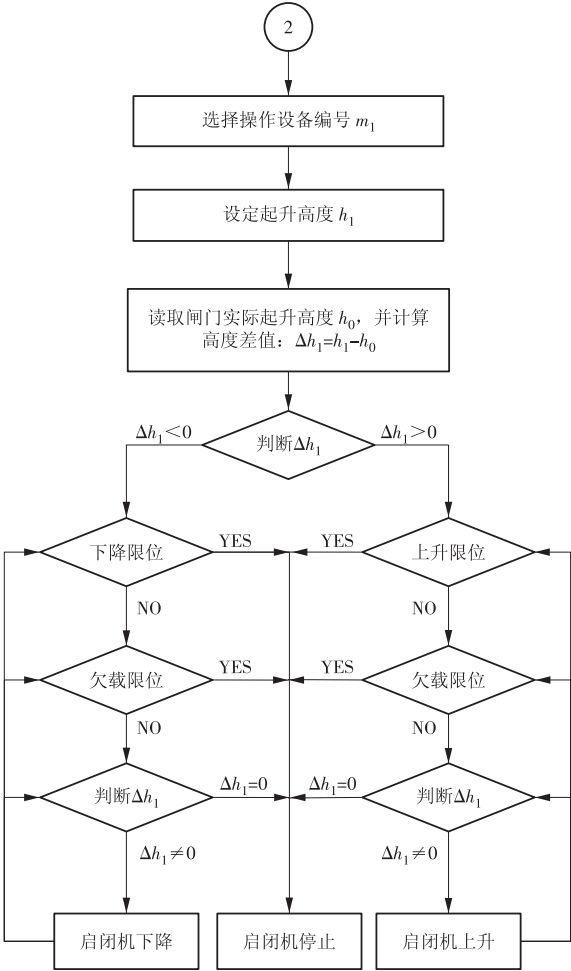


图 4 启闭机集控模式控制流程框图

Fig. 4 Flow chart of hoist control under centralized control mode

4 设计关键技术点

(1) 常用 PLC 允许的工作环境温度为 0 ~ 55 ℃, 空气相对湿度要求小于 85% (无凝露), 而大部分水电站属于湿热环境, 为保证 PLC 的正常散热和绝缘性能, 在 PLC 的柜装工艺设计中设置自动温湿度控制电路, 当温度或湿度超过设定值时自动投入风扇或加热器, 保证 PLC 正常运行。

(2) 为提高控制系统的安全可靠性, 需要提高 PLC 对电源波动的抗干扰能力, 在 PLC 电源进线装一台带屏蔽层的隔离变压器, 以减少设备与地之间的干扰。PLC 输入电路用外接直流电源时, 采用稳压电源, 以保证正确的输入信号。

(3) 在 PLC 电源进线装一台带屏蔽层的隔离变压器, 以减少设备与地之间的干扰。同时在 PLC 输入电路用外接直流电源, 采用稳压电源, 以保证正确的输入信号。通过以上电源回路的设计, 提高 PLC 对电源波动的抗干扰能力, 提高控制系统的安全可靠性。

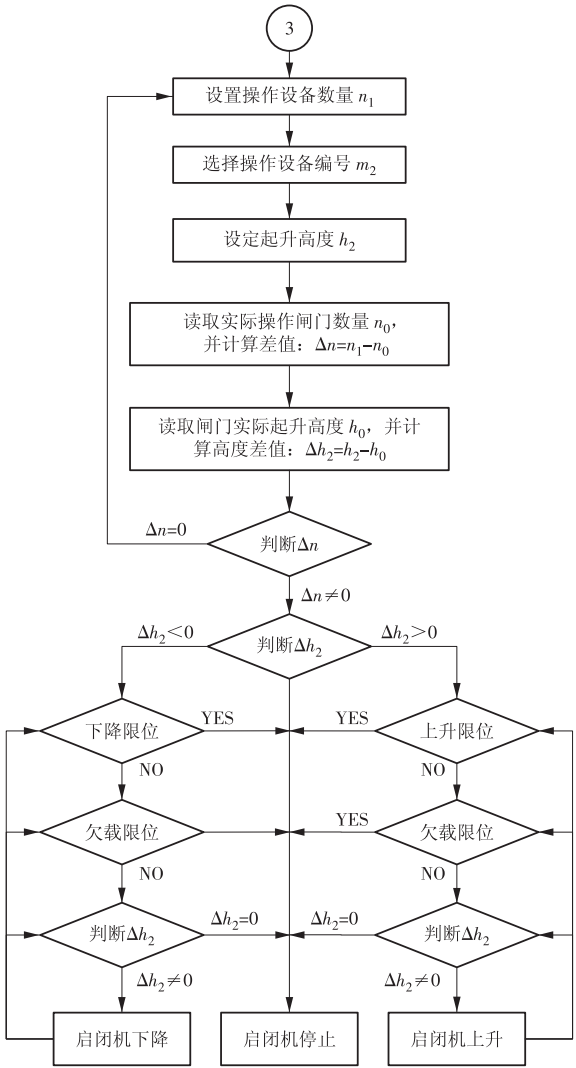


图 5 启闭机中控制远控模式控制流程框图

Fig. 5 Flow chart of hoist control under remote control mode

(4) 做好 PLC 接地, 这是控制系统安全可靠运行的重要条件^[5]。PLC 接地采用单独接地方式, 如图 6a 所示; 或者采用公共接地方式, 如图 6b 所示; 禁止使用如图 6c 所示的串联接地方式。

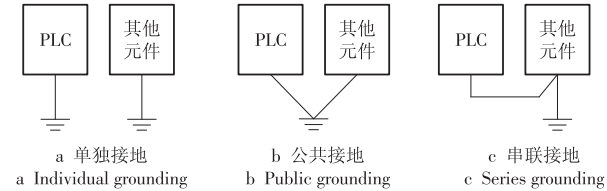


图 6 PLC 接地示意

Fig. 6 PLC grounding indication

(5) PLC 柜柜装布线: I/O 线、动力线及其他控制线分开走线, 不铺设在同一线槽中布线; 模拟量信号的 I/O 线使用屏蔽线, 且屏蔽线的屏蔽层一端接地。

(6) PLC 软件设计: 通过程序编辑提高 PLC 控制系统的抗干扰能力和可靠性, 设置故障检测与自诊断功能。

(下转第 32 页)

型的平均相对误差为 8.600%,为三级精度,方差比值为 3.107,预测精度远低于四级精度标准。可以发现“改进灰色 GM(1,1)模型”的预测精度最高,其预测效果也最好,适合在火电厂发电设备的状态预测中进行实践应用。

3 条预测曲线的变化趋势如图 2 所示,改进灰色 GM(1,1)模型的预测趋势曲线最逼近实际现场测得的冷油器出口油温数据,其结果比较真实地反映出了生产运行时状态参数的波动过程;而传统灰色 GM(1,1)模型与四阶曲线拟合模型的出口油温预测数值不能很好地反映实际的冷油器出口油温波动趋势,尤其是四阶曲线拟合模型的预测结果与实际出口油温的变化态势相差略大,不能应用于电厂实际生产过程中。

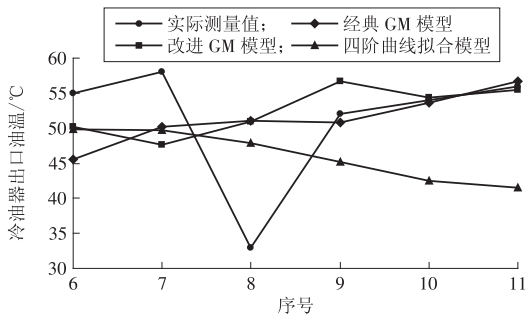


图 2 3 种预测模型预测值对比

Fig. 2 Comparison of predicted values of three prediction models

4 结论

比较可得:对于实际生产现场的具有波动性的设备状态参数的预测,使用“改进灰色 GM(1,1)模型”可以得到预期的结果,其预测值拥有很高的精度,所以在火电厂发电设备状态参数的预测中,针对易受环境影响且波动性较强的设备,采用“改进灰

(上接第 16 页)

5 结束语

该基于以太网的水电站卷扬式启闭机控制系统已经在水电站启闭机项目中得到应用,远程操作方便,运行稳定可靠,解决了水电站卷扬式启闭机设备分散,不易控制等难点问题。采用以太网通信抗干扰性强,减少了布线,便于安装调试,可广泛适用于目前水电站多台卷扬式启闭机的远程自动控制。

参考文献:

[1]高伟. 基于 Profibus - DP 现场总线的闸门监控系统的设计与实现[J]. 西安石油学院学报(自然科学版), 2003,

色 GM(1,1)模型”进行预测能得到较好的结果,适合用于处理电厂中大量的点检数据。

参考文献:

[1]邵声新. 发电企业点检定修的设备管理模式及其精细化内涵[D]. 上海:上海交通大学,2009.
[2]肖进华. 电厂设备点检管理决策系统研究与开发[D]. 武汉:华中科技大学,2005.
[3]杨永会. 电厂发电设备可靠性分析[J]. 建筑工程技术与设计,2016(22):2182.
[4]张中东. 点检制在发电企业中的应用研究[D]. 保定:华北电力大学,2006.
[5]李耀君,于新颖. 火电厂设备状态检修技术[J]. 中国电力,2005,38(4):9-15.
[6]耿红杰. 设备点检管理与预知性维修的简要分析[J]. 中国高新技术企业,2009(10):71-72.
[7]韩红彩. 灰色系统预测的研究与分析[J]. 中国科技信息,2010(14):29-30.
[8]RAMIN M, LABENCKI T, BOYD D, et al. A Bayesian synthesis of predictions from different models for setting water quality criteria[J]. Ecological Modelling, 2012,242:127-145.
[9]芦森. 基于组合模型的中国能源需求预测[D]. 成都:成都理工大学,2010.
[10]田红霞. 基于两次改进灰色加权马尔可夫模型的 CPI 预测[J]. 中北大学学报(自然科学版),2015(2):113-117.
[11]江长征. 电动给水泵润滑油压低缺陷的消除[J]. 湖北电力,2009(6):70-71,74.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

牛腾赞(1993—),男,河南许昌人,工程师,工学硕士,从事电站设备节能与监测等方面的研究(E-mail: niutengyun0806@163.com)。

18(3):73-75.

[2]崔坚. SIMATIC S7-1500 与 TIA 博图软件使用指南[M]. 北京:机械工业出版社,2016.
[3]赵杰. 工业以太网技术应用与发展[J]. 仪器仪表用户, 2004,11(1):1-2.
[4]韩丽. 基于 S7-1500 的 Profinet 通信方式的变频调速系统设计[J]. 中国高新技术企业,2016(11):24-25.
[5]起重机设计规范:GB/T 3811—2008[S].

(本文责编:白银雷)

作者简介:

胡美玲(1981—),女,河南许昌人,高级工程师,从事水电站启闭机和清污机等机械设备电气控制系统设计方面的工作(E-mail:395396178@qq.com)。