

# 电气及其自动化在机电工程中的应用

刘凯华

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050021

**摘要:** 随着水利机电工程向智能化、规模化转型,电气及其自动化技术成为核心支撑。本文立足水利工程实际,阐述电气及其自动化技术的定义、核心组成与关键技术,分析其在泵站控制、能源动力、枢纽灌区及过程控制等领域的具体应用,总结技术优势与现存挑战,提出优化策略并展望发展趋势,为水利机电工程高效、安全、低碳运行提供技术参考,助力水利行业高质量发展。

**关键词:** 电气及其自动化;机电工程;应用

**引言:** 当前,水利机电工程作为水资源调控、防洪灌溉的核心载体,对运行效率、稳定性和智能化水平提出更高要求。传统人工操作模式已难以适配现代水利工程的规模化发展需求,电气及其自动化技术的融合应用成为突破瓶颈的关键。该技术整合电气控制、智能算法与网络通信,可实现水利设备自动化管控、精准调度,本文结合水利工程实践,深入探讨其应用路径与发展方向,具有重要的理论与实践价值。

## 1 电气及其自动化技术概述

### 1.1 电气自动化技术的定义与内涵

(1) 电气工程与水利机电的融合特征。电气及其自动化技术是电气工程与自动化技术深度融合的产物,核心是通过自动化控制手段实现水利电气系统的高效、精准、智能运行。其融合特征体现为“电气为基、自动为核、水利适配”,打破传统水利机电工程人工操作的局限,将控制逻辑嵌入水利电气设备运行全流程,实现水利供电、配电、用水及泵站、闸门等设备调控的自动化、智能化,兼具安全性、可靠性和高效性,广泛应用于水利枢纽、泵站、灌区等多个水利领域。(2) 核心组成: 传感器、控制系统、执行机构等。该技术核心由三大模块构成,协同完成水利电气系统“感知-决策-执行”闭环。传感器负责采集水利电气系统运行参数及水位、流量等水文数据,将物理信号转化为电信号,是系统的“感知器官”;控制系统是核心中枢,处理传感器信号并输出控制指令;执行机构接收指令,完成泵站启停、闸门调节等操作,同时包含电源模块、保护装置等辅助组件,保障水利电气系统稳定运行。

### 1.2 关键技术分析

(1) 可编程逻辑控制器(PLC)技术。PLC是水利机电自动化的核心控制设备,采用可编程的存储器,可实现逻辑控制、时序控制、计数和算术运算等功能,具有

抗干扰能力强、编程简便、扩展性好的特点,适配水利户外复杂环境,是连接控制系统与水利执行机构(泵站、闸门)的关键纽带。(2) 工业网络通信技术。负责实现水利电气系统各组件的数据传输与互联互通,现场总线适配水利泵站、枢纽等近距离、低成本通信,工业以太网则实现远距离、高速数据交互,打破水利设备孤岛,确保传感器、PLC、执行机构之间的指令和数据高效传递,支撑水利系统协同运行<sup>[1]</sup>。(3) 智能控制算法。突破传统控制算法的局限,模糊控制可处理水利系统不确定、非线性运行场景,神经网络控制具备自学习、自适应能力,能根据水文变化、水位波动动态调整控制策略,提升水利电气系统的控制精度和抗干扰能力。(4) 人机交互与可视化技术。通过触摸屏、监控主机等设备,实现人类与水利电气自动化系统的双向交互,可实时显示水位、流量及设备运行参数、故障信息,操作人员可手动下达控制指令、修改参数,简化水利设备操作流程,便于系统运维和故障排查。

## 2 电气及其自动化在水利机电工程中的应用

### 2.1 水利泵站自动化控制领域

(1) 泵站机组自动化运行。在水利泵站机电工程中,电气及其自动化技术实现了泵站全流程无人化、标准化控制。通过PLC、变频器与水文传感器的协同,精准控制泵站机组启停、转速调节等操作,比如农田灌溉泵站中,自动化设备按预设水位阈值完成机组启停,根据灌溉需求调节水泵转速,实现水资源合理分配;防洪排涝泵站中,实时响应水位变化,自动切换机组运行模式,提升排涝效率,降低人工劳动强度。(2) 多泵站协同调度。依托电气自动化控制技术,区域内多座泵站可实现协同联动,通过工业网络通信传输指令,结合水文数据实现统一调度。路径规划与智能控制算法结合,优化泵站运行时序,规避设备干涉,适配不同水文场景需求,比如流域防洪中,多

泵站协同启停,合理分配排涝负荷,提升防洪应急处置能力。(3) 泵站数字化管控。电气及其自动化是水利泵站数字化建设的核心支撑,通过整合PLC、工业以太网、人机交互等技术,实现泵站设备、水文数据、运行状态的互联互通。泵站内所有机电设备接入统一控制系统,实时采集水位、流量、机组运行参数,通过可视化平台实现全程监控,同时联动灌区调度、防洪指挥系统,实现泵站运维、水资源调度的智能化管理<sup>[2]</sup>。

## 2.2 水利能源与动力系统

(1) 水利发电自动化监控与调度。在水电厂水利机电工程中,电气自动化技术实现了发电设备的全方位监控与精准调度。通过自动化监控系统,实时采集水轮机、发电机等核心设备的运行参数,结合水位、流量数据及时发现异常并触发保护机制,同时通过调度系统优化机组启停、负荷分配,保障发电系统稳定、高效运行,减少能源损耗。(2) 水利新能源系统的并网控制。针对水利配套光伏、风电等新能源发电的波动性特点,电气及其自动化技术承担着并网控制的关键作用。通过智能控制算法与并网设备的协同,调节新能源发电系统的电压、频率,使其与水利供电网络参数匹配,实现平稳并网,同时优化功率输出,为泵站、闸门等水利设备提供稳定供电,推动水利机电工程与新能源产业深度融合<sup>[3]</sup>。(3) 水利供电网络的电能质量优化。在水利供电网络机电工程中,电气自动化技术用于电能质量的实时监测与优化调控。通过传感器采集电网电压、电流等参数,借助PLC与智能控制装置,自动补偿无功功率、抑制谐波干扰,保障水利泵站、闸门等设备供电稳定,满足水利工程连续运行对电能质量的高标准要求。

## 2.3 水利枢纽与灌区基础设施领域

(1) 水利枢纽自动化系统集成控制。在水利枢纽机电工程中,电气自动化技术实现了枢纽自动化系统的集成控制,涵盖闸门、启闭机、排水、照明等机电设备。通过中央控制系统,根据水文参数、调度指令,自动调节闸门开度、启闭机运行状态,比如水库泄洪时,根据水位实时数据自动调节闸门开度,精准控制泄洪流量;灌溉期,联动闸门与泵站,实现水资源精准调配,提升水利枢纽运行效率。(2) 灌区灌溉自动化控制。在灌区水利机电工程中,电气自动化技术广泛应用于灌溉系统管控,通过传感器监测灌区土壤墒情、水位数据,自动调节灌溉阀门、泵站运行,实现精准灌溉,避免水资源浪费,同时降低灌区运维成本,提升灌溉效率,保障农田灌溉需求。(3) 水利工程故障监测与处置。在水利机电工程中,电气自动化技术实现了设备故障的实时监测与快速处置,

通过传感器采集设备运行振动、温度等数据,结合智能算法分析设备运行状态,提前预判潜在故障,发出维护预警,同时自动记录故障信息、定位故障位置,为运维人员提供精准指导,减少设备停机时间,保障水利工程连续稳定运行<sup>[4]</sup>。

## 2.4 水利过程控制领域

(1) 水利工程连续运行控制。在水利枢纽、灌区等过程性水利机电工程中,电气及其自动化技术实现了连续运行的精准控制。针对水利工程连续性强、参数要求严格的特点,通过分布式控制系统(DCS)与PLC协同,实时监测水位、流量、压力等参数,自动调节设备运行状态,保障水利运行流程稳定,避免因参数偏差导致的工程事故。(2) 水利设备预测性维护技术应用。依托电气自动化技术,水利机电设备实现了故障诊断与预测性维护。通过传感器实时采集设备运行数据,结合智能算法分析设备运行状态,提前预判水泵、闸门等设备潜在故障,发出维护预警,同时自动记录故障信息,为运维人员提供精准指导,减少设备停机时间,降低维护成本,保障水利工程连续稳定运行。

## 3 电气及其自动化技术的优势与挑战

### 3.1 技术优势分析

(1) 提高水利工程运行效率与稳定性。电气及其自动化技术可实现水利设备连续不间断运行,替代人工重复性操作,大幅减少操作间隙和人为失误,显著提升泵站调度、闸门控制等运行效率。同时,通过精准的自动化控制,可稳定维持水文、设备参数在预设范围,确保水利工程运行稳定,适配水利工程规模化、标准化运行需求。(2) 降低能耗与运营成本。该技术通过智能控制算法优化水利设备运行状态,根据水位、流量动态调节能耗,避免设备空载、过载运行造成的能源浪费,实现节能降耗。此外,自动化运行减少人工投入,降低人工管理和培训成本,同时减少设备故障停机时间,降低运维损耗,长期可显著压缩水利工程运营成本。(3) 增强水利系统安全性与可靠性。电气自动化系统具备实时监测、故障预警和自动保护功能,可快速识别电路过载、设备故障等安全隐患,及时触发停机、断电等保护措施,规避安全事故,有效提升水利机电系统运行的稳定性和安全性,减少设备损坏和人员安全风险。

### 3.2 现存问题与挑战

(1) 水利场景技术集成复杂度高。电气自动化需整合PLC、工业网络、智能控制等多种技术,水利户外环境复杂、不同水利枢纽设备及系统协议存在差异,导致多系统集成兼容性差、流程繁琐,既增加前期部署成本,也可

能影响水利系统整体运行效率。(2)水利数据安全风险突出。技术向智能化、网络化发展后,电气自动化系统需传输存储大量水文、设备运行数据,网络连接增多使其面临黑客攻击、数据泄露等风险,一旦发生安全问题,易导致水利系统瘫痪、调度中断,造成重大水资源管理损失。(3)水利领域标准化与互操作性不足。当前电气自动化领域缺乏适配水利场景的统一技术标准和接口规范,不同类型、品牌的水利设备与系统难以无缝对接、共享数据,互操作性差,限制了水利系统升级扩展与协同调度。(4)水利领域高技能人才短缺。该技术融合多学科知识,要求从业人员掌握电气控制、编程及水利工程知识,目前行业内兼具理论与实操经验的高技能人才匮乏,无法满足水利系统集成、运维等岗位需求,制约技术落地升级。

#### 4 电气及其自动化技术的优化策略与发展趋势

##### 4.1 技术优化方向

(1)边缘计算与云计算的融合应用。针对水利系统数据处理延迟、云端负载过大的问题,推动边缘计算与云计算深度融合。边缘计算负责就近处理水利现场实时性强的水文、设备数据,降低传输延迟和网络压力,云计算则承担海量水文数据存储、深度分析与全局调度,二者协同互补,提升水利电气自动化系统的数据处理效率和决策精准度。(2)人工智能与大数据驱动的智能决策。依托大数据技术整合水利系统运行、设备运维、水文变化等多维度数据,结合人工智能算法进行深度挖掘,实现水利调度智能决策与动态优化。通过算法自学习能力,预判设备故障、优化泵站调度、闸门控制参数,替代传统人工决策模式,提升系统运行的智能化水平<sup>[5]</sup>。(3)5G通信技术支持下的远程运维。借助5G低延迟、高带宽、广连接的优势,构建水利电气系统远程运维体系,打破空间限制。运维人员可通过终端实时监测偏远水利泵站、枢纽设备运行状态,远程下达调试、检修指令,快速处理设备故障,减少现场运维投入,提升水利工程运维效率。

##### 4.2 未来发展趋势

(1)数字孪生与虚拟调试技术普及。数字孪生技术

将广泛应用于水利电气自动化领域,通过构建水利枢纽、泵站虚拟模型映射物理系统,实现设备运行状态、水文变化的实时仿真、虚拟调试与模拟优化。在系统部署前完成虚拟测试,降低水利工程部署风险和成本,推动系统运维向预测性、智能化转型。(2)绿色自动化与低碳化转型。响应低碳发展理念,绿色自动化成为水利领域核心趋势。通过优化控制算法、采用节能型电气设备,进一步降低水利系统能耗,推动电气自动化技术与水利新能源深度融合,助力水利机电工程实现低碳运行,兼顾运行效率与环保需求。(3)柔性调度与精准管控模式。依托电气自动化技术的柔性控制能力,打破传统水利调度局限,推动柔性调度与精准管控发展。通过灵活调整控制系统参数、联动泵站、闸门等设备,适配不同水文场景、灌溉需求,实现水资源精准调配,推动水利机电工程转型升级。

##### 结束语

综上所述,电气及其自动化技术在水利机电工程各领域的应用,有效突破了传统运维模式的局限,显著提升了工程运行效率、稳定性和智能化水平,同时也面临技术集成复杂、人才短缺等挑战。未来,需持续推进技术优化,推动数字孪生、绿色低碳等技术与水利机电工程深度融合,完善行业标准,培育专业人才,助力水利机电工程高质量发展,为水资源合理利用和水利事业进步提供有力支撑。

##### 参考文献

- [1]曹正明.自动化技术在机电工程中的应用[J].电子技术,2022,51(07):302-303.
- [2]张辉.浅析电气自动化工程中的节能设计技术[J].电子元件与信息技术,2022,6(01):108-109.
- [3]陈文跃.电气及自动化在机电工程中的应用分析[J].大众标准化,2022,(21):118-120.
- [4]邹爱妮,邹志丰.电气自动化在机电工程中的应用[J].中国设备工程,2024,(09):198-200.
- [5]徐芳芳.电气自动化在机电工程中的应用研究[J].南方农机,2022,53(04):185-187.