

水电厂自动化系统的智能化改造研究

牟金祥

云南华电阿海公司, 云南 丽江 674000

摘要: 水电厂作为清洁能源的重要组成部分, 其运行效率和管理水平对能源结构的优化和环境保护具有重要意义。随着信息技术的飞速发展, 智能化已成为水电厂转型升级的关键趋势。本研究聚焦于水电厂自动化系统的智能化改造, 探讨如何通过优化系统架构、数据处理和智能技术应用, 解决现有系统中数据共享困难、系统兼容性差等问题, 实现电站运行效率的提升和管理水平的提升, 进而推动水电行业向更加高效、智能、可持续发展的方向发展。

关键词: 水电厂; 自动化系统; 智能化改造; 系统架构

随着科技的飞速发展, 水电厂作为清洁能源的重要组成部分, 其自动化系统的智能化改造成为提升发电效率、保障运行安全、优化资源配置的重要途径。当前, 水电厂面临着设备老化、运行效率不高、管理成本增加等诸多挑战。通过引入智能化改造技术, 水电厂可以显著提升发电效率, 降低运行成本, 同时提高系统的稳定性和可靠性。智能化改造技术融合先进的信息技术、传感技术和控制理论, 通过实时监测、数据分析、智能决策等手段, 实现对水电厂生产运营过程的全面优化^[1]。例如, 通过引入智能调度系统, 水电厂可以根据实时水位、发电需求和天气条件, 自动调整发电机组的运行状态, 提高发电效率的同时减少资源浪费。此外, 智能化改造还能提升水电厂的管理水平, 减少人工干预, 降低运维成本。因此, 水电厂自动化系统的智能化改造研究具有重要的现实意义和广阔的应用前景。

1 水电站与智能化电站概述

1.1 水电站设备

水电站的发电设施是将水的势能转化为电能的机械设备。常规水电站主要设备是水轮发电机组, 辅助设备有调速器系统、励磁调节系统、技术供水系统、发电机空冷器系统、气系统等组成。水轮发电机是以水轮机作为驱动源,

实现从水能到电能转换的一种发电机。当水流通过水轮机时, 会把水的能量转变为机械动能; 水轮机的旋转轴驱动发电机的转子, 从而将机械动能进一步转化为电能输出。此类设备构成水电站产生电力的关键部分。此外, 水电站还设有用于电力传输和分配的配套电气设施, 包括变电设备如升压变压器, 以及高压配电系统。为了确保系统的稳定运行, 还配置了监控、控制、测量、信号处理和保护功能的电力装置。

1.2 智能化电站的要求及基本特征

智能水电厂是指通过应用先进的信息技术和精密的测量控制手段来优化水力发电过程的一种现代化电厂, 综合采用了智能控制系统、传感科技、信息通信技术 (ICT)、智能传感器、红外测量设备、智能监控摄像头等高科技装备。在智能化的水力发电厂中, 依据基础研究和现有技术现状, 结合其他电厂的实际经验, 利用计算机技术、网络软件及现场总线等信息化处理方法, 建立一套全面覆盖电厂生产运营与管理各方面的系统平台, 旨在实现对电厂维护和日常运作的数据采集、分析、控制以及反馈决策的自动化和智能化, 从而提高电厂运行效率^[2]。

智能水电厂的核心竞争力源于三位一体的架构: 计算机闭环控制系统、运行设备在线

智能监控分析系统、以及作为连接纽带的生产技术信息骨干网络。它们共同奠定了设备数字化、信息共享化、应用智能化的基石，为电厂的安全稳定、经济高效和生态协调运行提供了根本保障。通过将现代传感器技术应用于电厂设备，实现设备状态的数字化，而智能化则体现为创建一个标准化且统一的数据和信息网络，使得不同自动化系统间能够互联互通，并实现跨区域的数据整合、存储与共享，最终达到电厂管理和生产的高度智能化水平。

2 水电厂智能化建设应考虑的问题

在智能电站的构建过程中，需确保设备标准化。这意味着在选择自动化组件时，必须重视设备型号和技术的一致性与通用性，确保所有部件能够无缝集成并符合系统的整体要求。不兼容的性能、标准、型号或尺寸可能会导致设备无法正常运行，或是由于缺乏通用性而增加安装和维护的成本。针对智能水电厂的设备维护问题，鉴于设施通常位于偏远地区，增加了维护工作的难度。因此，在组建团队时应优先考虑招聘具备专业知识的技术人员，并且施工管理方需要强化对工程项目的质量控制^[3]。同时，建设单位和设备供应商应当提供强有力的技术支持和培训服务，确保现场工作人员能够在设备出现故障时迅速有效地解决问题。考虑到智能化水电站的高昂建造成本，这不仅包括初始投资，也包括后续运营中的费用。智能化建设需要部署更多精密测量装置、电子控制系统及配套软件，而这些高精度设备的采购和维护成本往往较高。因此，在规划阶段就必须全面评估运行成本，力求通过优化设计和操作流程来实现成本节约，同时不影响电厂的安全性和效率。

3 水电厂自动化系统的智能化改造原则

3.1 安全性考量

水电厂自动化系统改造时，必须严格遵循

安全标准。首先，应选择经过实践验证的技术和设备，避免引入未成熟的产品或方法，以确保系统的稳定性和可靠性，并降低潜在的安全风险。其次，设计阶段需优先考虑安全要素，在符合安全准则的前提下优化设计流程，增强分析结果的可信度。

3.2 开放性原则

为保障系统的长期可更新与升级能力，智能化改造过程中强调开放性至关重要。这不仅涉及遵循现行国内、国际及行业标准，还意味着要在改造初期规划好未来的升级路径，例如预留必要的接口，以确保系统良好的互操作性和未来扩展的可能性。

3.3 先进性追求

在实施改进措施时，应着眼于采用领先的技术方案，以支持企业的长远发展。具体而言，应在确保安全性的前提下，选用具有前瞻性的技术，同时妥善解决改造过程中可能出现的问题，特别是二次设备故障，以此来提升系统的运行稳定性。

3.4 经济性评估

应用中要体现经济效益的原则。一方面，在选择用于改造的设备和技术时，除了考虑其安全性外，还需权衡性价比，优选那些能够控制前期投资成本的选项；另一方面，后期维护策略的制定也应注重经济效率，合理的维护计划可以有效控制维护成本，确保总体经济性。

4 水电厂自动化系统的智能化改造要点

4.1 确定总体设计框架

4.1.1 站控层

在系统升级过程中，优化站控层构成是一项关键任务。实践表明，无需替换现有站控层硬件，而是通过引入综合数据管理平台，采用IP/TCP协议实现已有数据向该平台的直接迁移，并在此基础上进行数据的统一存储和可视

化展示。此平台支持部署高级应用功能，如联动报告生成、决策支持分析及综合数据统计表等。部署综合数据平台时，采取分区分域的安全策略，设立多个保护区来确保系统的稳定运行，并同步相关操作信息，从而增强系统的整体安全性。

4.1.2 间隔层

实施系统更新时，合理规划间隔层是必要的。在配置不同自动化子系统时，需构建独立的信息交换路径，以现有协议为基础实现数据的上传与接收。对于间隔层的设计，应根据各组件间的相互关系进行分类整理，确保数据能够准确映射到对应的系统模块中，形成独立的管理单元。当综合平台发出控制指令时，指令将被直接传达到目标单元以执行具体任务。原有的模块化结构保持其通信机制不变，以此来保障间隔层运作的持续稳定性。

4.1.3 过程层

基于运行管理实践，水电站自动化系统的数据采集通常以电缆节点为基础，通过有效通信手段实现，数据经网络传输至间隔层和站控层供决策使用。传统系统的短板在于动态及状态监控缺失，以及智能仪表响应延迟。进行过程层改造时，推荐采取分级策略：优先升级开关设备；对于复杂性高的设备，可选择暂不更换或融入整个系统的渐进式替换方案，从而确保改造工作合规且有效。

4.1.4 系统层

在水电站自动化系统的改造中，系统层的调整同样重要。首先，应当对系统组件进行合理分类，创建多个独立的应用模块，例如信息采集、数据传输与反馈处理等子系统，并利用通信技术确保各模块间信息交流的高效性。其次，为增强数据管理能力，可以在系统层引入云存储解决方案，用以保存系统操作参数，或者构建一个紧凑型数据中心。在这个过程中，已划分的应用模块将作为单独的操作单元来运作，通过对单元的持续优化分析，提高系统

运行的整体可靠性。

4.2 数据对象化处理

在水电厂自动化系统的日常运行中，由于一次生产设备种类繁多，且不同自动化系统在实际应用表述上存在显著的差异，数据共享问题显得尤为突出。如果不对这些数据进行统一标准化处理，就会导致数据在各系统间流通时产生障碍，严重影响信息交流的效率 and 准确性。为了有效解决这一问题，在系统升级过程中，必须引入专门的数据转换机制，确保各类系统间的数据能够顺畅互通。为实现这一目标，可以建立特定的信息管理模型，并充分运用建模技术中的对象化方法来描述和处理现有数据。通过对数据进行对象化处理，可以实现数据与物理量、标度之间的有效转换，使得数据的表示更加直观、清晰。这种处理方式不仅简化了数据维护和管理的复杂度，还极大地促进了数据的互操作性和共享价值。

4.3 优化数据交互内容

在完成数据的对象化处理之后，自动化系统就能够在运作期间确保信息在各系统间的有序交换。为实现数据的有效沟通，需要采用标准化的协议来规范数据的传输和解析过程。IEC61850 作为电力系统中广泛应用的标准化协议之一，其在水电厂自动化系统改造过程中也发挥着重要作用。然而，鉴于水电厂目前尚未配备完全符合 IEC61850 标准的智能电子设备（IEDs），必须规划出合理的过渡方案^[4]。在实施系统改造时，应对现有设备的运行状况进行全面的数字化评估，明确各设备的数据传输能力和接口兼容性。同时，还需要对系统的传输路径进行优化调整，确保数据传输的稳定性和可靠性。在选择新的智能设备时，应优先考虑具有高度接口兼容性的设备，以便能够更好地适应系统的需求，并与现有设备实现无缝对接。此外，为推进现场作业领域的全面自动化管理，还需要逐步扩大设备运行监控范围，

强化对通信流程的标准化建设。

4.4 提升一体化水平

构建集成数据信息管理体系,该体系负责数据的收集、整理、交互和存储。在处理信息时,应注重挖掘具有潜在价值的信息,确保这些数据能够被有效利用,从而增加其应用价值。

持续优化综合管理平台,精简信息管控体系。在此过程中,需对总线任务实施分类管理(如区分为服务型、传输型、存储型等类别),以满足差异化运行需求,从而有效提升系统运行的稳定性与可靠性。

对具体环境针对性实施安全措施部署。充分借鉴站控层管理模式,对整个系统进行分割成多个不同的安全管理区域,并细化监控任务。包括及时获取安全运行相关的数据,为安全机制的持续完善提供坚实的基础。

4.5 高级智能应用

在实施自动化系统升级时,可以融入高级智能技术,最大限度地发挥系统的效能。该过程要求在综合管理平台上操作,利用大量数据提供支持服务,确保系统稳定运行的基本需求得到满足^[5]。通过深入分析和处理这些数据,能够提取出有价值的信息,并据此构建专家系统库,对生产流程中的基本状况进行智能化监控,即时预警,并运用数据模型解析状态信息。此外,还可以引入其他高级应用来减轻维护负

担,减少非计划性停机次数,从而增强机组运行的经济效益。

4.6 智能调度系统设计

在水电站自动化系统更新过程中,设计有效的智能调度体系是提高资源效率的关键步骤。水电站运行中,空载现象常见,导致了资源的不必要浪费。通过精心设计智能调度系统,不仅可以统计电站的工作效率,还能将水轮发电机组细分为多个功能单元,依据实际需求调整参与工作的机组数量,保证电力生产的连续性和稳定性,同时降低空载率。当某台机组发生故障时,智能调度系统应能迅速调配其他机组补充工作,减轻故障造成的经济损失。

结语

本研究深入探讨了水电厂自动化系统的智能化改造,通过优化系统架构、数据对象化处理、提升一体化水平及引入高级智能应用等措施,显著提高了水电厂的运行效率和管理水平。研究不仅解决了数据共享困难、系统兼容性差等问题,还为实现水电厂的全面智能化奠定了坚实基础。未来,研究可进一步聚焦于智能调度系统的深度优化、跨区域数据整合与共享机制的完善,以及新型传感器技术和人工智能算法在水电厂智能化改造中的应用,推动水电行业向更加高效、智能、可持续发展的方向发展。

参考文献

- [1] 吴庆禄. 某中小型水电站水轮发电机组自动化改造[J]. 水电站机电技术, 2024, 47(10): 43-45.
- [2] 芮文君. 发电厂中的电气二次设备自动化改造分析[J]. 电子技术, 2023, 52(01): 252-253.
- [3] 周围. 水电厂计算机监控系统上位机改造新老系统网络割接的实践[J]. 农村电气化, 2022, (07): 61-63+90.
- [4] 梁馨月. 电厂热工自动化系统改造技术分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(01): 245-246+252.
- [5] 马艳丽, 任江涛. 盈丰水电站自动化控制系统的改造[J]. 自动化应用, 2021, (09): 102-105.