

全球能源资源政策与科技瞭望

Global Energy and Resources Outlook

2026 年第 1 期（创刊号）（总第 1 期）

中国矿业大学外国语言文化学院 区域国别研究中心 语言服务中心 编 2026 年 1 月 7 日

【编译者按】

当前，全球能源体系正经历深层次调整与重构。“双碳”目标、能源安全需求与地缘政治因素相互叠加，使能源转型呈现出技术路径多元、推进节奏分化的复杂格局。在此背景下，传统化石能源“压舱石”的地位依旧稳健，并循着清洁化、高效化与智能化方向持续推进技术革新；新能源则在加速扩张的同时，面临资源约束、系统稳定性与市场机制适配等现实挑战，全球能源变革呈现出“并行推进、竞合共存”的阶段特征。

从政策层面看，各国围绕能源安全与产业转型密集调整制度安排。一方面，通过基础设施建设、许可改革与清洁利用技术升级，巩固传统能源在转型过渡期的支撑作用；另一方面，加快可再生能源、氢能、储能及关键矿产领域的布局，但土地、资本投入与技术成熟度等问题仍制约新能源的规模化发展。关键矿产在能源转型中的基础性地位日益凸显，其开发、加工与回收利用已成为影响能源技术体系稳定性与自主可控能力的重要变量。

科技创新持续重塑能源转型路径。关键矿产“开源—循环”技术、人工智能在能源系统中的深度应用，以及核能技术升级与安全治理能力的提升，正在推动能源产业全链条变革。同时，就业结构调整、市场机制演进、供应链韧性与地缘政治博弈等问题，使能源转型在释放增长动能的同时，也不断放大结构性风险。

基于上述背景，中国矿业大学外国语言文化学院、区域国别研究中心、语言服务中心联合推出《全球能源资源政策与科技瞭望》编译双月刊，设置政策动态、科技进展与行业资讯三大板块，为能源资源类高校、企事业单位以及相关智库机构提供高效、权威、系统的国际资讯。

本期目录

政策动态 1

1. 欧盟理事会拟以新规则保护欧盟钢铁行业免受全球钢铁过剩冲击 1
2. 美国能源部发布国家石油委员会建议——加快许可改革并强化美国能源基础设施 2
3. 美国能源部宣布拨款 1.34 亿美元强化稀土元素供应链，推进美国能源独立 2
4. 特朗普解除环保署繁重监管限制以保护美国焦炭生产与钢铁安全 3
5. 俄罗斯与马来西亚持续推进燃料与能源领域合作 4
6. 美日两国通过《美日关键矿物与稀土供应框架》 4
7. 美澳两国签署《美澳关键矿产与稀土开采加工供应链安全框架》 5
8. 欧盟同意永久停止进口俄罗斯天然气并逐步淘汰俄罗斯石油 6
9. 欧盟委员会支持 235 个跨境项目以促进欧洲及更广泛地区的能源互联互通 7
10. 韩国可通过扩大对可再生能源和清洁能源技术的投资加快实现碳中和 9

科技进展 11

1. 低碳化学工艺为未来清洁能源发展注入强劲动力 11
2. 离子矿物技术公司宣布在美国犹他州硅脊发现重要稀土与关键技术金属 11
3. 俄克拉荷马州获准：美国国家核安全管理局移除了全州所有铯-137 辐照源，实现降低放射性风险的里程碑 12
4. 俄罗斯能源部评估 AI 应用成效：半数企业实现显著经济效益 13
5. 美国能源部在太平洋西北国家实验室发布突破性人工智能驱动生物技术平台 14
6. 污水处理厂引进智慧能源管理技术 15
7. 电模结晶技术引领锂离子电池回收新路径 17
8. 美国铀浓缩后端设施建设取得关键进展，Y-12 综合体工艺支持设施子项目正式完工 18

9. 清洁能源技术的明智投资	20
行业资讯	23
1. 能源就业激增而技能短缺日益严重威胁着未来的动力	23
2. 电力市场设计必须不断演进以跟上不断变化的系统需求	23
3. 国际能源署成员国加深合作，构建有韧性和多元化的稀土供应链	24
4. 地缘政治发展导致柴油价格上涨	25
5. 第 40 届 OPEC 及非 OPEC 部长级会议召开	25
6. 英国石油公司 2025 年六大油气项目圆满落地，未来持续扩产	26
7. 全球对能源需求风险不断增加，多元化与合作空前紧迫	27
8. 能源矿产观测站：关键供应链中的数据不足	29
9. 更好更快地重建——为何能源效率对乌克兰至关重要	31

政策动态

1. 欧盟理事会拟以新规则保护欧盟钢铁行业免受全球钢铁过剩冲击

欧盟理事会（Council of the European Union）2025 年 12 月 12 日通过谈判授权，将与欧洲议会就“应对全球钢铁产能过剩对欧盟市场负面贸易影响”法规展开协商，拟在现行钢铁保障措施 2026 年 6 月 30 日到期前以新法规保护本土钢铁产业。年度免税配额从 2024 年的约 3500 万吨减至 1830 万吨，降幅 47%；配额外进口关税由 25%增至 50%，以抵挡全球过剩产能对欧倾销。为避免“误伤”下游用钢企业，授权首次确定“欧盟整体利益”原则，要求欧委会分配配额时必须评估提价对汽车、机械、建筑等行业的冲击；同一年度内未用配额可跨季度结转，增加灵活性。新规要求进口商自 2026 年 10 月 1 日起提供“熔炼与浇注”国别证明，防止通过第三地转运规避；两年内欧委会将评估是否以此作为未来国别配额依据。法规总体评估期由两年缩短至 18 个月，首次全面审查定于生效后四年内完成，此后每两年复审一次，专文分析下游影响。背景数据显示，全球过剩产能预计 2027 年达 7.21 亿吨，是欧盟年需求的五倍以上，导致其产能利用率仅 67%，自 2007 年以来已损失 6500 万吨产能和约 10 万个岗位。新法旨在为欧洲钢铁脱碳投资赢得时间与空间，同时确保绿色转型和国防战略材料供应安全。下一步理事会将与欧洲议会展开磋商，力争尽快定稿并发布生效。

来源：欧盟理事会（Council of the European Union）

日期：2025 年 12 月 12 日

2. 美国能源部发布国家石油委员会建议——加快许可改革并强化美国能源基础设施

美国能源部（U.S. Department of Energy）2025 年 12 月 3 日发布两份国家石油委员会报告，为特朗普“释放美国能源、加速基础设施扩建、确保家庭可负担且可靠能源”议程提供路线图：

一、气电需求齐升致管网承压，建议设“天然气就绪论坛”，要求联邦能源管理委员会（FERC）区域输电机构做长期规划并新设电价机制，对燃气电厂支付可靠性费用，建独立发电商问责框架。

二、简化联邦许可，明确《国家环境政策法》范围、加快环境诉讼、更新通用许可；扩大 FERC 快速审批权，以商业协议认定市场需求；设联邦审批时限并限制州级《清洁水法》401 条拖延。两报告呼吁国会、联邦机构与行业立即行动，优先投资并扩建天然气、电力及储运基础设施，确保电网可靠、能源可负担，目标在 2027 年前完成跨州大型管道和储气项目，支撑美国液化天然气出口倍增与本土制造业回流。

来源：美国能源部（U.S. Department of Energy）

日期：2025 年 12 月 3 日

3. 美国能源部宣布拨款 1.34 亿美元强化稀土元素供应链，推进美国能源独立

美国能源部关键矿产与能源创新办公室 2025 年 12 月 1 日发布高达 1.34 亿美元的资助公告，用于提升美国本土稀土元素供应链。

资金将支持从矿山尾矿、电子废弃物及其他废料中回收并精炼稀土的商业化示范项目，减少对外依赖，增强国家安全与能源独立。

此次资助机会源自能源部关键矿产与能源创新办公室的“稀土示范设施”计划，旨在于美国境内建成能够一体化、全规模展示稀土提取与分离的设施。稀土元素（镨、钕、铽等）是先进制造、国防系统以及用于发电和电动汽车的高性能磁体的关键组成部分。通过投资美国国内稀土回收和加工行业，确保美国的能源独立，增强经济竞争力，并确保国家供应链的长期韧性。

来源：美国能源部（U.S. Department of Energy）

日期：2025 年 12 月 1 日

4. 特朗普解除环保署繁重监管限制以保护美国焦炭生产与钢铁安全

美国总统特朗普 2025 年 11 月 21 日签署公告，为全美焦炉设施提供为期两年的环保豁免，暂时无需遵守环保署（EPA）严苛的排放标准，以确保焦炭—钢铁供应链不间断运行。冶金焦承担美国约七成钢产量，是国防、基建、汽车、机械等关键行业的“食粮”。此次豁免覆盖公告列明的全部焦炉资产，允许其两年内继续执行旧标，为行业争取缓冲时间，开发经济可行的清洁技术。

特朗普上任后对进口钢材加征 50%关税，并先后向铜冶炼、燃煤电厂、铁燧岩加工及半导体、医疗器械灭菌化工等战略部门提供同类监管宽限，并强调环保政策必须服务于经济繁荣与国家安全。通过“能源主导”战略与灵活监管，美国政府旨在重振本土钢铁与焦炭产能，

减少对外依赖，为美国工业竞争力与国防安全保驾护航。

来源：白宫（White House）

日期：2025 年 11 月 21 日

5. 俄罗斯与马来西亚持续推进燃料与能源领域合作

2025 年 11 月 13 日，俄副总理在第四届俄马政府间联合委员会会议上指出，两国在能源设备标准化与认证、油气装备合规评估以及地质勘探方面合作前景广阔，并表示俄方企业愿与马来西亚国有及私营公司合作开展海上和陆上地质勘探。此外，双方也探讨了包括核电在内的电力领域合作。

俄副外长出席“俄马原料对话”政府间平台首届组委会会议，该平台旨在将两国矿产原材料战略合作提升至新水平。活动期间，双方讨论了双边矿产合作的高效协调机制，并计划拓展创新、科技与教育交流。

来源：俄罗斯能源部（Ministry of Energy of the Russian Federation）

日期：2025 年 11 月 13 日

6. 美日两国通过《美日关键矿物与稀土供应框架》

2025 年 10 月 27 日，美国白宫发布《美日关键矿物与稀土供应保障框架》，明确半导体、电动车、国防等所需的关键矿物和稀土不能继续受制于不透明市场。两国决定用“政府+私人”双轮驱动，在采矿、分离、加工全链条布局。框架设定半年内拿出资金支持清单，优先投入永磁体、电池、催化剂等缺口环节；180 天内召开部长级投

资会，为项目配对贷款、担保、承购和保险。双方承诺同步简化许可、建立“真实成本”定价机制，联手审查并阻止涉及国家安全的资产出售；共建快速响应小组，由美能源部长与日经产大臣牵头，一旦出现供应脆弱即刻协调增产。两国还将合作开展地质填图、投资回收技术，并考虑利用现有储备体系建立互补库存，以在 2027 年前把对华依赖降至 50% 以下，为美日及“志同道合”国家提供稳定、可审计的关键矿产来源。

来源：白宫（White House）

日期：2025 年 10 月 27 日

7. 美澳两国签署《美澳关键矿产与稀土开采加工供应链安全框架》

美澳两国于 2025 年 10 月 20 日签署《美澳关键矿产与稀土开采加工供应链安全框架》，旨在以双边协同打造韧性、多元、防中断的关键矿产供应体系，直接服务两国国防与高端制造需求，目标于 2027 年前将中国在美澳关键矿产供应链中的加工环节占比压至 50% 以下，为两国电动汽车、风机、导弹及半导体产业提供可持续的原料来源。

双方承诺整合美工业储备与澳战略储备，并首次将“回收”列为战略环节：联合研发退役电池、永磁体等含关键金属废料的闭环回收技术，建立跨境废料追踪与再流通体系，力争 2030 年前将二次原料占比提升至 20%。美澳将共同评估第三国项目，重点扶持印太、非洲及南美符合环境、社会和治理（ESG）标准的矿山与冶炼厂，形成“友岸+近岸”多元布局，并启动联合地质填图，共享高分辨率地球物理数据，降低勘探风险。对涉及锂、钴、镍、稀土等“敏感矿种”的控

股权变更，两国将同步启动国家安全审查。

来源：国际能源署（International Energy Agency）

日期：2025 年 10 月 23 日

8. 欧盟同意永久停止进口俄罗斯天然气并逐步淘汰俄罗斯石油

欧洲议会（European Parliament）与欧盟理事会于 2025 年 12 月 3 日达成临时政治协议：欧盟将彻底、永久停止进口俄罗斯天然气，并同步启动俄罗斯石油的淘汰进程。这一历史性决定使欧盟终结了对特定不可靠能源供应方的长期依赖，彻底摆脱了其“以断供勒索市场、用搅局损害经济”的被动掣肘。

2022 年 3 月《凡尔赛宣言》即提出弃用俄能源。同年 5 月，欧委会推出《重新赋能欧盟路线图》（REPowerEU）计划。计划实施以来，欧盟俄气进口占比由 45% 降至 2025 年上半年的 13%，但 2024 年仍有约 350 亿立方米俄气流入，市值约 100 亿欧元。俄煤已全面禁运；俄油进口占比由 2022 年初的 27% 降至 2%。2025 年 5 月 6 日，欧委会发布 REPowerEU 路线图；6 月 17 日提交禁运俄气立法提案；10 月，理事会通过第 19 轮对俄制裁，明确 2027 年 1 月 1 日起禁运长期合同液化天然气，短期合同则在条例生效后六个月内全面禁运。根据 REPowerEU 路线图，全面弃用俄罗斯化石燃料是保障欧洲能源独立、竞争力、韧性与市场稳定的必要步骤。

第一，永久禁止俄气进口。协议规定，液化天然气（LNG）最迟于 2026 年 12 月 31 日、管道气最迟于 2027 年 9 月 30 日全面停购；若成员国储气水平未达标，管道气禁令可延至 2027 年 10 月 31 日。

由此，欧盟将与 2027 年 11 月前彻底告别俄罗斯天然气。协议还纳入严密的反规避条款，叠加现有海关监管框架；对过渡期仍进口的俄气，须提前申报详细数据，确保仅按历史合同量执行；进口非俄气须注明原产国；豁免对象为 2024 年对欧供气 ≥ 50 亿立方米且已制裁俄或无接气基础设施的国家。

第二，协调有序淘汰俄化石燃料。各成员国须在 2026 年 3 月 1 日前向欧委会提交“国家多元化计划”，列明替代油气来源及措施；并在条例生效一个月内报告是否仍有俄气合同或本国法律禁令。欧委会将在收到计划后三个月内完成评估并提出建议，全程提供技术支持。新条例建立监测机制，要求各国共享进口信息；欧委会将联合欧盟能源监管合作局、欧洲检察官办公室及反欺诈局持续跟踪淘汰进展，防止规避，稳定市场与价格。欧委会还承诺在 2027 年底前彻底淘汰剩余俄油进口，拟于明年初提出立法草案。

条例达成后将由欧洲议会和理事会正式通过，发布于《欧盟官方公报》并生效。

来源：欧洲联盟委员会（European Commission）

日期：2025 年 12 月 3 日

9. 欧盟委员会支持 235 个跨境项目以促进欧洲及更广泛地区的能源互联互通

欧盟委员会新近发布第二批跨境能源基础设施清单，将两百余项输电、氢能和二氧化碳运输项目授予“共同利益项目”与“相互利益项目”资格，使其可申请“连接欧洲设施”资金并享受加速许可。这

一决定延续修订后的《跨欧能源网络条例》对低碳、韧性基础设施的倾斜，标志着欧盟能源资源政策正式从目标宣示转入大规模实体建设阶段，意在以物理互联完成能源联盟拼图，并同步回应能源安全与工业脱碳的双重压力。

这些跨境工程将强化全欧能源连接，推动“能源联盟”成型。通过打通欧盟内部及与邻国的关键通道，它们可在提升竞争力、促进脱碳、增强能源安全和战略自主方面发挥核心作用。委员会最新研究估算，2024-2040年欧洲电力、氢及二氧化碳网络投资需求将接近1.5万亿欧元；本次项目清单及预期投资规模正对准2040年缺口。

名单包括113个电力、海上风电和智能电网项目，用于消纳日益增长的可再生能源；100个氢及电解槽项目，推动氢能整合与系统脱碳；17个二氧化碳运输基础设施项目，助力碳捕集与封存市场成型；3个智能天然气网项目，实现管网数字化升级；并继续保留连接马耳他、塞浦路斯与欧洲大陆天然气管网的两个长期项目。

欧盟委员会将借助能源联盟工作组和区域高级别小组，与成员国加强政治协调，推动项目落地，并纳入伙伴国。正如《可负担能源行动计划》所强调，高效能源网络是清洁转型、确保工商业和家庭获得可负担能源的关键。委员会即将出台“欧洲电网一揽子”提案，并细化“能源高速公路”倡议，紧急消除跨境瓶颈，提升系统韧性。

下一步，名单将以授权法案形式提交欧洲议会和理事会审议，两个月内可整体通过或否决，但不可修改；如有需要，可再延长两个月。一旦生效，委员会将进一步与项目方及成员国合作，确保顺利快速实施。

总体来看，新一批跨境项目被视为欧盟绿色转型的物理支柱，其建设进展将直接决定可再生电力消纳、氢能产业化和工业脱碳的速度与规模。若审批与融资瓶颈得以缓解，这批基础设施不仅将重塑欧洲内部能源流向，也有望输出技术标准与治理经验，为区域能源一体化提供可复制路径，并巩固欧盟在全球清洁能源产业链中的竞争优势。

来源：欧洲联盟委员会（European Commission）

日期：2025 年 12 月 1 日

10. 韩国可通过扩大对可再生能源和清洁能源技术的投资加快实现碳中和

国际能源署最新发布的《韩国 2025 能源政策评估》显示，韩国若要在 2050 年依法实现净零排放，必须把能源资源政策重心从“稳住供应”转向“加速脱碳”，核心抓手是扩大可再生能源与清洁技术投资，并以市场改革破除体制堵点。尽管韩国在全球能源震荡中保持增长且排放已较 2018 年峰值略降，但煤炭仍占发电总量逾四分之一，电力需求又因建筑电气化、半导体扩产和数据中心扩张而快速上升，若不尽快提升零碳电源占比，排放与经济活动仍将挂钩。

报告给出的首要政策处方是“翻倍式”扩大可再生能源。过去五年，韩国风光装机几乎翻番，但在国际能源署成员国中占比仍处于最低位，症结在于土地稀缺、林地保护压力大及公众抵触。政府需在国家空间规划中明确“可再生能源优先区”，简化项目环评，并引入社区共享收益机制，以缩短征地周期。

储能与需求侧资源被视为消纳高比例可再生能源的“缓冲阀”。

韩国已启动储能服务市场，但容量补偿偏低、准入门槛高。国际能源署建议设定 1GW 年度储能采购目标，并把快速频率响应、削峰填谷等辅助服务价格完全市场化，以吸引私募基金和电池制造商参与。

氢能被定位为工业与重型交通深度脱碳的“二次能源载体”。报告呼吁政府明确“可再生氢”与“低碳氢”双重标准，对利用可再生电力制氢的项目给予每千克 2 美元的生产税抵免，并建立国家氢气运输管网公司，统一规划液化、管道和港口接收设施，避免重复投资。考虑到韩国钢铁、石化集群集中在西南沿海，可试点“氢—工业综合走廊”，混合钢厂副产氢与进口绿氢，2030 年前形成 100 万吨/年的供应能力，同步替代煤炭与天然气制氢。

现有市场机制亦需同步升级。韩国批发电价长期受上限管制，投资信号不足；碳排放交易体系虽覆盖八成全国排放，但配额过剩导致价格徘徊在每吨 15 美元以下。国际能源署建议分阶段取消电价上限，引入容量市场以回收新建清洁机组的固定成本，并通过提高拍卖配额比例，激活碳市场流动性，使可再生项目可通过“电价+碳收益”实现盈利。

韩国在半导体、电池、核电和重化工业的全球领先地位，为其能源资源政策提供了“出口杠杆”。报告提出“工业—能源协同”战略：利用国内巨大需求培育高效电池、海上风电、氢燃料电池等产业链，再通过研发税收抵免和出口信贷，把成熟技术推向东南亚和中东市场，形成“内需拉动—成本下降—外需扩张”的良性循环。

来源：国际能源署（International Energy Agency）

日期：2025 年 11 月 25 日

科技进展

1. 低碳化学工艺为未来清洁能源发展注入强劲动力

清洁能源的发展，在一定程度上依赖于低碳化学工艺的应用，在追求化学创新的同时，还需在工艺创新和系统级思维谋求突破。现阶段，低碳化学工艺的科技成果持续涌现，研究人员已在氢气等清洁能源的生产工艺上取得创新性进展。研究表明，催化剂、膜技术及反应器设计的突破，为提高生产效率、降低能耗提供了可行路径。与此同时，氢气作为能源载体的电气化发展仍然面临诸多挑战。阿德里安·奥登韦勒（Adrian Odenweller）和法尔克·乌克尔德（Falko Ueckerdt）指出，绿色氢气生产项目虽逐渐增多，但产能仅有 7%，生产进度远远低于预期。为应对这一难题，洛夫（Love）和麦克金南（Mackinnon）提出，可依托氢气系统试验平台开展商业化测试，从而降低应用风险，加速氢气规模化推广应用。由此可见，低碳化学工艺的进展不仅依靠技术创新，还需要系统级思维的有力支撑，为未来清洁能源的发展提供了坚实的科技保障。

来源：《自然-能源》（*Nature Energy*）

日期：2025 年 12 月 19 日

2. 离子矿物技术公司宣布在美国犹他州硅脊发现重要稀土与关键技术金属

在全球关键矿产供应链紧张、地缘政治风险加剧的背景下，建立自主可控的稀土及关键金属供应体系已成为主要经济体的战略焦点。

美国正积极寻求减少对单一海外来源，特别是中国的依赖。

美国离子矿物技术公司宣布，在其位于犹他州的“硅脊”项目中发现了一个大型、高品位的离子吸附粘土型稀土及关键金属矿床。独立化验确认，该矿床与供应中国大部分重稀土的矿床属同一地质类型，其稀土总品位约为 2700 ppm，与中国的优质矿床相当。尤为重要的是，该矿床呈现出“IAC-Plus”特征，除稀土外，还富集了镓、锗、铷、铯、钽、锂等对美国国防、半导体及新能源产业至关重要的技术金属。该项目已获得全部许可并配套加工设施，具备快速投产条件，旨在直接缓解美国面临的关键材料短缺困境。

此发现是美国推动关键矿产资源本土化、保障供应链安全的标志性进展。该项目不仅提供了稀土替代来源，其独特的富集金属组合与清洁提取工艺，有望增强美国在高科技与能源转型领域的原材料保障能力和战略韧性。

来源：美国商业资讯（Business Wire）

日期：2025 年 12 月 11 日

3. 俄克拉荷马州获准：美国国家核安全管理局移除了全州所有铯-137 辐照源，实现降低放射性风险的里程碑

在核技术应用领域，医用放射性同位素铯-137 是血液辐照、癌症研究等医疗设备的核心放射源，但其同样存在被恶意利用制造“脏弹”的潜在安全风险，构成国内放射性扩散威胁。

美国能源部下属的国家核安全管理局（NNSA）主导并完成了一项重要国内核安保行动：成功从俄克拉荷马州移除了全州所有铯-137

辐照器，使该州成为美国第 12 个实现“无铯辐照器”的州或领地。此项工作通过 NNSA 的“铯辐照器替换项目”实施，该项目以自愿合作方式，鼓励并资助用户（如俄克拉荷马医学研究基金会）用更安全的非放射性或低风险替代技术置换老旧铯源设备，从而在源头消除高风险放射性材料。此举标志着美国在系统性减少民用高活度放射源存量、防范本土放射性威胁方面取得实质性进展，是其国内放射源安全监管与风险缓解战略的关键一环。

该成就体现了美国通过政研合作与技术升级，强化国内关键放射性材料管控的能力，是其构建更富韧性的国家安全体系的重要组成部分，也为全球放射源安全管理提供了实践参考。

来源：美国能源部（U.S. Department of Energy）

日期：2025 年 12 月 3 日

4. 俄罗斯能源部评估 AI 应用成效：半数企业实现显著经济效益

随着全球能源行业数字化转型加速，人工智能技术正成为提升运营效率与安全的关键驱动力。俄罗斯作为能源大国，其燃料能源综合体的智能化进程备受关注。

俄罗斯能源部近期评估了人工智能在其国内燃料能源综合体中的应用成效。据该部副部长爱德华·舍列梅采夫（Eduard Shelemeshchev）披露，2024 年，有 50% 左右应用 AI 的能源企业已获得显著经济效益。目前，全行业正在推进超过 300 个 AI 研发与应用项目，重点聚焦于智能电表数据分析以侦测非法加密挖矿、优化发电与电网运行模式，并借助预测性维护实现从定期维修向“基于设备实

际状态” 维修的转型，从而降低停电风险。该评估同时指出，俄罗斯在相关技术领域的进口替代进程面临挑战，亟需加快本土解决方案的部署速度以积累实践经验。

俄罗斯能源部此次评估，既肯定了 AI 技术在提升行业经济性与可靠性方面的实质作用，也凸显了其在关键技术自主化方面面临的压力。这反映了主要能源生产国在推动产业数字化过程中兼顾效率与安全的普遍挑战。

来源：俄罗斯能源部（Ministry of Energy of the Russian Federation）

日期：2025 年 12 月 3 日

5. 美国能源部在太平洋西北国家实验室发布突破性人工智能驱动生物技术平台

美国“创世纪计划”于 2025 年 11 月 24 日由时任美国总统特朗普签署行政命令并正式启动，其核心目标是借助人工智能彻底变革科学研究范式，在十年内将美国科研生产力翻倍。为落实“创世纪计划”，能源部于太平洋西北国家实验室（PNNL）正式启动了突破性的人工智能驱动生物技术平台——厌氧微生物表型分析平台（AMP2）。该平台由生物技术公司 Ginkgo Bioworks 设计建造，集成了机器人自动化与人工智能分析系统，可大规模、高速度开展微生物实验，将传统耗时数年的微生物筛选、培养与功能优化过程缩短至数周甚至数天。作为能源部规划的更大规模“微生物分子表型分析能力”的原型，AMP2 不仅是先进技术工具，更是国家战略基础设施的核心部分，其目标是构建全球规模最大、技术最先进的自主微生物研究体系，确保

美国在未来生物经济竞争中占据绝对主导权。能源部部长及合作方强调，该项成果具有堪比“曼哈顿计划”与“阿波罗计划”的战略价值，根本宗旨是在生物技术、生物制造及下一代材料创新的全产业链条中，巩固美国的长期科技主导地位。

来源：美国能源部（U.S. Department of Energy）

日期：2025 年 11 月 24 日、2025 年 12 月 5 日

6. 污水处理厂引进智慧能源管理技术

污水处理厂是全球能源消耗大户，其运行能耗占全球电力消耗的约 3%。在可持续发展目标驱动下，如何利用先进技术实现节能降耗与能源自给，已成为行业亟待攻克的课题。近年来，人工智能技术的蓬勃发展，为该领域注入革命性发展潜力，为这一行业难题的破解提供了全新路径。

来自爱尔兰戈尔韦大学(University of Galway)、英国爱丁堡龙比亚大学(Edinburgh Napier University)、阿联酋穆罕默德·本·扎耶德人工智能大学(Mohamed bin Zayed University of Artificial Intelligence)等来自世界不同知名大学的学者组成了研究团队，基于美国印第安纳州门罗县迪尔曼路污水处理厂的长期运行数据，系统评估了多种机器学习模型在预测厂区能源消耗与太阳能发电量上的性能。

研究团队构建并比较五大类模型，分别是长短期记忆网络、门控循环单元（GRU）、循环神经网络、支持向量机和 XG Boost。这些模型用于处理该污水处理厂自 2013 年至 2021 年的日度数据，涵盖电网用电量、现场光伏发电量、峰值负荷及进水流量等关键指标。经过严

谨的数据预处理、模型训练和超参数优化，团队通过均方根误差、平均绝对误差和平均绝对百分比误差三项指标对模型进行全面评估。结果表明，在所有这些模型中，门控循环单元模型表现最为出色。在预测能源消耗方面，其均方根误差低至 158.43，平均绝对误差为 86.27；在预测太阳能发电方面，均方根误差为 26.07，平均绝对误差为 12.97。其预测结果与真实值曲线高度拟合，决定系数高达 0.978，显示出极高的准确性。循环神经网络模型紧随其后，同样展现了优秀的性能。而相比之下，传统的支持向量机和 XGBoost 模型在处理此类时间序列数据时表现欠佳，误差显著偏高。统计检验进一步证实，GRU 模型的优势达到统计学显著水平。

该研究的价值不仅在于模型性能排序，更在于通过模型解释与效益模拟，为污水处理厂的智能运营提供了兼具理论深度与实践价值的具体方案。具体而言，团队通过 SHAP 框架对最佳模型进行了解释，发现“前一日用电量”和“当日进水流量”是影响预测结果的两大核心因素，为污水处理厂运营人员提供了直观且具有实操价值的决策依据。此外，研究通过模拟预测模型的落地应用效益得知，该智能预测系统可助力同类污水处理厂降低 8%-12% 的年度电费，同时因减少电网依赖，每年可削减 50-75 公吨二氧化碳排放，投资回收期仅需 2 至 4 年。

来源：《科学报告》（*Scientific Reports*）

日期：2025 年 12 月 16 日

7. 电模结晶技术引领锂离子电池回收新路径

全球锂离子电池（LIB）使用寿命有限，废弃量持续攀升，高效回收其中的稀缺金属资源，已成为能源安全与可持续发展的关键课题。然而，现有回收技术普遍存在分离精度低、产物纯度不足、能耗高等问题，亟需突破性解决方案。

比利时鲁汶大学（KU Leuven）、美国芝加哥大学（The University of Chicago）、中国香港大学（The University of Hong Kong）及阿贡国家实验室（Argonne National Laboratory）等机构联合研发出一种名为“电膜结晶辅助通用回收（e-MCGR）”的集成技术。该技术通过巧妙耦合电化学驱动与膜分离—结晶过程，实现了从复杂废旧 LIB 浸出液中高选择性、高效率回收锂（ Li^+ ）、锰（ Mn^{2+} ）、镍（ Ni^{2+} ）和钴（ Co^{2+} ）等关键金属，具体的核心流程包括选择性膜双级电渗析、双极膜原位结晶、膜金属络合异位结晶、膜金属萃取时序结晶。第一，选择性膜双级电渗析，采用商用一价阳离子选择性膜，通过两级电渗析工艺实现 Li^+ 、 Na^+ 与 Mn^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Co^{2+} 的高效分离， Li^+ 回收率可达 96.5%，并实现多价金属离子的完全截留；第二，双极膜原位结晶，向分离后的 Li^+ / Na^+ 溶液中通入 CO_2 ，借助双极膜电渗析原位生成 OH^- ，直接结晶制备高纯度 Li_2CO_3 ，同时同步产出 NaOH 和 HCl 并实现系统内循环利用；第三，膜金属络合异位结晶，基于 EDTA 对 Ni^{2+} 、 Co^{2+} 的强络合作用，实现 Mn^{2+} 的选择性分离与定向转化，所制备的 Mn_3O_4 纯度可达 99.9% 以上；第四，膜金属萃取时序结晶，采用 Cyanex272 萃取剂优先络合 Co^{2+} ，通过时序化调控分步回收 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Co}(\text{OH})_2$ ，

二者纯度分别大于 99.5%和 92.5%。

e-MCGR 技术不仅在实验室模拟体系中取得优异成果，更在真实废旧三元电池（NMC111）浸出液中得到充分验证。Li₂CO₃回收率高于 96%，Mn₃O₄、Ni(OH)₂及 Co(OH)₂的回收率与纯度均接近或达到实验室水平。经济评估结果表明，该工艺每千克 Li₂CO₃的生产成本显著低于市场价格，具备突出的盈利潜力，尤其适合在锂电产业规模领先的中国进行产业化布局与推广。e-MCGR 技术借助多模块电膜结晶的协同作用，为锂电池回收提供了一条兼具高回收率、高产品纯度与良好经济性的全新技术路径。其闭环设计高度契合循环经济与碳中和的发展目标，有望推动全球电池回收产业向绿色化、精细化方向升级。

来源：《自然-通讯》（*Nature Communications*）

日期：2025 年 12 月 5 日

8. 美国铀浓缩后端设施建设取得关键进展，Y-12 综合体工艺支持设施子项目正式完工

在核能领域，铀浓缩能力的长期安全、稳定可靠与现代化升级，是国家核安保体系建设与能源自主战略实施的核心支柱。为维持核威慑力量与战略燃料循环体系的完备性，美国持续推进相关关键基础设施的迭代更新，其中田纳西州 Y-12 国家安全综合体的铀加工设施（UPF）项目是重中之重。该项目以取代老旧设施为核心目标，为美国高浓铀操作能力的可持续发展提供坚实保障。

本次重要阶段性成果为 UPF 项目下属工艺支持设施（PSF）子项目的全面竣工与官方交付。该子项目由美国能源部下属国家核安全

管理局（NNSA）主导，统筹协调 NNSA Y-12 采购与项目管理办公室、NNSA Y-12 现场办公室，联合主承包商联合核安全有限责任公司（CNS）及柏克德公司（Bechtel）协同完成。2025 年 11 月 25 日，NNSA 正式批准该子项目的关键决策 4（Critical Decision-4, CD-4），标志着 PSF 工程建设全面竣工，达到投产运行的最终技术标准。

PSF 子项目为非核辅助支持设施，核心功能是集中为 UPF 未来主工艺运行提供化学品存储、去离子水供应、废水暂存及废物容器管理等配套服务。该设施的建成，为主工艺大楼未来处理高浓铀的核心任务提前构建了稳定、独立、高效的后勤与物料保障体系，是 UPF 全流程运行不可或缺的“后勤中枢”。

项目实施呈现三大核心亮点：其一，创新采用模块化建设模式。UPF 项目采用“多建筑分区”策略，可根据各建筑物料的风险等级差异，定制差异化安全与安保标准。PSF 作为非核设施，采用成本效益更优的商业建造标准，而非严苛的核级标准，大幅降低造价并提升建设效率。其二，安全绩效卓越。建设全程实现“零损失工时、无可记录伤害”的优异安全记录，践行“保障每位员工每日安全返家”的项目核心价值观。其三，工程配置全面完整。PSF 子项目包含一栋 24,000 平方英尺（约 2,230 平方米）的主建筑，同步配套建设专用气体存储区，集成汽化器、储罐、控制阀站及配套电气设备，系统集成度与功能完整性突出。PSF 的顺利完工，是 UPF 整体项目建设的重要里程碑。作为项目七大主要子项目中的第五个完工项，此前场地准备、场地基础设施与服务、变电站及机电楼四个子项目已先后竣工。当前，

UPF 项目建设重心已全面转向最后两个核心设施——主工艺大楼与废物回收与衡算大楼。PSF 的投用将为两大核心设施的后续设备安装、调试及正式运行提供即时支撑，助力 UPF 项目整体交付进程提速。

美国通过 Y-12 UPF 项目中 PSF 子项目的成功交付，再次展示了其在核军工基础设施现代化领域系统性的推进能力。此举不仅强化了其核燃料循环后端处理设施的可靠性与安全性，也为确保其核武库管理的长期活力与国家安全战略提供了坚实的物质基础。全球核能及核安保观察者将持续关注其后续核心设施的建设进展。

来源：美国能源部（U.S. Department of Energy）

日期：2025 年 11 月 25 日

9. 清洁能源技术的明智投资

在气候危机加剧与能源转型加速的背景下，各国政府与企业需在资源有限、时间紧迫的条件下，对清洁能源技术的研发、示范与规模化部署做出关键投资决策。如何在高度不确定的环境中提升投资效率与实施成效，已成为全球亟待破解的重大课题。

近期，美国麻省理工学院（Massachusetts Institute of Technology）、圣塔菲研究所（Santa Fe Institute）、国家可再生能源实验室（National Renewable Energy Laboratory），意大利博科尼大学（Bocconi University）、欧洲经济与环境研究所（Institute for European Environmental and Economic Studies），奥地利维也纳经济大学（Vienna University of Economics and Business）、复杂性科学中心（Complexity Science Hub Vienna）及墨西哥蒙特雷理工学院（Tecnológico de

Monterrey) 等多国顶尖机构学者组成的国际团队发表研究成果, 提出一套有关清洁能源技术投资政策的系统性研究框架, 为清洁能源技术“明智投资”提供科学依据。该框架包含三个环环相扣的核心步骤。

第一, 精准预测技术变革。投资决策需预判技术对资金与政策的响应。研究比较了三类预测工具: 数据驱动模型(如学习曲线)、机制模型以及专家启发法。结果表明, 单一依赖专家判断存在主观局限, 而融合专家知识与机制模型的混合方法更具潜力。团队建议加强跨国数据共享与自动化监测, 持续优化预测模型, 为主要投资国提供可靠趋势判断。

第二, 评估投资的系统性影响。仅预测单项技术成本不足以支撑决策, 还需分析投资组合对能源系统与宏观经济的综合效应。针对现有模型在复杂性与可操作性之间的矛盾, 研究倡导采用开源模块化框架或机器学习构建简化模型, 以较低成本模拟不同投资组合在减排、能源安全和就业等方面的整体成效, 为情景分析和方案比较提供支持。

第三, 推动研究成果融入决策实践。为弥合学术研究与实际决策的脱节, 团队提出引入互动式决策支持工具, 如“稳健决策制定”和“稳健组合决策分析”, 帮助决策者在高度不确定情景下识别稳健策略并凝聚共识。相关模式已在跨国能源合作中显现价值, 其核心在于通过可视化与协作设计, 使决策者直接参与模型设定与推演。

这类互动模式已在跨国能源合作磋商中显现应用价值, 其关键在于借助可视化工具与协作设计, 推动各国能源部长、企业战略官等决策者直接参与模型假设设定与结果推演, 将传统静态报告转化为动态

的“分析—商议”闭环。该研究构建了从技术预测、系统评估到互动决策的完整决策支持体系，核心价值在于正视能源转型的不确定性，通过科学方法提升全球清洁能源投资决策的稳健性与共识度。未来该框架的落地还需美国、中国、欧盟等主要经济体引领，深化跨国数据共享与本地化研究，助力全球公正能源转型。

来源：《自然-能源》（*Nature Energy*）

日期：2025年11月24日

行业资讯

1. 能源就业激增而技能短缺日益严重威胁着未来的动力

国际能源署报告显示，尽管熟练劳动力瓶颈带来的风险不断上升，全球能源行业就业增速仍为整体经济增速的两倍。

《2025 年世界能源就业》报告显示，2024 年全球能源行业就业达 7600 万，较 2019 年增加 500 余万人，电力行业贡献了其中的四分之三，光伏、核电等成为核心引擎，电动汽车及电池行业新增近 80 万个岗位。

化石燃料行业就业保持韧性，但 2025 年石油天然气行业现裁员情况，全球能源就业增速将放缓至 1.3%。报告警示，熟练劳动力短缺加剧，超半数相关机构面临招聘瓶颈，应用技术类岗位缺口突出，能源行业的老龄化问题进一步加剧了这一压力，2030 年前需新增 40% 的合格从业者，每年需额外投入 26 亿美元。政策激励、扩大学徒制等可缓解短缺，助力能源转型与安全。

来源：国际能源署（International Energy Agency）

日期：2025 年 12 月 5 日

2. 电力市场设计必须不断演进以跟上不断变化的系统需求

国际能源署最新报告指出，高效电力市场对平衡供需、引导投资至关重要，当前需优化市场机制适配电力系统转型需求。

经报告分析，欧美日澳等国市场短期电力市场表现良好，供电保障率超 99.9%，可实现资源高效调度与透明定价，如欧洲日前市场每小时处理 40 余万份报价。但长期电力市场普遍流动性不足，交易集中在交割前 2 年，难以匹配能源项目 10-30 年融资周期，削弱风险对

冲与投资保障能力。补充机制虽能推动低碳投资与产能保障，但部分设计缺陷会拉低效率、推高成本。

报告建议保留短期市场并优化适配分布式系统，改革长期市场提升流动性、延长交易期限。需以整体视角推进市场设计演进，确保改革透明且具有可预测性。

来源：国际能源署（International Energy Agency）

日期：2025 年 11 月 26 日

3. 国际能源署成员国加深合作，构建有韧性和多元化的稀土供应链

国际能源署成员国代表齐聚其巴黎总部，在关键矿产安全计划框架下举办稀土元素桌面推演与多元化研讨会。稀土元素对能源、半导体、国防等战略领域至关重要，但供应地理多元化程度最低，2025 年新出口管制措施及附加措施进一步凸显其供应链脆弱性。

此次活动聚焦短期应急响应与长期多元化战略，为各国交流经验、强化国际合作搭建平台。各国探讨了缓解供应中断的应对措施，借助国际能源署全新关键矿产信息仪表盘识别多元化机遇，还就政策工具、技术创新、资源回收等路径深入研讨。

国际能源署将持续拓展该计划，借鉴 70 年代石油危机后成立应急库存的合作经验，动员各国集体行动，构建更安全韧性的稀土供应链，降低结构性风险。

来源：国际能源署（International Energy Agency）

日期：2025 年 11 月 21 日

4. 地缘政治发展导致柴油价格上涨

自 10 月下旬起，受俄罗斯与中东炼油厂停产、欧盟对俄新制裁等因素影响，全球柴油供应锐减，裂解价差（炼油利润）攀升至年内峰值，大西洋盆地表现尤为突出，ARA 航运枢纽、纽约港及美国墨西哥湾沿岸柴油价格同步上涨。

裂解价差于 10-11 月中旬大幅攀升，上述关键区域均突破每加仑 1 美元，为近一年首次。欧盟对俄制裁持续升级，叠加乌克兰对俄石油设施袭击，进一步加剧供应紧张；科威特、中东多家炼油厂停产或降效，尼日利亚炼油厂维护不确定性，亦加剧供应压力。

需求端持续增长，美国墨西哥湾沿岸炼油厂出口需求激增，11 月美国馏分燃料油出口维持高位，高于五年均值，供需失衡进一步推高市场压力。

来源：美国能源信息署(Energy Information Administration)

日期：2025 年 12 月 3 日

5. 第 40 届 OPEC 及非 OPEC 部长级会议召开

基于 OPEC 与非 OPEC 合作宣言参与国为达成并维持石油市场稳定所做出的持续承诺，各参与国兹决定：

1.重申 2016 年 12 月 10 日签署并在后续会议中得到进一步认可的《合作宣言》框架。

2.重申第 38 届 OPEC 及非 OPEC 部长级会议所商定的、直至 2026 年 12 月 31 日的合作宣言中 OPEC 与非 OPEC 参与国的总体原油生产

水平。

3.重申联合部长级监督委员会(JMMC)在OPEC秘书处的协助下,密切审查全球石油市场状况、石油生产水平以及对《合作宣言》遵守情况的职责。JMMC会议将每两个月举行一次。

4.重申JMMC有权在认为必要时举行额外会议,或随时请求召开OPEC及非OPEC部长级会议以应对市场动态。

5.再次强调完全遵守(生产配额)及补偿机制至关重要。

6.关于第39届OPEC及非OPEC部长级会议的决定:授权OPEC秘书处制定一套用于评估各参与国最大可持续产能的机制,该机制将作为2027年所有合作宣言参与国生产基准的参考。各参与国现已核准由秘书处制定的该套机制。

7.重申2019年7月2日签署的《合作宪章》框架,并要求OPEC秘书处制定一项计划并将其转化为具体项目方案,以全面实现《合作宪章》的最初既定目标,并将该计划提交至第41届OPEC及非OPEC部长级会议。

8.第41届OPEC及非OPEC部长级会议将于2026年6月7日举行。

来源:石油输出国组织(OPEC)

日期:2025年11月30日

6. 英国石油公司 2025 年六大油气项目圆满落地, 未来持续扩产

2025年,英国石油公司(British Petroleum Company)顺利实现年初目标,成功投产六个大型油气项目,覆盖美国、英国、埃及、特

立尼达和多巴哥及毛里塔尼亚与塞内加尔五大地区。

项目涵盖海底技术创新与大型 LNG 项目等多元类型，合计峰值净日产量约 15 万桶油当量，是英国石油公司提升油气产量、为股东创造长期价值的核心举措。项目负责人伊万·德拉蒙德强调，今年的突破不仅在于项目数量，更在于其高质量与深远影响力。

项目亮点纷呈：美国墨西哥湾的阿尔戈斯西南延伸项目发现后 25 个月即首次产油，创纪录且提前 7 个月投产；北海默拉赫项目借鉴同类项目经验，两年半内完成从获批到产油的全流程；埃及雷文加密井项目借助全球供应链优势，疫情后快速获取物资并提前完工。西非 GTA 旗舰项目集四大工程于一体，1.1 公里防波堤等复杂设施彰显先进技术优势，首年运营超预期。

成功源于英国石油公司对安全的坚守、高效协作、经验复用及审慎风险管理。未来，计划 2027 年前再推进四个项目，同时已获批印尼乌巴达里 CCUS、墨西哥湾深水等重大项目，持续助力油气产量增长。

来源：英国石油公司（British Petroleum Company）

日期：2025 年 10 月 27 日

7. 全球对能源需求风险不断增加，多元化与合作空前紧迫

当前全球能源安全的内涵不断拓展，燃料和技术更加多元，形势也愈发复杂。各国既面临现实而紧迫的能源安全挑战，能源已成为地缘政治中的核心议题，并与经济发展和国家安全紧密相连。在此背景下，国际能源署发布《世界能源展望 2025》，为各国政府梳理关键政

策选择、发展机遇与现实取舍。作为权威性的能源分析与预测报告，该报告通过多种发展路径和三种非确定性情景，系统分析不同政策、投资和技术选择对能源安全、可负担性和碳排放的影响，揭示共性趋势与差异化机遇。

报告显示，在所有情景下，未来数十年全球能源服务需求持续增长，家庭和工业用能稳步上升，数据服务与人工智能相关用能快速扩张。能源市场重心逐步转向印度、东南亚以及中东、非洲和拉美部分新兴经济体，接续中国此前的增长动能。自 2010 年以来，中国贡献了全球约 50% 的油气需求增长和 60% 的电力需求增长，但尚无国家能够完全复制其能源密集型发展路径。

能源安全风险呈现叠加态势。一方面是传统油气供应的不确定性，另一方面是关键矿产供应链的高度集中。在 20 种能源相关战略矿物中，19 种矿物的加工环节由单一国家主导，平均市场份额约 70%，对电网、电池、电动汽车以及人工智能和国防系统至关重要。自 2020 年以来，这一集中趋势仍在加剧，尤其体现在镍、钴等矿种上，改变现状需要各国长期、持续的政策努力。

报告强调，“电力时代”已经到来。所有情景中，电力需求增速显著快于整体能源消费，电力投资已占全球能源投资的一半。尽管电力仅占最终能源消费的约 20%，却支撑着 40% 以上的经济活动。但电网建设明显滞后，制约电力系统的安全与韧性。

能源结构转型方向逐步明朗。太阳能光伏等可再生能源的增速均快于其他主要能源类型，到 2035 年，全球约 80% 的能源消费增量将

集中在太阳辐射条件较好的地区。同时，核电呈现回暖态势，传统大型核电站和小型模块化反应堆投资持续增加，预计 2035 年全球核电装机规模至少扩大三分之一。

油气市场短期内总体供需宽松。尽管地缘政治风险仍存，油价维持在每桶 60—65 美元区间，新投产的液化天然气项目有助于缓解天然气市场压力。预计到 2030 年，全球液化天然气出口能力将新增约 3000 亿立方米/年，总规模提升约 50%，但这一平衡并不稳固，需求反弹或转型放缓都可能压缩市场缓冲空间。

在全球层面，能源普及和气候应对仍是突出挑战。目前约 7.3 亿人无法获得电力，近 20 亿人依赖有害的烹饪方式。报告提出到 2035 年实现电力普及、2040 年实现以液化石油气为主的清洁烹饪普及路径。在气候方面，各类情景下全球升温均将突破 1.5° C 目标，但“本世纪中叶净零排放”情景显示，长期仍存在回落的可能。同时，能源基础设施正日益受到极端气候和人为风险影响，提高基础设施韧性已迫在眉睫。

来源：国际能源署（International Energy Agency）

日期：2025 年 11 月 12 日

8. 能源矿产观测站：关键供应链中的数据不足

美国能源部与内政部分别划定了关键矿产相关清单，两份清单存在 16 种重叠矿物。铜、钴、硅等关键矿物是能源技术发展的核心支撑，但相较于原油、煤炭等成熟能源市场，多数关键矿物市场透明度偏低，供应链存在大量数据缺口，既削弱了市场价格发现能力，也为

市场分析与预测工作带来阻碍。以下将聚焦影响关键矿物定价的核心因素及其对市场与供应链分析的作用，这些因素对不同矿物的适用程度存在差异。

供应侧核心影响因素：

一是储量与产量数据时效性不足。全球关键矿物的储量、产量及库存实时更新数据稀缺，产量数据常滞后一年以上，远不及石油市场月度数据易获取，数据漏报、小规模开采、商业保密及各国报告标准不一均是主要成因。

二是缺乏统一价格基准，不同于石油、天然气市场完善的基准体系，多数关键矿物缺少全球公认定价参考，难以支撑合同签订与风险管理。

三是生产成本核算难度大。受地理位置、矿物品位、资源回收率及环境劳工标准等差异影响，准确核算成本挑战较大，且主产主体多将成本视为商业机密，叠加缺乏统一报告要求，进一步加剧数据不透明。

四是项目开发周期漫长，2010 年代获批的大型开采项目从发现到投产平均需 16 年，耗资巨大且易延误，导致短期供应弹性不足，供需异动时易引发价格大幅波动。

此外，副产品矿物数据缺失与回收产能数据不确定也不容忽视。大量关键矿物以副产品形式产出，常规会计实务中常未纳入报告，增加供应链追踪难度；回收作为重要补充来源，其产能及潜在回收量数据不足，可能低估总产量。

需求侧核心影响因素：

库存与消费数据不透明。市场集中度高，买家多通过保密双边包销协议采购，掩盖价格发现关键交易细节，导致需求情况难以准确判断。其次是产品差异性显著，关键矿物在品级、精炼水平、化学成分及应用场景上差异较大，增加跨区域、跨产品价格对比难度。

技术创新迭代快速，如新型电池化学配方研发可能重构矿物需求格局，提升预测不确定性。同时，各国立法、补贴、监管等公共政策对需求的影响难以量化，政策动态调整进一步加大短期与长期需求预测复杂度。最后，使用关键矿物的能源产品缺乏统一寿命界定与追踪机制，难以评估回收时间、二次生产潜力及回收效率对需求的影响。

来源：美国能源信息署(Energy Information Administration)

日期：2025 年 12 月 10 日

9. 更好更快地重建——为何能源效率对乌克兰至关重要

乌克兰正面临战后重建的巨大挑战与深刻机遇。自 2022 年冲突升级以来，其建筑存量遭受重创，约 13% 的住房受损，重建需求估计高达 840 亿美元。然而，这不仅仅是恢复原状的任务，更是一个推动系统性能效转型的契机。目前，建筑部门消耗了全国近 40% 的终端能源，其中超过半数用于供暖，且约 80% 的现有住宅能效低下，大多建于数十年前缺乏节能标准的年代。因此，重建的核心不只是简单的修复，而是通过全面提升能源效率，构建更温暖、安全、经济且低碳的居住环境，同时创造就业并刺激经济复苏。

为此，乌克兰已经搭建起对标欧盟标准的政策框架。其中，近零

能耗建筑路线图要求公有建筑在 2025 年底前达标，并于 2027 年扩展至所有新建建筑；确立了到 2050 年将供暖制冷需求削减三分之二的目标，并配套了具体的国家行动计划。在资金层面，除了本国设立的能源效率基金，国际社会也提供了关键支持，例如欧盟和德国在 2025 年追加了 1800 万欧元的赠款，用于支持居民社区和受损建筑的改造项目。

尽管资源持续注入，但实现规模化的能效重建仍面临严峻障碍。最为突出的挑战之一是熟练劳动力的严重短缺：战争导致大量人口流失，建筑业人力缺口在某些企业高达 40%，预计 2025 年全国熟练工人缺口将超过 50 万。尽管已推出培训计划并尝试扩大招聘范围，这一瓶颈仍可能严重迟滞重建进程。此外，当前近零能耗建筑标准仍属自愿性质，其影响力有限，迫切需要转化为明确的强制性规范并辅以供应链与培训体系的发展。

尽管挑战巨大，能效改造所带来的收益同样显著。分析表明，对典型旧式住宅进行中等程度的围护结构升级并优化供暖系统，可实现超过 40% 的节能；若采用全面隔热或高效热泵技术，节能率更可跃升至 70% 左右。从经济角度看，这类改造虽需前期投入，却能大幅削减家庭长期能源开支，部分组合措施甚至可降低近 70% 的账单。此外，建筑能效的提升不仅增强了民生福祉与能源安全，还能缓解电网压力，并为集成太阳能、储能等分布式能源奠定基础，从而提升整个能源系统的韧性。

乌克兰的重建之路需要在政策、资金与技术之间取得精妙平衡。

关键在于将现有的能效标准转化为强制且可执行的法规，并通过价格改革缩小天然气与电力之间的价差，以激励供暖电气化。与此同时，国际社会的持续支持与协调性的融资机制不可或缺，以填补巨大的资金缺口。通过将能效置于重建战略的核心，乌克兰不仅能够修复战争的创伤，更有可能构建起一个更具韧性、可持续且面向未来的建筑环境，从而为国家的长期复苏与低碳转型奠定坚实基础。

来源：国际能源署（International Energy Agency）

日期：2025年10月9日

分送：校领导，党政机关管理部门，校学术委员会秘书办公室，相关教学科研单位

主编：祖大庆 翟石磊

执行编辑：张立柱 参编：王雨时 马炳钰 陈政宇 严奕卓 张家瑞