

构建 GPT 大模型的经济循环体系： 理论框架与发展路径

杨望¹ 徐慧琳² 王钰淇³

(1. 中国人民大学金融科技研究所, 北京 100083; 2. 四川师范大学商学院, 四川 成都 610066;
3. 北京语言大学商学院, 北京 100083)

摘要: 数字技术的爆发式增长及其与实体经济的深度融合, 为推动中国经济高质量发展提供了强大动能, 成为促进生产方式变革和经济结构变迁的主要力量。GPT 大模型作为新一代人工智能技术, 具有强大的自然语言处理能力, 将持续对经济增长、生产效率、要素分配等各方面产生深刻影响。本文试图通过构建 GPT 大模型的经济循环体系、GPT 大模型在国内外经济循环中发挥作用的理论框架以及 GPT 大模型的经济循环体系的发展路径, 揭示 GPT 大模型经济循环体系的作用机制, 为实体产业应用 GPT 大模型实现提质增效、助力经济高质量发展提供现实启示和参考依据。

关键词: GPT 大模型; 人工智能; 经济循环体系

中图分类号: F124 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9245 (2024) 03-0073-13

一、引言

2022 年 11 月, 美国人工智能实验室 OpenAI 公司发布的 ChatGPT (Chat Generative Pre-trained Transformer, 生成式预训练变换模型), 成为人工智能发展史上用户增长速度最快的应用软件。ChatGPT 的爆火不仅引发社会公众对人工智能的期待, 而且促使各国科技公司、互联网巨头、金融机构加快对自然语言大模型的研发工作, ChatGPT 成为科技投资的新风向和智能科技发展的新趋势。

GPT 大模型是一种基于预训练模型的自然语言处理技术, 能够实现文本问答、代码生成、内容

生成等数字内容的输出, 借助机器学习、神经网络等技术模型, 实现基于人类强反馈信息进行学习的大规模预训练语言模型^①。目前, GPT 大模型的代表性产品——ChatGPT 和 GPT-4 已广泛应用于金融、教育、医疗、交通等实体产业。具体而言, 在医疗领域, ChatGPT 可以提供智能问诊、智能辅诊、智能咨询等服务; 在教育领域, ChatGPT 能够辅助教育从业者进行智能教学、智能辅导、智能创作等教学工作; 在法律领域, ChatGPT 可以辅助相关人员处理法律文件、查找法律条款, 结合具体案件提出司法建议, 充分发挥文本生成功能, 撰写法律文书; 在金融领域, 已有银行、证券公司尝试将

收稿日期: 2023-05-30

基金项目: 本文系国家社会科学基金青年项目“混合所有制改革模式选择与国有企业治理效率提升研究”(20CGL015)、国家社会科学基金项目“数字赋能下金融普惠性的比较测评与增强机理多维度研究”(21BJL087)的阶段性成果。

作者简介: 杨望, 中国人民大学金融科技研究所高级研究员、硕士生导师; 徐慧琳, 四川师范大学商学院讲师; 王钰淇, 北京语言大学商学院硕士研究生。

① 朱光辉、王喜文:《ChatGPT的运行模式、关键技术及未来图景》,《新疆师范大学学报(哲学社会科学版)》, 2023年第4期。

ChatGPT 技术应用于智能客服、智能投顾等领域。由此可见, GPT 大模型已逐步深入实体产业各个场景, 成为经济循环体系的技术支持与创新载体。

笔者基于 GPT 大模型的原理及发展历程构建 GPT 大模型经济循环体系, 分析 GPT 大模型在国内和国际经济循环中发挥作用的理论逻辑, 进而提出 GPT 大模型在经济体系中的可行发展路径。研究结论表明, 第一, GPT 大模型作为新一代人工智能技术, 给传统经济体系带来三方面影响: 基于技术创新引发生产要素配置效率变革、作为生产要素投入引发生产方式变革和管理模式变革, 进而重塑传统经济循环体系。第二, GPT 大模型的产业链结构分为基础架构层、模型层和应用层。目前, 我国企业布局在应用层占比最高, 在基础架构层和模型层较为薄弱, 说明我国 GPT 大模型产业发展主要以需求为牵引。第三, 我国 GPT 大模型产业在生产要素、市场需求、产业政策方面具有优势。持续加大对 GPT 大模型产业的政策支持、鼓励科技企业和研究机构合作创新、加强 GPT 大模型与实体产业领域的深度融合、重点关注 GPT 大模型在网络与数据安全等领域的潜在问题, 是进一步推动 GPT 大模型产业发展的可行路径。

二、文献综述

随着数据成为关键生产要素, 以 GPT 为代表的数字技术在推动实体产业数字化转型发展、优化产业结构、培育新的经济增长点、促进经济高质量发展等方面具有重要作用。GPT 大模型作为新一代人工智能技术, 有利于实体产业协调配置内外部资源, 提高资源利用效率, 以革新生产方式打造高质量供给体系, 同时, 其作为生产要素投入引发生

产方式变革和管理模式变革, 不仅影响整个经济循环体系, 而且有助于建立创新型市场化链接机制, 助推实体经济增效降本, 增加社会财富与福利, 实现经济高质量发展。

在新一轮科技革命中, 科技创新是促进经济循环的关键点和支撑力量^①, 人工智能通过 GPT 大模型技术浪潮的推动, 已开始作为通用技术在推动产业数字化转型升级和提升生产力方面发挥作用^②, 对经济循环产生深远影响。现有研究表明, 人工智能主要在生产、分配、流通和消费四个环节促进经济循环。在生产环节, 人工智能具备精准性和通融性等特征, 能够提升社会生产力水平、解放劳动力^③, 为社会总财富的增长提供技术支持。具体而言, 在生产规模层面, 人工智能技术可以协助产业生产部门借助网络化形式扩大生产规模, 促使产业链上单独生产环节的主体逐渐拓展协同, 以此扩大生产规模^④; 在生产效率层面, P.Lv 等研究发现, 生产部门的资金运营效率与人工智能应用程度成正比, 应用的人工智能水平越成熟, 应用范围越广, 越有利于提升生产部门的运营效率。此外, 人工智能可以高效提升资金回笼的及时性和精确性, 进一步降低财务决策成本^{⑤⑥}。在分配环节, 人工智能可以促进产业结构合理化、高级化, 进一步影响劳动力结构和收入分配^⑦。在流通环节, 人工智能有效降低了交易成本, 其与区块链技术的联合应用在实现多方协同传递和处理信息的同时, 不仅加快了资金周转, 而且降低了交易双方的信息不对称^⑧。此外, 人工智能可以有效降低管理成本, 在保护数据安全与隐私的基础上实现信息共享, 进而提升企业生产效率、优化管理程序, 降低管理成本^⑨。在消费环节, D.W. Arner 等研究发现, 人工智能水平提升有助于城乡居民收入的增加, 能够充分满足家庭

① 刘元春:《正确认识和把握双循环新发展格局》,《学习时报》,2020年9月9日。

② 吴朝晖:《人工智能的过去、现状和未来》,《未来传播》,2019年第3期。

③ 徐志向、罗冬霞:《人工智能促进共同富裕的政治经济学分析》,《当代经济研究》,2022年第7期。

④ F.Olan, et al.Sustainable Supply Chain Finance and Supply Networks:The Role of Artificial Intelligence,IEEE Transactions on Engineering Management, 2022 : 1-16.

⑤ P.Lv, H.Xiong.Can FinTech Improve Corporate Investment Efficiency? Evidence from China, Research in International Business and Finance, 2022.

⑥ T.Jia, et al.Design of Digital and Intelligent Financial Decision Support System Based on Artificial Intelligence, Computational Intelligence and Neuroscience, 2022 : 1-7.

⑦ 张万里、刘婕:《人工智能对产业结构升级的影响机制研究——基于资本—技能互补的理论分析》,《经济经纬》,2023年第2期。

⑧ 黄奇帆:《结构性改革》,北京:中信出版社,2020年版,第384-436页。

⑨ 胡安俊:《人工智能、综合赋能与经济循环》,《当代经济管理》,2022年第5期。

部门的消费需求，减缓家庭消费面临的流动性约束，进而提升经济体系整体的消费质量^{①②}。由此可见，人工智能技术具备创新和技术进步的属性，通过对经济系统的综合赋能深刻影响经济体系中的各环节，提升全要素生产率，畅通经济循环。

GPT大模型作为生成式人工智能AIGC（Artificial Intelligence Generated Content，人工智能生成内容技术）的核心技术代表，其根本逻辑是借助人工智能技术生成内容文本，基于神经网络、机器学习等算法模型提升效率与精度，满足人机交互需求的体验^③。GPT大模型技术应用的突破，是语料、模型、算法等通过迭代训练不断积累的结果，也是各类算法模型有效组合与集成的体现^④。朱光辉等学者指出，GPT大模型利用人类反馈强化学习（Reinforcement Learning from Human Feedback，RLHF）的模型算法，通过人类提问机器回答、机器提问人类回答进行迭代，使GPT自主学习理解上下文语义，通过逻辑推理生成答案^⑤。除人类反馈强化学习算法外，有学者认为GPT大模型也采用指令微调（Instruction Finetuning，IFT）^⑥和思维链（Chain-of-thought，CoT）技术^⑦。GPT大模型具有大数据、大算力、大算法、人智化等显著特征，正在不断重塑金融、教

育、医疗、科研等行业的应用场景。在经济领域，GPT大模型可以大幅释放生产力、变革生产关系、创新商业模式、驱动产业转型，有效彰显了新一代人工智能技术带来的机遇。洪永森等认为，GPT大语言模型能更好地表现复杂经济系统的特征与运行规律，不仅影响经济主体行为及经济运行方式，而且能够提供有效的资源配置方案，提升经济决策的科学性^⑧。在投融资方面，GPT大模型能够通过程序化交易，根据风险偏好和收益要求为投资者提供最佳投资组合^⑨，提供合理的信用评级和贷款建议^⑩，改进市场资源配置效率。在风险管理方面，GPT大模型能够实时评估投资组合的风险，进而规避损失^⑪。

实体经济在我国产业体系中具有举足轻重的地位，数字经济和实体经济的深度融合，是我国实现经济高质量发展的重要发展战略。数字经济以数据为关键生产要素，以GPT大模型为代表的技术作为主要生产力，推动实体产业生产方式向数字生产方式转变，促成信息生产力和生产方式的内生性^⑫。一国经济的长足发展由国内循环和国际循环共同决定，构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，是关系我国发展全局的重大战略任务^⑬。目前，在国内循环方面，数字

- ① D.W.Arner, et al.Sustainability, FinTech and Financial Inclusion, European Business Organization Law Review, 2021 (1): 7-35.
- ② J.Li, et al.The Effects of Online Consumer Credit on Household Consumption Level and Structure: Evidence from China, Journal of Consumer Affairs, 2021: 1614-1632.
- ③ 周智博：《ChatGPT模型引入我国数字政府建设：功能、风险及其规制》，《山东大学学报（哲学社会科学版）》，2023年第3期。
- ④ 钱力、刘熠、张智雄等：《ChatGPT的技术基础分析》，《数据分析与知识发现》，2023年第3期。
- ⑤ 朱光辉、王喜文：《ChatGPT的运行模式、关键技术及未来图景》，《新疆师范大学学报（哲学社会科学版）》，2023年第4期。
- ⑥ J.Wei, M.Bosma, V.Zhao, et al. Finetuned Language Models are Zero-shot Learners, Proceedings of the 10th International Conference on Learning Representations, Virtual: OpenReview, 2022.
- ⑦ J.Wei, X.Wang, D.Schuermans, et al.Chain-of-thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models, <https://arxiv.org/pdf/2201.11903.pdf>.
- ⑧ 洪永森、汪寿阳：《人工智能新近发展及其对经济学研究范式的影响》，《中国科学院院刊》，2023年第3期。
- ⑨ H.Ko, J.Lee.Can ChatGPT Improve Investment Decision? From a Portfolio Management Perspective, <https://ssrn.com/abstract=4390529>.
- ⑩ 宋信强、刘明杰、陈家河：《GPT-4影响的全面分析：经济高质量发展与国家安全防范》，《广东财经大学学报》，2023年第2期。
- ⑪ 汪寿阳、李明琛、杨昆等：《ChatGPT+金融：八个值得关注的研究方向与问题》，《管理评论》，2023年第4期。
- ⑫ 黄群慧：《论新时期中国实体经济的发展》，《中国工业经济》，2017年第9期。
- ⑬ 《“十四五”规划〈纲要〉解读文章之10：推动形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局》，https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjzfzgh/202112/t20211225_1309698.html?state=123&state=123&state=123。

技术以链接协同、智能化交互的方式将更多社会资源整合到经济循环体系中，贯通经济发展链各环节，构建价值链与循环生产链，便于实体厂商最大程度地收集、加工和分析大数据，获取准确的投资经营信息，实体产业可在有效需求方面提供合适的产品与服务。生产要素的自由流动有利于实体经济的产业结构调整，驱动国内循环释放内需潜力，协调推进经济高质量发展和高水平对外开放。在国际循环方面，数字经济推动实体产业融入全球生产价值链，不仅有利于扩大我国在全球贸易领域的发展^①，而且有助于扩大我国的国际投资规模，提高投资效率，进而发挥规模效应，实现要素资源的跨境聚集^②。

从现有研究成果看，已有文献缺少对 GPT 大模型在传统经济循环体系中发挥作用的探究，GPT 大模型作为人工智能技术的创新，在提升劳动力、资本等传统生产要素的配置效率方面发挥重要作用，其赋予实体经济数据驱动创新的能力，是实现“数实融合”的重要技术支撑。本文的创新点在于构建 GPT 大模型经济循环体系，阐述 GPT 大模型如何提高全要素生产率、作为新型生产要素为实体产业降本增效的理论逻辑，对现阶段 GPT 大模

型产业链发展及竞争矩阵展开分析，旨在探究我国如何助力传统实体产业数字化转型升级，并根据 GPT 大模型在数据、算力、算法层面的发展现状，为提升实体经济发展质效、实现经济高质量发展提供可行路径建议。

三、GPT 大模型经济循环体系的理论框架

传统的经济循环体系一般分为两层结构，即国内循环和国际循环（见图 1）。第一，国内循环的参与者包括企业、家庭和政府三个经济部门。其中，企业部门主要从事生产经营活动，提供生产产品及服务，担任社会生产经营的主要角色。家庭部门不仅是生产要素的提供者，而且在经济循环中担任消费者角色。政府部门主要通过政府支出形成消费，并通过税收、补贴、转移支付等方式与企业部门和家庭部门产生经济联系。各经济主体间的经济行为主要围绕要素市场和产品市场展开：生产要素、产品与服务作为经济介质在要素市场和产品市场中流通，构成国内经济循环体系。第二，国际循环面对国际市场，国内要素市场和产品市场通过海外投资、劳动力输入输出、进出口商品和服务与国

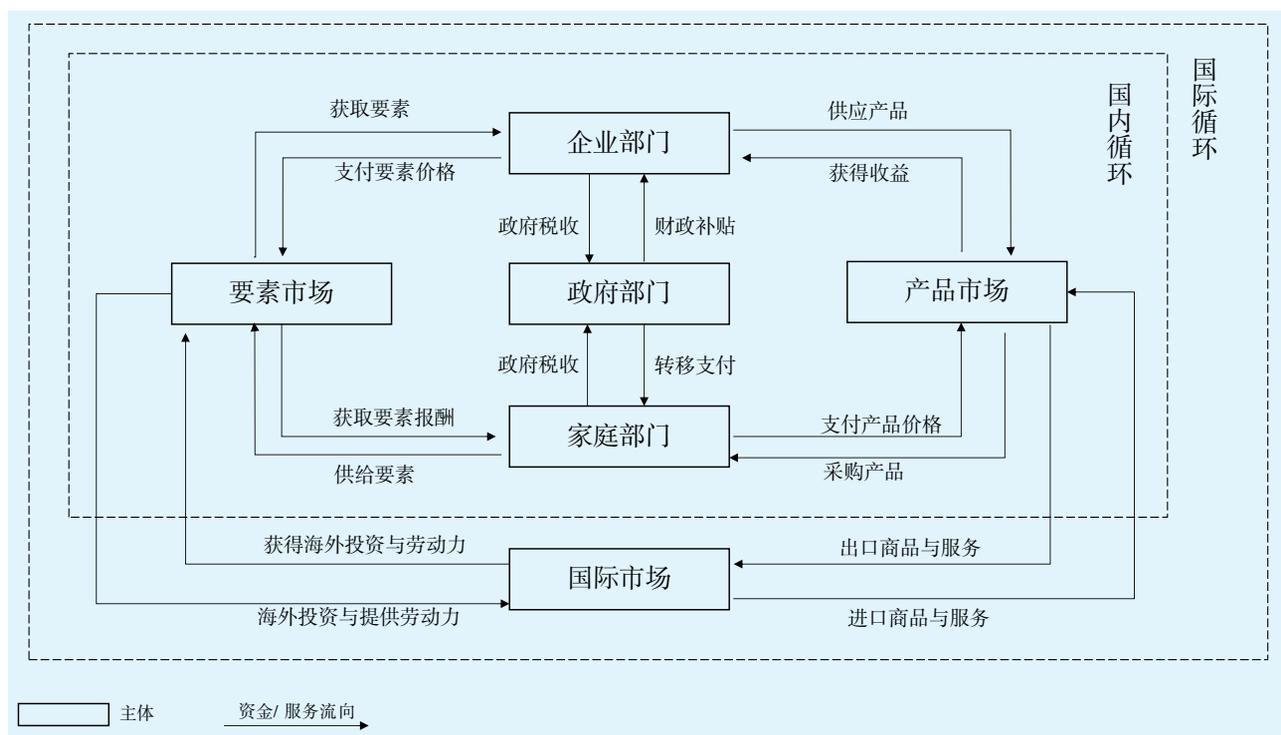


图1 传统经济循环体系图

① 韩俊华：《金融科技促进经济双循环发展及风险监管》，《科学管理研究》，2022年第1期。
 ② 周军、黄瑞玲：《现代金融体系支持双循环新发展格局构建的创新策略》，《新疆社会科学》，2021年第4期。

际市场建立联系，由此形成国内国际双循环的经济体系。

数字经济的爆发式增长及其与实体经济深度融合在推动经济高质量发展过程中发挥强大动能，具体体现为以数字化信息作为关键生产要素，以数字技术的有效使用作为效率提升和经济结构优化的关键动力。GPT大模型作为新一代人工智能技术，在传统经济体系中将于技术创新引发生产要素配置效率变革、作为生产要素投入引发生产方式变革和管理模式变革，进而重塑传统经济循环体系。基于此，笔者提出将GPT大模型平台作为关键部门纳入传统经济循环体系，具体分析GPT大模型如何在其中实现生产要素配置效率变革、生产方式变革和管理模式变革（见图2）。

（一）对GPT大模型经济循环体系的宏观分析

GPT大模型在经济循环中主要通过GPT平台的形式提供服务，具体分为国内循环和国际循环。在国内循环中，GPT平台用户基于客户需求提供内容产品和服务并获取收益。同时，平台用户基于自身资源条件提供技术、资本、数据等生产要素，将其输送至要素市场获得报酬。在国内经济循环过程中，第一，GPT大模型能够提高传统生产要素（例如，劳动力、资本等）的配置效率，进而提升国内全要素生产率。相同要素会因在配置方面

的差异产生截然不同的生产率水平，经济体系凭借GPT大模型赋能带来的优势实现降本增效，提高生产效率。第二，GPT大模型本身作为生产要素引发思维革命，能够替代和辅助人类进行生产、创作、创意和咨询。GPT大模型的应用将辅助并提升程序性工作的完成效率，激发劳动者专注于更复杂的创造性劳动和价值输出。此外，GPT大模型赋能增强了经济主体利用数据驱动创新的能力，通过提升企业整合大量信息的能力，提升研发敏捷性，实现产品快速迭代；在产品研发过程中，提升数据处理能力与资产检索效率，自动生成多样化的产品定价和组合策略，提升产品个性化程度。第三，GPT大模型通过实现关键信息的抽取和分类归档，提升对文件的整体认知和理解，在大幅降低对人工审核依赖的同时，给出风险警示和解决方案，提升经济主体管理效率和内部控制效率，引发管理变革。

在国际循环中，GPT大模型的应用有助于加速生产要素在国际间的流动、组合以及配置，促进规模经济效应的释放，缓解信息不对称，避免出现逆向选择、漏洞欺诈等问题，确保创造价值，以实现国内大循环和国内国际双循环的结合与互通，促进产品服务、劳动力、资金在国内国际两个市场凸显有序高效的联动作用。

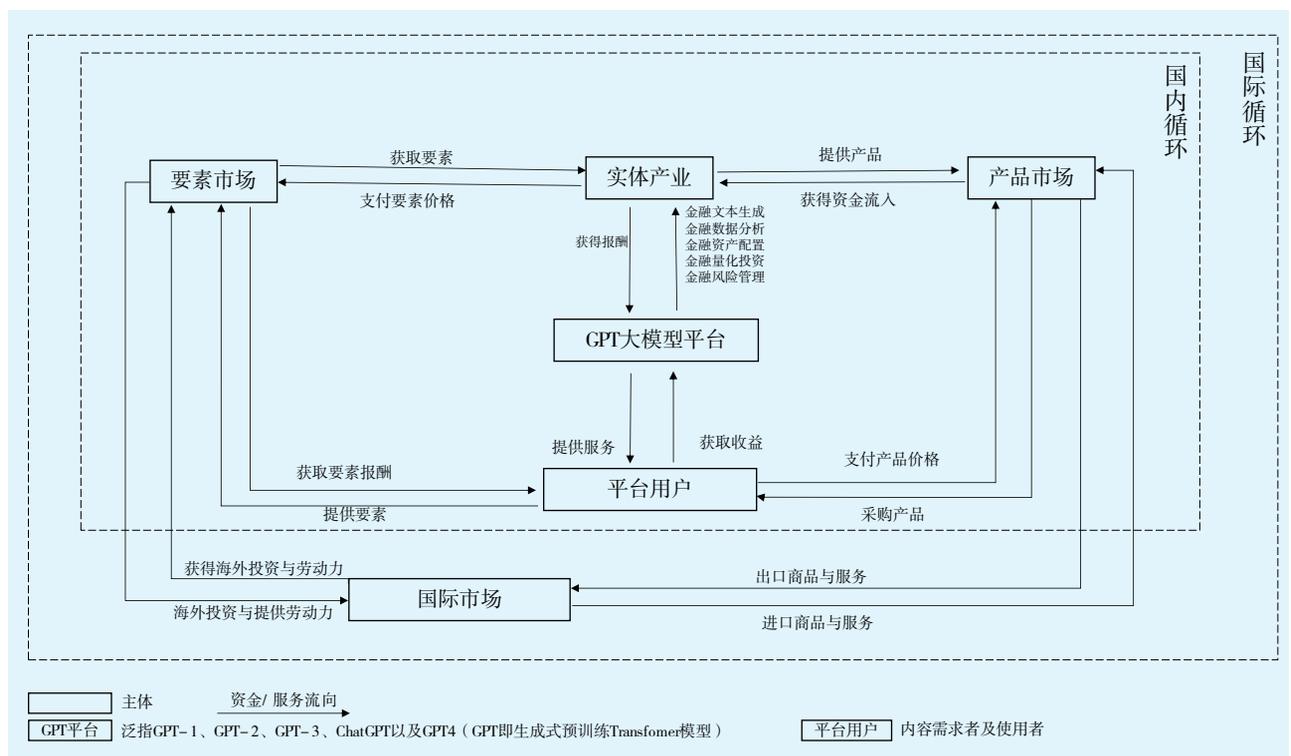


图2 GPT大模型经济循环体系图

(二) GPT 大模型经济循环体系的微观分析

从微观层面看,加入 GPT 平台经济循环体系(GPT 大模型经济循环体系)的经济主体包括 GPT 大模型平台、平台用户、金融企业部门和实体产业。笔者将从微观视角对 GPT 大模型平台与各主体间的互动关系进行分析。

1. GPT 大模型平台

GPT 大模型平台作为内容的提供者,为平台用户及金融企业部门提供内容服务。目前,国内的 GPT 平台主要以互联网公司为主。GPT 平台可以自动搜集和筛选金融市场中的海量信息,在降低信息搜集成本的同时,促进信息在市场中高效流通,有助于提升资本市场的信息处理效率。此外,数据是提升企业竞争力的关键所在,GPT 通过对海量数据进行采集、处理与归纳,促使企业部门在文本生成、数据分析、辅助投资、资产配置与风险管理等方面提质增效。

第一,内容生成。GPT 大模型的内容生成功能可以实现自动采集公开网站及数据库中的新闻、论文、市场数据等,构建具有海量数据规模的文本语料库,对各个行业垂直领域语料库进行自然语言预处理,选择合适的模型进行生成文本任务,根据文本语料库对模型进行微调,当用户输入问题的提示语时,GPT 能够根据上述语料库及算法模型生成文本内容。内容生成的应用领域主要体现在两方面:一是生成营销内容;二是生成客户服务内容。例如,在智能投资顾问方面,GPT 大模型具有多轮对话和 KYC(Know Your Customer,了解你的客户)探查能力,能够有效提升用户对话体验,围绕个体提供全生命周期智能投顾服务,为投资者提供公平、客观、个性化的服务环境,辅助投资者作出理性投资决策。T.Yue 等评估了 GPT 能在多大程度把金融模型和知识体系转换成对用户友好的会话模式,使不同投资知识水平的个体更容易理解复杂概念和估值模型^①。研究表明,基于机器学习技术的多因素股票收益模型通常涉及复杂的数学和统计计算,非金融专业人士对复杂金融模型结果的理解较为困难。但使用可解释的人工智能和 GPT 有可能克服上述困难,获得清晰、简洁的解释。例如,2022 年,同花顺不断加大在机器学习、自然

语言生成、数字人等领域的研发投入,已将 AI 大模型、AIGC 等领域的相关研究成果应用到金融信息产品和服务中,以提升产品竞争力和客户体验感。其关键产品“i 问财”作为国内财经领域落地较成功的智能对话交互回答系统,可以提高金融服务机构的服务效率。

第二,数据分析。GPT 大模型具备自然语言生成能力,便于对生产经营数据进行文本分析、数据处理,进而为企业部门提供健全的数据分析服务。一方面,GPT 大模型为企业部门提供各种数据处理分析工具,协助企业部门更好地理解及处理海量金融数据、洞察市场方向。例如,涉及市场交易数据、股票价格、利率和汇率等信息需求时,企业可以应用 GPT 大模型寻求解答和咨询服务。GPT 能够按企业部门的分析诉求生成虚拟图表或说明文字,以直观详尽的方式呈现金融数据分析结果。由此可见,大模型对投资信息的整理和筛选更加准确,能够实现对各类数据的综合分析以及对时间序列数据的预测,有助于提升企业的数据分析效率和价值实现能力。另一方面,GPT 大模型具备文本自动分类、情感分析和预测等能力,能够为企业部门提供决策支持。例如,银行、券商可利用 GPT 对上市公司的新闻、研究报告、政策调整等信息进行分析和评估,进而对市场波动趋势及公司估值变化进行预测。此外,金融机构借助 GPT 大模型对文件整体认知和理解的能力,对公司历史财务报表、客户信息以及市场评级等信息进行评估,测算借款人、客户及合作伙伴的信用风险水平,大幅降低对人工审核的依赖并给出风险警示及解决方案,提升审核效率和风控能力。

第三,辅助投资。数字技术在辅助投资方面的应用体现为综合利用人工智能、大数据、量化交易、投资组合、行为金融等理论与技术,结合企业部门的风险偏好、财产状况与投资目标,根据企业部门自身的资产管理需求,通过算法建立模型为企业部门提供自动化的资产配置和投资建议,辅助企业部门自行交易,根据市场动态和企业部门的资金进出状况智能分析投资组合,依据分析结果调仓,实现投资组合再平衡,达到资产组合的收益和风险的均衡^②。笔者认为,GPT 大模型平台协助企业

① T.Yue ,D.Au,C.C.Au,et al.Democratising Financial Knowledge with ChatGPT by OpenAI:Unleashing the Power of Technology, 2023.

② 蔚赵春、徐剑刚:《智能投资顾问的理论框架与发展应对》,《武汉金融》,2018 年第 4 期。

部门投资的应用场景主要表现在三个方面。首先，GPT大模型在辅助企业进行投资时，可以利用大数据搜集和分析客户数据，基于对企业多角度、多层次的认识形成企业投资画像，达到对企业部门财富状况以及投资需求的洞察。其次，GPT大模型基于现代资产组合理论和机器学习算法模型，可充分发挥大规模知识处理和大型语料库优势，在以问答方式为企业部门提供定制化投资建议的同时，针对多类型的金融理论掌握程度，为企业部门投资人提供更易理解和吸收的人机交互语言交流方式。GPT大模型可以根据系统计算的投资组合进行智能交易。智能交易的方式可分为两类，第一类由企业部门客户授权，GPT大模型直接对外部交易系统进行资产买卖下单；第二类由企业部门客户一键确认后下单，在过程中辅助客户进行量化投资，利用各种算法提升投资的精准性，避免因信息匮乏造成经济损失。最后，GPT大模型具备实时洞察市场交易行情动态变化的能力，能够及时对投资组合进行调整。依据对经济周期轮动的判断和识别，GPT大模型能够准确预测投资组合中各资产的收益率，及时调整各资产的持有比例和期限，保证资产组合风险与收益的平衡。

第四，风险管理。GPT大模型可以为企业部门提供全方位、多层次的风险管理，协助企业部门检测、评估、预防、转移、分散各种类型的生产经营风险，实时动态作出调整和应对举措，最大限度保障企业部门的权益安全。具体而言，一是在风险预测方面，GPT大模型能够利用历史市场数据和宏观经济信息建立风险预测模型，对未知的风险进行预测和分析。例如，证券公司的风控部门可以借助GPT对股票、债券等不同类型资产的价格波动幅度进行预测，及时调整战略决策，尽可能降低风险发生概率，或将损失控制在一定范围内。二是在风险度量方面，GPT大模型充分运用机器学习算法和数据挖掘技术等优势，分析和测算复杂的金融投资组合，识别潜在的风险因素，对投资组合的总体风险水平和单个指标的风险水平进行评估。三是在事件驱动风险管理应用方面，GPT大模型有助于金融机构分析风险事件发生的可能性及影响程度，并根据不同风险事件的类型采用统计方法和动态模型进行评估，及时了解风险事件的最新信息，为企业部门应对风险挑战、调整投资组合策略提供建设性思路。四是在风险交易管理方面，GPT辅以监控指定金融产

品、交易环节、交易双方用户以及其他风险，及时对风险进行报警和管控。

2. GPT平台用户

GPT平台用户主要包括生成内容的需求者、使用者以及内容提供机构，等等。以ChatGPT为例，该平台主要用户群体为代码程序员、文字工作者、设计师、教育工作者及学生。此外，GPT平台的医疗行业从业者、患者、社交娱乐用户、知识及科技爱好者中的受众群体较为广泛。相对现实世界的家庭部门，GPT平台的用户主要以个人为主。GPT能够根据人类强反馈补充语料库和修正错误答案，因此，其平台用户不仅是购买和使用内容产品的消费者，而且扮演数据要素生产者的角色。

3. 实体产业

实体产业指在国民经济中除金融机构外的产业部门，例如，工业、农业、商业、服务业和第三产业，等等。在GPT大模型经济循环体系中，实体产业同样可以借助GPT大模型带来的技术创新，提高对传统生产要素的配置效率、生产效率和研发能力，降低风控成本，实现管理变革。

实体产业是创造社会财富的基础支柱。在传统经济循环体系中引入GPT，能够有效促进实体产业协调配置内外部资源，提高资源利用效率。根据沃纳菲尔特提出的“企业的资源基础论”，企业是各种资源的集合体，具备异质资源特殊性、资源不可模仿性、特殊资源获取与管理等特点。企业拥有的资源各不相同，这种异质性影响企业竞争力的发挥，进而在市场上获得高收益回报。GPT大模型作为创新技术，可以提升企业的资源使用效率、降低资源应用成本。在资源管理方面，GPT大模型平台能够分析实体产业的订单需求，打通供应链上下游在信息、人力物力、物流等方面的障碍，避免存货积压导致的损失。第二，GPT大模型有助于发挥技术外溢作用，助推实体产业内部数字化转型升级，实现产业链降本增效。第三，GPT大模型平台可以协助实体产业强化市场营销能力，打造品牌优势。通过分析客户数据，形成客户画像，帮助企业更好掌握市场需求和客户体验度，进而有针对性地调整市场营销方案，获得高额市场利润。第四，GPT大模型平台能够促进传统实体产业的数字化改造升级，打造具有强竞争力的数字产业集群，为建设数字化社会提供新支点，推动新时代经济稳健发展。

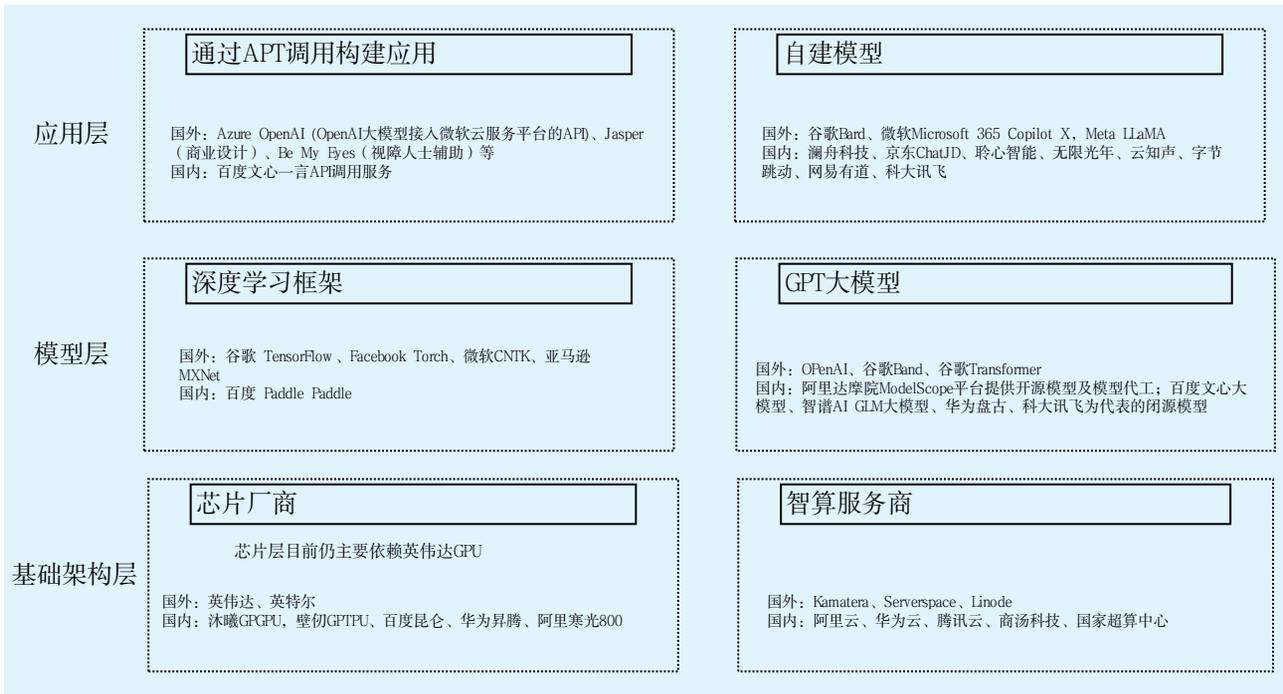


图3 GPT大模型产业链上下游以及国内外企业图

注: 笔者根据公开资料整理。

四、GPT 大模型经济循环体系：产业链结构、竞争格局与发展路径

(一) 产业链结构

以 ChatGPT 为例，OpenAI 搭建了大模型基础框架，通过发布 GPT-1、GPT-2、GPT-3 和 ChatGPT 引领行业发展。目前，国外研究机构和企业在该领域拥有较大优势，尤其在基础技术研究方面。笔者将进一步梳理当前 GPT 大模型在国内外产业链和企业的布局情况，以明确自身定位，辨析发展路径，识别发展机遇（见图 3）。

GPT 大模型产业链总体分为基础架构层或算力层、模型层和应用层。其中，最底层为基础架构层或算力层，是整个产业链的基础。算力层主要包括 AI 芯片厂商、服务器、云计算、数据中心，等等。目前，国外芯片厂商主要包括英伟达和英特尔；国内芯片厂商包括沐曦 GPGPU、壁仞 GPTPU、百度昆仑，等等。

第二层为模型层，具体包括深度学习框架和 GPT 大模型。深度学习框架基于机器学习算法，使机器能够模仿人类的视听和思考，像人一样具有分析学习能力，可以识别文字、图像和声音等数据。国外提供深度学习框架的企业包括谷歌、TensorFlow、Facebook Torch、微软 CNTK 和亚马

逊 MXNet，等等；国内有百度 PaddlePaddle。GPT 大模型在大规模语料基础上进行无监督预训练，并在规模较小的有监督数据集上为具体任务进行精细调节。现阶段，除 OpenAI 外，我国阿里达摩院研发的 ModelScope 平台也可以提供开源模型以及模型代工。

第三层为应用层，通过 API 调用构建应用或自建模型，将人工智能生成内容用于各种程序，包括提供文字、图片、音视频等服务内容。国外 API 调用构建应用主要有 Azure OpenAI（是 OpenAI 大模型接入微软云服务平台的 API）、Jasper（提供商业设计）、Be My Eyes（视障人士辅助）；国内主要由百度文心一言提供 API 调用服务。国外自建模型的代表性企业有 OpenAI、谷歌 Band、谷歌 Transformer，等等；国内包括澜舟科技、京东 ChatJD、聆心智能、字节跳动，等等。

基于对国内外 GPT 大模型产业链的分析可知，我国企业在基础架构层、模型层和应用层均有布局，但与国外企业在发展阶段、技术水平、产品性能等方面仍存在一定差距。从不同层面的企业布局数量看，我国人工智能产业布局侧重应用层和技术层。其中，应用层人工智能企业数占比最高，为 84.05%；其次是模型层企业，占比为 13.65%；基础层企业占比最低，为 2.3%。应用层占比高说明我

国人工智能科技产业发展主要以需求为牵引，在基础层占比最低说明我国 GPT 产业链在基础设施层面与国外相比存在较大差距，尤其在芯片领域存在较大发展空间。

（二）竞争格局

ChatGPT 模型作为人工智能领域的重大技术性突破，具有较强的赋能特征，其深度的语言交互能力、高效的信息驱动能力以及精密的算法运行能力将提升数字经济产业发展的速度。国家互联网信息办公室发布的《数字中国发展报告（2022 年）》显示，2022 年，我国数字经济规模达 50.2 万亿元，总量稳居世界第二，占国内生产总值比重提升至 41.5%，数字经济已成为构建现代化经济体系的重要引擎。同时，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》明确提出：“大力发展人工智能产业，打造人工智能产业集群以及深入赋能传统行业成为重点。”基于现阶段 GPT 大模型产业链的发展格局，笔者根据“钻石模型”构建了 GPT 大模型产业竞争理论模型，以分析中国 GPT 大模型的产业竞争优势（见图 4）。

基于 GPT 大模型产业竞争理论模型，有四种因素对 GPT 大模型产业竞争力发挥影响，即生产要素，需求条件，相关产业，产业战略、结构和竞争者。依据 GPT 大模型产业特点，“钻石模型”的四个要素对 GPT 大模型的影响力和管控力各不相同。

1. 生产要素

从人力资源看，我国从事人工智能产业的人数不断攀升，国内高校和企业人工智能方面的人力投入日益增加，同时，加大国际引才引智，引进顶尖科学家和青年人才，以多种方式与国际顶尖人才开展合作，例如，建立新型研发机构、设立国际学术委员会，建立人工智能全球高端人才库，为人才提供配套服务，以打造具有国际竞争力的“人才池”，等等。清华大学《人工智能发展报告 2011-2020》数据显示，我国在人工智能领域的论文发表数量和人才数量仅低于美国，大幅领先其他国家^①，反映了近年来我国教育领域和人才培养领域在人工智能发展方面的竞争力。从资本资源看，我国国内具备产业发展所需的资本积聚。近年来，我国人工智能行业投资稳步增长。从融资交易事件看，2009-2014 年，国内人工智能投资显著增长，达 168 起；2015-2018 年，国内人工智能投资持续增长，2018 年达 723 起。截至 2022 年 10 月，我国人工智能产业总计投资金额为 9994 亿元，投融资事件共 6486 起。从技术资源看，人工智能及其与产业融合已成为数字经济进一步发展的重点领域。从人工智能企业的核心技术分布看，计算机视觉技术占比最高，达 34%；其次是数据挖掘和机器学习，占比分别为 18% 和 17%；智能语音技术、自然语言处理、知识图谱等技术占比分别为 8%、8% 和 7%。根据全球人工智能专利数量统计，我

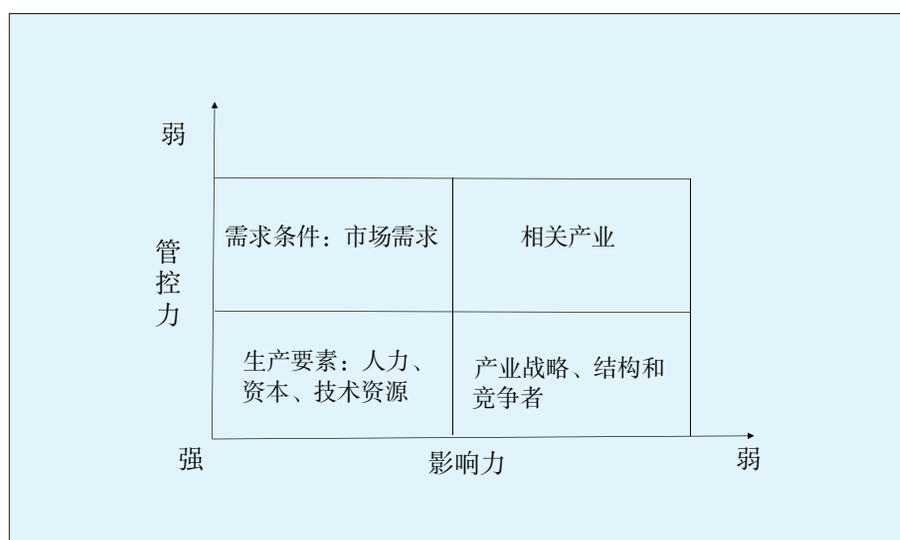


图4 产业竞争矩阵模型图

^① 清华大学科技情报大数据挖掘与服务系统平台AMiner:《人工智能发展报告 2011-2020》，2020 年版，第 21 页。

国专利申请量为 389571, 位居世界第一, 占全球专利申请总量的 74.7%。

2. 需求条件

我国人工智能产业布局侧重应用层, 说明我国人工智能科技产业发展主要以需求为牵引。近年来, 我国人工智能产业在政策与技术双重驱动下呈现高速增长态势。根据中国信息通信研究院数研中心测算, 2020 年, 我国人工智能产业规模为 3031 亿元人民币, 同比增长 15.1%。我国人工智能产业规模增速超过其他国家。预计 2026 年, 我国人工智能软件和应用市场规模将达 211 亿美元, 对人工智能的需求和应用进入大规模落地的关键期。以 GPT 大模型为生态基座的产业链将成为智能化升级中可大规模复用的基础设施, 未来我国企业可进一步围绕行业赋能的广度和深度持续探索, 不断夯实基于大模型的产品建设, 推动大模型技术从实验室走向大规模落地。

3. 相关产业

由前文可知, 我国的 GPT 产业链已初步形成, 从上游的基础架构层到下游的产业技术应用服务以及国家政策、人才教育、研发投入等相关保障产业的发展, 将共同推动 GPT 产业的繁荣。但我国在 GPT 核心技术、芯片生产能力、本土人才培养等方面仍与发达国家存在一定差距。GPT 在应用层面涉及广泛, 包括金融、教育、医疗、科学研究、娱乐、数字政府建设等, 能够为 GPT 产业的进一步应用和发展提供有效支持。

4. 产业战略、结构和竞争者

从产业战略层面看, GPT 大模型是关系人工智能产业进一步深入发展的国家战略技术。截至 2022 年年底, 上海(浦东新区)、深圳、济南—青岛、北京、天津(滨海新区)、杭州、广州、成都、南京、武汉、长沙等 11 个国家人工智能创新应用先导区陆续发布当地人工智能专项行动方案或发展规划, 虽时间进展和侧重各有不同, 但突出了因地制宜和差异化发展要素。2022 年 2 月 13 日, 北京市经济与信息化局发布《2022 年北京人工智能产业发展白皮书》, 将支持头部企业打造对标 ChatGPT 的大模型, 着力构建开源框架和通用大模型的应用生态, 加强人工智能算力基础设施布局 and 人工智能基础数据供给。

从产业结构和竞争者层面看, 我国企业在 GPT 大模型产业链的基础架构层、模型层和应用层均有布局。具体而言, 在应用层的优势最为明显, 以需求为牵引, 在基础架构层与国外存在一定差距。在生成式人工智能领域, 百度的文心一言已在绘画、产品搜索领域推出相关产品; 阿里基于 M6 模型进行 AI 产品开发, 在智能客服、商品检索等场景均有产品上线, 类 ChatGPT 已进入内测阶段; 腾讯的混元大模型在跨模态领域具有先发优势, 类 ChatGPT 产品已作出相关布局。此外, 京东、字节跳动、快手等互联网公司均有相关 AI 能力的积累, 并对类 ChatGPT 产品展开专项研究; 非互联网公司中, 华为、商汤在算力、模型上也具备竞争力。

(三) 发展路径

构建 GPT 大模型的经济循环体系, 关键在于 GPT 大模型产业的培育发展及其与实体经济产业的融合协同。未来, GPT 大模型的发展将呈现更丰富的训练参数、更完善的训练策略、更高效的语义理解、更优质的生成质量和更广泛的应用场景等趋势。目前, 全球人工智能发展呈现中美两国引领、主要国家竞争激烈的总体格局。中国作为人工智能领域的后起之秀, 拥有数据、工程化、产品化、场景化、商业化等优势, 具备完善的顶层设计和“东数西算”政策支持。笔者认为, 要坚持 GPT 大模型发展长期战略, 立足技术创新, 加快 GPT 大模型在基础模型、产业模型和平台研发的追赶步伐, 占据产业制高点。因此, GPT 大模型的发展将进一步为实体经济提质增效, 成为未来我国社会经济增长的重要引擎之一。

1. 风险挑战

技术是把双刃剑, 在造福人民、增加社会效益的同时, 也可能被当作损害社会公众和人民利益的工具^①。GPT 大模型经济循环体系的运转, 虽可以有效提升全要素生产率、变革生产方式、降低交易成本, 进而推动整个经济系统的高质量发展, 但 GPT 大模型作为新兴数字技术, 存在难以估量的风险与挑战。2023 年 3 月, 埃隆·马斯克公开呼吁, 因目前尚未对高级人工智能的发展进行规划和监管, 严重违反了阿西洛马人工智能原则^②, 世界范围内的人工智能训练室应至少暂停 6 个月去训练较 GPT-4 更强大的人工智能模型, 以避免人工智

① 习近平:《论党的宣传思想工作》, 北京: 中央文献出版社, 2020 年版, 第 202 页。

② 阿西洛马人工智能原则强调, 人工智能研究的目标应该建立有益的智能, 而不是无秩序的智能。

能的不可控风险^①。由此可见，虽然 GPT 大模型能够助力企业部门实现对实体产业的提质增效降本，全面疏通经济循环中的“堵点”，但仍需根据 GPT 大模型自身存在的一系列潜在风险与挑战，制定相关行业标准。

第一，GPT 大模型的数据存在滞后性及隐私泄露风险，容易引发公平性及合规性问题^②。GPT 模型本身作为强算力模型，需要海量数据进行预训练，一方面，数据来源可能存在违规且数据不真实的情况，GPT 训练结果出现误差，可能导致基于伪造数据生成错误的决策建议，给实体产业造成不可追回的经济损失。另一方面，GPT 搜集到的数据可能包含隐私敏感信息，用户身份信息、交易行为、财务数据等一旦发生泄露将对实体产业造成巨额损失。例如，金融企业部门需及时洞察并搜集市场上的各种信息，以便灵活调整资产配置。但 GPT 模型存在较为严重的信息滞后性问题，根据 OpenAI 公布的信息看，ChatGPT 的原始数据训练集只更新到 2021 年 9 月，无法满足金融行业关于数据即时性的要求，难以准确反映金融市场变化，且 GPT 模型训练完成后需及时更新数据集，更新知识成本巨大。此外，还需考虑 GPT 模型导致的数据跨境潜在风险，例如，部分企业部门掌握大量的用户敏感信息、支付交易等涉及国家安全的重要数据，一旦企业部门在借助 GPT 模型进行数据分析处理过程中发生数据泄露或盗取情况，将引发严重的国家安全风险。

第二，GPT 大模型存在能源损耗并加剧数字鸿沟风险。GPT 大模型不断迭代升级，现阶段的 GPT-4 已表现出强算法、大算力的高度竞争性，具备更强大的图文理解能力和互动能力，能够以更贴近人类的表达方式与使用者进行对话交互，但 GPT 大模型对于算力的消耗量较大，GPT 的模型算力和模型参数成正比，需要大量的计算资源进行训练和推理，导致其能源消耗巨大，碳排放量惊人，严重影响生态环境，不利于可持续发展。此外，只有具备大量数据和语料库、资金

充足、算法模型领先以及计算资源丰富的企业部门才能充分享受 GPT 技术优势带来的红利。有数据显示，每训练一次 ChatGPT 的成本要耗费 460 万 - 500 万美元，中小型企业和个人难以支付大语言模型的训练成本，因此，资产实力强大的企业可能会在自然语言处理领域强化垄断地位，加剧科技鸿沟，持续放大行业内的马太效应和发展的不平衡。

第三，GPT 大模型的知识产权归属不明确，会造成虚假和歧视信息的传播。尊重和保护知识产权是技术创新和经济高质量发展的重要推动力。虽然 GPT 模型能产出看似具有创新性的内容，实则是对训练文本及数据的重新组合，易生成侵犯知识产权的次生作品。若未得到使用授权就利用数据文本进行训练，将进一步引发知识产权纠纷。除引发知识产权问题外，生成式人工智能能否作为独立作者，得到著作权和专利权的保护，也引发诸多争论^③。如果 GPT 模型的训练数据中存在偏见性或歧视性信息，那么，不具备信息筛查的 GPT 模型可能输出带有歧视性、偏见性及虚假性的结果。GPT 算法的解释性较差，因模型结构较为复杂而难以解释具体的工作方式和结果。这种缺乏解释性的问题使 GPT 算法在部分重要应用场景中受到限制。

基于上述分析，笔者从战略和策略两个层面，提出 GPT 大模型经济循环体系的发展路径，以切实提高我国科技创新的国际竞争力，实现经济高质量发展。

2. 战略层面的应对之策

从战略层面看，笔者主要从加大对 GPT 大模型产业的政策支持、加强 GPT 大模型与实体产业领域的深度融合和重点关注网络与数据等安全领域，提出 GPT 大模型产业支撑经济循环体系的发展战略。

第一，持续加大对 GPT 大模型产业的政策支持，鼓励科技企业和研究机构合作创新，以推动 GPT 大模型的核心技术突破。目前，我国在 GPT 模型的研发方面处于初级阶段，只有部分机构布局

① 蒲清平、向往：《生成式人工智能——ChatGPT的变革影响、风险挑战及应对策略》，《重庆大学学报（社会科学版）》，2023年第2期。

② 邓建鹏、朱恽成：《ChatGPT模型的法律风险及应对之策》，《新疆师范大学学报（哲学社会科学版）》，2023年第5期。

③ 陈永伟：《超越ChatGPT：生成式AI的机遇、风险与挑战》，《山东大学学报（哲学社会科学版）》，2023年第3期；邓建鹏、朱恽成：《ChatGPT模型的法律风险及应对之策》，《新疆师范大学学报（哲学社会科学版）》，2023年第5期。

GPT 大模型的设计和研发,研发部门需加强对机器学习、深度学习等核心技术的研发,不断提高自主创新能力。此外,可以通过整合多方资源,支持高校或企业建立技术研究中心和实验室,构建底层技术研发平台,加速核心技术的创新和演进^①,进而促进 GPT 大模型技术应用的落地。政府应鼓励企业加强对全球 GPT 模型的核心和基础性技术资源的引进,积极完成 GPT 大模型核心技术的创新突破,推动我国 GPT 大模型产业发展。

第二,加强 GPT 大模型与实体产业领域的深度融合,促进数字经济与实体经济协同发展。GPT 大模型“以数强实”的能力将成为新一轮产业升级的引擎。目前,GPT 大模型已在金融、医疗、教育、交通等领域落地应用,未来有望在工业智能制造的质量检测、设备故障分析等生产过程中的各环节发挥作用,有效推动传统产业优化资源配置、调整产业结构,实现传统产业转型升级。综上所述,GPT 大模型不仅可以拓展数字化服务和产品,推动产业链、供应链、价值链重构优化,而且能够增强数字经济的竞争力和经济效益。

第三,GPT 大模型的发展还应重点关注网络与数据等安全领域,以提高应对风险的能力。要坚持自立自强的 GPT 大模型技术创新体系和可信可控的技术安全屏障并重,数据作为 GPT 大模型的养料,要严格遵守相关法律法规,防范安全隐私问题。同时,要考虑国际合作中数据跨境合作引发的相关问题,高度重视立法、合规、标准的制度安排,全方位多维度综合治理,以服务实体经济为目标,稳步构建好 GPT 大模型经济循环体系,促进数字中国整体布局的试点落地,包括数字基础设施、数据资源、数据要素、数字化等内容,为推进数字中国建设提供发展路径与行动指南。

3. 策略层面的应对之策

在策略层面,笔者主要基于数据隐私、算力不足和产权不明确三个角度,提出 GPT 大模型产业支撑经济循环体系的发展策略。

第一,在数据方面,要健全人工智能模型数据安全体系,加强数据安全保护。数据是数字经济时代重要的生产资料,对 GPT 这一生成式预训练语

言模型而言,数据是关键因素。无论 GPT 模型的预训练数据集、数据源,还是数字生成内容,都与数据联系紧密,企业部门若使用 GPT 模型,就要事先进行可控范围评估,在数据安全相关法律法规保护的监管框架范围内健全数据安全保护体系。2023 年 4 月,国家网络安全和信息化委员会办公室出台《生成式人工智能服务管理办法(征求意见稿)》,积极支持人工智能技术创新发展,要求 GPT 预训练的海量数据来源必须符合法律法规及监管要求,必须具备公开性、透明性、公平性,明确建立授权机制和权益保护制度。从监管层面看,监管部门要围绕 GPT 模型的业务应用进行充分的沙箱测试,基于测试结果结合数据安全、数据治理规范等因素形成监管意见,进而发布数据安全监管机制。企业部门自身应采取数据加密、数据脱敏等技术手段,切实保障信息的安全性和隐私性,建立数据访问审核机制,只限授权人员访问敏感数据,对涉密数据进行权限控制。消费者自身应加强信息保护意识,提高信息安全素养和自我保护能力。此外,各行业亟待完善数据备份和恢复机制,预防数据被恶意泄露、篡改、删除等,严格遵守相关法律法规。

第二,在算力方面,要加快 GPT 大模型的基础设施建设。算力是数字经济中的重要生产工具,GPT 大模型的算力是对执行计算需求的软件、硬件及数据中心的整合,算力的提升能够有效拉动 GDP 增长。根据国际机构统计,截至目前,我国的总算力位居世界第二,仅次于美国,但我国在人均算力方面仍处于中等发展中国家水平。在软硬件方面,要推进对更快、更高效的硬件的研发工作,企业部门可采用专门设计用于深度学习的图形处理器(GPU)等硬件,以加速神经网络的训练和推理计算。此外,GPT 模型可以采用分布式计算,将大型任务分解成小任务分配给多个计算机执行,不仅可以加快任务的计算过程,而且能够提升底层算力的效率。未来,GPT 大模型的发展可能涵盖万亿参数,算力需求也会随之加大,建设新的智能计算数据中心将成为人工智能新的发展方向。2020 年,我国信息中心发布《智能计算中心规划建设指南》,涉及算力生产、调度、聚合、消费应用等流程,旨在降低中小公司成本,使大数据惠及所有企

^① 杨望、彭珮、穆蓉:《全球区块链产业竞争格局与中国创新战略》,《财经问题研究》,2020 年第 9 期。

业，实现产业协同经营创新；采用最新的液冷技术降低 PUE 值^①，坚持绿色可持续发展，降低对能源的损耗和对环境的污染。2022 年，我国实施“东数西算”战略，通过建立更完善的数据中心、云计算和大数据技术一体化系统构建新型算力网络体系，引导东部地区算力需求有序向西部地区转移，优化数据中心建设布局，促进东西部地区协同发展，以实现全国一体化大数据中心的构建目标。虽然我国已在数据中心建设方面取得一定进展，但仍需进一步推进数据中心建设的完善和互联，以满足快速增长的数据处理需求。

第三，在算法方面，要重点关注对深度学习、机器学习等人工智能技术产业及人才的培育。算法是数字经济中的生产关系，算力是数字经济的核心生产力。现阶段，我国人工智能发展整体缺

少对语言大模型框架及底层技术设计的清晰认知，建议国家层面出台支持性产业政策，确保在 GPT 大模型基础设施建设和技术研发等领域的投入，培养深度学习、机器学习等人工智能领域的高端专业技术人才，鼓励国内高校和科研机构积极开展对大模型的探索，为行业发展提供前瞻性意见。推动自然语言处理模型的产业化和商业化进程，充分发挥 GPT 模型在实体经济领域的应用价值和商业潜力。此外，要加强相关高端人才培养。我国具有海量的数据基数，要充分发挥大国优势，有效促进产研结合，实现科技的现实性应用和转化，将 GPT 大模型切实融入实体经济循环体系，作为实现经济发展的创新性引擎，加速我国自然语言处理大模型在国际竞争格局中的“弯道超车”。

The Theoretical Logic and Development Path of Constructing GPT Large Model Economic Circulation System

YANG Wang¹ XU Hui-lin² WANG Yu-qi³

- (1. Institute of Financial Technology, Renmin University of China, Beijing 100083 ;
2. School of Business, Sichuan Normal University, Chengdu Sichuan 610066 ;
3. Business School, Beijing Language and Culture University, Beijing 100083)

Abstract: In the era of intelligent technology, the new generation of artificial intelligence is reshaping the social production mode and economic development pattern. The popularity of ChatGPT reflects that the world is facing a new round of productivity revolution. ChatGPT has powerful natural language processing ability, and can judge and modify generated content based on reinforcement learning from Human Feedback, demonstrating the huge potential of human-machine intelligent interaction. The GPT large model represented by ChatGPT has multi-dimensional and multi-level social and economic impact, especially in the integrated application of finance, scientific research, medical care, education and other fields, and is expected to become an important driving force for high-quality economic development. This paper analyzes the competitive advantage of China's GPT large model industry, constructs the theoretical framework and development path of GPT large model economic cycle system, and further proposes corresponding development suggestions and action guidelines for empowering the real economy with GPT large model, and helping the development of digital China under the dual circulation pattern.

Key words: GPT Large Model ; Artificial Intelligence ; Economic Cycle System

[责任编辑：王文秋]

[责任校对：曹晶晶]

^① PUE值是数据中心消耗的所有能源与IT负载消耗的能源的比值，PUE值越低，说明数据中心用于IT设备以外的能耗越低，越节能。