

浅论老旧水电站向新型智能水电站转型

陈园宝 邴治邦 袁冬青

国网甘肃省电力公司刘家峡水电厂 甘肃 临夏 731600

摘要：随着能源行业智能化发展浪潮，老旧水电站向新型智能水电站转型成为提升发电效率、保障能源安全的必然选择。当前，老旧水电站普遍面临设备与技术基础薄弱、资金投入压力大、专业人才匮乏及管理理念滞后等问题。通过分步推进设备智能化升级、拓宽资金渠道、强化人才培养引进、构建智能管理平台等策略，可有效推动转型进程，实现老旧水电站安全、高效、可持续发展，为能源结构优化与行业升级提供有力支撑。

关键词：老旧水电站；新型智能水电站；转型

引言

在“双碳”目标与能源革命持续推进的背景下，水电行业智能化转型已成为提升核心竞争力的关键路径。老旧水电站作为我国电力供应体系的重要组成部分，因设备老化、技术落后等问题，在运行效率、安全保障与管理效能上渐显不足。本文聚焦老旧水电站向新型智能水电站转型，深入剖析其转型必要性、现存问题，并针对性提出转型策略，旨在为推动水电行业高质量发展提供理论参考与实践思路。

1 老旧水电站向新型智能水电站转型的必要性

在当今科技飞速发展与能源格局深刻变革的时代，老旧水电站向新型智能水电站转型具有极为关键的必要性。从运行安全角度来看，老旧水电站历经长期运行，设备老化磨损严重，像一些建于上世纪的水电站，水轮机、发电机等核心设备性能大幅下降，故障频发。据相关数据显示，部分老旧水电站设备故障率高达30%以上。而新型智能水电站运用先进传感技术，能实时监测设备运行状态，对潜在故障提前预警，及时处理，可将设备故障率降低至10%以内，极大保障了水电站运行安全，避免因设备故障引发的安全事故与大面积停电事件。在发电效率提升方面，老旧水电站受技术局限，难以依据复杂多变的水情、电网负荷精准调控发电。新型智能水电站通过大数据分析、智能算法，能依据实时水情、电网需求，精准优化水轮机运行参数，高效调配水资源，实现机组最优发电状态。数据表明，完成智能化改造的水电站，发电效率普遍可提升15%-20%，显著增加了发电量与经济效益。运行成本控制同样不容忽视。老旧水电站依赖大量人工巡检、操作与维护，人力成本高，且因设备老化，维护费用高昂。智能水电站借助无人巡检系统、远程监控与智能诊断技术，减少现场运维人员数量，同时精准定位设备故障，降低维修成本。经实践，

智能水电站可削减30%-40%的运行成本。适应能源发展趋势至关重要。随着能源结构向清洁、高效、智能转型，水电需与风电、光伏等新能源协同互补。新型智能水电站凭借强大信息交互与智能调控能力，能更好融入新型电力系统，实现多种能源联合优化调度，保障电力系统稳定可靠运行，推动能源绿色低碳发展。

2 老旧水电站向新型智能水电站转型中存在的问题

2.1 设备与技术基础薄弱

老旧水电站的设备普遍存在超期服役现象，机械部件磨损严重，电气元件老化，运行稳定性与可靠性大幅降低。这些设备在设计制造之初，并未考虑智能化功能，难以与现代智能监测、控制技术兼容。例如，传统的水轮机调速系统、发电机励磁系统，多采用模拟量控制，缺乏数字化接口，无法实现数据的实时采集与远程传输，使得电站难以对设备运行状态进行精准感知与分析。在技术层面，老旧水电站的自动化水平较低，生产过程中大量依赖人工操作与经验判断。从机组的启停控制，到水位、流量的调节，均需人工现场操作或通过简单的电话、对讲机等方式传达指令，效率低下且易出现人为失误。电站的信息管理系统落后，数据存储分散，缺乏统一的数据库与数据处理平台，各生产环节的数据难以整合与共享，无法形成完整的生产运行数据链条，导致难以通过数据分析挖掘潜在价值，无法为电站的优化运行与科学决策提供有力支撑。老旧水电站在通信技术方面也存在明显短板，通信网络带宽窄、稳定性差，无法满足智能水电站大量数据高速传输与实时交互的需求，严重制约了智能化技术的应用与推广^[1]。

2.2 资金投入压力巨大

老旧水电站向新型智能水电站转型所需资金规模庞大，涉及设备更新、技术升级、系统集成等多个方面。设备更新换代需要巨额资金。老旧的水轮发电机组、变

压器、开关设备等，均需替换为具备智能化功能的新型设备，这些设备本身造价高昂，且安装调试费用不菲。例如，一台新型智能化水轮发电机组的采购成本可能是老旧机组的数倍，加上复杂的安装调试工作，进一步增加了资金投入。技术升级同样需要大量资金支持。建设智能监测系统、数据分析平台、远程控制系统等，不仅要采购先进的硬件设备，还需投入资金用于软件研发、系统定制与集成。智能监测系统需要安装大量的传感器，覆盖电站的各个关键部位，以实现和设备运行状态的全方位实时监测；数据分析平台则需要强大的服务器与专业的数据处理软件，用于对海量数据进行存储、分析与挖掘；远程控制系统的建设也需要构建稳定可靠的通信网络与控制终端，这些都需要持续的资金投入。转型过程中的运维成本也不容忽视。新型智能设备与系统的维护要求更高，需要专业的技术人员与先进的维护设备，这无疑增加了运维成本。智能水电站的技术更新换代速度快，为了保持系统的先进性与可靠性，还需不断投入资金进行系统升级与优化。对于老旧水电站来说，自身盈利水平有限，长期以来的设备老化、效率低下等问题，导致其经济效益不佳，难以承担如此大规模的资金投入，资金压力巨大，严重阻碍了转型进程。

2.3 专业人才匮乏与管理理念滞后

在向新型智能水电站转型过程中，专业人才的匮乏成为突出问题。老旧水电站原有的技术人员多以传统水电运行维护技能为主，缺乏对智能技术、信息技术、数据分析等新兴领域知识的了解与掌握。智能水电站涉及自动化控制、大数据分析、物联网等多学科交叉知识，要求技术人员具备综合的专业素养与创新能力。然而，老旧水电站由于长期以来的工作模式与发展环境限制，难以吸引和留住相关专业人才。新招聘的专业人才往往因工作环境、待遇等问题，难以长期稳定工作，导致人才队伍建设困难。与此同时，老旧水电站的管理理念也相对滞后。传统的管理模式注重设备的日常运行与维护，以保障电站的基本发电功能为主要目标，缺乏对智能化转型战略的深入理解与规划。管理过程中，决策多依赖经验判断，缺乏数据驱动的科学决策机制。在智能水电站建设中，需要建立以数据为核心的管理模式，通过对设备运行数据、生产数据、市场数据等的分析，实现电站的优化调度、成本控制与效益提升。老旧水电站的管理人员难以适应这种管理模式的转变，对智能化管理工具与方法的应用能力不足，无法充分发挥智能水电站的优势，使得转型效果大打折扣。在团队协作与沟通方面，传统的层级式管理结构也不利于信息的快速传递

与共享，影响了智能水电站建设过程中的协同效率，进一步制约了老旧水电站向新型智能水电站的转型发展^[2]。

3 老旧水电站向新型智能水电站转型的策略

3.1 分步推进设备智能化升级改造

(1) 针对老旧水电站设备老化、运行效率低下的问题，需优先对核心发电设备进行智能化升级。水轮机作为水电站能量转换的关键设备，可通过加装高精度传感器，实时采集转速、流量、振动等运行数据，结合机器学习算法构建设备健康模型，实现故障预测与预防性维护。发电机则可引入智能励磁控制系统，依据电网负荷动态调节无功功率，提升发电效率与电能质量。(2) 在辅助设备方面，对调速器、闸门控制系统进行数字化改造，采用可编程逻辑控制器(PLC)替代传统继电器控制，实现远程自动化操作。将压力钢管、输水管道等水力系统纳入智能监测范畴，利用光纤传感技术实时监测管道应力、渗漏情况，确保水力系统安全稳定运行。(3) 对电站的电气一次、二次设备进行全面智能化改造，一次设备加装智能终端，实现状态感知与在线监测；二次设备升级为智能保护控制系统，通过高速通信网络实现数据共享与协同控制，构建智能化的发配电体系，提升电站整体运行的可靠性与稳定性。

3.2 拓宽资金来源渠道

(1) 老旧水电站智能化改造所需资金规模庞大，可通过引入战略投资者来缓解资金压力。寻找具备水电开发、智能技术研发背景的企业或投资机构，以股权合作、项目合资等形式，吸引其参与电站改造项目，借助投资方的资金实力与技术优势，推动改造进程。探索资产证券化模式，将电站未来收益权进行打包证券化，在资本市场发行资产支持证券(ABS)，提前回笼资金用于设备升级与技术改造。(2) 企业自身可优化资金配置，通过盘活闲置资产、处置低效设备回笼资金。合理规划现金流，利用融资租赁方式获取智能化设备，以设备产生的收益分期支付租金，减轻一次性大额资金支出压力。还可与设备供应商协商采用分期付款、以旧换新等灵活合作模式，降低设备采购成本。(3) 积极拓展多元化融资渠道，与金融机构合作开发专项低息贷款产品，针对水电站智能化改造项目的特点，设计个性化的还款方案。探索绿色金融工具，发行绿色债券募集资金，用于符合环保与智能化要求的改造项目，既满足资金需求，又提升企业的社会形象与可持续发展能力^[3]。

3.3 强化专业人才培养与引进

(1) 老旧水电站智能化转型对人才素质提出更高要求，需构建多元化的人才培养体系。内部开展针对性培

训,邀请行业专家、设备厂商技术人员进行智能设备操作、数据分析、智能管理系统应用等方面的专题讲座与技能培训,提升现有员工的专业技能与智能化素养。鼓励员工参与在线课程学习,获取智能水电领域的专业认证,拓宽知识视野。(2)制定具有吸引力的人才引进政策,面向高校、科研机构招聘水电工程、自动化、计算机科学等多学科交叉背景的专业人才。重点引进熟悉智能传感技术、大数据分析、人工智能算法的高端人才,充实技术研发与管理团队,为智能化转型提供智力支持。通过建立人才激励机制,给予优厚的薪酬待遇、项目分红及职业发展空间,确保人才留得住、用得好。

(3)加强与外部机构的人才合作与交流,与高校、科研院所共建产学研合作基地,开展联合科研项目与人才培养计划,为企业输送创新型人才。组织员工参与行业技术研讨会、学术交流等活动,及时了解智能水电领域的最新技术动态与发展趋势,促进企业人才队伍的持续成长与技术创新能力的提升。

3.4 构建智能管理平台与创新管理模式

(1)搭建统一的智能管理平台是实现老旧水电站智能化转型的核心。该平台整合电站设备运行数据、生产调度信息、安全监测数据等多源异构数据,采用云计算、大数据技术进行存储与分析。通过建立数据中台,实现数据的标准化处理与共享,为智能决策提供数据支撑。利用三维可视化技术构建电站数字孪生模型,直观展示电站运行状态,便于管理人员实时监控与故障诊断。(2)基于智能管理平台,创新生产管理模式。引入智能运维管理系统,依据设备运行数据与健康模型,自动生成维护计划,实现设备的精准化运维,降低运维成

本与设备故障率。在生产调度方面,利用人工智能算法优化发电计划,根据电网负荷预测、来水情况等因素,动态调整机组运行参数,实现发电效益最大化。(3)推动管理模式从传统经验驱动向数据驱动转变,建立基于数据分析的决策支持体系。通过挖掘设备运行数据、生产经营数据中的潜在价值,为电站的设备选型、技术改造、市场运营等决策提供科学依据。加强平台的安全防护体系建设,采用加密技术、访问控制、入侵检测等手段,保障数据安全与系统稳定运行,提升电站智能化管理水平与综合竞争力^[4]。

结语

综上所述,老旧水电站向新型智能水电站转型是顺应时代发展、提升行业竞争力的必然要求。尽管转型过程中面临诸多挑战,但通过科学规划设备升级、多元筹措资金、加强人才建设、创新管理模式等举措,可有效突破发展瓶颈。未来,持续推进老旧水电站智能化转型,不仅有助于提升水电能源供给质量,更将为我国能源绿色低碳转型与可持续发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]向青海.数字孪生水电站在智能化转型中的探索与应用[J].四川水力发电,2024,43(z1):15-18.
- [2]徐明达.基于NFC技术的水电站智能巡检签到系统的应用[J].水电站机电技术,2024,47(11):139-141.
- [3]马贵,徐涛,舒君侠.基于物联网技术的水电站工器具智能化管理研究[J].电气技术与经济,2024(10):293-295.
- [4]汪新文.新型材料在水电站泄洪闸建设中的应用研究[J].城镇建设,2025(7):235-237.