

# 智能化控制技术在大型水电站改造中的应用

韩建军

青海黄河上游水电开发有限责任公司班多发电分公司

DOI:10.12238/hwr.v8i6.5475

**[摘要]** 在我国经济社会发展的关键时期,部分早期建设的水电站智能化程度低,制约其进一步发展。因此,对这些水电站进行智能化改造成为紧迫任务。智能化改造可降低成本,提高效率,实现实时监控和精准管理,提升安全运行水平,推动电力系统优化升级。本文将剖析传统水电站面临的问题和挑战,阐述智能化改造的必要性和紧迫性,并探讨智能化控制技术的具体应用路径和措施,为改造工作提供理论支持和实践指导。

**[关键词]** 水电站改造; 智能化; 控制技术

中图分类号: TV74 文献标识码: A

## Application of intelligent control technology in the transformation of large and medium-sized hydropower stations

Jianjun Han

Qinghai Yellow River Upstream Hydropower Development Co., LTD., Banduo Power Generation Branch

**[Abstract]** In the critical period of China's economic and social development, some of the early construction of hydropower stations' intelligence degree is low, which restricts their further development. Therefore, the intelligent transformation of these hydropower stations becomes an urgent task. Intelligent transformation can reduce costs, improve efficiency, realize real-time monitoring and accurate management, improve the level of safe operation, and promote the optimization and upgrading of the power system. This paper will analyze the problems and challenges faced by traditional hydropower stations, explain the necessity and urgency of intelligent transformation, and discuss the specific application path and measures of intelligent control technology, so as to provide theoretical support and practical guidance for the transformation work.

**[Key words]** hydropower station transformation; intelligent; control technology

随着我国社会经济的稳步发展,水电站建设取得了显著成效。水电站作为发电的重要载体,不仅有效打破了传统单一的电能生产模式,还对水资源进行了科学合理的分配,为完善供电体系提供了有力支撑。同时,水电站作为电网体系的关键一环,对保障电网高效稳定运行及供电的连续性具有不可替代的作用。随着电网应用领域的不断拓展和市场经济制度的日益完善,自动化技术在电力系统中的应用得到了极大的推动。在实际应用中,电网系统技术与计算机现代化技术的高效融合,实现了对电网系统的全面优化和有效监管。在此过程中,通过网络化手段将数据信息及记录实时传送至计算机,确保了操作过程的连续性和稳定性。因此,在水电站的成熟改造升级计划中,智能化控制技术已受到普遍的重视和应用。这一技术通过有效融入设备的升级流程,极大地提升了水电站的智能运营效能,为推动我国水电站事业的可持续发展奠定了坚实基础。

### 1 水电站智能化技术的要点

水电站作为优化水资源配置的关键举措,通过水工建筑物与电气设备的紧密结合,确保了水力发电的稳定运行与连续供电。在当前电能需求持续增长的形势下,现行的大中型水电站运营模式已无法有效应对行业发展所带来的挑战,因此,加速推进现代化水电站工程建设显得尤为必要和紧迫。将先进的科技成果融入水电站的改造升级过程中,不仅有助于提升水电站的改造效果与效率,更能有效简化运维人员的操作难度,提升整体运营效率。表1为水电站类型划分。

表1 水电站类型划分

容量	小型	中型	大型	巨型
级别	<5000	5000~10×10 <sup>4</sup>	10×10 <sup>4</sup> ~100×10 <sup>4</sup>	>100×10 <sup>4</sup>

#### 1.1 控制技术

近年来,数字软件已广泛应用于水电站的控制系统,以其高

效自动化能力有效处理复杂的数据信息,显著降低了人工处理数据的需求。在日常操作中,这种智能控制系统依赖于发电设备的参数编码,能够精确生成确保安全的操作指令,这些指令随后会被传输至微控制器进行执行,以实现对该设备的精确操作和控制<sup>[1]</sup>。此外,其内置的安全模拟功能有助于显著减少发电过程中的潜在风险,从而保证水电站的稳定和安全运行。

### 1.2 通信技术

在电站的现代化改造过程中,关键在于实现这两者之间的有效协调与控制。通过应用无线通讯技术,构建先进的传输平台,为实现机电设备控制的宏观指导,以促进水电站控制系统优化和提升,例如,可构建一个集中式的发电控制网络,通过无线通信技术进行远程操作和管理发电机组。

### 1.3 信号技术

基于计算机在数据处理方面的卓越性能,智能控制技术已成功实现数字处理的多功能应用,能够高效地处理大量数据,例如,数据库提供了为个人用户和企业用户量身定制的解决方案,特别配置了专门的存储空间以承载数字信号,从而为用户提供了更广阔的操作空间以执行各种控制指令,实现对设备的多元化管理。

## 2 大中型水电站的智能化改造存在的约束

### 2.1 支持力度的缺乏

在当前水电站智能化升级改造工作中,尽管保护、测控系统、新型互感器、智能型一次设备等关键技术装置的应用已取得一定进展,但值得注意的是,某些特定专业技术领域尚未获得充分关注。例如,智能化水情监测系统、智能调度系统等,目前仍缺乏经过全面测试并广泛应用的成熟设计方案及智能化产品<sup>[2]</sup>。

鉴于多数水电站投运时间尚短,一次设备运行的总体状况良好,二次设备保持了相对的稳定性,因此大规模的设备更新换代需求在短期内并未显现紧迫性。同时,智能设备的引入通常伴随着显著的成本增加,这种对传统设备的替换或智能化升级过程,无疑需要大量的财务支持,这将对水电站的经济效率产生一定影响。

### 2.2 使用标准及规程不规范

当前关于智能化水电站的具体技术要求尚未确立,现行的技术规范和行业标准存在一定的不确定性,这一问题在智能化水电站的建设实践中被广泛认为是一项重大挑战。在技术层面上,关于水电站智能化的具体操作和相关流程,目前尚无指导性的规范可供参照。当前,水电站的智能化改造与建设工作在法律法规框架的空白下进行。鉴于此,亟需对水电站建设的现有标准和规程进行全面修订,以适应智能化建设的新需求,这一任务既紧迫又至关重要。目前,尽管数字化变电站模式在智能化水电站改造中展现出参考价值,但其实际操作中的效能仍有待进一步提升。

### 2.3 现行制度的制约

在当前的时代背景下,水电站的传统运营模式仍占主导地

位。然而,鉴于水电站智能化转型的迫切性和重要性,我们必须坚定不移地推进创新实践,积极探索新的发展路径。因此,构建符合时代发展需求的规章制度,成为一项至关重要且刻不容缓的任务。智能化转型的过程可能会与现行的电力系统管理架构产生一定的冲突和摩擦<sup>[3]</sup>。同时,部分水电运营实体在指导原则的制定和实际操作经验的积累方面尚显不足,这无疑增加了转型的难度和挑战。

## 3 水电站智能化控制的实现技术

### 3.1 智能巡检

在推进水电站现代化升级改造工程的进程中,实施集成智能化建设举措已成为提升运营效率和资源利用效能的关键途径。此举不仅旨在降低运维成本,更致力于显著提升设备管理的智能化程度,实现对关键设施的远程智能巡检功能。通过该机制的有效运行,工作人员能够实时获取水电站的运行状态及关键数据信息,确保监控工作的时效性与精确性。

构建智能化水电站管理系统,确保系统具备全面且完善的功能性,包括但不限于信息发布、洪水预警等重要监控服务。这些功能的深度集成旨在保障工作人员能够迅速响应水电站的运行变化,精准调整设备参数,从而确保水电站各类设备的稳定高效运行,以及长期的可靠性保障。

### 3.2 智能化视频系统

构建一套智能化的视频监控系统,将对水电站的工作效率起到显著的提升作用。通过对现有监控设备的全面升级,可有效提升监控系统的智能化程度。集成先进的移动侦测技术在其中显得尤为重要。该技术能够为工作人员提供实时监控水电站运行状态和工作进度的能力,并在设备操控及事故处理等方面提供坚实的技术支持,从而有效增强员工操作的精确性,进而实现员工个人及水电站整体工作效率的显著提升。

### 3.3 分析决策控制系统

在水电站的智慧化建设过程中,我们主张将尖端的高效智能分析决策系统深度融合至水电站的智能管理体系的核心层次。通过实时与各类设备数据及水电站运行状态进行无缝对接,借助大数据分析技术,能够对可能存在的运行问题进行即时侦测与辨识,以保证水电站的运行效率和稳定性得到充分保障。

### 3.4 通信技术

构建高效的通信网络是水电站智能化升级的必要前提,所有通信网络系统应严格遵循统一规范。首要任务是确保标准化的统一性,以充分满足数据的网络化、信息化及标准化需求。在升级过程中,可能面临复杂的网络架构,首要考虑是确保网络的安全稳定运行。因而,对网络的适应性与可靠性的详尽评估和分析至关重要,以更有效地应对水电站进行智能化改造的需求。先进的通信技术规范显示出显著的优势,例如,它能利用分层的智能设备结构和自动化变电站体系,通过采纳抽象化的通信服务接口,能更有效地提升对网络通信需求的适应性,以实现更加规范和安全的运营。

### 3.5 智能化控制

智能控制中心在水电站的智能化升级中扮演着关键角色,它作为决策与协调的核心。该中心的构建基于一个遵循IEC61850标准的数据共享和综合智能决策框架。此框架提供统一的数据访问接口,从而实现各类关系型数据库、实时及历史数据库、文件数据库的集中整合,以确保水电站数据模型标准化及通信平台的互操作性。内置的多元化监控、智能分析工具、调度、管理等,在保持各自独立性的同时,实现协同运行。通过精确的现场信号采集和高效的传输网络,只需少量的光缆就能满足需求,降低成本,提高工作效率<sup>[4]</sup>。通过统一的服务架构发布,利用灵活的功能模块组合来构建更复杂的智能化业务支持系统。

## 4 智能化控制技术在水电站改造中的效果

### 4.1 智能化控制技术下的水电能调度

水电站的水能调度的精确管理中,其核心内容涉及电能质量管控、运行操作管理和设备维护等多个关键领域。在电能质量层面,水电站发挥着多维度作用,包括稳定电网频率、进行相位调整以及作为备用电源等。在汛期,通过智能化控制技术的调度,能有效地利用水资源,确保所有机组的高效运行,以实现满负荷、高供电的运营目标。图1为水电站组成图。

从运行操作的视角来看,水电站的运营可能面临复杂的影响,主要源于不同流域补偿调节的效应,这在构建运营策略时必须被全面考虑。为提升运行效率,强化计算机控制系统的功能显得至关重要。同时,提升服务器和计算设备的性能也至关重要,以加快数据处理速度,进而提高设备运行的响应速度和精度。

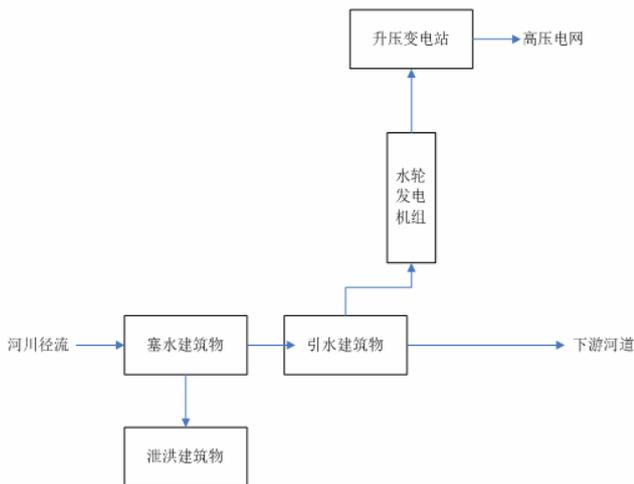


图1 水电站运行示意图

### 4.2 自动控制水轮发电机组

水电站的监控设备持续将数据实时传输至特定的计算机系统,该系统随即依据预设的运行策略对设备运行状态进行详尽评估。基于严格的逻辑框架,系统执行必要的控制响应。得益于尖端的智能控制技术,系统能执行启动、停止及变换发电机模式等多种复杂操作<sup>[5]</sup>。同时,系统动态计算并调整运行机组的数量,以实现运营成本的最大化效率,并通过智能负荷管理确保水轮机的低耗运行。在识别到设备故障时,预设的备用机组将自动启用,以维持整个水电站系统的稳定性。相反,当水位超出正常参数,如在洪水季节,计算机将遵循预设程序关闭部分机组。

### 4.3 监控和保护相应的电气设备

在水电站的电力生产过程中,关键设施包括变压器、母线和输电线路等核心元素,这些设备的监测与保护构成了水电站智能化升级的核心任务。在实施智能化控制策略时,借助PT、CT等设备对电气参数进行数据采集,以此评估设备运行的稳定性,并在探测到故障状态时执行相应的应对方案。在监控过程中,对于那些不会直接威胁发电机组安全的异常状况,如冷却水源中断、温度超出许可范围或油面异常等,系统会发出预警信号。然而,当出现超出预设保护限制的故障,如钢管破裂、机组速度过快且调速器失效、导水叶损坏等问题,智能化系统不仅会启动断路器进行故障隔离,同时也会关闭进水闸门以防止故障加剧,降低潜在损害。

## 5 总结

综上所述,随着我国社会经济的稳健发展和市场经济的成熟,电力系统自动化技术得到提升。现在,我们整合电力系统与计算机技术,实现电力系统的精确监控和优化。水电站的智能化改造能减少资源消耗,提高运营效率,确保其精确控制和高效管理。智能化控制技术在水电站的智能化转型中发挥关键作用。

### [参考文献]

- [1]王斌,朱佳,宗悦,等.智能化水电站5G网络安全接入技术研究[J].水电站机电技术,2024,47(1):26-28.
- [2]陈曦.智能化水电站监控系统网络安全问题与对策[J].水电站设计,2022,38(1):24-28,42.
- [3]郭象赞,宋厚清.智能自动化在峡山水库水电站改造中的应用研究[J].电工技术,2022,(11):158-161.
- [4]滕刚,王旭.水电站计算机监控系统智能化改造的思考[J].信息技术时代,2024,(4):19-21.
- [5]李灿.智能化控制技术在大中型水电站改造中的应用[J].空中美语,2021,(12):1065-1066.

### 作者简介:

韩建军(1986--),男,汉族,陕西省府谷县人,大学本科,工程师,研究方向:水电站经济运行研究。