

“熔盐储能+煤电”千亿元级市场待激活

■本报记者 苏南

进入国内储能容量最大的“熔盐储能+煤电”350兆瓦机组示范项目——安徽国能宿州电厂，最引人注目的是两座巨大的米色圆柱形熔盐罐：一座高温熔盐罐，一座低温熔盐罐。它们直径超过26米，高度近15米，宛若两座敦实壮阔的“能量巨塔”。

在新型电力系统加速构建的背景下，煤电从主体电源向调节性电源转型已成必然。近日，国能宿州电厂熔盐储能项目正式投运，为煤电灵活性改造提供了可复制的实践样本。在业内人士看来，仅“熔盐储能+煤电”这一组合，便已激活千亿级的市场潜力。若将熔盐储能应用范围进一步拓展至钢铁、化工等高耗热领域，市场规模有望攀升至千亿元级。

不过，采访中，记者发现，“熔盐储能+”在规模化推广中仍面临定制化要求高、初始成本偏高、标准体系缺失等挑战，亟需通过政策引导、技术创新与产业链协同破解。

■爆发式增长即将来临

宿州项目的成功投运，标志着熔盐储能在煤电领域的应用从理论探索走向工程实践。东方电气集团旗下东方锅炉研发的“蒸汽加热熔盐储热+放热供汽”技术路线，配置两个万吨级熔盐储罐，储热容量达1000兆瓦时。在机组非顶峰时段，机组富余蒸汽通过熔盐换热器将热能储存于熔盐中；在机组顶峰时段，熔盐释放热能产生蒸汽，既保障工业供热，又提升发电能力。

“这一模式的核心价值在于实现了热能生产和消纳的时间分离。”东方锅炉光热和综合能源事业部副总经理唐豪杰向《中国能源报》记者介绍，传统热电机组受“以热定电”约束，调峰能力受限，而熔盐储热系统将供热与发电解耦，使机组在保障蒸汽供应的同时，深度参与电网调峰与顶峰。项目投运后，宿州电厂最小技术出力从额定容量的50%降至30%，持续调峰时间5小时，最大负荷从80%提升至100%，持续顶峰时长4小时。

在东方锅炉总经理助理付平的指引下，《中国能源报》记者得以一窥这个“超级充电宝”的奥秘。

在电网用电低谷、电价低廉或新能源电力如风电、光伏过剩时，宿州电厂的锅炉并不会停机或低效运行，而是运行在较高负荷，锅炉出口蒸汽一部分进入储热换热器系统，通过蒸汽储热换热器将冷罐中的190℃低温熔盐加热至390℃，然后泵入热罐中储存起来。此时，热能被高效地储存于热罐里。而在用电高峰、电价高昂或新能源出力不足时，系统会启动放热程序。高温的熔盐从热罐中流出，通过熔盐蒸汽发生系统加热机组给水，产生高温高压的蒸汽满足工业用汽，机组满负荷发电。放热后降温的熔盐则返回冷罐，等待下一次“充电”。

“这个过程，就像一个巨大的、响应速度极快的‘热力银行’。它让传统的火电机组，从一个‘刚性’的发电单位，变成了一个可以随时‘存取’能量的‘柔性’平台。”付平对《中国能源报》记者表示，更重要的是，宿州项目验证了熔盐储能与煤电机组耦合的技术可行性。东方锅炉通过自主研发，攻克了多系统集成、多工况主机安全性评估、多汽源熔盐换热器设计、大型储罐设计建造等关键技术，实现了核心设备100%国产化。“从系统集成到熔盐核心设备，关键装备技术均具备自主知识产权。”

唐豪杰强调，蒸汽加热熔盐储热系统热效率超95%，较电加热熔盐路线提升一倍多，且寿命周期长达25年，期间仅需补充少量熔盐，全生命周期成本优势显著。

宿州模式的成功为全国煤电转型提供了范本。据测算，全国现有煤电机组约11亿千瓦，若按30%配置熔盐储能系统，可带动百亿级市场投资。“仅火电行业就能

开启百亿级市场，若扩展到钢铁、化工等用热领域，市场前景广阔。”付平向《中国能源报》记者透露，目前已有40%以上的煤电集团在论证推进熔盐储能项目，行业爆发式增长蓄势待发。

■规模化推广仍存挑战

尽管前景广阔，熔盐储能在煤电领域的规模化推广仍面临多重挑战。定制化要求高首当其冲——不同煤电机组的参数、运行工况差异显著，熔盐系统需“一机一策”定制化设计。“抽汽点选择、蒸汽参数匹配、系统动态响应等都需要反复优化。”浙江大学周昊教授指出，尤其是蒸汽与熔盐换热过程中潜热利用率低的问题，直接影响系统效率。

成本压力是另一大制约因素。熔盐储能项目初始投资较高，宿州项目总投资约3.4亿元，对部分电厂而言资金压力较大。“虽然全生命周期内单位储能成本远低于电化学储能，但一次性投入仍让部分企业望而却步。”一位不愿具名业内人士表示，此外，大型熔盐储罐的地基处理、焊接工艺、防腐保温等要求严苛，施工成本居高不下。

标准缺失与政策配套不足同样掣肘行业发展。目前，熔盐储罐设计尚无国家标准，企业参照油罐标准设计，但熔盐高温特性对材料、结构的要求远超油罐。“储罐温度梯度、热应力分布、熔盐泄漏防控等缺乏统一规范，存在安全隐患。”周昊强调，2019年某国外熔盐储能项目曾因储罐裂缝导致熔盐泄漏，修复成本高达3000万元。同时，熔盐储能参与电力市场的价格机制尚未完善，调峰补偿标准不明确，影响了项目投资积极性。

“技术掌握在少数企业手中也是推广难点。”上述不愿具名业内人士坦言，熔盐储能涉及材料、热工、控制等多学科交叉，核心设备制造和系统集成能力集中在头部



国内储能容量最大的“熔盐储能+煤电”350兆瓦机组示范项目。

企业，中小企业难以进入。此外，不同应用场景的技术需求差异显著——煤电调峰侧重快速响应，工业供热侧重稳定输出，新能源消纳侧重长时存储，技术方案通用性不足，增加了推广难度。

■多维发力促进产业发展

如何推动熔盐储能行业高质量发展？业内人士均认为，需从政策支持、技术创新、标准建设等多维度发力。政策层面，建议将熔盐储能纳入新型电力系统建设规划，明确煤电灵活性改造的熔盐储能配置比例，并完善电价补偿机制。“可参考德国经验，对参与深度调峰的熔盐储能项目给予容量电价补贴，或通过碳减排交易机制提供额外收益。”唐豪杰建议，地方政府也可结合工业园区供热需求，出台熔盐储能项目专项扶持政策。

技术降本仍是规模化推广的关键。东方锅炉正通过材料创新和工艺优化降低成本。“我们正在研发新型多元熔盐，拓宽工作温度区间，减少熔盐用量。”唐豪杰透露，我们还通过施工工艺优化设计缩短建设周

期，提升储罐建造效率。在换热器领域，正在研发一体化蒸发器新技术减少设备造价。此外，加强产学研合作，突破蒸汽潜热高效利用、动态控制算法等核心技术，可进一步提升系统经济性。

行业呼吁尽快制定熔盐储罐设计、施工、验收国家标准，明确材料性能、安全间距、监测预警等技术要求。同时，建立熔盐储能效率计算、效益评估的统一方法，为项目投资决策提供依据。“可依托宿州等示范项目，总结经验形成行业标准，再上升为国家标准。”周昊建议，加强国际标准对接，推动“熔盐储能+”技术方案“走出去”。

在业内人士看来，产业链协同是破局的关键抓手。上游需推动熔盐材料生产规模化，降低熔盐材料投资成本；中游需培育具备核心设备制造能力的专精特新企业集群和工程成套服务商；下游则要拓展应用场景边界，从煤电向钢铁、化工、新能源基地等多领域延伸。“我们正在新疆、内蒙古等地推进熔盐储能与新能源大基地耦合项目，为工业园区提供综合能源服务。”付平表示，通过“风光火储一体化”模式，可实现新能源就地消纳与煤电转型双向赋能。

“昆柳龙”入选中央企业品牌引领行动优秀成果

■饶雪 李建平 吕柏均

11月3日，在第八届中国企业论坛平行论坛上，国务院国资委发布中央企业品牌引领行动第二批90个具有引领性、标志性、代表性的中央企业品牌，超高压公司打造的“昆柳龙”品牌成功入选，是南方电网公司唯一入选成果。

■服务国家战略 彰显品牌担当

“昆柳龙”是南方电网公司贯彻落实国家西电东送战略，自主打造的新一代特高压输电国之重器，不仅将电压等级、输送容量、可靠水平提升至国际领先，更解决了西电东送战略中直流线路故障清除、多端系统协调控制和柔性直流谐振等世界级挑战，以19项世界第一树立“中国创造”典

范，以全链条自主可控支撑电力装备产业升级，推动特高压柔性直流输电技术成为“中国名片”，打造了能源强国战略下的生动品牌实践。

这条跨越云贵、蜿蜒瓠桂的能源“超级通道”已安全运行满5周年，正一刻不停地为粤港澳大湾区提供绿色能源，为区域经济社会发展注入强劲动力。累计输送清洁水电超1251亿千瓦时，相当于减少燃煤3603万吨，减排二氧化碳9584万吨，有力推动了能源转型和“双碳”目标实现。

■强化价值创造 筑牢品牌根基

南方电网公司集中一切资源，在质量、技术、创新、管理上做到极致，将“昆柳龙”打造成为大国重器、中国名片的典型代表，实现了“硬技术”与“软实力”并进。荣获国

家优质工程金奖、央企十大超级工程等多项国家级奖项，技术研发团队获得首届“国家卓越工程师团队”称号。

开创性：突破“卡脖子”技术。自主研发柔直换流阀、IGBT器件、控制保护系统等11项核心装备，实现特高压柔直领域“首台套”装备集群式突破，完成109项高价值专利布局，核心设备自主化率达100%。主导制定5项国际标准，牵头制定51项全产业链技术标准，形成“研发—制造—应用”全链条自主可控能力。引领性：构建全产业链生态体系。联合顶尖高校、科研院所及产业链头部企业打造协同创新联合体，实现进口设备全场景替代，辐射200余家上下游企业协同升级并重塑产业生态，推动多端柔性直流技术首次工程化应用。推广性：塑造“中国范式”。“昆柳龙”已运用到藏粤直流等新的重大

工程项目，推广至10余个新能源送出及电网互联项目，为雅鲁藏布江下游水电、西部风光等大规模新能源远距离输送提供了“最优解”。如今，国际上多个国家正论证采用该技术输送新能源，中国特高压柔性直流输电已成为国际能源电力发展的重要方向。

■注重价值传播 汇聚品牌势能

“昆柳龙”以“塑造特高压国家名片”为主线，强化“世界特高压柔性直流技术引领者”形象，通过传播宣传持续扩大品牌影响力。

国际曝光广泛，全球影响深化。“昆柳龙”品牌亮相中国品牌博览会，技术成果通过IEEE直流技术与系统国际会议等国际舞台广泛传播。“昆柳龙”品牌团队深度参

与国际示范项目，吸引乌兹别克斯坦、突尼斯、新加坡、摩洛哥、越南、智利、沙特阿拉伯、马来西亚等10余个国家200余名外宾实地考察，品牌国际影响力实现战略性突破。传播势能聚合，品牌形象破圈。聚焦“昆柳龙”品牌动态、技术突破、工程案例等优质内容，打造全球立体化数字传播格局，在央视、人民日报、路透社、BBC等国内外主流媒体以及国资委官网、国家发改委等党政机关平台累计报道300余篇次，在央视《共和国故事》专题片中展示，通过ESG报告呈现技术实力和全球贡献，进一步树立中国特高压品牌全球典范。

未来，南方电网公司将实施“昆柳龙领航计划”，立志打造全球领先的特高压输电品牌，为全球能源互联和绿色转型提供中国方案，彰显品牌卓越实力和全球影响力。

中国南方电网
CHINA SOUTHERN POWER GRID
深圳供电局有限公司

企业宗旨
人民电业为人民

广告