

小水电站智能化改造对增效扩容的影响分析

● 廖永芳



[摘要] 小水电站由于受限于地理、气候等多方面因素,面临着运行效率低下、设备老化等挑战,实施智能化改造显得尤为重要。本文通过分析小水电站智能化改造在增效扩容中的具体影响,发现智能化改造可有效提升发电设备的负荷适应能力,优化水资源的配置,降低设备过载风险,从而实现发电效率的提升和机组容量的扩展。在此基础上,进一步总结了小水电站智能化改造的创新路径,涵盖自动化设备更新、集中化调度平台构建以及智能外包管理模式等方面,以推动其向更高效、环保的方向发展。

[关键词] 小水电站;智能化改造;增效扩容;水资源管理

随着全球气候变化的加剧与环境保护政策的严格执行,能源行业正在面临转型升级的重大挑战。在这一背景下,水电作为一种清洁能源,成为了全球绿色能源的重要组成部分。小水电站因其分布广泛、运行稳定、建设周期较短等优点,逐渐成为发展中地区的重要电力来源。然而,许多小水电站存在设备老化、发电效率低下、水资源利用不充分等问题,迫切需要改造。近年来,随着信息技术、物联网、大数据及人工智能等技术的迅猛发展,智能化改造为小水电站提供了新的解决思路。

Q 小水电站智能化改造的必要性

小水电站在现阶段是指由地方、集体或个人集资兴办与经营管理的,装机容量 25000kW 及以下的水电站和配套的地方供电电网。小水电站和大中型水电站一样,都是水力发电,但它不是小型化的大水电。随着能源需求的持续增长,小水电站的发展面临着前所未有的压力,迫切需要改造。

(一) 社会层面

全球气候变化和生态环境日益恶化,使得社会对能源结构转型的呼声越来越高。小水电站作为一种分布式的绿色能源形式,肩负着推动社会可持续发展的重要使命。然而,传统的小水电站在管理和运营过程中常常面临设备老化、人工操作依赖性强、能源利用效率低等问题,不仅制约了其生产能力,也导致了能源资源的浪费。智能化改造能够有效提升小水电站的运行效率,减少资源浪费,提高社会整体的能源利用率,从而为社会提供更加稳定和高效的电力供应,推动社会能源结构的绿色转型。

(二) 政策层面

在全球绿色发展的大背景下,有关部门对清洁能源项目的扶持力度日益增强。我国在能源结构优化和碳排放控制方面提出了明确的政策目标,要求加大可再生能源的使用比例。小水电站作为我国可再生能源的重要组成部分,其智能化改造不仅符合绿色发展的现实要求,还能响应高效利用能源的政策导向。随着政策的持续落地,智能化改造将成为小水电站应对能源结构调整和政策压力的有效手段,进一步促进我国能源战略目标的实现。

(三) 大众层面

小水电站智能化改造在提升发电能力和运行效率的同时,也直接影响到地方经济和群众的生活质量。许多小水电站分布在偏远地区,是当地经济发展的重要支撑。传统的小水电站由于管理不善或设备老化,往往面临电力供应不稳定、设备故障频发等问题,严重影响了地方经济的正常运转。智能化改造通过提高发电设备的运行稳定性和自动化管理水平,能确保电力供应的可靠性,保障地方经济的可持续发展。更重要的是,智能化改造能够减少人工干预,降低事故发生率,从而有效提高电力供应的稳定性,为大众提供更加安全、优质的用电环境。

Q 小水电站智能化改造对增效扩容的影响

(一) 提升发电设备的负荷适应能力

小水电站的传统运行模式多依赖于人工干预和基础的自动化调节,面对水流量波动和负荷变化时,往往难以做出及时、精准的反应。智能化改造引入了高级的数据采集、处理和分析系统,使得水电站能够在实时监测水库水位、流

量、气象等数据的基础上，自动调整发电机组的运行状态。通过引入智能化调度系统，机组能够根据水流的波动性和电网负荷的变化，灵活调节负荷，提高设备的适应能力。这不仅提升了小水电站在复杂工况下的发电稳定性，也使得发电机组能够更好地应对负荷波动，避免了因负荷不均而导致的设备故障和损耗，从而有效提升了整体发电效率和设备的使用寿命。

（二）优化水资源配置与调度效能

小水电站的增效扩容不仅取决于技术手段的创新，更在于如何高效配置和使用有限的水资源。传统的小水电站往往因缺乏精确的水资源调度机制，导致水资源未能得到最优配置。智能化改造通过实时监测和大数据分析，能够全面评估水库的水量、流速、天气预报等信息，进而优化水资源的使用方案。智能化系统能够在不同的气候和水文条件下，根据实时数据和历史数据分析，合理调节机组的启动与停止、负荷的分配等，确保水资源在全年度内的合理利用。通过这种精准的水资源管理，智能化系统不仅提高了发电站的运行效率，还能够在不增加额外水库建设的情况下，扩展现有机组的发电容量，达到增效扩容的目的。

（三）降低设备过载与损耗的风险

长期以来，小水电站面临着设备老化和过载运行的问题，尤其是在负荷较高或者水流量波动较大的情况下，设备运行频繁出现过载现象，导致系统效率低下，甚至影响到机组的长期稳定运行。智能化改造通过精确的负荷预测和实时监控，能够有效避免设备过载现象。智能化系统通过采集设备的实时数据，分析负荷情况并预测未来负荷变化，从而优化运行策略，避免设备在极限负荷下工作。系统的预警机制能提前发现设备运行异常，通过自动化控制调整负荷，防止设备长时间处于过载状态。通过这种方式，不仅减少了因设备过载导致的故障和损耗，还通过提高设备的负荷适应能力，提升了水电站的整体效能，并在不增加额外设备投资的情况下，提升了水电站的发电总量。

Q 实践案例分析

水晶岗水电站位于广西壮族自治区桂林市全州县，是该县最大的电力生产单位。电站自1988年投入使用，总装机容量为 $3 \times 3200\text{kW}$ ，设计年发电量为5312.09万千瓦时。该电站承担着县城调峰、灌溉、排灌等重要职能，具有显著的社会和经济作用。然而，经过多年的运行，水晶岗电站面临着设备老化、技术落后等一系列问题，严重影响了机组的出力与安全运行，导致发电量逐年下降，并且故障频发，影响了电站的正常运行和经济效益。因此，开展智能化改造成为提升电站效率与稳定性的迫切需求。

水晶岗水电站增效扩容最主要的方法如下：

（1）自动化控制系统的集成与部署。在电站的改造过程中，首先进行了自动化控制系统的全面集成。该系统包括微机监控系统、微机继电保护系统和水轮机调速器，这些系统通过现场总线与中央控制室实现数据通信，自动监测设备运行状态并实时反馈报警信息。所有控制参数均通过分布式控制系统进行集中管理，以确保系统高效运行且具有较强的容错性。

（2）智能化设备的更新与升级。在设备层面，原有的设备进行逐步替换。特别是变压器和开关设备的更新，电站采用了ZW-35真空断路器、S11型变压器等现代化设备。所有新设备均具备自我诊断功能，能够实时检测到设备的运行状态，并在发生异常时通过控制系统自动发出警报。并且，设备的安装和调试采用了最新的智能化技术，以确保新设备的稳定性和高效性。

（3）冷却系统和水源管理的智能化升级。改造中引入了新型的空气冷却器，并且在冷却水源管理方面进行了改进。通过安装过滤装置来净化冷却水，避免冷却水管道的阻塞和冷却效果下降。此外，冷却系统通过智能化调节，使得发电机组能够根据不同的负荷和气候条件调整冷却强度，优化了冷却效率，避免了过度或不足的能源消耗。

（4）“无人值班”与远程监控系统。水电站在智能化改造中实施了“无人值班（少人值守）”的管理模式。利用高效的自动化系统，电站仅在中控室配备少量值班人员，日常设备监控与管理完全由自动化系统承担。操作员可通过远程监控系统对设备进行调度和应急处置，从而大幅降低了人力成本，同时提升了系统的响应速度。

经过智能化改造后，水晶岗水电站的增效扩容效果得到了充分体现。改造后的机组单机最大出力达到了4000kW，三台机组的总装机容量扩展至 $3 \times 3750\text{kW}$ ，相较改造前的 $3 \times 3200\text{kW}$ ，扩容幅度约为16.4%。与此同时，年均发电量为4351万千瓦时增加至5751万千瓦时，年均增发量为1400万千瓦时。

据相关数据显示，在经济效益方面，改造后的水电站表现出较强的盈利能力。改造后，水电站的财务内部收益率（税前）达到了18.5%，投资回收期缩短至6.62年，财务净现值为2311.22万元。税后财务分析结果显示，内部收益率为14.86%，投资回收期为7.71年，财务净现值为1492.50万元。可见，智能化改造既增强了水电站的发电能力，也显著提高了其财务可行性，为电站的长远发展提供了有力保障。

Q 小水电站智能化改造的创新方案

近年来，水力发电作为清洁能源，已经成为我国电力能源结构的重要组成部分，小水电站的发展方向也逐渐成为水

电建设行业重点探讨内容。随着智能电网建设的全面展开以及智能技术在电力行业的大力普及,小水电站智能化进程也日益获得重视。因此,研究和掌握水电站智能化改造技巧显得尤为重要。以下结合相关研究和实践经验,提出一些创新的改造方案。

(一)实施智能化自动化设备更新

小水电站的智能化改造首先要从关键设备的智能化升级入手,特别是对水轮机组、发电机、变电设备等核心设施进行自动化改造。这一过程中,需先对设备进行数字化改造,安装高精度传感器收集设备的运行数据,如振动、温度、湿度、电流和电压等。传感器所采集的数据通过物联网平台实时上传至云端,结合大数据分析技术,构建一个智能监控平台,能够对设备状态进行实时监测与预测性维护。基于数据分析,系统能够识别设备运行中的潜在故障,从而提前通知维护人员进行检修,避免因设备故障而导致的停机和损失。同时,自动化控制系统的引入可根据水流量、负荷需求等因素实时调整水轮机的转速和发电机的负载,优化水电站的运行状态。例如,当水流量发生变化时,自动化系统能够自动调整出力,确保发电效率最大化,避免能源浪费。为了提高系统的可靠性,自动化控制系统还应与设备健康监测模块紧密集成,依据实际运行情况,调整设备运行策略,并通过智能算法优化各类设备的调度顺序,达到最优运行效率。

(二)构建集中化智能化调度平台

在小水电站智能化改造过程中,构建集中化智能调度系统,能够实现多个小水电站的高效协同运营。建议在电站之间搭建统一的通信网络,以确保各电站间的数据信息可以实时共享。通过引入先进的集中调度平台,可以对各小水电站的运行数据进行统一监控与管理。系统需通过云计算平台对电站的运行状态进行实时分析,依据各电站的发电量、负荷需求以及设备健康状况,智能地调度各个电站的发电任务。同时,调度平台应能实时识别供电网络的负荷波动,并根据需求调节电站的发电输出。具体来说,在电网负荷需求增加时,系统可以将更多发电任务分配给备用的小水电站,或在水位期增加发电量,确保供电的稳定性。此外,智能调度平台还应结合天气预报、气象数据等外部信息,对电网的负荷进行预测,从而优化电站的发电和负荷匹配,提前进行准备。这一集中化管理模式不仅能够提升电站之间的协同作用,还能有效降低人工干预的成本,并在复杂多变的电网环境中提高运行的灵活性和应急响应能力。

(三)探索智能外包管理模式

小水电站在智能化改造过程中,传统的人工管理模式面临较高的运维成本和人员管理压力。为此,建议引入智能外包管理模式,通过专业化的第三方托管公司来接管电站的日常运营和维护工作。具体而言,小水电站可以与具备智能化运维能力的专业公司合作,外包运维、设备维护以及管理工作。在该模式下,托管公司可通过智能设备监控系统对电站设备进行全天候、实时的监测,及时发现设备故障并安排修复。此外,托管公司可利用大数据分析技术对电站的运行数据进行分析,预测设备故障、识别运行瓶颈,并提供具体的改善建议。进一步地,托管公司还可以根据电站的具体运营情况,提出个性化的优化方案,以实现更高效的资源配置和成本控制。智能外包管理既能显著提高运维效率,还能通过降低人工成本、提升设备可靠性来推动小水电站向更高效、低碳的方向发展。

Q 结束语

本文详细探讨了小水电站智能化改造对增效扩容的多重影响。从水资源波动性挑战、电网协调性需求到环保要求的迫切性而言,智能化改造都为水电站提供了强有力的技术支撑,特别是在发电设备的负荷适应能力、资源配置优化以及设备负载风险降低方面,均取得了显著成果。通过实施具体的改造措施,如自动化设备更新、集中化调度平台构建与智能外包管理模式的应用,水电站能够显著提升发电效率,有效扩大机组容量,提高整体经济效益。未来,小水电站智能化改造仍需在技术创新与管理模式上不断突破,尤其是如何通过人工智能、大数据等新兴技术提升调度系统的精准度与灵活性,如何整合不同能源形式与电网的协同运行能力,将是提升小水电站长期稳定运行与可持续发展的关键。

参考文献

- [1]李举峰.水电站智能化改造现状分析及建设思考[J].广西水电,2021(06):42-43.
- [2]沈军.农村小水电站建设和改造策略研究[J].黑龙江粮食,2022(02):60-62.
- [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.

作者简介:

廖永芳(1977—),女,汉族,广西桂林人,大学专科,助理工程师,永福县万年青电站,研究方向:水电工程。