

面向未来产业的系统性科技战略管理： 内涵、例证及路径优化

吴 伟¹, 冯家浩¹, 朱相丽^{2,3}, 杨 波¹

(1. 浙江大学公共管理学院, 浙江 杭州 310058;

2. 中国科学院文献情报中心, 北京 100190; 3. 中国科学院大学经济与管理学院, 北京 100190)

摘 要: 未来产业培育是一项复杂的系统性工程, 其底层逻辑在于技术周期、市场环境和制度供给的深度交织与动态适配。系统性科技战略管理的核心在于发挥政府在全链条中的战略引导作用, 促进科技创新成果向市场产品和未来产业转化。在技术路径与市场环境高度不确定性的情境下, 政府科技战略管理必须坚持系统观念, 实现动态适配与资源统筹。本文解构系统性科技战略管理的内涵框架, 阐释从探索性战略制定到战略全面实施, 再到战略评估与迭代的全周期管理体系, 进而以机器人产业为例证, 揭示其驱动未来产业发展的场景演进逻辑。在此基础上, 本文提出在科技战略管理体系中强化重大需求前置、优化跨部门跨主体协同、健全过程性反馈等制度改进路径, 以期为加快未来产业发展提供支持。

关键词: 未来产业; 科技战略管理; 系统思维; 控制论; 机器人

中图分类号: F204 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0566(2026)06-0046-13

Systemic science and technology strategic management for future industries: Conceptual foundations, case illustration, and path optimization

WU Wei¹, FENG Jiahao¹, ZHU Xiangli^{2,3}, YANG Bo¹

(1. School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

2. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

3. School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: The cultivation of future industries is a complex systemic undertaking whose underlying logic lies in the deep interplay and dynamic adaptation among technology cycles, market environments, and institutional supply. The core of systemic science and technology (S&T) strategic management is to leverage the government's strategic guiding role across the full innovation chain, promoting the transformation of S&T innovation outcomes into market products and future industries. Under conditions of high uncertainty in technological pathways and market environments, governmental S&T strategic management must uphold a systems perspective and achieve dynamic adaptation and coordinated resource allocation. This paper deconstructs the conceptual framework of systemic S&T strategic management, elaborates a full-cycle management system extending from exploratory strategy formulation to comprehensive strategy implementation and

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“国家创新体系整体效能提升的关键问题研究”(23&ZD131); 浙江省软科学研究计划重大项目“统筹推进教育科技人才体制机制一体改革重大问题研究”(2025C15009); 国家自然科学基金委专项项目“原创性研究的内涵界定及国际比较”(125240112); 国家社会科学基金社科学术社团学术研究重点项目“统筹推进教育科技人才体制机制一体改革的实现路径研究”(24GB001)。

作者简介: 吴伟(1981—), 男, 河南郑县人, 浙江大学公共管理学院副研究员, 浙江大学—新昌联合创新中心(天姥实验室)县域创新发展研究所副所长, 博士, 研究方向为科教创新战略与政策。通信作者: 冯家浩。

iterative strategy evaluation, and then uses the robotics industry as an example to reveal the scenario-evolution logic through which it drives the development of future industries. On this basis, the paper proposes institutional improvement pathways within the S&T strategic management system, including strengthening the front-end positioning of major demands, optimizing cross-departmental and multi-actor coordination, and improving process-oriented feedback mechanisms, with a view to supporting the accelerated development of future industries.

Key words: future industries; science and technology strategic management; systems thinking; cybernetics; robotics

当前,新一轮科技革命与产业变革加速演进,人工智能、量子计算、生物科技等前沿技术多点突破并引发链式变革,正在重塑全球产业结构与经济形态。随着技术差距收敛、要素红利减弱与结构转型需求增强,中国亟须从侧重传统产业的创新链中低端向未来产业勃发的创新链中高端转变。这迫切要求构建与之匹配的、与“跟随式”发展截然不同的科技战略管理体系,以支撑科技创新与产业创新的深度融合、快速迭代。

一、文献回顾

“未来产业”是科技战略驱动下的制度性建构,其形成依赖于科技政策与市场选择的协同演化。关于未来产业的讨论可追溯至20世纪80年代有关产业战略与未来导向产业政策的研究^[1],但其概念边界长期较为模糊。近年来,随着前沿技术加速突破和主要经济体前瞻布局加快,未来产业逐渐成为科技政策与产业政策的重要议题。发达国家针对未来产业培育相继做出部署,如英国2017年发布《产业战略:建立适应未来的英国》、美国2019年发布《美国将主导未来产业》、日本2020年发布《科学技术创新综合战略2020》^[2]。我国长期以来较多使用“战略性新兴产业”,2014年召开的中央经济工作会议明确提出探索未来产业发展方向,随即开始推进未来产业布局。所谓“未来产业”,即由前沿技术驱动,目前处于孕育萌发阶段或产业化初期,具有显著战略性、引领性、颠覆性和不确定性的前瞻性新兴产业。与战略性新兴产业相比,未来产业是重大科技创新产业化后形成的,可能对经济社会变迁起到关键性、支撑性和引领性作用,代表着科技型产业的新方向。从特征看,未来产业通常处于技术路线尚未收敛、产业范式快速重构的早期阶段,呈现高度不确定性、强跨界耦合与长周期高风险等特征^[3],要求科技战略管理在“机会识别—资源组织—快速迭代”

的循环中提升前瞻性与适应性^[4-5]。

“科技战略管理”是“战略管理”与“技术创新管理”两个概念内涵的交集。围绕以科技创新、产业创新为目标战略管理,学界开展了大量探索。无论是国家、区域、产业层面,还是锚定特定技术领域的科技战略管理,其理论演进主要归功于经济增长演化理论研究的经济学家和特定领域的技术专家,其概念边界与分析逻辑在很大程度上由彼时的技术范式与产业结构所塑造,具有明显的特定情境性特征。早期,“战略管理”研究企业成功(或失败)的原因和过程^[6]。Chandler^[7]将战略管理界定为“企业长远目标的确定,以及实现这些目标所需行动方案与资源配置的采纳”。他还指出,美国制造业生产率的快速跃升,本质上源于以铁路运输与电报通讯为原始驱动力的“大规模生产”体系——即一系列技术创新与组织惯例的协同运作,由此催生了相应战略管理理论兴起^[8]。

随着二战后西方资本主义步入“黄金时代”尾声,美国进入滞胀时期,纳尔逊与温特以演化经济学视角重新诠释了技术变迁与企业能力积累^[9]。Porter^[10]也在产业竞争框架下阐明,技术是塑造产业结构与竞争优势的核心力量之一。与此同时,日本经济的强势崛起与“追赶式”工业化的成功引发了西方学界的思考,弗里曼将战略分析单元从企业扩展至国家创新系统,并强调“技术—经济”范式的更迭周期^[11]。随着知识经济兴起,“动态能力”理论将技术能力纳入战略管理的核心议题^[12],《技术与创新的战略管理》(*Strategic Management of Technology and Innovation*)一书系统阐释了技术战略与市场需求的适配逻辑。

21世纪初,气候变化、能源转型等系统性挑战日益凸显,研究者们将目光从成熟技术扩散转向新兴技术系统的早期培育,Hekkert等^[13]由此发展出聚焦技术创新系统(TIS)动态功能的分析框架,

Bergek 等^[14]则将其细化为面向政策制定者的系统分析工具。2008 年国际金融危机后,既有创新政策受到质疑,叠加数字化转型、不平等加剧等多重宏大挑战,政府角色的重塑成为迫切议题,战略管理的问题意识由此从“如何提升效率”转向“如何引导方向”,使命导向型创新政策^[15]成为新兴范式。近年来,围绕技术转型、产业生态与后发赶超等新议题,先后诞生了新结构经济学、创新生态系统理论、经济复杂性理论等,也都不同程度地丰富了科技战略管理理论。综上,本文所提出的“科技战略管理”,可视为政府主体或社会组织在不确定性动态环境中,围绕技术选择、研发投入、创新路径与成果转化进行战略谋划、资源配置与动态调整的管理过程,其本质是将技术能力与竞争战略相耦合的决策与执行体系。

然而,上述研究及相应概念是对特定时代主导技术范式与核心治理矛盾的回应,在以智能化为特征的第四次工业革命、中国独特的制度情境及引领性发展饱受重视的背景下,其解释力受到一定挑战。认识论层面,上述理论大多形成于技术追赶、工业化加速或特定范式稳定扩散的西方历史情境之中,其问题意识与分析逻辑的底层预设无法全面覆盖未来产业研究的系统性与预判性。方法论层面,现有文献对科技战略管理各环节的探讨多呈“条块化”状态,如战略预见^[16]与技术路线图^[17]等侧重战略制定前端的方向识别与路径规划;创新政策评估方法^[18-19]则主要聚焦政策工具效果的事后评价。从“制定—实施—评估—迭代”全流程将目标体系、资源配置、协同治理与动态反馈纳入统一分析框架的系统性研究相对缺乏,难以适应未来产业高频试错、系统集成与快速迭代的建构需求。实践论层面,已有的科技战略分析大多以政策文本解读或横截面案例为主要支撑^[20],对特定技术领域科技战略管理的全周期系统性演进缺乏纵贯式跟踪与机制性揭示,无法清晰呈现战略管理各环节如何在实践中实现动态耦合、迭代调整,也难以回答战略管理机制如何随技术成熟度与产业化阶段而动态演化这一关键问题。

基于上述缺口,本文尝试在两个层面予以回

应补充。理论层面,基于复杂适应系统视角,提出面向未来产业的系统性科技战略管理机制,系统刻画该机制在未来产业培育中的重要过程及作用机理。实践层面,以中国本土的科技战略管理实践为背景,以机器人这一典型未来产业领域为例证,跟踪科技战略管理的演进脉络,识别其关键阶段性机制特征,以期对未来产业培育提供参照。

二、系统性科技战略管理的内涵解构

在以智能技术为核心的新一轮科技革命与产业变革中,数据、算法与算力融合显著压缩创新周期^[21],科研成果向产业化与专利应用的转化“距离”持续缩短,传统线性创新模式正被快速迭代的产业化循环所替代^[22]。以控制论审视,培育未来产业不是寻找最优解的过程,也不是一开始就锚定一个目标不做改变,而是一个多目标、多约束、持续扰动条件下的动态控制过程。这就要求国家层面的科技战略治理同时具备两类能力:一是面向重大需求与国际态势的前瞻识别与路径选择^[23-24],二是在多主体协同与高频试错条件下的资源组织与动态纠偏。

既有科技战略管理实践在结构设计上呈现出三方面与复杂系统治理不相适应的局限。其一,目标分解与任务牵引不够精细,导致资源配置分散、关键投入不足与重复投入并存。如集成电路产业发展初期,国家虽设立了专项扶持基金与宏观目标,但部分地方和企业缺乏针对自身条件评估和任务优先级设置的情况下,重复布局同类成熟制程产线,导致资源分散于中低端环节,而高端光刻、材料等研制却被忽视。其二,实施过程碎片化,跨层级、跨部门协同与标准接口不足,制约技术交叉领域的系统集成与执行效率。如新能源汽车产业早期虽有多部门推出研发支持、充电设施建设与购置补贴政策,但根本上仍分属不同治理体系,缺乏跨部门协同规划与技术标准统一,一定程度上延缓了产业落地。其三,评估反馈偏静态、偏事后,难以支撑快速迭代情境下的实时监测与反馈优化。传统产业评估体系多基于年度或项目终期考核,但面对当前人工智能、具身智能、合成生物、量子信息等前沿技术加速迭代和产业快

速落地的具体情境,这种评估体系就无法提供动态纠偏所需的实时决策依据。所以,面向未来产业培育的科技战略管理需要从单向、线性管理转向系统性、自适应管理范式。

为此,本文提出以反馈调节与自适应演化为核心的“系统性科技战略管理”:以创新系统诊断为基础,通过“战略制定—战略实施—战略评估与迭代”的闭环机制,将目标体系、资源配置、组织协同与反馈纠偏纳入统一框架,以适应创新环境的不确定性、实现管理过程的持续优化。该概念借鉴了控制论中“目标设定—执行调节—反馈修正”的基本原理,也呼应了使命导向型创新政策“目标牵引—能力建设—组合工具”的逻辑,凸显了政府创新治理能力对创新生态系统演化迭代的影响。

(一) 战略制定

战略制定是系统性科技战略管理的起点,统摄着技术领域的总体方向,其核心在于将国家重大需求转化为可执行的目标体系与任务安排,并在此过程中明确能力边界与发展重点。面向未来产业的高不确定性与强跨界耦合特征,战略制定需要在“机会识别—任务组织—能力约束”之间形成内在一致的结构安排,系统研判“能做什么”“不能做什么”“优先做什么”,为构建高质量、差异化、可执行的科技战略制定提供支撑。战略制定可再分解为战略环境扫描、战略分层设计与战略能力评估三个机制。

战略环境扫描旨在对全球科技与产业演进进行持续监测与趋势研判,从技术成熟度、市场需求、政策环境与竞争格局等维度识别机会窗口与风险点^[25],进而锁定具有战略价值的关键领域与核心技术方向。该机制的核心功能在于降低外部不确定性对战略决策的冲击,强调前瞻性与动态性,以支撑战略重点的及时校准与资源布局的适配。

战略分层设计将宏观战略目标转化为可执行结构,尤其是分层分域行动方案,通过目标分解、责任界定与路径规划实现战略意图向资源配置与任务执行的有效传导。其组织逻辑通常体现为“全局统筹—领域聚焦—区域承载”的层级联

动^[26],并根据技术成熟度与产业化条件对任务节奏与实施路径进行动态调整,以提升跨主体协同与执行一致性。

战略能力评估构成战略制定的约束条件,旨在系统识别特定方向上的比较优势、关键短板与能力上限,为目标设定、优先序排序与资源配置提供依据,以防止目标设定脱离能力基础。评估维度一般覆盖资源基础(如学科与人才)、投入结构(如规模与效率)、平台支撑(如科研与试验验证条件)与技术能力(如攻关与转化效率)等^[27],并可构建综合性指标框架对要素贡献度与约束条件进行识别,从而形成“能力边界—优先序—路径选择”的决策支撑。

(二) 战略实施

战略实施是系统性科技战略管理由“战略意图”走向“技术攻关—成果孵化—场景落地”的关键环节,强调对研发、转化与应用全链条的协同组织与系统推进。其核心机制主要包括战略资源配置与战略管理协调:前者通过设定优先序、优化配置结构与提高投入效率,保障战略目标的连续推进;后者通过明确责任体系、强化跨主体协同与建立高效沟通机制,实现任务、资源与进度的精准匹配,并支撑过程中的动态调整。

战略资源配置以优先序设定与组合配置提升投入效率。随着科研范式迈入“大科学时代”,集中创新资源打好关键核心技术攻坚战,已成为赢得国际科技竞争的关键^[28]。波士顿矩阵法^[29](Boston Matrix)等工具可用于项目组合诊断。优先序设定还需综合市场需求与应用可行性,推动资源配置从“单点投入”转向“面向产业链需求的组合配置”。例如,量子计算硬件具有战略价值高而技术成熟度不足的特征,更需要稳定性支持与长期投入,而算法、软件与应用生态可同步推进,以降低系统集成成本,从而突破系统集成瓶颈。通过政产学研联合体与契约化合作(风险共担、成果共享)促进资源集聚^[30],并与“竞争性支持与稳定性支持相结合”的投入机制相衔接,可形成兼顾效率与持续性的科研投入体系。

战略管理协调以协同机制与过程治理保障战

略落地,强调系统化统筹,通过优化组织、资金、人才、平台与政策等要素配置,构建跨部门、跨主体、跨层级的协同机制。在实施层面,可引入 PDCA 循环(Plan-Do-Check-Act,计划—执行—检查—改进),将实时监测、滚动评估与节点纠偏嵌入执行过程,实现战略路径与资源配置的动态匹配。政策链对“四链”深度融合具有牵引作用,通过制度供给可以促进创新要素高效流动与聚合,提升协同效率并增强系统响应能力^[31]。例如,中国高铁在顶层规划牵引下实现了多主体协同与要素集成,推动核心技术攻关、工程化应用与产业化扩散的贯通,体现了“制度设计促协同、过程治理促优化”的系统工程特征^[32]。

(三) 战略评估与迭代

战略管理本质上是面向目标的动态资源配置过程,前述“控制论”逻辑的引入也更多靶向这一点。战略评估与迭代承担系统反馈与优化职能,

核心在于对战略执行状态进行持续评估、识别偏差与约束,并据此调整目标、路径与政策工具,使战略体系保持前瞻性、适应性与韧性,确保整个系统始终沿着较优轨道运行。战略评估不仅是科技创新及产业落地的结果回顾,更是一个制度化学习与沟通机制;战略迭代则是在评估基础上的动态调适过程,体现为目标修正、路径优化与措施更新。

战略评估的前提是将复杂创新系统拆解为可操作要素,构建覆盖创新全周期、能够反映多主体协同关系的评估框架。评估流程通常包括:明确评估目标、对象与范围;构建与行业特征相适配的指标体系并设定评估周期与节点(年度/中期/终期);建立常态化机制,确保评估结果可追踪、可应用,从而形成“实施—反馈—优化”的闭环治理。

方法工具与数字化支撑决定评估的科学性、便捷性与前瞻性。本文梳理了 6 类代表性方法(见表 1),覆盖能力对比、路线规划、趋势预判、绩

表 1 代表性科技战略研判与评估方法

方法名称	方法内涵	主要适用场景	代表性来源/经典文献
净评估法	从长期竞争态势出发进行相对优势与风险评估,强调对手互动、关键不确定性情景推演;优点:适合国家层面对标与长期预判、可整合多源证据;局限:依赖假设与专家判断、难精确量化、对数据与情景构建能力要求高。	国家科技竞争态势研判、系统能力对标、长期风险与对抗环境分析	Andrew W. Marshall ^[33]
技术路线图法	将战略目标与技术—产品/应用—能力建设按时间轴对齐,明确关键里程碑、依赖关系与资源需求;优点:目标可视化、便于阶段管理与跨部门对齐;局限:易静态化,若缺乏滚动更新机制则维护成本较高,对协同与数据基础要求高。	技术战略制定、阶段性目标管理、研发路径规划与滚动更新	摩托罗拉 ^① ,Phaal 等 ^[17]
技术预见法 (以德尔夫为代表)	基于专家判断、趋势研判与情景构建识别潜在技术突破与政策重点,形成优先序建议;优点:适用于高不确定性前沿领域、可快速形成议程与备选方向;局限:需与数据证据互证,专家共识不必然代表真实趋势或最优判断。	中长期技术预判、潜在颠覆性技术识别、前沿政策引导与布局评估	Dalkey 等 ^[34]
贡献分析/ 归因分析	通过逻辑链/理论框架识别“措施—产出—结果”的贡献路径并检验关键假设,支持多因素情境下的合理解释;优点:适合复杂系统政策干预评估、能定位结构性短板;局限:对证据链与理论建模要求高,结论多为“可信解释”,不等于严格因果归因。	战略绩效分解、政策工具组合效果评估、多主体协同贡献识别与短板诊断	Mayne ^[35]
SWOT/TOWS	结构化识别优势/劣势/机会/威胁,并可通过 TOWS 生成战略组合;优点:框架直观、便于沟通与方案比选;局限:易流于主观罗列,需指标与事实支撑,不宜单独用于严格绩效评估。	内部能力诊断、环境变化响应、策略选项生成(早期诊断与方案比选)	Wehrich ^[36]
PEST/PESTEL 分析	用于识别政治、经济、社会与技术(及环境、法律)等外部驱动因素并形成情景假设;优点:框架清晰、便于快速形成外部因素清单并与 SWOT 等工具联用;局限:颗粒度较粗、对关键变量筛选依赖研究者判断,通常需与路线图、情景分析等方法配套使用。	宏观战略环境评估、政策背景分析、外部风险识别与情景构建	De Sousa 等 ^[37]

① 技术路线图的使用最早可追溯到 20 世纪 60 年代,NASA、波音、通用电气等高科技组织,此后美国汽车行业也普遍使用该方法,他们为降低成本,要求供应商提供产品技术路线图。20 世纪 70 年代中后期和 20 世纪 80 年代早期,摩托罗拉和康宁公司先后采用了绘制技术路线图的管理方法对产品开发任务进行规划。摩托罗拉主要用于技术进化和技术定位,康宁公司主要用于“公司和业务单元战略”(corporate and business unit strategies)。继摩托罗拉和康宁公司之后,许多国际大公司(如微软、三星、朗讯、洛克希德—马丁、飞利浦)等都广泛应用这项管理技术。

效分解与外部环境分析等典型场景。进一步地,可将指标体系、评估方法与数字化工具集成应用,推动评估由“事后、静态”向“过程性、实时性”转变,由经验判断向数据驱动转变。

战略反馈通常以 KPI 报告为主线,并通过多渠道协同形成战略共识,其核心在于将数据采集、指标分析与案例提炼转化为可执行的调整依据。实践中的常见载体包括评估报告,以及定期会议、书面通报、数字平台等反馈渠道;评估报告侧重于呈现技术突破、创新产出与资源效率等核心信息,而会议与通报等渠道则有助于各方就执行状况形成共同认知并提升协同效率。例如,《〈中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要〉实施中期评估报告》^[38]即通过关键指标对照识别滞后领域并提出改进方向,体现了这一反馈逻辑。

战略跟进与迭代:以资源重配与路径调整实现动态优化。战略跟进既是评估闭环的“收口”,也是下一轮部署的“起点”,核心在于依据评估结

论优化目标、路径与资源配置——对高潜力方向加大支持力度,对低效、重复或边际效益递减项目予以清理与结构调整,以提高配置效率;同时通过路线动态调整与预案设计,降低路径依赖与供应链风险。例如,在国家重点研发计划等实践中,中期评估后对部分项目进行优化调整,并在不同技术路线间重新配置资源,这有助于提升整体投入产出与落地效率。

系统性科技战略管理框架如图1所示。“战略制定”将重大需求转化为任务集群与路线图,明确系统运行的目标状态;“战略实施”强调跨部门、跨层级协同下的资源配置、标准接口与场景组织,推动关键技术攻关与系统集成;“战略评估与迭代”强调以过程性指标与节点评估形成反馈回路,促使政策工具与组织方式随产业阶段动态调整。三环节的高频互动共同构成一个具有自适应能力的战略控制系统,提升科技战略的前瞻性与适应性,压缩前沿技术从实验室到产业落地的转换周期,实现创新要素的动态优化配置与创新系统整体效能提升。

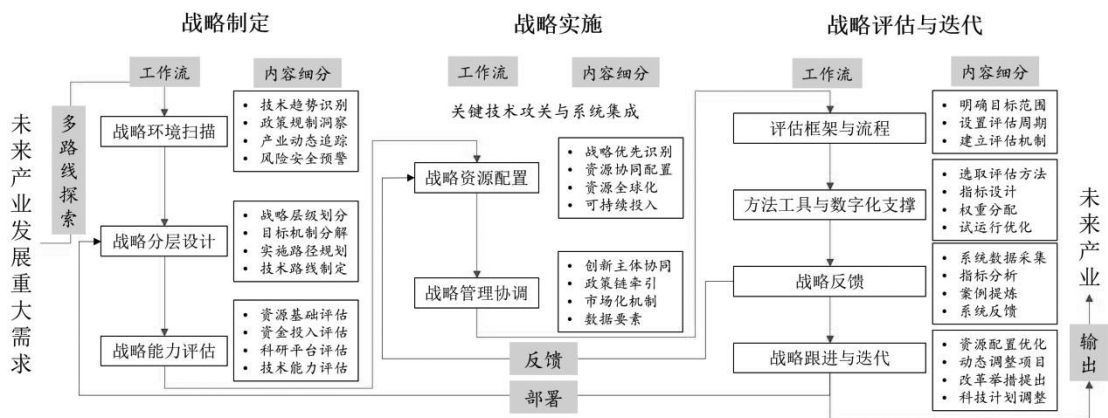


图1 系统性科技战略管理框架

三、系统性科技战略管理驱动未来产业发展的场景例证

未来产业是重大科技创新的产业化过程,兼具显著的技术先发优势和广阔应用前景,有望在中长期内引领产业创新生态系统形成,是孕育新质生产力的关键。在未来产业培育过程中,有为政府的战略引导对于打通创新链、推动技术产业化至关重要。机器人产业是观察未来产业培育机制的理想窗口;与量子信息等更早期前沿技术相

比,机器人已有一定产业化基础和应用市场;与集成电路等强约束领域相比,其应用场景牵引和跨领域集成特征更加突出;与商业航天等高准入领域相比,其核心技术发展尚未受到较大管制,与优势国家基本处于同一起跑线。此外,机器人产业还兼具多学科交叉、高技术集成、系统整合复杂和场景渗透性强等特征,能够较集中呈现未来产业在技术路线分化、系统集成、长期投入与协同治理等方面的难点。近年来,人形机器人与具身智能

受到政策与市场的持续关注,也承载着引领未来产业发展的重大期待,尤其是 2025 年初伴随杭州“六小龙”事件的发酵,进一步凸显了机器人产业作为未来产业观察对象的代表性。因此,本文选择机器人产业作为观察系统性科技战略管理运行机制的典型场景,对前文提出的“战略制定—战略实施—战略评估与迭代”闭环机制进行场景例证。

（一）数据来源与样本构建

官方政策文本承载着政府实施政策的理念与政策工具选择,是观察系统性科技战略管理运行特征的重要载体。为保证样本可比性与权威性,

本节以《国务院政策文件库》为核心数据来源,以“机器人”为主题词进行政策文件检索,并结合政府信息公开、文件汇编等资料加以补充。文本内容涉及机器人技术研发、产业发展、应用推广、标准规范或协同治理等;排除仅作一般性提及且缺乏实质政策工具安排的文件,最终检索得到 2012—2026 年(截至 4 月)共计 82 份高相关性的政策文本(见图 2)。通过对发文时序、发布主体、工具类型与目标指向等进行归纳分析,可追溯制度体系如何在塑造未来产业中逐步调适、迭代与完善,进而审视系统性科技战略管理“目标设定—执行调节—反馈修正”的演进过程。

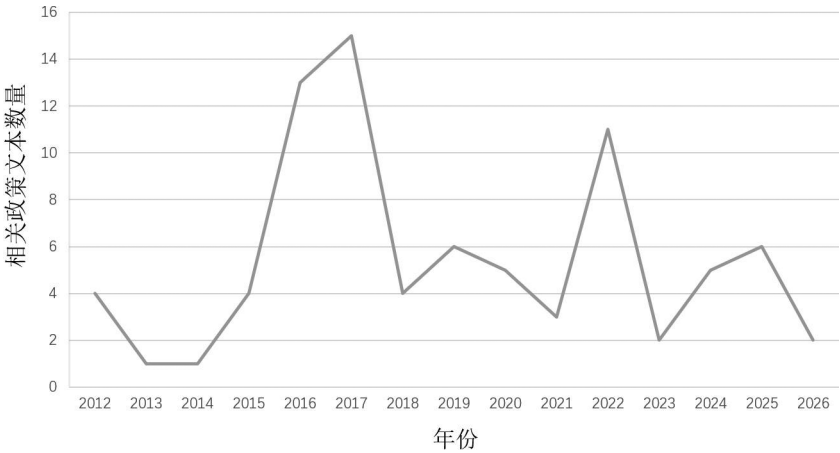


图 2 2012—2025 年我国“机器人”政策发文趋势

（二）关键节点与阶段划分

从发文趋势看,2012—2025 年我国机器人政策出台呈波动态势,其中 2016 年、2017 年和 2022 年是几个高峰,这与标志性时点基本吻合:一是在 2015 年国务院印发《中国制造 2025》,首次将机器人列为十大亟待突破的“重点领域”,确立国家层面的战略牵引;二是 2021 年十五部门印发《“十四五”机器人产业发展规划》,提出更清晰的中期目标与制度安排,如“到 2025 年,我国成为全球机器人技术创新策源地、高端制造集聚地和集成应用新高地”。本文以标志性政策文本为锚点,结合政策目标与政策工具结构变化,形成了政策变迁示意图(见图 3),并将 2012—2025 年间政策演进划分为三个阶段:探索尝试阶段(2012—2015 年)、全面推进阶段(2016—2020 年)、战略转型阶段(2021—2025 年)。

（三）“机器人”政策演进阶段分析

基于上述阶段划分,本节将政策文本所反映的目标取向、政策工具组合与协同治理安排纳入统一分析框架,并以系统性科技战略管理的“战略制定—战略实施—战略评估与迭代”为分析维度,开展跨阶段比较。具体而言,本节重点考察在不同阶段战略管理要素的呈现强度及其组合特征,判断政策演进过程中闭环机制是否逐步形成和完善,并据此识别仍然存在的结构性短板,为后续制度完善建议提供证据支撑(见表 2)。

1. 探索尝试阶段(2012—2015 年):战略方向确立与政策探索布局

2012—2015 年是机器人产业政策的探索布局阶段。以 2012 年国务院印发《工业转型升级规划(2011—2015 年)》为标志,在“加快转变经济发展方式”总体部署下,提出加快发展焊接、搬运、装配

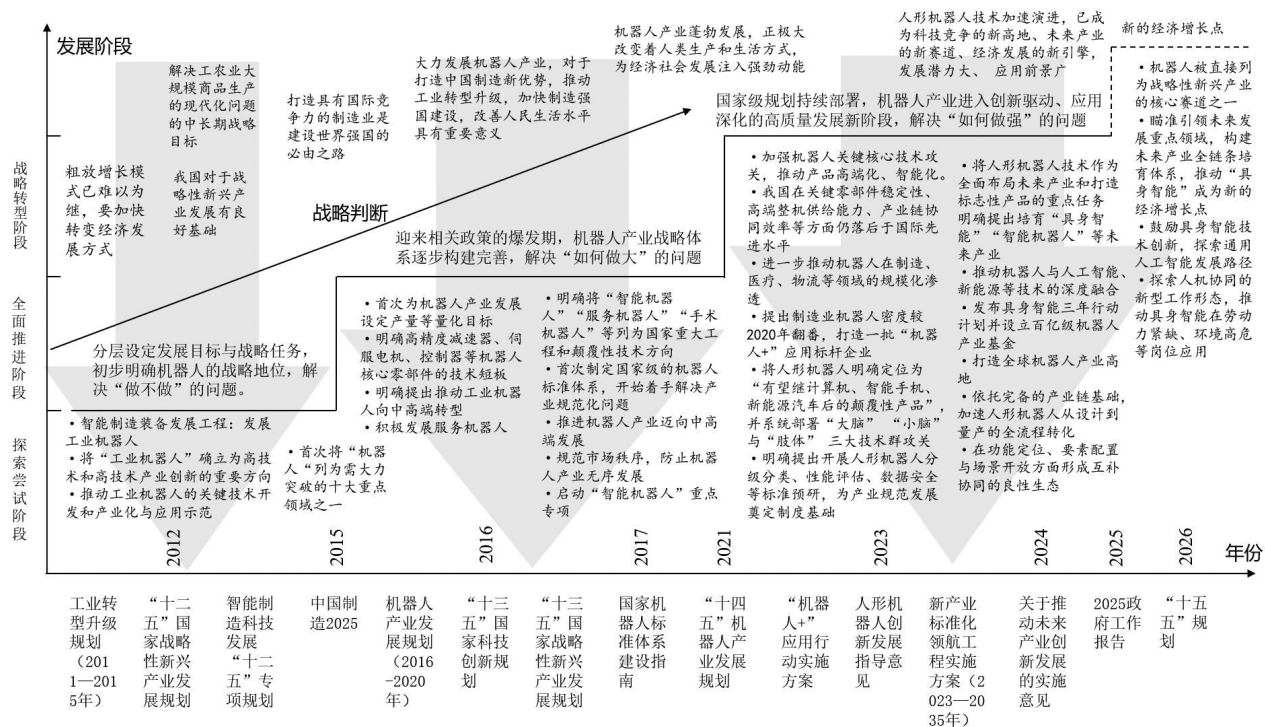


图3 我国机器人政策变迁示意图

表2 我国机器人政策体系三阶段演进表

发展阶段	探索尝试阶段(2012—2015 年)	全面推进阶段(2016—2020 年)	战略转型阶段(2021—2025 年)
核心主题	在高不确定性下识别战略方向,将机器人从制造工具升格为独立战略目标,初步建构产业发展的目标体系。	以系统化推进为主线,构建覆盖多链条、多主体的政策工具组合与协同治理架构,推动战略意图向产业能力转化。	在系统评估前期成效与约束的基础上,完成战略重心的收敛,将多元布局迭代至人形机器人与具身智能等前沿方向。
阶段性特征	目标设定以原则性方向表述为主,缺乏可执行的优先序列与目标解构;战略分层设计初步形成,但任务牵引精度不足。初步识别关键零部件对外依赖的核心约束。	工具组合从单一规划扩展为“规划+标准+专项+平台+市场”等多工具体系,规范性工具首次引入,覆盖维度显著拓展。“中央统筹—地方承载”的协同机制初步成形,区域集群效应显现。	在总结前期成效与约束的基础上,“十四五”规划推动目标体系重构,“评估—规划”的闭环逻辑逐步显现。方向的战略迭代呈现从多元布局向前沿重点方向聚焦。
代表性政策	《中国制造2025》首次将机器人列为十大重点领域。各类规划相继将机器人纳入智能制造装备体系。	《机器人产业发展规划(2016—2020 年)》作为首个专项规划确立系统化推进框架。《国家机器人标准体系建设指南》引入规范治理工具。	十五部门联合印发《“十四五”机器人产业发展规划》。《人形机器人创新发展指导意见》完成未来产业方向的收敛。
结构性短板	目标与执行间落差较大,任务分解、优先序安排和能力边界评估不足,关键零部件与高端技术供给约束尚未被系统纳入战略框架。	前期目标粗放问题有所缓解,但政策工具扩展后跨部门、跨层级协调不足进一步凸显,资源系统集成能力、实时监测和过程性纠偏机制仍然薄弱。	前期协同不足问题有所改善,但过程性评估嵌入深度仍有限,产业发展仍较依赖政策牵引,市场内生动力和战略自主可持续能力尚未充分形成。

等工业机器人,以及安防、深海作业、救援、医疗等专用机器人,开启了机器人产业的落地探索。随后,围绕重大智能装备制造与产业升级需求,2012年《智能制造科技发展“十二五”专项规划》《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》等相继出台,提出了工业机器人总体发展目标,并首次将“发展工业机器人,实现适度规模的自动化生产”确立为高技术产业创新重要方向。彼时,“机器人”被纳入“智能制造装备工程”总体目标中,政策

目标以原则性、方向性表述为主。

随着全球制造业智能化转型加速,机器人相关技术与应用快速落地,推动制造业竞争格局深刻重构。在这一外部环境变化下,我国对制造业“大而不强”的结构性短板形成清晰认知,机器人被进一步赋予支撑工业转型升级与提升系统能力的战略意义。2015 年,国家层面围绕制造强国建设作出系统部署,成为机器人政策体系演进的重要节点。相关战略部署强化了国家层面的战略牵

引,首次将机器人列为需大力突破的“十大重点领域之一”,并明确提出应加快研发“工业机器人”“特种机器人”“服务机器人”等,并拓展其应用场景。在战略任务层面,相关政策开始更具针对性地指向产业核心短板,重点聚焦机器人“感知—决策—执行”能力提升、人机交互与系统集成应用推进,以及机器人本体、减速器、伺服系统、控制器、传感器等关键零部件与系统集成设计制造的瓶颈突破。地方层面随之出台配套政策与专项支持^②,推动产业受关注度提升与资源投入扩张,本土企业也在窗口期中逐步成长。

但是,该阶段政策颁布与产业落地之间仍存在明显落差:一方面,政策配套与实施路径上缺乏细化方案,中央目标在地方转化过程中缺乏有效传导;另一方面,关键核心技术积累不足,产业链关键环节对外依赖度仍然较高,高端供给能力与核心环节自主性尚未有效建立。

2. 全面推进阶段(2016—2020年):系统化推进与政策体系完善

2016—2020年是机器人产业发展的规模扩张与系统化推进阶段。与前期以方向性探索布局不同,该阶段政策重心从“是否发展”转向“如何做”,相关政策密集出台,政策工具日趋多元,覆盖产业规划、技术攻关、标准规范与市场培育等多个层面。

在前期国家层面制造业转型升级战略部署将机器人确立为重点突破方向的基础上,国家对机器人产业的治理逻辑由探索性布局转向系统化推进,机器人产业园区大量涌现。2016年出台的《机器人产业发展规划(2016—2020年)》是首次专门针对机器人产业发展路径的整体设计,提出贯通标志性产品、关键零部件和基础能力建设,设定了阶段性目标与任务安排,体现出以能力塑造为中心的基本导向:一方面,努力集中资源贯通产业链供应链,推动工业机器人向中高端跃升;另一方面,同步拓展服务机器人等新方向,推动产业由

“点状”走向“体系”。此时,我国市场关键零部件仍大量依赖进口,机器人产业上游的核心零部件(如控制器、伺服系统、传动结构、传感技术等)大多掌握在国外厂商手中。

随后,2016年《“十三五”国家科技创新规划》《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》等相继颁布,将“智能机器人”“服务机器人”“手术机器人”等列入战略性新兴产业总体部署,推动机器人由制造业升级的技术工具逐步转变为引领产业结构转型升级的重要指向。相应地,政策关注点转向提升创新体系运行效率和技术供给质量,强调政府引导与市场机制之间的功能协同。

随着产业规模快速扩张与技术路线多样化并进,市场规范与风险治理逐渐提上议事日程。2017年发布的《国家机器人标准体系建设指南》回应了市场快速扩张背景下标准不一、质量参差与同质化竞争等潜在风险,为产业技术迭代与市场秩序规范提供了制度依据,引导企业由低端同质化竞争转向质量和性能竞争。与此同时,工业和信息化部明确了围绕“迈向中高端”和“防止无序发展”的政策取向逐渐明确,转向集中资源培育龙头企业和产业集群,追求核心技术突破,反映出国家在产业加速成长期对结构优化与风险防控的双重考量。

在推进机制上,围绕智能化方向的重点专项与创新平台布局持续加强,并通过地方层面的协同响应,逐步形成“中央统筹—地方承载”推进格局,机器人产业由规模扩张迈向结构优化。产业组织形态方面,部分区域开始呈现集群化发展态势,产业链协同效应逐步显现。本阶段初步形成以服务国家战略目标为牵引、以市场化应用扩散为导向的多元政策体系:政策重点从“工业机器人”拓展至“智能机器人”等方向,政策目标向产业化与规模化应用延伸,并在技术攻关层面前瞻布局下一代机器人、人机协作、学习与认知等方向;

^② 例如:广东省人民政府印发《广东省智能制造发展规划(2015—2025年)》(2015-07-29发布),将智能制造与机器人等作为重点方向之一;深圳市发展和改革委员会发布“未来产业发展专项资金2015年第一批扶持计划(含机器人、可穿戴设备和智能装备产业类)”项目公示(2015-04-24),体现地方以专项资金方式对相关产业进行配套支持。

在治理层面强调科技资源统筹、破除成果转化障碍与强化央地联动,以提升资源集成与执行效能。

综上,2016—2020年我国通过系统化、多层次的战略实施,推动机器人产业规模扩大与结构升级,初步构建了涵盖技术研发、标准规范、市场培育与区域协同的政策生态,为加快机器人产业发展奠定了制度与能力基础。

3. 战略转型阶段(2021—2025年):量质共升与迭代优化

2021—2025年,机器人政策进入以高质量发展为导向的深化阶段。该阶段政策重心聚焦“如何做强”,在系统总结“十三五”发展成效与短板的基础上,进一步完善机器人产业战略方向与治理安排。该阶段不仅延续了前期政策体系,更在评估机制、跨部门协同与前沿聚焦等方面展现出显著的迭代特征。考虑到机器人跨学科、跨行业耦合特征突出,单一部门治理难以覆盖全链条需求,政策体系逐步强化跨部门统筹与全要素协同的制度安排。

2021年,由工业和信息化部等十五部门联合印发《“十四五”机器人产业发展规划》,成为本阶段的顶层设计框架。此《规划》将金融支持、技术标准、应用场景、人才培养以及国防应用需求等各个环节纳入战略考量,着重提出通过联合推进机制强化政策协同。同时,基于关键零部件稳定性、高端整机供给能力、产业链协同效率等方面的客观评估,提出了一系列提质增效的发展目标。与“十三五”时期侧重于“点”上的技术突破不同,“十四五”更强调“系统化”推进,注重产业链整体竞争力提升。

在实施路径上,本阶段更强调以应用牵引带动“技术—产品—产业”的联动推进。2023年,《“机器人+”应用行动实施方案》以场景为抓手,推动机器人在制造、医疗、物流等领域的规模化应用,明确提出打造一批“机器人+”应用标杆企业。同年11月,首个国家级人形机器人专项政策《人形机器人创新发展指导意见》正式出台,明确将人形机器人定位为“有望继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品”,从系统架构层面对智能

决策、运动控制与机械本体等关键技术群进行整体布局。此后,智能化趋势逐渐显现,政策进一步聚焦以“具身智能”为技术内核,以“人形机器人”为标志性载体的发展方向。《关于推动未来产业创新发展的实施意见》(2024年颁布)与《2025年政府工作报告》正式将“人形机器人”“具身智能”列为未来产业发展重点,改变了早期把“工业机器人”作为绝对战略焦点的政策定位。而《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年(2026—2030年)规划纲要》已明确要将“具身智能”作为重点培育的未来产业,推动其成为新的经济增长点,人形机器人的战略地位达到空前高度。在中央政策引导下,地方配套举措呈现差异化推进态势。北京、上海、深圳等地结合自身产业基础和创新资源,形成差异化、互补性的集群化发展格局,推动人形机器人产业在空间布局和功能分工上的协同演化。

本阶段政策体系有延续,也有转型和调整。面对全球科技竞争新态势,特别是具身智能技术加速突破,机器人在工业、消费、公用事业等多场景中的应用潜力得到广泛认可。总体看,在系统评估“十三五”发展成效与短板的基础上,本阶段战略重心从“规模扩张”全面转向“量质共升”,标志着机器人产业进入创新驱动、应用深化的高质量发展新阶段。2021年以来,我国紧跟智能革命浪潮,通过一系列评估与政策迭代,从大而全的多元机器人发展路径,逐步确立“人形机器人”作为未来产业少数领域之一的地位,并强化了跨部门协同机制和金融、标准、场景等配套支撑,构建起覆盖技术攻关、产品创新、场景拓展与生态建设的政策体系,展现了系统性科技战略管理的反馈迭代与动态响应特征。

四、优化系统性科技战略管理的主要路径

机器人政策演进表明,系统性科技战略管理在未来产业培育中已发挥显著作用。随着政策体系不断完善,产业能力不断提高,当前机器人产品正加速向应用场景渗透,在物流配送、医疗辅助、康复训练等领域加快落地。以人形机器人为例,2025年国内人形机器人整机企业数量已超140

家,发布人形机器人产品超 330 款,全球人形机器人出货量排名前十的企业中,中国公司占前六席^[39]。但也应看到,虽然人形机器人“赋能千行百业”正在加速实现,但与真正“融入千家万户”还有不小距离,关键核心技术和高端供给体系仍面临一定瓶颈。客观来说,我国机器人产业发展仍较大程度依赖政策牵引,产业链价值创造结构仍未从政策驱动转向市场牵引的稳态格局,市场内生动力尚未真正显现。因此,从未来产业培育角度,要形成自主可持续的“自我造血”能力,仍有赖于完善以构建制度型市场为核心、以有为政府和有效市场相结合的系统性科技战略管理体系。

本节结合机器人产业演进经验,围绕系统性科技战略管理的效能提升,结合第二部分提出的战略制定、战略实施、战略评估与迭代三个环节提出优化路径。

(一) 细化目标体系,强化战略制定的需求前置

前文显示,在战略制定层面往往存在目标与执行的落差,出现缺乏将“重大需求”与“真实能力”系统性嵌入目标体系的制度机制。相较于以技术供给为起点的传统战略制定逻辑,面向未来产业更需要将“重大需求”作为牵引变量前置嵌入目标体系,使目标本身成为连接科技创新与经济产业价值的关键枢纽。从科技创新实践看,许多前沿技术之所以长期停留在实验室或中试阶段,根本原因是战略目标层面对需求的刻画过于抽象,未能形成对技术路线选择和资源配置的有效约束。

目标细化的关键在于形成“宏观—中观—微观”的递进结构。宏观层面,战略目标应回应国家安全、产业竞争力和公共治理等重大需求,明确未来产业发展“何为”;中观层面,需将重大需求转化为若干具有技术指向性的任务集群,为未来产业演进提供“脚手架”;微观层面,则需引入具体应用场景与可量化的工程目标,使战略目标最终具有可执行、可检验的“落脚点”。例如,机器人早期需求多源于公共服务、极端环境作业、复杂系统工程等领域,将此类需求前置并结构化表达,有助于在技术尚未成熟时提供明确稳定的研究方向。

针对战略环境扫描不足和能力边界刻画粗放的问题,目标细化还须以系统性的能力评估为约束条件,防止目标设定脱离现实能力。因此,需要在制定前端建立覆盖全球技术格局、竞争对手能力动态与国内供给短板的结构化战略扫描机制,将“卡脖子”风险评估制度化,进而对特定技术方向的比较优势、关键短板与能力上限形成清晰判断。

(二) 优化政策工具组合,增强跨主体协同治理

随着政策体系由方向性部署转向系统化推进,跨部门、跨层级协调不足和资源系统集成能力偏弱的问题进一步凸显。面向未来产业的系统集成需求与高度不确定性,战略实施的核心挑战在于如何在多主体、多层次协同框架中保障资源配置效率与执行一致性。政策工具应随产业阶段动态切换。在技术不确定性高、商业模式尚未稳定的早期阶段,市场往往因高风险而难以自发形成有效投入。此时政策供给的核心功能,在于通过标准预研、场景开放与长期稳定预期塑造的制度安排,降低创新主体进入未来产业的系统性风险。随着技术逐步成熟,若政策仍停留在普惠性补贴或行政主导层面,反而可能固化路径选择、抑制竞争机制的作用。政策工具随产业演进阶段动态切换,是避免“政策替代市场”的制度前提。

在未来产业培育中,任何单一部门的政策供给都难以覆盖从基础研究到场景落地的全链条,因而跨部门、跨层级协同机制就显得尤为重要。机器人产业演进历程表明,制约战略实施质量的瓶颈往往并非各主体能力不足,而是他们之间缺乏有效的制度接口。因此,构建有效协同机制的核心,在于从制度设计层面厘清跨部门的任务界面与责任边界,在央地关系层面建立可追踪的目标传导机制,并通过契约化的政产学研联合体将分散的创新要素统一于战略目标之下。针对过程性纠偏能力的问题,应在实施层面同步嵌入动态监测机制,将关键节点的执行进度、资源情况与阶段性产出纳入实时追踪体系,使战略实施过程具备自我感知与及时矫正的能力。

(三)健全过程性反馈机制,提升制度学习能力

战略转型阶段虽已强化跨部门协同和场景牵引,但过程性评估嵌入深度仍然有限,市场内生动力尚未充分形成。客观来说,既有的评估机制未能将评估所积累的信息与判断有效转化为调整战略目标、优化政策工具、激活市场动力的反馈。未来产业具有技术路线分化特征,评估应更强调过程感知、结构识别与趋势预判,其根本目的在于增强战略系统的自适应能力。

评估框架应关注“结构变化”,而不仅是“进展快慢”。在多主体并行推进、技术路线高度分化的情形下,单一指标或静态评估难以反映系统运行的真实状态。评估除关注技术成熟度、技术泛化力或产业规模等显性结果指标外,还应关注资源配置结构、协同关系强度以及关键节点的瓶颈变化。同时,评估结果还应作为政策工具退出、转向或强化的依据,推动产业发展从单一政策牵引逐步转向政策引导与市场选择相结合。当然,动态评估也不等同于频繁调整战略方向,其关键在于区分“应当坚持的长期方向”与“需要灵活调整的技术路径”,防止在技术演进早期因短期波动而造成战略摇摆。

健全评估机制不仅仅能更好地检验项目成效或分配资源,它本身还能促进制度学习。未来产业的发展路径无先例可循,评估所积累的数据、经验与判断,都将持续塑造国家对技术演化规律和产业发展机制的认知结构。这种“边实施、边评估、边学习”的过程,也能有效推动系统性科技战略管理的科学化,从而在制度层面形成可持续的竞争优势。

综上,市场化产业生态的形成,关键在于实现政府战略引导与市场选择机制的有效衔接。系统性科技战略管理所追求的,不是用政策替代市场,而是在关键阶段通过针对性的制度供给,塑造有利于创新扩散与价值提升的产业生态。成熟的市场化产业生态必然是在长期战略引导、制度供给与市场选择交互作用中逐步演化的结果。政策应聚焦市场失灵最为突出的环节,如共性技术供给、

基础设施建设与高风险场景的初期培育等,同时为市场竞争保留充分空间,使企业在产品形态、商业模式与技术路线选择上承担真实的竞争压力。系统性科技战略管理使未来产业能够在“政策托举”与“市场筛选”之间平稳过渡,最终形成以企业为主体、以需求为导向、以创新为核心的自我演化体系。

参考文献:

- [1] GREEN D. Promoting the industries of the future: the search for an industrial strategy in Britain and France [J]. *Journal of public policy*, 1981, 1(3): 333-351.
- [2] 周波, 冷伏, 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.
- [3] 潘教峰, 王晓明, 薛俊波, 等. 从战略性新兴产业到未来产业: 新方向、新问题、新思路 [J]. *中国科学院院刊*, 2023, 38(3): 407-413.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 梁江, 刘冀生. 试论战略管理学科的研究框架及发展趋势 [J]. *中国软科学*, 2002(6): 64-67.
- [7] CHANDLER A D JR. *Strategy and structure: chapters in the history of the American industrial enterprise* [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1969:13.
- [8] CHANDLER A D JR. *The visible hand: the managerial revolution in American business* [M]. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1977: 78-81.
- [9] NELSON R R, WINTER S G. *An evolutionary theory of economic change* [M]. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1982: 134.
- [10] PORTER M E. Technology and competitive advantage [J]. *Journal of business strategy*, 1985, 5(3): 60-78.
- [11] FREEMAN C. *Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan* [M]. London: Pinter Publishers, 1987: 12-18.
- [12] TEECE D J, PISANO G, SHUEN A. Dynamic capabilities and strategic management [J]. *Strategic management journal*, 1997, 18(7): 509-533.
- [13] HEKKERT M P, SUURS R A A, NEGRO S O, et al. Functions of innovation systems: a new approach for analysing

- technological change[J]. *Technological forecasting and social change*, 2007, 74(4): 413-432.
- [14] BERGEK A, JACOBSSON S, CARLSSON B, et al. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: a scheme of analysis[J]. *Research policy*, 2008, 37(3): 407-429.
- [15] MAZZUCATO M. Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities [J]. *Industrial and corporate change*, 2018, 27(5): 803-815.
- [16] MARTIN B R. Foresight in science and technology[J]. *Technology analysis & strategic management*, 1995, 7(2): 139-168.
- [17] PHAAL R, FARRUKH C J P, PROBERT D R. Technology roadmapping: a planning framework for evolution and revolution [J]. *Technological forecasting and social change*, 2004, 71(1/2): 5-26.
- [18] GEORGHIOU L, KEENAN M. Evaluation of national foresight activities: assessing rationale, process and impact[J]. *Technological forecasting and social change*, 2006, 73(7): 761-777.
- [19] BORRAS S, EDQUIST C. The choice of innovation policy instruments[J]. *Technological forecasting and social change*, 2013, 80(8): 1513-1522.
- [20] FU X, PIETROBELLI C, SOETE L. The role of foreign technology and indigenous innovation in the emerging economies: technological change and catching-up[J]. *World development*, 2011, 39(7): 1204-1212.
- [21] AHMADPOOR M, JONES B F. The dual frontier: patented inventions and prior scientific advance[J]. *Science*, 2017, 357(6351): 583-587.
- [22] World Intellectual Property Organization. World Intellectual Property Report 2019: the geography of innovation: local hotspots, global networks[R]. Geneva: WIPO, 2019: 96-97.
- [23] 池宏. 系统分析在科技战略研究中的作用[J]. *中国科学院院刊*, 2016, 31(8): 936-939.
- [24] 陈凯华, 薛泽华, 张超. 国际发展环境变化与我国科技战略选择: 历史回顾与未来展望[J]. *中国科学院院刊*, 2023, 38(6): 863-874.
- [25] 高玉峰, 孙棕檀. 国防重大前沿技术遴选预测方法构建与验证[J]. *科学决策*, 2021(6): 122-136.
- [26] 廉振宇, 顾桐菲, 薛奇, 等. 一体化国家战略体系和能力研究: 概念、框架与构建途径[J]. *科学学研究*, 2023, 41(4): 615-622.
- [27] 孙琴, 刘戒骄, 胡贝贝. 关键核心技术突破能力建设需求分析[J]. *科研管理*, 2024, 45(3): 31-41.
- [28] 黄强. 加强创新资源统筹和力量组织[N]. *人民日报*, 2024-08-23(9).
- [29] 袁彬悠, 吕红波. 波士顿矩阵应用扩展研究[J]. *经营与管理*, 2012(6): 22.
- [30] 李晓红. 推动科技创新和产业创新深度融合[J]. *求是*, 2025(7): 30-34.
- [31] 吴伟, 马继伟, 陈婵, 等. 以产业融通、人才集聚、政策赋能为支撑全面提升民营企业科技创新能力: 第七届“科教发展季谈会”专家观点摘编[J]. *科教发展研究*, 2025, 5(4): 108-116.
- [32] 魏江, 吴伟, 李拓宇. 有效市场与有为政府相结合促进产业技术跨越: 基于“市场需求—技术体制—制度安排”耦合模式的研究[J]. *中国工业经济*, 2026(1): 5-28.
- [33] [美]安德鲁·克雷佩尼维奇, 巴里·沃茨. 最后的武士: 安德鲁·马歇尔与美国现代国防战略的形成[M]. 张露, 等译. 北京: 世界知识出版社, 2018: 287.
- [34] DALKEY N, HELMER O. An experimental application of the Delphi method to the use of experts[J]. *Management science*, 1963, 9(3): 458-467.
- [35] MAYNE J. Addressing attribution through contribution analysis: using performance measures sensibly[J]. *Canadian journal of program evaluation*, 2001, 16(1): 1-24.
- [36] WEHRICH H. The TOWS matrix: a tool for situational analysis[J]. *Long range planning*, 1982, 15(2): 54-66.
- [37] DE SOUSA G C, CASTAÑEDA-AYARZA J A. PESTEL analysis and the macro-environmental factors that influence the development of the electric and hybrid vehicles industry in Brazil[J]. *Case studies on transport policy*, 2022, 10(1): 686-699.
- [38] 郑栅洁. 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》实施中期评估报告[R]. 北京: 国家发展和改革委员会, 2023.
- [39] SU L J. Omdia market radar: general-purpose embodied intelligent robots, 2026[R]. Omdia, 2026: 7-8.