

从 OpenAI 结盟看 AI 软硬件生态竞争新态势

叶南均

(广西警察学院信息技术学院, 南宁 530028)

摘要: 随着人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术的加速演进, 全球 AI 产业的竞争范式正经历深刻变革, 从过去聚焦算法模型的单点突破, 转向以算力为核心、软硬件深度协同的生态系统级对抗。以 OpenAI 系列战略结盟事件为研究案例, 系统分析了其与芯片制造商、云服务提供商及硬件设计公司间的多方战略合作。基于 AI 价值链理论和平台生态系统理论, 构建多层次分析框架, 系统阐述了当前 AI 软硬件生态竞争的新特征。研究发现, 以 OpenAI 为代表的头部 AI 企业正在通过深度介入芯片定制, 实施多云部署策略, 效仿苹果公司构建从底层硬件到上层应用的全栈式封闭生态, 应对算力稀缺挑战并巩固其市场领导地位。这种垂直整合与生态锁定的新趋势, 不仅重塑了全球 AI 产业的竞争格局, 也对技术路线、商业模式和供应链安全产生了深远影响。为深入理解当前 AI 产业的核心竞争逻辑提供理论洞察, 并为中国 AI 企业新的全球竞争态势下制定发展战略、构建自主可控的产业生态提供决策参考。

关键词: 人工智能; 生态系统竞争; 战略联盟; 垂直整合; 价值链; OpenAI

中图分类号: F49; TP18 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2025.11-12.007

人工智能 (artificial intelligence, AI) 作为引领新一轮科技革命和产业变革的核心驱动力, 其发展范式和竞争格局正在发生根本性的转变。过去, 业界普遍认为算法的精密和模型的优化是推动 AI 进步的关键, 竞争主要围绕特定任务的性能指标展开。然而, 2022 年以来, 以 ChatGPT 为代表的大语言模型 (large language models, LLMs) 表现出优异的性能, 彻底颠覆了这一认知。OpenAI 的首席执行官萨姆·奥特曼 (Sam Altman) 多次在公开场合表示, 他们通过实践发现, 取得最佳结果的关键因素并非算法的精密, 而是计算规模的指数级增长^[1]。这一“规模优先” (scale over cleverness) 的洞察, 标志着全球 AI 竞赛的焦点已从软件层面的算法创新, 不可逆转地转向了以海量算力为基础、软硬件深度融合的生态系统级竞争。

在这一背景下, OpenAI 在 2023—2025 年发起了一系列震撼全球科技界的战略结盟。从与半导体巨头 NVIDIA、AMD、Broadcom 分别达成百亿甚至千亿美元级别的算力部署和芯片定制协议^[2-4], 到调整与云服务霸主微软 Azure 的独家合作模式, 引入 Oracle 作为补充^[5], 再到斥资 64 亿美元收购传奇设计师乔纳森·艾维 (Jony Ive) 的硬件公司以探索 AI 原生设备^[6], OpenAI 发展的每一步都指向一个明确的战略目标: 构建一个从底层芯片、中层基础设施到上层应用和终端硬件的全栈式、高度可控的 AI 帝国。这种纵向深入产业链上游、横向联合各方巨头的做法, 预示 AI 领域的竞争不再是单一产品或技术的“独奏”, 而是整个生态系统的“交响”。

这一系列结盟事件不仅是企业间的商业合作,

作者简介: 叶南均 (1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为数据科学、人工智能、多模态知识图谱理论与实践探索。
项目来源: 广西高校中青年骨干教师科研基础能力提升项目“基于图谱信息穿透的多维警务数据分析技术研究” (2023KY0912); 广西高等教育本科教学改革工程项目“基于多模态知识图谱的《大数据存储与管理》课程教学改革与实践研究” (2024JGA398)。
收稿日期: 2025-10-15

更折射出全球 AI 产业竞争的深层逻辑变化。算力的稀缺性已成为制约 AI 产业发展的核心瓶颈问题，算力资源的稳定性、运行效率与获取成本，在很大程度上决定了各参与方在未来竞争格局中的战略地位。与此同时，能源供给能力的制约日益凸显，进一步拓展了这场竞争的维度^[7]。因此，头部 AI 企业纷纷从单纯的“技术研发者”转变为“生态构建者”，试图通过战略投资、深度合作，将产业链的关键环节牢牢掌握在自己手中。这种发展趋势对全球半导体产业、云计算市场乃至未来的智能终端形态都将产生深远影响。

在全球 AI 竞争转向以算力为核心的生态系统级竞争的背景下，以下问题亟待厘清：以 OpenAI 为代表的头部 AI 企业如何通过纵向整合与横向结盟的复杂战略，构建能够实现“生态锁定”的技术与商业壁垒，这一新范式如何重塑全球 AI 产业的竞争优势来源，对于在关键技术节点上存在关键风险的中国而言，这一趋势将带来哪些深刻的挑战，应如何制定相应的产业政策与企业战略以寻求突破。

为了系统回答上述问题，本文构建了如下研究框架：首先，基于价值链理论与平台生态系统理论，阐释 AI 产业从技术竞争转向生态竞争的演进逻辑；其次，以 OpenAI 的系列结盟为案例，深入剖析其构建生态壁垒的战略意图与实现机制，并与其他科技巨头进行比较；再次，描绘当前全球及中国在 AI 软硬件生态层面的竞争格局与挑战；最后，基于以上分析，提出对中国企业和产业政策的战略启示。

通过对这些问题的层层剖析，本文旨在为学术界深化 AI 产业竞争理论提供一个综合性的分析框架，为业界决策者在变局中制定前瞻性战略提供方向，为国家层面优化产业发展路径、构建自主可控的 AI 生态系统提供有价值的决策参考。

1 AI 生态系统竞争的理论基础与演进逻辑

传统的产业竞争理论，如波特的五力模型，虽然提供了 AI 领域竞争态势的基础视角，但不足以完全解释 AI 这一新兴领域的动态复杂性^[8]。AI 产业的竞争正迅速超越企业边界，演变为跨越多个技术层次、涉及多元主体的生态系统之争。本文阐

述了其竞争范式从技术导向到生态导向的演进历程，构建了包含芯片、云服务、模型和应用的 4 层分析架构，并特别强调能源作为新兴关键要素的战略地位。

1.1 从技术竞争到生态竞争的范式转变

回顾自 2012 年深度学习技术取得突破性进展以来的发展历程，AI 产业的竞争范式经历了数次深刻的演变，其核心驱动力在于技术成熟度、数据可用性和算力成本的动态变化。这一演进过程大致可以分为 3 个阶段。

第一阶段是单点技术突破阶段（2012—2017 年）。这一时期的竞争主要围绕特定算法在标准数据集上的性能表现展开。以 2012 年 AlexNet 在 ImageNet 竞赛中取得历史性突破为标志^[9]，深度学习技术开始在计算机视觉、自然语言处理等领域展现出巨大的应用潜力。在这一阶段，AI 竞争的焦点在于学术界和企业能否设计出更优越的网络结构或训练方法，以刷新“State-of-the-Art”（SOTA）的纪录。此时，产业格局相对分散，竞争主要发生在技术本身，商业模式尚不清晰。

第二阶段是平台生态构建阶段（2018—2022 年）。随着技术的初步成熟，科技巨头意识到，必须构建开放的开发者平台，才能将 AI 能力转化为自身的竞争优势。例如，Google 早在 2015 年就开源了 TensorFlow 框架，Facebook（现 Meta）则在 2016 年推出了 PyTorch，二者迅速成为全球 AI 开发者的主流工具^[10]。接下来在 2018—2022 年，AI 竞争的核心从单纯的算法性能转向了平台的易用性、社区的活跃度和工具链的完整性^[11]。通过提供预训练模型、软件开发工具包（software development kit, SDK）和云计算服务，平台所有者试图吸引并锁定广大开发者，通过网络效应构建强大的技术生态壁垒。

第三阶段是垂直整合深化阶段（2023 年至今）。大语言模型的成功使得算力的重要性被提升到前所未有的战略高度。头部 AI 公司发现，仅依赖第三方提供的通用芯片和云服务，已无法满足其对极致性能、成本控制和供应链安全的要求。因此，竞争范式开始转向对整个价值链的深度控制，即“垂直整合”。本文的核心案例显示，OpenAI 开始向上游延伸，与芯片厂商共同设计专用硬件；向下游拓展，布局 AI 原生设备。与此同时，Google 公司

凭借其自主研发的张量处理单元（tensor processing unit, TPU）芯片和云平台实现了高度的软硬件协同^[12]，而 Apple 公司则通过其 M 系列芯片和操作系统打造了高度整合、相对封闭的 AI 应用生态。这一阶段的竞争是全方位的，不再限于技术或平台的较量，而是整个生态系统整体实力的对抗^[13]。

1.2 AI 生态系统的架构

当前 AI 生态系统的竞争主要围绕芯片层、云服务层、模型层和应用层 4 个相互关联的层面展开。芯片层是整个生态系统的物理基础，主要包括用于训练和推理的图形处理器（graphics processing unit, GPU）、TPU 和定制专用集成电路（application specific integrated circuit, ASIC）等高性能计算硬件。这一层是算力的直接来源，技术壁垒极高，目前由 NVIDIA 等少数公司主导。

云服务层负责将底层的硬件资源池化，以服务的形式提供给上层开发者。亚马逊云科技（Amazon Web Services, AWS）、微软 Azure 和谷歌云（Google Cloud）等超大规模云服务商在这一层展开激烈竞争，竞争的核心在于基础设施的规模、成本和 AI 服务的丰富度。

模型层是 AI 生态的核心，包括作为技术底座的基础大模型和面向特定行业的垂直模型。OpenAI 的 GPT 系列、Google 的 Gemini 系列以及 Meta 的 Llama 系列是这一层的主要参与者，竞争焦点在于模型的性能、通用性及开源与闭源的路线选择。

应用层是 AI 价值最终实现商业化和社会化的环节，通过应用程序编程接口（application programming interface, API）、软件运营服务（software as a service, SaaS）软件、智能终端等形式将 AI 价值传递给最终用户。这一层的竞争关键是对应用场景的深刻理解、用户体验的优化以及开发者生态的构建。

1.3 能源基础设施：AI 生态的关键支撑

随着 AI 模型规模和算力需求的爆炸式增长，一个过去被忽视的要素——能源，正迅速成为制约 AI 产业发展的关键瓶颈，并被纳入 AI 生态竞争的考量范围。国际能源署（International Energy Agency, IEA）的数据显示，2022 年全球数据中心的电力消耗已占全球总用电量的 1.0% ~ 1.5%，约 460 TW·h，并预测到 2026 年可能超过 1 000 TW·h^[7]。高盛则

预测到 2030 年，全球数据中心电力需求将较 2023 年增长 165%，其中 AI 将贡献主要增量^[14]。

这种极高的能源消耗使得电力供应的稳定性、成本和清洁性成为衡量一个国家或地区 AI 产业竞争力的重要指标。许多专家和企业高管提出，从长期看，确保充足且可靠的电力供应是各参与方维持算力优势乃至中美获得 AI 竞争优势的关键^[15]。因此，科技巨头开始将能源布局作为其 AI 战略的重要组成部分。例如，微软、Google 等公司已承诺实现 100% 由可再生能源供电，并积极投资于风能和太阳能项目。随着 AI 对高密度、不间断电力的需求日益增长，核能重新进入科技行业的视野。亚马逊将其数据中心选址在核电站附近，而微软和 Google 则在招聘核能专家，探索使用小型模块化反应堆为未来的数据中心供电^[16]。

能源问题不仅是成本问题，还是战略安全问题。在日益动荡的全球地缘政治格局中，能源的自主可控对于保障国家 AI 战略的顺利实施至关重要。因此，将能源基础设施作为 AI 生态系统的第 5 个基础性的关键支撑层，已成为产业界和学术界的共识。未来的 AI 生态竞争不仅是芯片、云、模型、应用的竞争，更是背后能源体系的较量。

2 OpenAI 战略结盟的典型案例分析

OpenAI 从一个非营利性研究实验室，迅速成长为全球 AI 领域的领导者，其发展轨迹的核心是一系列精心布局的战略结盟。这些结盟不仅为其解决了不同发展阶段的关键资源瓶颈，还深刻揭示了其构建“AI 帝国”的宏大愿景。本文简要概述 OpenAI 的结盟网络及其背后的核心驱动逻辑，以作为理解全球 AI 生态竞争的典型案例。

2.1 OpenAI 结盟网络概览

为了确保其庞大的模型训练和推理需求得到满足，OpenAI 采取了一种有别于传统科技巨头的策略：直接与产业链最上游的芯片制造商和云服务商进行深度绑定。

在芯片层面，OpenAI 与全球 GPU 霸主 NVIDIA 公司的合作是其算力版图的基石，双方的合作关系已超越单纯的买卖关系^[2]。为了分散供应链风险，OpenAI 积极拓展与 AMD 的合作，寻求更具性价比的算力选择^[4]。更具深远意义的是，OpenAI 还

寻求与 Broadcom 等厂商合作开发专用集成电路（application specific integrated circuit, ASIC），试图通过软硬件一体化设计，实现极致的性能和能效比^[5]。

在云服务层面，OpenAI 与微软 Azure 建立了独家绑定关系，解决了初创期高昂的算力成本问题^[5]。随着自身实力的增强，OpenAI 开始实施“多云战略”，引入 Oracle 的下一代云基础设施服务（Oracle Cloud Infrastructure, OCI）作为补充，以避免被单一供应商限制，并构建了一个更具弹性和韧性的算力基石。

在终端硬件层面，OpenAI 积极布局硬件生态，通过与原苹果公司首席设计师乔尼·艾维（Jony Ive）合作，探索超越智能手机的、AI 原生的交互设备，意图掌控从模型到终端的完整用户体验^[6]。

2.2 战略结盟的核心逻辑：从资源获取到生态主导

综合分析，OpenAI 的战略结盟存在清晰而一致的核心驱动逻辑，其目标已从早期的资源获取，演变为对整个 AI 生态系统主导权的追求。

第一，应对算力稀缺性的战略焦虑。这是 OpenAI 结盟行为最直接的动因，也是其模型迭代和业务扩张的生命线。通过与多家芯片厂商和云服务商建立紧密的合作关系，企业能够确保其在激烈的市场竞争中获得充足且稳定的算力供应。

第二，追求供应链的多元化与自主可控。依赖单一供应商在战略上是极其危险的。通过实施多云战略和多芯片供应商策略，企业可以有效分散风险，增强其在供应链谈判中的议价能力，并降低因地缘政治或商业纠纷导致业务中断的可能性。

第三，构建差异化竞争优势的生态系统。在 AI 模型本身性能差距逐渐缩小的情况下，单纯的模型优势难以持久。通过向上游渗透至芯片设计、向下游延伸至终端硬件，进行深度的软硬件协同优化，OpenAI 试图创造独特的用户体验和更高的运行效率，从而构建差异化的生态壁垒。这成为决定 OpenAI 长期竞争力的关键。

2.3 生态锁定的机制分析

OpenAI 的系列结盟并非简单的商业合作，而是共同构成了一个旨在实现“生态锁定”（Ecosystem Lock-in）的复杂系统。这种锁定通过以下机制实现，

并从根本上改变了竞争优势的来源。

纵向整合带来了协同优化与成本优势。模型开发者与芯片设计者、硬件制造商深度合作，可以实现跨层级的协同设计。模型训练的特定计算需求可以反馈到芯片设计中，形成专用的硬件指令集；而硬件的特性也能指导模型结构优化。这种“软硬一体”的优化，能够带来通用硬件无法比拟的性能和能效比，从而大幅降低训练和推理的单位成本。这解释了为什么纵向整合能够带来决定性的竞争优势：它将竞争从“使用通用工具”的水平，提升到了“打造专用工具”的维度。

多层次控制形成了高转换成本与网络效应。当一个生态系统覆盖了从底层算力、中层模型到上层应用和终端的多个层面时，用户和开发者一旦进入这个系统，其迁移成本将极高。开发者基于 OpenAI 的 API 和特定硬件功能开发应用后，很难将其无缝迁移到另一个生态；用户习惯了某种 AI 原生设备的交互体验后，也难以适应其他产品。随着越来越多的开发者和用户加入，生态系统的网络效应会愈发显著，进一步巩固领先者的地位，从而实现“锁定”。

2.4 与其他科技巨头战略的比较

将 OpenAI 的战略与其他科技巨头的战略进行比较，可以更清晰地看到其独特性（见表 1）。

由表 1 可知，OpenAI 的战略路径介于 Google 的全栈自研模式与 Meta 的开源生态模式之间。一方面，其缺乏 Google 式的全产业链自研能力，需借助广泛的外部战略结盟弥补资源短板；另一方面，其又区别于 Meta 的开放路线，期望通过对芯片、云服务及终端硬件等关键节点的协同控制，构建类似 Apple 的软硬件深度整合生态。这一战略路径的实施难度较高，但若得以有效推进，将在多个层面形成较强的技术与商业壁垒，显著提升竞争对手的进入门槛。

3 全球 AI 软硬件生态竞争格局

OpenAI 的案例揭示了 AI 生态竞争的激烈程度，在 AI 生态的每一个核心层面，一场由技术变革、资本驱动和地缘政治交织而成的竞争正在全面展开。本文系统性地分析全球 AI 在芯片、云服务、

表 1 OpenAI 与其他科技巨头的 AI 生态战略对比 [2-6,12,17-18]

公司	核心战略	芯片策略	云服务策略	生态模式	相似点与差异点
OpenAI	模型驱动的垂直整合	“外购 + 合作定制” 并举	多云战略	寻求构建从云到终端的封闭生态	效仿 Apple 的软硬一体化，但起点是模型而非硬件，更依赖外部合作
Google	全栈自研与内部协同	自研 TPU 系列	自有 Google Cloud	相对封闭的内部循环生态	与 OpenAI 同样追求软硬协同，但更强调内部研发，一体化程度更高
Meta	开源模型驱动的生态扩张	自研 MTIA 系列 + 外购	自建为主，少量使用公有云	开放生态，赋能第三方	与 OpenAI 路线相反，试图通过开放成为“AI 界的安卓”，而非“AI 界的苹果”
Apple	终端硬件驱动的封闭生态	自研 M 系列和 A 系列芯片	自建 + 依赖第三方云	极致封闭的“围墙花园”	是 OpenAI 模仿的对象，但 Apple 的重心在终端体验，AI 能力为硬件服务

资料来源：根据各公司公开资料整理。

模型和应用等关键层面的竞争格局，并探讨其未来发展趋势。

3.1 芯片层：从 GPU 垄断到多元竞争的开启

AI 芯片作为算力的源头，是整个生态系统中最具战略价值和技术壁垒的一环。长期以来，NVIDIA 凭借其先发优势与统一计算设备架构（Compute Unified Device Architecture, CUDA）软件生态的高度积累，在该领域形成了近乎垄断的市场格局，但随着市场需求的爆发和技术路线的演进，多元化的竞争格局正在形成。

NVIDIA 凭借其 CUDA 平台构建的强大开发者生态和先发优势，占据了 AI 训练芯片市场超过 80% 的份额，形成了事实上的垄断地位（见图 1）^[19]。

然而，其高昂的价格和紧张的供应，为竞争者创造了机会。AMD 凭借其 MI 系列加速器和开放的 ROCm 软件平台，成功获得包括微软、OpenAI 在内的客户的订单^[4]。同时，Google 的 TPU、Amazon 的 Trainium 和 Inferentia 等自研芯片，也正在通过“自产自销”的模式，在云服务巨头内部实现对 NVIDIA 的替代，以降低成本并实现软硬件的深度

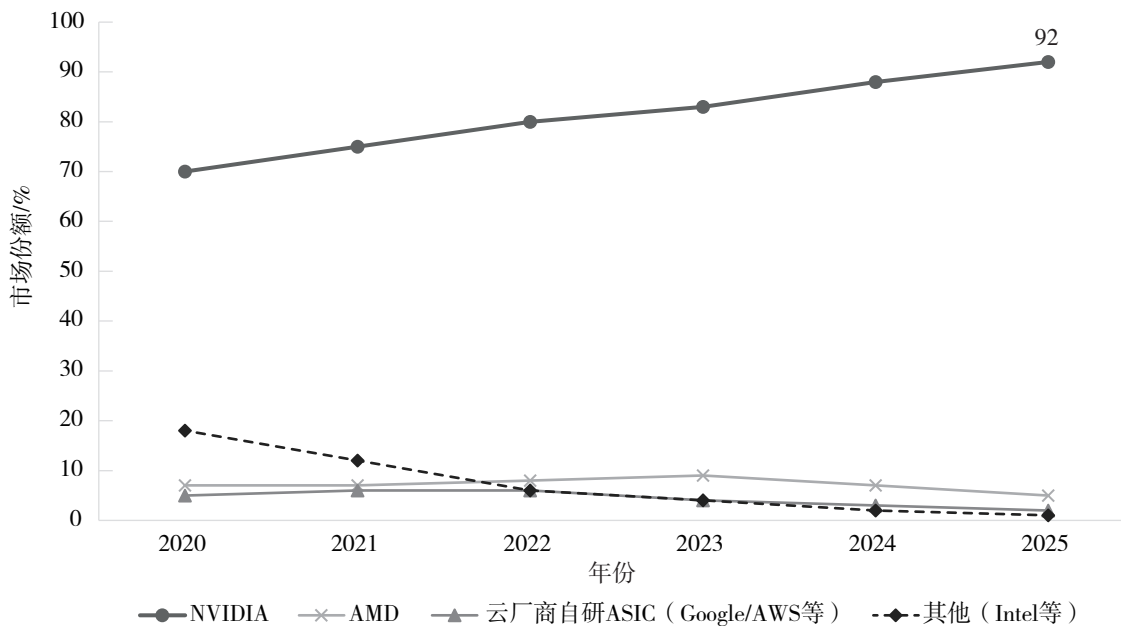


图 1 2020—2025 年全球 AI 芯片市场份额变化趋势

资料来源：根据 IDC、GrandviewResearch 及 CarbonCredits 的行业分析报告整理。

优化^[12]。

3.2 云服务层：超大规模云商的 AI 基础设施竞赛

全球三大云服务商，AWS、Azure 和 Google Cloud 正围绕 AI 展开竞争，竞争焦点已从传统的计算和存储服务，转向谁能提供更强大、更高效、更全面的 AI 基础设施。

Azure 凭借与 OpenAI 的深度战略协同，在 AI 云服务市场中率先确立了显著的先发优势^[5]。Google Cloud 则依托其从芯片到模型的全栈自研能力，在算力供给与模型服务两端同步发力，形成有力竞争态势。AWS 作为全球最大的云服务商，虽然在自研大模型上起步稍晚，但其目标是成为“AI 领域的瑞士”，即通过在其平台上提供多样化的模型选择和高性价比的自研芯片，维持其在云基础设施领域的领导地位。

3.3 模型层：闭源与开源的生态博弈

模型是 AI 生态的核心，而围绕模型的竞争则呈现出“闭源商业化”与“开源生态化”两条截然不同的路线。

闭源商业化路线以 OpenAI、Anthropic、Google 为代表。它们通过提供高性能的 API 服务获取商业回报，并保持其技术领先性。这种模式的优势在于其能够快速迭代模型、保护知识产权，并实现较高的商业价值。然而，其高昂的调用成本和“黑箱”特性也限制了该路线在某些场景的应用。

开源生态化路线的典型代表为 Meta 发布的 Llama 系列模型，通过开放模型权重，吸引全球开发者共同参与模型的优化和应用，试图通过社区的力量构建一个庞大的生态系统^[18]。该技术路线有助于技术的快速普及和创新，但也面临商业模式不清晰、技术易被竞争对手免费利用等挑战。

值得注意的是，Meta 的开源立场并非一成不变。面对日益激烈的竞争和商业化压力，Meta 内部对于是否应继续坚持彻底的开源路线存在争议^[19]。这种摇摆反映了开源与闭源两种路线在战略上的根本性权衡：选择通过开放获取更广泛的生态支持，还是通过封闭追求更高的商业回报和技术壁垒。Meta 未来的战略选择，将对全球 AI 模型的竞争格局产生深远影响。

3.4 应用层：AI 原生应用与传统软件的生态重构

在应用层，AI 正以前所未有的深度渗透到各

个行业。一方面，大量 AI 原生应用（AI-native applications）不断涌现，它们从第一行代码开始就围绕 AI 能力进行设计，创造出全新的用户体验和商业模式。另一方面，传统软件也在经历一场深刻的 AI 化改造，从办公软件、设计工具到企业资源规划（enterprise resource planning, ERP）系统，都在积极集成 AI 功能，以提升效率和智能化水平。

这场生态重构的核心是开发者生态竞争。无论是 OpenAI、Google 还是 Meta，都在积极构建自己的开发者社区，提供 API、SDK、应用商店等工具和服务，以吸引开发者在其平台上进行创新。开发者群体的规模与活跃程度，在很大程度上决定了应用生态的丰富度与成熟度，进而影响各参与方在终端用户市场中的竞争地位。

综上分析，全球 AI 软硬件生态的竞争格局，为观察中国 AI 产业的发展提供了关键的参照系，并凸显了中国面临的结构性挑战。在全球性生态竞争格局下，中国 AI 产业的追赶路径不能依赖单点技术的跟随式模仿，而必须进行整个产业生态体系的系统性建设。

4 中国人工智能产业的生态竞争态势与挑战

在全球 AI 生态竞争的大环境中，中国作为重要的参与者，其产业发展呈现出独特的机遇与挑战。全球范围内，以垂直整合和生态锁定为特征的竞争态势，正在深刻地影响中国 AI 产业的战略选择和发展路径。本节分析了中国 AI 产业链的基本格局、企业战略特征，并探讨了其面临的主要挑战与突破路径。

4.1 中国人工智能产业链的基本格局

与全球格局相似，中国的 AI 产业也可以从算力、云服务、模型和应用等 4 个层面进行分析，但在各个环节的成熟度和竞争力方面表现出显著的差异（见图 2）。

在算力层，中国面临严峻挑战，尤其是在用于 AI 训练的高端芯片领域。由于外部管制，获取 NVIDIA 等国际顶尖厂商的先进 GPU 更加困难。在此背景下，国产 AI 芯片的自主研发成为国家战略的重中之重。以华为昇腾（Ascend）和寒武纪（Cambricon）为代表的本土企业，正在加速追赶。华为昇腾凭借“达芬奇架构”和神经网络异构计

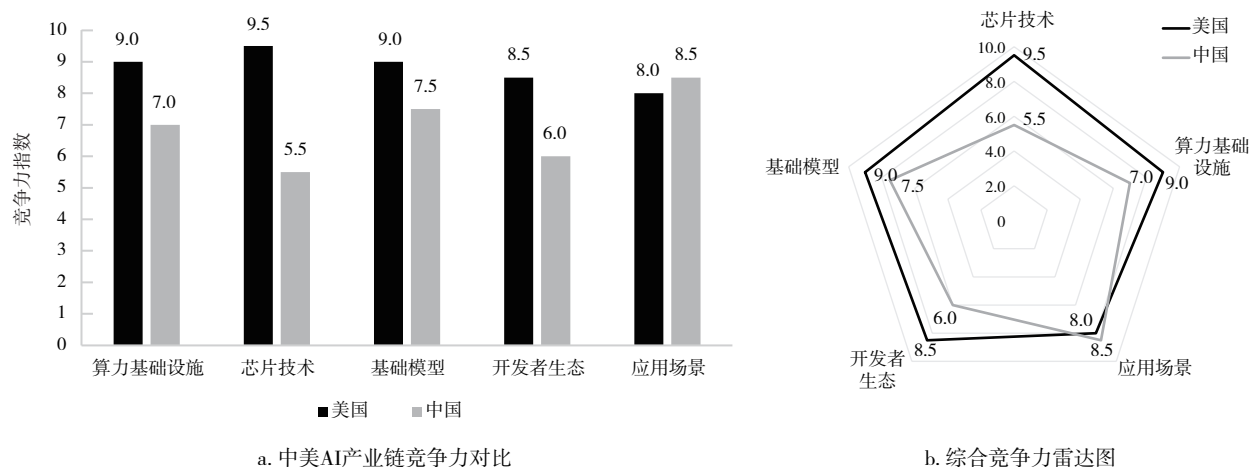


图 2 中美 AI 产业链对比分析

资料来源：根据 STANFORD 2025 AI Index Report，中国人工智能产业发展报告（2024）整理。

算架构（Compute Architecture for Neural Networks, CANN）软件生态，已在中国本土市场占据较大份额，成为支撑“百模千态”的重要算力底座^[20]。然而，与国际顶尖水平相比，国产芯片在绝对性能、能效比以及软件生态成熟度上仍存在差距。

在云服务层，市场主要由本土互联网巨头主导。阿里云、百度智能云和腾讯云等凭借在云计算领域多年的积累，积极布局 AI 基础设施，构建了大规模的智算中心。它们不仅提供基于国产芯片的算力服务，也集成了本身或第三方的大模型能力，向企业客户提供模型即服务（model-as-a-service, MaaS）。云端 AI 竞争的焦点在于，如何在异构算力（同时包含国产和进口芯片）环境下实现高效的资源调度和优化，并为开发者提供稳定、易用的 AI 开发平台。

在模型层，中国涌现了一批具有影响力的大模型，形成了“百模大战”的局面。百度的“文心一言”、阿里巴巴的“通义千问”、腾讯的“混元大模型”及科大讯飞的“星火”等，都在技术上紧跟国际前沿，并在中文处理能力和对中国市场的理解上形成本土优势^[21]。此外，一批 AI 领域的新生力量，如智谱 AI、月之暗面、MiniMax 等，也通过技术创新获得了市场的广泛关注。然而，与 OpenAI 的 GPT-4 等顶级模型相比，国产大模型在通用能力、逻辑推理

和多模态融合等方面仍有待进一步提升。

在应用层，中国拥有全球最庞大的网民数量和最活跃的应用场景，为 AI 技术的落地提供了良好的产业化基础与规模化应用条件。从赋能电商、社交、内容创作等互联网行业，到深入金融、医疗、制造、教育等传统产业，AI 应用正在以前所未有的速度渗透各个领域。特别是在数字人、智能客服、内容审核和工业质检等领域，已经形成了一批成熟的商业解决方案。应用层的繁荣是中国 AI 产业最显著的优势之一。

4.2 中国 AI 企业的生态战略特征

面对独特的市场环境和竞争压力，中国 AI 企业在生态构建上展现出与国际巨头既有相似之处又有明显差异的战略特征。

第一，互联网巨头普遍追求全栈布局。与 Google、微软类似，百度、阿里巴巴、腾讯和华为等企业试图构建从芯片、框架、模型到应用的垂直整合生态。例如，华为基于“昇腾芯片 + CANN 软件 + MindSpore 框架 + 盘古大模型”，打造了全栈 AI 解决方案^[22]。这种策略旨在通过内部协同优化，实现技术栈的自主可控，并为客户提供一站式服务。但与美国巨头相比，中国企业的全栈布局在底层硬件和基础软件环节的基础相对薄弱。

第二，大量企业选择垂直行业深耕策略。由

于中国在通用大模型领域与国际顶尖水平存在差距，许多 AI 企业选择规避通用领域的同质化竞争，转而聚焦特定垂直行业，利用其对行业知识（domain knowledge）的深刻理解，训练专用的“行业大模型”。例如，科大讯飞深耕教育和医疗领域，商汤科技则在智慧城市和智能汽车领域积累深厚。这种策略有助于构建差异化竞争优势，解决实际的产业痛点。

第三，积极参与并持续贡献于开源生态建设。尽管中国企业在顶级闭源大模型竞争格局中仍面临挑战，但在全球开源人工智能生态中已成为重要参与者和贡献者。无论是阿里巴巴、智谱等公司积极开源其自研模型，还是广大开发者基于 Meta 的 LLaMA 等开源模型进行二次创新，开源已成为中国 AI 技术迭代和生态繁荣的重要途径。这不仅降低了创新门槛，也促进了产学研的紧密合作。

第四，产学研协同创新成为重要推动力。中国顶尖高校和科研院所在 AI 基础研究领域扮演关键角色，创新成果可通过与企业合作或师生创业的形式，迅速转化为产业应用。例如，清华大学的智谱 AI 就是产学研结合的成功典范^[23]。这种模式可以弥补企业在基础研究方面的不足，加速技术突破。

4.3 中国 AI 产业面临的主要挑战

中国 AI 产业在生态竞争中面临严峻挑战。第一，高端 AI 芯片的供应链安全问题是最大的制约因素。在当前的地缘政治环境下，获取先进的 GPU 等训练芯片异常困难，这直接影响了中国 AI 技术研发的高度和速度。第二，算力基础设施的整体效能有待提升。虽然中国 AI 算力规模增长迅速，但在网络互联、软件优化和系统调度等方面仍与世界顶尖水平存在一定的差距，导致现有算力资源利用效率较低。第三，能源供应压力日益凸显。中国数据中心的能源消耗同样在急剧增长，而能源结构仍以煤电为主。这不仅带来了巨大的碳排放压力，也对电力系统的稳定性构成了挑战。如何在保障能源安全的同时，实现 AI 产业的绿色可持续发展，是一个亟待解决的难题^[24]。第四，生态整合与协同能力尚显不足。与苹果、Google 等实现软硬件深度一体化的企业相

比，中国 AI 企业在跨层级的生态整合与协同创新方面仍有待提升，产业链各环节的协同效应尚未得到充分发挥。

4.4 中国 AI 产业突破路径的探讨

面对上述结构性挑战，中国 AI 产业的战略应对路径在于立足国情，采取更加务实和聚焦的战略。第一，必须坚定不移地走自主创新与开放合作并重的道路。在核心技术上，集中力量攻克高端芯片、AI 框架等关键环节；同时，更积极地拥抱全球开源生态，利用开源社区的力量加速技术迭代和人才培养^[25]。第二，鼓励企业构建差异化的竞争优势，避免在通用大模型领域进行低水平的同质化竞争，支持更多企业在垂直行业中深耕，打造具有全球竞争力的行业解决方案^[26]。第三，从国家层面强化产业链的协同与整合，通过标准化、平台化等手段，打通异构算力资源，降低算力使用成本，并促进芯片、框架、模型和应用厂商之间的深度协作^[27]。第四，坚持政策支持与市场驱动相结合。政府的支持基础研究、建设新基建的同时，要充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，创造一个鼓励创新、宽容失败、公平竞争的良好产业环境^[28]。

5 AI 生态竞争的未来趋势与战略启示

本文认为未来全球 AI 生态竞争将呈现以下几个主要趋势：第一，垂直整合将进一步深化，头部企业将继续向上游芯片设计和下游硬件终端延伸；第二，多云和混合云将成为常态，以规避单一厂商锁定；第三，开源与闭源路线将长期并存、相互借鉴，分别在技术普及和追求极限性能上发挥作用；第四，能源约束将驱动绿色 AI 创新，低功耗设计和高效冷却技术成为关键；第五，行业专用化趋势将日益明显，通用模型与行业知识深度融合；第六，监管和治理将成为竞争的重要维度，数据安全、算法伦理等治理能力成为企业核心竞争力的一部分。

这一系列全球性的生态对抗，对正在努力实现科技自立自强的中国而言，既是严峻的考验，也蕴含历史性的机遇。全球芯片层的高度垄断，直接导致中国 AI 产业面临严峻的供应链断供风险与外部依赖性困境。云服务巨头的“模型 + 云”捆绑策

略，正在全球范围构建强大的用户黏性，对中国企业出海构成极高的市场进入壁垒；而模型层开源与闭源的路线之争，也为中国提供了战略选择的窗口期。面对以垂直整合和生态构建为核心的新竞争范式，中国的追赶路径已难以依赖单点技术的跟随式模仿，而必须从企业战略和国家产业政策两个层面进行系统性调整，以期在全球 AI 竞赛中占据有利位置。

5.1 对企业的经营与发展启示

中国 AI 企业必须深刻认识到竞争规则的改变，并相应调整其发展战略。第一，必须从单点技术突破转向全栈生态构建。企业应超越对单一模型或算法的路径依赖，树立系统性思维，思考如何在芯片、框架、模型和应用等多个层面建立协同优势。大多数企业应选择一个开放的生态系统进行深度参与，成为其中不可或缺的一环；少数优秀企业可积极探索软硬件协同优化，向上游定制芯片领域延伸。

第二，应高度重视并战略性地运用开源生态。在高端芯片受限的背景下，开源技术是集聚创新资源、加速技术迭代、构建事实标准的有效途径。企业应从单纯的“使用者”转变为“贡献者”和“引领者”，通过主导或深度参与有影响力的开源项目，提升自身的技术话语权和生态位势。

第三，应将能源效率和绿色发展作为核心竞争力。随着算力成本与能源消耗之间的耦合关系日趋紧密，低功耗的设计能力和获取绿色能源的能力，将直接转化为企业的成本优势和品牌优势。企业在进行算力基础设施建设时，必须前瞻性地考虑能源效率和可持续性问题的。

第四，应以场景化应用为牵引，走差异化发展道路。中国拥有全球最活跃的应用场景，企业应避免在通用大模型上进行同质化竞争，而是要深入理解特定行业的需求，将 AI 技术与行业知识深度融合，打造出真正能解决实际问题、创造独特价值的“杀手级应用”，以应用优势牵引基础技术的迭代。

5.2 对产业政策的战略启示

面对新的竞争格局，政府的产业政策也需要与时俱进，从支持单点技术研发，转向为整个产业生态的健康发展提供系统性、前瞻性的顶层设计。建议围绕“算力基座—技术路线—生态培育—发展保

障”4个维度，构建一个自主可控的 AI 产业生态体系，形成协同联动的政策框架，以提升国家 AI 战略的整体效能。

第一，前瞻布局国家算力与能源基础设施，筑牢“算力基座”。建议将国家级智能计算中心建设与新能源基地建设进行统筹规划，形成“东数西算”与“西电东送”的战略联动。在国家层面，应出台政策引导数据中心向可再生能源富集地区（如西部地区、北部地区）集中，并支持对核能、规模化储能等新型能源解决方案的前瞻性研究与试点。构建“算电协同”的国家级算力网络，为 AI 产业提供坚实、绿色的能源保障，同时将能源优势转化为算力成本优势，形成国家级的核心竞争力^[24]。

第二，明确关键核心技术的攻关路线，实现“技术自主”。在 AI 芯片、开发框架、编译器等关键环节，建议采取“非对称”赶超策略。一方面，要集中力量支持龙头企业进行高端训练芯片的研发攻关，努力“补短板”；另一方面，要大力支持推理芯片、边缘计算芯片以及专用领域架构（domain specific architecture, DSA）等细分赛道，形成“长板”优势。通过市场需求和新型应用（如智能汽车）拉动，实现局部突破，逐步完善国产 AI 技术工具链。

第三，系统性培育和扶持高水平开源创新生态，促进“生态繁荣”。建议从国家层面高度审视开源生态的价值，设立国家级的开源发展基金，支持顶尖高校、科研院所和龙头企业牵头建设具有国际影响力的基础软件、AI 框架和通用模型开源社区。在政府采购、科研项目立项和人才评价体系中，明确对开源技术采用与贡献行为的激励政策，推动形成开源技术的良性循环与可持续发展生态，将中国庞大的开发者群体转化为国家创新力量。

第四，完善 AI 治理与人才体系，夯实“发展保障”。在治理层面，应积极参与全球 AI 治理规则的制定，同时加快国内立法进程，在数据安全、算法伦理、隐私保护等方面建立既符合中国国情又与国际主流规范相衔接的治理框架^[29]。这不仅是 AI 产业健康发展的内在要求，也是中国 AI 企

业“走出去”的必要前提。在人才层面，应深化产教融合，改革人才培养模式，鼓励高校设立跨学科的 AI 课程，培养既懂算法又懂硬件、既懂技术又懂场景的复合型人才。同时，以更开放的政策和国际化的人才服务体系，吸引全球顶尖 AI 人才来华创新创业。

6 结论

本文通过对 OpenAI 战略结盟进行深入剖析，并结合对全球及中国 AI 产业竞争格局的系统性梳理，揭示了人工智能领域一场深刻的范式革命：竞争的核心已从单一的技术或产品，全面转向了以算力为基础、软硬件深度协同的生态系统级对抗。这场革命不仅重新定义了 AI 产业的价值链，也为全球科技力量的对比带来了新的变量。

本文的主要结论可以归纳为以下几点：第一，AI 产业价值链呈现清晰的“供应—创造—交付”三层结构，而当前竞争的战略制高点正在向上游的供应层，特别是 AI 芯片和算力基础设施转移。第二，以 OpenAI 为代表的头部 AI 企业，通过与芯片厂商共创、实施多云战略、布局硬件终端等多种方式，积极进行“垂直整合”，试图构建一个从底层硬件到顶层应用的全栈式、高壁垒的封闭生态。这一策略的核心逻辑在于应对算力的稀缺性，并谋求对整个生态系统的主导权。第三，全球 AI 竞争在芯片、云、模型和应用等各个层面都呈现出新的动态，即芯片层从高度垄断格局向多元竞争态势演进，云服务层呈现出超大规模服务商加速布局 AI 基础设施的竞争态势，模型层则形成了闭源与开源两种技术路线并行发展、相互博弈的格局，应用层则被 AI 原生应用和传统软件的 AI 化所重构。第四，在这一全球变局中，中国 AI 产业展现出应用层繁荣但上游核心技术受制的鲜明特征，其突破路径在于坚持自主创新与开放合作，构建差异化的竞争优势。

本文将经典的价值链理论^[8,30]与平台生态系统理论^[11]相结合，构建了一个适用于分析当前 AI 产业竞争的多层次分析框架，并指出了“垂直整合”和“生态锁定”成为新阶段的核心竞争战略。在实践层面，本文为企业决策者提供了关于如何

在 AI 生态中进行战略定位、构建竞争优势的深刻洞察，也为政策制定者指明了如何在新形势下支持本土 AI 产业发展、保障产业链安全的具体方向。

但是 AI 产业发展日新月异，本文所分析的竞争格局和企业战略仍处于动态演变之中，所得到的结论也只是阶段性的。此外，由于商业信息的敏感性，许多企业间的合作细节难以获取，部分分析依赖公开报道和行业数据，可能与实际情况存在偏差。未来的研究可以从以下几个方向进一步深化：一是对 AI 生态系统中的价值捕获与分配机制进行更精细的量化研究；二是对不同国家在 AI 领域的产业政策及其效果进行比较分析；三是对 AI 技术发展可能带来的社会伦理和治理挑战进行更深入的跨学科探讨。理解并适应 AI 生态竞争的新范式，将是所有参与者在未来数十年中必须面对的核心课题。■

参考文献：

- [1] ALTMAN S. OpenAI's CEO on the future of AI[EB/OL]. [2025-09-24]. <https://www.weforum.org/stories/2024/01/davos-2024-sam-altman-on-the-future-of-ai/>.
- [2] CNBC. OpenAI partners with NVIDIA on 10GW GPU system deployment[EB/OL]. [2025-09-24]. <https://www.cnbc.com/2025/09/22/nvidia-openai-data-center.html>.
- [3] MCKENZIE M. OpenAI, hyperscalers, and Broadcom team up on custom AI chips[EB/OL]. [2025-09-24]. <https://www.cnbc.com/2025/10/14/open-ai-hyperscaler-broadcom-chips.html>.
- [4] Reuters. OpenAI strikes \$6 billion deal with AMD for AI chips[EB/OL]. [2025-10-24]. <https://www.reuters.com/technology/openai-hits-500-billion-valuation-after-share-sale-source-says-2025-10-02/>.
- [5] Microsoft. Microsoft and OpenAI evolve partnership to drive the next phase of AI[EB/OL]. [2025-09-21]. <https://blogs.microsoft.com/blog/2025/01/21/microsoft-and-openai-evolve-partnership-to-drive-the-next-phase-of-ai/>.
- [6] Bloomberg. OpenAI in talks to raise \$1 billion from SoftBank[EB/OL]. [2025-08-11]. <https://news.bloomberglaw.com/private-equity/openai-in-talks-to-raise->

- 1-billion-from-softbank-ft-says.
- [7] International Energy Agency. Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026[EB/OL]. [2025-09-11]. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/6b2fd954-2017-408e-bf08-952fdd62118a/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>.
- [8] PORTER M E. Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance[M]. New York: Free Press, 1985: 14-17.
- [9] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks[J]. Communications of the ACM, 2017, 60(6): 84-90.
- [10] PASZKE A, GROSS S, MASSA F, et al. Pytorch: An imperative style, high-performance deep learning library[C]//Advances in neural information processing systems, 32. San Diego: NeurIPS, 2019: 8024-8035.
- [11] GAWER A, CUSUMANO M A. Industry platforms and ecosystem innovation [J]. Journal of product innovation management, 2014, 31(3): 417-433.
- [12] JOUPPI N P, YOUNG C, PATIL N, et al. In-datacenter performance analysis of a tensor processing unit[C]//2017 ACM/IEEE 44th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA). New York: IEEE, 2017: 1-12.
- [13] SECUNDO G, SPILOTRO C, GAST J, et al. The transformative power of artificial intelligence within innovation ecosystems: a review and a conceptual framework[J]. Review of managerial science, 2025, 19(9): 2697-2728.
- [14] Goldman Sachs Research. How AI is transforming data centers and ramping up power demand[EB/OL]. [2025-09-24]. <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/how-ai-is-transforming-data-centers-and-ramping-up-power-demand>.
- [15] 车凯. “算电协同”现状及未来趋势展望 [J]. 通信世界, 2025(20): 22-24.
- [16] PAYNE H E, EISEN J B. Artificial intelligence and energy democracy[J]. San Diego law review, 2025, 62(3): 471.
- [17] Meta AI. Introducing Llama: a foundational, 65-billion-parameter large language model[EB/OL]. [2025-09-24]. <https://ai.meta.com/blog/large-language-model-llama-meta-ai/>.
- [18] METZ C. Meta’s New Superintelligence Lab wants to ‘Solve’ A.I. safety[EB/OL]. [2025-09-24]. <https://www.nytimes.com/2025/07/14/technology/meta-superintelligence-lab-ai.html>.
- [19] JENNIFER L. NVIDIA controls 92% of the GPU market in 2025 and reveals next-gen AI supercomputer[EB/OL]. [2025-09-24]. <https://carboncredits.com/nvidia-controls-92-of-the-gpu-market-in-2025-and-reveals-next-gen-ai-supercomputer/>.
- [20] 华为技术有限公司. 昇腾在金融行业的应用与生态白皮书 [M]. 深圳: 华为技术有限公司, 2024: 18-20.
- [21] 中国信息通信研究院. 中国人工智能产业发展报告 (2024)[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2024.
- [22] 华为开发者联盟. 技术解读: 华为云如何携手昇腾、鸿蒙等根生态, 助力开发者技术创新 [EB/OL]. [2024-09-24]. <https://developer.huawei.com/consumer/cn/forum/topic/0203162589662187312>.
- [23] 李开复. AI·未来 [M]. 杭州: 浙江人民出版社, 2018: 113-117.
- [24] 杨莘, 于施洋, 任峰. 算力电力协同创新框架 [J]. 控制理论与应用, 2024, 41(7): 1181-1186.
- [25] 国务院. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知[EB/OL]. [2025-09-24]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5216427.htm.
- [26] World Economic Forum. China’s path to AI-powered industry transformation[R]. Geneva: World Economic Forum, 2025.
- [27] Rand Corporation. Full stack: China’s evolving industrial policy for AI[R]. Santa Monica: RAND Corporation, 2025.
- [28] NBR. The outlook for China’s AI industry: adoption and applications[R]. Seattle: The National Bureau of Asian Research, 2025.
- [29] 马挺, 刘鑫怡, 赛秋玥. 国外人工智能立法现状、特点及启示 [J]. 全球科技经济瞭望, 2025, 40(1): 20-28.
- [30] GEREFFI G, HUMPHREY J, STURGEON T. The governance of global value chains[J]. Review of international political economy, 2005, 12(1): 78-104.

New Landscape of AI Software-Hardware Ecosystem Competition: Insights from OpenAI's Strategic Alliances

YE Nanjun

(School of Information Technology, Guangxi Police College, Nanning 530028)

Abstract: As artificial intelligence technology accelerates its evolution, the competitive paradigm of the global AI industry is undergoing a profound transformation, shifting from past focuses on single-point breakthroughs in algorithms to ecosystem-level confrontations centered on computing power and deep software-hardware synergy. This paper takes the strategic alliances by OpenAI as a starting point to deeply analyze its strategic maneuvers with chip manufacturers, cloud service providers, and hardware design firms. Based on AI value chain theory and platform ecosystem theory, this research constructs a multi-layered analytical framework to systematically elaborate on the new characteristics of the current AI software-hardware ecosystem competition. This paper finds that leading AI companies, represented by OpenAI, are addressing the challenge of computing power scarcity and consolidating their market leadership by deeply engaging in chip customization, implementing multi-cloud deployment strategies, and emulating Apple's model to build a full-stack, closed ecosystem from underlying hardware to upper-level applications. This new trend of vertical integration and ecosystem lock-in not only reshapes the competitive landscape of the global AI industry but also has far-reaching implications for technological roadmaps, business models, and supply chain security. The conclusions of this paper aim to provide theoretical insights for understanding the core competitive logic of the current AI industry and to offer decision-making references for Chinese AI enterprises in formulating development strategies and building an autonomous and controllable industrial ecosystem under the new global competitive situation.

Keywords: artificial intelligence; ecosystem competition; strategic alliance; vertical integration; value chain; OpenAI

(上接第9页)

History, Practice, and Insights of U.S. Technology Foresight

YAO Yixue¹, ZHONG Wei¹, YUAN Like²

(1. Renmin University of China, Beijing 100872;

2. Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038)

Abstract: Technology foresight (TF) is an important policy instrument for assessing future directions of science and technology (S&T) development and guiding the allocation of resources. This paper examines the United States as a case study and provides a systematic review of the evolution and main practices of TF in the U.S. Drawing on document analysis and case studies, the study focuses on U.S. contributions to the early development of TF as well as two recent rounds of critical technology selection undertaken at the federal level. The findings show that, although the United States has not established a centralized and institutionalized national TF system, it has played a functional substitute role in setting S&T priorities through critical technology selection and a range of complementary policy instruments. This pathway is closely associated with the U.S. tradition of laissez-faire policymaking and its decentralized system of S&T governance. This paper summarizes the key characteristics of U.S. TF practices and discusses their implications for the development of national TF initiatives in China.

Keywords: the United States; technology forecasting; technology foresight; critical technology selection; national innovation system