三重错位之下 算电协同重在因地制宜

> 扬州与乌兰察布关于算电协同的不同实践指向不同的协同逻辑。前者关注“调节负荷”，打造了政府主导的信息联动机制；后者突出“就地转化”，打通了绿电物理直供算力园区的路径。

□ 郭 兴



运维工程师在秦能科技大同超级能源综合体广灵园区巡视（山西秦能科技有限公司供图）

全国首个城市级算电协同平台近日在江苏扬州投运，把算力需求与绿电供应、电价和碳排放信息联动，引导企业将可调节任务安排到绿电充足、成本更低的时段。与此同时，位于内蒙古乌兰察布的全国首个数据中心绿电直连源网荷储一体化项目已投运超过一年，项目方表示已进入稳定运营阶段。

扬州与乌兰察布关于算电协同的不同实践指向不同的协同逻辑。前者关注“调节负荷”，打造了政府主导的信息联动机制；后者突出“就地转化”，打通了绿电物理直供算力园区的路径。那么，是什么原因造成上述分野呢？

天然错位与现实约束

扬州绿电有限、算力负荷刚性，但有电网调度和市场化交易基础，因而选择信息联动，引导可调节算力任务到绿电充足、成本更低的时段。乌兰察布风光就近可用，但外送通道有限、本地消纳压力大，因而选择把算力搬到绿电旁。国网能源研究院经济与能源供需研究所所长韩新阳将“算电协同”的突出矛盾概括为“时空错配”，具体表现为空间割裂、时间异步以及建设脱节等。

空间上，东部算力需求与西部绿电资源天然错位，“算随电走”先卡在“算能不能走到绿电旁边”。当前，我国60%以上算力需求集中在东部，70%以上可再生能源分布在西部。破解这一错位有两条路径：搬算力，或送绿电，但均有局限。搬算力受制于制度空间——国家明确大型及超大型数据中心原则上应在规划布局范围内建设，而范围本身有限。送绿电受制于通道与损耗——特高压通道优先保障民生，留给算力项目的专属绿电配额有限；新建通道周期长，短期难以匹配算力增长节奏。

时间上，算力与电力建设时序错位，时间异步与建设脱节叠加，“算随电走”还卡在“算能不能跟上绿电节奏”。算力设备数月即可交付，数据中心建设快则半年到一年半；而变电站和电网接入往往需要2~5年，“货到了、电没来”并不少见，已采购设备因供电缺位滞留。这一错配难以靠“超前建设”自动消解：电网提前预留大量容量，短期容易出现输变电资源利用率偏低；完全跟随算力节奏，又可能面临接入受限、无法按预期容量并网的两难。

空间与时间之外，规划与运行之间还存在一层定位与特性的错位，让“以电强算”缺少稳定的运行基础。国网冀北电力有限公司经济技术研究院高级专家岳昊曾在算电协同主题论坛上指出，大厂和三大运营商如今在算力“调配”上技术已十分成熟，能将算力资源按需分配给不同用户，电力系统所希望的“调节”，则是让算力任务在时间或空间上发生转移，后者难度要大得多。算力作为特殊负荷，既对供电质量高度敏感，又存在同步启停冲击电网的风险。目前某些地方已经出现算力中心诱发电网宽频振荡的案例。“以电强算”的难点正在于这层错位。电网若按“可调资源”设计运行方式，面对的首先是必须保障的刚性负荷，供电质量和系统稳定便会打折扣。

规划绑定和模块化预制

当前，算电协同项目主要围绕大型新能源基地与国家算力枢纽规划布局，绿电与算力多数也采用物理直供方案，有效缓解了绿电就近消纳和数据中心电力成本压力。规划与运行的落差之外，更直接的制约在建设环节——物理直供并不能化解时序错位。围绕这一矛盾，企业探索正在深入。

山西秦能科技有限公司（以下简称“秦能科技”）近年来扎根大同，全力探索“算力基础设施垂直一体化”模式。目前，秦能科技已布局大规模绿电资源及储能能力，并就近部署到广灵、灵丘和天镇的超级能源综合体算力园区。据秦能科技战略发展负责人孙楚茜介绍，秦能科技打造的三大超级能源综合体算力园区，将能源供给、园区建设、算力装备与算力运营纳入同一系统统筹，并通过全栈EPC、预制化模块等创新方式实现了协同，在规划阶段就将源荷绑定。

孙楚茜指出，算力基础设施开发要紧密围绕终端用户。其中，TCO（全生命周期使用成本）是用户关注的核心指标。从成本结构看，IT设备成本在TCO中占比最高。因此，算力基础设施应围绕IT设备属性和特点迭代升级。“目前，秦能科技已在大同落地算电协同装备制造产业，相关产品包括预制化建筑模块、预制化电力模块等。这些产品在满足快速交付需求的同时，也满足了技术迭代下算力基础设施持续升级的需求。”孙楚茜说。

另据秦能科技透露，通过电力模块、暖通模块、建筑模块的工厂预制和现场拼装，园区从开工到算力设备进场的时间可压缩至传统模式的1/3左右，装备制造先行示范园已具备支撑多个园区同步建设的年产能。这一路径表明时序错位在项目端可以缓解。当能源供给、园区建设、算力装备与算力运营被纳入同一系统统筹，并在规划阶段就将源荷绑定，后续建设便不必再面对“GPU到了、电没来”的被动局面。

绿电聚合与储算一体

在“时空错配”短期内难以根本扭转的前提下，企业转而从电源侧聚合和负荷侧耦合入手，提升就地绿电的可用性与算力负荷的可调性。

电源侧，中国电力工程顾问集团（以下简称“中电工程”）参与设计的庆阳绿电聚合试点项目，通过整合环县等地分散风光资源，依托电网统一调配和市场化交易，实现就近供给算力园区和富余电量上网外送。“这相当于在区域层面构建了一个可调度、可补位的绿电‘供给池’，承认了单一电源无法匹配数据中心刚性负荷的现实，转而以聚合换取稳定性。”中电工程相关负责人说。深入看，聚合的本质其实是用空间上的分散换取时间上的稳定，这与物理直供用专线绑定源荷的逻辑正好相反。

负荷侧，北京海博思创科技股份有限公司（以下简称“海博思创”）在内蒙古包头开启储算一体探索。海博思创储算一体项目暨词元工厂，将储能与智算中心作为整体进行统筹设计、建设、运营。储能不仅能替代传统柴油发电机备电，还能作为绿电中转站，平抑波动、柔性调节，实现“算随电走、电随算调”，推动系统收益最大化。储能与算力中心统筹运营后，算力负荷从被动用电转为可调节资源。

值得一提的是，海博思创选择包头，除了资源禀赋层面的考量外，也与政府的大力支持密不可分。据海博思创董事长、首席执行官张剑辉介绍，该项目依托包头新型电力系统试点，得到了地方政府和蒙西电力公司支持，实现了业务模式的创新。谈及储算一体能否复制，张剑辉认为，规模化复制仍需持续探索，对项目所在地的风光资源、电网条件、算力需求的匹配度也有较高要求。也就是说，算电协同没有统一模板。看清本地错位在哪里，选择与之匹配的路径，才是复制的前提。

全国首台20kW@4.5K超大型氦制冷机研制成功

□ 张小宝

近日，中国产业发展促进会氢能产业分会会员单位——河南中科清能科技有限公司（以下简称“中科清能”）联合中国科学院等离子体物理研究所（以下简称“等离子体所”）共同研发的20kW@4.5K超大型氦制冷机研制总结会在安徽合肥聚变堆主机关键系统综合研究设施园区召开。

> 作为当前全国单台制冷功率最大的氦制冷装备，20kW@4.5K超大型氦制冷机的下线标志着我国大型氦低温技术领域迈入与国际头部企业并跑阶段，实现关键核心技术自主可控，将为可控核聚变、大型超导加速器、大型量子基础设施等关键前沿领域打造自主可控的“低温心脏”。

作为当前全国单台制冷功率最大的氦制冷装备，其下线标志着我国大型氦低温技术领域迈入与国际头部企业（法国液化空气集团，德国林德集团）并跑阶段，实现关键核心技术自主可控，将为可控核聚变、大型超导加速器、大型量子基础设施等关键前沿领域打造自主可控的“低温心脏”。

行业专家共同见证 从“跟跑”到“并跑”

本次总结会以“研制总结”为主线，系统复盘了20kW@4.5K超大型氦制冷机从系统设计、关键技术攻关、制造集成到整机下线的全过程。

等离子体所副所长秦经刚对联合团队取得的成果给予高度肯定。他指出，实现核心低温制冷设备国产化，是打破国际垄断、保障聚变产业健康良性发展的必然选择。依赖进口设备，不仅面临成本高、供货周期长、售后响应滞后等问题，更存在断供和技术“黑盒”风险。他希望研发团队持续打磨产品性能和质量，早日为国产大型聚变装置换装国产低温“心脏”。

中科清能总经理潘伟伟回顾了20kW@4.5K氦制冷机从立项、设计到制造落地的全过程。他表示，该装备从构想走向现场落地，凝聚了联合研发团队的智慧与汗水。团队不仅研制出国产首台20kW@4.5K氦制冷机，更建立了适应现代企业管理规范的超大型氦制冷机研发流程和规范，建设了一批具有较高价值的科研平台，积累了大量高价值工程实践数据，并实现了绝大多数进口零部件的自主化。后续，中科清能将保持定力、戒骄戒躁，持续加大科研投入，深耕基础工作，下“笨功夫”，为以聚变为代表的战略性新兴产业和未来产业提供自主可控的低温技术支撑。

与会专家认为，20kW@4.5K超大型氦制冷机的研制成功，使我国在聚变堆低温系统核心装备上实现了从“跟跑”到“并跑”的转变，为后续聚变堆工程化建设提供了自主可控的装备基础。

突破20kW“无人区” 关键技术全链自主可控

氦制冷机是磁约束可控核聚变装置的核心低温装备。4.5K温区20kW超大制冷功率的低温装备长期由国外少数企业垄断，大功率低温透平膨胀机等关键部件长期面临“卡脖子”风险。

本次20kW@4.5K超大型氦制冷机的成功研制，突破了大功率深低温制冷工艺、大功率低温透平膨胀机、一体化冷箱集成等一批关键核心技术，实现整机及关键零部件的全面国产化；单台设备采购成本较进口同类产品降低30%以上，同时为向更高功率等级拓展奠定了扎实的技术基础。

“研究团队从200W@4.5K氦制冷机做到20kW@4.5K超大型氦制冷机，不是制冷功率叠加的量变，而是制冷工艺不断迭代、冷箱设计全面重构、关键部件自研可控、安全可靠性全面提升的复杂低温系统工程质变。”项目负责人陆小飞表示。

据悉，“十五五”规划已将核聚变能列为国家重点发展方向，预计5年内国内可控核聚变领域氦低温系统相关需求超100亿元。与此同时，大型光源、大型超导加速器、大型量子基础设施、深空探测等前沿领域快速发展，国内对20kW及以上功率等级氦制冷机的需求将呈现快速增长态势。半导体制造、高端医疗等领域的需求也在快速释放，应用前景非常广阔。

从氢液化到氦低温 深低温赛道的“全科选手”

中科清能成立于2022年6月，经过4年多的快速发展，公司现已形成5mK~65K全温区的氢液化装备、氦低温装备、混合工质制冷机、深低温测控四大产品族，通过一系列标志性业绩的成功达成，中科清能正加速成长为国内一流、国际领先的低温技术企业。

中科清能将以此次20kW@4.5K超大型氦制冷机研制成功为新起点，持续加大研发投入，加快构建覆盖研发、设计、制造、调试、运营的全链条生态，服务国家核聚变、氢能、AI、半导体制造、量子计算、高端医疗等战略性新兴产业、未来产业，为我国抢占高科技产业竞争制高点、培育新质生产力提供强劲的低温技术支撑。

关 注

东方电气大标方碱性电解水制氢装备下线

本报讯 近日，东方电气2000Nm³/h碱性电解水制氢装备在四川自贡下线交付。该装备由中国产业发展促进会氢能产业分会会员单位——东方电气（成都）氢能科技有限公司研制，面向大型绿氢基地和新能源耦合制氢项目。

迈入“十五五”，我国可再生能源制氢加速从试点探索迈向规模化发展。国家能源局的数据显示，截至目前，我国可再生能源制氢建成产能超过35万吨/年，占全球产能比重超过50%；在建项目年产能超过120万吨。面对可再生能源制氢项目单体规模快速提高的趋势，电解槽自身的能耗、运行安全以及可靠性成为行业关注焦点。

东方氢能作为东方电气集团氢能产业发展核心平台，以及四川省氢能产业链链主企业，依托东方电气长期氢能技术积淀，已形成碱性电解槽、PEM电解槽、燃料电池系统、全国产膜电极完整产品矩阵。东方电气集团总法律顾问、首席合规官王志文表示，该装备既是东方电气紧扣国家用氢大规模开发需求、攻坚大型制氢核心装备取得的标志性成果，也是东方电气氢能技术能力和产业化能力跃升的重要环节。

据悉，此次下线交付的2000Nm³/h碱性电解水制氢装备具备低能耗领航、宽负荷运行、高安全保障三大核心优势。装备单堆额定电流密度4000A/m²，直流电耗低至4.2kWh/Nm³H₂；支持25%~125%宽负荷稳定调节，长周期运行能耗衰减＜1.5%/年，氢中氢≤1.5%，氢中氧≤0.5%，可广泛应用于大型风光基地集中制氢、化工绿氢替代、大型综合储氢等场景。东方氢能党委书记、董事长巩李明表示，下一步，东方氢能将持续发挥链主引领作用，深化与科研院所、供应链伙伴的合作，助力四川氢能产业高质量发展。

活动现场，在中国质量认证中心项目工程师带领下，与会嘉宾见证了2000Nm³/h碱性电解水制氢装备实际运行情况。运行结果显示，东方氢能电解槽各性能参数值均不低于产品标称值，得到了与会嘉宾的一致认可。中国产业发展促进会氢能产业分会会员单位——北京海德利森董事长巩宁峰依托山西长治制加氢一体站项目运行实践，点赞东方氢能制氢装备低能耗、宽负荷、高安全特性及联合攻关成效，希望持续共建示范项目、迭代产品、参与行业标准建设。

目前，东方电气已建成自贡500兆瓦碱性电解槽生产线，布局质子交换膜（PEM）电解槽产线，具备大标方制氢装备批量交付能力。下一步，东方电气将依托国家氢能综合应用试点建设契机，持续放大能源装备领域技术优势与产业协同效应，加快推动绿氢装备规模化示范应用，持续为国家能源结构转型贡献东方力量。

（郭 兴）

“国鸿芯”配套120余辆氢重卡助力新疆物流

本报讯 新疆鸿景物流日前中标新疆华电煤业物资公司氢能重卡煤炭运输服务项目，合同金额超亿元，合同期2年，运量超200万吨，将投入120余辆氢能重卡承运。该批氢车全部搭载中国产业发展促进会氢能产业分会会员单位——北京国鸿氢能科技有限公司提供的燃料电池动力系统，由自有车队按“专人、专车、专线”模式运营，服务于矿区至发电公司等线路的煤炭运输。

这是国鸿氢能燃料电池系统在西北大宗能源物资运输场景的又一次规模化落地，也为新疆煤炭运输绿色转型提供了新的运营样本。

大宗煤炭运输具有线路固定、运量集中、高频重载的典型特征，对车辆的补能效率和续航能力提出刚性要求。氢能重卡补能快、续航长、载重高、运行零碳排放，与矿区至集散地、电厂的中长距离运输场景高度匹配。

从全国试点实践看，矿区、封闭运输廊道正是氢燃料电池商用车率先跑通商业化运营的优先场景之一。此次超200万吨级项目以全氢能车队承担煤炭运输任务，在固定线路、稳定货源条件下形成持续运营规模，进一步拓展了氢能重卡在大宗煤炭运输场景的规模化应用空间。

本项目投入的120余辆氢能重卡均搭载国鸿氢能燃料电池动力系统，实现全车队统一配套。新疆矿区夏季高温、冬季极寒、风沙煤尘叠加长距离重载的工况条件，对燃料电池系统的环境适应性和耐久性提出持续考验。国鸿氢能将围绕系统运行、技术支持等环节做好保障，以稳定可靠的产品和全生命周期服务支撑车队安全高效运营，在真实货运场景中验证系统的运营经济性与可靠性。

从政策布局看，此次项目落地与国家氢能综合应用试点方向形成呼应。新疆—成渝地区双城经济圈氢能综合应用试点城市群由5个省级单位共建，目前已转入全面落地实施阶段，新疆是其中之一。试点燃料电池汽车场景以中重型商用车规模化应用为重点，优先支持固定线路大宗运输。

国鸿氢能作为试点城市群燃料电池系统技术装备攻关的参与企业，将积极融入新疆氢能应用体系建设，持续以高功率燃料电池系统等核心产品，服务矿区至电厂等固定线路运输场景，助力氢能重卡在大宗煤炭运输中的规模化应用。

（陈学谦）

安德福完成澳大利亚首次绿氨燃料船对船加注

本报讯 由江苏安德福能源供应链科技有限公司组织实施的绿氨燃料船对船锚地加注作业近日在澳大利亚黑德兰港圆满完成。全球首艘专用液氨加注船“盛航永乐”轮成功为比利时CMB.TECH集团旗下21万吨级氨燃料动力散货船“MINERAL EUROPA”轮加注500吨绿氨燃料。整个绿氨加注仅历时约两小时，展现了高效的作业表现。

此次作业是澳大利亚首次绿氨燃料锚地船对船加注，也是安德福继中国舟山完成全球首单绿氨燃料船对船加注后在国际市场取得的又一重要突破，标志着安德福绿氨加注业务正式迈出国门，走向世界。与此同时，两次加注的成功实践也为安德福积累了宝贵的实际作业经验，推动加注技术与操作流程不断完善和优化。

从中国舟山到澳大利亚黑德兰港，从全球首次突破到跨国成功实践，两次加注的顺利完成，是安德福绿氨燃料加注技术与综合服务能力不断成熟的有力证明。此次澳大利亚加注不仅进一步检验了相关技术与流程的可靠性，也为后续持续优化加注作业、提升作业效率积累了新的实践经验。

如果说舟山全球首单加注的成功，标志着安德福实现了绿氨燃料船对船加注从技术探索到商业实践的关键突破，那么此次澳大利亚首单的完成，则意味着安德福进一步实现了从国内示范应用到海外市场实践的重要跨越。这不仅是一次加注作业的成功，更是中国企业参与全球新型船用燃料供应体系建设、推动绿色航运服务国际化的重要一步。

（张小宝）