

ZEEKR

全新极氪001

新豪华猎装轿跑



3.3s
零百加速

800V
全栈高压系统

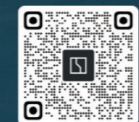
激光
雷达

8295
智能座舱计算平台

扫码预约试驾

极氪小程序

扫码了解更多



广告

本广告数据来源于厂家公布数据

ISSN 2096-5834
CN10-1573/F

思想才是力量之源

中国工业和信息化

CHINA INDUSTRY & INFORMATION TECHNOLOGY

中国电子信息产业发展研究院
赛迪工业和信息化研究院(集团)有限公司 主办

6月15日出版 2025年6月刊 第6期 总第82期

中国工业和信息化

【工信论坛】
解码新时代企业家精神内核

解码新时代企业家精神内核

【锐见】
AI大模型驱动下工业软件智能化发展路径探索 P1

【工信史话】
中国人工智能40年发展简史 P54

【工信眼】
金砖国家产业数字化转型现状及合作展望 P76

2025年 第6期 总第82期

ISSN 2096-5834



9 772096 583255



思想才是力量之源

赛迪智库
面向政府 服务决策

探究转型之道
求解变革之理



研究，还是研究 才使我们见微知著

规划研究所

工业经济研究所

电子信息研究所

集成电路研究所

产业政策研究所

科技与标准研究所

知识产权研究所

世界工业研究所

无线电管理研究所

信息化与软件产业研究所

军民融合研究所

政策法规研究所

安全生产研究所

网络安全研究所

中小企业研究所

节能与环保研究所

材料工业研究所

消费品工业研究所

《中国工业和信息化》

赛迪工业和信息化研究院

地址：北京市海淀区紫竹院路66号赛迪大厦17层 邮政编码 100048

编辑部电话：010-88558843 邮箱：zhangyu@ccidmedia.com

广告部电话：010-88559484 邮箱：liuyang@ccidmedia.com

订阅热线：010-88558799 邮箱：wangwu@ccidmedia.com



中国工业和信息化
官方微信

编辑部：赛迪工业和信息化研究院

通讯地址：北京市海淀区万寿路27号院8号楼12层

邮政编码：100846

联系人：王乐

联系电话：010-68200552 13701083941

传真：010-68209616

网址：www.ccidwise.com

电子邮件：wangle@ccidgroup.com



SCI-TECH INNOVATION
PROMOTES HIGH-QUALITY
DEVELOPMENT

科技创新 赋能高质量发展

“立体式”零碳产业园区 解决方案





P16 工信论坛 解码新时代企业家精神内核



2025年6月刊

家国情怀是新时代企业家群体奋进新型工业化的起笔之色；创新能力划破企业家前行道路上的重重迷雾；诚信守法是新型工业化大厦的厚重基石；社会责任是企业家精神里那道煦暖之光；数字经济时代的企业家正在构建开放共享的产业生态——这些元素构成了新时代企业家精神的五维内涵。

弘扬和激发真正的企业家精神，需要创造有利的社会条件特别是有利的制度环境。改革开放为培育企业家精神提供了深厚的实践土壤，伴随着社会主义市场经济体制的确立和完善，有利于弘扬激发企业家精神的社会条件和制度环境加速形成、日益巩固。

在当下瞬息万变的市场中，企业家精神不是空谈。它是企业在竞争中做出正确决策、发现新机会、整合资源实现盈利的关键能力。无论是初创企业打开市场，还是成熟企业谋求转型，掌握并践行企业家精神，都是突破发展瓶颈、实现持续增长的必经之路。

工信
头条



工信头条 产业论道

工信头条为《中国工业和信息化》杂志（中国电子信息产业发展研究院主办）公众号。
本号致力于探求转型之道，求解变革之理，服务于中国制造业。

中国工业和信息化
China Industry & Information Technology



欢迎扫码关注工信头条

广告

锐见 INSIGHT

AI大模型驱动下工业软件智能化发展路径探索

王刚 赵振利 李奕晨 1

当前，需牢牢把握工业软件智能化发展机遇，通过政策引导、技术攻坚、产业协同、生态培育四维联动，加快构建工业软件融合创新体系，为新型工业化注入强劲动能。

前沿 FRONT LINE

EDA行业进阶：AI重塑设计生态

沈锦璐 冯国楠 吕佩珏 8

当 AI 算法与芯片设计深度耦合，EDA 已不仅是效率工具，更是定义未来半导体产业格局的核心变量。从单点技术突破到全产业链协同，这场智能化变革正重塑芯片设计的底层逻辑，而生态构建能力将成为企业角逐下一个十年的核心壁垒。

工信论坛 CIIT FORUM

新时代企业家精神的历史演变与时代特征

刘坤 陈晓清 18

家国情怀是新时代企业家群体奋进新型工业化的起笔之色；创新能力划破企业家前行道路上的重重迷雾；诚信守法是新型工业化大厦的厚重基石；社会责任是企业家精神里那道煦暖之光；数字经济时代的企业家正在构建开放共享的产业生态——这些元素构成了新时代企业家精神的五维内涵。

企业家精神：企业进取的驱动力

陈炎 24

弘扬和激发真正的企业家精神，需要创造有利的社会条件特别是有利的制度环境。改革开放为培育企业家精神提供了深厚的实践土壤，伴随着社会主义市场经济体制的确立和完善，有利于弘扬激发企业家精神的社会条件和制度环境加速形成、日益巩固。

以企业家精神抓住“大有可为”的时代机遇

陈东 杨平宇 30

在当下瞬息万变的市场中，企业家精神不是空谈。它是企业在竞争中做出正确决策、发现新机会、整合资源实现盈利的关键能力。无论是初创企业打开市场，还是成熟企业谋求转型，掌握并践行企业家精神，都是突破发展瓶颈、实现持续增长必经之路。

院士思维 ACADEMICIAN THINKING

“双碳”目标下我国储能技术发展趋势

赵天寿 36

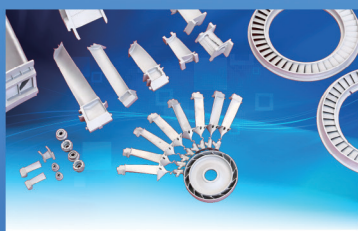
在“双碳”目标的驱动下，我国储能技术正处于快速发展与变革的关键时期。从能源转型的迫切需求出发，风光能源大规模替代化石能源已成必然趋势，而储能技术则是化解风光能源间歇性与不可控性难题的关键所在。在构建新型电力系统的进程中，储能技术在发电侧、电网侧以及用户侧均发挥着不可或缺的作用，整个新型电力系统的稳定运行离不开储能的有效支撑。



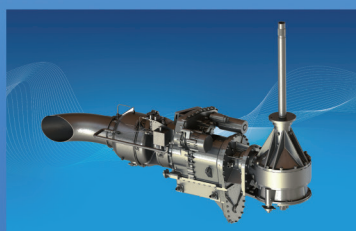
安徽应流集团

致力高端制造 矢志产业报国

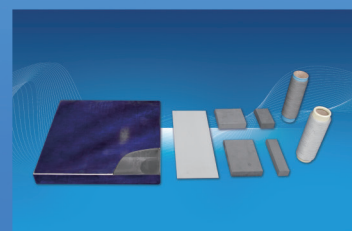
高端部件



航空装备



核能材料



证券简称：应流股份 证券代码：603308

地址：安徽省合肥经济技术开发区繁华大道566号

电话：0551-63737777

专题研究 MONOGRAPHIC RESEARCH

人工智能时代制造业转型升级的四大路径

张朝 42

通过智能化、服务化、绿色化和国际化四大路径，推动制造业从传统模式向现代化、高附加值模式转变。转型升级不仅可以提升制造企业的核心竞争力，还可以让中国制造业在全球市场中占据更加重要的地位。

多维发力 推进开源建设破局突围

辛晓华 赵娆 付海巍 48

开源发源于软件领域，已成为开放、协同、共享、共治的新型协作模式，与闭源模式双轮驱动、相互促进，打造新增长引擎，不断塑造发展新动能新优势。

工信史话 INDUSTRIAL ARCHIVE

中国人工智能40年发展简史

蔡自兴 54

中国的人工智能起步较晚，改革开放以来，中国人工智能技术发展迅猛。如今，中国人工智能迎来了发展的春天，正在酝酿一场重大的人工智能变革与创新，必将为中国的现代化建设做出历史性贡献。

管理经纬 MANAGEMENT APPROACH

以数字化转型推动制造业产品质量提升

赵文莘 李俏 李昀 60

当前，我国制造业仍面临研发设计仿真能力不足、生产过程质量波动、供应链协同不足等问题，制约了产品质量提升。未来，可通过加强质量技术攻关、搭建供应链协同平台、打造可靠性示范标杆等措施，加速制造业质量变革，推动制造业高质量发展。

创业故事 ENTREPRENEURIAL RECORDS

北电数智：打造中国特色的新型AI工厂

赵健 68

基于“1个AI底座+2大产业平台”，北电数智规划设计与建设运营的北京数字经济算力中心不久前正式落地。该AI底座的最大创新点在于，它是一次全国产芯片方案的“证明之战”，证明了国产芯片不仅能达到行业SOTA（最先进的）水平，而且做到了价格实惠。

工信眼 NEW OBSERVER

金砖国家产业数字化转型现状及合作展望

王秀芹 江振滔 董思聪 杨子毅 76

近年来，在“双循环”新发展格局与“一带一路”倡议深化推进的背景下，中国企业的全球化战略正经历从“规模扩张”到“质量跃升”的深刻转型。无论是新能源车企在巴西、南非的本地化智造，数字平台依托金砖数字经济发展倡议实现的生态化渗透，还是基建龙头通过“金砖+”合作带动全产业链“抱团出海”，均折射出中国企业在政策引导与市场倒逼下，正以创新驱动和本土化深耕重塑全球竞争格局，开启全球化发展的新篇章。

创造价值

CREATE VALUE

服务社会

BENEFIT SOCIETY

总部电话：0510-87242400

网址：www.fegroup.com



中国工业和信息化

Zhongguo Gongye he Xinxihua

6月15日出版 2025年6月刊 第6期 总第82期



广告目次

版位	厂商名称	广告内容
封二	杂志社	杂志社简介
封三	赛迪智库	赛迪智库简介
封底	极氪汽车	产品介绍
封二A	上海电气	形象广告
目次IA	工信头条	订阅广告
目次IIA	安徽应流集团	形象广告
目次IIIA	远东控股集团	形象广告
目次IIIC	力劲集团	形象广告
目次IIID	赛迪传媒	征订广告
7	多氟多	形象广告
15	TCL/格创东智	形象广告
67	美丽中国	公益广告
75	萤石	形象广告

主管单位：中华人民共和国工业和信息化部
主办单位：中国电子信息产业发展研究院
赛迪工业和信息化研究院（集团）有限公司
出版单位：北京赛迪出版传媒有限公司

社长：宋波
总编：曾纯
副总编：张煜 陈笑天
社长助理：刘洋

编辑部：张通 孙俊杰 周思雨
编辑部电话：+86(10) 88558843
编辑部邮箱：zhangyu@ccidmedia.com

发行部：王武
订阅热线：+86(10) 88558777
读者服务邮箱：wangwu@ccidmedia.com
海外总发行：中国国际图书贸易集团有限公司
国外发行代号：SM3320

设计部：孙岩

品牌市场部：迟春然 +86(10) 88559812

法律顾问：北京浩天律师事务所 李璐依

本刊地址：北京市海淀区紫竹院路66号赛迪大厦17层
邮编：100048
英文刊名：China Industry & Information Technology
汉语拼音：Zhongguo Gongye he Xinxihua

国际标准连续出版物号：ISSN 2096-5834
国内统一连续出版物号：CN 10-1573/F

广告发布登记：京海工商广登字20170178号

印刷：河北印创印刷有限公司
出版日期：2025年6月15日
定价：60.00元

版权声明：本刊刊登的所有文章仅代表作者个人观点。凡投稿本刊或允许本刊刊登的作品，均视为已授权上载于本刊网站、博客、微博、微信等新媒体使用。本刊支付的费用已包含授权费用。未经本刊编辑部书面许可，不得以任何方式转载本刊文章及图片。

股票代码：0558.HK



www.lk.world



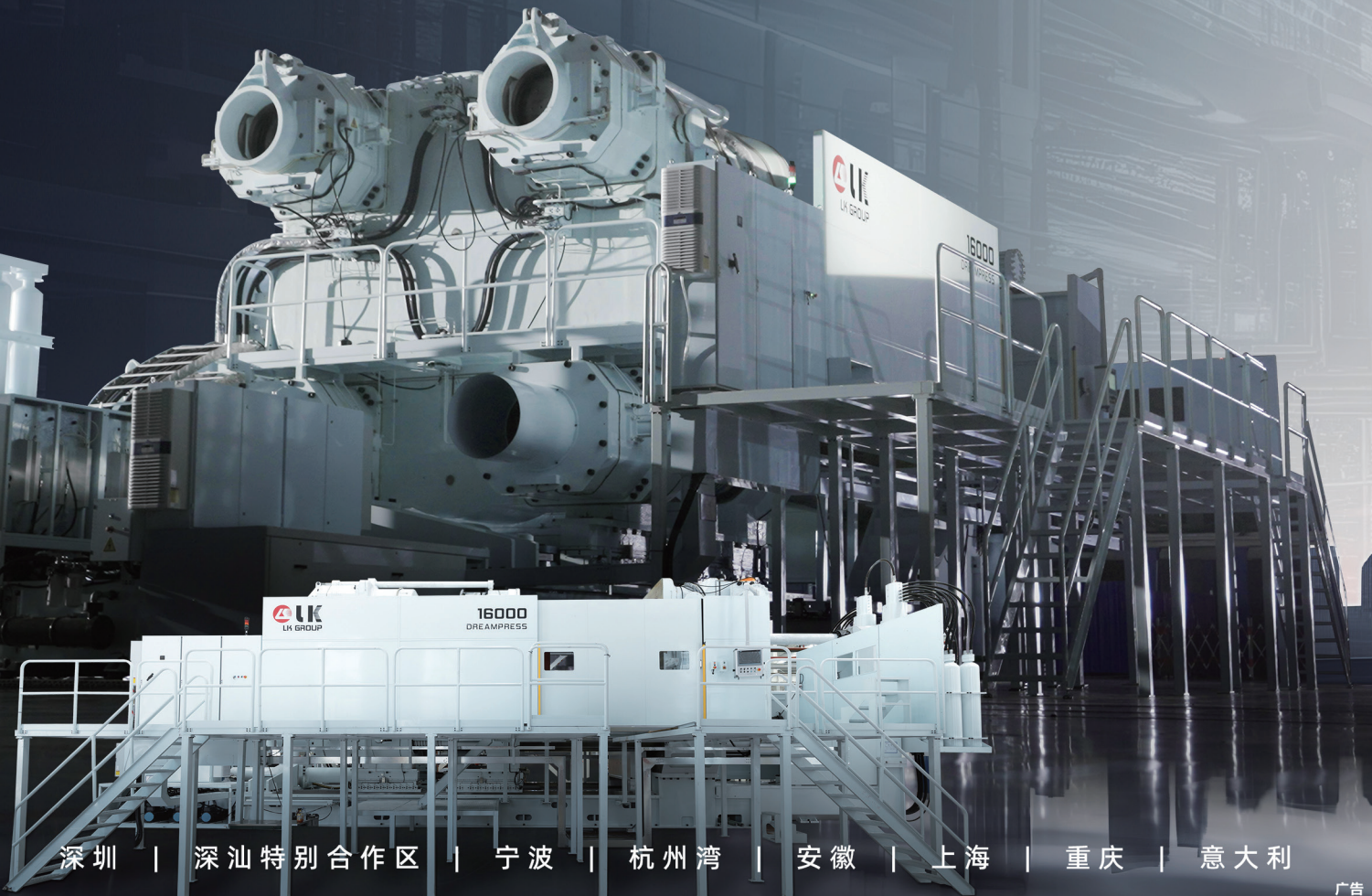
微信公众号



“筒”中破局

力劲集团以新质生产力推进一体压铸生态的形成

实现超大型压铸机核心技术的革命性突破
助推新能源汽车产业迈向一体化压铸2.0时代



深圳 | 深汕特别合作区 | 宁波 | 杭州湾 | 安徽 | 上海 | 重庆 | 意大利

广告

赛迪传媒
影响力就是生命力

报纸 / 期刊 / 资讯 / 年鉴



扫描二维码进入微信商城

赛迪传媒官方店

秀不一样的品质之选

服务专线：010-88558777

新形象 新体验 新感觉

赛迪传媒商城：主推赛迪旗下品质报刊，扫码了解赛迪出版传媒公司旗下产品

中国电子报

通信产业报

新能源汽车报

中国信息化周报
影响力就是生命力

中国计算机报

机器人产业

软件和集成电路
SOFTWARE AND INTEGRATED CIRCUIT

中国工业和信息化
CHINA INDUSTRY & INFORMATION TECHNOLOGY

数字经济
Digital Economy

智能网联汽车
Intelligent Connected Vehicles

人工智能
Artificial Intelligence VIEW

新型工业化理论与实践
NEW INDUSTRIALIZATION THEORY AND PRACTICE

网络空间安全

网络安全和信息化
CYBER SECURITY AND INFORMATIONIZATION

风能
WIND ENERGY

赛迪传媒官方微信店 总有一份资讯适合您

AI大模型驱动下工业软件智能化发展路径探索

文 / 王刚 赵振利 李奕晨

当前，需牢牢把握工业软件智能化发展机遇，通过政策引导、技术攻坚、产业协同、生态培育四维联动，加快构建工业软件融合创新体系，为新型工业化注入强劲动能。

在全球制造业数字化转型浪潮中，工业软件作为“制造业皇冠上的明珠”，正成为推动新型工业化的核心引擎。近年来，国内工业软件市场规模持续扩大，预计到2030年将突破6575亿元，但与国际先进水平相比，仍存在

技术瓶颈、生态薄弱等挑战。随着人工智能（AI）与大模型的深度赋能，中国工业软件全球竞争力将有望实现快速提升，工业软件智能化成为推动工业经济高质量发展的必由之路。当前，工业软件智能化呈现技术融合深化、云端化与一体化、国产软件加速突破、生态协同创新、场景化定制等趋势，同时面临数据复杂性及治理、行业适配性

王刚 赵振利 李奕晨 中国电子信息产业发展研究院信息化与软件产业研究所

与标准、人才复合性与培育等多重挑战。

国内工业软件智能化呈现出五大趋势

在数字化转型浪潮下，我国工业软件领域正经历智能化重构的深刻变革。随着工业软件产业与人工智能的深度融合，将加速工业软件从工具属性向智慧中枢跃迁，为制造业高质量发展注入新动能。

技术融合深化：AI与大模型驱动工业软件升级

当前，人工智能（AI）、大模型技术与工业软件的深度融合成为主流趋势，通过数据驱动、智能决策和自动化闭环，有效解决传统工业场景中的复杂问题，加速重塑工业领域研发、生产和管理模式，推动工业智能化迈向新阶段。例如，瑞风协同发布的aiEF平台通过“机器学习+智能体”双引擎技术重构工业软件的智能化范式，降低应用门槛（无代码开发、开箱即用）并推动自主进化（数据闭环、智能体协同）。生成式AI（如DeepSeek、GitHub Copilot等）通过代码生成能力，将自然语言需求直接转化为可执行代码，同时结合工业领域的专业知识库，实现从“需求描述”到“功能实现”的端到端智能化开发。云庐科技推出的全球首款CAE领域大模型CAEGPT，通过深度融合生成式AI技术与工业仿真知识库，实现仿真代码的智能生成与快速开发，显著降低CAE软件的使用门槛并提升开发效率。

云端化与一体化：从孤岛化到全链条协同

云端化不仅能够有效降低企业IT成本，还能够通过数据互联促进跨区域协作。目前，工业软件的部署模式正

经历从本地化向云端迁移的深刻变革，并逐步打破传统环节间的壁垒，向设计、生产、运维全生命周期的一体化方向演进，不仅改变工业软件的使用方式，还加速重构制造业的数字化体系，形成“云上协同、端到端贯通”的新型工业生态。例如，中望软件基于AI打造了CAD+CAE+CAM综合解决方案，通过自主内核技术、行业定制化服务与生态协同能力，进一步强化CAE能力，支持从设计到加工的全流程协同，并在船舶、汽车、机械、能源等多个行业实现深度应用。数码大方通过AI深度赋能、全链数据贯通、生态开放协同，自主研发了CAD/CAPP/CAM/PLM一体化平台，打通设计、工艺、制造全流程数据链路，实现从“单点工具应用”到“全链条智能协同”的跨越，构建了覆盖产品全生命周期的协同体系，提升全链条协同效率。

国产软件加速破局：本土企业冲击高端市场

在政策强力支持与制造业数字化转型需求的双重驱动下，中国本土工业软件企业正以AI为杠杆，撬动CAD、CAE、PLC等核心领域的“破壁”进程，推动工业知识表达与传递

方式从依赖人工经验转向数据与算法驱动，逐步构建安全可信的工业软件生态体系，提升国产工业软件的市场竞争力。例如，和利时推出的AI编程平台，将自然语言指令（如“当温度>100℃时启动冷却泵”）转化为IEC 61131-3标准代码，实现开发效率提升80%。概伦电子在EDA领域结合AI技术，推出支持先进制程的仿真工具，通过机器学习优化电路设计参数，帮助芯片企业有效缩短设计周期并降低试错成本。达摩院自主研发了全能力国产求解器，将生产排班、路径规划等复杂工业问题转化为数学模型，通过AI技术将解算时间从分钟级缩短至毫秒级，大幅提升求解性能。

生态协同创新：开源与产业链闭环建设

在人工智能技术的驱动下，工业软件开源生态与区域产业集群正成为推动技术突破和产业升级的双引擎，两者已形成“技术普惠-场景验证-产业升级”的正向循环。开源模式降低开发门槛、加速技术共享，区域集群提供落地土壤，两者协同将加速中国从“工业软件使用者”向“规则制定者”转型。例如，上海智元新创推出的全栈开源机器人灵犀

X1，通过开源硬件和软件生态，推动机器人价格降至10万元以内，实现智能装备的普及推广。中望软件基于开源社区反馈优化CAD内核，同时依托深圳产业集群的供应链资源，实现国产三维建模软件市场份额突破15%。深度求索（DeepSeek）推出的R1开源模型，通过开放训练数据集和代码，吸引了全球大量开发者参与优化，推动中国AI大模型生态快速成长，性能媲美国际主流产品。

场景化定制：垂直行业解决方案崛起

人工智能正推动工业软件从“一刀切”的通用工具，加速向“千行千面”的行业智能体演进，有效提升场景适应性与价值密度，形成“场景定义功能、数据驱动迭代、生态共建共生”的新范式，重构制造业数字化底座。例如，商飞联合索辰科技面向航空航天领域的复杂系统仿真场景，开发出专用CAE模块，可实现翼型气动仿真时间从72小时压缩至8小时，精度达国际主流软件的98%。汇川技术开发的PLC内置轻量化AI模型，通过AI模型实现边缘智能，可实现实时调整注塑机参数，良品率有效提升12%。深南电路面向PCB生产领域开发的AI-CAM系统，通过深度融合人工智能技术与传统计算机辅助制造（CAM）流程，实现钻孔代码的智能生成与优化，将材料损耗从15%有效降至3%。

工业软件智能化面临三重挑战

当前，工业软件智能化转型正处于攻坚阶段，面临数据治理、行业适配、人才培育三重结构性矛盾，既制约着工业软件全生命周期管理能力的提升，又阻碍了“端-边-云”协同智能生态的构建。

数据复杂性及治理挑战

工业软件的智能化进程高度依赖高质量数据的采集、标注与分析，但工业现场环境的复杂性给数据全生命周期管理带来多重挑战。

一方面，数据采集环节面临多源异构难题。生产线上同时存在传感器时序数据、PLC控制信号、SCADA系统日志、设备维护记录等数十种数据源，既有结构化数据库存储的工艺参数，也有非结构化的图像视频数据，数据格式涵盖JSON、CSV、OPC UA等十余种协议标准。

中国本土工业软件企业正以AI为杠杆，撬动CAD、CAE、PLC等核心领域的“破壁”进程，推动工业知识表达与传递方式从依赖人工经验转向数据与算法驱动，逐步构建安全可信的工业软件生态体系。

另一方面，制造业企业普遍存在数据治理基础薄弱的问题，数据清洗环节涉及敏感工艺参数的脱敏处理，这些核心工艺数据约占工业数据总量的38%，其加密保护和权限管理显著增加了数据预处理成本，导致企业数据利用率不足25%，数据转化和融合操作复杂，进一步制约AI模型的训练与优化。

行业适配性与标准挑战

工业场景的高度专业化特征导致智能化转型面临双重壁垒。一方面，不同垂直领域的生产流程、设备体系与数据逻辑存在显著差异，要求解决方案必须构建与行业

Know-How深度融合的定制化能力。

另一方面，制造企业普遍存在工艺参数动态调整频繁、多代设备并存、系统架构复杂交织等现实困境。

长期以来，企业依赖的单体式工业软件形成数据“烟囱效应”，不同的系统采用不同数据标准，设计变更需适配不同数据库，严重影响研发效率。现有工业软件架构多为紧耦合设计，在面对小批量多品种的柔性生产需求时，往往需要长时间的系统重构周期，难以匹配市场快速变化节奏。尽管云原生PLM等新技术可通过模块化设计进行改善，但其开发仍面临行业知识沉淀不足和标准化模板缺失的挑战。

人才复合性与培育挑战

随着我国制造业数字化转型加速推进，工业软件作为智能制造的核心载体，其人才供需矛盾日益凸显。据《关键软件人才需求预测报告》预测，到2025年，我国工业软件领域将面临12万名人才缺口，其中既精通软件开发又深谙工业机理的复合型人才尤为紧缺。

工业软件涉及芯片设计、流体力学等高端技术，需要长期技术沉淀，现有从业者中具备10年以上经验的核心技术骨干占比不足8%。目

前，我国工业软件人才培养周期长、成本高，高校课程体系与产业需求存在代际差，企业实训资源投入不足。同时，行业薪酬水平较互联网、金融等领域缺乏竞争力，近5年核心岗位薪资溢价率不足同类IT岗位的60%，40%的从业者在5年内转行至人工智能或大数据领域，导致人才外流严重。

这种人才结构失衡已形成“基础人才供给不足—关键技术攻关受阻—产业竞争力下降—人才吸引力减弱”的恶性循环，成为制约工业软件创新突破的关键瓶颈。

政策、技术、产业、生态四维发力

当前，新一轮科技革命与产业变革纵深演进，需以系统性思维统筹推进工业软件智能化发展，建议从政策引导、技术攻坚、产业协同、生态培育四个维度协同发力，形成“战略规划—技术突破—场景落地—环境支撑”的完整闭环，通过四维联动，打造形成技术突破有支撑、产业升级有动能、可持续发展有保障的良性循环格局。

政策层面：强化顶层设计与精准支持

一是强化政策顶层设计。加强

战略统筹，研究制定智能化软件开发政策，明确发展目标、技术路线图及重点领域，将智能化软件开发纳入新一代人工智能发展规划。聚焦AI辅助需求分析、智能代码生成、自动化测试验证、自主运维优化等核心领域，探索设立国家研发专项，建设智能开发算法开源社区和测试验证平台，有效提升智能化工业软件开发工具渗透率。

二是加大财税激励力度。扩大工业软件产业基金规模，重点支持三维几何引擎、物理仿真等技术研发，以及智能工厂、数字孪生等场景验证。对首版次软件、行业专用解决方案给予税收减免，降低企业采购成本，通过双向激励降低企业采购成本，构建“研发-应用-迭代”的正向循环生态。

三是完善知识产权保护。加强知识产权保护与数据治理，探索智能化生成代码的版权归属规则，建立AI辅助开发的知识产权快速确权机制。出台工业软件知识产权保护与数据共享法规，在航空航天、汽车电子等重点行业试点数据共享专利池，对恶意代码抄袭、模型参数窃取等行为建立行业黑名单并实施联合惩戒，有效保障企业创新收益和开发者权益。

技术层面：突破核心技术与融合应用

一是攻关工业软件“根技术”。通过“揭榜挂帅”等机制，鼓励“企业+高校+科研院所”联合团队，开展AI代码生成、智能调试、自动化运维等技术研发，构建安全可信的工业软件技术体系，筑牢产业链安全底座。

二是推动AI与工业软件深度融合。构建“大模型+行业知识图谱”的智能工程底座，通过云原生架构集成工业多模态数据与领域知识库，开发低代码/无代码可视化工具链，支持用户快速构建垂直场景智能体与专业模型，覆盖工业设计、仿真优化、试验验证及运维保障等核心场

景，降低AI应用门槛并提升协作效率。

三是加强数据治理与安全防护。开发工业级数据加密及动态脱敏技术，结合“边缘计算预处理+云端智能分析”的混合架构，在数据传输、存储和计算环节实施多层次防护，同步完善访问控制、入侵检测和容灾备份机制，实现数据全生命周期流转和模型运行安全。

产业层面：构建协同创新与场景驱动机制

一是打造区域产业集群。依托苏州、重庆等软件名城试点示范区，搭建“产学研用”协同创新平台，聚焦工业仿真、智能控制等关键技术研发，贯通“基础软件-场景应用-云化服务”全链条，培育龙头企业牵引、中小企业配套的产业生态，形成“关键技术+产品+服务”的产业链闭环。

二是开放行业应用场景。鼓励重点行业龙头企业提供典型应用场景和试验环境，建设工业软件中试验证平台，与产业链上下游企业共同制定中试技术规则和标准，推动计算机辅助制造（CAM）、全生命周期管理（PLM）、结构仿真、流体仿真、行业专用软件等初步成熟的工业软件加快完成中试验证；鼓励工业企业优先选取非关键工序、非重要零部件场景开展更新换代，并逐步在关键工序和零部件场景中扩大应用范围。

生态层面：培育开源社区与人才体系

一是建设开源生态与标准体系。支持工业软件开源社区建设，鼓励企业、高校共建共享算法模型库和开发平台，减少重复投入。加快制定智能化软件开发工具、数据接口、安全评估等标准，推动技术兼容性与开放性，加快建立行业标准与生态体系。

二是深化产学研合作。依托国家特色化示范性软件学院平台，联合行业龙头共建校企联合实验室与实训基地，开发智能化软件开发案例库及模块化教材，引入企业导师打造“双师型”师资体系，定向培养兼具算法开发与工业场景经验的复合型人才，推动“AI+软件工程”跨学科培养，加速科研成果向产业应用转化，全面支撑制造业智能化技术攻坚与人才储备需求。

三是优化人才激励机制。设立工业软件人才发展基金和股权激励计划，重点支持核心算法、系统架构等领域研发人员，激发创新活力，加速关键技术突破与成果转化，吸引全球高端人才集聚，提升产业核心竞争力，为制造业数字化转型提供长效人才保障。🔧

责任编辑：张煜
zhangyu@ccidmedia.com

多氟多新材料股份有限公司

—氟通四海 锂行天下 硅达五洲 智创未来—



多氟多新材料股份有限公司是一家致力于氟、锂、硅三个元素细分领域进行材料和能源体系研究及产业化的国家技术创新示范企业、国家知识产权示范企业。主营业务为氟基新材料、电子信息材料、新能源材料和新能源电池。



氟基新材料

高分子比冰晶石、无水氟化铝



电子信息材料

超净高纯电子级氢氟酸



新能源材料

高纯晶体六氟磷酸锂



新能源电池

动力锂离子电池

地址：河南省焦作市中站区新园路科技大厦

电话：0391-2802615 2800066

官网：www.dfdchem.com



扫一扫 关注多氟多 广告

EDA行业进阶：AI重塑设计生态

文 / 沈锦璐 冯国楠 吕佩珏

当 AI 算法与芯片设计深度耦合，EDA 已不仅是效率工具，更是定义未来半导体产业格局的核心变量。从单点技术突破到全产业链协同，这场智能化变革正重塑芯片设计的底层逻辑，而生态构建能力将成为企业角逐下一个十年的核心壁垒。

人工智能时代，电子设计自动化迈向更高效、更协同的发展。行业头部企业正在积极推进智能化布局，并与集成电路顶尖制造商协同开发先进技术与产品。未来，可结合大语言模型深度赋能、云服务平台同步共享等技术发展新趋势，加速构建芯片设计的协作生态。

沈锦璐 冯国楠 吕佩珏 中国电子信息产业发展研究院集成电路研究所

电子设计自动化（Electronic Design Automation, EDA）是利用计算机辅助进行集成电路设计的工业工具，是集成电路产业“软实力”的重要内容。伴随芯片设计基础数据量的不断增加、系统运算能力的阶跃式上升，人工智能技术在 EDA 领域的应用需求逐步上升。依托

人工智能技术重构集成电路设计范式，能够大幅提升芯片设计自动化水平，精准预测和优化芯片的功耗、性能、面积（Power, Performance, Area, 简称PPA），实现芯片设计端的降本增效。为此，行业头部企业已加速布局智能化EDA，协同产业链上下游形成更高效的芯片设计解决方案，推动形成资源整合的芯片设计合作生态，从而提升产品实力和企业竞争力。

全球EDA市场发展情况

EDA行业规模持续增长

随着智能汽车、物联网、人工智能等新兴技术的普及，集成电路设计日益复杂，动辄数百亿颗晶体管规模的芯片设计、制造和封测对EDA与具有知识产权的可重用设计模块（Intellectual Property, IP）的依赖日益增加，推动EDA行业规模不断增长。根据国际半导体行业协会（Semiconductor Equipment and Materials International, SEMI）数据，2018年至2024年全球EDA/IP市场规模稳步增长，2024年达178亿美元，同比增长6.1%，近五年年均复合

增长率达9.1%。预计2029年市场规模达到266亿美元，年复合增长率将达8.5%。就全球EDA行业参与者来看，行业第一梯队仍由拥有完整、全流程产品的新思科技，楷登电子和西门子EDA三家巨头公司牢牢占据，凭借其高强度技术研发投入、完整生态链构建形成了较高的行业壁垒和用户黏性。

头部厂商加速并购整合

在全球集成电路产业迈向数字化转型和协同生态重构的发展态势下，头部EDA厂商持续采取并购整合战略，加速向系统转型升级。2023年11月，西门子完成对Insight EDA公司的收购，其在电路可靠性验证领域的技术路线图得以完善。楷登电子在2024年1月和6月先后并购系统级解决方案提供商Invecas和BETA CAE，补齐结构分析短板，巩固其多领域工程仿真解决方案的领先地位，这也与楷登电子的智能系统设计（Intelligent System Design, ISD）战略相符。此外，楷登电子于2025年1月与4月先后宣布就收购领先嵌入式安全IP平台提供商安全集成电路（Secure-IC）达成最终协议、与安谋科技达成最终协议收购“工匠”（Artisan）基础IP业务，明确了楷登电子扩大其设计IP产品线的方略。新思科技拟收购安似科技事宜于2024年1月宣布达成最终协议，截至2025年3月已陆续通过美国、欧盟、英国等主要司法管辖区的反垄断审查，若收购成功达成将有力提升新思科技的仿真和分析能力。

战略支持方向注重智能化

为维护EDA领域的全球领先优势，美国近年来持续强化EDA智能化战略布局。2017年，美国国防部高级研究计划局推出的“电子复兴计划”中已经开始支持电子设备智

能设计 (Intelligent Design of Electronic Assets, IDEA) 项目, 描绘出人工智能技术赋能EDA工具发展的新目标与新方向。其中提出的目标是实现“设计工具在版图设计中无人干预的能力”, 即由人工智能和机器学习的方法固化设计经验, 进而形成统一的版图生成器, 以期实现通过版图生成器在24小时之内完成系统级芯片 (System on Chip, SoC)、系统级封装 (System in a Package, SiP) 和印刷电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 的版图设计。2024年美国白宫科技政策办公室发布《国家微电子研究战略》, 在“提高数字工具能力的战略方法”中专门提到“进一步将人工智能和机器学习以及基于物理的方法集成到EDA工具中”, 明确其在EDA领域的智能化布局战略。

全球厂商的智能化EDA布局实践

全球领先的EDA厂商正加速展开智能化EDA布局, 通过工具推出、算法更新、平台服务等寻找人工智能与EDA融合的芯片设计解决方案, 并加强与顶尖集成电路制造厂商等的协作, 瞄准芯片设计的核心任务——优化芯片的功耗、性能、面积, 共同提升芯片设计效率。

新思科技 (Synopsys)

新思科技于2020年初推出融合人工智能与EDA的芯片设计解决方案DSO.ai, 其使用自主的寄存器传输级 (Register-transfer Level, RTL) 至GDSII (Graphic Design System II) 全流程优化, 帮助芯片设计实现更高性能、更低功耗、更小芯片面积。DSO.ai的主要优势在于突破性强化学习引擎, 能够在优化过程中进行智能学习并缩小设计空间, 从而加快结果转化速度并降低计算成本。

DSO.ai已成功应用于多家芯片相关企业, 例如, 意法半导体在云上采用DSO.ai, 利用通用数据结构实现远程调度任务, 节省了大量计算资源、基础设施设置时间, 并有效提升PPA探索效率; 微软将DSO.ai用于自动化设计空间探索, 在不降低其他指标的前提下, 推动所有区块的功率提高了10%-15%。

面向先进工艺开发, 新思科技由人工智能驱动定制设计, 共同合作形成差异化的产品组合。例如, 新思科技采用其设计技术协同优化工具替换Intel 18A工艺技术, 其AI驱动的数字和模拟设计流程已通过英特尔代工的Intel 18A工艺认证; 聚焦由Synopsys.ai驱动的人工智能EDA流程, 利用台积电的N2和A16工艺提升人工智能和多芯片设计的计算性能和工程生产力, 加快向新设计节点的迁移速度。为进一步提升协作设计效率, 新思科技和台积电还通过台积电的云认证启用了基于云的EDA工具, 以便于共同客户能够访问与台积电先进工艺技术无缝集成的云就绪EDA工具。

楷登电子 (Cadence)

楷登电子于2021年7月推出行

业首款基于机器学习的设计工具Cerebrus，通过革新数字芯片设计流程大幅提升工程效能，实现最高20%的PPA优化结果，以快速响应消费电子、超大规模计算、5G通信、汽车等多元市场的设计需求。2023年楷登电子先后推出Allegro X、OrCAD X等多款与人工智能相结合的产品，其中Allegro X利用云端的扩展性来实现物理设计自动化，客户可使用生成式人工智能功能简化其系统设计流程，将PCB设计周转时间缩短10倍以上；OrCAD X平台通过云可扩展性和人工智能驱动的布局自动化技术为设计人员提供支持，并由云托管协作允许多个设计人员同时处理同一布局设计。其后，楷登电子于2024年2月宣布将Allegro X、OrCAD X与达索系统的3DEXPERIENCE Works产品组合进行整合，为双方客户提供端到端解决方案，面向PCB、3D机械设计和仿真领域的持续开发提供协作支持。

2023年6月，楷登电子宣布推出一套完整的、经过认证的背面实现流程，用以支持三星工厂的SF2制程节点，并已采用该流程实现了一个2纳米测试芯片的成功流片。其后，楷登电子与三星代工厂持续加深协作，共同加速在人工智能和三维集成电路

(3D-IC)设计方面的技术进步。其中，二者在设计工艺协同优化(DTCO, Design Technology Co-optimization)中采用了楷登电子的人工智能技术，实现泄漏功率降低10%以上；并将楷登电子人工智能的“大师工作室”(Virtuoso Studio)流程成功部署于模拟电路过程迁移，帮助三星在将100MHz振荡器设计从14纳米向8纳米迁移时缩短了10倍的处理时间。

西门子EDA (Siemens EDA)

西门子持续加强人工智能及机器学习在EDA中的应用，并在2023年先后推出Questa数字验证工具套件和Solido设计环境软件。其中，Questa通过本地协作和集中数据访问支持公共、私有云和混合云配置，能够自动捕获项目生命周期中运行的每个引擎的所有数据，帮助客户在整个设计和验证过程中管理需求、编码、测试和发布管理；Solido将人工智能技术无缝集成到云部署的智能设计环境中，已成功向内存和传感器技术提供商SK hynix提供暴力穷举精度的偏差分析能力，显著缩短其从初始设计进入生产阶段的时间。同时，使用云结合人工智能作为技术底座，利用云供应商资源，面向“云就绪”Flight plans场景推动EDA工具软件发挥最大效能。其在2024年推出Veloce CS系统，将硬件的加速仿真、企业原型验证、软件原型验证功能“三合一”，以期实现更快的计算速度以及更高的可扩展性、一致性和灵活性，从而帮助客户达到最佳生产效率。

安似科技 (Ansys)

安似科技加强与半导体产业链头部企业合作，推动设计流程的持续创新以及EDA解决方案的优化升级。

为了利用人工智能开展3D-IC设计，并为更广泛的先进半导体技术开发新一代多重物理解决方案，安似科技于2024年9月宣布正与台积电合作开发新的工作流程，通过optiSLang流程集成和优化软件，减少电磁仿真次数、形成协同优化的通道设计，进而降低设计时间与成本并加快产品上市进程。此外，台积电、安似科技和新思科技三家公司将RaptorX EM建模引擎与optiSLang相结合，共同开发出了一种创新的人工智能辅助射频迁移流程，使客户能够自动将模拟电路从一个芯片流程迁移到另一个芯片流程。

2024年11月，安似科技宣布正在将英伟达的模数（Modulus）框架集成到其支持EDA的“海景”（SeaScape）大数据分析平台中，帮助工程师创建定制化和生成式人工智能代理模型，进而改善图形处理单元、高性能计算芯片、人工智能芯片、智能手机处理器以及

高级模拟集成电路等应用的产品结果。其中，SeaScape大数据分析平台是安似科技专为EDA设计的云计算原生数据基础架构，Modulus则是英伟达的一款物理学人工智能框架，可训练并部署基于物理知识与仿真数据相结合的模型，使用户能够根据其需求创建定制化的人工智能引擎。通过将英伟达的Modulus框架集成到安似科技的SeaScape平台中，客户能够使用由安似科技的工具生成的高置信度数据训练其人工智能引擎，进而以新创建的引擎执行更稳健的设计探索。安似科技和英伟达已经证明，这种人工智能增

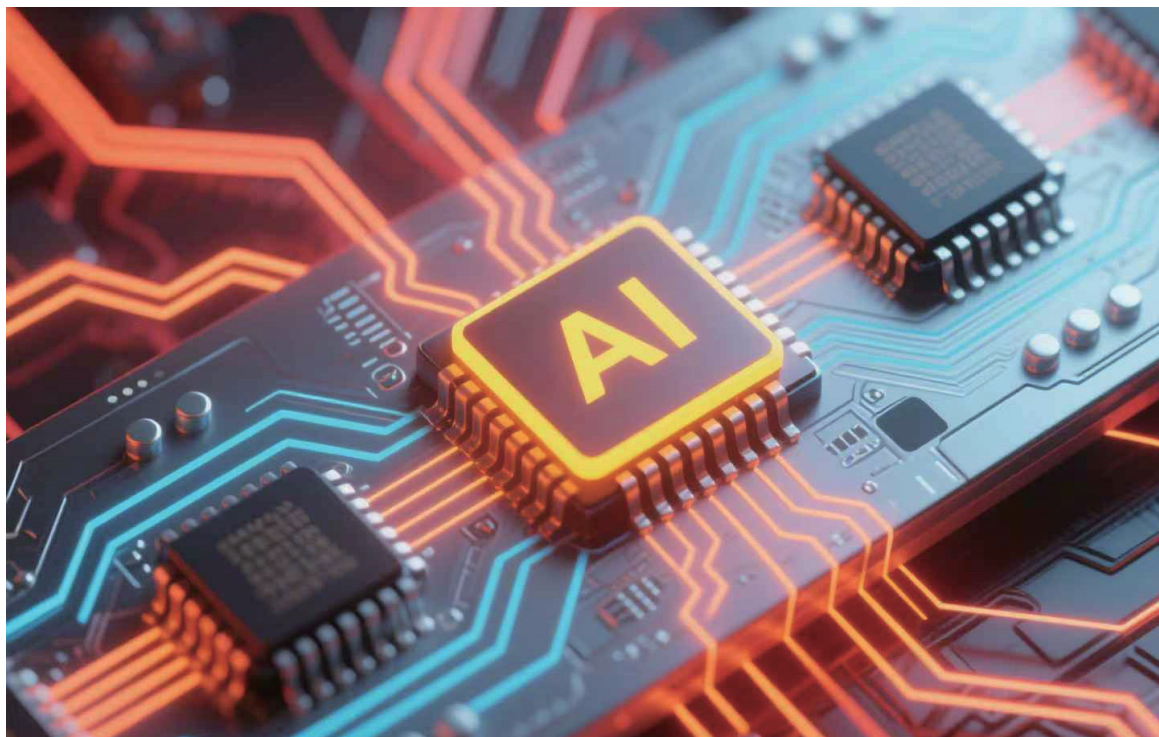


图1 AI驱动芯片未来

强型流程可将热仿真速度提高100倍以上。

谷歌深度思考 (Google DeepMind)

谷歌深度思考作为谷歌旗下的人工智能企业，致力于研究新的芯片设计方法，以提升谷歌自主研发的张量处理单元 (Tensor Processing Unit, TPU) 性能。在2021年6月发表论文展示“快速芯片设计的图形布局方法”，并于2022年开源相关算法代码促进全球研究人员进行芯片预训练后，谷歌深度思考团队于2024年9月在《自然》(Nature) 杂志上正式公开其最新的芯片设计算法AlphaChip。AlphaChip作为一种基于学习的方法，能够在解决更多芯片放置问题的实例中不断自我优化，通过“外部研究人员使用存储库进行芯片块的预训练-将预训练模型应用于新的芯片块”的循环持续提升其速度、可靠性与放置质量。AlphaChip已被用于谷歌超过3代的TPU中，以及被芯片制造商联发科用于加速芯片开发，并被期望于未来通过人工智能方法实现算法和硬件、软件和机器学习模型的端到端协同优化，进而实现整个芯片设计过程的全自动化。

EDA行业智能化发展趋势

基于大语言模型的深度赋能

大语言模型自动化在上下文学习、指令遵循、逐步推理等方面的能力持续提升，已成为向各个专业领域提供深度知识支持的专家角色，也为EDA技术带来了新的发展契机。大语言模型赋能解析芯片设计需求，自动生成代码框架，甚至辅助完成复杂的电路逻辑设计，推动芯片的敏捷开发向更高层次智能化、自动化跃迁。部分高校和科研院所已发布基于大语言模型的芯片设计自动化研究成果，例如纽约大学、新南威尔士大学、卡尔加里大学结合大语言模型的交互能力与Verilog的仿真输出构建反馈驱动的全自动方法AutoChip，上海人工智能实验室和香港大学联合研究由大语言模型和AutoMage模型授权的EDA自主代理工具ChatEDA。随着大模型在参数量、算法优化与数据训练等维度持续突破，其将进一步提升逻辑推理、知识整合与复杂任务处理能力，更深层次赋能EDA技术在设计环节智能解析需求、验证环节精准定位缺陷，并为EDA工具与芯片制造、系统设计的深度融合提供更多可能。

结合云服务的协作效率提升

随着芯片设计复杂度呈指数级增长，对计算资源与协作效率的要求不断攀升，传统本地部署的EDA工具已难以满足产业需求，云服务的引入为EDA发展提供资源优化配置、跨地域研发协同的新可能。一方面，芯片设计在不同阶段对算力的需求差异巨大，从电路仿真到物理验证，所需的计算资源可能在短时间内大幅波动。云服务可实时监控算力负载，根据实际需求动态分配算力，避免资源闲置或不足，确保设计流程顺畅推进，提高整体计算效率。

另一方面，云服务打破了地域限制，允许全球设计团队成员通过云端平台实时共享数据、同步设计进度，实现无缝协作，极大地缩短了沟通成本与时间成本。此外，企业无需一次性投入大量资金购置昂贵的本地计算设备，只需按需购买云服务，有效降低企业成本负担，提升资源利用率。因此，云平台已成为EDA厂商的布局重点，楷登电子的OrCAD X平台即为EDA企业构建云服务的典型实践，面向“云就绪”场景最大程度发挥EDA工具效能已成为EDA未来发展的关键趋势之一。

协同IP的自动设计生态构建

面向集成电路产业的升级需求，新一代“EDA+IP+AI”协同自动设计已然成为行业发展趋势。其中，EDA工具作为芯片设计的基础平台，构建起高效的电路设计与仿真环境，由其电路建模、逻辑验证及物理实现功能助力设计师快速完成方案迭代与结构优化；IP核作为预验证的功能模块，从处理器内核、通信协议模块到电源管理单元，为复杂芯片设计提供了可靠的基础构件；人工智能算法基于机器学习与数据挖掘技术，在需求分析阶段精准解析设计目标，在参数优化环节自动生成最优配置方案，在布局布线过程中智能规避设计冲突，全面提升设计的智能化水平。此前，楷登电子收购嵌入式安全IP平台提供商Secure-IC以及安谋科技基础IP业务已可体现其策略性选择。未来，EDA工具与IP的深度协同加之人工智能精准赋能，将共同支撑起从架构探索到物理实现的完整设计闭环，成为新的技术和产品竞争点。

人工智能发展浪潮为我国EDA企业带来了筑基与飞跃的新机遇。面对全球EDA市场的激烈竞争和快速变革，企业可与高校、科研院所开展产学研协作，积极利用大语言

模型在海量数据学习分析方面的技术优势，深度优化芯片设计流程，提升设计效率与精度。同时，借助云服务构建云端协同设计平台，打破地域限制，能够让不同地区的设计团队实时协作、共享数据，有效降低企业运营成本，提高整体研发效率。此外，企业可适时采用并购整合战略，补足自身技术短板，完善自身产品矩阵，并加强与芯片制造工艺厂商之间的定制化协作，推动向系统性设计的转型，进而实现从技术突破到市场拓展的全面升级，构筑自主生态位优势。🔧

责任编辑：周思雨
zhousiyu@ccidmedia.com



智能产品制造和互联网服务的 全球著名企业



让工业更智慧!



为用户创造价值 | 为员工创造机会 | 为股东创造效益 | 为社会承担责任

总部：广东省惠州市仲恺高新区惠风三路17号TCL科技大厦22楼
邮编：516006
电话：4008123456
网址：www.tcl.com




解码新时代企业家精神内核

家国情怀是新时代企业家群体奋进新型工业化的起笔之色；创新能力划破企业家前行道路上的重重迷雾；诚信守法是新型工业化大厦的厚重基石；社会责任是企业家精神里那道煦暖之光；数字经济时代的企业家正在构建开放共享的产业生态——这些元素构成了新时代企业家精神的五维内涵。

弘扬和激发真正的企业家精神，需要创造有利的社会条件特别是有利的制度环境。改革开放为培育企业家精神提供了深厚的实践土壤，伴随着社会主义市场经济体制的确立和完善，有利于弘扬激发企业家精神的社会条件和制度环境加速形成、日益巩固。

在当下瞬息万变的市场中，企业家精神不是空谈。它是企业在竞争中做出正确决策、发现新机会、整合资源实现盈利的关键能力。无论是初创企业打开市场，还是成熟企业谋求转型，掌握并践行企业家精神，都是突破发展瓶颈、实现持续增长的必经之路。

- 
- P18 新时代企业家精神的历史演变与时代特征
 - P24 企业家精神：企业进取的驱动力
 - P30 以企业家精神抓住“大有可为”的时代机遇

新时代企业家精神的历史演变与时代特征

文 / 刘坤 陈晓清

家国情怀是新时代企业家群体奋进新型工业化的起笔之色，创新能力划破企业家前行道路上的重重迷雾，诚信守法是新型工业化大厦的厚重基石，社会责任是企业家精神里那道煦暖之光，数字经济时代的企业家正在构建开放共享的产业生态——这些元素构成了新时代企业家精神的五维内涵。



企业家精神是企业家群体展现出的综合能力与突出特质的集合，也是推动企业创新发展的关键因素。中国新型工业化正在经历从“量的追赶”向“质的超越”的深刻转型，不仅需要技术突破的硬核支撑，更需要精神力量的深层引领。

刘坤 陈晓清 工业和信息化部工业文化发展中心

企业家精神的演进历程

企业家精神是工业现代化探索的历史产物，其内涵与实践在中国特色语境下呈现出历史连续性与时代创新性并存的特征。从明清商帮的伦理自觉到当代企业的战略自觉，其演变轨迹深刻映射着中国从传统农耕文明向现代工业文明、数

字文明的转型历程。特别是鸦片战争以来，从“实业救国”“产业报国”到“创新强国”，中国企业家精神内核几经变迁，始终与经济社会发展需求深度交织。

明-1840年：鲜明的伦理本位

明清时期，晋商、徽商等群体在商业活动中展现出卓越的创新和组织能力，已经具备企业家的特质。晋商以“诚信立本”构建票号体系，1823年日升昌首创汇票密押制度，年汇兑额3800万两白银，达清政府财政收入的1/2。徽商践行“贾而好儒”理念，胡庆余堂“戒欺”训条将儒家伦理融入质量管理。商帮普遍建立“会馆公所”自治组织，形成早期的商业自治体系。这一时期企业家精神呈现出鲜明的伦理本位与制度创新特征：以地缘血缘为纽带构建信用网络，通过身股制等创新激励员工，在重农抑商政策下探索开拓跨区域贸易，促成全国性商业网络的形成。

1841-1949年：多维的抗争精神

两次鸦片战争战败暴露了清政府的落后。洋务运动新式工业的出现，催生了第一批近代企业家群体，也带来了新的思想觉醒。张之

洞创办汉阳铁厂时提出“中学为体，西学为用”的方针；启新洋灰公司通过股份制突破官督商办限制，实现经营权独立；张謇创办大生纱厂打破洋纱垄断，创办南通纺织学校培养本土技术人才；范旭东突破卜内门专利封锁，建成亚洲首座纯碱厂，改变国际化工定价权；卢作孚民生公司“宜昌大撤退”保存了90%的工业设备，延续了抗战工业命脉。这一时期精神内核集中表现为“实业救国”导向：在双重体制夹缝中创造出新治理模式，重构产业链自主权，将传统伦理转化为商业竞争力，体现出家国同构的责任担当。

1949-1978年：社会主义改造中的精神转型

新中国成立初期，爱国企业家对巩固人民政权、恢复国民经济发挥了至关重要的作用。1954年，荣毅仁家族率先申请申新纺织公私合营；乐松生将同仁堂秘方献给国家，带动中药业标准化。同时，国营厂矿企业开始实行厂长负责制，传承弘扬“螺丝钉精神”：青岛国棉六厂通过“郝建秀工作法”使生产效率显著提升。其精神内核表现为：企业家将个人命运与国家前途深度绑定，其本质是传统企业家精神在社会主义制度下的创造性转化。

1978-2012年：全球化背景下的精神重构

改革开放以来，一大批优秀企业家通过潜心经营和开拓创新，创立品牌，取得良好经济效益，向国家上缴利税，为社会创造巨大物质财富；带领企业走出国门，增强我国企业的国际竞争力。任正非带领华为公司走自主创新之路，发展为世界500强和全球最大的通信设备制造商。很多企业家积极为教育、扶贫、抗震救灾等慈善公益事业慷慨解囊，增进了社会整体福利水平。浙江

“四千精神”（走遍千山万水、说尽千言万语、想尽千方百计、吃尽千辛万苦）从生存策略升华为创新密码，其本质是社会主义市场经济体制下，企业家群体的价值重构。

新时代企业家精神的五维内涵

进入新时代，世界百年变局加速演进，中国经济迈入高质量发展新阶段，新一轮科技革命与产业变革重塑全球竞争格局，催生企业家角色发生新的变化，企业家精神内涵也与时俱进。

家国“芯”：深植工业血脉的赤诚红韵

家国情怀，是新时代企业家群体奋进新型工业化的起笔之色。企业家们将个人理想融入国家发展蓝图，在新型工业化征途上，以产业报国之志精心雕琢每一项技术、打磨每一件产品，向着关键技术高地奋勇攀登，矢志不渝地为国家构筑坚实工业屏障，让强国梦想在厂

房车间、生产线上熠熠生辉。新时代企业家肩负着超越利润的社会责任，将企业发展与国家战略、民生福祉紧密相连。在脱贫攻坚战中，许多制造业企业通过“产业扶贫”模式，将工厂建到欠发达地区，带动就业与技术扩散；在抗疫保供时，车企转产呼吸机、服装企业紧急生产防护服，彰显了工业体系的韧性与企业家的快速响应能力。这种社会责任的内化，正是中国特色工业文化“以人为本、义利并举”的鲜明注脚。

创新“刃”：劈开工业迷雾的锐利锋芒

创新能力，犹如寒光凛凛的破晓之刃，划破新型工业化前行道路



图1 社会责任是企业家精神里那道煦暖之光

上的重重迷雾。在技术创新的无人区，企业家们集结科研精锐力量，以无畏气魄探索前沿科技，将实验室里的梦幻构想转化为生产线上的硬核产品；在管理创新的复杂棋局里，打破科层桎梏，重构组织架构与运营流程，激发全员创新活力。芯片、航天、高端装备等领域的企业家以“十年磨一剑”的定力，攻克“卡脖子”难题，推动中国制造向“中国智造”跃升。华为在5G领域的全球领跑、比亚迪电动车技术的弯道超车、大疆无人机对消费级市场的重塑，无不体现企业家对技术创新的执着。这种“敢为天下先”的精神，正是工业文化中“精益求精、追求卓越”的生动写照。

诚信“基”：筑牢工业大厦的厚实桩石

诚信守法，是新型工业化大厦的厚重基石。企业家们将诚信内化为企业文化基因，外化为商业行为准则。他们坚守契约精神，在市场浪潮中以信誉为帆，于复杂交易里以诚信为桨，用扎实产品、优质服务兑现对客户、消费者乃至社会的庄严承诺。在法律合规的经纬线上，他们严守底线思维，规范经营行为，确保企业在法治阳光下稳健

前行。这份对诚信与法治的虔诚坚守，如同工业大厦深处的稳固桩石，抵御住市场的狂风暴雨、利益的诱惑侵蚀，为新型工业化构筑起坚实的商业信任根基，让产业巨轮能沿着稳定航道破浪远航。

责任“光”：温暖工业进程的和煦辉芒

社会责任，是企业家精神里那道煦暖之光。企业家们跳出企业利益的方寸天地，将员工视为家人，悉心呵护其职业成长与生活福祉；积极投身公益慈善，助力教育、医疗、环保等公共事业蓬勃发展，以爱心回馈养育之情；在产业协作生态中，扶危济困，带动上下游伙伴共渡难关、协同共进。这束责任之光，驱散新型工业化旅途中的冷漠阴霾，营造出和谐共生的产业氛围，让工业发展不仅创造物质财富，更满溢人文关怀，勾勒出工业文明有温度的动人轮廓。如光伏企业通过技术迭代将发电成本降低90%，使清洁能源从“奢侈品”变为“大众品”；钢铁企业探索氢能炼钢，实现“绿色钢铁”的突破。这些实践不仅是对全球气候治理的贡献，更塑造了“生态优先”的工业文化新范式。

视野“窗”：拓阔工业格局的深邃天际

在数字经济时代，企业家不再局限于单打独斗，而是通过工业互联网、智能制造等平台，构建开放共享的产业生态。他们推动数据要素流通、产业链协同，使传统工业迈向“万物互联”的智能新阶段。如海尔“卡奥斯”平台赋能中小企业数字化转型，阿里云“城市大脑”助力工业智能化管理。这种“共生共赢”的生态思维，打破了传统工业的封闭性，塑造了更具包容性的数字工业文化。还有国际视野，企业家们穿透地域局限，将思维触角伸向广袤世界。站在全球产业链的全景沙盘

前，他们高瞻远瞩，布局海外市场，精准对接全球需求，使企业深度嵌入世界工业脉络；吸纳全球创新要素，融合多元文化精粹，让本土工业智慧与国际前沿理念激情碰撞，擦出耀眼火花。

弘扬企业家精神仍面临诸多挑战

中国企业家继承了工业革命以来企业家精神的各种理念，但与英美传统保守主义不同的是，中国企业家还受到中华优秀传统文化、大国博弈竞争等的影响。我国在新型工业化进程中，大力弘扬企业家精神，并以中国特色工业文化创新发展为支撑，取得了显著成效，但仍面临诸多瓶颈，亟待突破。

文化与精神融合的“理念瓶颈”

企业家精神与工业文化的价值共振尚未形成，传统工业文明与现代商业伦理之间存在显著的认知断层。尽管“家国情怀”“工匠精神”等文化基因在理论上被广泛提及，但在实际的新型工业化进程中，这些文化基因未能深度融入企业的战略规划和日常运营。文化软实力向产业硬核竞争力的转化通道不畅，导致精神引领与产业实践之间出现“两张皮”现象。企业家在追求经济效益的同时，往往忽视了工业文化对企业发展的重要支撑作用，使得企业在快速发展的过程中缺乏文化底蕴和精神内核。

创新与传承的“动力瓶颈”

企业家精神传承的守正与创新之间出现动能失衡，历史积淀与科技变革的融合度严重不足。在技术快速迭代的背景下，企业家容易陷入“重模式创新、轻底蕴深

耕”的短视陷阱，忽视了传统工业智慧的传承与创新。代际之间企业家精神的传承缺乏系统性设计，约3/4的企业面临二代接班意愿不足、战略共识缺失等挑战，导致企业家精神传承与弘扬缺乏可持续驱动力。这种动力不足的局面，使得企业家精神难以在新型工业化进程中发挥应有的引领作用，影响了企业的长期竞争力和可持续发展能力。

人才培养的“体系瓶颈”

企业家精神培育与工业文化传承之间存在明显的“教育脱节”现象。职业院校与产业端的知识供给存在代际差，创新创业教育往往重技能轻底蕴、重理论轻实践。这种教育体系的不足，导致兼具文化自觉与科技洞见的“新工业人”供给严重不足，人才梯队出现结构性断层。企业内部的人才培养机制也不够完善，对员工工业文化素养的培育重视不足，难以满足新型工业化对高素质人才的需求。

政策与社会环境的“保障瓶颈”

制度设计对企业家创新的包容性不足，知识产权保护、风险共担等配套机制尚未形成闭环。社会认知中仍存在“重经济指标、轻文化

价值”的惯性思维，削弱了创新生态的可持续支撑力。政策支持和保障力度不够，现有政策在针对性和精准性方面存在缺陷，缺乏对企业家精神传承弘扬的专项扶持政策。这种保障不足的局面，使得企业家精神传承和工业文化创新发展缺乏有力的外部支撑，难以在新型工业化进程中发挥应有的引领作用。

三重逻辑层层演进

传承中华优秀传统文化的精神基因，筑牢企业家精神的价值根基

中华文明中“格物致知”的探索精神、“知行合一”的实践智慧、“和合共生”的协同理念，为企业家精神提供了永不枯竭的文化滋养。新型工业化绝非是对西方工业范式的简单复制，而是要在“守正”与“开新”的辩证统一中，将“自强不息”的民族品格转化为技术攻坚的韧性，将“家国一体”的价值取向升华为产业报国的使命。这种文化基因的创造性转化，使工业文明突破工具理性的桎梏，在追求效率的同时，构筑起具有中国特色的工业伦理体系。

应对全球产业格局重构的现实挑战，锻造新型工业化的突围路径

面对技术壁垒高筑、产业链深度调整、碳中和目标倒逼的复合型挑战，传统要素驱动模式已显疲态。这要求企业家精神突破“利润至上”的窄化认知，以“破界创新”的胆识重构产业生态，以“链主担当”的格局统筹协同创新；构建“包容试错”的创新容错机制与“数智融合”的敏捷响应体系。以文化软实力消解技术硬约束，在“危”与“机”的转换中开辟发展新赛道。

引领人类工业文明转型的未来方向，擘画新型工业化的文明图景

当前，全球工业文明面临增长范式重构与可持续发展诉求的双重拷问，中国新型工业化肩负着文明迭代的使命。这要求企业家精神融入“天人合一”的生态哲学，将绿色技术创新转化为人与自然和谐共生的工业语言；工业文化需超越地域与代际局限，构建“代际公平”的技术伦理与“美美与共”的全球工业治理观。通过精神境界升维与文化范式革新，中国工业文明将在效率与公平、增长与福祉的再平衡中，为人类命运共同体贡献东方智慧。

从文化根脉的薪火相传，到突围路径的主动破局，再到文明形态的范式重构，三重逻辑层层演进，勾勒出新型工业化与企业家精神、工业文化深度融合的时代图谱。这既是历史赋予中国工业的必答题，更是东方智慧回应人类共同挑战的宣言书。🔧

责任编辑：张通
zhangtong@ccidmedia.com

企业家精神：企业进取的驱动力

文 / 陈 炎

弘扬和激发真正的企业家精神，需要创造有利的社会条件特别是有利的制度环境。改革开放为培育企业家精神提供了深厚的实践土壤，伴随着社会主义市场经济体制的确立和完善，有利于弘扬激发企业家精神的社会条件和制度环境加速形成、日益巩固。

市场活力来自于人，特别是来自于企业家，来自于企业家精神。在中国共产党人的精神谱系中，企业家精神占有重要的一席之地。许多情况下人们提起企业家精神，可能首先想到的是民营经济领域涌现出来的成功人士，特别是科创企业阔步前行的领军人物，因为相对而言，在这些企业家身上，企业家精神体现得更加鲜明。

陈炎 零重力飞机工业（合肥）有限公司首席战略官 广州商学院副教授

企业和企业家

企业和企业家都是外来语，中文语境下容易被望文生义，从而在理解上发生偏差。要想理解企业家精神的内涵和本质，首先需要对企业 and 企业家这两个概念进行必要的语义学考证。

中文中的企业一词源于古法语“enterprise”，该词在16世纪

进入英语语系。“enterprise”词义丰富，本义为一项事业或者着手去做、去承担。15世纪末，该词发展出“进取精神”“乐于冒险”“敢于尝试”等抽象含义。现代语境下，企业一词虽然在汉语中仅用为经济学术语，但是法语或英语中“enterprise”却仍然首先取其本义。例如，美国海军先后9次用“enterprise”来命名其军舰，英国海军和法国海军也曾用“enterprise”命名军舰，显而易见，译为中文应该是“进取”号或者“果敢”号，而不是听起来莫名其妙的“企业”号。实际上，中文中“企”有踮起脚跟远望的意思，“业”则可引申为事业、行业或产业，本身就可以有更丰富的解释，而不是简单地进行狭义理解。

在中文中，企业家虽然可以泛指所有专门经营企业的领导者，然而更多时候则特指那些在经营企业方面取得了相当成就的领导者，或者优秀企业家。然而，在法语或英语中，“entrepreneur”既可以释为经商办企业的“企业家”或者“创业家”，也可以释为追求特定利益的“冒险家”。在经济学领域，这个词作为专门术语使用时也在一定程度上保留了“冒险家”这层语

义。例如，企业家理论鼻祖爱尔兰人理查德·坎蒂隆（Richard Cantillon）就把企业家定义为“经营风险的承担者”。而多数企业家理论的作家，也多把敢于冒险概括为企业家的基本品质之一。

可见，企业和企业家都有狭义和广义两种解释。在经济学领域，虽然企业主要取其狭义并且已经成为一个语义固定的专有名词，但同时也应该从广义上来审视企业家的本质特征，研究企业家理论的学者几乎无一例外地强调这一点。企业家理论著名作家、奥地利学派代表人物路德维希·海因里希·艾德勒·冯·米塞斯（Ludwig Heinrich Edler von Mises），更是主张把每一个“行动着的人”都看作“企业家”。

企业家精神及其一般特征

尽管讨论企业家精神（entrepreneurial spirit）这个话题的文章层出不穷，但是迄今为止都没有中外作家给出一个严谨的定义。绝大多数作家围绕企业家精神内涵的讨论，是给企业家个体或者群体贴上冒险、创新和洞察力等一个又一个描述性的标签。

那么，到底什么是企业家精神？简单而言，可以把企业家精神理解为驱使企业家在经营企业的行为中追求实现自身价值和企业价值的高度自觉性。也就是说，企业家精神集中反映了企业家个体或者群体关于经营企业的价值观，其化为初心，化为态度，化为操守，也化为信念。更简单地说，企业家精神是让企业家得以有所成就的素质品格或者内驱力量，这种力量可以类比信仰的力量。当然，还可以从行为学、心理学、社会学等不同角度来解释什么是企业家精神。

有这样一种说法：并非人人都能成为企业家，但是

人人都可以具有企业家精神。即是说，企业家精神并非企业家所独有，只不过在企业家身上往往体现得更加明显。可以认为，企业家精神是在品格或者境界维度上，是企业家之所以被称为企业家最根本的衡量标准。在政治、科技等领域，特别是军事和竞技体育等竞争性强烈的领域，企业家精神也会有十分鲜明的体现。同时，企业家精神既作用于企业家个体，也作用于企业家群体，不同的时代、不同的民族对企业家精神的核心特征又有

不同的判断标准。当然，人们更加关注那些优秀企业家身上体现出来的企业家精神，并且十分乐意归纳出带有普遍意义的一般特征。

“士不可以不弘毅”，弘毅是士之精神的根底，弘毅与否便是衡量士的根本标准；“君子坦荡荡，小人长戚戚”，坦荡是君子精神的灵魂，坦荡与否则是衡量君子的根本标准。那么，如果只能用一个关键词来描述企业家精神的基本特征，哪个字眼会脱颖而出？对这个问题的回答见仁见智。当代作家普遍认可创新，历史上则有许多人强调冒险。除了创新和冒险外，前瞻、坚韧、敬业、担当和胆识等褒义词，以及好胜、有野心等在某种程度上带有贬义的中性词，也是描述企业家精神基本特征的常用标签。实际上，如果从企业和企业家的语义出发，仅用一个词来界定企业家精神的核心特征，不妨用“进取”来概括。冒险和创新都是进取的表现，前瞻、坚韧、敬业、担当和胆识等，都是进取的要求，好胜和有野心某种意义上也是进取的动力。

企业家精神的标签多种多样，而“创新”则被一致看重，因此有



图1 市场活力来自于人，特别是来自于企业家，来自于企业家精神

必要简单讨论一下关于创新的问题。经济学上，创新指的是引入新思想、新技术、新制度、新模式等新生事物以提高组织的效能和效率，进而获得更高效益的过程。创新能力是企业核心竞争力的不竭源泉，但创新有真伪之分，只有那些提高效能、效率和效益的创新才是真创新，那些不可能达到这种效果甚至只会是适得其反的“创新”则是伪创新。推行伪创新的“企业家”不是真正的企业家。

企业家精神与企业家主义

企业家精神的根本作用，在于把企业家的价值取向和聪明才智转化为创业创新的实际行动，进而产生增强市场活力的正效应，这也正是弘扬和激发企业家精神的重要意义所在。然而，企业家精神具有鲜明的时代性和民族性。大航海时代的西方殖民主义者，在当时的西方统治阶级看来都是富有“企业家精神”的“冒险家”。在当代西方世界，奉行“企业家主义”（entrepreneurialism）者也大有人在。

所谓“企业家主义”，指的是

习惯以经营企业的思维和行为看待一切社会事物的世界观和价值观。表面看，“企业家主义”与“企业家精神”有相通之处，实则二者完全不同。当特定强权的主政者也持“企业家主义”的时候，很可能会推行给整个世界带来危害的对外政策，例如发起关税大战。当某些成功的企业家沦为“企业家主义”的践行者，则可能给特定行业乃至特定产业造成无法估量的破坏，例如亚洲金融风暴。而当“企业家主义”在整个社会大行其道的时候，会给国家或者民族带来极大危害。

改革开放以来，一大批优秀企业家在社会主义社会经济环境下茁壮成长，专心致志做强做优做大企业，为繁荣市场、改善民生和发展新质生产力做出了重要贡献。毋庸讳言，在此过程中也出现了不少丧失企业家精神的“企业家”，脱离创业初心走上了“企业家主义”的道路，他们的精力没有放在增加企业核心竞争力上，而是放在了不择手段一味逐利上，这不是真正的企业家精神。

真正的企业家精神，要能带领企业战胜当前的困难，走向更辉煌的未来，就要在爱国、创新、诚信、社会责任和国际视野等方面不断提升自己，努力成为新时代构建新发展格局、建设现代化经济体系、推动高质量发展的生力军。简单地说，当代中国需要弘扬和激发以富有家国情怀、勇于创新创业、坚持诚信守法、乐担社会责任和国际视野广阔为基本要求的新时代企业家精神。

弘扬和激发真正的企业家精神，摒弃和避免不当的“企业家主义”，需要创造有利的社会条件特别是有利的制度环境。改革开放为培育企业家精神提供了深厚的实践土壤，伴随着社会主义市场经济体制的确立和完

善，有利于弘扬激发企业家精神的社会条件和制度环境加速形成、日益巩固。改革开放的实践经验证明，进一步弘扬和激发企业家精神，就要进一步深化改革、扩大开放。反过来说，弘扬和激发企业家精神，就要消除一切可能抑制乃至扼杀企业家精神的社会因素，进而使企业家才能完全释放。

企业家精神与企业家才能

企业家才能（entrepreneurship）指的是企业家经营企业的实践能力。企业家精神和企业家才能存在紧密联系，那些给企业家精神贴上的标签多半也可以用来描述企业家才能，二者也因此经常被混为一谈。然而，还是有必要注意到企业家精神与企业家才能之间的重要区别。简单来说，企业家精神属于价值理性的范畴，企业家才能则属于工具理性的范畴，二者统一于企业家经营企业的实践过程。

企业家经营企业是典型意义上的实践过程，完成这个主观见之于客观的过程，既要借助工具理性，也要借助价值理性。在企业经营实践过程中，企业家精神和企业家才能共同起作用，但是二者发挥的功能有所不同。企业家精神作为价值理性，主要是解决要怎样、要如何的问题；作为工具，企业家才能更应该解决怎么做、如何做的问题。企业家才能通常可以度量，企业家精神往往难以评判。鉴于在竞争激烈的市场环境下，创新才是最根本的企业生存发展之道，从而企业家的经营实践主要是创新实践，对企业家精神的基本要求是创新，对企业家才能的基本要求也是创新，因此不妨借创新来说明企业家精神与企业家才能的不同作用。

创新意味着突破旧范式建立新范式，因此创新的过程就是范式转换的过程。大体上，能够敏锐地意识到旧范式存在严重不足而新范式具有明显优势，进而定下创新的决心和方向，这是企业家精神在创新过程中所起的作用；能够深刻地认识到旧范式存在哪些不足而新范式具有哪些优势，进而选择创新的路径和方法，这是企业家才能在创新过程所起的作用。创新又意味着从不确定性中发现机会，意味着要与不确定性进行斗争并争取胜利，因此创新的过程又是一个冒险的过程。大体上，敢于斗争、敢于冒险、敢于胜利，这是企业家精神的生动写照；善于斗争、善于胜利、勇于冒险，则是企业家才能的突出体现。概而言之，企业家精神决定了创新能否开始，企业家能力决定了创新能否成功。

企业家精神的养成


我们经常听到这样的说法，“这个人天生就是企业家”或者“有些人天生就是企业家”。那么，企业家精神能不能通过后天习得而养成呢？从心理学的角度来

看，企业家精神与优秀企业家的性格特征直接相关。人格特征分为气质和性格两方面，气质是先天因素，性格则是后天因素。类似的，企业家精神也会同时受到先天因素和后天因素的影响。因此，企业家精神有相当部分可以通过后天习得来养成，但是又很难完全通过后天习得来养成。

关于先天因素影响企业家精神的作用机制迄今为止并没有完美的科学解释，而对企业家精神的后天养成则有许多人发表过意见。通常认为，成长环境对企业家精神的后天养成起着关键作用。这种说法不无道理，企业家成长的家庭环境和社会环境必然会对企业家精神的后天养成构成显著影响，然而，这是一种相对被动的习得方式，更为主动的习得方式则是在学习中成长、在实践中锤炼。当然，实践其实也是一种学习方式。毛泽东指出，“读书是学习，使用也是学习，而且是更重要的学习”，就是这个道理。

学习什么东西来养成企业家精神？学习与增长企业家才能直接相关或者间接相关的一切事物。通过学习和使用增长企业家才能，进一

步内化为企业家精神。向谁学习？可以从书本中学习，可以从历史中学习，当然还可以向同行、向竞争对手学习，更为重要的学习对象，则是古今中外一切富有企业家精神的人物，例如向军事家学习。商场如战场，商场与战场有颇多相通之处，企业家与军事家在精神上也多相通之处。“凡战者，以正合，以奇胜”，这与守正创新有异曲同工之妙；“将者，智、信、仁、勇、严也”，何尝不可以用来理解什么是企业家精神？事实上，军人出身的优秀企业家比比皆是，而许多企业家也喜欢把《孙子兵法》摆在案头。

中华优秀传统文化源远流长、底蕴深厚。如果说《孙子兵法》是古人留下的军事文化瑰宝，那么，中国人的精神家园里类似的文化瑰宝还有很多很多，足以让今天的企业家们得到丰富的精神滋养。“天行健，君子以自强不息”的态度，“苟日新，日日新，又日新”的自觉，“虽千万人，吾往矣”的豪情，“终日乾乾，夕惕若厉”的警醒，“先天下之忧而忧，后天下之乐而乐”的担当，不都是真正的企业家精神吗？

责任编辑：孙俊杰
sunjunjie@ccidmedia.com

以企业家精神抓住“大有可为”的时代机遇

文 / 陈东 杨平宇

在当下瞬息万变的市场中，企业家精神不是空谈。它是企业在竞争中做出正确决策、发现新机会、整合资源实现盈利的关键能力。无论是初创企业打开市场，还是成熟企业谋求转型，掌握并践行企业家精神，都是突破发展瓶颈、实现持续增长的必经之路。

当前正是民营企业和民营企业家大显身手的重要机遇期。2025年2月17日，习近平总书记在民营企业座谈会上指出：“广大民营企业和民营企业家要满怀创业和报国激情，不断提升理想境界，厚植家国情怀，富而思源、富而思进，弘扬企业家精神，专心致志做强做优做大企业，坚定做中国特色社会主义的建设者、中国式现代化的促进者。”这一重要论述，为新时代

弘扬企业家精神、推动民营经济高质量发展指明了前进方向。

企业家精神：内涵与能力独特性

企业家精神作为经济学与管理学的核心命题，其内涵随时代发展持续迭代。从古典经济学奠基者亚当·斯密对“企业家协调资源”

陈东 南京大学长江产业发展研究院研究员
杨平宇 温州商学院科研与地方合作部部长

的论述，到凯恩斯学派、货币主义（弗里德曼学派）及供应学派等主流经济学派，均将其视为实现资源最优配置的核心动能。而熊彼特在《经济发展理论》中提出的“创造性破坏”理论，则进一步赋予企业家精神以革命性内涵——突破现有均衡、重塑产业格局的创新本质。综合理论脉络与实践观察，企业家精神可凝练为对风险情境的认知重构、机会捕获、价值转化与知识整合能力，具体表现为以下四个方面。

认知能力的独特性。在决策过程中，企业家往往依赖直观推断，而非传统的程序化计划决策。由于市场变化瞬息万变，充满不确定性，采用确定性逻辑的决策方式，不仅成本高昂，而且过程复杂。企业家凭借直观推断，能够简化决策流程，缩短决策时间，并在机会窗口关闭前迅速做出创新决策。这种跳跃性思维使他们在信息不完全的环境中能够快速行动，抢占先机。

发现能力的独特性。在风险与机会并存的环境中，企业家能够敏锐地发现商业机会，这种洞察力并非仅靠系统的知识积累，而是与贴近市场、经验直觉和自我强化的学

习机制密切相关，以及先天禀赋，即“企业家是天生的”。因此，企业家的发现能力是一种难以模仿的能力，成为企业独特竞争优势的根源。

实现机遇能力的独特性。当市场交易成本高于企业内部运作成本时，企业家选择以企业形式代替市场交易，从而实现利润最大化和效率提升。在需要高度专业化投资的交易中，科层机制优于市场机制。企业家通过科层方式运作专业知识，充分实现商业机遇的价值。相比之下，普通人往往缺乏这种能力，只能依赖企业家或通过市场购买此类能力。

协调知识能力的独特性。企业家能够整合那些被低估或未被充分认识的隐含知识，将其概念化并进行有效配置。奥地利学派经济学家柯兹纳指出，企业家知识与专家知识不同。专家知识需要企业家通过雇佣来获取，这体现了知识获取过程中的分工。专业知识虽然普遍存在，但需要企业家的综合性知识来驾驭。企业家通过综合知识协调专家知识，实现资源整合与创新。

当前，人工智能时代正悄然来临，企业家不仅需要传统的创新敏锐度，还需具备整合科技资源、引领产业变革的战略定力。例如，华为攻克5G核心技术，比亚迪构建新能源全产业链，DeepSeek在算法方面的突破，均充分展现了新时代企业家精神的升华——从个体能力上升为国家战略科技力量的重要组成部分。

弘扬企业家精神的制度建设实践

企业家精神成长的重要基础是完备的制度环境，包括成熟的市场规则与健全的法治基础。一方面是完善市场规则，激励企业家追求卓越的产品和服务，另一方面

通过法律法规来规范市场行为，让企业家精神发挥得到更好的法治保障。

近年来，我国持续完善市场化、法治化、国际化营商环境，夯实民营经济发展制度基础。法治体系方面，《中华人民共和国民法典》系统确认财产权保护原则，确立私权保障根基；新修订的《中华人民共和国公司法》优化了企业治理规则，《优化营商环境条例》推动行政审批标准化改革。产权保护实现制度突破，《中共中央国务院关于促进民营经济发展壮大的意见》提出了31条意见，明确将“保护民营企业产权和企业家权益”纳入党中央战略部署，不断健全涉企冤错案件常态化纠错机制。市场公平建设层面，通过出台《关于加快建设全国统一大市场的意见》《关于促进民营经济发展壮大的意见》等文件，不断加大对内开放力度。服务机制上，国务院在国家发改委设立民营经济发展局，各地区

也纷纷跟进设立促进民营经济发展的专门机构。各部门连续开展年度“民营企业服务月”专项活动，联合制定扶持政策清单式落地机制，打出有力有效政策组合拳。

制度环境建设让企业家精神得到了良好的发挥土壤。世界银行报告指出，2019年，我国营商环境全球排名从前一年的第78位升至第31位。截至2024年9月底，全国登记在册民营企业数量超过5500万户，民营企业在企业总量中的占比稳定在92.3%。专精特新中小企业中，民营企业占95%。此外，中国中小企业协会数据显示，11月中小企业发展指



图1 企业家精神正面临前所未有的机遇与挑战

数为89.2，较10月上升0.2点，连续2个月上升。这些都表明，我国民营经济已经形成相当的规模、占有重要的分量，为国家经济社会发展作出了重要贡献。而这些都离不开制度建设的作用支撑。

企业家成长外部环境亟待优化

改革开放以来特别是新时代以来，民营经济发展的各种障碍逐步被破除，迎来了黄金发展期，形成了我们今天庞大的企业家群体。一大批具有开拓精神，能发现机会、资源，勇于创新、敢于拼搏、富而思源、富而思进的民营企业家不断涌现，为积累社会财富、创造就业岗位、促进经济社会发展、提升国际竞争力作出了重要贡献，他们是参与经济活动的重要主体、“关键少数”和特殊人才。

但是在这一过程中，由于我国社会主义市场经济体制环境还处于完善过程中，民营企业家成长的外部环境还有需要进一步改进的地方。如根据国务院2024年6月25日对全国人大的报告材料，市场准入和要素获取等方面矛盾仍较突出，民营企业进入部分重点领域的隐性壁垒犹存，一些民营企业还难以平等

地获取资金、人才、技术、数据等要素资源。民营企业产权和企业家权益保护还不充分，保障民营经济发展的法律法规尚不完善，行政执法、刑事司法有待优化，造谣、抹黑民营企业和侵犯企业家人身权、人格权、财产权等个案仍然存在。政策落实和服务供给还存在短板，一些政策执行中还存在“玻璃门”“弹簧门”“旋转门”现象，有的地方政务诚信建设有待加强，企业账款“连环欠”问题尚需解决等。

当然，正如习近平总书记于2025年2月17日在民营企业座谈会上的讲话中指出：“当前民营经济发展面临的一些困难和挑战，总体上是在改革发展、产业转型升级过程中出现的，是局部的而不是整体的，是暂时的而不是长期的，是能够克服的而不是无解的。”因此，民营企业也不要灰心，要“在困难和挑战中看到前途、看到光明、看到未来，保持发展定力、增强发展信心，保持爱拼会赢的精气神”。

新时代激发和保护民营企业家精神的政策建议

制度完善，放大“定心丸”效应

这主要是为民营经济长效发展提供基本保障，提振民营企业家的信心，破解预期不稳问题。一是夯实支持民营经济发展的长效机制。要探索将短期政策的作用和形成长效激励机制有效结合起来的问题。

二是形成反腐倡廉的长效机制。虽然反腐目前已经取得了压倒性优势，“不敢腐、不能腐、不愿腐”的现象已经形成，但长效机制的保持依然必然，反腐永远在路上。继续严肃查处依然不收手不收敛、故意设租寻租、影响恶劣的腐败案件。大力加强产权保护建设。针

对民营企业最看重、最敏感的安全问题，要切实保护企业家人身和财产安全，让企业家卸下思想包袱、安心创业。对一些民营企业历史上曾经有过的一些不规范行为，要按照刑法定罪、疑罪从无的原则处理，切实保障其合法的人身和财产权益，保障企业合法经营。深入探索建立公权力监督长效机制，及时总结推行权力清单、负面清单、责任清单的经验。

三是引入社会力量，发挥各方合力。探索建立企业和社会对各级政府服务质量、工作作风的刚性评议制度，对不担当、乱作为或不作为的行为依法进行曝光，进行行政问责。发挥行业商（协）会推动行业自律的重要作用。

未来，企业家精神或将超越个体层面，演变为组织乃至社会的创新文化基因，通过制度设计、生态构建实现更广泛的价值创造。

文化引领，厚植家国情怀

加大对民营企业家的先进文化引领，可有效提升企业家的自豪感。一是要大力宣传民营企业家在推动中国式现代化建设中的典型。企业家精神内在体现的是专心致志做强做优做大企业，坚定做中国特色社会主义的建设者、中国式现代化的促进者。对于在高质量发展之路上坚守主业、做强实业，加强自主创新，转变发展方式，推动科技创新、培育新质生产力、建设现代化产业体系中产生的企业家典型，要在政治上予以肯定和

褒奖，并且安排适当的社会职位，并借助多种方式积极宣传他们的事迹，使之成为标志性人物，进而激励更多的民营企业家。

二是大力宣传民营企业家在履行社会责任中的典型。自觉履行社会责任，全面推进乡村振兴、促进区域协调发展、保障和改善民生，是民营企业家积极投身新时代强国建设的具体体现，也是民营企业家必备的基本素质。民营企业家只有致富后不忘国家、社会和人民，做到厚植家国情怀，富而思源、富而思进，才能更好地彰显良好的社会形象，体现自身价值，带领企业更好发展。对于这一类典型，也要重点加强宣传。

三是要运用多种方式引导民营企业家健康成长。要以总书记对民营企业家的殷切期望为指引，大力加强宣传教育，引导民营企业家认清发展形势、稳定发展预期，坚定对国家和企业发展的信心。通过必要的心理疏导帮助民营企业家及时排解由于其事业发展遭遇困难而引起的悲观失望情绪，保持积极向上的阳光心态。通过个别民营企业和企业家在市场经济中不坚持道德操守，迷失方向而涉嫌犯罪的案例警示教育，增强民营企业家对合法经

营重要性的认识。

政策协同，构建亲清政商共同体

弘扬企业家精神，重要的是扎扎实实落实促进民营经济发展的政策措施。当前，部分民营企业发展遇到严重“内卷”环境，处境较为困难，因此，各项纾困政策要务实高效，在第一时间送到企业手中，发挥最大化作用，让企业家时时感受到政策的温暖。

一是，畅通部门协调机制。政策的落实执行，涉及到多领域、多部门、多程序，需要各个部门协力合作，有些不同部门出台的政策只有同频共振才能发挥最大作用，分散力量只会“蜻蜓点水”。部门如果平行协调不畅，则可以由上级，甚至地方政府一把手担任“政策链主”，例如，温州成立新时代“两个健康”先行区领导小组，党政主要领导直接负责，各个职能部门能力配合，推行“易企办”，为政策落实直开绿灯。

二是，畅通政企协调机制。政策制定、政策落实、政策反馈等，都需要政企之间保持紧密畅通的沟通机制。政策在执行过程中容易遇到“肠梗阻”问题，或者有偏差需要修正，需要建立一个规范化的渠

道，不断将中小企业的意见诉求一件不落及时反馈给相关部门，通过及时良性互动，推动各项政策在实施中不断细化完善，提高企业获得感。

三是畅通评估反馈机制。政策执行的效果如何，企业的获得感如何，都需要科学规范的第三方评估，避免自我表扬，避免执行“空转走偏”。购买第三方评估服务要形成制度化、规范化、常态化、科学化、去利益化，并进入政府高质量考核的指标体系，让评价具有权威性、有效性、约束性。通过评估，进一步修订政策，推进落实。

站在数字经济与智能时代的交汇点，企业家精神正面临前所未有的机遇与挑战。人工智能的崛起虽能高效处理结构化信息，但难以替代企业家的直觉洞察、风险承担与价值整合能力。这种根植于人性与经验的独特禀赋，依然是打破市场均衡、激发创新活力的关键变量。未来，企业家精神或将超越个体层面，演变为组织乃至社会的创新文化基因，通过制度设计、生态构建实现更广泛的价值创造。正如历史反复证明的那样，对企业家精神的理解与培育，不仅关乎企业的兴衰成败，更决定着一个国家、一个时代的经济生命力与发展高度。🔧

责任编辑：周思雨
zhousiyu@ccidmedia.com

“双碳”目标下我国储能技术发展趋势

文 / 赵天寿

在“双碳”目标的驱动下，我国储能技术正处于快速发展与变革的关键时期。从能源转型的迫切需求出发，风光能源大规模替代化石能源已成必然趋势，而储能技术则是化解风光能源间歇性与不可控性难题的关键所在。在构建新型电力系统的进程中，储能技术在发电侧、电网侧以及用户侧均发挥着不可或缺的作用，整个新型电力系统的稳定运行离不开储能的有效支撑。

在全球应对气候变化的宏大背景下，“双碳”目标已成为世界各国实现可持续发展的关键指引。我国积极响应国际社会号召，坚定不移地推进碳达峰、碳中和工作，这一进程深刻影响着我国能源产业的变革方向。能源领域作为碳排放的主要源头，其转型与创新成为实现“双碳”目标的核心路径。在此浪潮中，储能技术从幕后走向台前，成为支撑能源

结构调整、保障新型电力系统稳定运行的核心要素，对我国能源体系的重塑和绿色发展目标的达成具有不可估量的战略意义。

能源转型引领碳中和目标达成

实现碳中和的根本在于能源转型与能源革命。清洁能源，如风能和

赵天寿 中国科学院院士

太阳能等，具备替代化石能源的潜力。在过去的十几年间，风能和太阳能技术取得了显著进展。然而，当前风能和太阳能存在不可控性与间歇性等特性，这给实际发电量带来了诸多挑战。储能技术能够有效应对此类问题，提升风能和太阳能的实际利用效能。

与此同时，实现碳中和是一项极为广泛且深刻的变革，其中最为关键的环节依然是能源转型，即逐步提升太阳能、风能以及其他零碳能源的占比，使其最终成为主体能源。目前，在能源结构中，太阳能和风能的占比约5%。化石能源占比约82%。预计到2060年实现碳中和目标时，太阳能和风能的占比需提升至60%或以上，化石能源占比下降至10%左右。

在过去的十几年间，我们见证了风力发电和光伏发电的迅猛发展，其发展速度着实令人瞩目。特别是在近10年，风力发电与光伏发电的装机容量已超越煤电，且成本也低于煤电。然而，与传统的煤电或核电不同，风力发电和光伏发电存在显著问题，其发电具有高度的不稳定性、间歇性以及不可控性。目前，风力发电和光伏发电的装机容

量占比达到40%，但实际发电量仅占20%。因此，当下亟待解决的问题是，如何应对风力发电和光伏发电的不可控性，以及在未来进一步提升风力发电和光伏发电利用规模的过程中，怎样有效应对这一不可控性难题。

储能是新型电力系统必备环节

在当前的能源领域中，储能技术具有至关重要的地位。通过特定的物理或化学过程，储能装备能够将那些具有不可控性和间歇性的能量，以电能、热能或燃料等形式储存起来，并在后续的应用场景中适时释放，为各类用能需求提供稳定可靠的能量供应，能够平抑风光波动、提高实际利用水平。

在构建新型电力系统的进程中，储能技术在发电侧、电网侧以及用户侧均发挥着不可或缺的作用，整个新型电力系统的稳定运行离不开储能的有力支撑。尤其值得指出的是，在发电侧，储能技术能够助力可再生能源，特别是风能和太阳能顺利实现并网接入，同时能够有效应对尖峰负荷的需求。当风能和太阳能发电成为电力供应的主体时，储能技术更是避免供电中断的关键因素，其对于保障电力系统稳定运行的重要性不言而喻。

储能于电网侧和用户侧也发挥着关键作用。此处所探讨的储能，并非手机电池或动力电池这类小型储能装置，而是大型储能装备。针对此类大型储能装备，有三项重要的技术要求。其一，安全可靠性至关重要。手机或电动汽车发生起火事件，影响范围相对有限。然而，兆瓦级别的储能电站一旦起火，后果将不堪设想，这是必须高度重视的关键问题。其二，需确保经济可行性。影响储能经济性的因素众多，涵盖建造成本、能量转换

效率以及循环使用寿命等方面。只有在经济上具备可行性，储能技术才能实现大规模的推广与应用。其三，资源的可获取性不可或缺。储能技术所依赖的材料应具备可持续性，尽量减少资源限制，理想状态下能够实现资源的循环利用。倘若储能装备受到过多自然条件或地域因素的制约，将会对该技术的发展形成阻碍。

简而言之，安全是储能技术发展的底线，经济性是其得以持续发展的生命线，而资源可及性则决定了具体技术的上限。

长短时储能技术为新型电力系统保驾护航

在构建新型电力系统的进程中，不同时间的储能技术发挥着不同的作用。其中，调峰与调频是两项关键的应用场景。调频对响应速度要求极高，依赖短时储能技术；而调峰则涉及到能量在不同时段的调配，尤其是跨天乃至跨季节的能量搬运，这便需要长时储能技术的支持。

锂离子电池在我国因过去十几年间动力电池及电动汽车产业的蓬勃发展，技术得以迅猛进步，并逐渐应用于储能领域。其具备多方面显著优势，能量密度较高，能够在单位体积或质量内存储更多能量；响应速度快，可迅速对能量需求的变化做出反应；能量转化效率更是高达90%，极大地提升了能源利用效率。不过，当前锂离子电池应用于储能仍存在一些亟待解决的问题。安全性方面，尽管技术不断改进，但依然需要进一步提升，以确保储能系统的稳定运行。成本上，虽然磷酸铁锂电池的价格已有所下降，但对于大型储能场景而言，成本仍需进一步降低。同时，储能设施的耐久性也至关重要，它直接关系到储能系统的长期运行稳定性与经济效益。从市场数

据来看，锂离子电池储能的装机容量增长极为迅速，目前已占据55.2%的市场份额，超越了传统的抽水蓄能，这无疑是锂离子电池储能发展的重大突破。

然而，当锂离子电池应用于GW级别的大规模储能项目时，需要着重关注三个方面的问题，一是耐久性，长时间、高负荷的使用对电池使用寿命提出了严苛考验；二是安全性，大规模储能场景下，任何安全隐患都可能引发严重后果；三是资源限制，当前我国电动汽车在地域分布上呈现出明显差异，南方占比较高，北方占比较低，这主要是受到电池温域限制的影响。尽管在实验室层面，部分电池技术已在低温启动与运行方面取得一定突破，但从市场应用角度，仍需进一步改进。

随着未来我国电动汽车产业的持续扩张，消费电子、电动汽车以及储能领域对锂离子电池的需求将不断攀升，因此，提高锂离子电池的资源利用率，成为实现可持续发展的关键路径。

需要明确的是，锂离子电池主要适用于中短时储能，一般时长为4个小时左右。而当下，长时储能技术的需求极为迫切且意义重大。随着风

能和太阳能在电力供应中的占比不断提升，尤其是在未来其将成为主体能源的情况下，一旦遭遇连续阴雨天气导致光照不足，或者长时间无风的情况，电力供应将面临中断风险。为保障电力系统的安全稳定运行，在发电侧，长时储能技术能够在能源产出低谷期释放储存的能量，有效避免断电危险。

在电网侧，长时储能同样不可或缺。特别是我国新建的风光电外送区域电网，时常出现低谷时段时长超过6个小时的情况，这就需要长时储能技术来提升电网在低谷时段的利用率以及输电能力，从而优化电网整体运行效率。

在用户侧，长时储能技术的重要性也十分显著。用户安装储能设备的主要目的之一在于削峰套利，降低用电成本。以北京、深圳等城市为例，其电价低谷时段往往超过6个小时，在此情况下，仅具备4个小时储能时长的技术便难以充分发挥作用，而大于6个小时的长时储能技术则能够更好地满足用户需求，帮助用户在低谷时段储存低价电能，并在高峰时段使用，实现成本的有效控制。综上所述，长时储能技术在发电侧、电网侧以及用户侧均扮

演着极为重要的角色，是推动新型电力系统全面、稳定、高效发展的关键支撑技术。

发展长时储能技术已成为全球共识，美国、英国以及欧盟等国家和地区，均对长时储能技术予以高度重视，出台了相应政策，支持长时储能。美国已明确长时储能战略地位，DOE于2020年推出“储能大挑战”计划，对长时储能研究提供3.5亿美元；英国政府则开展了长时储能竞赛，投入8000万英镑支持长时储能；欧盟已将长时储能作为战略方向，投入177亿欧元长时储能计划，预计于2030年完成70GWh长时储能。

发展长时储能技术已成为全球共识，美国、英国以及欧盟等国家和地区，均对长时储能技术予以高度重视，出台了相应政策，支持长时储能。

液流电池快速发展应用场景广泛

目前，压缩空气储能技术展现出独特优势，其能够通过扩大储气空间来有效延长储能时长。抽水蓄能则借助调节水坝规模大小实现对储能时长的控制。新型电池属于电化学储能范畴，其中液流电池与传统电池存在明显差异。液流电池主要由两部分构成，一是电池本体，二是储液罐。其能量存储于电解液中，电解液储存于罐内，储液罐的大小决定了储能时长与容量，电池本体负责充放电过程，电池的功率大小通过特定设计实现，而容量则由储液罐的容积调控，这种能量与功率解耦的特性极为关键，使得液流电池在储能时长调节上具备高度灵活性，只需改变储液罐的尺寸就能调整储能时长，是

一项极具创新性的技术。

此外，液流电池具有显著的安全优势，其电解液采用水溶液，不会出现着火、爆炸等安全隐患，极大地保障了使用过程中的安全性。与传统锂电池相比，锂电池充放电时存在嵌入嵌出过程，这对其循环寿命产生限制，而液流电池依靠液体的流动进行充放电，理论上循环寿命可长达30年以上。鉴于液流电池具备安全性高、储能时长调节灵活以及循环寿命长等特性。与此同时，液流电池的应用场景也极为广泛，在电网侧、电源侧以及用户侧均能发挥重要作用。当然，不同应用场景对液流电池的使用寿命、规模和安全性有着不同要求。尤其在用户侧，安全问题备受关注，由于液流电池本身安全性高，可在建筑物内使用。例如，在深圳已开展相关示范项目，在停车场部署液流电池用于削峰套利，有效降低了用电成本。

近年来，在政策的大力扶持下，液流电池行业正迈入快速发展阶段。《“十四五”新型储能发展实施方案》《加快构建新型电力系统行动方案（2024 - 2027年）》等文件明确为液流电池技术发展“保驾护航”。各地通过出台专项补贴、建立产业园区等方式，积极推进液流电池产业布局。自2023年起，液流企业展现出强大的扩张势头，合计规划产能超15GW，彰显出行业对未来发展的坚定信心与宏伟蓝图。2024年，国家能源局牵头建设8个液流电池示范项目，装机规模超过4.3GWh，这些项目为技术优化与市场推广积累宝贵经验。并且业内人士预期在未来5年内，行业产值将突破千亿元大关，发展潜力不容小觑。

液流电池在电网侧、电源侧和用户侧的适用性，使其受到政府与企业的高度重视，当前该技术正处于即

将迎来爆发式发展的关键阶段。不过，当下液流电池初投资成本仍高于2元/Wh，这一成本瓶颈严重制约了技术的商业化大规模应用，成为行业亟须攻克的主要难题。

在过去20年里，针对液流电池的研究工作聚焦于降低成本，主要思路为提高电堆密度，因为电堆密度提升后功率增大，关键材料及部件在电堆中的使用量相对减少，成本随之降低，这是实现液流电池降本的重要途径。同时，电解液在电堆成本中占比较大，提高电解液的利用率同样能够降低成本。一直以来，相关研究大多围绕这两个方向展开。若将传热传导研究结合电化学能量转换装置研究，可用于解决液流电池领域的科学难题。具体研究思路是通过学科交叉融合，针对直流、直流方法展开研究并形成理论体系，以此为电池设计提供理论支撑。

在液流电池领域，基于上述理论指导，在关键材料、关键部件以及系统设计方面已取得了一定突破。以液流电池的隔膜为例，隔膜作为关键部件与材料，其作用是隔开正负极材料，在多离子系统中，隔膜不仅需要具备良好的导电性，还需具有高度的选择性。通过研发的工艺，能够确保

隔膜具备优异的性能。

与此同时，在电极材料方面也取得了显著突破。电极的表面材料具有特殊性，能够确保电化学反应中的动力学过程快速进行，而其结构设计同样关键。合理的结构不仅可提升反应速率，还能降低流阻，进而提高能量转化效率。此外，诸多其他方面也成果斐然。例如，该液流电池的循环使用寿命可达20000次以上，这一指标位居全球液流电池之首；在电流密度达到600mA时，依然能够稳定运行，成绩十分突出。同时，电堆密度成功提升至400mA/立方米，这无疑是一项极具挑战性的技术突破，为液流电池的成本降低提供了坚实的技术保障。

我们研发的新型液流电池还具备以下显著特征。其一，安全性高，因其采用水系电解液体系，极大地降低了安全风险。其二，电流密度较高，这有助于降低初期投资成本。其三，循环使用寿命长，使得全生命周期成本显著降低。若能实现整个上下游产业链的协同突破，并有效解决工程应用中的关键问题，新型液流电池有望在储能技术领域发挥重要作用。

液流电池凭借其本征安全、储

能时长调节灵活等突出特性，展现出巨大的发展潜力，有望在未来储能市场中占据重要地位。尽管当前面临成本等挑战，但随着技术的持续创新与突破，以及产业链的不断完善，液流电池必将迎来更广阔的应用空间。

我国设定了在2060年实现碳中和的宏伟目标。达成这一目标的关键在于将太阳能、风能及其他清洁能源的占比提升至60%以上。回顾过去十几年，光伏技术与风电技术取得了令人瞩目的发展成就，然而当前风光电并网应用面临的主要瓶颈在于储能技术的滞后。我国在光伏和风电技术领域已成功跻身全球前列，相信凭借不断发展的各类技术，同样能够在储能技术方面实现重大突破。唯有将光伏、风电与储能技术有机融合，形成合力，我们方能满怀信心地迈向碳中和时代。🔧

本文根据赵天寿院士在2025工业绿色微电网创新发展山东推进会上的报告整理而成，未经本人审阅。

责任编辑：周思雨
zhousiyu@ccidmedia.com

通过智能化、服务化、绿色化和国际化四大路径，推动制造业从传统模式向现代化、高附加值模式转变。转型升级不仅可以提升制造业企业的核心竞争力，还可以让中国制造业在全球市场中占据更加重要的地位。

人工智能时代 制造业转型升级的四大路径

文 / 张朝

当前，我国制造业正处于转型升级的关键时期，人工智能技术的广泛运用，不仅重塑了制造业企业的生产流程和组织架构，也加速了我国制造业向高附加值、高技术领域迈进，成为推动我国制造业实现现代化、智能化的重要推动力。

人工智能时代制造业发展趋势

人工智能在制造业中的应用

随着人工智能技术的兴起，中国制造业当前正经历

张朝 中国电子信息产业发展研究院中小企业研究所

着前所未有的变革。根据国际机器人联合会（IFR）发布的《2024世界机器人报告》（World Robotics 2024），中国在工业机器人领域已经成为全球最大的市场，2023年的年安装量达到276288台，占全球机器人需求的51%。这一数据不仅体现了人工智能技术在制造业中的广泛应用，也进一步揭示了中国制造业转型升级的迫切需求。

近年来，华为、海尔等企业通过引入人工智能技术，实现了从传统制造向智能制造的转变，显著提升了

企业生产效率和产品质量。华为的智能工厂利用机器视觉和机器学习技术，实现了对产品质量的实时监控和自动调整，从而确保产品的可靠性和一致性。海尔则通过其“人单合一”模式，将人工智能与用户需求紧密结合，通过智能分析用户数据，精准实现个性化定制和个性化生产。

人工智能对制造业生产效率的影响

当前，中国制造业正在经历一场效率革命。人工智能技术的应用在减少人为错误产生的同时，还通过实施预测性维护策略等方式，有效减少了企业的各项成本支出。例如，根据波士顿咨询集团(BCG)的分析，人工智能驱动的分析可以将库存成本降低15%到30%，同时降低企业的仓储和运输成本。

此外，人工智能技术还可以通过优化资源配置提高决策的速度和质量，通过智能分析来预测未来的市场发展趋势，进而帮助企业实现生产效率的飞跃式提升。波士顿咨询集团报告显示：生成式AI可推动复杂应用程序、界面接口、供应链解决方案的开发速度提升30%以上，生成式AI驱动的高阶分析工具可以让决策速度提升30%以上。因此，人

工智能技术在制造业中的应用不仅能够节约企业的生产成本，还能为企业带来生产效率的显著提升。

中国制造业转型升级的必要性

传统制造业的局限性

对于大多传统制造业企业而言，其具有的劳动密集型和资源消耗型的特征，正逐渐显露出其在创新能力、成本控制、生产效率和环境影响等方面的不足。同时，随着全球资源的日益匮乏和相关环境保护法规的日益严格，传统制造业所依赖的高能耗、高污染的生产模式已经变得越来越难以为继。

此外，由于相对缺乏足够的创新和研发水平，传统制造业企业难以在快速变化的市场环境中适应市场需求，不利于企业的长期发展。因此，一方面为了抓住人工智能时代带来的机遇，另一方面为了更好应对相应的挑战，中国制造业必须采取一系列措施来进行转型升级。通过转型升级，中国制造业有望实现从传统的“制造”向智能化“智造”的转型升级，从而在新的时代背景下持续保持竞争力。

转型升级提升企业核心竞争力

中国制造业的转型升级不仅是我国应对全球竞争的必然选择，更是提升我国制造业企业核心竞争力的关键所在。当前随着人工智能技术的不断更新迭代，制造业企业通过引入相关技术，能够显著提高企业的生产效率和产品质量，助力企业在日益激烈的市场竞争中保持竞争力。以海尔集团为例，通过从传统制造业企业向“制造+服务”模式的转变，海尔成功将自身定位为提供整体解决方案的

服务商，而非仅仅是家电产品的生产供应商。这种转型策略使得海尔集团不仅能够提高其产品的附加值，还能够通过提供更加个性化和高质量的服务来吸引和保留客户，进一步巩固和开拓市场，从而在全球市场竞争中占据更加有利的地位。

此外，随着云计算、大数据等技术的应用，制造业企业能够借此更加精准地进行市场分析和场景预测，从而助力企业快速调整生产经营策略，优化企业供应链管理，减少企业库存成本。同时，人工智能技术还能够帮助企业实现产品创新，通过人工智能的模拟和分析，缩短企业产品研发周期，降低研发成本，从而推动加快产品上市速度。

综上所述，中国制造业的转型升级之路，不仅关系到企业自身的生存和发展，更是我国产业结构优化升级的重要组成部分。通过转型升级，中国制造业可以在全球市场中占据更加重要的地位，为我国国民经济高质量发展做出更大的贡献。

路径之一：制造业智能化升级

智能制造技术的引入与实施

在中国制造业转型升级的过程中，智能制造技术的引入与实施是关键。智能制造技术通过集成先进的自动化技术、信息技术、大数据分析技术以及人工智能算法技术等，能够显著提升制造业企业的生产效能。

实施智能制造技术不仅需要技术的引入，更需要一个全面的策略规划。制造业企业应通过采用系统工程的方法，从顶层设计开始，全面规划智能制造技术的引入，并逐步开展实施。这包括对企业现有生产流程的深度剖析，

识别可以优化的环节，以及确定智能制造技术应用的重点领域等。通过引入智能化生产设备和智能车间，实现生产过程的智能化和数字化，打造智能制造生态体系。例如，德国提出的“工业4.0”就强调了智能工厂、智能生产、智能物流和智能服务四个方面的整合。

在实施过程中，企业要对现有生产流程进行深度分析，识别瓶颈环节，并通过引入智能设备和智能系统来优化这些环节。在这一过程中，同样需要政府的支持和引导，通过政策扶持、资金投入和人才培养等措施，可以为制造业的智能化升级提供有力支撑。

智能化升级提升企业生产效能

当前，中国制造业的智能化升级已成为推动我国产业结构转型升级的重要推动力。通过引入先进的智能制造技术，企业能够实现生产过程的自动化和信息化，从而显著提高产品质量和生产效率。企业可以利用云计算、大数据分析 and 机器学习算法，对生产过程中获得的海量数据进行实时监控和分析，预测设备故障，优化生产流程，减少废品生产率。

在提高产品质量方面，智能化升级通过引入精密的传感系统和控制

系统，确保了企业生产过程的精准度。企业可以通过使用视觉识别系统，对产品进行实时质量检测，及时发现问题并纠正错误和缺陷，从而保证每一件产品都符合高标准的质量要求。此外，智能化升级还推进了企业的个性化定制和柔性化生产，使企业能够更快地响应市场变化，满足广大消费者对个性化产品的需求。

智能化升级的实施需要企业自身进行系统性的规划和投资布局。具体来说，企业应结合自身特点，选择合适的智能化技术进行生产集成，如自动化装配线、智能物流系统，以及基于云计算的生产管理系统等。通过这些技术的统筹运用，企业能够实现生产过程的优化，减少人工干预，降低生产成本，同时提高产品的质量。

路径之二：制造业服务化转型

从单纯制造向“制造+服务”模式转变

在人工智能时代，从传统制造向“制造+服务”模式的转变，也是制造业转型升级的路径之一。这一转型方式不仅是为了应对激烈的市场竞争，更是为了抓住新的增长机遇。例如，德国的西门子公司，通

过提供包括能源管理、交通运输、医疗健康等在内的综合解决方案，成功将自身从传统的制造业巨头转变为服务导向型企业。这种模式的转变，不仅提高了产品的附加值，也为企业带来了更稳定的客户关系和更广阔的市场空间。而且，随着技术的不断进步以及消费者需求的日趋多元化，单一的产品制造已经无法满足当下的市场需求。服务不再仅仅作为产品的附加价值而存在，而是成为企业核心竞争力的重要组成部分。从单纯制造向“制造+服务”模式的转变，可以使企业更快适应市场变化，实现企业的可持续发展。

服务化转型增强客户忠诚度

在中国制造业的转型升级过程中，服务化转型已成为越来越多的企业增强客户忠诚度和拓展市场的重要途径。服务化转型意味着制造业企业不再仅仅提供产品，而是通过提供一系列增值服务来满足客户需求，从而构建更为紧密的客户关系，服务化转型正是实现这一目标的有效手段。在此过程中，企业可以运用客户关系管理（CRM）系统来深度分析客户的数据，优化服务流程，确保服务的及时性、针对性和有效性。制造业企业不仅为客户提供高质量的产品和设备，还为其提供技术咨询、设备维护、人员培训等一站式服务，从而确保了设备的长期稳定运行，同时也提高了客户的满意度和忠诚度。此外，通过提供定制化解决方案和良好的售后服务，还有助于企业吸引那些寻求个性化产品和优质服务的客户群体。

路径之三：制造业绿色化转型

绿色制造的概念及其在制造业的应用

在当前中国制造业的转型升级路径之中，绿色制造

的概念也十分重要。绿色制造，也被称作环境意识制造，它是一种现代的制造模式，这种模式在生产过程中不仅注重产品的质量 and 效率，而且还特别强调资源的高效利用及其对环境造成最小的影响。它一方面关注减少产品全生命周期内对环境的负面效应，另一方面关注资源利用率的提高。在转型升级的路径中，绿色制造的应用不仅符合全球可持续发展的趋势，也是“绿水青山就是金山银山”发展理念的必然要求。

实施绿色化转型，企业能够通过减少废物排放、优化生产流程、提高材料利用率等措施，实现经济效益与环境保护的双重目标。例如，特斯拉上海超级工厂通过技术创新（一体化压铸、碳化硅半导体）、清洁能源替代（绿电+光伏）和循环经济模式（废弃物资源化），构建了覆盖产品全生命周期的绿色制造体系，实现了生产一辆整车的用水量比行业均值低27%，产生的废弃物回收率达到94%。其实践充分验证了“绿色制造=商业竞争力+环境责任”的双赢逻辑，为制造业可持续发展提供了“特斯拉范式”。

绿色转型是企业的社会责任

2014年至2023年，全球的非化石能源消费占比从13.6%增长到18.5%，其中，我国非化石能源消费增量的贡献率为45.2%。中国制造业的绿色转型不仅体现了我国企业对社会责任的担当，更是企业长远发展的战略选择。随着全球资源短缺问题的日益突出，绿色制造也将成为制造业可持续发展的必经之路。

德国的“工业4.0”战略也强调了智能制造与绿色制造的结合，通过优化生产流程和资源循环利用，显著提升企业的环境绩效和经济效益。中国制造业企业通过实施绿色转型战略，不仅能够减少其对环境的负面影响，还能通

过提高资源使用效率来降低企业生产成本，增强市场竞争力。因此，制造业绿色化转型不仅符合全球可持续发展的趋势，也是制造业企业履行社会责任，实现高质量发展的必然要求。

路径之四：制造业国际化战略

制造业企业国际化发展机遇与挑战并存

在人工智能快速发展的大背景下，中国制造业企业迈向国际化发展已成为不可逆转的趋势，也是我国制造业企业转型升级的路径之一。2023年，我国全部工业增加值为39.9万亿元，占GDP的比重为31.7%，制造业增加值占GDP比重为26.2%，占全球的比重约为30%。随着我国制造业体量的不断增大，以及人工智能技术的不断进步，中国制造业企业不仅需要在国内市场寻求转型升级，更要在国际舞台上寻求新的业务增长点。例如，华为集团通过持续的研发投入和技术创新，不仅在国内市场占据重要地位，更是成功将业务拓展到全球170多个国家和地区。华为的国际化战略不仅体现了中国制造业企业在全球化竞争中的潜力，也展示了在面对国际政治经济环境变化时的应变

能力。

然而，面对复杂多变的国际市场竞争，中国制造业企业必须克服语言、文化、法律和市场准入等多重障碍，这无疑是一大挑战。因此，制造业企业要想开拓国际市场，扩展市场空间，必须具备强大的技术实力和灵活的市场策略。面对激烈的国际市场竞争，企业不能裹足不前，而是需要通过深入研究海外市场、构建多元化的供应链体系、加大人才培养力度等措施来增强自身的抗风险能力。

国际化战略提升制造业企业全球竞争力

在全球化的浪潮中，国际化战略对于中国制造业企业而言，是提升企业全球竞争力的重要途径。通过实施国际化战略，企业不仅能够开拓更广阔的国际市场，从而增加销售收入和利润，而且能够通过分散业务到不同地区来降低单一市场波动带来的风险。此外，国际化还使得企业能够利用全球资源和人才，促进企业内部管理的现代化和国际化，实现生产成本的优化和效率的提升。

尤其重要的是，国际化战略有助于中国制造业企业在全价值链

中占据更有优势的位置，实现价值链跃升。通过与国际优秀企业的合作与竞争，中国企业可以更快地学习和吸收其先进的技术和管理经验，推进自身的技术升级和创新能力提升，不断增强企业的核心竞争力。这种全球范围内的竞争与合作，将推动中国制造业企业从“中国制造”向“中国创造”加速转变，实现从低端制造向高端制造的跃迁，进一步提升我国在全球产业链中的地位和影响力。

总之，在人工智能时代背景下，中国制造业的转型之路不仅仅是一场技术变革，更是一次深刻的产业革命。智能化技术的引入，如大数据分析、机器学习和物联网，正在推动制造业从传统的劳动密集型向技术密集型加速转变，实现企业生产的智能化和柔性化。同时，服务化转型正成为制造业企业提升核心竞争力的新途径。企业作为供给方，不再仅提供产品，而是通过提供综合解决方案来增强客户满意度和忠诚度，进而不断拓展市场。绿色可持续发展作为制造业转型的另一重要路径，对于企业承担社会责任和长远发展具有深远意义。随着世界各国对环境保护意识的不断增强，绿色制造将成为制造业转型的必然选择。最后，在人工智能加速迭代的背景下，我国制造业企业必须大力开拓国际市场，积极参与全球竞争。国际化不仅为企业带来了更为广阔的市场空间，也促进了企业间文化的交流和经验的共享，从而不断提升企业的全球竞争力。🔗

责任编辑：张通
zhangtong@ccidmedia.com

开源发源于软件领域，已成为开放、协同、共享、共治的新型协作模式，与闭源模式双轮驱动、相互促进，打造新增长引擎，不断塑造发展新动能新优势。

多维发力 推进开源建设破局突围

文 / 辛晓华 赵娆 付海巍

当前，开源在新一代信息技术中的应用持续深化，逐步从软件拓展至电子信息制造等硬件领域，已发展成为数字空间高水平协同创新的经典范式。我国以DeepSeek、通义千问、智谱GLM等为代表的开源大模型引起广泛关注；全球以OpenAI公司

的ChatGPT、Meta公司的Llama、谷歌公司的Gemma等为代表的开源大模型快速积累开发者、数据和用户资源，奠定核心技术闭源基础，形成从源代码开发到产业化的商业闭环。RISC-V开放指令集应用加速渗透，正通过开源模式打破“Wintel联盟”“ARM-Android体系”等生态

辛晓华 赵娆 国家工业信息安全发展研究中心
付海巍 开放原子开源基金会

壁垒，建立集成电路芯片产业发展新范式。

开源发展的历史沿革

开源从最初软件开发者个人兴趣驱动下的“自由分享精神”，发展到跨越地理和组织边界、实现网络化协同、创新商业模式的范式，再到数字经济时代的新型生产方式，以及未来培育新质生产力的重要手段。纵观开源发展历史，可将其划分为萌芽期、成型期、快速发展期、引领创新期四个阶段。

萌芽阶段（20世纪70年代），起因是美国电话电报公司旗下的UNIX操作系统免费公开源代码，推动全球40余个国家应用UNIX，孕育了开源思想。

成型阶段（20世纪80年代），起因是学术界反对UNIX等软件专有化行为，催生开源Linux操作系统崛起，开源大规模协作模式得以在世界范围内推广。

快速发展阶段（20世纪90年代末），随着红帽（Red Hat）、数硕（SUSE）、德班（Debian）等基于Linux发展业务的企业快速成长，开源商业化迈出实质性步伐，全球越来越多的企业加入开源阵营。

引领创新阶段（2010年至今），开源逐步从边缘位置步入舞台中央，成长为全球软件开发应用的主流模式、数字技术创新的基础设施和科技企业实现引领的战略选择，并从最初的软件领域走向硬件、数据，甚至汽车设计制造等领域。

全球开源体系建设进展

随着开源理念传播和技术发展，全球主要国家和地区围绕“四梁八柱”的基本框架，着力构建开源体系，打造开源产业生态。从全球开源的发展历程和主要国家（地区）做法看，开源体系是指支持和保障开源软件、开放硬件等研发和应用的组成要素的统称，其“四梁”分别是政策法规、制度规则、开源协议、开源文化等，“八柱”分别是组织体系、资源托管平台、项目社区、应用体系、人才队伍、资金支持渠道、国际交流合作、安全保障体系等。

国外开源体系建设情况

美国凭借对开源发展规律更深层次的理解和掌控，全面把控全球开源技术、平台、项目、人才等关键核心资源，已形成完善的开源体系，在开源基础设施建设数量、运营能力、生态话语权等方面形成绝对优势。如Linux基金会、Apache基金会等国际一流开源组织均设立在美国，运营孵化了Linux Kernel、Hadoop等大量顶级开源项目，广泛应用于全球各行业领域。同时，美国建设全球最大的代码托管平台GitHub，托管了超过4亿个开源项目，涵盖了全球几乎所有主流开源项目，约93%的开源许可证协议由美制定并发展成为全球开源项目的“基本法”。

欧盟、印度等围绕开源企业、项目、开发者等方

面开展开源体系建设，取得局部突破。欧盟将开源发展与数字主权战略相结合，意图借助开源提升技术创新能力、保障产业自由竞争。欧盟拥有数硕（SUSE）、德班（Debian）、思爱普（SAP）等代表性企业，在全球开源体系中取得局部领先，占据一席之地。印度2024年在GitHub平台上的开源贡献者数量达到1700万，并有望于2028年超过美国成为在GitHub上开发人员数量最多的国家，现已发展成为全球开源发展版图中不可忽视的重要力量。

俄罗斯、巴西等着力在开源人才、项目、技术等方面进行建设，现已取得一定进展。俄罗斯基于PostgreSQL、Linux等开源项目开发了Postgres Pro关系型数据库管理系统、阿斯特拉（Astra Linux）操作系统等自主软件产品。巴西通过立法要求政府部门优先使用开源软件，2023年巴西开源服务市场收入为10.714亿美元，2024年GitHub平台上的开源贡献者数量达到540万，较2023年增长27%。

我国开源体系建设进展及趋势

党的十八大以来，党中央、国务院高度重视推动开源体系建设，实施国家软件发展战略，持续加强对开源发展的统筹谋划和前瞻布局，推动开源发展取得积极成效。

基础设施初步齐备。2020年，国内成立首家全国性开源基金会——开放原子开源基金会，正加速孵化以开源鸿蒙、开源欧拉等为代表的明星开源项目，积极推动百度超级链区块链项目XuperChain、360非关系型数据库项目Pika、腾讯物联网终端操作系统项目TencentOS tiny等开源项目进入孵化期。码云（Gitee）、确实（GitLink）、腾讯云Coding等本土托管平台不断发展，为开源协作创新提供资源管理、协作开发支持等服务支撑。其中，码

云（Gitee）面向各领域开发者和企业提供服务，用户数超1500万；确实开源平台（GitLink）代码库数量累计140万，支持航空、航天、国防等多个关键领域的可信软件生产，为软件产业发展提供关键技术支撑和开源实践指南。

开源技术创新能力不断提升。在操作系统、数据库、人工智能等领域，国内涌现出openEuler操作系统、OceanBase分布式数据库、深度学习框架MegEngine等优秀的开源项目。工业软件升级的工业互联网开源生态，以及全球新一代信息技术创新加速背景下的人工智能生态、中间件和云计算大数据产业生态等成为国内开源创新的最新技术方向。

开源商业化初获市场认可。从开源领域企业投融资情况来看，近年来，国内开源企业不断获得市场及资本青睐，开源分布式数据库企业平凯星辰（PingCAP）完成估值30亿美元的新一轮融资，创造全球数据库领域估值新的里程碑。向量数据库公司Zilliz于2020年融资4300万美元，创下了全球开源基础软件领域迄今为止最大单笔B轮融资纪录。

人才队伍高速增长。近年来，我国开源参与者整体规模不断扩大。截至2024年第三季度，全球最

大的开源开发平台GitHub中，中国（含港澳台地区）开源开发者数量达1347万，全球排名第三（仅次于美国2384万人、印度1711万人），并且保持高速增长态势，为开源创新提供了强大的群体基础。从人才结构看，目前国内开源参与者大多为开源使用者，开源贡献者比例相对较少，高水平开源创新人才较少。从地域分布来看，全国超过40%的开发者主要分布在一线城市，北京、广东是开源开发者聚集较多的地域，占全国总数28.2%，上海、江苏地区占比数量处于第二梯队，占全国总数15.1%。

开源风险治理体系建设步伐加快。法律风险方面，美国开源协会（OSI）主导全球开源及开源协议认定标准，我国木兰许可协议已获得OSI认可，被多个本土项目采用，即拥有了部分开源项目许可协议解释权。技术风险方面，随着国内开源生态的逐步构建以及开源项目应用范围的不断扩展，企业开源漏洞防范和供应链管理意识逐步增强，开源技术应用中如何开展协议合规审查、开源组件管理、漏洞风险防范，成为大多企业关注的重点方向之一。全球治理方面，开源软件供应链重要性日益凸显。2024年10月，

开源社区Linux Kernel的核心维护者以遵守“各种合规性要求”为由，将10余位俄罗斯籍的内核代码维护者从社区除名。2025年3月，谷歌宣布将安卓操作系统中开源部分（AOSP）的更新转向封闭。

我国开源生态面临“两头在外”隐忧

从国际看，开源成为美西方在数字经济时代打造竞争新优势的新型手段。在俄乌冲突中，美国政府要求全球最大代码存储平台GitHub封禁俄罗斯40余万个开发者账号，俄罗斯企业主导的软件项目代码被直接删除。从国内看，我国开源资源大规模流向海外开源体系，本土开源生态面临“两头在外”隐忧。过去4年，我国为世界知名开源组织Apache基金会贡献的流量由25%提升至40%以上，部分海外国家坐享我国开源贡献者的“免费红利”，我国开发者和企业“在他人田地里种庄稼”的局面仍未得到根本性改变。

近年来，我国深度参与全球开源生态建设，已成为全球开源创新的重要贡献国，但我国开源体系建设仍存在五方面问题亟待解决。一是开源发展基础底座不牢。开源研究机构、开源公共服务平台等创新载体建设缓慢，开源代码托管平台尚未形成规模效应，权威认可的国内开源协议供给不足，高质量开源项目仍然缺乏。二是开源安全保障机制薄弱，表现为开源合规认识不足、开源知识产权保护机制不完善、开源软件物料清单（SBOM）应用不广泛、开源评估测试和预警防护能力短板凸显等。三是开源文化根基较弱。开源作为一项新兴事物，大多数地方对于开源的认识仍有一定提升空间，在如何发展开源、通过开源赋能千行百业发展等方面，各地方仍需持续探索可实施的具体路径。四是高水平人才供给不足。开源人才评价激

励机制尚未健全，顶尖开源人才匮乏，规模化开源人才培养生态还待发展。五是开源国际化发展水平有待提升。国内企业在国际开源生态的话语权薄弱，对国际开源生态中重要技术分支的技术演进影响力较弱，国内开源组织缺乏有效的资源吸引和集聚模式。

积极开创开源发展新局面

从美国发展开源的历程看，其成功因素主要包括明确开源法律地位、改革拓展市场空间、拓展多元资金渠道等三个方面。我国应充分借鉴全球开源发展普遍规律，统筹考虑我国开源体系建设现状、面临形势和存在问题等带来的特殊需要，着力解决开源谁来参与、用什么、产出什么、为谁服务、如何保障开源安全等方面的问题，打通开

源要素各环节的有机衔接，从而构建国内国际双循环发展格局，为制造强国、网络强国、质量强国、数字中国建设提供坚实基础。

加强制度政策设计

近年来，国家对开源政策支持不断加强，持续推动我国开源体系建设。下一步，各省市应结合地方实际，出台相关政策加快布局特色化开源发展。分析各地方发展基础和具体优势，对开源应用最广领域和具备建设开源社区的场景、具体承担机构和人才等开源资源摸底。结合数字经



图1 我国以DeepSeek、通义千问、智谱GLM等为代表的开源大模型引起广泛关注

济发展战略布局，以数字化转型为切入点，抓住龙头企业和重点行业应用需求，奠定发展开源的内在市场基础。深入调研全球重点企业和主要地区发展开源的经验做法，结合我国本土优势，找准定位和实现路径。

做好开源项目引培

目前，国内重点省份加快布局明星开源项目社区，北京已落地建设国际开源社区，浙江、广东、深圳、上海、江苏等地也在积极部署和推动开源社区建设，打造开源发展生态。从各地典型做法看，在开源项目引进方面，开源鸿蒙、开源欧拉等基础软件领域的明星项目是各地关注的重点，部分省份加大力度引进和汇聚人工智能大模型开源项目，聚力打造发展高地。在开源项目培育方面，部分地区发挥传统制造业领域优势，积极培育工业软件开源项目，依托高校和重点企业，培育人工智能大模型领域的开源项目，为我国各地开源发展提供了良好参考和借鉴。

逐步优化公共服务

目前，各地正通过搭建技术公共服务平台、开源生态创新中心等

形式，优化开源公共服务，提升对开源资源的整合利用能力。下一步，建议各地方搭建特色化开源技术公共服务平台，提供项目孵化、合规治理、供应链安全、商业化落地等全生命周期开源服务。探索支持建设高水平开源研究机构，联合全球智库、重点院校、龙头企业等多方力量，聚焦开源技术产业发展的战略性、前瞻性、基础性问题，开展技术能力建设、项目孵化、社区共建、产业培育，实现技术共研、资源共用、风险共担、成果共享。

营造良好开源氛围

近年来，各地有效利用举办开源创新大赛、开源峰会、开源主题沙龙等多种形式树立开源文化品牌，搭建开源文化交流平台，为区域开源发展营造良好氛围。下一步，建议各地方支持高等院校将开源贡献作为相关领域高校教师职称评聘、职务晋升、业绩考核等的重要参考，将开源贡献作为学生评奖评优、毕业推免、就业推荐等的评价指标。引导当地高校联合骨干软件企业、产业园区等，共同举办开放原子开源大赛、“校源行”等活动，打造有影响力的开源文化品牌。鼓励区域内软件企业设立专门的开源办公室（OSPO）和开源宣传团队，成立开源知识文化宣传普及团队。🔧

责任编辑：张煜
zhangyu@ccidmedia.com

中国人工智能40年发展简史

文 / 蔡自兴

中国的人工智能起步较晚，改革开放以来，中国人工智能技术发展迅猛。如今，中国人工智能迎来了发展的春天，正在酝酿一场重大的人工智能变革与创新，必将为中国的现代化建设做出历史性贡献。

智能机器是一种能够呈现出人类智能行为的机器。人工智能(Artificial Intelligence, AI)是计算机科学或智能科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。人工智能的近期主要目标在于研究用机器来模仿和执行人脑的某些智力功能，而远期

目标是用自动机模仿人类的思维活动和智力功能。

人类对人工智能和智能机器的梦想与追求，可以追溯到3000多年前。中国也不乏这方面的故事与史料。近代科学技术的许多重大进展都是人类智慧、思维、梦想和奋斗

蔡自兴 湖南省自兴人工智能研究院

的成果。人类历史上从来没有出现过像今天这样的思想大解放，关于宇宙、星球、生命、人类、时空、进化和智能等思想与作品，如雨后春笋破土而出，似百花争艳迎春怒放。其中，人工智能尤其引人注目。

进入20世纪后，人工智能开始孕育于人类社会母胎。到20世纪30—40年代发生了两件极其重要的事件：数理逻辑的形式化和智能可计算的思想，建立了计算与智能关系的概念。被称为“人工智能之父”（The father of AI）的图灵（Turing AM）于1936年创立了自动机理论，提出一个理论计算机模型，奠定了电子计算机设计基础，促进了人工智能特别是思维机器的研究。1950年图灵的论文《机器能思考吗？》为即将问世的人工智能提供了科学性和开创性的构思。

1956年夏季由麦卡锡（McCarthy J）、明斯基（Minsky ML）、罗彻斯特（Lochester N）和香农（Shannon CE）共同发起，并邀请其他6位年轻的科学家，在美国达特茅斯（Dartmouth）学院举办了一次长达两个月的10人研讨会，讨论用机器模拟人类智能问题，首次使用“人工智能”这一术语。这是人类历史上第一次人工智能研讨会，标志着国际人工

智能学科的诞生，具有十分重要的历史意义。发起这次研讨会的人工智能学者——麦卡锡和明斯基则被誉为国际人工智能的“奠基者”或“创始人”，有时也称为“人工智能之父”。

中国的人工智能经历了怎样的发展过程？取得哪些成绩？存在什么问题？面临何种机遇？有哪些解决方案？与国际上人工智能的发展情况相比，国内的人工智能研究不仅起步较晚，而且发展道路曲折坎坷，历经了质疑、批评甚至打压的十分艰难的发展历程。

迷雾重重

20世纪50—60年代，人工智能在西方国家得到重视和发展，而在苏联却受到批判，将其斥为“资产阶级的反动伪科学”。当时，受苏联批判人工智能和控制论（Cybernetics）的影响，中国在20世纪50年代几乎没有人工智能研究。20世纪60年代后期和70年代，虽然苏联解禁了控制论和人工智能的研究，但因中苏关系恶化，中国学术界将苏联的这种解禁斥之为“修正主义”，人工智能研究继续停滞。那时，人工智能在中国要么受到质疑，要么与“特异功能”一起受到批判，被认为是伪科学和修正主义。《摘译外国自然科学哲学》月刊的1976年第3期刊文称：“在批判‘图像识别’和‘人工智能’研究领域各种反动思潮的斗争中，走自己的道路。”这足见中国人工智能研究迷雾重重的艰难处境。

1978年3月，全国科学大会在北京召开。大会提出“向科学技术现代化进军”的战略决策，打开解放思想的先河，促进中国科学事业的发展，使中国科技事业迎来了科学的春天。这是中国改革开放的先声，广大科技人员出现了思想大解放，人工智能也在酝酿着进一步的解禁。利

用机器证明与发现几何定理的新方法——“几何定理机器证明”获得1978年全国科学大会重大科技成果奖，就是一个好的征兆。

20世纪80年代初期，钱学森等主张开展人工智能研究，中国的人工智能研究进一步活跃起来。但是，由于当时社会上把“人工智能”与“特异功能”混为一谈，使中国人工智能走过一段很长的弯路。一方面，包括许多人工智能学者在内的研究者把人工智能与特异功能搅在一起“研究”。另一方面，社会上在批判“特异功能”时将“人工智能”一起进行批判，把两者一并斥之为“伪科学”。

艰难起步

20世纪70年代末至80年代，知识工程和专家系统在欧美发达国家得到迅速发展，并取得重大的经济效益。当时中国相关研究处于艰难起步阶段，一些基础性的工作得以开展。

派遣留学生出国研究人工智能

改革开放后，自1980年起中国大批派遣留学生赴西方发达国家研究现代科技，学习科技新成果，其中包括人工智能和模式识别等学科领域。这些人工智能“海归”专家，已成为中国人工智能研究与开发应用的学术带头人和中坚力量，为发展中国人工智能做出举足轻重的贡献。

成立中国人工智能学会

1981年9月，中国人工智能学会（CAAI）在长沙成立，于光远在大会期间主持了一次大型座谈会，讨论有

关人工智能的一些认识问题。于光远指出：“人工智能是一门新兴的科学，我们应该积极支持。对所谓‘人体特异功能’的研究是一门伪科学，不但不应该支持，而且要坚决反对。”1982年，中国人工智能学会刊物《人工智能学报》在长沙创刊，成为国内首份人工智能学术刊物。

CAAI首任理事长秦元勋也颇受争议。秦元勋获美国哈佛大学博士学位后于1948年回国，历任中国科学院数学研究所研究员、执行副所长，中国核学会计算物理学会理事长，中国人工智能学会首届理事长等职。他在常微分方程的定性理论、运动稳定性、近似解析、机器推理等方面的研究，在中国处于开创的地位。其中极限环的研究，具有国际先进水平。他曾负责完成了中国第一颗原子弹和氢弹的威力计算工作，是1982年国家自然科学奖一等奖的原子弹氢弹设计原理中，物理力学数学理论项目的主要工作者之一，并开辟了计算物理学这一新的学科分支。

开始人工智能的相关项目研究

20世纪70年代末至80年代前期，一些人工智能相关项目已被纳入国家科研计划。例如，在1978年召开

的中国自动化学会年会上，报告了光学文字识别系统、手写体数字识别、生物控制论和模糊集合等研究成果，表明中国人工智能在生物控制和模式识别等方向的研究已开始起步。又如，1978年把“智能模拟”纳入国家研究计划。不过，当时还未能直接提到“人工智能”研究，说明中国的人工智能禁区有待进一步打开。

迎来曙光

1984年召开了全国智能计算机及其系统学术讨论会，1985年又召开了全国首届第五代计算机学术研讨会。1986年起把智能计算机系统、智能机器人和智能信息处理等重大项目列入国家高技术研究发展计划(863计划)。1986年，清华大学校务委员会经过3次讨论后，决定同意在清华大学出版社出版《人工智能及其应用》著作。

1987年7月《人工智能及其应用》在清华大学出版社公开出版，成为国内首部具有自主知识产权的人工智能专著。接着，中国首部人工智能、机器人学和智能控制著作分别于1987年、1988年和1990年

问世。

1988年2月，主管国家科技工作的宋健对《人工智能及其应用》的公开出版和人工智能学科给予高度评价，指出该人工智能著作的编著和出版“使这一前沿学科的最精彩的成就迅速与中国读者见面，这对人工智能在中国的传播和发展必定会起到重大的推动作用……我深信，以人工智能和模式识别为带头的这门新学科，将为人类迈进智能自动化时期做出奠基性贡献。”宋健对该书的高度评价，体现出他对发展中国人工智能的关注和对作者的鼓励，对中国人工智能的发展产生了重大和深远的影响。

在这封信中，宋健还提到：“10年前，当我们和钱先生修订工程控制论时，尚无系统参考书可言，只能断断续续介绍一些思路。现在钱先生看到此书，也一定会欣喜万分。”这体现了宋健的谦虚品德，也表现出钱学森当时对人工智能的热烈支持。

1987年《模式识别与人工智能》杂志创刊。1989年首次召开了中国人工智能联合会议(CJCAI)，至2004年共召开了8次。此外，还曾经联合召开过6届中国机器人学联合会议。1993年起，把智能控制和智能自动化等项目列入国家科技攀登计划。

1993年7月，宋健应邀为中国人工智能学会智能机器人分会成立题词“人智能则国智 科技强则国强”，向成立大会表示祝贺。本题词很好地阐明了人工智能与提高民族素质、增强科技实力和建设现代化强国的辩证关系。

蓬勃发展

进入21世纪后，更多的人工智能与智能系统研究课题获得国家自然科学基金重点和重大项目、国家高技术研

究发展计划(863计划)和国家重点基础研究发展计划(973计划)项目、科技部科技攻关项目、工信部重大项目等各种国家基金计划支持，并与中国国民经济和科技发展的重大需求相结合，力求为国家做出更大贡献。这方面的研究项目很多，代表性的研究有视觉与听觉的认知计算、面向Agent的智能计算机系统、中文智能搜索引擎关键技术、智能化农业专家系统、虹膜识别、语音识别、人工心理与人工情感、基于仿人机器人的人机交互与合作、工程建设中的智能辅助决策系统、未知环境中移动机器人导航与控制等。

2006年8月，中国人工智能学会联合其他学会和有关部门，在北京举办了“庆祝人工智能学科诞生50周年”大型庆祝活动。除了人工智能国际会议外，纪念活动还包括由中国人工智能学会主办的首届中国象棋计算机博弈锦标赛暨首届中国象棋人机大战。东北大学的“棋天大圣”象棋软件获得机器博弈冠军，“浪潮天梭”超级计算机以11:9的成绩战胜了象棋大师。这些赛事的成功举办，彰显了中国人工智能科技的长足进步，也向广大公众进行了一次深刻的人工智能基本知识普及教育。主办者认为，这次中国象棋人机大战“无论赢家是人类大师或超级计算机，都是人类智慧的胜利”。

同年，《智能系统学报》创刊，这是继《人工智能学报》和《模式识别与人工智能》之后国内第3份人工智能类期刊。他们为国内人工智能学者和高校师生提供了一个学术交流平台，对中国人工智能研究与应用起到促进作用。

2009年，中国人工智能学会牵头组织，向国家学位委员会和国家教育部提出设置“智能科学与技术”学位授权一级学科的建议。该建议指出：现在信息化向智能化迈进的趋势已经显现。因此，今天培养的智能科学技术高级

人才大军，正好赶上明天信息化向智能化大规模迈进的需要。为此，一个顺理而紧迫的建议就是：为了适应信息化向智能化迈进的大趋势，为了实现建设创新型国家的大目标，在中国学位体系中增设智能科学与技术博士和硕士学位授权一级学科。这个建议凝聚了中国广大人工智能教育工作者的心智心血和他们的远见卓识，对中国人工智能学科建设具有十分深远的意义。

国家战略

2014年6月9日，中国科学院第十七次院士大会、中国工程院第十二次院士大会开幕式上的讲话强调：

“由于大数据、云计算、移动互联网等新一代信息技术同机器人技术相互融合步伐加快，3D打印、人工智能迅猛发展，制造机器人的软硬件技术日趋成熟，成本不断降低，性能不断提升，军用无人机、自动驾驶汽车、家政服务机器人已经成为现实，有的人工智能机器人已具有相当程度的自主思维和学习能力……我们要审时度势、全盘考虑、抓紧谋划、扎实推进。”这是对开展人工智能和智能机器人技术开发的庄严号召和大力推动。

2015年十二届全国人大三次会议提出：“人工智能技术将为基于互联网和移动互联网等领域的创新应用提供核心基础。未来人工智能技术将进一步推动关联技术和新兴科技、新兴产业的深度融合，推动新一轮的信息技术革命，势必将成为我国经济结构转型升级的新支点。”这是对人工智能技术的重要作用给予的充分肯定，是对人工智能发展的有力促进。

2016年4月，工业和信息化部、国家发展改革委、财政部等3部委联合印发了《机器人产业发展规划(2016—2020年)》，为“十三五”期间中国机器人产业发展描绘了清晰的蓝图。该发展规划提出的大部分任务，如智能生产、智能物流、智能工业机器人、人机协作机器人、消防救援机器人、手术机器人、智能型公共服务机器人、智能护理机器人等，都需要采用各种人工智能技术。人工智能也是智能机器人产业发展的关键核心技术。

2016年5月，国家发改委和科技部等4部门联合印发《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》，明确未来3年智能产业的发展重点与具体扶持项目，进一步体现出人工智

能已被提升至国家战略高度。根据方案的内容，未来3年将在3个大方面、9个小项推进智能产业发展。

《机器人产业发展规划(2016—2020年)》和《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》的发布与施行，体现了中国已把人工智能技术提升到国家发展战略的高度，为人工智能的发展创造了前所未有的优良环境，也赋予人工智能艰巨而光荣的历史使命。

2015年7月在北京召开了“2015中国人工智能大会”。发表了《中国人工智能白皮书》，包括“中国智能机器人白皮书”“中国自然语言理解白皮书”“中国模式识别白皮书”“中国智能驾驶白皮书”和“中国机器学习白皮书”，为中国人工智能相关行业的科技发展描绘一个轮廓，给产业界指引一个发展方向。

2016年4月由中国人工智能学会发起，联合20余家国家一级学会，在北京举行“2016全球人工智能技术大会暨人工智能60周年纪念活动启动仪式”。这次活动恰逢国际人工智能诞辰60周年，谷歌AlphaGo与韩国围棋九段棋手李世石上演“世纪人机大战”，将人工智能的关注度推到了前所未有的高度。启动仪式共同庆祝国际人工智能诞辰60周年，传承和弘扬人工智能的科学精神，开启智能化时代的新征程。

现在，人工智能已发展成为国家战略，中国已有数以10万计的科技人员和大学师生从事不同层次的人工智能相关领域研究、学习、开发与应用，人工智能的研究与应用在中国已硕果累累，必将为促进其他学科的发展和中国的现代化建设做出新的重大贡献。🔧

责任编辑：张通
zhangtong@ccidmedia.com

以数字化转型 推动制造业产品质量提升

文 / 赵文苹 李俏 李昀

当前，我国制造业仍面临研发设计仿真能力不足、生产过程质量波动、供应链协同不足等问题，制约了产品质量提升。未来，可通过加强质量技术攻关、搭建供应链协同平台、打造可靠性示范标杆等措施，加速制造业质量变革，推动制造业高质量发展。

当前，我国正在积极融入全球经济一体化进程，中国制造业发展面临着全球化竞争加剧及消费者需求升级、产业链关键产品断供等诸多困难。在全球经济下行背景下，提高制造业产品供给质量，成为重塑我国制造业国际竞争力，促进经济高质量发展的重要抓手。随着“三品”建设和全国“质量月”活动等的深入实施，国产制造业产品质量得到了快

速提升，为支撑经济高质量发展、扩大国际贸易等发挥了积极作用。在数字经济时代，可以进一步利用数字化技术赋能制造业产品全生命周期中的关键环节，通过打造一体化设计环境、推广智能生产管控模式、实践数字化质量管理，为我国进一步提升制造业产品质量探索新路径。

赵文苹 李 俏 中国软件评测中心（工业和信息化部软件与集成电路促进中心）
李 昀 中国电子信息产业发展研究院信息化与软件产业研究所

产品质量提升的必要性

应对全球化竞争的必然要求

先进制造业作为制造业产业链中的高端环节，具有高科技、高质量、高附加值、高效率等特点，已经成为发达国家和各地区竞相争夺的焦点。在全球化竞争日益激烈的背景下，企业面临着前所未有的挑战和机遇，高质量产品能够帮助企业在竞争中脱颖而出。通过技术创新和质量管理提高产品质量，有助于企业突破技术壁垒，进入高端市场，树立品牌形象，还能帮助企业开拓新市场，增强其在国际市场上的竞争力和话语权。因此，我国需要牢牢把握当前全球先进制造业发展新趋势，提升制造业产品质量，加快推动先进制造业高质量发展。

增强企业竞争力和满足消费者需求的必然选择

市场需求瞬息万变，随着消费者对产品的质量、个性化、定制化需求增加，传统制造业企业模式难以满足，企业通过数字化和智能化赋能可以快速应对市场的需求变化。提高制造业产品质量，有助于增强国内外消费者的质量认同以扩大市场占有率，

激发新的消费需求。高质量产品不仅能够满足消费者的需求，还能在众多竞争对手中形成独特的品牌优势，帮助企业建立良好的品牌忠诚度，从而吸引更多潜在客户。这种良性循环使得企业能够在市场中占据更大的份额，进一步巩固其市场地位。

在国际市场上，高质量产品更是企业提升全球竞争力的重要砝码。随着全球化的深入，消费者对产品的要求越来越高，只有那些能够提供高质量产品的企业才能在国际市场上站稳脚跟。高质量产品不仅能够帮助企业获得国际认证，还能提升品牌在国际市场上的知名度和美誉度。通过不断优化产品质量，企业能够更好地适应不同国家和地区的市场需求，从而在全球范围内拓展业务，实现可持续发展。

有利于企业降本增效

高质量生产可以减少企业生产过程中的返工和废品率，从而降低生产成本。制造业企业进行数字化转型不仅仅在生产制造方面，而是存在于产品研发、营销、供应链管理、客户、业务流程等方方面面，积极采取数字化转型手段，可推动企业的整体效率提升，不同程度地减少企业成本。此外，高质量生产还意味着对资源的更高效利用。通过优化生产工艺和提升技术水平，企业能够最大限度地减少原材料和能源的浪费，实现可持续发展。这种对资源的精细化管理和高效利用，不仅有助于降低企业的运营成本，还能减少对环境的影响，实现经济效益与生态效益的双赢。

有助于推动制造业高质量发展

提升产品和服务质量是制造业高质量发展的基础，是建设制造强国的生命线。高质量产品是制造业从低端向

表1 国家积极出台推动数字化转型、制造业高质量发展的多项政策

发布时间	政策名称	核心内容
2019年	《关于推动先进制造业和现代服务业深度融合发展的实施意见》	推动先进制造业和现代服务业深度融合，通过数字化手段提升制造业的服务能力和附加值，明确到2025年形成一批深度融合发展的典型模式和新业态，增强制造业核心竞争力，培育现代产业体系，实现高质量发展
2021年	《关于加快推动制造服务业高质量发展的意见》	推动制造业与服务业深度融合，通过数字化手段提升制造服务业的效率和品质，支持制造业数字化转型。加快推动制造服务业发展，以高质量的服务供给引领制造业转型升级和品质提升
2021年	《关于加快培育发展制造业优质企业的指导意见》	推动制造业数字化转型，目标是到2025年形成一批具有国际竞争力的制造业优质企业，推动制造业高质量发展
2021年	《关于加快推动制造服务业高质量发展的意见》	力争到2025年，制造服务业在提升制造业质量效益、创新能力、资源配置效率等方面的作用显著增强，对制造业高质量发展的支撑和引领作用更加突出
2022年	《关于以制造业为重点促进外资扩增量稳存量提质量的若干政策措施》	进一步加大制造业引资力度，着力解决外商投资企业面临的突出问题，全面加强外商投资促进和服务，推动利用外资高质量发展
2023年	《关于加快传统制造业转型升级的指导意见》	通过多维度举措推动传统制造业向高端化、智能化、绿色化、融合化方向升级，巩固我国在全球产业链中的竞争地位。到2027年，传统制造业高端化、智能化、绿色化、融合化发展水平明显提升，有效支撑制造业比重保持基本稳定，在全球产业分工中的地位和竞争力进一步巩固增强
2024年	《制造业数字化转型行动方案》	要根据制造业多样化个性化需求，分行业分领域挖掘典型场景。加快核心技术攻关和成果推广应用，做好设备联网、协议互认、标准制定、平台建设等工作，要加大对中小企业数字化转型的支持，与开展大规模设备更新行动、实施技术改造升级工程等有机结合，完善公共服务平台，探索形成促进中小企业数字化转型长效机制
2024年	《制造业企业数字化转型实施指南》	推动制造业企业数字化转型是一项系统工程，要以企业发展实际为出发点、以解决企业痛点难点问题为目标、以提升全要素生产率为导向、以场景数字化为切入点，综合考虑技术成熟度、经济可行性、商业模式可持续性，精准识别数字化转型优先领域和重点方向。深化新一代信息技术融合应用，加快产业模式和企业组织形态变革，提升企业核心竞争力，促进形成新质生产力
2025年	《促进环保装备制造业高质量发展的若干意见》	到2027年，先进技术装备市场占有率显著提升，重点领域技术装备产业链“短板”基本补齐，“长板”技术装备形成国内主导、国外走出去的优势格局。到2030年，环保技术装备产业链“短板”自主可控，长板技术装备优势进一步扩大，环保装备制造业从传统的污染治理向绿色、低碳、循环发展全面升级
2025年	《新型储能制造业高质量发展行动方案》	旨在构建新一代信息技术与新能源等增长引擎，推动新型储能制造业高质量发展。提出到2027年，我国新型储能制造业全链条国际竞争优势凸显，优势企业梯队进一步壮大，产业创新力和综合竞争力显著提升，实现高端化、智能化、绿色化发展

高端转型的关键，通过数字化转型技术创新和工艺改进，企业能够生产出更具竞争力的高质量产品，从而推动整个产业链向高附加值、高技术含量的方向迈进。提升产品质量有助于加速科技与产业的融合，促进“科技—产业”循环。通过科技创新推动传统制造业技术革新，加快企业设备更新、推进数字赋能，并加速传统制造业集群式发展，实现产业链、创新链深度融合，从而推动制造业高质量发展。

制造业高质量发展政策支持

近年来，国家积极出台推动数字化转型、制造业高质量发展的政策，旨在提升制造业产品质量，促进制造业可持续发展、优化产业结构、提升竞争力，推动制造业向高端化、智能化、绿色化方向迈进。

产品质量提升面临挑战

研发设计和仿真验证能力不足，难以在设计环节提升质量

设计阶段决定了产品的质量特性，提高制造业产品设计能力对减少产品故障、停机和维修数量，保障产品在使用过程中的安全稳定运行具有

重大意义。我国制造业在研发设计环节提高产品质量存在如下挑战：首先，产品设计的数字模型支撑不足。在产品设计和失效分析的仿真验证中，国产工业设计仿真软件的数字模型缺少足够的理论和实验数据训练，导致模型复杂度和模型参数难以满足更精准的寿命和性能退化分析。

其次，全面的质量仿真验证效率不高。目前，计算机辅助设计（CAD）和有限元分析（FEA）等技术手段被广泛应用于产品质量仿真设计过程中，但是各类仿真分析通常采用不同工业软件，存在多次手动建模、重复分析等现象，拖累制造业产品设计仿真效率。

过程质量控制和基础工艺优化不足，难以在生产环节保障质量

在产品生产过程中，人机物料法环等生产要素的波动都会影响产品的质量，降低产品良率。我国制造业在生产制造环节提高产品质量存在如下挑战：首先，关键过程质量控制能力不足。由于生产过程中协作关系复杂、工艺环节较多、生产设备精细程度等原因，造成生产控制水平不稳定，不同工艺环节之间的质量一致性不强，导致产品质量难以稳定在设计中的理论水平。

其次，质量管理工具数字化水平不高。传统的质量检验环节采取质检员配备检测仪器的的工作方式，质检人员工作量大但效率不高，质检数据存在“数据孤岛”或数据异构等问题，导致产品质量波动监测不全面、不及时，不良品流入供应链的下一环节，给企业和客户造成损失。

最后，基础工艺优化缺少数据指导。多数企业由于数据异构或系统互联程度不足等原因，在调整数控设备工艺控制参数中缺乏实际工业数据的指导，并且难以对

质量波动进行快速响应，基于质检数据指导工艺优化。

《中国制造业企业质量管理蓝皮书》显示，只有约7%的企业实现了质量数据的自动采集，而且大部分企业质检数据只局限在部门内部分析应用，部门间数据流通共享不足，我国制造业距离全面的产品质量智能化管理还有差距。

质量追溯和质量协同不足， 难以实现供应链全域质量管控

随着市场竞争加剧，企业之间的竞争转变为供应链之间的竞争，制造业产品质量管理的范围也延伸到供应链全域，质量问题将影响到供应链整体市场竞争力和客户黏度。我国制造业在供应链质量管理过程中提高产品整体质量存在如下挑战：一是供应链质量追溯能力有限。在现有供应链的产品质量追溯中，存在追溯质量数据单一、数据格式不统一，数据的真实性和完整性缺乏保障等问题，给供应链的主企业或市场监管部门的管控和质量追溯带来很大困难。二是制造业产品质量管理协同能力不足。传统的质量管理模式是供应链的各环节企业关注自身内部的质量水平，造成了供应链整体质量管理和协同性较低，受供应链上能力短板的限制，影响最终成品的质量。

数字化转型助力产品质量提升

打造一体化设计环境，提高协同研发能力

采用协同研发的思想，通过打造一体化设计仿真验证系统或协同平台，整合制造业企业乃至产业链的设计资源，有助于提高产品质量设计能力和效率。一方面，通过构建行业或技术领域融合的研发设计、仿真验证环境，促

进多种设计模型的复用训练和实验结果交叉验证，逐步提高我国自主设计仿真能力水平。

另一方面，一体化的产品设计环境能够形成包括产品设计和仿真验证等多个环节在内的研发闭环，例如，北京瑞风协同科技面向复杂产品设计搭建数字化协同设计管控支撑平台，实现了设计过程和多学科、多种类软件工具的全面集成，为驱动产品质量设计和协同研发提供平台支撑。

推广智能生产管控，提高关键过程质量控制能力和数字化水平

通过数字技术赋能生产环节，利用数据驱动生产设备运行控制和工艺调优，进而提升制造业产品的质量管控水平。一是基于模型控制提升数控加工精度。通过建立数控加工装置参数模型，结合传感器等设备采集的多种真实加工数据优化参数设置，实现自适应自优化的参数寻优和加工精度控制。二是基于质量检测数据指导工艺调优。利用自动质量检测设备等将质量检验数据采集到有关系统，实现工艺数据和检测数据的互通，通过分析产品质检的不良数据趋势，反馈指导生产工艺优化，及时提升产品良率，降低企业生产运营成本。例如，歌尔光电精密模具生产现场依托工业

互联网云平台,实现产品数据的测量和云端计算,有效提升精密模具生产加工精度和稳定性,加工误差可维持在 $\pm 1\mu\text{m}$,达到行业领先水平。

实践数字化质量管理,提高供应链质量协同水平

基于工业互联网平台等数字工具,按照产品质量需求开展供应链质量标准化,规范工艺过程,减少产品质量波动。首先,加强制造业产品质量动态化管理。基于质量管理数据共享平台,接入供应链的各成员企业自建的ERP、SCM等系统,规范

质量数据采集标准,对产品的原料、制造工艺流程进行记录、数据分析和统计,及时发现质量波动趋势并指导生产工艺参数调优,减少不良品流入下一环节带来的企业收益和品牌口碑损失。

其次,建立数字化供应链质量管理体系。基于供应链质量管理平台,实现产品设计、生产、运输等各个环节数据高效采集、传输、处理,打通各企业之间质量相关的数据流,提高质量信息的交互反馈能力,提高管理层基于供应链的决策水平,促进质量协同管理。例如,京东方基于物联网技术的创新转型,自主建设数据中台实现设、供、产、销、人、财、企等领域的业务流、信息流、资金流的全面融合,以自身管理实践经验作支撑,实现对业务全流程质量的有效管控,带动了2000余家合作伙伴整体质量提升。



图1 以数字化转型推动产品质量提升

如何提升制造业产品质量

加强产品质量管理技术和软件攻关，支撑业务高效开展

首先，加强质量工程软件研发。立足产业发展现状和实际设计生产需求，面向重点行业和领域的建模与自动化设计分析、工艺设计分析、失效机理分析等需求，研发和迭代国产工业设计和仿真工程软件。其次，面向行业加强质量检测技术研究和设备研发。针对重点产品的自动化质量检验检测需求，汇聚行业协会、科研院所、制造业企业等创新力量，开展技术和设备产品的攻关研究，提高产品来料、中间件和成品的质量检测能力，减少漏检、检错的发生，保障成品质量。

搭建供应链质量协同平台，提高研发生产管理效率

一是加速制造业产品全生命周期数据集成。针对企业产品设计研发、仿真验证、生产制造等环节，搭建产品数字平台畅通数据流转通道，实现数据标准化管理和统一存储，为各业务高效协同提供数据支撑。二是搭建供应链一体化生产管理平台。通过搭建一体化平台，实现整个供应链的数理模型、软件工具、硬件设备、产品数据等数字资源的集中管理和知识复用，提升产品全生命周期的精细化生产和质量管理水平。

打造可靠性示范标杆，发挥引领带动作用

首先，开展制造业产品质量提升行动顶层设计。面向产品设计创新能力、制造能力、质量检验检测能力等方向，开展制造业产品质量提升专项工程，着力打通一批产业链、供应链的质量堵点，攻克一批关键核心技术质量难点，化解一批民生消费领域质量痛点，加速质量强国建

设。其次，打造制造业产品质量示范标杆。采取揭榜挂帅等方式，面向细分行业，遴选出一批成功的数字化转型提升产品质量的典型应用场景解决方案、一批高质量产品示范生产线和一批高质量产品示范基地，带动重点行业产品质量提升。最后，完善保障政策。建立多渠道、多元化的金融、技术、人才、服务保障措施，提升试点示范工作保障水平。

综上所述，面对制造业研发仿真设计能力薄弱、生产过程质量波动、供应链协同不足等问题，数字化转型为制造业产品质量提升提供了新的思路和方法。通过打造一体化设计环境、推广智能生产管控、实践数字化质量管理等，企业能够显著提高产品质量和生产效率，增强市场竞争力。未来，随着制造业数字化转型的不断发展升级，制造业产品质量管理将朝着更加高端化、智能化的方向演进，最终实现制造业高质量发展。🔧

责任编辑：张通
zhangtong@ccidmedia.com

美丽中国



万物生长草木盛 乡村振兴正当时

北电数智： 打造中国特色的新型AI工厂

文 / 赵健

基于“1个AI底座+2大产业平台”，北电数智规划设计与建设运营的北京数字经济算力中心不久前正式落地。该AI底座的最大创新点在于，它是一次国产芯片方案的“证明之战”，证明了国产芯片不仅能达到行业SOTA（先进的）水平，而且做到了价格实惠。

2024年的中关村论坛年会上，北京电子数智科技有限责任公司（以下简称“北电数智”）展示了北京数字经济算力中心项目、先进计算迭代验证平台、可信数据空间三大重点项目。当时，北电数智董事长荆磊就做了一个形象的比喻，AI工厂、AI场景和AI可信三块业务分别是北电数智碗里、锅里和田里的业务。

北电数智再次亮相是在2025中关村论坛年会期间，

赵健 北京甲子光年科技服务有限公司

它带来了全新的运营模式——“1个AI底座+2大产业平台”。北电数智展现出了AI产业服务商的特质。因为这涉及生态网络，想要做好并不容易。一方面，需要企业自身具备强大的技术能力，另一方面，也需要企业有连接和赋能产业的能力。

具体来说，“1个AI底座”是聚集了算力、算法、数据等全栈AI能

力，以及AI可信数据服务相结合的AI基础设施；“2大产业平台”是在AI底座的基础上所形成的产品与解决方案的综合服务平台，一是面向政务、医疗、金融、文化、工业制造等传统行业的赋能平台，二是面向低空经济、具身智能、AI4S（AI for Science）等新兴产业的加速平台。

不难看出，AI底座指向技术创新，而两大产业平台则是技术能力在不同垂直产业的落地实践。

基于“1个AI底座+2大产业平台”，北电数智规划设计与建设运营的北京数字经济算力中心在不久前正式落地。这个坐落于朝阳区酒仙桥的智算中心，是北京市五环内一个千P（PFlops）以上算力的商用智算中心，是北京乃至全国范围内智算中心的旗舰标杆项目。

尽管中国算力服务企业发展迅速，但在核心技术自主可控、区域协调发展、绿色低碳转型、应用生态构建，以及安全可靠等方面仍然面临不少挑战。

2024年中央经济工作会议指出，要“推动科技创新和产业创新融合发展”，并将“以科技创新引领新质生产力发展，建设现代化产业体系”作为部署的重点任务之一。如果说2024年的北电数智在探索算力服

务“最优解”，那么2025年的北电数智就是在打造中国特色的新型AI工厂。

从算力中心到AI工厂

北电数智之所以要提出“1个AI底座+2大产业平台”的创新运营模式，是因为人工智能技术与产业的融合面临着现实的挑战，这些挑战来自人工智能三要素——算力、算法与数据的各个层面。

第一重挑战来自于算力基础设施，传统的、粗放式管理的算力中心建设模式已经不再适应新质生产力的需求。

2023年之前的传统数据中心，主要依赖通用型CPU作为核心算力芯片，侧重于稳定、可靠的IT服务，如数据存储、分发和基础云计算，其任务多为线性逻辑运算，比如金融交易处理、企业ERP系统，对并行计算需求较低；此后兴起的智算中心则以GPU、TPU、NPU等专用AI芯片为核心，专注于AI模型的训练与推理，需处理海量非结构化数据，比如图像、语音、视频等。

智算中心的升级不只是从CPU到GPU的升级，而是包含整个中心的架构设计、硬件基础设施、软件工具链等全产业链的升级。目前市场上很多算力中心使用的仍然是传统模式，利用率很低。有数据显示，2024年，中国新建成200多个算力中心，点亮率却不足20%。

第二重挑战来自AI大模型部署与应用的供需错位。

比如DeepSeek一体机，因为能够预装优化后的模型与工具链，部分满足数据敏感行业快速接入DeepSeek进行智能化尝试的阶段性需求，因而在市场上非常火爆。

但是，北电数智CTO谢东指出，实际上一体机并不适用于基于MoE架构的DeepSeek模型。一体机的单个节

点，通常仅8张卡，会限制MoE模型实力的发挥。

谢东指出，一体机能快速帮助数据敏感企业进行智能化尝鲜，但对企业和政府而言，需要的并不是一个聊天机器人，更重要的是AI系统。一体机所能提供的功能多为单点应用，距离系统应用有较大差距，无法覆盖数智化转型的整个工作流程。

第三重挑战在于数据，数据是AI发展必不可少的“燃料”，但也面临数据孤岛、数据安全等方面的难题。

北电数智调研发现，国内数据生态构成较为复杂，主要分为三类：第一是政府管理的社会运行数据；第二是能源、制造等核心产业大型国企积累的专有数据；第三是互联网企业所掌握的庞大用户数据集。这三者如同各自为营的信息烟囱，彼此间缺乏有效的互通。同时，在国际环境日趋复杂的今天，企业对数据安全和独立性的考量越严格，进一步限制了数据的流动。

北电数智CMO杨震总结，数据挖掘价值的四大痛点是供不出、流不动、用不好，风险大。

面对以上种种挑战，北电数智需要对过去的经验进行迭代与刷新。

在2023年成立之初，北电数智就提出要打造面向未来AI产业的新物种。北电数智将这一新物种定义为AI工厂。

什么是AI工厂？如果把AI看作商品，AI工厂要出售的不只是常见的算力，而是包含了算力、模型、数据，以及行业解决方案在内的全栈能力。因为单独的算力、模型或者数据服务，往往无法支撑一个完备的AI产业生态集群的发展需求。

英伟达这两年一直在强调AI工厂的概念。英伟达认为，如同工业革命时期的工厂一样，AI工厂将大规模生产token——人工智能的基本



图1 “星火·智算”提供AI全栈能力，服务AI产业生态企业

构成单元，这些token将被重构为音乐、文字、视频、研究成果、化学物质或蛋白质，驱动各种智能应用。

从英伟达到北电数智，AI工厂正在逐渐成为业内共识。不过，AI工厂本身也在迭代中，结合中国AI产业实际，打造中国特色的新型AI工厂就是北电数智在做的事情，这其中的方法论，就是北电数智所提出的“1个AI底座+2大产业平台”。

打造中国特色新型AI工厂的技术底座

谢东介绍，北电数智的“1个AI底座+2大产业平台”不是一个简单的技术栈，而是一个不断演进、持续学习、可被广泛调用的智能中枢。

AI底座就是AI大脑，是这套智能中枢的地基，包括算力、算法与数据等全栈AI基础设施与AI工具。

该AI底座的创新点在于，它是一次国产芯片方案的“证明之战”，证明了国产芯片不仅能达到行业SOTA（先进的）水平，而且做到了价格实惠。

这是中国算力服务企业和海外算力服务企业的最大不同点，也是中国算力服务企业必须要解的题目。

北电数智给出了这样的答案：在算力层，北电数智可以提供国产的混元芯片方案，目前已经建成了国产多芯片异构集群，并纳管3000卡规模，覆盖了30多款国内主流芯片评测，完成9款芯片测试。异构集群芯片方案必须要捅破工程优化的技术天花板。因为不同芯片之间有不同的软件、不同的工具链、不同的功耗、不同的算子等，需要一个大一统的调度平台。

杨震指出：“我们通过大量的统一的通信库和算子补齐工作，实现了不同芯片之间的协同作战，整体提高了芯片的性能使用率。通过软件加速，基本能让国产芯片的性能普遍提升2~3倍，吞吐量提升7~8倍。不管使用哪种模型方案，客户完全感觉不到差异。”

混元异构集群的组建只是迈出了技术落地产业的第一步，主要满足模型的训练需求，为部分中大型AI企业提供模型训练、微调等算力服务。而更广阔的中小企业与个人开发者市场，需要的往往不是一个巨大的芯片集群，而是在芯片集群之上部署的AI模型推理服务。

因此，北电数智需要将市场主流模型与国产芯片集群进行一一适配。北电数智提供的AI工具链“宝塔·模型适配平台”，向下兼容多种硬件架构，解耦芯片与大模型，使大模型能够在不同的AI芯片上高效运行；向上支持各大主流开发框架，降低企业和开发者的使用门槛，提供更大的灵活性。开发者既可以选择主流的基础大模型，也可以采用开源模型，打破算法层面的“烟囱难题”，实现不同模型间的自由切换。

以DeepSeek为例，这是性能领先的模型，同时也是一个部署起来相当复杂的模型。在DeepSeek爆火之后，北电数智也第一时间实现了DeepSeek-V3/R1全尺寸模型与海光DCU、华为、壁仞科技、沐曦等国产芯片的混元算

力适配，为开发者带来更多算力选择。

在算力与模型的极致工程化之后，北电数智也探索出了新的商业模式——token as a service，按照token消耗量计费。北电数智不仅做到了推理服务按token收费，也做到了训练服务（主要是后训练与微调）按照token收费。

这种模式对算力服务商提出了极高要求，需要对算力集群进行精细化运营，最大化利用每一分算力。AI行业有一个模型算力利用率的指标MFU，行业的平均水平大概在30%左右。北电数智在做混合推理的时候，MFU能够达到60%左右。

杨震表示：“这种模式相当于把不同的集群打散，形成一块巨大的虚拟GPU，并通过云服务的方式，按效果计费（token式），客户只需关注自己的业务需求，无需关心底层的技术细节。”这种模式对中腰部客户和个人开发者尤为友好，不仅提高了客户的使用体验，也大大降低了他们的使用成本。

除了算力与模型外，北电数智AI底座的另一个核心要素是数据。

2024年1月，北电数智开始打造一款名为可信数据空间的数据产品，并在7月的全球数字经济大会上向市场发布。两个月之后，国家数据局在数博会上提出可信数据空间，并在11月发布《可信数据空间发展行动计划（2024—2028年）》。从时间线上来看，北电数智的可信数据空间是一个超前于市场的产品。

2025年，可信数据空间进一步升级为全栈信创的可信数据服务，包括可信的数据空间、数据产品、数据托管等全方位的服务。该产品想要解决数据要素真正能够流动、交易与使用的问题，让过去沉睡的数据真正在产业内

发挥价值。

在千P高性能混元算力集群全栈服务基础上，整合算力、算法、数据全栈AI能力和AI工具，配合可信数据服务，共同构成了北电数智的AI底座。

AI如何运行起来？

有了强大的技术底座，还需要回答一个问题：“AI的价值如何落地？”

这就是北电数智打造“传统产业赋能平台”和“新兴产业加速平台”两大产业平台的初心。杨震表示，之所以要以产业平台的模式来运营，核心目的还是要为市场提供全方位的支持，而不同的企业会有不同的需求。

首先看传统产业赋能平台，这是北电数智面向制造、金融、政务、医疗等传统行业打造的能力转化平台，以垂类模型矩阵赋能传统产业。此举的目标很明确——让AI真正成为企业降本增效、提质增能的工具。

在医疗行业，北电数智为中日友好医院提供了涵盖算力、算法、数据的全栈AI基础设施底座平台和数据可信应用平台，打造出面向医

疗行业智能化转型需求的垂类行业解决方案“星火·医疗底座”。在这一垂类场景下，通过“星火·医疗底座”开发工具链，北电数智与中日友好医院共同构建了院内专属的大模型智能体平台“中日樱智Agent开发平台”。同时，北电数智深入推进大模型技术与临床应用融合，释放AI医疗潜能。

在影视文化产业，北电数智为北京市朝阳区AIGC视听产业创新中心搭建国产人工智能算力平台并提供运营服务，以行业模型赋能数字创意、影视制作等AI应用，让影视大模型能够在国产芯片上高效部署与运行，进而打造AIGC视听平台标杆。

谢东表示，北电数智不是简单做“AI+”，而是通过对行业流程、知识体系的深度嵌入，实现从手工到智能的流程重构、从经验到数据驱动的决策辅助、从单点到端到端的服务再造，跟传统企业一起从“信息化”走向“智能化”。

其次是新兴产业领域，这也是新质生产力的代表企业，包括具身智能、低空经济、生物科技、AI for Science等领域。

这些新兴产业有一个重要的共同点：节奏快，变化快。针对快速变

化的市场需求，北电数智聚焦构建共性技术体系，通过物理直觉模型、虚拟仿真环境、通用开发组件及智能数据工具链等核心能力，为智能体感知决策、人机协作、复杂系统建模等关键环节提供技术支撑。

比如面向具身智能，北电数智通过提供数据开发平台，以基于真实应用行业的行业产线和应用场景的数据，构建精准且具有物理真实性的仿真环境，为具身智能企业提供应用训练场。

谢东表示，北电数智不做“代替者”，而是要做加速器——让新产业从“想得到”到“做得成”，更快，更稳。

一家北京国企的底气与局气

北电数智是一家AI原生的国有企业，隶属于北京电子控股集团（下称“北京电控”）。北京电控是北京市市属高科技企业，从20世纪50年代新中国成立初期的技术起步，到20世纪80年代改革开放初期的国际合作，北京电控始终站在技术发展的前沿，不断引领技术创新，推动产业繁荣。这种创新的内驱力依然在AI时代延续。这是北电数智的底气。

作为北京的国企，北电数智还有局气的一面——豪爽、正直和守规矩。他们深知AI产业的发展并非靠一家公司的一己之力，所以在推动产业生态共生共建的协同发展方面，北电数智投入了越来越多的精力，这也体现了一家国企的责任和担当，用北京话说就是“局气”。

这里，还值得一提北电数智在运营智算中心时的“在地运营思维”。

在北电数智看来，当下火热的智算中心建设中，各

地真正需要建设的并不只是一个智算中心，而是以智算中心为核心，辐射产业链上下游，聚集产、学、研融合的产业集群，形成具有各地特色的人工智能产业生态。

北电数智的人才和业务布局，强调既要懂芯片，也要懂模型，还要懂数据，进行全栈布局。同时，不仅是对大厂客户，还有中腰部客户和小客户，北电数智都能提供“建、运、管”全生命周期的运营能力和产业协同能力，让智算中心成为真正的生产力中心。

为了打造既懂技术、又懂行业的人才铁军，北电数智把人才培养定为“1号位工程”。目前，北电数智打造了一批由产业专家、行业专家、管理专家构成的专家人才网络，BATH人才含量已超70%，包括IBM原全球副总裁、大中华区首席技术官谢东博士、人工智能领域专家窦德景教授、原百川智能副总裁邓江等。

如今，北电数智已经走出北京，走向更广阔的华南、华东市场。

2025年2月，北电数智中标佛山人工智能智算中心项目。北电数智以“全栈AI工厂”理念突破传统算力中心仅关注硬件算效与能效局限，集成算力、模型和数据全栈能力，为智算中心打通从要素聚集到场景应用的闭环，使之成为区域新质生产力的发展中心。

同时，以传统产业赋能平台为依托，通过深度介入泛家居产业，从产品设计、柔性生产，到供应链管理的全价值链环节，北电数智致力于推动其实现设计智能化、生产制造智能化、产业基因智能化，助力佛山泛家居产业全方位焕新提质。

截至目前，北电数智已有AI产业生态伙伴千余家，广泛覆盖了医疗、工业制造、影视、政务等传统行业，以及AI辅助药物研发、通用机器人与具身智能、无人驾

驶、辅助诊疗AI智能体等明星赛道和高潜领域。

在2025年的中关村论坛年会上，北电数智通过“1个AI底座+2大产业平台”的创新模式，展示了其在AI基础设施、模型开发和场景验证上的全链条服务能力。特别是“北京数字经济算力中心”，作为城市级AI底座的代表，已经完成验收并成为北京市“三个100”重点项目，进一步巩固了北电数智在AI领域的技术领先地位。

与此同时，北电数智为传统产业和新兴产业提供了可复制的AI解决方案，不仅加速了“产业AI化”和“AI产业化”的进程，还为其他地区和企业提供了一个可借鉴的实践路径，有助于推动AI技术的普惠。

打造中国特色的新型AI工厂是北电数智正在做的事，那驱动这家企业和员工的精神内核是什么？北电数智办公区内展示了北电数智从成立到现在的各种里程碑时刻和难忘瞬间，中间写着六个字，“建设数字中国”，也许这就是答案。🔧

责任编辑：孙俊杰
sunjunjie@ccidmedia.com

智享生活 暖心守护

Embrace Smart Life, Enjoy Peace of Mind

萤石致力于成为可信赖的智能家居服务商 及物联网云平台提供商

面向消费者用户

基于智能硬件+云服务的业务模式，公司坚持以AI交互为主的智能家居产品为基础，通过多元化的增值服务和开放式AI算法服务切实赋能用户的智慧生活。

消费者应用场景：安全、入户、清洁、健康、照明等

面向行业客户

萤石云提供全栈开放的PaaS云平台服务。公司聚焦于自身擅长的视觉技术，基于AI算法能力积累，依托物联网云平台，通过开放云平台服务帮助开发者客户完成硬件产品智能化转型，或协助开发者客户开发面向复杂场景的智能解决方案。

B端开放物联网云服务：萤石开放平台、物联专有云



杭州萤石网络股份有限公司

Hangzhou EZVIZ Network Co., Ltd

地址：浙江省杭州市滨江区启智东街(临)188号

网址：www.ezviz.com



金砖国家产业数字化转型现状及合作展望

文 / 王秀芹 董思聪 江振滔 杨子毅

近年来，在“双循环”新发展格局与“一带一路”倡议深化推进的背景下，中国企业的全球化战略正经历从“规模扩张”到“质量跃升”的深刻转型。无论是新能源车企在巴西、南非的本地化智造，数字平台依托金砖数字经济发展倡议实现的生态化渗透，还是基建龙头通过“金砖+”合作带动全产业链“抱团出海”，均折射出中国企业在政策引导与市场倒逼下，正以创新驱动和本土化深耕重塑全球竞争格局，开启全球化发展的新篇章。

在全球经济格局加速重构、第四次工业革命纵深推进的背景下，产业数字化转型已成为国家竞争力跃迁的重要战略支点。金砖国家作为新兴经济体代表，正处于工业化进程与数字技术深度融合的关键阶段。当前，以5G、人工智能、工业互联网为代表的数字技术集群，正在重构金砖国家制造业、农业、服务业等基础产业的要素配置逻辑和价值创造方式，形成传统产业升级与新兴产业培育的双轮驱动格局。金砖国家应加强

团结合作，成为推动产业数字化转型、经济增长的新动力。

金砖合作与产业数字化转型

2006年9月，巴西、俄罗斯、印度和中国四国外长举行首次会晤，开启金砖国家合作序幕。2011年吸纳南非后形成“金砖五国”架构，其名称源自成员国英文首字母组合

王秀芹 董思聪 江振滔 杨子毅 中国工业互联网研究院

“BRICS”的谐音，并在2024年1月1日完成历史性扩员，沙特阿拉伯、埃及、阿联酋、伊朗、埃塞俄比亚加入后形成覆盖亚非拉三大洲的十国合作体系。随着金砖国家合作持续深化，中国与各成员国之间的经济合作与交流也在不断加强，从而鼓励更多中国企业跨国投资，优化全球资源配置，实现区域产业合作的新突破。特别是在数字经济时代浪潮下，中国依托大规模的数字市场和技术创新优势，与各成员国共建数字丝绸之路。

在数字经济浪潮重塑全球产业格局的背景下，金砖国家已将数字经济发展与产业数字化转型确立为多边合作的核心战略方向。成员国通过《金砖国家数字经济伙伴关系框架》《金砖国家制造业数字化转型合作倡议》等顶层设计，构建起

涵盖数字基础设施共建、技术标准互认、数据跨境流动等关键领域的政策协调机制。依托金砖国家新工业革命伙伴关系创新基地等制度性平台，各方着力推动数字技术与传统产业深度融合，协同制定人工智能伦理准则、数字贸易规则等新型治理体系。

综合金砖国家的区域分布、地缘政治、工业发展基础情况，本文选取俄罗斯、巴西、南非、埃塞俄比亚、伊朗、阿联酋6个国家作为重点国家，分析数字基础设施建设、产业数字化转型需求，以及与中国产业数字化转型合作等。

金砖国家产业数字化转型发展现状

相关政策支持

近年来，金砖国家将产业数字化转型视为提升全球竞争力和实现经济可持续发展的重要战略方向。各国通过系统性政策设计，从顶层规划、资金支持、基础设施建设和国际合作等多维度构建数字化转型框架，体现出对这一进程的高度重视。

表1 金砖代表性国家工业发展情况

区域	国家	主要工业领域	优势	劣势
欧洲	俄罗斯	能源、军工、冶金、机械制造、化工	能源和军工产业强大，自然资源丰富，技术基础扎实	经济依赖能源出口，制造业竞争力较弱，受国际制裁影响
南美洲	巴西	矿业、农业加工、汽车、航空、石油化工	自然资源丰富，农业和矿业发达，航空工业（如Embraer）具有竞争力	工业结构不平衡，基础设施不足，经济波动较大
非洲	南非	矿业、汽车、化工、冶金、能源	矿产资源丰富，汽车制造业发达，金融和服务业较强	工业基础薄弱，失业率高，能源供应不稳定
非洲	埃塞俄比亚	农业加工、纺织、建筑材料、轻工业	劳动力成本低，纺织业快速发展，政府推动工业化	工业基础薄弱，基础设施落后，技术依赖外部
亚洲	伊朗	石油化工、汽车、钢铁、机械、国防工业	工业体系多元化，汽车和国防工业较强，技术自主性较高	受国际制裁影响，基础设施老化，能源效率较低
亚洲	阿联酋	石油化工、铝业、建筑材料、高科技	经济多元化程度高，铝业和石化业发达，基础设施世界一流，注重科技创新	工业规模较小，依赖服务业和高科技产业

在顶层设计层面，金砖国家普遍将数字化转型纳入国家发展战略。中国发布《“十四五”数字经济发展规划》等政策文件，明确将人工智能、工业互联网等作为核心驱动力。俄罗斯提出“制造业数字化转型战略方向”，其目标之一是保障俄罗斯企业的技术发展，重点关注了机械制造、能源等领域。巴西通过“中小微企业数字化转型计划”，投入3.56亿美元，实现企业数字化转型。南非的《科学技术与创新》明确加强数字技术研发，提升国家创新能力，通过政策引导，促进数字经济与传统产业的融合。埃塞俄比亚的《数字埃塞俄比亚2025》则重点支持强化基础设施、构建支撑体系、实现数字交互、构建数字生态四个领域。伊朗的《第七个五年发展计划》提出将数字经济占GDP比重提升至15%的目标。阿联酋的《数字经济战略》旨在大力培养数字化人才、开发商用数字应用、鼓励企业建立数字化业务，释放数字技术对经济社会的潜能。

在国际合作维度，金砖机制本身也成为数字化转型的重要推手。2020年建立的“金砖国家新工业革命伙伴关系”创新基地，已在智能制造、绿色经济等领域促成多个合作项目。2023年金砖国家峰会通过的《金砖国家数字经济合作框架》，更在数据跨境流动、数字标准互认等方面达成共识，为成员国产业数字化转型创造协同效应。这些政策实践表明，金砖国家正通过制度创新和技术赋能的“双轮驱动”，重塑全球产业竞争格局。

数字基础设施建设现状

金砖国家推进产业数字化转型的战略实践中，数字基础设施建设具有重要战略意义，既是突破发展约束的关键路径，更是重构全球竞争力的核心支撑。在全球产业链加速向智能化、绿色化方向转型的背景下，数字基

础设施通过构建覆盖全要素的互联网网络，为传统产业效能跃升提供技术基础。高速通信网络突破地理空间限制实现资源优化配置，工业互联网平台消解产业链数据孤岛，智能算力体系激活数据要素价值，这些技术集成正在重塑产业运行逻辑。数字基建协同发展推动金砖合作模式从资源互补向能力共建升级，通过联合构建数字技术标准、共享数字服务能力，形成参与全球价值链重构的集体优势。这一进程不仅关乎成员国产业现代化水平提升，更将重塑新兴经济体在全球数字治理体系中的话语权结构，为建立更加均衡的国际经济秩序提供技术支撑。

其中，俄罗斯政府高度重视数字经济发展，积极推动工业数字化、技术创新及中小企业转型。俄罗斯重点发展的数字经济领域涵盖电子商务、金融科技、远程教育、数字政务、工业自动化及农业数字化改造等。2017年，俄罗斯投入3.32万亿卢布发展数字经济，2022年投入5.15万亿卢布，增长近55%。2023年，俄罗斯政府从国家福利基金拨款305亿卢布提升互联网普及率，俄罗斯互联网用户数量达1.276亿，互联网普及率为88.2%，位居全球前十。此外，俄罗斯计划2025年建成1000个国产5G基站，以

加快百万人口城市5G网络的部署进程。2023年俄罗斯联邦统计局数据显示,全国598万家活跃企业中99.2%为中小企业,贡献GDP的25.7%,并提供43.9%的就业岗位。俄罗斯政府支持中小企业数字化转型的计划,例如通过提供资金援助、递延税款、许可证明期限延长、优惠贷款等扶持措施帮助中小企业应对数字化转型中的挑战。

巴西着力推动产业数字化转型。2024年9月,巴西副总统兼工贸部长阿尔克明在巴西工业和数字化变革会议上介绍巴西新工业计划中第四大任务——行业数字转型,目标是到2033年巴西工业企业数字化转型覆盖率达到50%。截至2023年,巴西工业企业数字化转型覆盖率为18.9%。“行业数字转型”任务包括推进物联网、人工智能、大数据发展的一揽子措施,预测有326.18亿美元的公共和私人资金投入。此外,巴西境内拥有162个主要数据中心,物联网设备连接数达1.2亿台,境内506个城市开通5G网络信号源,数字基础设施建设稳步发展。

南非政府重视数字基础设施建设。2020年,南非总统基础设施建设协调委员会公布基础设施项目优先发展清单,其中数字基础设施部分总投

资额为40亿兰特,可直接创造700个就业岗位。过去10年中,南非政府在光纤网络方面的投入约800亿兰特,在下一代移动网络中,光纤需求量将增长6-8倍。目前共有11条海底光缆在南非分布,有5条海底光缆将南非与亚洲和欧洲相连并有6个登陆点,光缆推动了南非国际宽带使用的快速增长。此外,数字公共平台服务是数字经济的重要推动者,2023年,南非的电子政务发展指数排名为全球第65位,与毛里求斯、塞舌尔等国家在非洲地区一同领先。南非积极推动工业互联网的发展,主要集中在采矿自动化、汽车智能制造和可再生能源管理方面。

埃塞俄比亚产业数字化转型处于初级阶段。埃塞俄比亚以《数字埃塞俄比亚2025战略》为核心纲领,目标是通过数字化转型推动经济结构升级,重点领域包括农业、制造业、信息技术和旅游业,计划发行7000万张数字身份证,将数字支付从目前的每年120亿比尔(约211.5亿美元)增加三倍,并在2025年前增加政府、私营部门和公民之间的互动。在农业数字化应用方面,埃塞俄比亚农业部建立EDACaP气候咨询平台,为农民提供实时市场信息、气象数据和耕作指导。此外,埃塞俄比亚加速新兴技术产业布局。例如,政府与阿里巴巴云合作建设数据中心,预计2025年智能手机普及率达58%。

伊朗政府致力于将传统经济转变为数字经济,提升国家在信息技术和数字服务领域的自给自足能力。伊朗数字化重点产业包括网络基础设施建设、数据中心和云计算中心建设,实现国家大型工业和农业部门的智能化、通信设备国产化、跨境电子商务、邮政服务的智能化等领域。截至2024年3月,数字经济在伊朗国民经济中所占比重约为7.4%。伊朗信息和通信技术部(ICT)发布了《2020-2024年ICT战略》,明确数字经济占GDP15%的目标,重点推动5G、云计算、人工智能和区块链技术研发,计划培

养50万名数字人才，推动数字化转型、提高ICT产业竞争力、促进就业和创业等目标。

阿联酋将数字基础设施列为经济四大支柱之一，重点发展5G、云计算、人工智能等技术，并推动智能电网、智慧停车等应用。据阿联酋经济部数据，2022年4月，数字经济对阿联酋GDP贡献率为9.7%。根据阿联酋数字经济战略，政府旨在用十年时间将这一比例提高至19.4%，使阿联酋成为地区和全球的数字经济中心。2024年阿联酋在移动互联网速度和固定宽带服务方面均位居全球榜首，在信息通信技术、云计算和网络安全领域的投资达845亿迪拉姆。阿联酋拥有中东最大的超大规模数据中心集群，2024年总容量达250MW，平均PUE（能源使用效率）降至1.3。此外，阿联酋区块链技术应用广泛，目前，阿联酋九家银行、六家交易所和三家保险公司已采用区块链技术。

产业数字化转型需求

作为新兴经济体代表，俄罗斯、巴西、南非、埃塞俄比亚、伊朗、阿联酋六国均面临通过技术赋能传统产业升级、弥补数字基建短板以及提升全球竞争力的迫切需求。然而，受经济结构差异、数字化基础悬殊和地缘环境制约，各国发展路径呈现显著分化。例如，阿联酋等高起点国家聚焦前沿技术领跑全球，埃塞俄比亚等低基础国家优先解决基础网络覆盖问题，俄罗斯和伊朗强化技术自主以应对国际制裁，巴西与南非则借助国际合作推动重点行业数字化突破。表2从经

表2 金砖国家产业数字化转型需求的共性与差异

	问题	内容
共性	传统产业升级压力	六国均依赖能源、农业或制造业等传统产业，面临全球低碳转型和技术迭代的挑战，亟须通过数字化提升效率、降低成本和增强竞争力。
	基础设施缺口	除阿联酋外，其他国家普遍存在城乡数字鸿沟（如南非、巴西的偏远地区网络覆盖率低），需加强5G、数据中心、云计算等新基建；共同关注网络安全（俄罗斯、伊朗尤其重视数据主权）。
	政策驱动	各国均推出国家级数字化战略，主导投资或提供税收优惠，推动中小企业数字化转型。
	技能与教育缺口	劳动力数字化技能不足，需通过职业培训和教育体系改革弥补。
差异化	经济结构与产业焦点不同	俄罗斯：能源智能化、工业物联网、本土化技术 巴西：农业科技、金融科技 南非：矿业自动化、智慧旅游、医疗数字化 埃塞俄比亚：农业数字化、轻工业自动化 伊朗：能源数字化、医疗科技、本土化解决方案 阿联酋：智慧城市、金融科技。
	数字化基础悬殊	高基础：阿联酋（5G覆盖率90%+）、俄罗斯（科技人才储备强）； 中等基础：巴西（城市数字化较成熟）、南非（基础设施分布不均）； 低基础：埃塞俄比亚（互联网渗透率仅34.6%）、伊朗（受制裁限制技术进口）。
	外部环境制约	技术封锁：俄罗斯、伊朗面临西方技术制裁，需发展本土化技术； 开放合作：阿联酋、巴西积极引入外资；南非依赖中资参与数字基建。
	政策优先级差异	阿联酋：聚焦前沿技术（AI、区块链）、吸引跨国企业； 埃塞俄比亚：优先解决基础网络覆盖和电力供应； 伊朗：强调数据本地化存储和网络安全。

济结构、数字化基础和政策导向等维度，系统解析六国产业数字化转型的共性挑战与差异化战略。

中国企业“出海”带动金砖国家产业数字化转型

近年来，在“双循环”新发展格局与“一带一路”倡议深化推进的背景下，中国企业的全球化战略正经历从“规模扩张”到“质量跃升”的深刻转型。过去以低成本制造和贸易出口为主的传统模式，逐渐让位于技术赋能、品牌深耕与产业链协同的复合型出海路径。在政策端，国家通过《“十四五”对外贸易高质量发展规划》等顶层设计，鼓励企业向高附加值领域突破，同时依托RCEP、金砖国家经贸合作框架等区域及跨区域机制，推动贸易投资便利化与产业链融合；在市场端，面对全球产业链重构与贸易保护主义挑战，中国企业以金砖国家为代表的新兴市场为支点，加速从“产品出海”迈向“品牌出海”“技术出海”与“标准出海”。无论是新能源车企在巴西、南非的本地化智造，还是数字平台依托金砖数字经济发展倡议实现的生态化渗透，以及基建龙头通过“金砖+”合作带动全产业链“抱团出海”，均折射出中国企业在政策

引导与市场倒逼下，正以创新驱动和本土化深耕重塑全球竞争格局，开启全球化发展的新篇章。

跨境电商平台带动金砖国家企业“品牌出海”

我国政府高度重视跨境电商发展，将其作为推动外贸升级的重要举措，从国家战略高度给予政策支持。通过创新模式、技术和服 务，帮助跨境电商企业提升国际竞争力。《“十四五”电子商务发展规划》提出开放合作的发展方向，支持跨境电商创新和海外仓建设。同时，《“十四五”对外贸易高质量发展规划》中明确支持加快发展贸易新业态，促进跨境电商持续健康发展。我国跨境电商企业“品牌出海”的渠道主要分为入驻第三方平台和自建独立站两种。独立站模式，即自营型跨境电商通过自建个性化网站来展示或销售自身产品，对品牌的经营 活动拥有充分的自主权。第三方平台是为出口跨境电商企业 及卖家提供交易信息流、资金流、物流服务的中间平台，如亚马逊、速卖通、易贝等，这些平台拥有成熟的运营及管理机制，可以为卖家提供全方位、全环节的支持服务。

以中国阿里巴巴全球速卖通平台为例，速卖通平台将浙江义乌小商品、深圳华强北电子元件等中国企业产品通过品牌化直接销售给金砖国家消费者，同时与金砖国家合作，帮助金砖国家本地企业将产品出口到全球市场。例如，速卖通开通“俄罗斯国家馆”专区，集中展示俄罗斯桦树茸、琥珀工艺品等本土特色产品。俄罗斯蜂蜜品牌“Medok”通过速卖通进入中国市场成为中俄农产品贸易的标杆；巴西泳装品牌“Salinas”通过速卖通定制中东市场款式泳衣；埃塞俄比亚咖啡品牌“Tomoca”通过速卖通向中国出口精品咖啡豆；伊朗手工地毯品牌“Persian Rug”通过速卖通进入欧洲高端家居市场。

中国企业“技术出海”助力金砖国家基础设施建设

近年来，中国科技企业通过“技术出海”深度参与全球数字基础设施建设，这一战略既契合中国“双循环”新发展格局与“数字丝绸之路”的政策导向，也回应了发展中国家寻求数字主权与数字化转型的迫切需求。在政策层面，“一带一路”倡议与金砖合作机制将5G、云计算等数字基建纳入多边合作框架。在地缘层面，美国技术封锁与发展中国家对西方数据监控的担忧加速了中国技术的替代性布局。合作路径上，中国企业采取“技术+金融+本地化”的全链条输出模式，例如华为通过技术授权、共建本土数据中心、联合制定数字治理规则等方式，既规避制裁风险，又嵌入当地生态。此外，政府间协议与技术人才联合培养计划，进一步强化了数字基建合作的可持续性。

在具体实践中，华为公司协助俄罗斯基于鲲鹏处理器构建本土数据中心，推动其5G设备市场份额提升；在巴西，华为与政府合作开发雨林监测AI系统，并打造智慧交通网络；埃塞俄比亚通过中企承建的ICT骨干网将光纤覆盖率提升成为东非数字枢纽；阿联酋则依托华为昇腾芯片集群开发阿拉伯语大模型，并在迪拜港部署5G专网支撑无人化运营。这些案例不仅展现了中国技术的适配性与成本优势，更通过数据主权保障、资源换基建模式等创新机制，为南南数字合作提供了新范式。

中国企业“供应链出海”推动金砖国家数字化转型

近年来，中国制造业企业加速推进“供应链出海”与“抱团出海”模式。随着中国制造业从成本优势向技术驱动转型，企业通过海外布局优化全球资源配置，规避贸易壁垒并拓展新兴市场。政策层面，政府通过设立专项基金、税收优惠、双边合作协议等方式，鼓励企业以产业链协同形式“抱团出海”，例如建设境外经贸合作区、搭建跨境产业联盟等。合作路径上，中国企业多采用“产业园

区+龙头企业+配套企业”的模式，如泰国罗勇工业园、越南龙江工业园等成功案例，形成从原材料供应、零部件生产到整机组装的完整链条。此外，技术合作与本土化生产成为关键策略，通过合资建厂、技术授权、人才培养等方式融入当地市场，实现互利共赢。

比如，长城汽车在俄罗斯采用“整车+零部件”协同出海模式，长城汽车图拉工厂成为俄罗斯涵盖四大工艺的整车制造项目，本地化率达65%，推动俄罗斯汽车产业链现代化。巴西市场则以新能源车为突破口，比亚迪联合当地企业建立电动巴士及电池工厂，并引入磷酸铁锂电池技术，助力巴西绿色转型。中东地区，奇瑞与伊朗Modiran Vehicle公司合资建厂，并输出燃油车平台技术，本地化生产瑞虎7、艾瑞泽5等车型，2024年市占率达12%，位居伊朗外资品牌第一；阿联酋则借助中阿产能合作示范园，吸引蔚来、比亚迪布局电动车组与充电网络，打造海湾地区新能源汽车枢纽。这些案例表明，中国汽车产业链的规模化输出，不仅提升了东道国制造业水平，更通过技术溢出效应加速了全球汽车产业格局重构。

责任编辑：孙俊杰
sunjunjie@ccidmedia.com