

编者按

德勤最新报告《能源领域的人工智能(AI):解锁可持续人工智能以实现有韧性的能源转型》分析,全球能源系统正站在运营效率、减排成效与能源自主的十字路口。AI不仅是优化电网、管理资产、提升能效的技术工具,更是重构能源未来的战略力量。从系统优化带来的成本节约,到数据与决策自主,AI正释放前所未有的经济与环境价值。然而,技术落地离不开数据、人才与治理的支持,更需各国在安全、伦理与创新之间寻求平衡。本期专题聚焦AI打造更可靠、更可持续的能源系统,从变革潜力、应用场景、主权原则到行动路线,解读可持续AI的落地路径。

本版文字由本报记者 潘欣 提供

AI重塑能源系统 解锁可持续未来

能源系统转型与AI的变革潜力

德勤《能源领域的人工智能(AI):解锁可持续人工智能以实现有韧性的能源转型》报告分析,全球能源系统正处于复杂而深刻的转型之中。行业领导者需在不确定环境中平衡增长需求、环保因素与运营韧性。这些挑战也带来机遇,即通过负责任地应用AI,重构能源未来。

过去十年,全球能源需求增长约15%。预计到2050年,可再生能源将占全球一次能源供应的71%、发电量的近90%,全球电气化水平将达到终端能源消费的53%。能源系统正加速向电气化转型,并整合太阳能、风能、电池储能和电动汽车等分布式资源。

面对转型过程中的复杂挑战,传统技术手段已难以满足高效规划与运营的要求。AI正迅速成为推动能源系统进步的关键驱动力。行业领导者积极部署AI解决方案,以优化运营、提高系统可靠性,并实现显著的经济与环境效益。从自动化甲烷泄漏检测到利用AI赋能的需求预测,AI正帮助利益相关方更高效、更可持续地实现目标。

德勤分析表明,到2030年,AI的节能潜力可能超过3700亿千瓦时,远高于预计的能耗(略低于1000亿千瓦时),每年可节约逾2000亿美元的成本,减少6.6亿吨碳排放;到2050年,AI的节能潜力将达到

9500万~12000亿千瓦时,相当于净零排放情景下最终能源消费量的10%以上,每年可节约近5000亿美元的成本。

随着AI日益融入关键基础设施,主权问题,即对数据、算法和决策的管控变得日益突出。主权AI强调透明度、问责制、本地能力建设和保护敏感数据。

然而,AI普及也带来了挑战:全球数据中心电力需求到2050年将达到3500亿千瓦时,可能加重环境负担。此外,数据隐私与安全问题也不容忽视。

报告指出,实现AI变革需要利益相关方的协同行动。能源与工业制造企业是应用AI的主力,需通过投资数据基础设施、培养AI人才、部署预测性维护等高影响力应用推动能源转型。科技公司负责开发针对电网稳定性、需求预测等核心挑战的解决方案,并确保可靠AI的落地。金融服务提供商通过绿色债券、优惠贷款等创新工具,支持AI驱动的可持续项目。政府与政策制定者通过建立标准、协调数据共享框架、提供经济激励和培养本地人才,为可持续主权AI奠定基础。

AI将助力全球能源系统变革,提升其韧性与效率。各方携手克服数据获取、人才技能、基础设施和治理障碍,方能依托AI共建安全、包容且可持续的能源未来。

AI在能源系统的应用

现代能源系统日趋复杂,可再生能源与传统能源的融合、电气化的普及、行业间的紧密联系,对系统管理提出了更高要求。AI能快速处理海量数据并生成精准预测,为满足这些复杂需求提供了有力支撑。AI在能源系统中的应用主要集中在三大领域,即系统优化与控制、资产全生命周期管理,以及终端用能能效管理。

系统优化与控制

AI可对电网实施更智能、灵敏的管理,支持能源系统优化运行。

在电网运行方面,AI通过持续处理数百万个传感器的数据流,支持电网的实时运行,快速检测异常并主动进行线路阻塞管理,保障电网稳定。AI驱动的自动化还能协调电力、供热、交通和工业领域,优化能源流动,提升系统灵活性。

在供需预测与优化方面,AI通过分析天气、卫星和消费数据,实现更准确的供需预测,从而有效地利用发电能力。AI还可调节电厂运行水平和资源分配,实现发电与需求的精准匹配。

在市场优化与交易方面,AI可用于支持价格预测、风险评估和自动化交易,让能源系统更具弹性。此外,AI能帮助电网运营商更快、更准确地判定最优发电方案,使电网整体效率提升5%。

资产全生命周期管理

AI可在资产全生命周期的各个阶段创造价值,涵盖规划与决策、运维与网络安全、设计与创新等领域。

在规划与决策方面,AI通过模拟复杂能源情景、评估基础设施长期需求,结合数字孪生等技术助力战略规划和投资决策,加快能源系统规划进程,提升方案稳定性和经济可行性。数字孪生是应用广泛的AI工具,如新加坡能源集团采用该技术,

模拟设备状态和电网情景,实时反馈设备运行状况,提前预判潜在风险,显著提升了电网规划能力和系统韧性。

在运维与网络安全方面,AI赋能的平台有助于优化工业运营,提高燃料效率和产品质量。AI驱动预测性维护可减少非计划停机、延长资产寿命,并降低维护成本。研究表明,海上风电机组应用预测性维护后,停机时间减少15%,维修成本降低20%。此外,AI可监控网络并自动处置安全威胁,强化网络防护能力。

在设计与创新方面,AI正重塑新材料的设计与研发模式。如生成式AI通过分析海量数据,预测材料的结构与性质,加速了风力涡轮机的设计改进,以及太阳能电池组件、固态电池和碳捕集材料的研发进度。

用能终端能效管理

AI可帮助居民及工业用户优化用能、降低能耗。通过精准分析与实时自动化,AI实现了智能建筑管理、交通物流优化和工业运营效率提升。

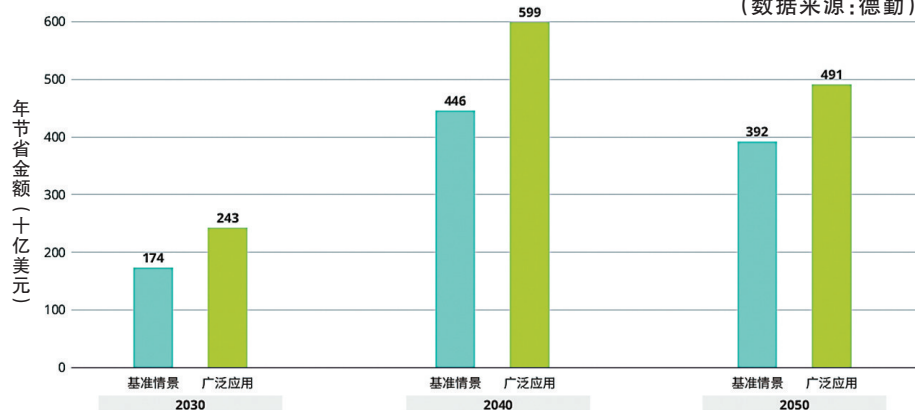
在智慧建筑方面,AI驱动的系统通过优化供暖、通风、空调系统、自适应照明、预测性控制和实时负荷调整,重新定义了能源管理。在瑞典校园的测试结果表明,经过AI优化的供暖、通风与空调系统显著降低了区域供热和电力需求。

在交通管理方面,AI有助于优化交通流量、改进路线规划,实现自动驾驶,并延长电池寿命。将AI集成至电动汽车电池管理系统,可提升充电状态估算精度、减少电池损耗,并提高能效。

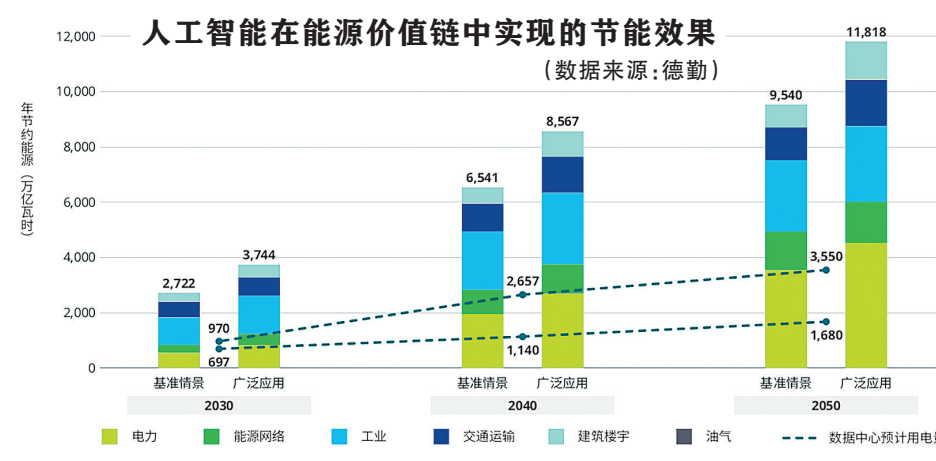
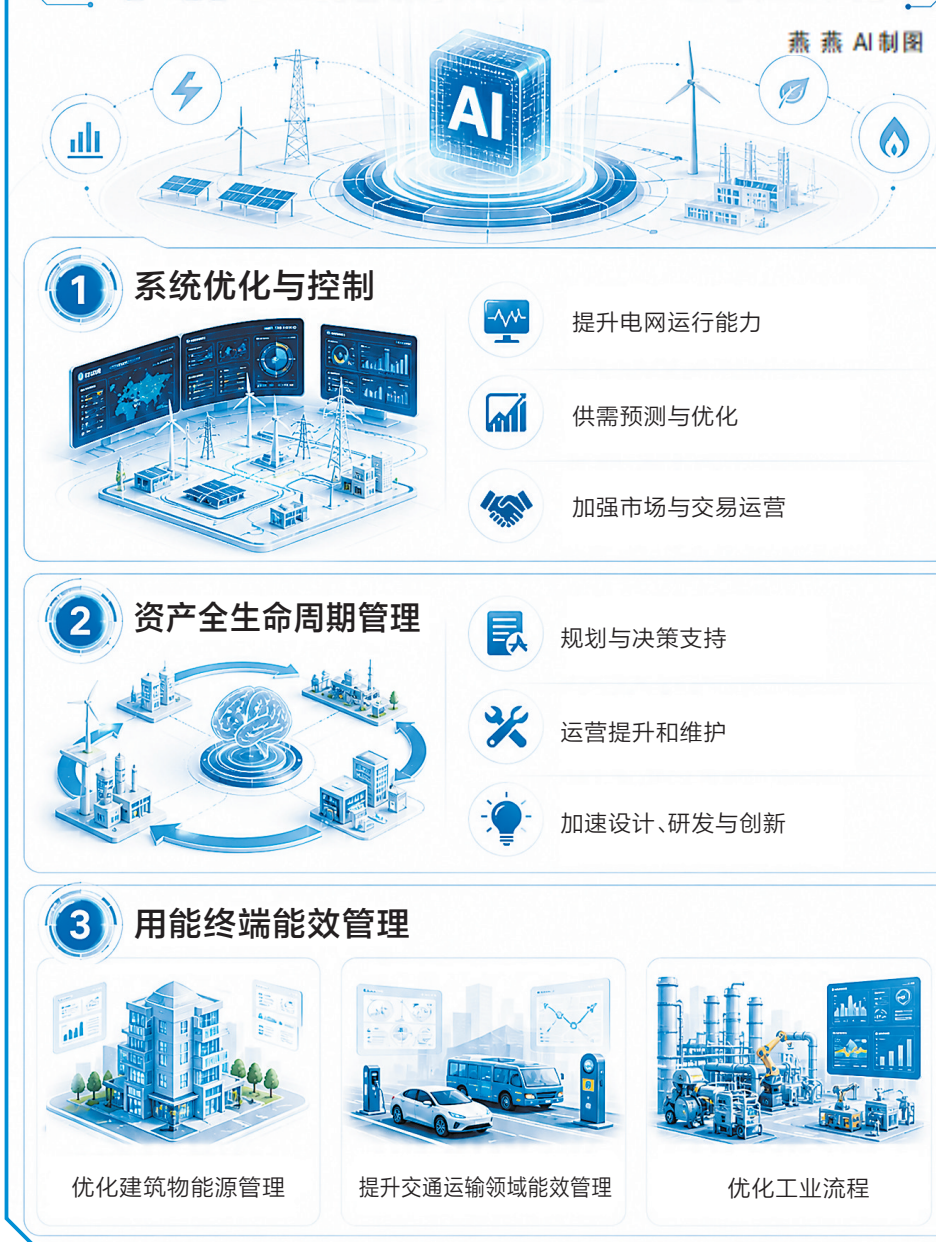
在工业流程优化方面,AI广泛应用于各类工业场景,有助于降低能耗和减少资源浪费。在流程控制中嵌入AI,结合数字孪生技术,可减少近50%的生产材料损耗。在先进制造业中,AI驱动的自动化与预测性维护,使单位产品电力消耗降低24%、生产废料减少48%。

人工智能应用在能源供应、交通和消费领域的经济效益

(数据来源:德勤)



AI在能源系统中的应用



主权AI与系统韧性

知识名片

主权AI是指在特定国家或地区对智能计算系统进行设计、部署和治理,目标是确保AI技术体现本地价值观、遵守法规并在辖区内安全维护数据。通过主权AI,各国能掌握AI基础设施和决策的自主权,从而减少对外部技术的依赖、保护敏感数据。在能源系统中,主权AI遵循四大核心原则:安全与韧性、数据与技术自主、本地能力与创新、伦理与合规。

在安全与韧性方面,AI的普及加剧了网络犯罪的复杂性与规模。2020年~2022年,针对电力行业的网络攻击数量翻了一番,仅2022年欧洲就报告了48起此类攻击。随着生成式AI带来了新型威胁,各国应加强并协调网络安全战略,以保护能源基础设施。

在数据与技术自主方面,主权AI需要先进的数据中心和数据本地化政策,确保数据处理和存储在辖区内进行。各国对AI的控制有助于减少对外部技术的依赖,降低外部影响风险。通过优先发展本地能力,各国可更好地保护敏感数据,使AI政策与区域利益保持一致。

在本地能力与创新方面,AI的应用有助于推动全球及本地经济增长,仅生成式AI未来十年就可为全球经济贡献约7万亿美元,将为能源行业的数字化转型提供资金和技术支持。各国可培育本国AI产业,创造就业、吸引投资,推动经济增长和国家竞争力提升。

在伦理与合规方面,AI系统可能因暴

露敏感数据或助长数据滥用行为而引发隐私风险。投资主权AI可使各国利用本地数据、优先事项和价值观来构建和训练AI系统。

上述原则的落地,使得AI可在能源系统中创造更大价值。AI不仅能增强能源系统的韧性,还能提升其自主性。AI驱动的系统通过精准预测和实时检测,协助应对设备故障、供应中断或网络威胁等外部风险。同时,在能效提升方面,AI有助于降低总体能源需求,其支持的电网管理和系统优化可促进清洁能源的整合。这些进步能减少各国对进口能源的依赖,提高能源安全与经济独立性。

德勤报告分析称,以高度依赖能源进口的欧盟为例,如果AI潜在在能源领域充分发挥,欧洲的油气消费量可分别减少约226太瓦时和230太瓦时,相当于2023年欧洲石油进口量的约5%和天然气进口量的约7%。消费量下降不仅减少了为非可再生能源的支出,更降低了供应中断和价格波动风险。

解锁可持续的主权AI

德勤报告指出,AI有望成为能源领域的变革力量,推动能源系统向更可持续、更具韧性的方向转型。实现“可持续的主权AI”这一目标,需要能源公司、科技公司、金融服务提供商、政策制定者协同行动。

能源公司与工业制造商:从数据基础设施到高影响力应用

能源公司和工业制造商在实施AI解决方案方面处于领先地位,利用资产、数据和技能,推动全系统转型和价值创造。

投资建设高质量的数据基础设施,并优先开展运营和市场数据的采集、整理与整合。为支持AI模型的训练与部署,建立跨资产、跨部门操作的标准化数据格式,辅以强大的网络安全措施和数据治理政策,保障业务持续运行、敏感数据受到保护。

开展AI专项培训项目,培养AI人才。2018年~2024年,能源和采矿行业的AI人才占比较教育、金融服务、科技、信息和媒体行业低约40%。提升公司内部AI能力,有助于解读AI输出、管理系统并推动AI应用与业务流程的持续改进。

部署高影响力应用。已被验证的应用包括:预测性维护、效率提升、高级预测和电网优化,可在多种资产进行部署,产生累计经济效益。

借助云计算与边缘计算,提升AI的利用率。云平台处理大规模数据训练复杂AI模型;在靠近传感器或变电站等设备的边缘端部署AI,可实现实时数据分析和快速决策,减少传输延迟、分散能耗。

通过研究与技术合作、公私合作伙伴关系(PPP)和全行业的数据共享实践,促进跨领域协作。企业可获得先进AI技术和监管支持,并利用准确、可靠且匿名处理的数据,满足数据隐私要求。

科技公司:从技术开发到负责任的AI

科技公司在推动行业变革方面发挥重要作用,能弥合AI前沿技术能力与能源行业运营需求的差距。

首先,引领AI技术开发与创新。针对电网稳定性、需求预测和预测性维护等挑战提供解决方案,持续投资AI与物联网、数字孪生、云计算的交叉融合领域。

其次,主动与能源利益相关方合作,改善数据共享机制,并制定行业特定的解决方案。提供数据中心的透明信息,共同开发电力需求预测方法,协助能源供应商应对AI用电需求增长。而技术供应商可协助能源行业领导者有效规划基础设施,提高电网可靠性,并加快清洁能源整合的创新步伐。

再次,采用清洁能源采购策略。科技企业可优先采购低碳电力,率先应对数据中心能耗快速增长的挑战。具体措施包括:更多采用长期电力购买协议(PPA)、将数据中心与清洁能源设施进行协同布局。这不仅有助于企业实现可持续发展目标,还能提升当地电网的韧性。

最后,提高AI的可信度。将可解释性、伦理规范和强合规机制融入AI系统,提供透明算法和数据主权的文档,以支持可信且透明的AI决策。各类开源工具和知识共享措施能够助力打造安全可靠的AI模型,并有助于降低中小企业的准入门槛。

金融服务提供商:从创新融资到风险评估

金融服务提供商在支持和扩大能源领域由AI驱动的创新方面发挥着重要作用,不仅是资金支持方,也是使用者。

优先支持可持续的AI驱动能源和数字基础设施项目,部署绿色债券、优惠贷款和夹层融资(介于优先债务与股权之间的混合融资工具)机制,以支持数据中心建设、电网升级和清洁能源整合。

制定风险评估框架,应对网络安全、监管变化和运营韧性等挑战。保险公司可开发新的承保模式应对AI特有的风险,金融机构可利用AI加强风险识别、自动化财务流程,并提升资产估值能力。

主动开展跨领域合作,与政策制定者、科技公司、公用事业机构合作确定投资重点,降低AI项目风险。为构建稳健、负责任、创新的AI驱动能源生态系统奠定基础。

政府和政策制定者:从标准制定到包容性发展

政策制定者在推动AI在能源系统中的应用方面发挥着重要作用,其影响力有助于实现可持续的主权AI目标。

建立标准,在基础设施项目中明确AI透明度和问责制标准,消除发展障碍。协调跨行业和跨境数据共享框架,推动AI模型的协作开发和区域能源系统的优化,持续对高质量、具备可操作性的科研数据集进行投资,欧盟 Enershare 平台就是典型范例。

提供经济激励,通过补贴、税收激励等措施降低AI创新风险。投资本地能力建设,通过教育、培训和创新中心培养本土AI人才。推广灵活政策,适应AI技术和能源市场的快速变化,降低监管过时风险。