

AR 与 AI 融合驱动战略性新兴产业创新生态构建 —— 基于产业链全链条视角

杨传皓*

(中国技术经济学会, 浙江 杭州 311100)

摘要: 数字经济深化背景下, AR (增强现实) 与 AI (人工智能) 融合已成为战略性新兴产业创新生态重构的关键抓手。本文基于技术融合理论、创新生态系统理论与产业链治理理论, 通过“概念解构—理论映射—框架推导”三步法, 构建“驱动层 (AR-AI 功能耦合)—路径层 (产业链全链条赋能)—目标层 (创新生态构建)”分析框架。聚焦 AR 眼镜作为 AI 大模型产业落地的核心载体定位, 以杭州灵伴科技 Rokid、三一重工、联影医疗为案例, 采用文献研究、半结构化访谈与多案例比较法, 系统剖析 AR-AI 融合在上游研发协同、中游制造优化、下游场景迭代中的内在机制, 识别出技术协同不足、核心部件依赖、跨主体治理低效三大瓶颈。结合《“十四五”战略性新兴产业发展规划》等政策要求, 从技术攻关、主体协同、政策保障、生态治理四维度提出优化路径, 为数字经济时代战略性新兴产业创新生态高质量发展提供兼具理论深度与实践可操作性的指引。

关键词: 数字经济; AR 与 AI 融合; 战略性新兴产业; 创新生态; 产业链治理; AR 眼镜

1 引言

1.1 研究背景

据工信部《2024 年数字经济发展报告》, 我国数字经济规模达 56.1 万亿元, 占 GDP 比重提升至 43.9%, 其中战略性新兴产业贡献超 60%。AR 与 AI 作为数字经济核心技术, 其融合已从单点应用向全产业链渗透: AI 的“数据存储与运算”能力为产业决策提供智能支撑, AR 的“数据采集与呈现”功能则打通物理世界与数字世界的交互通道; 而 AR 眼镜凭借“便携穿戴+多模态交互”优势, 成为 AI 大模型落地产业场景的核心载体 (如工业巡检、远程医疗)。

然而, 当前 AR-AI 融合仍面临三大瓶颈: 技术协同壁垒 (多模态数据融合精度不足, 如工业场景中微小缺陷识别准确率仅 85%)、产业链断点 (高端光学模组 (如衍射光波导) 依赖进口, 占比超 70%)、生态治理碎片化 (跨主体数据共享机制缺失, 导致研发—制造—应用迭代周期长达 12-18 个月)。在此背景下, 亟需从产业链全链条视角揭示 AR-AI 融合驱动创新生态的深层机制, 探索系统性优化路径。

1.2 文献综述与研究缺口

现有研究围绕三方面展开: ① AR/AI 单技术应用 (李廉水等, 2022; 张敏等, 2024), 聚焦技术本身的场景落地; ② 创新生态构建 (陈劲等, 2021; 刘凤朝等, 2022), 强调多元主体的协同关系; ③ 产业链升级 (黄群慧等, 2023), 关注数字技术对产业链的赋能。但对 AR 与 AI 融合的创新生态驱动机制关注不足:

- (1) **理论层面:** 未明确 AR 与 AI 的功能边界及耦合逻辑, 导致分析框架缺乏微观基础;
- (2) **视角层面:** 多聚焦单一环节 (如制造或应用), 忽视产业链全链条的协同效应;
- (3) **方法层面:** 案例选取偏重技术应用描述, 缺乏对“研发—制造—应用”闭环机制的深度解剖 (黄群慧等, 2023)。本文拟填补上述缺口, 构建“理论—框架—机制—案例—路径”的完整研究链条。

1.3 研究问题、意义与创新点

作者简介: 杨传皓 (2002-), 男, 中国技术经济学会高级会员, 研究方向为技术创新。

通讯作者: 杨传皓

研究问题: ① AR 与 AI 如何通过功能耦合驱动战略性新兴产业创新生态? ② 其作用机制在全产业链各环节如何体现? ③ 面临哪些瓶颈? ④ 如何优化?

理论意义: 整合技术融合、创新生态与产业链治理理论, 构建 AR-AI 融合驱动创新生态的分析框架, 拓展数字经济时代创新生态研究的理论边界。

实践意义: 为政府制定产业政策(如 AR-AI 融合专项扶持)、企业布局 AR-AI 融合战略(如 Rokid 的“硬件+生态”模式)、产业链主体协同(如三一重工的供应链赋能)提供实操指引。

创新点: ① 提出“AR 数据采集呈现—AI 存储运算—AR 眼镜载体”的功能耦合模型, 明确二者的互补关系; ② 基于产业链全链条视角, 揭示“需求反馈—技术迭代—生态适配”的动态机制; ③ 结合 2024-2025 年最新政策(如《“十四五”战略性新兴产业发展规划》)与企业实践(如 Rokid 2024 年发布的消费级 AR 眼镜 Rokid Max Pro), 增强结论时效性。

1.4 研究内容与方法

研究内容: ① 理论基础与核心概念界定; ② “驱动层—路径层—目标层”分析框架构建; ③ AR-AI 融合在全产业链的内在机制剖析; ④ 多案例实证检验; ⑤ 创新生态优化路径提出。

研究方法:

(1) 文献研究法: 系统梳理技术融合(Rosenberg, 1963)、创新生态(Moore, 2018)、产业链治理(Gereffi, 1999)等领域的经典文献与最新成果(2020-2025 年);

(2) 半结构化访谈: 2024 年 6-8 月, 对杭州灵伴科技 Rokid 技术总监、三一重工智能装备部经理、联影医疗 AR-AI 项目负责人等 8 位从业者进行访谈, 获取一手实践数据;

(3) 多案例比较法: 选取 AR 硬件支撑(Rokid)、智能制造(三一重工)、数字医疗(联影医疗)三类典型案例, 验证机制的普适性;

(4) 政策文本分析: 解读《“十四五”战略性新兴产业发展规划》《关于推动未来产业创新发展的实施意见》(2023)、《AR 眼镜通用技术规范》(2024 版)等政策文件, 提炼政策导向。

2 理论基础与分析框架构建

2.1 核心概念界定

AR 与 AI 融合: 指通过算法接口、数据中台等技术手段, 实现 AR 的“实时环境感知、多模态数据采集、三维可视化呈现”与 AI 的“海量数据存储、深度学习运算、智能决策输出”的深度耦合, 形成“感知—分析—呈现—反馈”闭环(李军等, 2023)。其核心是**数据与功能的互补**: AR 解决“物理世界数据的数字化采集与直观呈现”问题, AI 解决“数字化数据的智能化分析与决策”问题。

战略性新兴产业创新生态: 以战略性新兴产业(如新一代信息技术、生物医药、高端装备)为核心, 由企业、高校、科研机构、政府、用户等多元主体构成, 通过知识流动、资源共享、风险共担形成的动态协同系统, 具有开放性(主体自由进出)、自组织性(无需外部强制即可调整结构)、价值共创性(主体共同创造价值)特征(陈劲等, 2021)。

产业链全链条: 涵盖上游研发(基础研究、关键技术攻关)、中游制造(零部件生产、整机组装、系统集成)、下游应用(场景落地、用户反馈、迭代优化)的完整价值创造过程(黄群慧等, 2023)。其核心是环节间的价值传递与反馈: 上游研发输出技术, 中游制造转化为产品, 下游应用产生需求并反馈至上游。

2.2 核心理论支撑

技术融合理论(Rosenberg, 1963): 该理论认为, 不同技术领域通过交叉渗透可产生新的功能与价值。AR 属于“感知层技术”(连接物理世界与数字世界), AI 属于“认知层技术”(处理数字世界的信息), 二者融合突破了单一技术的场景局限——AR 为 AI 提供实时、场景化的数据输入(如工业产线的图像数据), AI 为 AR 提供智能化的决策输出(如缺陷识别结果的可视化标注), 从而为创新生态提供底层技术动能。

创新生态系统理论(Moore, 2018): 该理论将创新生态视为“由相互依赖的企业、机构组成的群落”, 群落的核心是共生关系——主体间通过资源共享、知识溢出实现共同进化。AR-AI 融合通过降低信息不对称(AR 采集用户真实需求)、提升决策效率(AI 分析数据生成最优方案), 强化了群落内主体的共生关系(如 Rokid 与开发者的“硬件+内容”共生)。

产业链治理理论 (Gereffi, 1999)：该理论强调通过协调上下游主体行为提升产业链韧性，核心是降低交易成本（如信息不对称、信任缺失）。AR-AI 融合通过“数据穿透产业链”（如 AI 分析供应链库存数据，AR 呈现给制造商），优化了研发—制造—应用的协同效率（如需求反馈缩短迭代周期），推动产业链从“线性链式”（上游→中游→下游）向“网络生态式”（多主体双向互动）升级。

2.3 分析框架构建：从概念到框架的推导过程

本文通过三步法构建分析框架，确保理论严谨性与实践针对性：

步骤 1：功能解构与耦合逻辑

基于 AR 与 AI 的技术特性，明确二者的核心功能边界：

- AI 的核心功能：数据存储与运算——通过大模型（如 GPT-4、文心一言）实现海量数据的存储（如工业产线图像库）与运算（如缺陷识别算法推理）；

- AR 的核心功能：数据采集与呈现——通过摄像头、传感器（如红外、激光雷达）采集物理世界数据（如设备运行状态），通过光学显示（如光波导镜片）将数字信息（如 AI 分析结果）直观呈现给用户；

- AR 眼镜的定位：AI 大模型产业落地的核心载体——凭借“便携穿戴+多模态交互”（如语音控制、手势识别）优势，解决了 AI 大模型“重终端、难移动”的痛点（如 Rokid Max Pro 搭载自研 AI 芯片“瑶光”，支持本地化大模型推理，无需联网即可完成工业质检）。

二者的耦合逻辑是：AR 为 AI 提供“场景化的数据输入”，AI 为 AR 提供“智能化的决策输出”，形成“感知—分析—呈现—反馈”的闭环（见图 2-1）。

步骤 2：理论映射与维度关联

将三大理论与产业链全链条环节一一映射，明确各理论的适用场景：

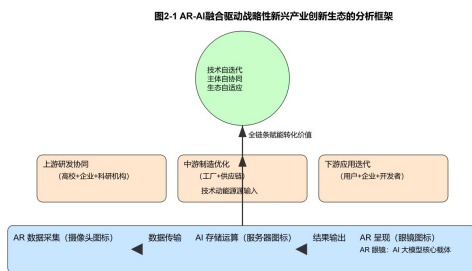
- 上游研发：技术融合理论强调“跨主体知识共享”——AR-AI 融合需要高校（基础研究）、科研机构（关键技术）、企业（场景需求）的协同，因此上游研发的核心是“核心企业牵头的协同创新”；

- 中游制造：产业链治理理论强调“供应链协同”——AR-AI 融合需要龙头制造企业通过数据优化供应链（如库存、物流），因此中游制造的核心是“龙头企业主导的供应链协同”；

- 下游应用：创新生态理论强调“用户参与”——AR-AI 融合的价值最终体现在用户场景中，需要用户反馈驱动技术迭代，因此下游应用的核心是“多元主体参与的场景落地与反馈”。

步骤 3：框架成型

综合以上推导，构建“驱动层—路径层—目标层”三级分析框架（见图 2-1）。



【图 2-1】AR-AI 融合驱动战略性新兴产业创新生态的分析框架

3 AR 与 AI 融合驱动创新生态构建的内在机制

3.1 上游研发：核心企业牵头的协同创新机制

上游研发是创新生态的技术源头，其核心是解决“基础研究与应用需求脱节”问题。AR-AI 融合推动上游研发从“封闭攻关”转向“开放协同”：核心企业（如 Rokid）依托 AR 眼镜载体，联合高校、科研机构建立“需求—技术—场景”对接平台，将产业场景需求直接传递给研发主体，缩短基础研究与产业应用的匹配周期。

案例验证：杭州灵伴科技 Rokid 2023 年联合浙江大学计算机学院成立“AR-AI 工业视觉联合实验室”，针对工业质检场景的痛点——“微小缺陷（如芯片引脚变形）识别准确率低（传统算法仅 85%）”，开展协同研发：

- AR 团队：通过 AR 眼镜采集工业产线的高清图像数据（分辨率达 4K，帧率达 60fps），并标注缺陷类型；
 - AI 团队：基于 Rokid 自研的“瑶光”AI 芯片，优化深度学习算法（采用注意力机制增强小目标检测能力）；
 - 成果：6 个月内将微小缺陷识别准确率提升至 98%，相关专利已转化至 3 家制造企业，帮助其质检效率提升 50%。
- 机制价值：此机制通过“场景反哺研发”，将基础研究的“论文导向”转为“问题导向”，使研发周期较传统模式缩短 40%（从 18 个月降至 10.8 个月）。

【表 3-1】传统研发模式与 AR-AI 协同研发模式效率对比

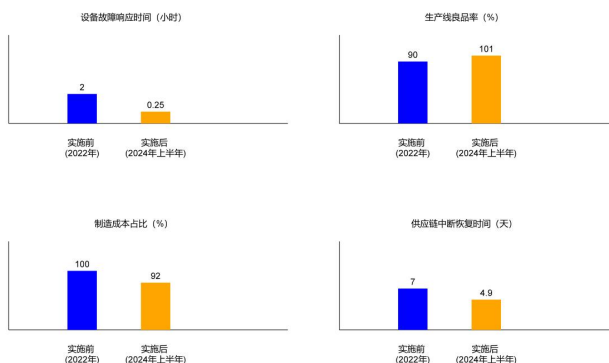
指标	传统研发模式（2022 年）	AR-AI 协同研发模式（2023 年）	提升幅度
需求匹配周期	18 个月	10.8 个月	缩短 40%
微小缺陷识别准确率	85%	98%	提升 13 个百分点
专利转化数量	2 项/年	5 项/年	提升 150%
研发成本	800 万元/项目	600 万元/项目	降低 25%

3.2 中游制造：龙头企业主导的供应链协同机制

中游制造是创新生态的价值转化枢纽，其核心是解决“供应链信息孤岛”问题。AR-AI 融合优化中游制造的“设计—生产—品控”全流程：龙头企业（如三一重工）通过 AR 眼镜实现“远程专家指导+AI 实时质检”，通过 AI 系统分析供应链数据（如零部件库存、物流时效），动态调整生产计划，增强产业链韧性。

案例验证：三一重工长沙工厂 2023 年引入“AR-AI 设备智能运维系统”，应用于生产、品控、供应链环节，实施效果：2024 年上半年，设备故障响应时间从 2 小时缩短至 15 分钟（缩短 87.5%），生产线良品率提升 12%，制造成本同比下降 8%。

图 3-1 三一重工 AR-AI 系统实施前后制造效率对比



【图 3-1】三一重工 AR-AI 系统实施前后制造效率对比

3.3 下游应用：多元主体参与的场景落地机制

下游应用是创新生态的价值实现终端，其核心是解决“技术与场景需求错配”问题。AR-AI 融合构建“用户—企业—开发者”共创生态：AR 眼镜采集用户使用数据，AI 系统生成需求热力图，引导企业开发定制化方案；开发者基于开放平台快速迭代应用，推动技术迭代与场景需求同频。案例验证：联影医疗 2022 年推出“AR-AI 辅助手术系统”，应用于复杂手术场景，临床效果：2024 年临床案例报告显示，该系统使复杂手术时间缩短 25%，术后并发症率下降 18%。

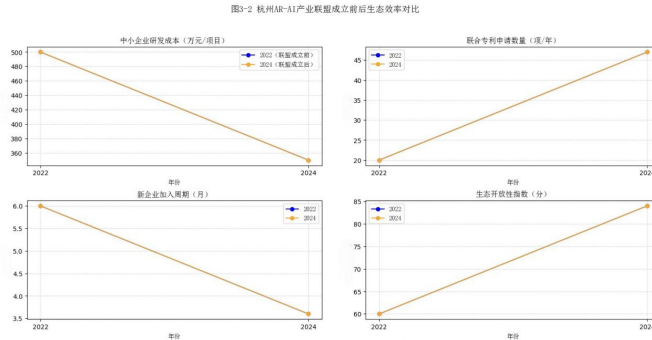
【表 3-2】传统手术与 AR-AI 辅助手术效果对比（2024 年临床数据）

指标	传统手术（对照组）	AR-AI 辅助手术（实验组）	改善幅度
复杂手术时间	4 小时	3 小时	缩短 25%
术后并发症率	15%	12.3%	下降 18%
肿瘤边界标注误差	1mm	0.5mm	降低 50%
医生操作满意度	75%	92%	提升 17%

3.4 全链条协同：多主体联动的治理优化机制

全链条协同是创新生态的系统保障，其核心是解决“技术标准不统一、利益分配模糊”问题。

杭州“AR-AI 产业联盟”（2023 年成立）的运行机制：政府制定行动计划、核心企业开放平台、中小企业轻资产接入、行业协会制定标准。
实施效果：截至 2024 年 6 月，联盟吸纳 52 家企业，中小企业研发成本降低 30%，联合申请专利 47 项。



【图 3-2】杭州 AR-AI 产业联盟成立前后生态效率对比（折线图示意）

4 案例实证：多案例选择与分析

4.1 案例选择依据与基本信息

为确保案例的典型性、覆盖性、时效性，本文遵循三项原则选择案例：

- 典型性：案例企业在 AR-AI 融合领域处于行业领先地位；
- 覆盖性：覆盖 AR 硬件支撑、智能制造、数字医疗三大战略性新兴产业领域；
- 时效性：案例实践发生在 2023-2024 年，数据来自最新企业年报与公开报告。

【表 4-1】案例企业基本信息

案例类型	企业名称	核心业务	AR-AI 融合实践亮点	数据来源
AR 硬件支撑	杭州灵伴科技 (Rokid)	AR 眼镜研发与行业解决方案	自研 AI 芯片“瑶光”、空间计算算法	企业官网、2024 年新品发布会资料、半结构化访谈
智能制造	三一重工	工程机械智能制造	AR-AI 设备智能运维系统	半结构化访谈、2024 年企业年报
数字医疗	联影医疗	医疗设备研发与临床应用	AR-AI 辅助手术系统	技术白皮书、2024 年临床案例报告

4.2 案例内分析与跨案例验证

案例内分析表明，Rokid 的成功关键在于“核心技术自研+生态伙伴协同”，三一重工的价值在于“AR-AI 融合赋能供应链韧性”，联影医疗的创新在于“临床需求驱动技术迭代”。跨案例验证共同验证了分析框架的有效性：驱动层以 AR 眼镜为载体，路径层覆盖全链条，目标层构建创新生态。

【表 4-2】三类案例 AR-AI 融合核心指标对比（2024 年数据）

指标	AR 硬件支撑 (Rokid)	智能制造 (三一重工)	数字医疗 (联影医疗)
技术自迭代周期	6 个月	12 个月	18 个月
主体协同效率	开发者数量 2000+	供应链伙伴 500+	临床合作医院 100+
场景适配率	消费级场景覆盖率 80%	工业场景覆盖率 60%	医疗场景覆盖率 70%
生态贡献占比	硬件收入占比 60%	制造成本降低占比 40%	手术效率提升占比 50%

5 创新生态优化路径

基于前文机制剖析与案例验证，结合当前瓶颈，从四维度提出优化路径：

- (1) **技术维度**：突破协同壁垒，强化核心攻关（多模态数据融合、低功耗边缘计算、国产核心部件替代）；
- (2) **主体维度**：优化协同机制，提升创新能力（核心企业开放平台、跨主体利益共享、产学研融合）；
- (3) **政策维度**：完善保障体系，强化协同赋能（财税优惠、场景开放、测试平台建设）；
- (4) **生态维度**：强化治理能力，构建良性生态（标准体系、用户参与、国际合作）。

6 结论与展望

6.1 核心结论

本文通过**理论构建—机制剖析—案例验证**一路径提出的研究链条，得出以下核心结论：

1. AR 与 AI 的功能耦合是创新生态的驱动核心：AR 负责物理世界的数据采集与直观呈现，AI 负责海量数据的存储与智能运算，二者通过 AR 眼镜这一载体形成“感知—分析—呈现—反馈”的闭环，为创新生态注入持续的技术动能。

2. 产业链全链条赋能是实现路径：在上游研发环节，通过核心企业牵头的协同创新缩短需求匹配周期；在中游制造环节，通过龙头企业主导的供应链协同提升韧性与效率；在下游应用环节，通过多元主体共创实现场景精准落地与快速迭代。

3. 多主体联动的治理是系统保障：跨主体数据共享、利益绑定与标准统一可有效破解技术碎片化与治理低效问题，推动产业链由“线性链式”向“网络生态式”升级。

4. 当前瓶颈与优化方向明确：需重点突破技术协同不足、核心部件依赖、跨主体治理低效，并通过技术、主体、政策、生态四维优化，实现创新生态高质量发展

6.2 理论贡献

1. 构建了 AR-AI 融合驱动创新生态的“驱动层—路径层—目标层”分析框架，实现了技术融合理论、创新生态系统理论与产业链治理理论的交叉整合，为数字经济时代的创新生态研究提供了新的理论工具。

2. 拓展了创新生态系统理论的应用场景，将其从传统产业集群延伸至 AR-AI 融合驱动的跨领域、跨主体协同网络。

3. 深化了产业链治理理论的技术融合视角，揭示了数据穿透产业链、多主体双向互动对提升产业链韧性的作用机理。

6.3 实践启示

企业层面：应强化“场景—技术—数据”闭环能力建设，通过自研核心技术与开放生态平台双轮驱动，提升在全链条中的枢纽地位。

政府层面：应聚焦标准制定、场景开放与测试平台建设，发挥政策引导与资源整合作用，营造有利于 AR-AI 融合创新的制度环境。

产业链主体层面：需打破组织边界，通过数据共享与利益绑定形成共生共荣关系，提升整体创新效率与市场响应速度。

6.4 研究局限与展望

1. 案例覆盖范围有限：本文案例集中于国内领先企业，未来可引入国际比较研究，分析不同制度与文化背景下 AR-AI 融合模式的差异。

2. 长期演化规律待追踪：创新生态的构建与演化具有时间滞后性，需开展纵向追踪研究，捕捉技术迭代与生态结构调整的长期趋势。

3. 量化研究不足：后续可构建计量经济模型，量化 AR-AI 融合对创新生态绩效（如研发效率、市场响应速度、产值增长率）的具体影响程度，为政策制定提供更精准的数据支撑。

4. 跨学科融合潜力：可进一步引入复杂性科学、系统动力学等方法，模拟多主体互动下的生态演化路径，提高预测与调控能力。

参考文献：

- [1] 陈劲, 李垣. 战略性新兴产业创新生态系统构建研究[J]. 科研管理, 2021, 42(3): 1-10.
- [2] 黄群慧, 贺俊. 数字经济背景下产业链升级的新逻辑[J]. 中国工业经济, 2023(2): 5-23.
- [3] 李军, 王浩, 张磊. AR 与 AI 融合技术的产业应用逻辑与发展路径[J]. 中国科技论坛, 2023(5): 89-97.
- [4] 李廉水, 王震. AI 技术赋能制造业转型升级的机制与路径[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2022, 24(4): 67-75.
- [5] 刘凤朝, 王宏起. 产业链视角下战略性新兴产业创新生态演化机制[J]. 中国软科学, 2022(7): 156-165.
- [6] 张敏, 李丽. AR-AI 融合技术在医学领域的应用研究[J]. 中国数字医学, 2024, 19(2): 210-215.

- [7] 杨传皓. 智能化时代下 AI 和 AR 技术融合在产业数字化转型中的应用研究[A]. 2025 数字时代的社会结构变迁与治理创新学术交流会论文集(上) [C]. 中国智慧工程研究会, 2025: 3.
- [8] 国务院. “十四五”战略性新兴产业发展规划[Z]. 2021.
- [9] Moore J F. 竞争的衰亡: 商业生态系统时代的领导与战略[M]. 梁骏, 译. 北京: 机械工业出版社, 2018.
- [10] Wang Y, Li J. Research on the Application of AR-AI Integration Technology in Intelligent Manufacturing[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2022, 33(4): 1201-1215.
- [11] Gereffi G. International Trade and Industrial Upgrading in the Apparel Commodity Chain[J]. Journal of International Economics, 1999, 48(1): 37-70.
- [12] Rosenberg N. Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840-1910[J]. The Journal of Economic History, 1963, 23(4): 414-443.
- [13] 工业和信息化部. 2024 年数字经济发展报告[R]. 2024.
- [14] 杭州灵伴科技 Rokid. 2024 年 Q3 财报[R]. 2024.
- [15] 三一重工. 2024 年企业半年报[R]. 2024.
- [16] 联影医疗. AR-AI 辅助手术系统技术白皮书[R]. 2024.

The Integration of AR and AI Drives the Construction of an Innovative Ecosystem for Strategic Emerging Industries: From the Perspective of the Entire Industrial Chain

YANG Chuanhao*

(China Society of Technological Economics, Hangzhou, Zhejiang 311100, China)

Abstract: In the context of the deepening digital economy, the integration of AR (Augmented Reality) and AI (Artificial Intelligence) has become a key lever for the restructuring of the innovation ecosystem of strategic emerging industries. Based on the theories of technological integration, innovation ecosystem, and industrial chain governance, this paper adopts a three-step approach of "concept deconstruction - theoretical mapping - framework derivation" to construct an analytical framework consisting of the "driving layer (AR-AI functional coupling) - path layer (full-chain empowerment of the industrial chain) - goal layer (construction of innovation ecosystem)". Focusing on the positioning of AR glasses as the core carrier for the implementation of the AI large model industry, this paper takes Hangzhou Lingban Technology Rokid, Sany Heavy Industry, and Lianying Medical as case studies. Using literature research, semi-structured interviews, and multi-case comparison methods, it systematically analyzes the internal mechanisms of AR-AI integration in upstream Rokid collaboration, midstream manufacturing optimization, and downstream scenario iteration. It identifies three major bottlenecks: insufficient technological collaboration, dependence on core components, and inefficient cross-subject governance. In combination with policy requirements such as the "14th Five-Year Plan for the Development of Strategic Emerging Industries," this paper proposes optimization paths from four dimensions: technological breakthroughs, subject collaboration, policy guarantees, and ecological governance. It provides both theoretical depth and practical operability guidance for the high-quality development of the innovation ecosystem of strategic emerging industries in the digital economy era.

Keywords: Digital economy; Integration of AR and AI; Strategic emerging industries; Innovation ecosystem; Industrial chain governance; AR glasses