

大型抽水蓄能机组自动控制关键技术研究

【获奖等级】 应用成果奖二等奖

【主要完成单位】 北京中水科水电科技开发有限公司

【主要完成人】 赵勇飞、刘晓波、韩长霖、白剑飞、卢小芳、
彭德民、张卫君、张 茜、班昕东、李成龙、
龚传利、邓小刚

一、研究背景

国家能源局发布《抽水蓄能中长期发展规划（2021~2035年）》，旨在推进抽水蓄能快速发展，适应新型电力系统建设和大规模高比例新能源发展需要，助力实现碳达峰、碳中和目标。中国水利水电科学研究院中水科技通过大型抽水蓄能机组自动控制技术研究，持续探索相关技术，经过十多年的科研创新，针对高水头、高转速、大容量等抽蓄新特性，形成了一系列成果和关键技术，通过清远、长龙山、阳江等大型抽蓄电站自动控制系统应用，在惠蓄等的推广，打破了国外公司的技术壁垒，降低了抽水蓄能电站的建设投资，提高了抽水蓄能电站运行维护和服务水平，发挥了抽水蓄能电站对电网安全运行的作用，对提高我国大型抽水蓄能机组自动化和安全运行管理水平，同时扩展我单位的业务范围，提高市场竞争力，具有重要和深远的意义。

二、主要内容

该项研究针对大型抽蓄电站自动控制中的多启动方向、多运

行模式、多工况转换、多主辅配合等技术难题，探索开发了抽蓄电站全仿真测试平台技术，建立主辅设备运行状态可信判断模型，并基于模型开发了安全可靠的控制流程；研制了大容量、高水头、高转速、多启动方式安全控制策略；实现了机组“秒级”精确诊断，突破了国内 400MW 级抽蓄机组自动控制技术瓶颈。

三、创新点

1、研发了抽水蓄能电站全工况仿真测试平台技术，建立数字电站和主辅设备仿真模型，无需借助现场设备，进行电站全条件、全工况转换、全输出仿真测试，进行生产过程操作预演、控制逻辑验证、控制参数寻优，优化生产流程。各种设计功能得到了充分的验证，各种存在的缺陷能得到及时发现与优化完善，提前防范了设备现场调试时人身和设备事故的发生，缩短了机组投运并网时间，首台机组有水调试工作由行业常规的 80~100 天缩短为 30 天左右。

2、研发了短时间窗口多机多方式启机技术，自动规划启泵台数、节点、SFC 匹配以及 S、PC、P 工况优化转换，从测点上进行高速采集，硬件上多重冗余、处理上独立功能模块响应、执行上多重防误闭锁、重要信号表决，设计上对每个设备系统分析各种正常和特殊情况下的应用场景，提高设备运行可靠性和保证设备安全。解决了大型抽蓄机组从静止工况至水泵工况时间较长，短时间段内无法启动多台机组至水泵工况，提升了抽蓄电站的快速调节能力，并保证电站负荷对计划曲线的响应精度及效率。

3、研发了抽蓄机组控制流程实时诊断技术，实时监视流程执行情况，在机组流程故障时刻定位故障发生的位置并保持流程故障时刻反馈信号状态信息，实现故障快速定位、故障智能辨识、秒级诊断，缩短了机组故障处理时间和机组退备时间，提高了机组可用率，降低了机组运行的故障成本。

四、推广应用情况

本项研究成果创新突出，技术领先，已在清远抽水蓄能电站、长龙山抽水蓄能电站、阳江抽水蓄能电站等得到应用，并正在应用于惠州抽水蓄能电站监控系统改造。相关研究成果打破了抽蓄机组自动控制技术壁垒，取得了显著的经济效益和社会效益，在抽水蓄能快速发展之际，研究成果具有广阔的推广应用前景。

1、清远抽水蓄能电站作为 2016 年国内已投产单机容量最大的抽水蓄能机组，首次实现国产自动控制系统对单机容量 320MW 的大型抽水蓄能机组实现全工况监控；2018 年 5 月完成全部投产，运行稳定可靠。2021 年电站荣获“菲迪克 2021 年工程项目优秀奖”。

2、长龙山抽水蓄能电站总装机规模 2100MW 地处华东电网负荷中心，主要承担整个华东电网调峰、填谷的双倍调峰功能，是华东电网最大的“充电宝”。电站有效落差高达 710 米，位居世界第二、中国第一。工程特性指标还包括三项世界第一，四项国内第一，其中最大发电水头（756m）、可逆式机组高额定转速（600r/min）下单机容量（350MW）世界第一、额定水头（710m）

在建抽水蓄能项目国内第一。2020年6月首台机并网发电，2022年6月30日，全部机组正式投产发电。

3、阳江抽水蓄能电站单机容量 400MW，总装机容量 2400MW，首期建设 1200MW。它在电网中承担调峰、填谷、紧急事故备用任务，兼有调频、调相和黑启动任务。电站被国家发改委列为 400MW 级抽水蓄能电站机组设备自主国产化的依托项目。项目机组单机容量大、水头高，国内尚无先例，技术难度大，为国内后续大规模建设同类电站奠定了坚实技术基础。

4、惠州抽水蓄能电站监控系统改造项目，电站安装有 8 台 300MW 抽水蓄能机组，总装机容量 2400MW 曾为世界上一次性建成、装机容量最大的抽水电站，在行业内具有重大影响。



图 1 清远抽水蓄能电站厂房

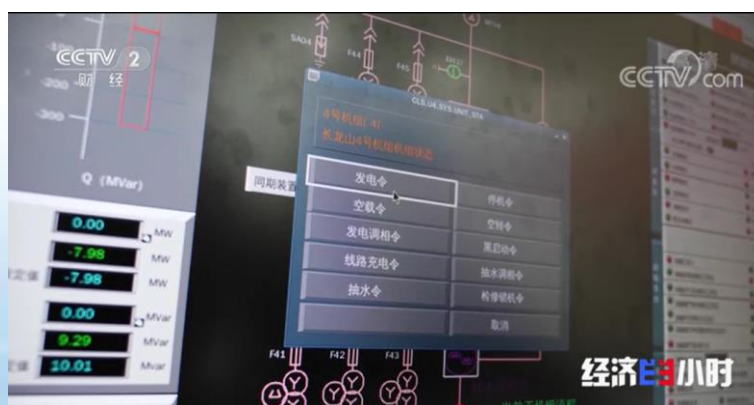


图 2 央视报道中的长龙山抽水蓄能电站自动控制系统



图3 央视报道中的阳江抽水蓄能电站自动控制系统



图4 惠州抽水蓄能电站厂房