



储能电站俯瞰图

□李明堂 李松涛 张大磊 孔令勃

入选“国家新型储能示范项目”，列入国家能源局“第四批能源领域首台(套)重大技术装备”，被工业和信息化部认定为“国际先进水平”，入选“山东省2024年度新型储能示范项目”……

鲜花簇拥，荣誉加身，这就是国家能源蓬莱发电有限公司(以下简称“蓬莱公司”)的101MW/205MWh复合储能电站项目。凭借技术突破和创新示范，该项目正成为引领行业和地方能源转型的标杆。

四大技术完美融合 智慧储能引领变革

——国家能源集团蓬莱复合储能电站树起能源转型标杆



储能电站一次并网成功

数说

“十四五”以来

国能山东公司装机规模

1364万千瓦

清洁能源装机占比同比翻番

发电量完成

2244.95亿千瓦时

2025年

国能山东公司供电煤耗较“十四五”初期

降低14.8克/千瓦时

超前达到国家2030年预期目标

2025年

国能山东公司供暖面积

达1.32亿平方米

比“十四五”初期大幅提升179%

2024年

“石热入济”热源跨越80公里

为济南西部城区居民供热3000万平方米

诞生即标杆 运营即显效

今年6月16日，在高标准完成全部充放电试验和涉网试验后，蓬莱公司101MW/205MWh复合储能电站正式投入商业化运营。

位于神话八仙过海起源地烟台市蓬莱区的这个被寄予厚望的储能项目，总装机容量101MW/205MWh，规划建设31个储能单元，全部储能单元通过7条集电线路接入主变变压器35千伏母线侧，升压后接入蓬莱公司220千伏母线，以220千伏电压等级接入山东电网。项目依托三方共同研发的“复合能量管理—运维诊断—电力交易辅助—智能售电”四大数字化平台，被纳入山东电网统一调度管理，通过AI算法实现电力交易与能量管理动态联动，具备毫秒级调转、控制功能。

“项目投入商业运营后，年充放电电量可达1.2亿千瓦时。”蓬莱公司项目负责人员介绍，“储能电站将全容量参与山东电力现货市场交易，通过电力交易平台报量报价，实现次日深谷充电和尖峰放电，获取最大电价差收益和容量补偿收益，成为公司新的效益增长点，也为构建‘清洁低碳、安全高效’的现代能源体系树起标杆。”

技术协同极限突破 攻坚克难千日奋战

从敲定图纸、开工到联调，蓬莱项目施工人员经历了雨雪风霜、千难万险，他们披荆斩棘、奋战千日，最终迎来柳暗花明、春华秋实。“技术协同，极限突破”是施工全程的关键词，每个系统的落地都是施工团队要打的一场硬仗。

2024年3月项目启动后，直径3.2米、高5米、重128吨的4MW飞轮的地下安装成为难题。传统吊装技术难以满足毫米级精度要求，为高效、高质量完成这场飞轮储能的“毫米级吊装战”，团队创新采用“液压同步顶升+激光定位”组合方案，首台飞轮就位时，定位误差仅0.5毫米；与火电机组6kV电缆对接完成后，首次测试即实现3毫秒响应速度，验证了“磁悬浮+火电机组二次调频耦合”的技术可行性。

2024年12月，项目四大系统进入联调阶段。为实现“低谷储电—高峰放电—高频调频—长时备用”的无缝衔接，工程师轮班值守，通过EMS能量管理系统模拟50余种电网工况，最终在2025年3月29日一次并网成功，并瞬间各项参数零偏差，干净利落完成了全系统联调的“百日冲刺”。

四大系统融于一身 核心技术独领风骚

一头连接“风光水火”的电源，一头连

接工矿车间和千家万户，电网需要实时电量平衡。山东省内现有机组运行调整能力已发挥至极致，但仍有时段性弃电情况发生，迫切需要调节性电源发挥调峰、调频作用，保障电力系统安全稳定运行。

蓬莱项目倾注了国家能源集团山东电力有限公司的智慧与汗水，四大系统融合，价值效益双重彰显，项目总投资4.3亿元。作为我国首个集成4种新型储能技术的复合型智慧储能示范项目，自投入商运以来，在商业运营、环保效益、技术创新及实际应用中已展现出强大优势。

项目涵盖四大新型储能系统，核心配置：96.3MW/192.6MWh磷酸铁锂储能系统，2MW/8MWh全钒液流储能系统，2.75MW/5MWh钠离子储能系统以及3台4MW/1MWh飞轮储能系统(辅助火电机组参与电网调频)。四大系统每个都是行业领先，如今四位一体，功效自然难以估量。

作为国家能源集团的重大科技创新，项目先后攻克多项核心技术壁垒：成功研制新一代314Ah大容量磷酸铁锂电芯，转换效率和日历寿命大幅提升；创新开发180Ah单体钠离子电池，实现低成本高安全储能新突破；首次应用国家能源集团研制的50kW级大功率液流电堆，电堆能量效率显著提升；成功研制全球单体最大磁悬浮飞轮装置，并在国内率先实现火电机组二次调频场景应用。“与部分电站最多两三种储能方式不同，蓬莱电站肩负着科研项目产业化落地的重任，创新性融合了飞轮、磷酸铁锂、钠离子和全钒液流4种储能方式，成为目前国内技术路线最多的储能电站项目。”山东省能源局给予高度评价。“飞轮调频反应速度快，可达毫秒级；磷酸铁锂电池技术成熟，能量密度高；钠离子电池低温性能好，安全性较高；全钒液流电池可深度放电而自身损害较低，寿命可长达20年以上。蓬莱项目开创了四维储能技术深度融合的行业先河，弥补了单一储能技术能量密度和寿命的不足，扬长避短，全面覆盖短时调频、中长时间调峰等多种需求场景，验证了多元化储能技术路径的产业化可行性，必将引领中国储能行业新变革。”

多维应用稳定电网 结构调整美化生态

2024年10月，我省新能源发电装机规模历史性超过煤电；今年5月，新能源和可再生能源装机占比超过51%。新能源发电有随机性、波动性、间歇性的特点，出力与电网负荷需求难以实时匹配。

而蓬莱项目之所以让业界称叹，创新突破仅是其一，更重要的是，其通过四大数字化平台的协同应用，使山东电网更坚强智能，能源结构更趋优化。

近年来，我省雨雪冰雹等极端天气多发，火电机组普遍面临高转动惯量、高频次调频需求的难题。蓬莱公司研制的目前全球

功率最高、储电量最大储能系统，从0到最大出力的响应时间仅为几毫秒，从而可以实现火力燃煤机组的快速调节，有效释放火电机组自身发电能力，全天内95%时间段均能够完全响应AGC调频指令，有效提升机组的综合调频性能。同时，将火电机组度电煤耗降低2—3克，每年减少二氧化碳排放3.77万吨，具有良好的经济效益、环境效益和社会效益。

作为国内储能种类最多的电站，蓬莱项目被业界誉为“复合充电宝”，也是电网迎峰度夏的“稳定器”和可再生能源的“消纳器”。面对近年来夏季持续高温，系统通过“错峰调节”机制，在用电低谷时，将风力、光伏发出的剩余电力储存起来，吸纳富余电力，减少弃风弃光，显著提升可再生能源利用率，推动清洁能源稳定接入电网，助力能源结构优化升级。而在用电高峰，或电网出现故障、停电时，再精准释放，为用户提供电力支持，如同“电力蓄水池”般稳定电网频率，以毫秒级响应速度化解用电骤增危机，保障重要负荷的持续供电，减少停电时间。据测算，项目充电一次可储存20万千瓦时电量，相当于3万家庭一天的用电量，年可消纳新能源电量约1亿千瓦时，为千家万户筑牢“电力安全网”。

模式可复制 效益很抢眼

蓬莱项目的成功应用和投运并网，不仅形成了可复制推广的“技术融合+场景耦合”创新范式，更以实际成效证明了复合型储能技术在商业价值、环保效益及电网支撑中的多重潜力，为我国新型储能产业高质量发展提供了重要示范。

目前，山东省白天时段频繁出现负电价，晚间用电高峰时电价较高，能利用好这个时段才能让储能电站实现效益最大化。截至9月份统计数据，储能充电及调频收益可实现每天约16万元的盈利，目前已成功创收2300万元以上，经济效益亮眼。通过不断参与电网调频、电力交易等市场化运作，商业潜力正日益显现，项目提升了机组支撑电网安全稳定运行的能力，通过现货交易、容量补偿和辅助服务等，多层次、多场景提升相关收益。

为了对储能电站多形式储能系统进行全面、深入的综合管控，蓬莱复合储能电站还配置了一套储能综合运维管控平台，能够从电池运行机理方面对热失控等故障提供及时、准确的早期预警信息，以帮助运维人员及时采取措施，预防事故发生。平台预警诊断准确率大于95%，运维成本降低20%，真正实现了降本增效。

另一个不可忽视的，是其环保价值。经专业测算，蓬莱项目的环保效益相当于种植约2400万棵树木，减少二氧化碳排放达1800吨。

使命

转型升级优发展 提质增效强根基

——国家能源集团山东电力有限公司的五年新变

□蒋寒辉 刘佳

“十四五”的五年，是国家能源集团山东电力有限公司(以下简称“国能山东公司”)转型升级、提质增效的五年。面对能源结构调整与产业转型的深刻变化，国能山东公司坚持以高质量发展为主线，在装机布局、节能降耗和供热保供等方面持续突破，展现出央企在齐鲁大地上的担当。

优化布局，国能山东公司以项目建设为牵引，优化装机结构，增强能源体系韧性。新能源布局不断加快，光伏、风电等项目集中落地，绿色装机比重稳步提高，通过一系

列系统优化与结构调整，规模增长与发展质量协同提升，清洁能源正成为推动企业转型升级的核心动力。

节能提效，国能山东公司以“三改联动”为抓手，统筹推进节能降碳、灵活性与供热改造，机组运行效率和调峰能力同步提升。通过热电解耦与智能化改造，传统煤电由单一供电向多元调节转变，为新能源并网创造更大空间。能源利用效率的提升，大幅降低了单位电耗，让企业在保障安全的同时实现了绿色与经济的双向增益。

服务民生，国能山东公司始终将能源保供和供热保障作为重要使命。建立完善的调

度体系和燃料保供机制，确保机组关键时刻“顶得上、供得稳”。热力通道不断延伸，“石热入济”工程跨越80公里，为济南西部城区送去稳定热源，城市供热格局实现新突破。每到冬季供暖季，厂区灯火通明，机组运转不息，为千家万户提供持久温度。

五年奋进，实干为基。国能山东公司以改革激活内生动力，以创新夯实发展底盘，以责任托举民生温度。立足“十五五”新起点，公司将加快建设清洁低碳、安全高效、智能互联的现代能源体系，为新时代社会主义现代化强国建设注入更持久的力量。



国家能源集团山东公司办公大楼