

2022年10月26日 星期三 第700期

热线电话:(0531)85193262 Email :sdnyxwzk@163.com

行业观察



大众能源·绿色发展

15

大力实施节能降碳改造 供热改造 灵活性改造

推进煤炭清洁高效利用山东能源行业勇担当

□ 本报通讯员 段文奇 苏 航
崔会娜
本 报 记 者 左丰岐

记者从省能源局了解到，近年来，全省能源行业积极推广应用新技术新装备，以煤电机组节能降碳改造、供热改造、灵活性改造“三改联动”为牵引，积极推进煤炭清洁高效利用，全面推动煤电机组清洁高效发展。今年1—9月份，全省共1033.5万千瓦煤电机组实施“三改联动”，其中节能降碳改造232万千瓦，供热改造336.5万千瓦，灵活性改造465万千瓦。

立足“以煤为主”能源资源禀赋，加强煤炭清洁高效利用，是深入落实“双碳”目标的重要举措。而“三改联动”则是提高煤电机组煤炭清洁高效利用的有效手段。节能降碳改造，就是让煤电机组少“吃”煤、多发电；供热改造，就是让煤电机组发电同时提供热能；灵活性改造，就是让煤电机组需要多发就多发，需要少发就少发。机组本身性能是改造基础，对存量机组而言，“三改联动”应因地制宜、因厂施策、一机一策，能改则改、宜改则改。

据了解，“十四五”期间，全省坚持分类施策、分企施策，有序推动煤电机组“三改联动”。节能降碳改造，重点对供电标准煤耗在300克/千瓦时以上的煤电机组改造，对无法改造机组逐步淘汰关停。到2025年，全省煤电平均供电标准煤耗下降至295克/千瓦时左右。供热改造，深入挖掘30万千瓦及以上煤电机组供热潜力，整合供热资源，推进供热区域热网互联互通。到2025年，完成煤电机组供热改造1000万千瓦以上。灵活性改造，现役煤电机组灵活性改造应改尽改，新建机组达到灵活性调节要求。原则上现役纯凝、抽凝机组改造后最低技术出力分别达到额定容量的30%和40%，新建纯凝、抽凝机组分别达到20%和30%。

节能改造主要技术路径：利用汽轮机通流改造技术对热耗率偏离设计值的机组进行能效提升；利用高温亚临界节能升级改造技术对部分机组进行试点改造；利用凝结水调频和实时滑压优化技术，根据背



华能黄台电厂厂区。

摄影：王楠哲

压等变化实时优化压力控制曲线，达到提高能效目的；开展深度烟气余热利用改造，回收烟气余热，降低机组煤耗；开展空预器结构、蓄热元件改造，采用先进密封技术，提高空预器防堵能力，降低空预器漏风率；利用烟气余热深度利用改造技术，回收烟气余热，降低机组煤耗；采用冷却塔配水方式及填料优化、实施胶球清洗装置改造、一机双塔改造、优化凝汽器管束、真空泵系统改造等技术优化冷端系统，提高机组能效；进行低温省煤器联合回热改造，改造后实现暖风器的常年投入，提高预热器入口风温，进一步提高锅炉热效率，并有效降低排烟温度；利用辅机变频、蒸汽驱动等技术，开展除尘、风

烟和制粉等辅助系统节电改造。

供热改造主要技术路径：低压缸柔性运行切缸供热改造，切除低压缸进汽用于供热，实现低压缸零出力供热；中压缸旋转隔板改造，减少中压通流级数，增加工业抽汽旋转隔板，配套建设供热抽汽管道，提升机组供热能力；中低压连管抽汽供热改造，抽取汽轮机中低压连管蒸汽加热供热循环水，疏水回至机组热力系统，改造后汽轮机组具备纯凝发电和热电联产两用功能；热再抽汽供热改造，在锅炉再热器出口、中压缸进汽阀之前的热再蒸汽母管，增设三通引蒸汽用于对外工业供汽；抽凝机组背压改造，将凝汽式汽轮机改造为背压式汽轮机，根据负荷要求合

理设计抽汽压力与背压压力，提升机组供热能力。

灵活性改造主要技术路径：采用低负荷稳燃，宽负荷脱硝，自动控制系统优化技术提高机组灵活性；采用低压缸切缸改造技术，实现供热期的热电解耦；对DCS控制系统性能进行优化提升，利用AGC协调系统优化控制技术，实现机组的宽负荷运行稳定性；建设磷酸铁锂电池储能电站用于火电机组联合调频，提高机组灵活性。

在推进措施上，简化项目审批程序，加大关停机组补偿政策，给予财政税务金融扶持；在保障机制上，明确政府部门责任，强化企业主体责任，加强协调监督。

“三改联动”推动煤电绿色低碳高质量发展

□ 本报通讯员 段文奇 苏 航
崔会娜
本 报 记 者 左丰岐

节能降碳改造 “华电邹县样板”

10万千瓦、20万千瓦、50万千瓦……100万千瓦，2022年5月6日6时56分，随着集控室大屏幕上，机组输出功率稳步增长，华电国际邹县电厂7号机组通流改造项目圆满完成。这是继全国首台100万千瓦等级全通流改造项目——华电邹县电厂8号机组通流改造项目后，实施的又一超超临界百万千瓦等级煤电机组节能降碳改造力作。

据悉，此次邹县电厂围绕百万千瓦机组汽轮机通流改造、锅炉燃烧设备及烟风系统流场优化、DCS国产化改造三条工作主线，实施标准项目1596项、特殊项目107项、技改项目42项。从目前运行数据分析，改造后，机组供电煤耗每千瓦时降低20克以上，每年可节约标煤10万吨，减排二氧化碳26万吨、二氧化硫16吨、氮氧化物40吨、烟尘2吨以上，各项能耗、环保指标均达到国内领先水平。

“在技术改造方面，百万机组先后实施第四代通流提效、高效密封等技术，实现热耗水平下降，节能减排效果显著。”华电国际邹县发电厂生产技术部负责人介绍，经过深入分析和反复论证，确定“汽轮机机组热耗高”是影响机组供电煤耗的重要因素，决定利用国内现有先进、成熟节能技术，实施配汽方式（增设补汽阀）、通流技术、高压模块、叶片构型、封套型式、进汽密封等应用创新，显著提高了机组节能降耗和运行可靠性水平；并同步实施空预器预防ABS堵塞改造、燃烧设备及烟风流场优化改造等项目，在降低燃烧热损失、提高锅炉效率的基础上，有效提高锅炉低负荷稳燃能力和机组灵活性调节能力。

“此次节能降碳改造圆满竣工，不仅大大提高了百万千瓦机组清洁生产能力，为企业能源保供、提质增效、升级发展注入强大动力，也对探索百万千瓦级存量煤电机组高质量发展之路具有重大意义。”华电国际邹县发电厂相关负责人告诉记者，早在2020年4月，企业锚定国家“双碳”战略目标，探索推进煤炭清洁高效利用，率先实施8号机组通流改造，成为国内首批百万千瓦机组节能升级改造项目。在缺乏可借鉴经验背景下，山东电力人逢山开路、遇水搭桥、敢闯敢创，先后召开设计联络会、专项筹备会、技术交底会30余次，克服工期紧、任务重、难度大等重

重难题，强化施工组织、优化施工顺序、保障安全高效，于2020年4月6日正式开工，同年7月14日竣工。

百万千瓦机组节能改造项目大获成功，给予企业上下极大鼓舞，为同类超超临界百万千瓦机组节能降碳改造提供示范样板。2021年初，邹县电厂又完成一台亚临界60万千瓦机组节能改造工作。同年7月16日，参与全国碳市场首批交易，获得交易额660余万元。邹县电厂负责人告诉记者，先后进行改造的3台机组，机组效率分别提升3.7%、2.5%、3.6%，实现全年碳配额盈余。到2022年底，将全面完成全厂8台机组节能改造。改造完之后，全年可减少煤炭消耗36万吨，碳减排量接近百万吨，为大机组节能降碳改造、煤炭高效利用，树立“新样板”。

供热改造 “华能黄台方案”

2016年供热以来，家住济南盛福街道居民王女士一家深感温暖。“这几年每到冬天，家里温度始终保持在20℃以上，各个房间温度也都很均匀，在家里穿着薄衣裳就很暖和。”回想起寒冷冬季家里“飘红”的温度计，再看看现在的室温，王女士脸上洋溢着满意的笑容，这是华能济南黄台发电有限公司供热改造给居民带来的红利。

早在2014年，华能黄台电厂作为省会“城市电厂”，根据“加快构建清洁、高效、安全、可持续发展的现代能源体系，清洁高效地发展煤电”要求，成立专业组织机构，深入开展火电机组供热、灵活性改造研究，做好技术改造方案储备，成熟一项，推进一步，确保温暖市民的同时，能耗指标始终走在行业前列，打造城市“绿色名片”。

高背压供热改造树标杆。2014年11月18日，黄台电厂7号机组顺利完成高背压供热改造并投运，成为当时省内单机容量最大的高背压机组。改造完成后，在供热工况运行时，冷水塔及机组循环水泵退出运行，由热网循环泵建立起新的“汽水”交换系统，机组冷源损失降为零，机组循环热效率从43%突破性提高到91%以上，热耗及发电煤耗降幅超过50%，新增供热面积800万平方米，在燃煤量保持不变情况下，减少煤炭消耗量20余万吨，减排二氧化碳38万余吨，7号机组也因此自2016年以来，连续6年荣获中电联同类型机组能效对标一等奖。2016年黄台电厂又投资近亿元进行8号机组高背压供热改造，实现8号机组供热能力900万平方米，全厂供热能力提升到4500万平方米。至此，黄台电厂7、8号两台高背压供热

机组同时运行，在机组能耗水平大幅降低的同时，为济南市提供了更多稳定可靠的清洁热源，开创了国内同一电厂两台30万千瓦等级高背压机组同时运行之先河。

“切缸”改造创先河。为进一步满足地区供热发展需要，黄台电厂用实践践行理念，用创新破解难题，2018年至2019年，先后对9、10号机组进行“切缸改造”。“切缸”是指机组运行中，将原低压缸进汽量从每小时100吨快速减至20吨以下，截留热量用于供热；同时“汽轮机切缸”有效提高机组灵活性，为参与电网深度调峰奠定基础。2018年，“切缸”改造在国内同类型机组尚属首例，无任何经验可供参考，各类问题“井喷”涌现。为解决叶片安全性和辅机系统适配性两大难题，该厂迅速成立攻关小组，经过多次试验，研发出一种汽轮机末级叶片水蚀防护涂层及其制备方法，起到完美保护叶片的效果。与此同时打破常规，在叶根安装套管及热电偶，测点接入DCS监测，解决颤振、鼓风等重大技术问题。

2018年3月7日，该厂10号机组圆满完成汽轮机“切缸”试验，这是国内首台顺利完成汽轮机“切缸”试验的35万千瓦超临界机组。2019年10月10日，9号机组顺利完成“切缸”改造，至此该厂4台机组全部完成供热改造，供热能力达到5300万平方米，进一步稳固山东省内最大绿色清洁热源企业地位，为煤电机组供热改造提供“新方案”。

灵活性改造 “国能寿光路径”

“锅炉运行正常，各项参数及技术指标完全正常，具备点火条件，现在点火。”随着值班班长点火口令，操作员投入等离子点火装置，集控室液晶屏幕上跳动起红色火焰……这是记者在国家能源集团寿光电厂看到的一幕，乍一看感觉跟其他现代化燃煤电厂并无不同，不过随着负责人介绍，这座看似普通的电厂内，蕴藏着灵活性改造的“绿色密码”。

国能寿光电厂2×100万千瓦燃煤汽轮发电机组，采用超超临界前墙对冲锅炉，配置40只点火油枪和8只微油点火装置，用于点火、暖炉和低负荷稳燃。“随着山东新能源发电占比增加，煤电机组承担起深度调峰任务，需要通过改变出力工况适应负荷变化。”项目负责人说，“深度调峰是电网负荷峰谷差较大时，电厂通过降低出力，发电机组超过基本调峰范围的一种运行方式，深度调峰负荷率一般为40%至30%。”据悉，灵活性改造之前，寿光电厂深度调峰负荷可降低至40万千瓦，但为保障长期低负荷锅炉燃烧稳定性，需

要投入大量燃油进行稳燃，燃料损耗同步增多。同时，未燃尽油滴会粘污电极，造成锅炉电除尘器无法正常投入，大量烟尘直接排放到大气，给环境带来污染。

“深调虽好，操作不易。深度调峰常被比作‘在钢丝上跳舞’，为攻克锅炉燃烧稳定性、环保和辅机系统安全性等因素制约，我们踏上了灵活性改造‘国能寿光路径’。”寿光电厂负责人介绍，项目保留原有微油点火系统，将前墙最下层8只燃烧器改造为国家能源集团最新一代DLZ-HV-200型高效等离子体点火及稳燃系统，不仅可节省配套的消防、避雷、防静电系统的投资以及运行成本，而且能有效避免机组低负荷运行期间锅炉燃烧排放污染物超标和燃烧效率下降等风险。据悉，寿光电厂2号锅炉灵活性改造于5月20日开始，6月30日机组点火启动成功。机组改造后，实现设备长期35%负荷稳定运行，降低电耗20%—40%，设备重量减轻近80%，大幅度提升阴阳极使用寿命3至5倍以上。同时，相较于微油点火每200小时可节约161.6万元。

“等离子点火是一种新型的锅炉点火燃烧技术，通过直流电流在介质气压0.01—0.03兆帕的条件下接触引弧，并在强磁场上获得稳定功率的直流空气等离子体。同时，等离子体在燃烧器内形成局部高温区，煤粉颗粒在高温区内迅速燃烧，实现锅炉冷态无油启动，是一种高效、稳定的锅炉启动点火方式。”省能源局电力处负责人介绍，目前，煤电机组主要通过少油和无油点火方式。其中，少油点火技术投资小、可靠性高，锅炉启动速度快，但每次启动和维持稳定燃烧，要消耗大量燃油。等离子体点火作为无油点火方式之一，具有结构简单、操作方便等特点，通过提供冷却水、压缩空气、交流电源和煤粉，便可实现无油启停和稳燃目的，环保、经济效益十分显著。

记者了解到，寿光电厂深化灵活性改造前期工作。第一时间成立机组灵活性改造领导小组，靠前指挥、统筹协调；创新大数据分析技术，准确预测不同时间段机组最大出力；优化机组协调系统逻辑，有效保障调峰稳定性及快速性；完善锅炉给水量、风量、一次调频等控制和保护程序，不断提高机组安全；制定《深度调峰运行技术措施》和《深调事故预案》，反复组织操作人员进行仿真机演练，确保每项操作安全规范。

宝剑锋从磨砺出，梅花香自苦寒来。截至目前，国能寿光电厂2号锅炉自灵活性改造投运后参与调峰约30次，平均负荷率75%，点火成功率100%，火检强度100%。下一步，该厂将以此次改造为契机，精心组织、科学调度，在保障建设质量和安全的前提下，全力推进1号锅炉灵活性改造。

华能高青牧光互补项目 加速向年底并网冲刺

□通讯员 吕红芳 段文奇 刘 壮
记 者 张文婷 报道

本报淄博讯 近日，华能山东公司在淄博高青举行华能高青唐坊300兆瓦牧光互补项目誓师大会，向力争年底实现并网发电任务目标发起攻坚。据了解，该项目是全国最大单体牧光互补光伏项目，建成投产后，将成为淄博加快推进能源绿色低碳转型的样板。

所谓“牧光互补”，就是将太阳能光伏组件铺设在养殖场养牛大棚屋顶，实现“棚下养殖、棚上发电”。在养殖场屋顶铺设光伏板，不仅能发电，还能起到隔热降温作用，实现生态效益、经济效益双赢，对于推动资源集约节约高效利用具有良好示范引领作用。

华能高青唐坊300兆瓦牧光互补光伏发电项目，由华能山东公司投资、辛店电厂运维，列入2022年省重大项目名单。项目依托高青县组涧地黑牛养殖园规划建设，总投资13亿元，总占地4500亩，总装机容量300兆瓦，一期工程建设容量100兆瓦，计划2022年底投产达效；后续200兆瓦拟于2024年建成运营。项目建成投产后，每年可提供清洁电能约3.5亿千瓦时，可替代标煤10.5万吨，可减排二氧化碳27.9万吨，环保效益显著。

据悉，项目致力于打造牧光互补“光伏+”标杆示范，选用新一代高效单晶硅组件产品，单个组件功率高达535瓦，转换效率超过21%，倾角13度，朝向正南，直接替代棚顶遮阳，光照条件极佳。与此同时，项目配套建设20%新型储能设施，发挥削峰填谷作用，缓解电网调峰压力，着力构建多元化清洁能源供应体系，提高发电平稳性，深挖电源、储能、负荷等调节能力，提升电力系统灵活调节及新能源消纳能力，做到绿色优先、协调互济。创新采用“上能发电、下能养殖”的牧光互补模式，在养殖园150万平方米牛棚棚顶敷设光伏板，生产绿色电能的同时，对牛舍起到更好遮阴和保温作用，实现土地综合高效利用，推动“光伏+畜牧养殖”现代化绿色发展。

为加速推进高青唐坊300兆瓦牧光互补项目建设，华能山东公司深入开展“党建引领+绿色转型”，成立临时党支部，与参建单位、农牧产业链实施党建联建、协同攻关，以项目推进、节点攻坚为内容，适时开展“主题党日+”活动，邀请施工单位、监理单位、可研设计单位参与其中，解疑答惑、清障跨坎、合力破冰，真正让党建活动“活跃”在项目施工建设全流程，相继攻克土地资源获取、勘测界定清点、初步设计审查、电网端接入等重点难点，实现项目依法依规“透明式”全程管控和高质量建设。

下一步，华能山东公司将进一步统筹人员调配、设施配置、建设资金和管理协调等工作，高水平组织、高标准建设、高效率推进，在项目建成投产基础上，系统开发“多位一体、多能互补”的清洁能源综合服务基地，全力实现产业园区畜牧养殖、生产加工、冷链仓储以及人居工程、道路亮化工程等清洁能源全覆盖。



华能高青唐坊300兆瓦牧光互补项目施工现场。

文登抽水蓄能电站 4号机组转轮完成吊装

□通讯员 段文奇 姚志伟 蒋 明
记 者 张文婷 报道

本报威海讯 近日，文登抽水蓄能电站项目“奋战一百天”活动迎来重大攻坚成果，电站4号机组转轮顺利完成吊装，以此为标志，4号机组全面进入主机设备安装阶段。

作为胶东地区第一座抽水蓄能电站，文登抽水蓄能电站位于威海文登界石境内，属国家一等大(I)型工程，担负着全省电网调峰、调频、填谷、调相、负荷备用与紧急事故备用等多重任务，对保障电网安全、稳定、经济运行，构建以新能源为主体的新型电力系统具有重要支撑作用。电站枢纽分为上水库、水道系统、地下厂房及开关站、下水库等，总装机容量180万千瓦，安装6台单机容量30万千瓦单级混流可逆式水泵水轮机组，以两回500千伏出线接入山东电网，设计年发电量27.1亿千瓦时，年抽水量36.1亿千瓦时，计划2023年初首台机组建成投运，2024年6台机组全部投产。

转轮是水轮发电机组的核心部件，被誉为水轮发电机组的心脏，由上冠、下环、叶片三部分组成。转轮用水流动能和势能带动其转动，通过主轴联结到发电机带动发电机转动发电，是水轮发电机产生电能原动部件，直接关系到机组的稳定性和能量转化效能。据悉，本次完成吊装转轮，为不锈钢焊接整体结构，转轮本体直径4.42米、高1.37米，净重37.87吨。

吊装之前，项目部对起吊设备、机坑等进行严格查验，成立转轮吊装临时工作机构，深入现场进行详细安全技术交底，充分做好吊装准备。吊装过程，按照安全操作规程，落实“三起、三落”试吊，之后在底环下环上放置6对楔子板，楔子板厚度满足转轮吊入机坑就位高程，再将转轮对准底环止漏环中心吊入机坑。经过全体吊装人员1个多小时密切协作，整个过程起升设备制动良好，转轮调整检查合格，吊装精准安全就位。转轮成功吊装，标志着4号机组又一重要节点目标完成，全面拉开总装序幕，为后续机组安装打下了坚实基础，为有序推进机组投产创造了重要条件。

记者从省能源局新能源和可再生能源处了解到，近年来，全省加速推进抽水蓄能建设，在沿海核电、风电等新能源负荷中心，布局建设文登180万千瓦抽水蓄能电站；在上海庙—临沂、扎鲁特—青州等“外电入鲁”受端负荷中心，布局建设泰安280万千瓦、沂蒙120万千瓦、潍坊120万千瓦抽水蓄能电站。截至目前，建成投运泰安一期、沂蒙电站，共计装机容量220万千瓦；核准在建文登、潍坊、泰安二期电站，共计装机容量480万千瓦。全部建成投运后，全省抽水蓄能装机容量将达到700万千瓦。

下一步，山东将加速推进文登、潍坊、泰安二期等抽水蓄能电站建设，扎实做好枣庄庄庄里等抽水蓄能电站前期工作，积极推动单塔等储备项目滚动纳规，形成“建成一批、开工一批、储备一批”的良性发展格局。到2025年，抽水蓄能电站总装机达400万千瓦，需求响应能力达到最高负荷的2%以上。