

超越路径预判： 颠覆性技术与未来产业的政策适配研究

彭晓艺¹, 魏钰明^{1,2}, 苏 竣^{1,2,3}

(1. 清华大学智能社会治理研究院, 北京 100084;

2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084;

3. 清华大学科教政策研究中心, 北京 100084)

摘要:当前,颠覆性技术突破与未来产业培育被广泛视为提升新质生产力发展质效的重要依托,但其内在演化规律与现有政策逻辑之间的适配关系尚缺乏系统性理论阐释。本文通过解构颠覆性技术的内在属性与未来产业的形成动因、发展规律,提炼出二者耦合过程中的五个结构性维度:不确定性、复杂性、能力依赖性、社会嵌入性与时序性,并以此为基础构建一个政策适配性分析框架,考察当前支持体系所隐含的认知前提与预设。研究发现,现行政策实践普遍基于技术路径可被前置识别、发展目标可按固定周期推进的假设,而这一逻辑难以适配颠覆性技术与未来产业发展的涌现性、条件依赖性与非匀速演化特征。由此表明,为提升相关政策效果,需将着眼点从遴选潜力对象转向营造支撑创新涌现的环境。

关键词:颠覆性技术;未来产业;科技政策;产业政策;适配性研究

中图分类号:T-012

文献标识码:A

文章编号:1005-0566(2026)06-0059-12

Beyond path prediction: Toward policy adaptability for disruptive technologies and future industries

PENG Xiaoyi¹, WEI Yuming^{1,2}, SU Jun^{1,2,3}

(1. Institute for Intelligent Society Governance, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

3. Center for Science, Technology & Education Policy, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Disruptive technological breakthroughs and the cultivation of future industries are widely seen as essential drivers for advancing the quality and efficiency of new quality productive forces. However, scholarly understanding of how the intrinsic evolutionary dynamics of these innovations align or fail to align with dominant policy logics remains limited. This paper unpacks the core attributes of disruptive technologies and the formative mechanisms and developmental pathways of future industries, identifying five structural dimensions that shape their co-evolution: uncertainty, complexity, capability dependence, social embeddedness, and temporality. Building on this framework, we propose a policy adaptability lens to examine the implicit assumptions underlying current support strategies. The analysis reveals that existing policies largely assume technological trajectories can be anticipated in advance and that development

基金项目:国家自然科学基金面上项目“智能社会复杂性视角下公众认知形塑的政策设计、助推机制与优化路径研究”(72574121);中国科协青年人才托举工程项目(YESS20240806)。

作者简介:彭晓艺(1991—),女,河南灵宝人,清华大学智能社会治理研究院博士后,研究方向为科技创新政策与智能社会治理。通信作者:魏钰明。

goals can be achieved through fixed cycle planning an approach fundamentally mismatched with the emergent context sensitive and non-uniform nature of disruptive innovation and future industry formation. The findings suggest that improving policy effectiveness requires shifting focus from selecting promising technologies to cultivating institutional environments that enable innovation to emerge organically.

Key words: disruptive technology; future industries; science and technology policy; industrial policy; adaptability research

当前,颠覆性技术突破与未来产业培育已上升为全球主要经济体的核心战略议程,其意义远超一般科技政策,关乎国家竞争力、产业链安全与发展范式的系统性重塑。面对这一趋势,习近平总书记在主持政治局集体学习时明确强调:“培育发展未来产业,对于抢占科技和产业制高点、把握发展主动权,对于发展新质生产力、建设现代化产业体系,对于提高人民生活品质、促进人的全面发展和社会全面进步,都具有重要意义。”这一战略判断既源于大国战略竞争加剧与传统增长模式边际效益递减的双重压力,也源于社会对技术应对气候、健康、老龄化等复杂治理挑战的深切期待。围绕这一方向,中央经济工作会议要求“以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能”。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》(以下简称《“十五五”规划建议》)进一步提出“前瞻布局未来产业,探索多元技术路线、典型应用场景与可行商业模式”。近年来,国家在前沿科技领域的投入持续加大,科研产出规模位居世界前列,但真正形成规模化产业能力的颠覆性成果仍相对有限。

既有研究对此提供了部分解释,但仍存在明显局限。部分文献延续 Christensen 的理论传统,聚焦企业层面的价值网络更替机制,强调颠覆性技术需依托新商业模式与用户场景方能实现对主流市场的替代^[1]。此类研究虽揭示了技术颠覆的条件性特征,但分析单元局限于微观竞争主体,难以延伸至国家创新系统层面,无法回答宏观制度如何塑造颠覆性生态的生成环境。大量研究致力于颠覆性技术的早期识别,从德尔菲调查等专家研判到基于专利、论文及多源数据的量化模型^[2-7],方法不断演进,却预设技术潜力可在事前被客观度量与排序,忽视颠覆效应本质上是回溯建构的,早期往往表现为边缘性与路径模糊。还

有文献则直接将颠覆性技术预设为未来产业的核心驱动力之一^[8-12],建议政策重视技术遴选与资源倾斜。此类观点隐含技术决定论倾向,忽略了未来产业实为技术、制度、市场与能力等多重要素协同演化的涌现结果,其形成高度依赖适配性的制度环境而非单一技术突破。上述三类研究视角共同强化了一种政策认知惯性:未来产业的发展路径可通过对颠覆性技术的事前识别与集中投入加以规划和控制。

当前政策实践的深层瓶颈恰根植于上述线性创新观。这种观念将颠覆性技术与未来产业的耦合过程简化为识别潜力技术、集中资源培育、形成新兴产业的可控链条,本质上是将复杂、非线性、社会嵌入的创新涌现机制,误读为可分解、可调度的工程任务。事实上,颠覆性技术在早期往往缺乏明确应用场景,其价值需通过商业模式、制度适配与用户接受等多重条件共同激活;未来产业亦非技术单点突破的自然结果,而是技术、市场、规则与能力等要素在特定历史条件下协同演化的产物。当政策设计基于可预判、可控制的认知前提,便倾向于筛选确定性高的路径,压缩不确定性高的探索空间,最终陷入重视颠覆性却强化确定性的悖论。

鉴于此,本文旨在系统解构颠覆性技术与未来产业的本体特征,并据此构建一个政策适配性分析框架,用以诊断政策逻辑与创新客观规律之间的契合程度。具体而言,首先厘清二者的本质特征与深层关联,并解构耦合过程中的 5 个结构性特征,即不确定性、复杂性、能力依赖性、社会嵌入性与时序性,继而据此构建分析透镜,梳理我国当前政策实践中面临的结构性挑战,最后提出从技术本位向环境本位转型的治理路径,以期为构建更具韧性与包容性的颠覆性技术与未来产业治理体系提供学理支撑。

一、颠覆性技术的识别困境与回溯性建构本质

(一) 颠覆性技术研究的理论视角

“颠覆性技术”是一种分析性概念,用以指代能够对既有经济、组织与制度结构等产生重大、深刻影响的技术。颠覆性技术的内涵随理论传统而异。技术演化研究关注技术轨迹的断裂、转折,以及新路径对原有路径的冲击,竞争与战略研究强调新技术通过非主流市场切入并重塑价值组织,从而改变产业主导格局。创新研究则更侧重公共目标与治理问题,将颠覆性技术置于更广泛的社会制度背景,考察其对政策与社会运行的潜在影响。分析层次与理论焦点的差异,使相关研究分别侧重于解释颠覆性技术这一研究对象的不同侧面。当前关于颠覆性技术的研究呈现出三种主导视角。

第一种是技术演化视角,关注技术路径的转折以及由此导致的路径偏转,强调技术变迁对既有发展轨迹的深刻冲击。该视角植根于熊彼特关于非连续创新的思想^[13],并借助演化经济学中的路径依赖^[14]以及技术不连续性研究的实证分析^[15]形成了对技术轨迹转向的解释。Dosi^[16]指出,技术轨迹受制于既定的技术范式,新范式的出现将导致原有轨迹难以为继,进而引发技术体系的根本性转变。尽管这一视角有助于识别技术演进中的结构性断裂点,并为后续研究者构建颠覆性技术识别指标提供了理论依据,但由于其未涵盖市场、产业或制度等影响维度,难以支撑对技术在影响层面是否具有颠覆性的判定。

第二种是市场与组织竞争视角,强调新技术通过进入低端或新市场积累能力,并在价值网络中重组资源配置,从而影响产业主导结构。该视角以领先企业的资源分配逻辑与绩效评价取向为关键解释机制,指出领先企业在理性服务主流高利润客户时,往往系统性地低估早期性能不足但成本更低且使用更便捷的技术方案,由此反而为新进入者提供了切入机会^[17-18]。新进入者则通过持续迭代,在边缘积累能力,通过降低成本与提升关键性能逐步扩大应用范围,最终当其技术性

能得到主流用户认可并获得必要渠道与互补资产支持时,才可能进入主流市场并改变既有价值网络结构^[19-20]。这一解释将颠覆理解为市场选择与组织响应耦合下的竞争过程,并通过与维持性创新的区分明确其分析边界^[18-20],但相关研究对制度环境与社会影响的讨论相对有限。

第三种是多维价值建构视角,将颠覆性技术置于国家战略目标与制度安排之中加以界定^[21-22],强调其可能通过重塑产业结构、公共利益与治理方式,对制度、生态与国家发展产生系统性综合影响^[23-24]。这一视角在“颠覆性技术”进入国家科技战略与政策话语体系后,因实践需要而逐步形成。在科技规划与产业政策中,该概念常被扩展至涵盖能够“重构产业格局”或“创造新产业”、具有重大战略意义与广泛正外部性的技术方向^[25-27]。相关综述与批判性研究则指出概念边界容易外溢并引发混用^[28-29],从而弱化原初理论对市场动态与组织响应机制的强调^[30]。具体而言,即便技术具有高度战略性与前沿性,若缺乏可扩散的应用场景与可复制的商业模式,且组织层面缺少相应的吸收与调整机制,仍难以触发市场层面的替代性竞争结果^[31]。从机制约束的角度看,互补资产与收益获取结构决定了技术优势能否转化为商业扩散与产业重组^[32],而创新生态的适配性又会对进入路径与扩散速度形成系统性限制^[33]。因此,依据该视角强化颠覆性技术的社会使命维度的同时,有必要将概念适用范围重新锚定在可检验的进入条件与竞争后果链条之上,避免将战略重要性直接等同于颠覆性。

(二) 颠覆性技术的内在属性与识别困境

上述三重视角的分歧,本质上源于对颠覆性技术核心属性的不同侧重:技术演化视角关注其过程属性,强调技术生成中的非线性与不确定性;市场与组织竞争视角聚焦其结构属性,关注颠覆性技术如何通过边缘切入重构既有价值网络;而多维价值建构视角则突出其价值属性,着眼于技术对社会制度、生态及国家发展的综合影响。这些属性维度决定了各类识别方法的设计逻辑与适用边界,如图1所示。

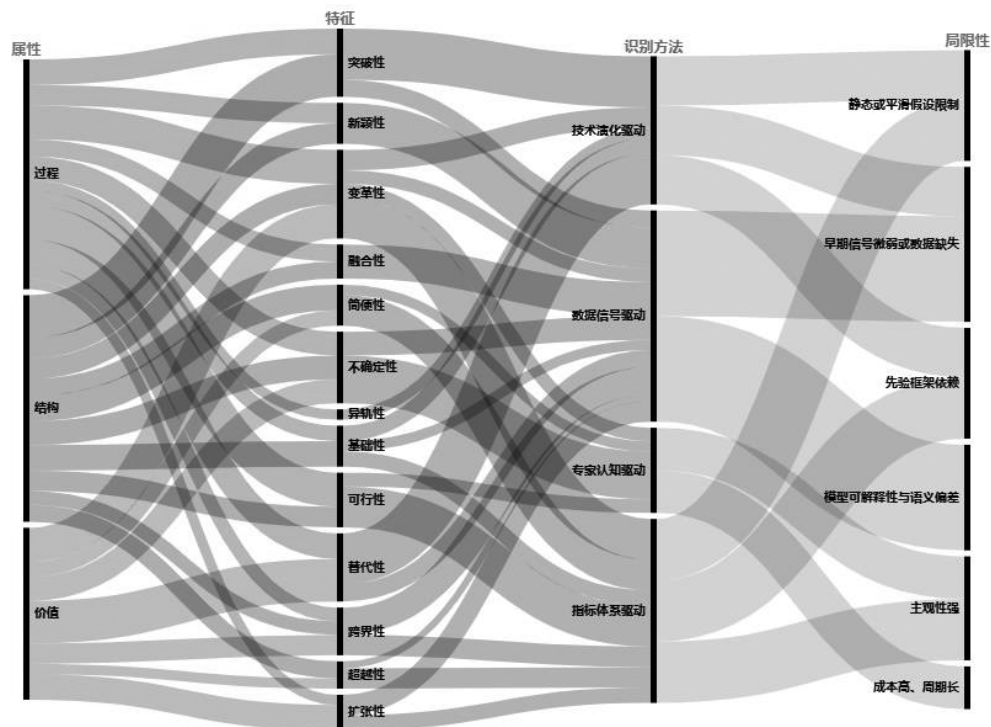


图1 颠覆性技术属性、特征、识别方法及其局限性映射关系示意

过程属性体现为颠覆性技术生成机制的高度非线性与不可规划性,往往源于创新系统中知识、组件与应用场景的随机耦合,呈现出典型的“涌现”特征^[34-35],难以被既有技术路线图所涵盖。为应对这一挑战,研究者多依赖专家研判^[23]或复杂系统模拟^[36]来捕捉潜在信号。然而,此类方法本质上与过程属性相悖。专家判断易受主流认知框架束缚,实证显示行业专家认为需要优先发展的技术领域中近 50% 并未出现显著发展^[35];量化模型则可能在缺乏先例的颠覆情境中因参数失准而失效^[4]。换言之,试图预测一个本质上拒斥预测的过程,注定陷入高风险试错。

结构属性则聚焦于颠覆性技术与既有技术、市场体系的互动关系,典型表现为从边缘市场切入、初期性能劣势下的价值错配,以及对价值网络的系统性重构^[18-20]。基于这一逻辑,专利前向引用^[3-4]、CD 指数^[2,37-38]及市场扩散曲线^[4]等量化工具被广泛应用。尽管如此,此类方法的有效性仍受限于信号的显著滞后,即当高引用或快速渗透显现时,技术通常已进入主流阶段,政策干预的最佳窗口已然关闭;加之专利数据难以覆盖开源创新,且跨领域引用习惯差异削弱了指标的可比

性,使得可观测性并不等同于早期可识别性。

价值属性强调颠覆性技术应具备超越技术性能的战略意义与广泛正外部性,体现为对既有技术体系的替代能力以及对社会生产方式的深远影响^[23,39]。识别实践侧重多维评估^[40],综合考量其国家战略契合度、产业引领力与长期社会影响。然而,该类判断高度依赖主观价值标准,易与前沿技术或政策热点混淆;且其战略价值通常需在技术扩散后方能显现,导致评估严重滞后^[22,40]。因此,尽管价值属性识别具有重要政策导向意义,但其主观性强、可量化程度低、早期信号微弱,难以支撑有效的事前预警。

现有识别方法虽分别从过程、结构与价值属性切入,试图捕捉颠覆性技术的早期特征,但其共性局限根源于颠覆性技术概念本身的回溯性建构属性,即颠覆性并非技术固有的先验属性,而是基于历史结果的事后建构。唯有当某项技术实际引发市场格局重构或产业生态更替后,其颠覆性才被确认。在此意义上,早期阶段的技术无论在性能、扩散路径或战略价值上均无法提供稳定判据。正因如此,颠覆性无法被先验定义或稳定观测,任何试图在早期对其准确识别的努力,都不可避免

地面临概念模糊与实证误判的风险。

二、颠覆性技术与未来产业的深层关联

正如其事后建构本质所决定的,颠覆性技术的重要表征之一就是对传统产业乃至传统产业结构的深刻影响。在此背景下,未来产业作为一个聚焦高不确定性新兴经济领域的概念,逐渐成为理解此类结构性变革潜在落脚点的重要分析单元。学界尚未就未来产业的定义达成共识,核心分歧在于它究竟是尚未显现产业形态、主要依托科学预见与技术潜力的前瞻性方向,还是已在技术或市场层面初现端倪的战略性新兴产业。部分研究强调其前瞻性与高度不确定性^[11,41],认为未来产业指向当前尚未形成稳定产品形态、商业模式或完整产业链的技术方向^[10,42],如通用人工智能、可控核聚变或脑机接口,其存在主要依赖未来科学突破的潜在可能性。另有研究则主张未来产业应具备可观察的早期信号,如原型技术、初创企业集群、初步应用场景乃至政策载体,因而可视为战略性新兴产业的前置阶段^[43-45]。政策语境中的未来产业则进一步收窄了指代范围,特指在科学前沿已取得关键突破且有望通过制度引导与生态培育成长为新增长极的萌芽领域。由此,本文认为较为审慎的理解是,未来产业是指那些技术路线尚未收敛、市场范式尚未确立,但已显现出系统性变革潜力的战略前瞻型新兴经济形态。

(一)未来产业的基础要素与发展规律

具体而言,未来产业的本质体现为现实实体基础与围绕其形成的产业化预期之间的结合。前者使其区别于纯粹想象,后者使其区别于成熟产业。现实实体基础既可能由单一类型构成,也可能由多类基础叠加而成,在经验形态上大体可以归纳为前沿技术类、基础设施类、场景载体类和问题需求类。前沿技术类主要包括量子信息、合成生物学、先进材料、未来能源等领域,这些领域通常具有技术路线多元、知识来源交叉和产业边界开放等特征^[8,46]。基础设施类主要包括算力网络、数据平台、能源系统和开放测试环境,它们为未来产业提供底层能力、资源接口和试验条件^[9,31]。场景载体类主要包括先导区、试点项目、示范应用和开放

测试场景,它们使前沿技术能够进入具体使用环境,并形成可观察、可反馈、可调整的应用单元^[31]。问题需求类主要包括未来生活方式变革、重大社会挑战应对和文明演进需求,它们为未来产业提供群体愿景、价值依据和社会正当性^[9,11,43,45]。现实实体基础越复杂,未来产业越容易呈现跨技术、跨场景、跨市场的复合特征。

未来产业的发展本质上体现为各类主体在产业化预期牵引下,围绕现实实体基础组织资源、验证潜能、形成并扩展有效组合。在这一过程中,政策部门、企业、投资机构和科研机构从现实实体基础中识别产业化潜能,并依据各自判断配置资源,推动多条技术路线、多类场景载体和多种组织方式等并行探索。量子计算、氢能等主导方案尚未稳定的领域即体现了这一特征^[44-46]。真实场景和试点示范通过小规模试验与快速反馈,检验技术可行性、需求强度、商业模式和协作规则^[31]。当技术路线、应用场景、组织方式和制度规则形成有效组合时,未来产业便会出现较稳定的价值闭环和扩展方向^[31]。随着网络效应、标准兼容、学习积累和制度配套持续强化,优势方案逐步获得累积性扩增,并稳定为新的价值链结构和产业范式^[31,45]。

(二)颠覆性技术与未来产业的条件性耦合

在未来产业相关研究中,颠覆性技术通常被视为重要触发因素和核心现实基础^[8-10],但单项颠覆性技术突破并不构成未来产业形成的必要条件。诸多具有前瞻性的产业领域,源于技术集群、制度安排、市场机制和社会行为变迁的共同作用。例如,平台经济依赖移动通信、位置服务、支付系统、推荐算法等渐进式创新的持续集成,也嵌入零工劳动制度、数据治理规则 and 用户习惯变化之中。绿色金融则主要依托碳核算标准、信息披露机制、政策激励和市场规则等制度化条件。由此可见,未来产业能够在缺乏标志性颠覆性技术突破的情形下,通过多元现实实体基础的组合与重构逐步显现。

颠覆性技术同样不构成未来产业形成的充分条件。具有根本变革潜力的技术,仍需嵌入应用场景、价值链分工、用户生态和制度支持体系,才

能转化为相对稳定的产业形态。晶体管重构了电子工业的技术基础,其影响主要通过半导体、计算机和通信设备制造等领域释放,并未简单对应边界清晰的独立产业门类。开源软件模式改变了软件开发与分发逻辑,其价值更多体现为对信息产业的生态的重塑和赋能。这意味着,技术能否发展为未来产业,取决于其能否与市场需求、组织体系、基础设施和制度规则形成相互支撑的复合条件。

简言之,颠覆性技术与未来产业之间是条件性耦合关系,技术突破仅是未来产业的重要现实基础之一。未来产业的形成,取决于现实实体经济在产业化预期牵引下,能否与场景需求、价值链结构、用户生态和制度规则形成可持续扩展的有效组合。

三、基于颠覆性技术与未来产业本质特征的适配性分析框架

既有研究多基于技术与产业强相关的预设,

在探寻技术涌现的前置条件或产业培育要素方面已趋于成熟。例如,TOE(技术—组织—环境)框架总结了传统产业培育所需的要素,并被后续研究改进为适用于未来产业的 TOC(技术—组织—场景)框架^[31,47],也有研究已经尝试探寻未来产业创新网络中颠覆性技术涌现的规律^[26]。相较于既有框架,本文尝试兼顾颠覆性技术与未来产业的相对独立性与协同演化关系,进一步聚焦二者对治理体系的共通性需求,并由此梳理出有效治理需回应的五个相互交织的结构性特征:技术与市场的高度不确定性、技术递归与多主体参与的系统复杂性、对主体创新能力与组织能力的深度依赖、技术方案与社会价值观的紧密关联,以及探索、反馈与收敛过程的非线性时序特征。这些特征维度共同构成了科技与产业治理所必须适应的核心约束。基于此,本节旨在构建一个基于上述维度的适配性分析框架,用以揭示政策逻辑与创新规律之间的结构性匹配关系,如表 1 所示。

表 1 颠覆性技术与未来产业耦合发展的五维适配逻辑与偏离风险

维度特征	核心机制	政策适配维度	制度设计原则与可操作抓手	偏离风险与可观测信号
不确定性	早期多路径并行且评价指标未定,信息稀缺与反馈噪声导致事前筛选误差上升	演进方向的包容性	不预设成功标准 允许小规模试验 设置阶段性门槛 建立退出规则 根据证据调整资源	过早锁定技术路线 边缘路径被挤出 项目迎合指标 政策频繁变动 资金集中度过高 容错与退出成本极高
复杂性	跨学科重组与生态协同高度依赖,接口摩擦与协调失败会放大系统性失配	创新生态的结构复杂性	减少接口摩擦 推动跨界合作 建设协同平台 强化标准接口 资助协作项目	赛道固化 跨领域资源难流动 合作网络断裂 重复建设 协作成本上升
能力依赖性	从原型到量产受互补资产与工程化能力硬约束,缺乏会使技术转化陷入死亡之谷并引发规模化失败	转化承接的条件约束性	投入共性平台与中试体系 完善测试验证设施 强化工序体系 促进产学研用协同 完善工程人才培养机制	有技术无工艺 有原型无量产 中试平台不足 工艺良率低 关键设备材料短板
价值嵌入性	合法性与信任是扩散的内生条件,社会争议与责任不清会触发监管收紧并改变扩散节奏	社会价值的制度相容性	完善技术影响预评估机制 参与式设计 建立责任框架 透明披露与纠错	监管骤紧 试点叫停 舆情反噬 责任争议 合规成本上升
时序特征	非线性节奏与窗口期约束资源配置,标准竞争与基础设施部署存在不可替代的时点敏感性	演化过程的节奏适配性	滚动规划与弹性预算 阶段性评估与再配置 前置布局标准与基础设施 萌芽期重基础研究 突破期重中试验证 扩散初期重示范应用	政策周期错配 错失标准制定窗口 基础设施滞后 考核刚性诱发短期冲刺 投入充足但成效滞后

(一) 演进方向的包容性

演进方向的包容性,主要回应“政策体系能否容纳技术与产业多轨迹并行发展”这一问题。颠覆性技术早期常处于路径并行、主导设计未收敛和评价维度不稳定的状态,既有性能标准难以可靠预判其演化方向^[18]。产业侧同时面临需求边界不清、商业模式待定和社会接受度未明等约束,进一步放大资源配置误差。此类不确定性源于技术不连续性引发的环境动荡和竞争条件重组,成功路径往往需要在持续试错与学习中逐步显现^[15,18]。政策若过度依赖短期指标、重点清单和快速产业化要求,容易强化顺应主流需求的资源配置逻辑,挤压早期性能不足却可能沿替代性路径累积优势的技术方案^[1]。因而,制度设计的关键在于容纳信息稀缺与反馈噪声,保留多元探索空间,降低过早锁定概率,使治理节奏更契合技术与产业协同演化的实际进程^[17]。

(二) 创新生态的结构复杂性

创新生态的结构复杂性,旨在回应“政策体系能否协调多元主体与异质资源以实现协同运作”这一核心难题。颠覆性技术的价值实现高度依赖跨学科知识整合、多层级技术组合与互补性资源配置,产业化成败取决于协同网络能否持续形成有效连接^[32]。复杂技术常由既有技术模块递归重组而成^[48],并在多主体互动中持续演化。生物技术学习网络表明,企业、科研机构等主体通过网络获取分散知识,并在持续互动中形成学习能力^[49]。高影响力技术突破往往源于非常规知识重组,这类重组更容易发生于跨领域组合和边缘探索之中,单纯增加局部资源投入难以形成系统性突破^[50-51]。创新系统理论也表明,创新绩效取决于知识基础、行为主体与制度安排之间的协同互动^[52]。因此,政策体系的有效性取决于能否促进主体连接、资源互补和协同机制优化,并支撑多元主体围绕异质知识与互补资产开展高效互动。

(三) 转化承接的条件约束性

转化承接的条件约束性,重点考察“政策体系能否提供将技术潜力转化为产业实力的基础支撑

条件”。颠覆性技术从实验室原型迈向规模化应用时,往往遭遇死亡之谷,关键在于构建连接基础研究的可复制生产能力的中间能力体系。试验与中试平台、专用工艺、质量控制、测试验证、合规评估和工程人才供给,共同构成创新生态中的互补资产,直接影响技术成果能否转化为实际收益^[32,53]。这类工程转化能力深植于特定技术路线和产业生态,具有路径依赖、累积演进和内在互补特征,难以依靠短期投入快速形成^[14]。半导体领域的先进测试封装与制造生态、生物制造领域的中试验证、工艺放大和质量控制,均说明承接能力对跨越产业化瓶颈具有关键作用^[54-55]。长期能力建设则要求通过工程化转化平台、供应链配套、测试认证体系和技能形成机制等,为多路径技术扩散提供底层支撑^[55-56]。

(四) 社会价值的制度相容性

社会价值的制度相容性,核心在于回答“政策体系能否引导技术方案与社会规范、伦理价值和公共信任相协调”这一问题。人工智能涉及算法公平与责任分配,基因编辑触及生命伦理边界,自动驾驶关涉责任认定与风险分担,这些领域的持续扩散依赖技术性能、成本条件、公众信任和制度合法性的共同支撑^[57]。技术风险边界与社会可接受性生成于特定文化规范和治理安排之中,需要在研发、部署和扩散过程中同步塑造^[58]。人类胚胎基因编辑事件表明,缺乏透明程序和社会对话的激进实践会削弱公众信任,并放大后续研究与产业化的不确定性^[59-60]。算法治理中对公平、透明和诚信原则的强调,也说明合法性建设已经成为技术治理的重要环节^[61]。公平、责任、透明和包容性要求有必要被前置嵌入研发、部署与扩散全过程,由此推动技术可行性与社会可接受性同步形成。

(五) 演化过程的节奏适配性

演化过程的节奏适配性,主要探讨“政策体系能否动态适配技术从探索、反馈到收敛的非线性周期”。颠覆性技术常经历长期蛰伏、临界突破和加速扩散,产业演化也伴随标准竞争、基础设施部

署和主导设计形成等关键窗口^[15]。不同阶段对政策目标、工具组合和容错边界提出差异化要求,标准协调机制的成本、速度和时机敏感性会影响扩散速度与路径^[62]。新能源汽车政策经验表明,示范推广节奏与产业承接能力错配,会导致政策工具反复调整和扩散绩效波动^[63]。刚性考核节点还可能诱发过早规模化或突破期响应滞后,进而错过路径选择和标准协同的关键时机^[64]。因此,面对非线性演化节奏,政策体系需根据技术成熟度、产业承接能力和关键窗口变化进行动态校准,提升制度供给与技术创新和产业演化进程的匹配度^[65-67]。

上述 5 个维度旨在说明政策有效性并不简单取决于投入强度,而取决于制度逻辑能否对准颠覆性技术与未来产业协同演化中的关键约束与中介机制,并在不确定性、复杂性、能力依赖、价值嵌入与时序窗口的影响叠加时保持可逆配置与动态校准。该框架尤其适用于技术路径尚未收敛、生态连接尚不稳定且社会争议尚未充分消化的早期阶段,用以从创新过程的结构特征出发推导政策工具的组合原则、切换条件与偏离风险,从而为政策设计提供可诊断与可调整的分析视角。

四、我国相关政策实践面临的结构性挑战

近年来,我国围绕颠覆性技术与未来产业已形成多层次政策体系,在战略方向引导、创新主体培育和应用场景构建等方面取得积极进展。然而,颠覆性技术和未来产业的核心特征对政策设计的适配性提出了更高要求。为更有效地支撑颠覆性技术与未来产业的条件性耦合式发展,有必要结合上述五个维度,系统剖析当前政策实践中在目标设定、工具选择与节奏安排等方面尚可优化的议题。

(一) 确定性偏好与包容探索的协调

现行未来产业政策在强调战略方向引导的同时,也逐步体现出对技术路径不确定性的考虑。《“十五五”规划建议》明确提出“前瞻布局未来产业,探索多元技术路线”,并鼓励通过早期试验场景支持原创性、颠覆性技术的多样化演进,体现出

顶层设计对包容探索的积极导向。但在实际操作中,目标导向型部署模式与开放式创新逻辑之间仍需进一步协调。例如,元宇宙曾被多地作为未来产业风口布局,并迅速转化为园区建设和招商目标,部分园区后续出现招商乏力和企业转向^[68],反映出确定性部署超前于技术验证与场景成熟时的资源错配风险。量化指标设定、阶段性成果要求以及资源聚焦机制,虽有助于提升执行效率,却可能无意中弱化对非主流技术路径的支持。目前,尽管包容探索已进入政策话语体系,其在资源配置规则与科研评价体系中的制度化程度仍有待加强。

(二) 领域分隔与融合创新的兼容

当前政策文本已普遍强调未来产业的交叉融合属性,《元宇宙产业创新发展三年行动计划》《“十五五”规划建议》等文件多次提出推动技术集成与跨领域协同,体现出对复杂性特征的制度回应。然而,现有管理体系仍沿袭按产业或技术领域分工的传统,科研计划、产业扶持与区域布局多由不同条线主导,创新要素在跨域流动中面临隐性壁垒。脑机接口、生物制造等典型融合方向,常因归属模糊而难以获得系统性支持。尽管融合创新已成为政策共识,但在组织架构与资源配置机制上,尚未形成有效打破领域分隔的常态化协同安排。在光伏产业技术路线快速迭代期间,部分地方国资未能打破传统招商的领域分隔思维,在缺乏专业研判的情况下盲目跨界投资特定技术路线,最终因技术路线被市场淘汰及行业周期下行,导致大量资源严重错配。

(三) 支撑体系与能力演进的衔接

政策层面已逐步关注颠覆性技术产业化过程中的能力支撑问题,《“十五五”规划建议》提出建设概念验证、中试验证平台,建立风险分担机制,反映出对“死亡之谷”跨越难题的制度关切。然而,当前资源配置仍相对集中于前端研发突破与后端企业培育两端,对工程化转化能力、专用工艺积累、复合型人才供给以及测试验证基础设施等中间环节的系统性投入尚显不足。高校科研成果

往往因缺乏工程化对接能力而难以进入产业迭代链条。尽管支撑体系建设已被纳入政策议程,但在贯通实验室原型、中试验证与规模化量产的全链条能力建构上,尚未形成稳定协同的制度安排。

(四)技术熟化与治理响应的同步

近年来,政策层面对技术与治理协同演进的认识不断深化,《“十五五”规划建议》将“市场监管规则”与技术路线、商业模式并列提出,标志着前瞻性治理理念的初步确立。然而,具体实施中,技术研发与制度规则生成仍呈现明显不同步。多数未来产业专项政策聚焦产品开发、场景示范与企业培育,对数据权属、算法责任、人机交互伦理等基础性规则缺乏可操作的测试安排。量子计算、具身智能等方向虽在技术层面加速推进,但因合规路径不明,难以进入真实市场环境进行迭代验证。治理响应的滞后,使得技术熟化过程缺乏制度接口,制约了创新成果向规模化应用的有效转化。例如,2025—2026年,多款AI陪伴类应用因内容安全与算法伦理问题集中整改下架^[69-70],暴露出技术应用在快速扩散时前瞻性治理响应与合规机制的缺乏。

(五)目标设定与演化节奏的匹配

当前颠覆性技术与未来产业相关政策主要依托中短期规划周期推进,资源配置与绩效评估普遍以年度计划或五年框架为基础展开。此类时间安排在提升执行确定性的同时,与颠覆性技术演进的非匀速特征存在内在张力。在现行考核导向下,部分实施主体倾向于优先支持可较快产出显性成果的项目,可能无意中压缩对高风险、长周期探索的持续投入空间。目标设定的时间逻辑与创新实际演化节奏之间的适配机制尚未在制度层面系统建立。例如,重庆市曾计划力争在2025年将氢燃料电池汽车运行规模扩增至1500辆,但截至2025年新规划发布时仅累计推广477辆,且原指导意见已被废止^[71-73],反映出示范推广目标与应用规模、基础设施承载能力和产业化节奏之间的匹配难题。

五、应对策略与未来展望

上述结构性挑战表明,提升我国颠覆性技术与未来产业政策效能的关键,在于推动政策逻辑从技术预判向环境适配深度转型。当前政策体系已在战略引导、主体培育和场景构建等方面形成良好基础,下一步可进一步强化制度设计对创新本体规律的系统性回应,使政策实践与技术、产业耦合过程的内在属性实现更高层次的契合。

首先,确定性偏好与包容探索的协调有赖于政策目标与资源配置机制对技术不确定性的制度化回应。将研究目标的动态调整权、路径多样性的验证机会以及认知边界的拓展成效纳入资助与评价体系,可构成支撑高风险探索的制度基础,使包容性导向真正落地为稳定预期。一种可能的路径是,在现有科技计划中设立相对独立的颠覆性探索通道,在立项标准、过程监管与成果认定上采用区别于常规项目的规则,为非共识、非线性技术路线提供制度化的容错与验证空间。

其次,领域分隔与融合创新之间的兼容,关键在于建立超越传统条线管理的跨域协同机制。当前治理实践中的协同推动方式多为临时性专班或联合发文。这种方式虽然灵活但制度稳定性不足。为此,可以探索设立具有统筹职能的协调主体试点,如由相关主管部门、科研机构、龙头企业与用户代表共同组成的委员会。同时,可向该委员会授予在场景规划、标准制定、数据互通与联合资助等方面的实质性协调权限,推动跨领域协作从项目式响应转向常态化治理。

再次,支撑体系与能力演进的衔接,往往取决于承担过渡职能的主体是否具备足够的创新能力。目前,相关投入多集中在研发或产业化两端,缺乏独立的能力建设逻辑。为此,可以考虑进一步支持工程化平台、共性工艺库、复合人才实训中心等基础设施建设,通过长期稳定的资助和跨主体共建机制,系统性补强从技术原型到产业能力的关键跃迁环节。

第四,技术熟化与治理响应的同步要求制度安排具备与技术共演的能力。当前的治理模式多

在技术相对成熟后才介入,难以适应早期高不确定性阶段的规则需求。国家通过开展人工智能社会实验,已经在部分试验区和实验基地开展了面向自动驾驶、智能养老等领域的沙盒监管试点,这类实践值得进一步拓展,覆盖更多未来产业方向。通过在技术验证过程中对数据权属、安全边界、责任认定等关键规则进行迭代测试与动态校准,可以在保障创新的同时有效应对潜在风险。

第五,目标设定与演化节奏的匹配有赖于规划体系对技术非匀速演化的制度弹性。当前的项目管理模式普遍要求按期交付明确成果,难以适应技术演进的非匀速特征。对此,可以试点“可靠负结果”认证机制,即只要项目持续提供有价值的负结果、边界测试或路径收敛证据,即使未达到原定目标,也应视为有效进展并支持其延续。

颠覆性技术与未来产业的共演化发展,亦是一场制度与创新规律的适配过程。本文所揭示的不确定性、复杂性、能力依赖性、社会嵌入性与时序性五个维度,共同指向一个核心命题:有效的政策并非源于对技术路线的精准预判或资源的高强度投入,而在于能否构建一个与创新内在节奏、结构特征和演化逻辑相契合的制度环境。当政策重心从识别赢家转向培育生态,从控制过程转向容纳未知,方能在高度不确定的前沿领域,真正孕育出具有内生韧性与全球竞争力的新质生产力。

参考文献:

- [1] BOWER J L, CHRISTENSEN C M. Disruptive technologies: catching the wave[J]. Harvard business review, 1995, 73(1): 43-53.
- [2] 何郁冰,徐美娟,荆晶. 基于创新采用框架的颠覆性技术识别研究[J]. 科学学研究, 2025, 43(1): 66-78.
- [3] 陈育新,卢俊,韩毅. 基于专利文献的颠覆性技术识别研究:以人工智能为例[J]. 情报学报, 2022, 41(11): 1124-1133.
- [4] 武建龙,刘禹彤,陈劲,等. 基于专利挖掘和 Gompertz 模型的颠覆性技术识别方法研究[J]. 科研管理, 2024, 45(4): 62-72.
- [5] 孙永福,王礼恒,孙棕檀,等. 引发产业变革的颠覆性技术内涵与遴选研究[J]. 中国工程科学, 2017, 19(5): 9-16.
- [6] 刘俊婉,庞博,徐硕. 基于弱信号的颠覆性技术早期识别研究[J]. 情报学报, 2023, 42(12): 1395-1411.
- [7] 吕鲲,张未旭,靖继鹏. 基于 CLIP-LDAGV 多模态信息融合的颠覆性技术主题识别研究:以新能源领域为例[J]. 情报学报, 2025, 44(3): 353-368.
- [8] 杨硕,陈劲,朱子钦. 中国未来产业发展潜力测度及时空演化研究[J/OL]. 科学学研究, 1-21 [2026-06-25]. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20251209.003>.
- [9] 彭鹏,刘海滨. 未来产业与新质生产力发展:关联机理及互动路径[J]. 中国软科学, 2025(10): 39-49.
- [10] 尹西明,陈泰伦,金珺. 引领未来产业发展的产业先导能力:理论逻辑与过程机制[J/OL]. 科学学与科学技术管理, 1-23 [2026-01-06]. <https://doi.org/10.20201/j.cnki.ssstm.20251027.001>.
- [11] 沈华,王晓明,潘教峰. 我国发展未来产业的机遇、挑战与对策建议[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(5): 565-572.
- [12] 胥彦玲,邓明荣,肖雯,等. 未来产业技术竞争情报服务体系构建[J]. 情报杂志, 2024, 43(6): 200-207.
- [13] SCHUMPETER J A. The theory of economic development [M]. London: Routledge, 2021: 188-228.
- [14] NELSON R R, WINTER S G. An evolutionary theory of economic change [M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985: 134-136.
- [15] TUSHMAN M L, ANDERSON P. Technological discontinuities and organizational environments [J]. Administrative science quarterly, 1986, 31(3): 439-465.
- [16] DOSI G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change [J]. Research policy, 1982, 11(3): 147-162.
- [17] CHRISTENSEN C M, BOWER J L. Customer power, strategic investment, and the failure of leading firms [J]. Strategic management journal, 1996, 17(3): 197-218.
- [18] CHRISTENSEN C M. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail [M]. Boston, MA: Harvard Business Press, 1997: 14-23, 53-56, 90-91.
- [19] CHRISTENSEN C M, RAYNOR M. The innovator's solution: creating and sustaining successful growth [M]. Boston, MA: Harvard Business Review Press, 2003: 32-35.
- [20] CHRISTENSEN C M, RAYNOR M, MCDONALD R. What is disruptive innovation? [J]. Harvard business review,

2015, 93(12): 44-53.

[21]王康,陈悦,宋超,等. 颠覆性技术:概念辨析与特征分析[J]. 科学学研究,2022,40(11):1937-1946.

[22]梁镇涛,毛进,李纲. 融合“科学-技术”知识关联的高颠覆性专利预测方法[J]. 情报学报,2023,42(6):649-662.

[23]邓建军,刘安蓉,曹晓阳,等. 颠覆性技术早期识别方法框架研究:基于科学端的视角[J]. 中国科学院院刊,2022,37(5):674-684.

[24]苏成,赵志耘,赵筱媛,等. 颠覆性技术新阐释:概念、内涵及特征[J]. 情报学报,2021,40(12):1253-1262.

[25]孙永福,王礼恒,孙棕檀,等. 引发产业变革的颠覆性技术内涵与遴选研究[J]. 中国工程科学,2017,19(5):9-16.

[26]曲冠楠,姜之琪,关宏. 未来产业创新网络颠覆性技术创新分析:理论基础与整合框架[J/OL]. 科学学与科学技术管理,1-18[2026-01-06]. <https://doi.org/10.20201/j.cnki.ssstm.20250703.004>.

[27]黄先海,孙涌铭,陈梦涛. 企业数字化转型与颠覆性技术创新:来自专利网络与SBERT模型的微观证据[J]. 中国工业经济,2024(10):137-154.

[28]CHRISTENSEN C M, MCDONALD R, ALTMAN E J, et al. Disruptive innovation: an intellectual history and directions for future research[J]. Journal of management studies,2018,55(7):1043-1078.

[29]DANNEELS E. Disruptive technology reconsidered: a critique and research agenda[J]. Journal of product innovation management, 2004, 21(4):246-258.

[30]KING A A, BAATARTOGTOKH B. How useful is the theory of disruptive innovation[J]. MIT sloan management review, 2015, 57(1):77-90.

[31]尹西明,陈锋,吴善超. 技术—组织—场景(TOC):培育未来产业的新理论[J]. 中国软科学,2025(9):42-54.

[32]TEECE D J. Profiting from technological innovation: implications for integration collaboration licensing and public policy[J]. Research policy, 1986, 15(6):285-305.

[33]ADNER R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem[J]. Harvard business review, 2006, 84(4):98-107.

[34]曲冠楠,陈凯华,陈劲. 颠覆性技术创新:理论源起、整合框架与发展前瞻[J]. 科研管理,2023,44(9):1-9.

[35]陈傲,柳卸林. 突破性技术从何而来:一个文献评述

[J]. 科学学研究,2011,29(9):1281-1290.

[36]开庆,窦永香. 颠覆性技术识别研究综述[J]. 情报杂志,2021,40(11):31-38.

[37]FUNK R J, OWEN-SMITH J. A dynamic network measure of technological change[J]. Management science, 2017, 63(3):791-817.

[38]BORNMAN L, TEKLES A. Disruption index depends on length of citation window[J]. El profesional de la informacion, 2019,28(2):e280207.

[39]王超,马铭,王海燕,等. 生命周期视角下颠覆性技术的扩散特征研究[J]. 情报学报,2022,41(8):845-859.

[40]唐虎林,苏成,李曼迪,等. 基于弱信号的颠覆性技术早期识别方法研究[J]. 图书情报工作,2025,69(10):42-61.

[41]王革. 推动我国未来产业发展的对策建议[J]. 人民论坛,2023(17):78-82.

[42]胡拥军,关乐宁,宋心荣. 未来产业“四链”融合:理论阐释、创新机理与实践方略[J]. 改革,2025(9):16-25.

[43]周波,冷伏海,李宏,等. 世界主要国家未来产业发展部署与启示[J]. 中国科学院院刊,2021,36(11):1337-1347.

[44]钱贵明,阳镇,陈劲. 未来产业竞争视阈下的企业创新范式转型[J]. 科学学与科学技术管理,2025,46(3):156-167.

[45]芮明杰. 未来产业成长路径与范式探讨[J]. 经济纵横,2025(1):1-8,136.

[46]李晓华,王怡帆. 未来产业的演化机制与产业政策选择[J]. 改革,2021(2):54-68.

[47]唐露源,徐源. 中国生成式人工智能产业高效率发展路径研究:基于TOE框架的组态分析[J]. 科学学研究,2026,44(3):471-481.

[48]ARTHUR W B. The nature of technology: what it is and how it evolves[M]. New York: Free Press, 2009:37-43.

[49]POWELL W W, KOPUT K W, SMITH DOERR L. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology[J]. Administrative science quarterly, 1996, 41(1):116-145.

[50]LEE F. Recombinant uncertainty in technological search[J]. Management science, 2001, 47(1):117-132.

[51]UZZI B, MUKHERJEE S, STRINGER M, JONES B. Atypical combinations and scientific impact[J]. Science, 2013, 342(6157):468-472.

- [52] MALERBA F. Sectoral systems of innovation and production[J]. Research policy, 2002, 31(2): 247-264.
- [53] AUERSWALD P E, BRANSCOMB L M. Valleys of death and Darwinian seas: financing the invention to innovation transition in the United States[J]. The journal of technology transfer, 2003, 28: 227-239.
- [54] SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION. Winning the chip race [EB/OL]. (2025-01-14) [2026-02-08]. https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2025/01/SIA_2025_WINNING-THE-CHIP-RACE.pdf.
- [55] National Institute of Standards and Technology. Manufacturing USA 2019 – 2020 highlights report [EB/OL]. (2021-02-25) [2026-02-08]. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ams/NIST.AMS.600-6.pdf>.
- [56] HELLSMARK H, FRISHAMMAR J, SÖDERHOLM P, et al. The role of pilot and demonstration plants in technology development and innovation policy [J]. Research policy, 2016, 45(9): 1743-1761.
- [57] JASANOFF S. Technologies of humility: citizen participation in governing science[J]. Minerva, 2003, 41: 223-244.
- [58] PINCH T J, WIEBE E B. The social construction of facts and artefacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other[J]. Social studies of science, 1984, 14(3): 399-441.
- [59] GREELY H T. CRISPR'd babies: human germline genome editing in the 'He Jiankui affair' [J]. Journal of law and the biosciences, 2019, 6(1): 111-183.
- [60] CYRANOSKI D, LEDFORD H. How the genome-edited babies revelation will affect research [EB/OL]. (2018-11-27) [2026-02-08]. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07559-8>.
- [61] 国家互联网信息办公室. 互联网信息服务算法推荐管理规定 [EB/OL]. (2022-03-01) [2026-02-08]. https://www.gov.cn/zhengce/2022-11/26/content_5728941.htm.
- [62] FARRELL J, SALONER G. Coordination through committees and markets[J]. The RAND journal of economics, 1988, 19(2): 235-252.
- [63] GONG H, WANG M Q, WANG H. New energy vehicles in China: policies, demonstration, and progress[J]. Mitigation and adaptation strategies for global change, 2013, 18: 207-228.
- [64] SUAREZ F F, GRODAL S, GOTSPOULOS A. Perfect timing? dominant category, dominant design, and the window of opportunity for firm entry [J]. Strategic management journal, 2015, 36(3): 437-448.
- [65] ROGGE K S, REICHARDT K. Policy mixes for sustainability transitions: an extended concept and framework for analysis[J]. Research policy, 2016, 45(8): 1620-1635.
- [66] PAKIZER K, LIEBERHERR E, FARRELLY M, et al. Policy sequencing for early-stage transition dynamics: a process model and comparative case study in the water sector [J]. Environmental innovation and societal transitions, 2023, 48: 100730.
- [67] KEMP R, SCHOT J, HOOGMA R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management [J]. Technology analysis and strategic management, 1998, 10(2): 175-198.
- [68] 王明昊. 元宇宙: 泡沫破灭还是价值回归 [N]. 经济日报, 2025-09-10(11).
- [69] 南都社论. AI 陪伴“有爱”但不能“越界” [N]. 南方都市报, 2025-06-21(A2).
- [70] 南都社论. AI 虚拟伴侣擦边乱象频发, 监管不能只靠平台自查 [N]. 南方都市报, 2026-05-13(A2).
- [71] 重庆市经济和信息化委员会. 关于印发重庆市氢燃料电池汽车产业发展指导意见的通知 [EB/OL]. (2020-03-20) [2026-05-28]. https://jjxxw.cq.gov.cn/zwgk_213/zcwj/qtwj/202003/t20200321_5932423.html.
- [72] 夏元. 重庆: 到 2035 年规划新建 60 座加氢站 推广 4000 台氢燃料电池汽车 [N/OL]. (2025-12-17) [2026-05-28]. https://cqrh.cn/jingji/zixun/2025-12-17/2509866_pc.html.
- [73] 重庆市经济和信息化委员会. 关于废止《重庆市氢燃料电池汽车产业发展指导意见》的通知 [EB/OL]. (2026-01-23) [2026-05-28]. https://jjxxw.cq.gov.cn/zwgk_213/zcwj/qtwj/202601/t20260123_15348657.html.