

# 颠覆性技术形成产业的规律探析

李莉<sup>1,2</sup>, 李平<sup>3</sup>, 曹晓阳<sup>1,2</sup>

(1. 北京应用物理与计算数学研究所; 2. 中国工程科技创新战略研究院;  
3. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所)

国家“十四五”规划提出，在类脑智能、量子信息、基因技术、未来网络、深海空天开发、氢能与储能等前沿科技和产业变革领域，组织实施未来产业孵化与加速计划，谋划布局一批未来产业。2023年12月召开的中央经济工作会议也提出：“要以科技创新推动产业创新，特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能，发展新质生产力。”由此可见，颠覆性技术、未来产业已成为世界各国构建竞争新优势的必争领域。颠覆性技术创新是推动未来产业的关键，反过来未来产业的培育和发展壮大，需要深刻剖析颠覆性技术形成产业的过程、特殊性、创新生态系统，把握颠覆性技术形成产业的规律。通过在关键阶段和节点构建适宜的产业创新生态系统，助力颠覆性技术创新不断试错收敛面向未来产业。不同于Christensen提出的“低端切入”颠覆性技术，本研究采用国家宏观视角对颠覆性技术进行定义（刘安蓉，2018），能重构应用领域的体系和秩序，是“改变游戏规则”、

推动人类经济社会变革的根本性力量，此类颠覆性技术具有较高技术密集度、能服务国家战略需求。

## 一、颠覆性技术形成产业的过程

从长周期来看，颠覆性创新是在渐进性创新的“量变”积累上产生的“质变”，两种创新模式交替促进了技术进步和产业发展（见图1）。渐进性创新是连续的，在市场稳定时期往往能持续给企业带来稳定利润，推动企业进一步在已有范式上深化产生累积性、持续性的技术进步。但是“量变”的积累一方面在提升企业核心能力的同时也使得企业产生惯性和路径依赖，主要注意力也在现有顾客而非潜在顾客上，因此导致企业失去对新技术和潜在市场的敏感性，从而产生“核心黏性”。但是这种状态不是一成不变的，新的企业会抓住一切机会或从技术上进行自上而下或从低端市场自下而上逐步进入主流市场，新的竞争企业进入会打破相对稳定的市场结构时，竞争

冲击或者市场结构的变化会带来对现有行为模式的否定引发不连续的质变，迫使在位企业进行革命性的变革否则就会被颠覆，进而颠覆性创新得以实现（李莲花，2021）。

从形成产业的过程来看，颠覆性技术形成产业遵循科学发现到形成新兴产业的共性过程框架和规律（见图2）。这个过程是漫长而复杂的，科学、技术、应用和市场交替成为不同阶段的主导因素。技术主导阶段由科学主导阶段发展而来，开展的主要活动是技术研发和技术应用，此时多条技术路线同时进行探索。当出现商业应用示范时，则进入应用主导阶段，当产品的性能、成本优势随着应用的推广进一步得到市场确认，则可以认为主导设计出现。主导设计下的产品进一步将低成本和高性能的产品进行大规模市场示范，标志着进入市场主导阶段，这一阶段产业快速发展，大量企业进入市场，市场规模在一段时间里快速增加，直至进入成熟阶段。成熟阶段市场规模增速趋缓，企业间兼并重组频繁，容易出现领先企业。值得注意的是，颠覆性技术形成产业的过程中存在一系列关键节点，包括：技术到应用节点（T-A）、应用到市场的节点（A-M），以及

市场到产业（M-I）的节点。其中，技术到应用节点（T-A）主要关注技术开发和可以向消费者进行系统示范应用；应用到市场的节点（A-M）主要关注将低成本和高水平的示范成果推向具有潜力的市场，这一阶段由于风险大、不确定高，私营资本和企业往往不愿意投入，而政府资金侧重于基础研究，导致颠覆性技术面临第一个“死亡之谷”，一旦跨越则能实现技术到市场的转变。此外，市场到产业（M-I）的节点主要关注市场、商业化和资源优化配置等，这一阶段将面临利益网络、价值网络和各种市场、社会体制形成的第二个“死亡之谷”，一旦跨越将实现市场到产业化的转变（曾路，2014）。因此，对颠覆性技术形成产业的支持，需要高度关注这些关键节点，支持和刺激这些关键节点的形成和过渡，是颠覆性技术形成产业的创新生态系统的着力点。

从战略生态位的视角看，颠覆技术形成产业的演化过程可以分为“技术选择→市场选择→市场建立→市场扩大→范式形成”五个阶段。在这五个阶段中，需要跨越两个“死亡之谷”，由技术进入市场会经历第一次“死亡之谷”，由市场步入产业化会经历第二次“死亡之谷”（许泽

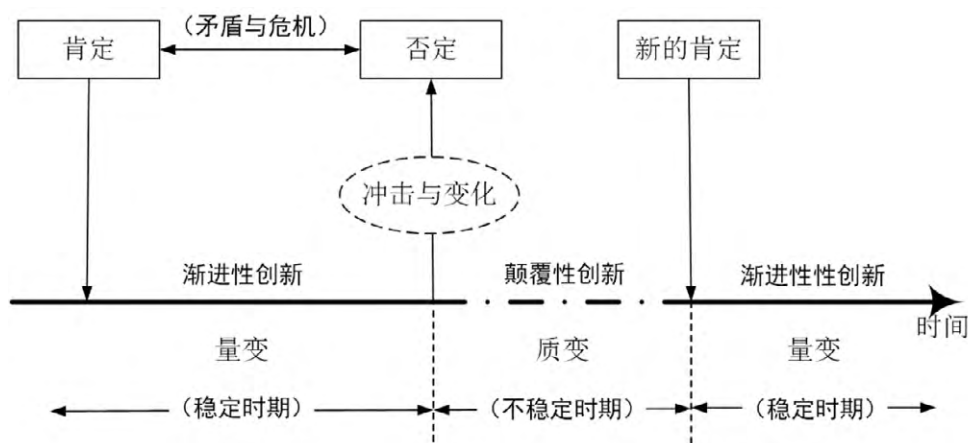


图1 渐进性创新与颠覆性创新的交替过程

浩, 2017), 如图3所示。

## 二、颠覆性技术形成产业的特殊性

作为特殊的一类新兴技术, 颠覆性技术形成产业的过程也极富特殊性。本文认为颠覆性技术形成产业具有不连续性、爆发性、边缘性、不确定性和替代性。

一是不连续性。从来源起点来看, 颠覆性技术不是现有延长线上的技术, 是“0—1”、非连续的技术, 具体表现为新的技术轨道的出现。颠覆性技术归纳起来无非有三大来源: 一是科技驱动, 即基于科学原理重大突破或重大集成创新产

生颠覆性技术; 二是应用驱动, 即技术跨学科、跨领域或非常规地应用形成颠覆性技术; 三是设计驱动, 即以颠覆性思路解决问题催生颠覆性技术(问题导向/战略导向), 如苹果手机、Space X猎鹰可回收火箭。

二是爆发性。从演化过程来看, 颠覆性技术经历酝酿、萌芽、潜伏、形成、成长、成熟这个漫长的过程, 随着其产品性能的提升和市场的逐步扩大, 将在某一时刻出现“爆发点”, 主流产品出现, 催生潜力巨大的市场。从更长的周期来看, 这种“爆发性”体现在稳定时期长期连续性的量变, 由于冲击或者结构变化引发质变的出

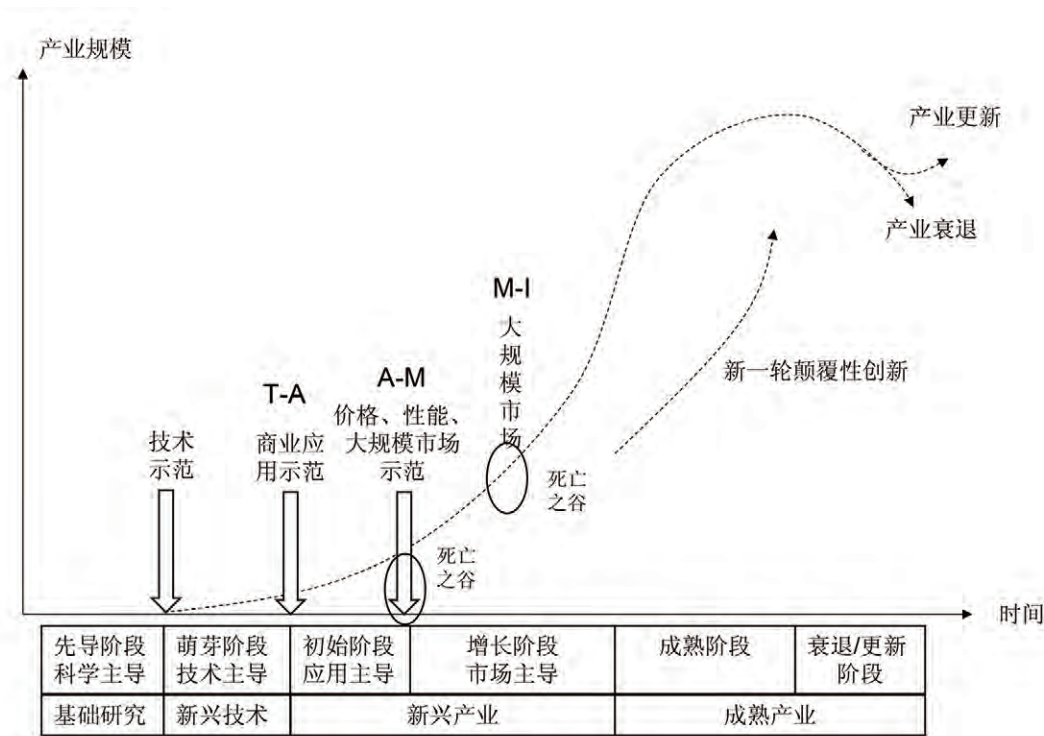


图2 颠覆性技术形成产业遵循的共性过程框架

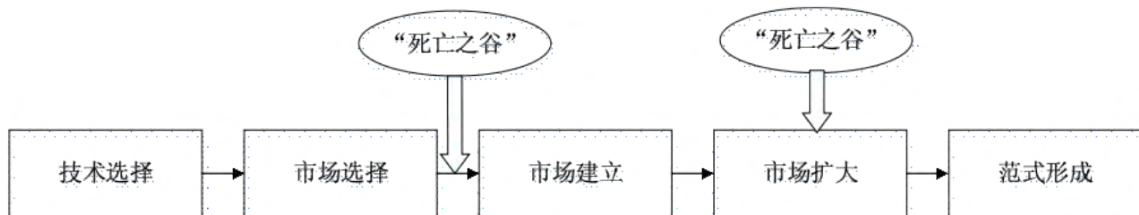


图3 颠覆性技术形成产业的演化过程示意图

现，即在长期连续的渐进性创新过程中颠覆性创新的突然出现，带来对在位企业市场规模的蚕食和破坏。

三是边缘性。从市场切入方式来看，由于主流产品在市场上的支配地位，颠覆性技术无论是低端切入、高端切入还是新市场切入，都属于从边缘性市场切入。

四是不确定性。体现技术、管理和市场冲突多个方面。首先，作为新生革命性技术（变轨技术），颠覆性技术与现有的主导设计和技术体系存在巨大冲突；其次，旧的管理体系不仅不适应颠覆性技术发展，往往还会阻碍甚至排斥颠覆性技术发展，存在巨大的管理冲突；最后，市场中在位企业由于新进企业的进入会产生动态竞争，市场运行结果具有不确定性。

五是替代性。从效果来看，无论是非延长线上技术的突破带来的技术替代，还是颠覆性技术重大突破后引发的产品与服务（还包括工艺装备和设计方法）的更新换代或新产品形态的全新呈现，或是整个产业组织管理模式、产品制造生产模式、商业运行模式的变革，无一不体现颠覆性技术带来的技术替代、市场替代和产业替代。

### 三、颠覆性技术形成产业的创新生态系统

颠覆性技术形成产业的创新生态系统与颠覆性技术产业生命周期和创新动态过程密切相关。颠覆性技术形成产业的创新生态系统是系统的结构和功能随时间而发生变化的过程，包含产生、发展、成熟、衰退和更新等过程，是由一种平衡状态转变为另一种平衡状态的过程。本文结合颠覆性技术形成产业的演化过程和规律，认为颠覆性技术形成产业的创新生态系统历经孕育期、萌芽期、成长期、成熟期和衰退期五个演化的阶段

（见图4）。各阶段创新主体数量、相互联系和资源流动状态不同，如表1所示。

#### （一）孕育期

该阶段在战略生态位视角中对应于技术选择。由于技术创新的驱动和市场需求的拉动，各方力量（高校、政府、产业界和科研机构等）持续进行技术创新活动，需要及时从技术簇中识别、挑选出颠覆性技术，并预测其在将来的发展中能否具备“改变游戏规则”的潜力并给予支持。历史证明，基于重大科学突破的颠覆性技术往往均是被在位企业研发出来但迫于原有价值网络固化而不得而被放弃，最终在新企业或新地区发展壮大，如数码相机和晶体管，颠覆了“柯达”，缔造了“硅谷”，因此需要重视技术选择。

该阶段技术处在研发期，技术的经济价值和市场价值不确定性明显，风险巨大，没有生产投入，少数创新主体率先开展新技术研发。进行颠覆性技术创新的企业、科研院所、高校等创新主体大多在内部进行自主创新，创新主体间基本没有协同或协同程度低。

#### （二）萌芽期

该阶段在战略生态位视角中对应于市场选择。技术选择后，颠覆性技术不断试错、迭代，加快更新成长，逐步找到能够立足的市场空间，实现由技术到市场第一次“死亡之谷”的跨越，完成市场选择。这一时期颠覆性技术往往在主流企业看不上或不能满足的边缘市场进行布局，因而颠覆性技术产品对应的用户也来自边缘市场或者新的利基市场。

对应于这一时期的颠覆性技术形成产业的创新生态系统，围绕产品创新开发新技术，技术成长更新加快，但技术尚不成熟，仍处在不断尝试

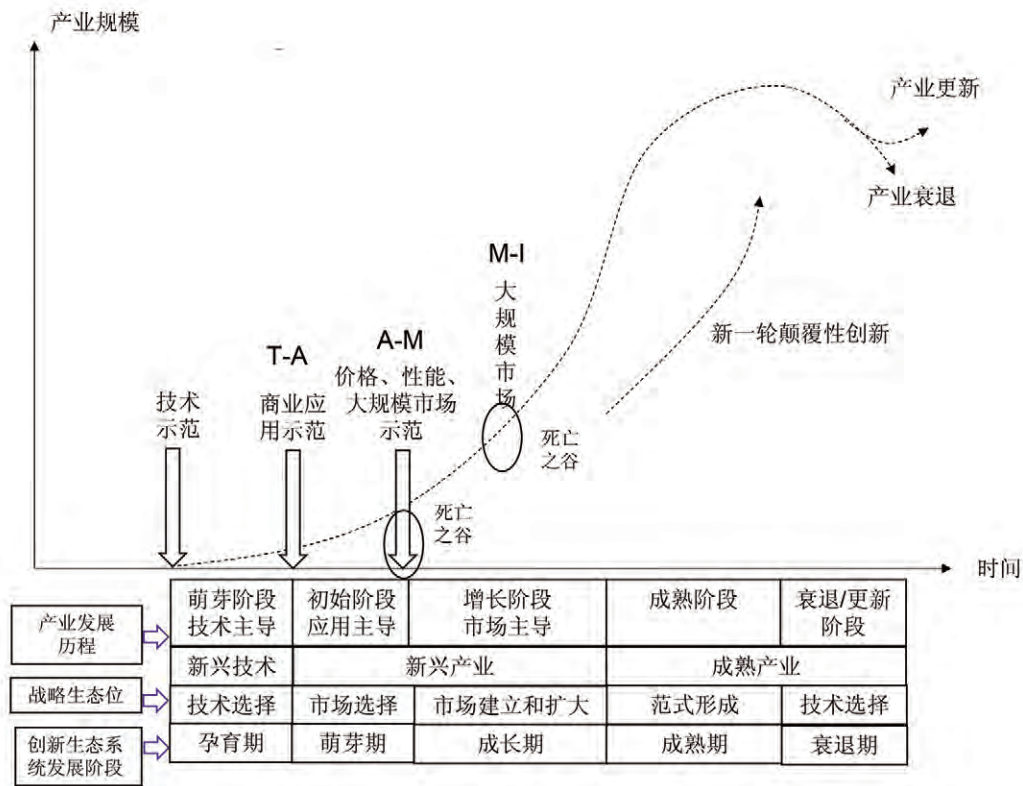


图4 颠覆性技术形成产业的创新生态系统演化阶段示意图

表1 各阶段创新生态系统中创新主体数量、相互联系和资源流动状态

	创新主体数量、相互联系和资源流动状态
孕育期	技术处在研发期，少数创新主体率先开展新技术研发。进行颠覆性技术创新等创新主体大多在内部进行自主创新，创新主体间基本没有协同或协同程度低。
萌芽期	技术尚不成熟；虽已开发出新产品，产品主导设计上不确定。创新主体开始集聚并逐步加强合作，政府鼓励创新主体间建立联系和合作，给予政策支持。
成长期	逐步形成具有稳定结构和技术优势的主导产品设计。进行颠覆性技术创新的企业、科研院所、高校等创新主体数量迅速增加，创新资源逐步形成网状集聚，产业链、创新链、资金链、服务链逐步形成网络。
成熟期	创新主体之间竞争合作相对稳定，创新主体间合作继续加深，集群内小集团效应会随着集群的发展而降低，核心企业作用会下降。
衰退期	系统的规模逐步减小，创新主体种类和数量减少，创新资源流动效率降低并开始向系统外流出。

和纠错阶段；虽已开发出新产品，但产品性能存在明显不足，产品更新和市场变化频繁，产品主导设计上不确定。这一时期，创新主体开始集聚并逐步加强合作，政府鼓励创新主体间建立联系和合作，给予政策支持。但整体来看企业相对无序，创新主体之间的联系较为松散，无集群优势，集群之间相互联系少，市场不稳定。

### (三) 成长期

该阶段在战略生态位视角中对应于市场建立和市场扩大。通过市场的选择，颠覆性技术能够不断改进产品性能和提升自身技术，从而迅速以低成本的方式逼近甚至领先主流技术，也使得未来市场的主流需求逐渐被替代。进入到市场扩大阶段，虽然颠覆性技术的主流性能已经基本追上

原技术产品，但基于颠覆性技术基础上成立的新兴企业会面临诸多困难，如原技术产品建立的市场体制、组织体制以及市场份额仍然占据主导地位的边缘市场上获得的利润空间较低，颠覆性技术面临由市场步入产业化，跨越第二次“死亡之谷”的困难和阻碍，必须集中资源和能力进行学习和解决颠覆性技术在技术和组织上的障碍，形成与其运行环境相匹配的能力和组织结构。跨越第二次“死亡之谷”的颠覆性技术产品进入量产爆发期，此时颠覆性技术逐渐走向主流市场，通过颠覆性技术创新扩散，与主流技术产品展开正面竞争，从而实现扩大市场的目的。

对应于这一时期的颠覆性技术形成产业的创新生态系统，新技术范式下技术逐步成熟，逐步形成具有稳定结构和技术优势的主导产品设计。进行颠覆性技术创新的企业、科研院所、高校等创新主体数量迅速增加，创新资源逐步形成网状集聚，产业链、创新链、资金链、服务链逐步形成网络，可能由于“地理接近、文化相同”等原因出现集群优势、区域极化，核心企业重要作用逐步凸显。

#### （四）成熟期

该阶段在战略生态位视角中对应于范式形成。随着颠覆性技术的快速发展，将替代原技术成为市场领导者，随之而生的新产业也逐步发展壮大，社会经济体制也在这个过程中不断经历颠覆和变革。

对应于这一时期的颠覆性技术形成产业的创新生态系统，创新主体之间竞争合作相对稳定，创新主体间合作继续加深，集群内小集团效应会随着集群的发展而降低，核心企业作用会下降。

#### （五）衰退期

颠覆性技术形成产业的创新生态系统也会经

历衰退期。该阶段在战略生态位视角中对应于新一轮的技术选择。原系统进入稳定期以后由于缺乏新的增长动力，系统的创新能力下降、创新环境逐步恶化，进而原系统走向衰退。这一阶段系统的规模逐步减小，创新主体种类和数量减少，创新资源流动效率降低并开始向系统外流出。但是，当新的颠覆性技术开始出现、孕育和发展时，系统可能得到进一步优化并进入新的循环，或者是原系统逐步衰退而另一个新的颠覆性技术形成产业的创新生态系统将会出现并逐步发展、趋于稳定。因而整体来看系统结构将从最初的稳定状态随着衰退期的到来逐步转化为不稳定、非平衡状态，最后又会形成新的有序结构，从而实现周而复始的循环。

颠覆性技术形成产业的创新生态系统是具有参差交错的复杂结构关系的动态、开放、复杂的自适应系统，该系统由创新企业与外围高校、科研院所、科技中介、投资机构、孵化器、创新平台、政府等创新群落以及群落之间、群落与创新环境之间相互作用而形成，进一步可细分为核心层、辅助层、环境层（见图5）。

### 四、政策建议

颠覆性技术形成产业的创新生态系统与颠覆性技术形成产业的演化过程密切相关，需要将创新生态系统这一创新范式上升至国家战略层面，在不同阶段制定不同政策，从创新生态系统的视角分阶段考虑如何充分发挥各类主体的作用，助推颠覆性技术形成产业。

技术主导阶段（对应创新生态系统的孕育期）：加大基础研究财政资金投入力度，营造宽松和宽容失败的文化氛围；充分发挥国家战略科技力量作用，提升原始创新和关键核心技术攻关

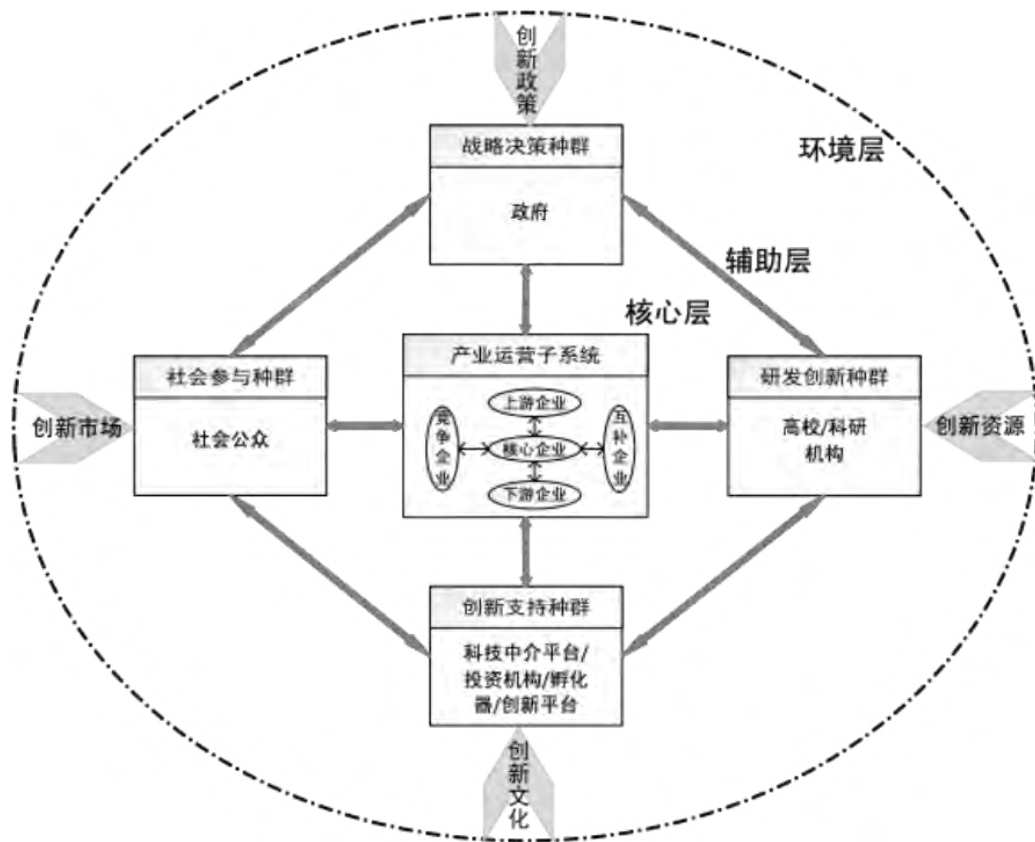


图5 颠覆性技术形成产业的创新生态系统结构

能力；探索和推动颠覆性技术专项计划管理和评价机制，早期方向选择要重视概念研究论证，回答技术方向可行性和攻关任务的关键目标；对于目标明确但路径不清晰的技术研发任务，采用多主体“赛马制”共同推进并持续进行动态调整；合理安排前沿探索和工程研制的比例，发挥资源的最大效应。

应用主导阶段（对应创新生态系统的萌芽期）：协调引导高校院所、企业、科技中介、投资机构、创新平台、核心用户等多主体早期介

入技术研发与集成成熟化全过程，形成“科技—产业—金融”良性循环，贯通颠覆性技术突破带动未来产业萌芽成熟的创新链条；启动应用示范工程，打造一批颠覆性技术应用场景，完善开放机制。

市场主导阶段（对应创新生态系统的成长期）：建立健全风险投资、信贷、担保等财政配套政策，增加示范类项目获得投资的机会，鼓励市场和企业尽早介入；营造公平竞争的市场环境，注意识别风险，统筹新旧产业接替，创新监管模式。科技

本研究受以下项目资助：①中国工程院重点咨询项目“颠覆性技术与科技迷雾战略问题研究”（2022-HZ-03）；②中国工程院重大咨询项目“支持科技自立自强的重大颠覆性技术战略研究”（2022-HYZD-08）；③国家自然科学基金专项项目“面向2040消费需求的重点领域工程科技发展方向研究”（L222400054）；④“中国技术经济学会青年人才托举工程项目”（No.YESS20220455）。

本文通信作者：李平