

# “中国经验”提供能源安全转型样本

——访全球能源互联网发展合作组织印尼委员会主席、印尼智能电网协会主席埃迪·维迪奥诺

■本报记者 李丽昊 梁沛然

国际人士  
看中国能源



■ 电网升级需要“技术库”

“建设数字化、智能化电网，是全球电网发展的大势所趋。整体来看，要建成理想中的数智化坚强电网，不仅需要强有力的技术支撑，还需要相关支持政策和监管措施，以更高效率推动电网迭代升级。”全球能源互联网发展合作组织印尼委员会主席、印尼智能电网协会主席埃迪·维迪奥诺(Eddie Widiono)近日接受《中国能源报》记者采访时表示，“在这一过程中，中国为其他国家树立了良好的榜样，为亚洲其他国家乃至全球电网升级转型提供了有效模板。”

2021年，印尼政府提出2060年达成净零排放的气候目标，随后，该国针对能源领域启动多项改革措施，包括升级电网设施、多元化能源供应、提升能效、推动电气化等。在埃迪·维迪奥诺看来，对于发展中国家来说，面向气候目标，公平、公正转型必不可少，保障能源供应安全更应是能源系统变革过程中不可或缺的一环。

据国际能源署汇编数据，目前，印尼能源供应系统中煤炭、石油和天然气占比超过70%，风电、光伏发电占比不到20%。在各国推进气候目标的大背景下，构建数智化坚强电网对全球能源转型具有至关重要的意义，清洁化、电气化、网络化、普惠化、数智化是电网升级发展的重要方向。

业界普遍认为，亚洲大部分国家都存在减碳任务重、能源清洁化、区域间发展不平衡等问题，要达成电网升级迭代，应在能源生产清洁化、消费电气化、配置广

域化、调控智能化等多方面入手，因地制宜夯实电网基础，同时也应构建以数智化坚强电网为中心、以清洁能源为主体的能源新生态。

“要建设部署数智化坚强电网，有几大重要支撑因素，先进技术的应用和推广将发挥首要作用。”埃迪·维迪奥诺告诉《中国能源报》记者，“一是需要前沿技术支撑，包括先进输电技术、实时监测技术以及发达的配电网技术；二是需要解决大量分布式能源接入问题，这也需要进一步的资源整合技术；三是需要数据技术支撑，尤其需要智能化的数据收集、应用，能够从初始数据中获取有效信息，建立有效数据库；四是电网数字化措施还需要不断收集用户数据，以消费者为中心，为此也需要高超的网络安全技术，不断完善网络安全环境。”

■ 保障供应安全尤为重要

对于印尼来说，从目前高度依赖化石燃料向清洁能源转变，需要大量部署清洁能源。从国际能源署预测路径来看，陆上风电和集中式光伏将发挥重要作用，同时水电、生物质能和地热能也将在能源系统中占据一席之地。

不过，能源系统的清洁低碳转型不仅

是电网基础设施的升级迭代和清洁能源的大量接入，埃迪·维迪奥诺认为，“稳定、安全的电力供应更是重中之重。”对于印尼来说，要推动能源系统升级、实现绿色低碳转型，经济性同样是推动能源变革的重要议题。”

“在日常生活中，智慧化、数字化的电网技术应意味着更低的成本，也应该为居民带来更为舒适的体验。每个人都应在技术变革过程中受益，初始高投资成本应获得公共支持，政府支持、激励和监管都将至关重要。”埃迪·维迪奥诺进一步强调，“对于电力消费者来说，升级后的电网系统应提供完善的电力保障，同时也应具有成本优势，从响应时间、耗能水平、可获得性等多方面实现提升，重点是提高居民的生产生活质量。”

实际上，近年来，通过国际开发性金融机构的融资支持和公共财政，印尼在推进输配电系统发展方面已经取得重大进展。

■ 学习“中国经验”应对挑战

为推动能源转型和保障能源安全，近年来，印尼动作频频。2022年，印尼政府公布了一项投资规模高达30亿美元的输配电系统扩张和创新计划，根据其发

展目标，2030年到2035年期间，该国电网基础设施预计每年投资规模将达到70亿美元。国际能源署预测，按照印尼已拟定的电网升级计划，到2030年，该国输配电网总长度预计将超过4.7万公里。

对于推动电网升级、实现气候目标，在埃迪·维迪奥诺看来，积极解决各方面面临的挑战也至关重要。

“在技术方面，实现数智化坚强电网面临的主要挑战是集成。对印尼来说，如何整合各项技术实现数字化目标是重要挑战；同时还存在储能相关挑战，由于目前开发的各类发电资源都需要储能技术，也需要先进的技术保障；此外，保障网络安全也不是一件容易的事情。”埃迪·维迪奥诺指出。

不过，在他看来，在电力领域，印尼和中国有很多相似之处，中国对于印尼来说起到很好的榜样作用。

“中国和印尼都有强有力的国有企业为本国提供电力保障，两国也在积极维护本国居民的用能安全。”埃迪·维迪奥诺表示，“通过学习中国在能源电力领域的做法和措施，印尼收获很多，可以在多方面加强合作。‘中国经验’已经为解决印尼面临的各项问题提供了有益参照，双方加强合作将有望达成深度共赢。”

AI和电力，纠缠与共生

能聊能说

■ 李慧

人工智能(AI)的爆发式增长令其成长为全球数字经济的核心驱动力，能源领域也从中受益匪浅。无论是中国西北地区的风电场通过智能算法将弃风率压至3%以下，还是泰国曼谷市中心大型商业综合体利用AI系统将能耗降低25%，人工智能似乎正在为能源行业描绘一幅高效清洁的未来图景。

然而，国际能源署最新发布的报告却提出了一个不容忽视的问题：“没有电力就没有人工智能。”AI正在成为一把“双刃剑”，一方面，它是许多领域降低能源消耗的关键辅助技术；另一方面，它自身也已成为能源消耗攀升的推动力。这柄双刃剑在劈开能源转型荆棘的同时，也给能源系统带来新的隐忧。

事实上，AI对能源行业的改造早已超越简单的“工具升级”。在油气勘探领域，壳牌公司通过机器学习将地震数据处理效率提升90%；挪威国家石油公司利用数字孪生技术将钻井成本降低20%。在电力领域，江苏如东海上风电场运用智能运维机器人，将故障定位时间缩短90%、探测精度提升10倍。

国际能源署数据显示，全球能源行业因AI应用每年节省的运营成本超过1200亿美元，相当于2024年全球光伏装机总投资的1.5倍；而如果现有AI技术得到规模化应用，到2035年，其减排潜力相当于当前日本年排放量的2倍。

但是，与此同时，AI掀起的这场效率革命也催生出新的能源“黑洞”。训练一个百亿参数级AI大模型的能耗，足够满足20万户家庭全年用电，更不用说，全球海量智能变电站、智能电表等设施组成的庞大数字生态系统，每时每刻都在加剧电力系统的负荷压力。德国能源署的模拟实验显示，当电动汽车充电桩、智能家居与电网的实时交互频率提升至毫秒级时，传统电力系统的控制架构崩溃风险增加47%。

AI这一“数字吞电兽”正在倒逼能源供给体系重构，如何将其高企的能源电力需求转化为技术创新、降本增效的新机遇，成为业界面临的新课题。

如今，AI对能源基础设施的要求已从“稳定供电”升级为“智能共生”。巨大的挑战倒逼出能源数字化的新范式。“数字电网镜像系统”通过在虚拟空间预演800种灾害场景，将故障响应速度提升3倍；“能源神经中枢”计划利用AI技术打破数据壁垒，构建横跨27国的分布式智能网络。这些探索显示出，AI不再是电力系统的外挂插件，而在成为重塑能源基因的染色剂。

在这场能源与算力的博弈中，单纯的技术优化已不足以破局。四川大渡河畔某水电站，将退役机组改造成AI训练专用电源，既消化了过剩水电，又成为超算中心提供低碳能源。这种“老树新枝”的智慧，提供了破局的新思路。电网试点“AI弹性电价”，通过分钟级动态定价引导数据中心错峰运行，充分体现出AI助力动态电价机制创新、帮助减轻电力系统负荷压力的新功能。更深层的变革还在于重构评价体系，例如，我国启动“东数西算”工程引导算力向清洁能源富集区迁移，英国将“数字碳足迹”纳入企业ESG评级等，这些政策杠杆正在改写AI发展的底层逻辑。

值得一提的是，面对AI与能源的深度纠缠，我国正走出一条特色路径。在内蒙古乌兰察布，全球首个“风光储算”一体化基地已投入运营，数据中心直接接入风电光伏阵列，显著提高清洁能源利用率；在贵州，依托水电优势建设的“东数西算”枢纽节点，通过自然冷源与液冷技术结合，大幅提升数据中心能源效率。政策方面，国家能源局提出健全完善电力行业技术监督体系；相关电力交易机制允许企业通过认购绿电额度抵扣AI碳足迹。这些制度设计，正在将狂奔的技术纳入绿色发展轨道。

站在时空坐标回望，如今AI与能源的关系恰似工业革命初期的蒸汽机与煤炭，用好AI这柄双刃剑，不仅需要更聪明的算法，更需要驾驭技术的智慧。在AI与能源伴生发展的时代，稳妥把握好二者的发展逻辑，统筹好发展和安全的辩证关系，以人类可持续发展的未来和更美好生活为目标，能源与AI必将赋能人类文明加速向前。

炼油厂现代化建设浪潮搅动市场格局

## 全球炼化一体化转型迫在眉睫

■本报记者 王林



在全球能源转型和气候行动加速背景下，炼油行业已经走到不得不变的境地。根据能源咨询公司伍德麦肯兹最新报告，未来10年，全球将有超过20%的炼油产能被下线。这意味着，可预见的未来，全球将不再是单一的化石燃料消费，而是各种类型燃料的多元结合。全球范围内，以亚洲、中东经济体为代表的“东方”正在加速推进炼化一体化，而以美欧国家为代表的“西方”仍然囿于传统炼油业务，大批炼油厂面临被迫关停的风险。如何在这场变革中把握方向、提升竞争力，已经成为炼油行业的当务之急。

伍德麦肯兹指出，未来10年，全球410座炼油厂中有101座面临关闭风险，受波及炼油产能约占全球炼油总产能的21%。炼油厂关闭风险因地区而异，预计到2035年，欧洲传统炼油厂关闭风险颇高。独立炼油厂即没有整合石化产品的炼油厂，运营风险尤甚，其中大部分缺乏适应不断变化的市场条件或从化学品中创造额外价值的功能，还有一些复杂的、深度转化的炼油厂面临来自碳价的高成本风险。

■ 全球21%炼油产能或将消失

伍德麦肯兹指出，未来10年，全球410座炼油厂中有101座面临关闭风险，受波及炼油产能约占全球炼油总产能的21%。炼油厂关闭风险因地区而异，预计到2035年，欧洲传统炼油厂关闭风险颇高。独立炼油厂即没有整合石化产品的炼油厂，运营风险尤甚，其中大部分缺乏适应不断变化的市场条件或从化学品中创造额外价值的功能，还有一些复杂的、深度转化的炼油厂面临来自碳价的高成本风险。

脱碳成为决定炼油厂长期生存能力的因素之一，运营成本高企与脱碳投资压力正在重创炼油厂盈利能力。一方面，那些没有对碳捕捉、能效升级或替代燃料等低碳技术进行投资的炼油厂，最易受到影响。另一方面，在碳定价机制成熟或趋严的国家和地区，如英国、加拿大等，炼油厂运营压力最大。

伍德麦肯兹分析认为，到2035年，英国、加拿大等的碳价水平将上涨到全球平均碳价水平的3倍，届时处于这些国家和地区的炼油厂将毫无经济性可言。油价网指出，受炼油利润率持续下降、

成品油需求仍具韧性，但对能源行业的制度性压制则推高了运营成本，迫使炼油厂被迫关闭，进而加剧对外依存风险。对西方国家而言，能源安全恐将为炼油产能大规模下线“买单”。

■ 炼化一体化成大势所趋

■ 美欧炼厂关停加大供应风险

路透社指出，去年，全球各地炼油商利润率都位于较低水平，但随着多座炼油厂计划关闭，柴油价格今年有望出现上涨。5大西方能源公司去年业绩表现也从一定程度上折射出炼油行业步履维艰，去年调整后净利润减少主要是受炼油业务利润率下滑的影响。

当前，西方炼油厂关停潮已经来袭。苏格兰唯一一座炼油厂计划于今年第二季度关闭。荷兰利安德巴塞尔工业公司位于美国的大型炼油厂4月裁员345人，按计划今年底关闭，这座炼油厂曾是墨西哥湾沿岸重要燃料供应枢纽，26.3万桶的日产能占全美柴油产量的4%。美国炼油商菲利普斯66计划今年底关闭位于洛杉矶的大型炼油厂，这将直接导致加利福尼亚州失去13%的汽油供应能力。

美国能源信息署指出，上述3座炼油厂的日产能总计约100万桶。随着利安德巴塞尔工业公司炼油厂和菲利普斯66的洛杉矶炼油厂关闭，美国炼油产能将下降3%，柴油等成品油短缺风险将进一步加剧，美国可能不得不采取限制燃料出口措施以维持本土供应，并持续警惕能源安全风险。

业内人士指出，西方国家炼油厂关停潮实质并非需求驱动，真正的推手来自政策端。当前，欧美电动汽车推广不及预期，

成品油需求仍具韧性，但对能源行业的制度性压制则推高了运营成本，迫使炼油厂被迫关闭，进而加剧对外依存风险。对西方国家而言，能源安全恐将为炼油产能大规模下线“买单”。

■ 炼化一体化成大势所趋

近年来，亚洲、非洲和中东地区正在加快建设现代化炼油厂，这正在改变全球炼油市场格局。根据伍德麦肯兹数据，当前，亚洲地区约80万桶/日的新炼油产能即将启动。

值得一提的是，亚洲经济体通过向炼化一体化转型，极大延续了传统炼油厂的寿命，加大了抗风险能力。中期来看，燃料需求虽受政策影响可能下滑，但塑料需求却保持强劲增长，这种结构性差异将重塑炼化产业格局，加速推动炼化一体化转型。

伍德麦肯兹指出，在北美、美国、加拿大和墨西哥几乎所有炼油厂都缺乏炼化一体化优势，而亚洲和中东地区炼油厂则正在进行深度转化，其中有相当一部分与石化业务相结合，创造了更大盈利空间。

英国《金融时报》指出，随着电气化和能源转型加速，欧洲炼油商如果无法进行调整，将承受巨大压力与风险，大部分将在2035年前被迫退出市场。

英国Essar能源转型公司负责人Prashant Ruia直言，大部分炼油厂将在未来10年经历转型，要么向生物燃料转变，要么实施电气化战略，利用低碳燃料进行生产。“这无疑是一场技术革命，在政策推动下，生物燃料和替代燃料投资将成为炼油企业的新方向。”

显然，以往单一的燃料供应链将无法再满足市场需求，未来的炼油厂必须适应化石燃料、生物燃料等更加多元化组合。对炼油厂而言，炼化一体化转型已成大势所趋。