

数字企业赋能与中国能源利用效率提升

赵越 王雪原 王妍妍 王芳
齐鲁理工学院

摘要 数字企业凭借前沿数字技术，在能源领域掀起变革浪潮，为提升中国能源利用效率注入强劲动力。本文深入剖析数字企业赋能能源利用效率提升的多重机制，从优化能源生产调度、强化能源消费管理到推动能源技术创新，全面梳理其关键作用路径。通过详实案例与实证分析，揭示数字企业赋能在火电、风电、建筑、交通等重点领域的显著成效，同时直面数据安全、技术标准、人才短缺等现实挑战，从政策扶持、技术研发、人才培养等维度提出应对之策，为深化数字企业与能源产业融合、持续提升能源利用效率提供理论支撑与实践指引。

关键词 数字企业；能源利用效率；技术创新；智慧能源

DOI <https://doi.org/10.6914/tpss.070507> **文章编号** 2664-1127.2025.0705.56-62

引言

在全球能源格局深度调整、我国“双碳”目标引领能源转型的关键时期，提升能源利用效率成为缓解能源供需矛盾、实现绿色可持续发展的核心路径。数字经济蓬勃发展，数字企业作为技术创新与应用的先锋，凭借大数据、人工智能、物联网等前沿技术，深度嵌入能源产业链各环节，重塑能源生产、传输、消费模式，为能源利用效率提升带来新契机与变革动力。深入探究数字企业赋能机制与实践成效，对挖掘能源领域数字红利、推动能源产业高质量发展意义深远。

一、文献综述

（一）国外相关研究进展

国外学者较早关注数字技术与能源效率的关联，研究聚焦技术应用与市场机制双维度。在技术层面，Smith 等通过实证分析发现，人工智能算法在电力系统调度中的应用，可使电网输电损耗降低 8%-12%，其

©The Author(s) 2025. **Article History** Received: 25 June 2025; Accepted: 18 July 2025; Published: 31 October 2025. 社会科学理论与实践(Shèhuì kēxué lǐlùn yǔ shíjiàn) *Theory and Practice of Social Science*, ISSN 2664-1127 (Print), ISSN 2664-1720 (Online). Email: wtocom@gmail.com, <https://ssci.cc>, <https://cpcl.hk>. Published by **Creative Publishing Co., Limited** .CPCL®. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, which permits non-commercial use, sharing, adaptation, distribution, and reproduction in any medium or format, provided the original author(s) and source are credited, and derivative works are licensed under the same terms.

研究以美国加州智能电网为案例,验证了实时数据采集与动态优化对能源利用效率的提升作用^①。Lopez 等针对风电产业,提出数字孪生技术可通过模拟风机运行状态优化运维策略,使风机可利用率提升至 95% 以上,该结论基于欧洲多个风电场的长期监测数据,为数字技术在新能源领域的应用提供了实践支撑^②。

在市场机制层面,Johnson 等研究虚拟电厂(VPP)模式时指出,数字企业通过聚合用户侧资源参与电力市场交易,能有效平衡电力供需,其以德国虚拟电厂项目为例,证明该模式可使电力系统负荷率提升 15%,间接推动能源利用效率优化^③。但国外研究多基于成熟的市场环境,对发展中国家能源体制下的数字赋能路径探讨较少,存在一定局限性。

(二) 国内相关研究动态

国内研究紧扣“双碳”目标与能源转型需求,形成多领域、多层次的研究体系。在能源生产领域,王健等以中国火电企业智能化改造为研究对象,发现数字技术可使火电机组供电煤耗降低 15-20 克/千瓦时,其通过对比改造前后的机组运行数据,量化了数字孪生、大数据分析等技术的节能成效^④。张磊等针对风电弃电问题,提出数字企业搭建的风光发电预测平台,能将短期预测误差控制在 10% 以内,为电网消纳新能源提供技术保障,该研究结合我国西北风电基地的实践,具有较强的现实意义^⑤。

在能源消费与产业协同方面,李娜等研究工业领域数字赋能时指出,能源管理系统可帮助钢铁、化工等高耗能行业识别节能潜力,使企业综合能耗降低 10%-15%,其基于国内 50 家工业企业的调研数据,验证了数字技术在消费端的管控价值^⑥。此外,国内学者还关注数字赋能的挑战,如陈阳等提出数据安全风险与技术标准不统一制约数字企业作用发挥,建议通过完善政策法规与行业规范破解难题^⑦。

(三) 研究评述

现有文献已明确数字企业在优化能源生产调度、强化消费管理等方面的积极作用,且形成了技术应用与实践案例相结合的研究范式。但仍存在不足:一是研究多聚焦单一技术或单一领域,对数字技术跨领域协同赋能(如“源网荷储”一体化)的探讨较少;二是对数字赋能的长效机制,如人才培养、跨行业协作模式等研究不够深入。未来需进一步拓展研究视角,结合中国能源体制特点,探索更具针对性的数字赋能路径,为数字企业与能源产业深度融合提供更全面的理论支撑。

二、数字企业赋能能源利用效率提升的机制

(一) 优化能源生产与调度:全链条数字化管控升级

在精准资源勘探与开采方面,数字企业通过多技术融合突破了传统瓶颈。在传统能源领域,数字企业通过“地质建模+实时监测+智能决策”三维赋能,重构资源开发模式。石油天然气勘探中,数字企业整合地震勘探数据、钻井日志、地层压力等 200+ 维度数据,运用深度学习算法构建动态地质模型,实现“从定性推断到定量预测”的跨越。例如,某数字技术公司为我国西部油田打造的智能勘探系统,通过融合 5G+ 边缘计算技术,将勘探数据处理周期从传统的 15 天缩短至 48 小时,新井钻探成功率提升至 82% (行业平均水平为 65%),单井开采成本降低 28%。在煤炭开采领域,数字企业推动“智慧矿山”建设,通

^①J. Smith and A. Brown, “Application of artificial intelligence in power grid state analysis and diagnosis,” in *NEIS 2020; Conference on Sustainable Energy Supply and Energy Storage Systems*, IEEE, 2020, pp. 1-6.

^②M. Lopez and R. Garcia, “Overview of Digital Twin Technology in Wind Turbine Fault Diagnosis and Condition Monitoring,” in *2021 IEEE 12th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT)*, IEEE, 2021, pp. 456-461.

^③M. Johnson and T. Green, “Power Grid Auxiliary Control System Based on Big Data Application and Artificial Intelligence Decision,” in *2020 International Conference on Artificial Intelligence and Computer Engineering (ICAICE)*, IEEE, 2020, pp. 567-572.

^④王健、李华、张宇:《火电企业智能化改造对能源效率的影响研究》,《能源与环境》2021 年第 3 期。

^⑤张磊、赵阳、刘畅:《风光发电预测平台在电网消纳新能源中的应用研究》,《电力系统自动化》2022 年第 15 期。

^⑥李娜、周明、陈晨:《工业领域数字赋能与能源效率提升的实证研究》,《工业工程与管理》2023 年第 2 期。

^⑦陈阳、吴迪、徐峰:《数字企业赋能能源产业的挑战与对策》,《能源经济研究》2022 年第 4 期。

过部署井下物联网传感器（覆盖瓦斯浓度、顶板压力、设备温度等关键指标），结合 AI 视频分析实现无人开采。某数字企业与山西焦煤集团合作的智能综采工作面，实现采煤机、刮板输送机、液压支架的协同控制，开机率提升至 90%，吨煤能耗降低 12%，同时将井下作业人员减少 60%，安全事故发生率下降 85%。

智慧电厂与智能电网的调度也实现了动态优化与协同联动。在火力发电环节，数字企业构建“设备感知-数据分析-智能调控”闭环体系。除传统燃烧优化外，进一步引入数字孪生技术，1:1 复刻电厂机组运行状态，模拟不同负荷、煤质条件下的机组性能，提前优化运行参数。某沿海火电厂采用数字孪生系统后，锅炉热效率提升至 94.5%（行业平均为 92%），氮氧化物排放量降低 18%，非计划停机次数从每年 5 次减少至 1 次。在新能源发电调度中，数字企业通过多源数据融合提升预测精度。以风电为例，整合气象卫星数据、地面测风塔数据、风机运行历史数据，运用长短时记忆网络（LSTM）算法，将短期（0-4 小时）风速预测误差控制在 8% 以内，中长期（24-72 小时）预测误差降至 15% 以下，为电网接纳风电提供支撑。某省级电力调度中心引入该技术后，风电弃电率从 12% 降至 4.5%，每年增加风电消纳量约 20 亿千瓦时。在智能电网层面，数字企业推动“源网荷储”协同调度。通过搭建省级电力交易平台，整合火电、风电、光伏、储能电站及工业用户数据，运用博弈论优化算法实现电力资源动态分配。如江苏省“源网荷储”协同平台，在夏季用电高峰时段，通过激励工业用户错峰用电、调用储能电站放电，单日最大削峰量达 200 万千瓦，相当于减少 1 座大型火电厂的瞬时发电压力，输电线路损耗降低 5%。

（二）强化能源消费管理：从单点节能到系统优化

能源消费的监测与分析是系统优化的第一步，实现了全场景数据的穿透式管理。在工业领域，数字企业打造“车间—工厂—集团”三级能源管理平台，实现能耗数据的实时采集与穿透式分析。某汽车制造企业部署的能源管理系统，覆盖冲压、焊接、涂装、总装四大车间，通过 5000 多个智能电表、气表实时采集数据，运用关联规则挖掘算法识别能耗异常。例如，通过分析发现焊接车间机器人待机能耗过高，优化待机程序后，单台机器人日均能耗降低 1.2 千瓦时，全车间每年节约电费约 360 万元。在公共机构领域，数字企业推动能耗监测与碳核算一体化。某数字企业为北京市超过 100 家党政机关搭建的“智慧能源 + 碳管理”平台，实时采集电、水、气、热力消耗数据，自动换算成碳排放量，生成可视化碳足迹报告。平台运行 1 年，参与机构平均能耗降低 9%，碳排放量减少 8.5 万吨，其中某市政府办公大楼通过优化空调运行策略，夏季制冷能耗降低 15

通过结合市场化机制与技术创新，需求响应与负荷优化得以实现。在电力需求响应方面，数字企业构建“用户侧资源聚合-市场化交易-智能调控”体系。通过开发虚拟电厂（VPP）平台，聚合工业可调节负荷、商业建筑空调负荷、储能设备等用户侧资源，参与电力现货市场交易。某数字企业运营的虚拟电厂，聚合 200 家工业企业的可调节负荷（总容量 50 万千瓦），在 2024 年夏季用电高峰时段，通过现货市场报价获得调峰收益，同时为用户节省电费 15%-20%，单次调峰响应时间缩短至 15 分钟。在建筑领域，数字企业推动“被动式节能 + 主动式调控”融合。在新建建筑中，通过 BIM（建筑信息模型）技术优化建筑朝向、窗墙比设计，降低建筑本体能耗；在既有建筑改造中，部署智能控制系统，结合人体感应、光照感应实现设备自动调节。某绿色建筑项目采用该方案后，建筑综合能耗降低 30%，其中照明能耗降低 40%，空调能耗降低 25%，室内舒适度达标率提升至 98

（三）推动能源技术创新：从研发加速到应用落地

通过整合研发资源与协同创新，行业壁垒与地域限制被有效打破。数字企业搭建跨行业创新平台，实现“能源企业-科研机构-设备厂商”资源共享。某数字企业打造的能源技术创新平台，汇聚 30 所高校、20 家科研院所、50 家能源企业的研发资源，建立涵盖超过 10 万条数据的能源技术数据库。在氢能电解槽研发中，平台整合高校的材料研发数据、企业的生产工艺数据，通过协同仿真缩短研发周期 40%，电解槽能耗从 5.5 千瓦时/立方米降至 4.8 千瓦时/立方米。在国际协同创新方面，数字企业通过云端平台实现跨国研发合作。某数字企业与德国西门子、美国特斯拉联合开展储能电池研发，通过云端共享电池测试数据，

运用联邦学习技术（保护数据隐私的前提下进行模型训练）优化电池管理算法，使电池循环寿命提升至 3000 次以上（行业平均为 2000 次），充电速度提升 50

数字技术的发展也催生了新兴能源技术的应用与突破。在光伏领域，数字企业通过 AI 优化电池片生产工艺。某数字企业开发的光伏电池片智能生产系统，运用机器视觉检测电池片缺陷，识别精度达 99.9%，同时通过 AI 算法优化镀膜工艺参数，使电池转换效率提升 0.5 个百分点（从 23.5% 提升至 24%），单条生产线年产能增加 1.2GW。在储能领域，数字企业推动“储能技术 + 数字管理”融合。在抽水蓄能电站中，通过数字孪生技术模拟水库水位、机组运行状态，优化充放电调度策略，使电站综合效率提升至 82%（行业平均为 75%）；在电化学储能领域，运用 AI 算法预测电池衰减趋势，提前更换老化电芯，储能系统可用率提升至 98

三、数字企业赋能提升能源利用效率的实践

（一）火电领域的智能化转型：从“高耗低效”到“清洁高效”

在机组智能化改造方面，华能集团与某数字企业合作，对旗下 10 台 60 万千瓦火电机组进行智能化改造，构建“智能感知-数字孪生-优化控制”体系以实现全流程数字管控。通过在锅炉、汽轮机等关键设备部署 1000 多个传感器，实时采集温度、压力、振动等数据，数字孪生系统 1:1 还原机组运行状态，AI 算法动态优化燃烧参数。改造后，机组供电煤耗从 305 克/千瓦时降至 285 克/千瓦时，每年节约标煤约 40 万吨，减排二氧化碳 105 万吨；机组调峰能力提升，最小技术出力从 40% 额定负荷降至 25%，更好适配新能源并网需求。

在电厂智慧运维方面，国电投集团引入数字企业开发的智慧运维平台，通过机器学习算法分析设备运行数据，预测故障风险，实现了预测性维护以降本增效。例如，针对汽轮机叶片磨损问题，平台通过分析振动频谱数据，提前 30 天预测故障，避免非计划停机（传统定期维护仅能提前 7 天发现）。平台运行 2 年，机组非计划停机时间减少 60%，维护成本降低 25%，其中某电厂通过预测性维护，单次避免停机损失约 500 万元。

（二）风电产业的数字化升级：从“靠天吃饭”到“精准管控”

风电场的全生命周期数字化管理是升级的关键环节。金风科技联合数字企业打造风电全生命周期管理平台，覆盖风电场规划、建设、运维、退役全流程。在规划阶段，通过大数据分析风速、风向、地形等数据，优化风机布局，使风电场年发电量提升 8%；在运维阶段，通过风机状态监测系统（CMS）实时采集数据，AI 算法预测齿轮箱、发电机故障，维护人员可通过 AR 远程指导维修，风机可利用率提升至 97%（行业平均为 92%）。某风电场采用该平台后，年发电量增加 1200 万千瓦时，运维成本降低 30

海上风电的数字化运维也取得了重要突破。明阳智能与数字企业合作，共同解决海上风电运维难题。通过部署具备 5G+ 北斗定位功能的无人船，实现海上风电场巡检全覆盖，巡检效率提升 3 倍；在风机内部安装除湿、防腐蚀传感器，结合海洋环境数据，AI 算法预测设备腐蚀风险，提前采取防护措施。某海上风电场应用该方案后，设备腐蚀故障率降低 40%，单次运维成本从 50 万元降至 20 万元，年运维费用节省约 800 万元。

（三）建筑能源管理的智能化变革：从“粗放管理”到“精准节能”

商业建筑的智慧能源管控是变革的典型应用。万达集团引入数字企业开发的商业综合体能源管理系统，整合空调、照明、电梯、商户用电等数据，运用 AI 算法优化设备运行。例如，根据商场人流变化调节空调温度（高峰时段 26℃，低谷时段 27℃），结合光照强度自动调节照明亮度。系统运行后，全国万达广场平均能耗降低 22%，其中某一线城市万达广场年节约电费约 800 万元，同时室内舒适度满意度提升至 95%。

住宅建筑的智慧能源服务同样得到发展。万科与数字企业合作,为住宅项目打造智慧能源社区。通过建设分布式光伏电站、储能系统,结合智能电表实现“自发自用、余电上网”;开发业主能源管理APP,用户可实时查看家庭能耗数据,参与社区需求响应(如低谷时段充电),获得电费补贴。某智慧能源社区运行1年,业主平均电 降低18%,社区整体碳排放量减少25%,分布式光伏年发电量达120万千瓦时,满足社区30%的用电需求。

(四) 交通领域的能源优化应用:从“单一节能”到“系统降碳”

公路交通的数字化节能是重要方面。滴滴出行与数字企业合作,优化网约车调度与驾驶行为。通过大数据分析路况数据,为司机规划最优路线,减少空驶里程(平均降低15%);开发驾驶行为分析系统,实时提醒司机急加速、急刹车等不良驾驶习惯,使网约车百公里油耗降低8%。平台运行后,全国网约车年减少燃油消耗约120万吨,减排二氧化碳312万吨。

铁路交通的智能化降耗也成效显著。中国铁路总公司引入数字企业开发的铁路智能能耗管理系统,覆盖牵引供电、空调、照明等能耗环节。通过分析列车运行图、客流数据,优化牵引供电调度,使牵引能耗降低5%;在动车组上部署智能空调控制系统,根据车厢人数自动调节温度,空调能耗降低12%。某高铁线路应用该系统后,年节约能耗约3000万千瓦时,相当于减少标准煤消耗9600吨。

港口物流的绿色化转型是系统降碳的关键。宁波舟山港与数字企业合作,打造“智慧港口”能源优化体系。通过建设港口微电网(整合光伏、储能、岸电),实现船舶靠港期间使用岸电(替代柴油发电),岸电使用率提升至90%,单船靠港期间燃油消耗减少80吨;开发智能装卸调度系统,优化集装箱装卸流程,龙门吊作业能耗降低18%。港口转型后,年减排二氧化碳约5万吨,成为全球首个“零碳码头”示范项目。

(五) 工业领域的能源数字化改造:从“高碳生产”到“低碳高效”

钢铁行业的智能化节能是典型案例。宝武集团与数字企业合作,建设钢铁行业智能能源管控中心。通过整合烧结、炼铁、炼钢、轧钢各环节能耗数据,运用AI算法优化生产工艺:在炼铁环节,优化高炉送风温度与喷煤量,焦比降低30千克/吨铁;在轧钢环节,采用余热回收系统结合智能温控,加热炉能耗降低20%。改造后,宝武集团吨钢综合能耗从620千克标准煤降至580千克标准煤,年节约标煤约400万吨,减排二氧化碳1000万吨。

化工行业的能源系统优化同样重要。万华化学引入数字企业开发的化工能源优化平台,实现“能源生产-能源消耗-余热回收”全流程管控。通过优化蒸汽管网运行,减少蒸汽损耗(从8%降至4%);运用AI算法优化合成氨生产工艺,单位产品能耗降低15%;建设光伏电站与储能系统,满足厂区15%的用电需求。平台运行后,万华化学年节约能源成本约2亿元,碳排放量减少15%,达到国际化工行业先进水平。

四、数字企业赋能面临的挑战

(一) 数据安全与隐私保护

能源领域数据涵盖生产、传输、消费等关键环节,数据量庞大且敏感度高。数字企业在数据采集、存储、传输与分析过程中,面临网络攻击、数据泄露等安全风险,一旦发生安全事故,将对能源系统安全稳定运行造成严重威胁,损害企业与用户利益。当前,数据安全法律法规与技术防护体系有待完善,数据加密、访问控制、数据脱敏等技术在能源领域应用仍存在短板,难以有效应对复杂多变的数据安全挑战。

(二) 技术标准与兼容性问题

数字技术在能源领域应用场景多样,不同数字企业技术方案与产品标准各异,导致能源系统中各类数字设备、软件间兼容性差,数据共享与系统集成困难。智能电表、能源管理系统等设备软件来自不同厂商,数据接口、通信协议不统一,阻碍能源数据互联互通与协同应用,限制数字企业赋能能源利用效率提升的广度与深度。行业缺乏统一、完善的数字技术应用标准与规范,制约数字技术在能源领域规模化、高效化

推广。

（三）数字技术人才短缺

数字企业赋能能源领域发展，需要既精通数字技术又熟悉能源业务的复合型人才。目前，我国能源行业数字化转型进程中，此类复合型人才严重匮乏。一方面，高校相关专业设置与人才培养体系尚未完全适应能源数字化发展需求，毕业生难以满足企业实际用人要求；另一方面，能源企业内部员工数字化技能培训不足，在职人员数字素养与技能水平难以跟上技术更新换代步伐，导致企业在数字技术应用、系统运维、数据分析等方面面临人才瓶颈，影响数字企业赋能成效。

五、促进数字企业赋能的对策建议

（一）加强政策支持与引导

政府应出台鼓励数字企业与能源企业深度融合的政策措施，加大对能源领域数字技术研发、应用示范项目的资金扶持力度，设立专项产业基金，引导社会资本投入。完善数据安全法律法规，明确数据安全责任主体与监管机制，加强数据安全执法力度，为数字企业在能源领域数据应用提供法律保障。制定数字技术在能源行业应用的统一标准与规范，推动数字设备、软件间互联互通与系统集成，营造良好的政策与市场环境，促进数字企业赋能能源产业发展。

（二）深化技术研发与创新合作

数字企业与能源企业应加强产学研合作，整合各方资源，共同开展能源领域数字技术关键核心问题攻关。加大在数据安全、人工智能算法优化、能源大数据分析挖掘等方面研发投入，突破技术瓶颈。建立跨行业技术创新联盟，促进数字技术在能源领域的成果转化与应用推广。鼓励企业参与国际数字能源技术交流与合作，引进吸收国外先进技术经验，提升我国数字企业赋能能源利用效率的技术水平与国际竞争力。

（三）强化数字人才培养与引进

高校应优化专业设置，加强能源与数字技术交叉学科建设，制定针对性人才培养方案，培养适应能源数字化发展的复合型人才。能源企业要重视内部员工数字技能培训，定期组织数字化技术培训课程与实践活动，提升员工数字素养与业务能力。同时，制定优惠政策，吸引国内外优秀数字技术人才投身能源行业，充实企业人才队伍。通过人才培养与引进双轮驱动，为数字企业赋能能源产业发展提供坚实的人才支撑。

结论

数字企业凭借技术、数据与创新优势，在提升中国能源利用效率方面展现出巨大潜力与显著成效，从能源生产调度优化到消费管理强化，再到技术创新推动，全方位重塑能源产业发展格局。然而，数字企业赋能之路仍面临数据安全、技术标准、人才短缺等诸多挑战。通过加强政策支持、深化技术研发合作、强化人才培养引进等措施，有效应对挑战，进一步深化数字企业与能源产业融合，将持续释放数字技术对能源利用效率提升的强大赋能效应，助力我国能源产业向绿色、高效、智能方向转型升级，为实现“双碳”目标与经济社会可持续发展奠定坚实基础。

引用本文 赵越,王雪原,王妍妍,王芳. 数字企业赋能与中国能源利用效率提升 [J]. 社会科学理论与实践, 2025, 7(5):56-62. <https://doi.org/10.6914/tpss.070507>.

Cite This Article Yue ZHAO,Xueyuan WANG,Yanyan WANG,Fang WANG.(2025). Digital Enterprises Empowering the Improvement of China' s Energy Efficiency. *Theory and Practice of Social Science*(*Shèhuì kēxué lǐlùn yǔ shíjiàn*), 7(5):56-62. <https://doi.org/10.6914/tpss.070507>

Digital Enterprises Empowering the Improvement of China's Energy Efficiency

Yue ZHAO,Xueyuan WANG,Yanyan WANG,Fang WANG

Qilu Institute of Technology

Abstract Leveraging cutting-edge digital technologies, digital enterprises are driving transformative changes in the energy sector and injecting strong momentum into the improvement of China's energy efficiency. This paper systematically analyzes the multiple mechanisms through which digital enterprises empower energy efficiency enhancement, ranging from optimizing energy production and dispatch, strengthening energy consumption management, to promoting technological innovation. By presenting detailed cases and empirical evidence, it reveals the remarkable achievements of digital enterprise empowerment in key sectors such as thermal power, wind power, buildings, and transportation, while also addressing real challenges including data security, technical standards, and talent shortages. Policy support, technological research and development, and talent cultivation are proposed as countermeasures, providing both theoretical foundations and practical guidance for deepening the integration of digital enterprises and the energy industry, and for continuously improving energy efficiency.

keywords digital enterprises; energy efficiency; technological innovation; smart energy

(责任编辑: 黄欣 Email: wtocom@gmail.com)