



# 从概念走向系统资源 全球虚拟电厂加速落地

## 编者按

当前,全球虚拟电厂正加速从概念走向系统资源。我国“十五五”规划纲要明确提出,要加快构建新型电力系统,发展新型储能,扩大绿电应用。同时,欧盟推动制度化应用,美国加速商业化与规模化,新加坡面向创新的监管试点

机制,澳大利亚则在居民侧资源聚合中形成样板。本期专题聚焦全球虚拟电厂迈向系统资源的关键路径,为我国能源企业提供借鉴与参考。

本版文字由中能传媒能源安全新战略研究院 杨永明 提供

AI制图



## 美国内政部新设 海洋矿产管理局

美国内政部近日宣布,将整合海洋能源管理局、安全与环境执法局的职能,合并成立海洋矿产管理局,以更现代化的方式管理海上资源,包括关键矿产。此举旨在提高海上租赁、许可、检查及环境监管的效率,同时维持现有环境监管保护措施和安全标准。

2010年美国墨西哥湾“深水地平线”事故后,曝出联邦监管机构丑闻,多项调查揭露了油气行业与联邦海上监管机构的密切关系,矿产管理局被拆分为海洋能源管理局、安全与环境执法局。内政部部长道格·伯古姆表示,此次重组将有助于提高政府行政效率。

内政部称,这一调整反映出对常规资源与关键矿产等新兴资源采取一体化管理的必要性。通过协调规划、租赁和监管职能,该机构可以更好地满足当前和未来的能源需求。新海洋矿产管理局将统筹负责海上油气租赁、风能开发及关键矿产勘探,减少职能分割带来的行政冗余,并避免重蹈当年矿产管理局监管失灵的覆辙。

赵华 译自福布斯网站

## 伍德赛德收购得州氨厂 加速拓展美国低碳版图

澳大利亚伍德赛德能源公司已完成对全球第三大氮肥和氨生产商OCI清洁能源业务的收购,正式接管美国得克萨斯州东南部的博蒙特新氨设施,标志着其在低排放燃料领域的战略布局迈出关键一步。

博蒙特新氨设施设计年产能110万吨,有望大幅提升美国氨出口产能。收购清洁能源业务是伍德赛德能源公司多元化发展战略的核心组成部分,其寻求在液化天然气(LNG)和石油之外拓展清洁能源业务。氨作为重要工业载体和脱碳燃料,受到全球能源行业的高度关注。伍德赛德能源公司首席执行官官格·奥尼尔表示,这是构建低碳投资组合的关键举措。

2024年9月,伍德赛德能源公司以23.5亿美元收购OCI清洁能源公司的全部股权,交易流程现已完成。博蒙特新氨设施2025年12月启动生产,伍德赛德能源公司已为产出的常规氨签订了以市场价格结算的采购协议,并积极寻求与预期产量匹配的额外销售合同。然而,受第三方原料供应商施工问题影响,低排放氨生产推迟至2026年后启动。

伍德赛德能源公司的战略布局,正值全球氨需求因能源转型迎来重塑之际。亚洲和欧洲国家正探索将氨进口作为电力和重工业脱碳的主要途径,而美国墨西哥湾沿岸凭借成熟的基础设施和低成本天然气,成为全球关键的氨出口枢纽。博蒙特新氨设施的落地使伍德赛德能源公司与挪威德瓦国际集团、埃克森美孚等行业主体同台竞技,共同推进规模化氨生产,以满足传统农业用氨和新兴的能源需求。

张文杰 郭卫玲 译自油价网

## 印度临时豁免关键化工产品 进口关税至6月底

印度政府公告称,为应对全球化工供应链中断、降低进口成本,4月2日~6月30日临时取消多种化工产品、聚合物及中间体的基本进口关税。

印度财政部4月初通知,超过40种化工产品近3个月内可享受基本关税进口政策,涵盖建筑、汽车、消费品行业所需的主要上游化工产品、聚合物及树脂。本次临时免税涉及的主要产品包括:甲苯二异氰酸酯、多元醇、甲醇、单乙醇胺、精对苯二甲酸、苯乙烯、氯乙烯单体、苯酚、醋酸、以及丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、聚氨酯、聚醚醚酮、聚酰胺、环氧树脂等聚合物。

此次关税减免有望在3个月窗口期内降低多种化工产品的到岸成本,尤其对印度高度依赖进口的异氰酸酯及部分聚合物降本效果显著。但市场人士提醒,区域供应紧张与持续的物流不确定性可能部分抵消关税优惠带来的利好。

公告明确提出,现有反倾销税和保障关税不受影响,针对特定产品与来源国的相关税费照常征收。该豁免政策短期内有助于降低多种化工产品成本,支撑印度下游制造业,但实际进口增量仍取决于出口地区的货源供应情况,以及与国产货的价格竞争力对比。

此前凭借自由贸易协定或全面经济伙伴关系协定享受关税优惠的国家,价格优势将被暂时削弱,因此此次全面豁免基本关税短期内抹平了不同来源地的进口成本差异。

庞晓华 译自安迅思网站

## 虚拟电厂的本质与边界

近年,电力系统灵活性需求日益迫切,但依靠传统方式难以满足。风电、光伏发电装机容量持续增长,其波动性、间歇性特征使运行压力更突出;建筑制冷、数据中心、电动汽车、工业电气化等新负荷不断提升用电需求。国际能源署(IEA)指出,在净零排放情景下,到2030年,建筑侧需求响应能力约为250吉瓦,电动汽车还可贡献约50吉瓦的电网灵活性调节能力(包括有序充电和反向放电)。用户侧不缺资源,缺的是持续识别、有效聚合并稳定调用这些资源的能力,虚拟电厂正是在此背景下从概念走向前台。

虚拟电厂并非物理意义上的发电厂,而是一种资源聚合与调度机制。它借助数字平台、通信系统和

算法控制,将分散在用户侧和配电网侧的光伏、储能、电动汽车、充电设施、空调、热泵及可调工业负荷等资源连接起来,像“看不见的电厂”一样参与电网运行和市场交易。

虚拟电厂的核心不在于拥有多少设备,而在于能否将分散设备转化为系统可稳定调用的能力。虚拟电厂并非等同于传统的电力需求响应或微电网,其重点是跨设备、跨区域、跨用户组织资源,使其进入更大范围的系统运行和市场交易。随着电动汽车、热泵、智能家居和工商业柔性负荷持续接入,下一阶段虚拟电厂可能从只管理电池升级为统一调度各类用电终端。它所代表的不是某类设备的简单扩张,而是新型系统组织方式和电力系统能力构建路径。

## 虚拟电厂发展的国际实践

从国际实践看,当前全球虚拟电厂发展有4条典型路径:美国偏向市场化推进和商业闭环构建同步展开,虚拟电厂已被视为应对负荷增长、降低系统成本和延缓电网投资的重要资源。美国能源部预计,到2030年美国虚拟电厂规模有望达到80~160吉瓦,可覆盖10%~20%的峰值负荷,每年可节省约100亿美元电网成本,释放出电力市场商业化与规模化的明确信号。美国正在项目和市场层面不断验证虚拟电厂的实际能力。2025年7月,加利福尼亚州多家聚合商联合调度逾10万套居民电池,在19时~21时实现平均535兆瓦的输出。这一案例直观展示了原本分散、单体规模小的家庭电池,在平台化组织后能在关键时段形成接近中型电厂的响应能力。美国正努力将虚拟电厂嵌入成熟电力市场体系,使其价值从简单的削峰转向容量支持、辅助服务和系统成本优化。

欧洲虚拟电厂的推进路径更偏向制度化。欧盟2月发布的地方灵活性市场设计报告,表明虚拟电厂正从技术探索走向制度化应用,其核心就是地方灵活性市场。独立聚合商、输配电协调等机制设计的持续细化。该报告指出,地方灵活性市场设计报告提出,未来灵活性资源采购需与现有批发市场更好衔接,并处理好多市场价值叠加、责任划分和协调采购等问题。欧洲配电系统运营商的最新报告也强调,分布式灵活性市场的重点任务为解决配电网局部拥堵、电压控制等现实问题,并尽量减少对现有市场运行造成的干扰。英国分布式灵活性交易平台Localflex已接入超过10万个活跃资产,约2吉瓦灵活性资源,说明虚拟电厂在欧洲正演

变为市场化的配网灵活性工具。对欧洲而言,虚拟电厂的意义不仅在于灵活性,更在于成为缓解配网拥堵、延缓电网投资、提升本地系统运行效率的重要抓手。

澳大利亚的虚拟电厂更像是居民侧资源聚合的样板市场。其用户光伏和家庭电池渗透率较高,用户侧资源基础雄厚,为虚拟电厂提供了天然土壤。3月,澳大利亚能源市场运营商在《2026年综合系统规划》增补文件中,下调了部分情景下虚拟电厂和车网互动的容量预期,释放出明确信号:市场对虚拟电厂的判断趋于务实,关注点已转向“能否稳定兑现价值”。澳大利亚能源市场运营商已将虚拟电厂纳入系统规划范畴,并对部分情景下的电力系统发展前景作出更审慎的评估。这两方面信号表明,虚拟电厂已正式进入资源配置讨论,同时市场回归更务实的节电判断。南澳大利亚虚拟电厂的这一模式最具辨识度的案例之一,南澳大利亚州政府披露,该项目已覆盖6500多套住房,在频率稳定、机组跳闸和极端天气场景中发挥关键作用。澳大利亚的虚拟电厂直观展示了屋顶光伏和车库电池不仅是家庭节能工具,而且在更大范围内成为系统稳定工具,但虚拟电厂从样板走向主流,仍受用户参与率、收益稳定性和系统协调能力等因素制约。

新加坡虚拟电厂的实践更鲜明地遵循先试点、再评估、后完善规则的路径。2025年10月,新加坡能源管理局宣布启动虚拟电厂监管沙盒,将其纳入“未来电网能力路线图”框架,由新加坡蓝鲸能源公司、南洋理工大学和新加坡能源集团参与,为期两年,重点测试虚拟电厂的技术与运行能力。2026年3月,新加坡政府明确表示,将继续推进监管沙盒,结合储能等灵活性资源配置,评估高比例分布式资源接入背景下的电网运行需求。对许多早期市场而言,虚拟电厂不一定先大规模商业项目起步,而可以通过监管沙盒和场景化测试,逐步验证其对电网运行、市场设计和系统灵活性配置的作用。

## 虚拟电厂未来发展趋势

虽然各国虚拟电厂的发展路径不同,但全球虚拟电厂的发展方向已日渐清晰。未来3~5年,这一领域将呈现5大趋势:一是竞争重点从做出打头的示范项目,转向形成更大规模、更高兑现率和更强持续调用能力的灵活性资源池;二是资源组合从用户侧主导走向多类型协同,电动汽车、热泵、智能家居和工商业柔性负荷的重要性持续上升;三是价值来源从单一削峰转向容量、辅助服务、拥堵管

理和多市场价值叠加;四是虚拟电厂将更深入地嵌入配电网治理,局部拥堵缓解、电压控制和网络替代投资成为重要增量场景;五是数据共享、接口标准和网络安全从后台问题前移为核心竞争要素。未来的竞争本质上不是接入更多分布式能源设备,而是建立更可信、更安全、更可扩展的资源组织体系。

这些趋势背后对应着虚拟电厂角色的进一步变化。过去人们更多

将其视为分布式资源管理工具,未来其将成为连接终端设备、用户行为、配电网运行和电力市场交易的重要平台。只有真正打通设备接入、数据治理、市场结算、调度控制和用户激励等全链条能力,才能把虚拟电厂从新概念打造为新基础设施。这意味着,下一阶段虚拟电厂的竞争不仅发生在技术层面,更发生在制度设计、商业模式和平台治理层面。

## 虚拟电厂发展的现实门槛与深层启示

虚拟电厂距离真正成熟仍面临不少现实门槛。国际能源署明确指出,虚拟电厂虽在持续扩张,但不同地区发展不均衡,整体尚未完全达到商业化阶段。首先,市场准入与交易机制仍不统一,不少地区存在准入门槛高、行政程序复杂、配网侧灵活性资源采购机制不完善等问题。其次,收益模型不稳定,许多项目较大程度依赖区域性激励,特定采购安排或阶段性政策支持。再次,随着虚拟电厂聚合规模扩大,数据标准、设备兼容、控制链条安全和责任划分等问题日益突出。

虚拟电厂要真正成为系统资源,需要跨越的不仅是技术门槛,更是制度门槛、商业门槛和治理门槛。尤其是在不少市场,用户侧资源接入意愿、聚合商盈利模式和配电网侧资源接入机制尚未完全打通,这决定了虚拟电厂未来一段时间仍将处于加快部署与制度磨合并行的阶段。

虚拟电厂近两年最重要的变化,是其定位发生了根本转移。无论是美国围绕商业闭环和系统价值持续加码、欧洲围绕地方灵活性市场和配网协调不断细化机制,还是澳大利亚把虚拟电厂纳入系统规划、新加坡通过监管沙盒和未来电

网路线图推动实证落地,都表明全球讨论的重点,是如何让虚拟电厂成为可调、可算、可管、可信的系统资源。

此外,虚拟电厂之所以被视为新型电力系统的重要发展方向,还因为其改变了传统电力行业对资源边界的理解。过去能被系统准确识别、直接调度并参与交易的,主要是大型集中式电源和少数可控负荷。如今,随着终端设备联网化、智能化水平提高,大量原本分散、不可见的用户侧资源,开始具备被持续识别、聚合调用、参与市场交易和结算的可能。这种变化不仅增加了新资源,而且使新资源可重塑未来电力系统获取灵活性的方式,即从更多依赖新增集中式建设,转向同时激活既有终端资产,从供给侧主导扩张,转向供给侧与需求侧协同发力。

正因如此,虚拟电厂的全球竞争并非孤立发生,而是与各国新能源发展水平、电力市场成熟度、配电网数字化进展及终端电气化水平紧密相连。美国虚拟电厂推进较快的主要原因是电力市场体系相对成熟;欧洲更重视规则设计,是因为跨层级市场协调和配网灵活性采购问题更突出;澳大利亚成为样板市场,与高用户光伏、高家庭储能渗透率密切相关;新

## 新闻链接

## 虚拟电厂正成为推动美国能源转型的关键

本报讯 油价网近日报道称,虚拟电厂正成为推动美国能源转型的关键。在《通货膨胀削减法案》的激励下,虚拟电厂发展驶入快车道,但传统电网升级成本高昂、可再生能源并网积压及政治不确定性,正成为其规模化推进的主要阻碍。

虚拟电厂的核心价值是整合分布式可再生能源资源,实现电网的“削峰填谷”。光伏发电和储能电池的普及为虚拟电厂发展奠定了基础,电力企业积极与本地能源生产者合作,在获得用户许可的前提下,调用分散式资源满足高峰用电需求。美国能源部贷款项目办公室主任吉加德·沙阿表示,虚拟电厂能高效利用现有能源资产,避免电费普遍上涨,是美国能源转型的重要抓手。

目前,美国电力企业普遍面临

电网扩建资金短缺、传统电厂与电网维护成本高昂、燃气轮机交付周期排至2030年、新能源并网积压严重等问题,而人工智能数据中心的快速落地更暴露出现有电网的承载短板。能源转型非营利组织RMI测算,到2030年,虚拟电厂有望使美国用电峰值需求降低60吉瓦,相当于约5000万户家庭的用电量。

《通货膨胀削减法案》为美国虚拟电厂的发展提供了政策支持。截至2025年,美国已有34个州推出相关计划,鼓励电力企业利用智能温控、储能电池、充电桩等打造虚拟电厂。2026年,密歇根州、明尼苏达州等12个州正酝酿虚拟电厂立法。此外,Sunrun和SunPower等美国光伏企业已在加利福尼亚州和夏威夷等地,通过整合用户系统打造虚拟

电厂。

但美国虚拟电厂的发展并非一帆风顺,政治因素带来了政策不确定性。科罗拉多州博尔德市本已获得美国能源部1270万美元的拨款,用于打造虚拟电厂试点项目,但该项目2025年10月被特朗普政府取消,项目尚未启动便遭搁置。

业内普遍认为,虚拟电厂未来将在美国清洁、可靠的能源供应中发挥关键作用,缓解电网过载压力,降低对化石能源的依赖。但特朗普政府对可再生能源的政策收紧,正成为虚拟电厂规模化落地的阻力。如何应对政策、成本、技术等多重挑战,成为美国释放虚拟电厂能源转型潜力的关键。

(张雨潼)

