

# 智能水电厂现地自动化系统技术研究

孙琛翔

甘肃电投九甸峡水电开发有限责任公司 甘肃定西 730500

**摘要：**在全球能源需求持续增长及环境保护要求不断提高的背景下，开发利用清洁能源已成为世界各国实现可持续发展的一项重大战略目标。水电作为重要的可再生能源之一，以其清洁、可再生和调节能力大等特点在我国能源结构上占有重要位置。但传统的水电厂所面临的设备老化，运行效率低下，管理繁杂。为提升水电厂运行效率与管理水平，建设智能化水电厂已逐步成为该产业的发展方向。智能水电厂在引进先进自动化与信息化技术的基础上，对水电厂的运行状况进行综合感知，智能分析与高效决策，使水电站运行管理得到了优化，发电效率与设备利用率得到了提升。现地自动化系统是智能水电厂中的一个重要环节，它担负着监控、控制、数据采集与管理的主要工作。文章将重点对智能水电厂现地自动化系统技术研究进行探讨，对当前技术优缺点进行分析，对今后的发展方向及面临的挑战进行展望。

**关键词：**智能水电厂；现地自动化系统；技术研究

## 引言

伴随着科学技术的进步，世界水电行业已经逐步向自动化、信息化和智能化方向发展。我国是一个水电大国，水电资源开发利用在经济社会可持续发展中具有举足轻重的地位。近年来，随着新一代信息技术（例如物联网、云计算、大数据、人工智能）的迅猛发展，水电厂的智能化建设得到了广泛关注。利用智能技术可以有效地提高水电厂运行效率、降低人工成本和运行风险。现地自动化系统（Local Automation System, LAS）是智能水电厂建设中的关键技术之一。现地自动化系统承担着水电厂设备现场实时数据采集、监测、自动控制及远程传输等功能，它是水电厂实时运行信息共享及智能监测设备状态的基础。与传统自动化系统相比较，现地自动化系统能更加灵活适应复杂运行环境且出现故障后反应迅速，稳定性与可靠性较高。

## 一、智能水电厂概述

### （一）智能水电厂的定义与特点

所谓智能水电厂，就是将传统水电厂经过先进信息化与自动化技术提升，达到综合智能化监控、管理与运行优化为一体的现代化电厂。它的核心是运用物联网、云计算、大数据和人工智能技术手段实现水电厂内部设备运行，发电过程和环境参数的实时数据获取、分析和反馈最终达到水电厂自主优化控制和高效管理的目的。智能水电厂有若干显著特征：一是自动化能力强，通过

传感器网络及自动控制系统可实现水轮机，发电机组及变电设备的全方面监测与精准调节，降低人为干预要求，提高运行效率。二是具有较强的数据处理及智能分析功能，可通过大量运行数据的分析及建模提供最佳运行决策及故障预警等信息，大大降低运行风险。三是智能水电厂注重系统互联互通，保证了不同设备、系统间数据共享、协同运行，提高了总体响应速度及可靠性。水电厂通过远程监控、智能化运维等手段，能够实现对设备预防性维护、延长其使用寿命、减少维护成本。总体来看，智能水电厂在提升水电资源利用效率的同时，也显著降低了环境影响，成为水电行业今后发展的一个重要方向。

### （二）智能水电厂的构成

智能水电厂组成涉及到众多关键系统与技术模块，构成高度融合与协同工作整体。它的核心组成由信息化系统、自动化控制系统、数据采集与传输系统和智能决策支持系统等组成。信息化系统是通过建立综合数据网络将水电厂各种设备及系统集成在一起，从而达到实时共享及远程管理数据。自动化控制系统的主要职责是对电厂的关键设备，例如水轮机、发电机组和变压器等，进行自动化的监测和调整，以确保电力生成过程的高效和稳定性。数据采集及传输系统利用传感器网络及通信设备对水库水位，设备运行状态及环境参数进行实时采集及传输到中央控制系统以对电厂智能化管理提供数据支撑。智能决策支持系统通过分析大量的运行数据，利

用人工智能和大数据技术，能够提供发电优化方案、运行状态预测和故障预警，从而帮助管理人员做出更加精确的决策。另外，智能水电厂重视设备互联互通问题，借助边缘计算和云计算技术手段实现各子系统协同运行，提高电厂整体运行效率与可靠性。该多系统融合组成模式使得智能水电厂具有自动化、智能化、绿色化等显著优点，符合现代能源产业对于清洁、高效、安全等要求。

## 二、现地自动化系统技术分析

### （一）现地自动化系统概述

现地自动化系统作为智能水电厂不可缺少的核心部分，承担着设备现场数据采集，监测与控制等工作。系统直接连接水电厂各种设备，并通过传感器、执行器等设备进行实时监控控制运行。目前的自动化系统具备独立操作的能力，它通过本地的数据处理和控制功能，降低了对中央控制系统的依赖，尤其是在紧急情况或网络中断的情况下，能够确保系统的持续运行和快速响应。它一般是由分布式控制单元（DCS）、可编程逻辑控制器（PLC）和多种智能终端设备组成的，这些设备之间是相互协作的，通过本地网络向监控系统发送设备运行状态，环境数据和工艺参数等信息，从而实现了设备自动化操作和维修。现地自动化系统以高实时性，高可靠性为主要特征，能够实现电站内各种设备及系统的准确控制及反馈调节，从而有效地促进水电厂运行效率及安全性。该系统同时支持和上层信息系统无缝连接，使中央调度可以对设备的运行情况进行远程采集、实时监测和调节。通过该分布式控制架构使现地自动化系统在减少人为操作风险的前提下，可以灵活处理水电厂复杂的操作环境，确保设备平稳高效运行。

### （二）现地自动化系统的技术构成

现地自动化系统在技术组成上涉及到许多关键部分，组成了高效、智能化现场控制网络。以数据采集为核心环节，利用分布在电厂各处的传感器设备实时采集水轮机、发电机组和变压器等关键设备运行参数、水位、流量和环境温度信息。传感器和现场控制器的紧密结合保证了各种数据能准确无误的传送给系统。数据传输技术以工业以太网、光纤网络或者无线通信的形式将上述信息迅速而可靠的传输给控制中心。控制和执行机制构成了当前自动化系统的关键组成部分，通过使用可编程逻辑控制器（PLC）和分布式控制系统（DCS）来达到对各种设备进行精准操控的目的，根据实时采集到的信息，该系统可以独立地作出判断并执行例如发电调度和水闸

控制。系统自动调节能力强，能够通过预先设定的控制逻辑对发电流程进行优化，保证电厂的高效运行。通过使用监控软件或控制台，人机交互界面能够将设备的运行状况和控制信息以可视化的方式展示给操作人员，从而让他们能够更加轻松地进行监控、分析系统运行状态并远程操作及参数调整。这套完整的技术组成使现地自动化系统能做到数据采集准确、控制可靠、管理方便，大大提高水电厂自动化水平和运行效率。

### （三）现地自动化系统与集中控制系统的对比

现地自动化系统同集中控制系统的控制模式、响应速度、系统架构等方面都有明显不同。现地自动化系统遍布水电厂各设备周围，由本地控制器对设备进行监控和控制。它具有高度的自主性和独立性，能够在故障或通信中断时继续运行，保障设备的安全和持续运作。现地自动化系统响应速度很快，一般能在毫秒量级上完成监控数据处理及指令执行等工作，尤其是对于要求快速响应的现场，例如水轮机实时调节或者发电机超速保护等。其分布式架构也使得其冗余性强、可靠性高，没有一个单点故障会影响到系统整体工作。

与此形成鲜明对比的是集中控制系统对中央控制中心的依赖，设备的监控与控制指令都是由中心下达。集中控制系统虽能对电厂运行进行宏观综合管理，但其运行取决于与现场设备之间通信链路的建立，使其响应速度略显缓慢，特别是当通信发生延迟或者失效的情况下，会造成运行的滞后。

## 三、现地自动化系统的关键技术

### （一）传感器与物联网技术

传感器及物联网技术是智能水电厂现地自动化系统中的重要组成部分，承担着对各类设备及环境参数进行实时监控并提供准确数据支撑的任务。传感器在整个系统中起着“神经末梢”的作用，它可以监测到包括水流量、水位、压力、温度、振动、电流、电压等在内的重要数据。比如水位传感器能够测得水库或者调压井水位变化情况，测量精度一般可达毫米量级，保证水电站水资源准确管理与调度。流量传感器监测进水口及尾水流速有助于优化水轮机运行并提高发电效率。利用温度传感器对设备工作时温度波动情况进行检测，避免设备温度过高造成损坏，温度精度通常约为 $0.1^{\circ}\text{C}$ ，可大大提高系统安全。

物联网技术通过无线或有线的形式，将传感器收集的实时数据传送至控制中心，从而确保设备和系统之间的无缝连接。通过使用工业以太网、5G通信或者LoRa

这些低功耗广域网技术可以确保物联网网络中数据高效传输以及远程管理。该架构中,装置可主动报告运行状态,控制中心可对系统各个环节进行实时监控以达到快速响应的目的。物联网平台利用云计算、大数据等技术将大量传感器数据分析处理并产生智能化决策建议以辅助管理人员实现水电厂运行方式的优化。比如通过对振动传感器数据进行分析,该系统能够对设备磨损进行预判并及时布置大修,从而避免因突发故障造成停机损失。传感器和物联网技术相结合使得智能水电厂可以更准确、更有效地进行资源管理,提高设备可靠性以及发电效率。

### (二) 实时监控与自动控制技术

实时监控及自动控制技术在智能水电厂的运行中占据着核心地位,依靠高度自动化监控系统以及准确的控制逻辑来保证设备一直保持在最优的运行状态。通过广泛分布的传感器网络,实时监测水电厂内各种设备的运行状况和环境参数,例如水轮机的转速、电压和电流、温度和水流压力这些数据都是以毫秒量级传送到中央控制系统。例如水轮机转速监测可以准确的达到每分钟几十至上千转。控制系统在偏离预设值时会马上进行调节以保证发电效率及设备安全。

自动控制技术是基于可编程逻辑控制器(PLC)和分布式控制系统(DCS)来实现的,当接收到实时的监控数据时,它会根据预先设定的控制算法进行相应的响应。该控制可采用闭环控制方式,系统根据实时输入数据自动地连续调节运行参数以维持水电厂发电处于理想状态。比如当水位或者负荷发生变化的情况下,该系统能够自动调整水轮机导叶的开度来优化水流量以及发电功率。在进行调节的时候,控制的精确度通常能够达到0.1度,这确保了水力资源得到了高效的应用。

自动控制也涉及到快速响应故障。自动控制系统在监控系统发现异常时,例如发电机温度过高或者电压不稳定等情况时,将马上采取减小发电功率或者停机检修等措施。通过该实时监控和自动控制相结合,水电厂能够全天候高效安全地运行,既降低人为干预要求,又明显提高生产效率及设备使用寿命。

### (三) 大数据与云计算支持下的智能分析

大数据和云计算融合在一起,给智能水电厂带来了更强的智能分析,可以对大量的数据进行处理,从中挖掘出宝贵信息,大大提高电厂运行的效率和决策水平。水电厂内部的大数据技术通过实时获取和存储设备运行参数,环境数据和历史记录等多种数据产生结构化和非

结构化的数据集。这类数据可覆盖从水轮机振动频率、发电机温度、电流和电压波动直至水库水位的各个层面,一般每秒都会产生几百MB数据量。对系统进行分析后,可发现潜在运行规律、发现异常、给出故障预测及优化建议。最后,云计算给大数据处理带来了很强的计算和存储能力,使复杂的处理任务能够在很短的时间内实现。智能水电厂借助云平台可以实现计算资源弹性调度,也就是依据数据流量波动情况动态地分配计算能力以保证数据分析高效性。比如云计算能够分析水电厂历年运行数据,并通过机器学习算法预测出未来水库水位变动或者电力需求。

智能分析可以通过深度学习以及模式识别技术在这些数据上产生准确的操作建议。如根据水轮机长期的振动数据分析,该系统能事先预先判断轴承的磨损状况,并及时布置检修,以免发生突发故障。电厂管理者也可借助云平台可视化工具对电厂关键指标及系统健康状况进行实时监控,以达到数据驱动精细化管理。大数据和云计算相结合为智能水电厂运行优化能力突出,管理前瞻性更强。

### 结束语

综上所述,智能水电厂现地自动化系统的技术研究具有广阔的前景和深远的意义,在未来的发展中,应持续关注其技术革新与应用推广,以不断适应现代能源产业的需求和挑战。通过不断的探索与实践,相信智能水电厂必将在全球能源转型中扮演更加重要的角色,为实现清洁、高效的能源发展贡献力量。

### 参考文献

- [1] 莫异周.基于人工智能技术的小水电站监控系统[J].水电站机电技术,2023,46(6):102-104.
- [2] 葛耀,胡如贵.新时期下智能技术在水电厂电气自动化中的运用[J].中国科技投资,2022(35):112-114.
- [3] 潘裕.智能水电站监控设备与系统设计[J].数字技术与应用,2023,41(3):190-192.
- [4] 和吉春,李强,刘彦阳,等.智能地线管理系统在水电站的应用[C]//中国水力发电工程学会自动化专委会换届大会暨2023年全国水电厂智能化应用学术交流会论文集.2023.
- [5] 宋晓丹.自动化系统在水闸工程应用中的问题与解决方法[J].水电水利,2023,7(6):70-72.