引用格式:蒋石梅, 徐尚成. 高新技术企业创新生态系统构建机制——基于突破性创新的驱动作用[J]. 技术经济, 2025, 44(11): 123-140.
Jiang Shimei, Xu Shangcheng. Mechanism of constructing an innovation ecosystem for high-tech enterprises: based on the driving role of breakthrough innovation[J]. Journal of Technology Economics, 2025, 44(11): 123-140.

技术经济管理

高新技术企业创新生态系统构建机制
——基于突破性创新的驱动作用

蒋石梅, 徐尚成
(河北工业大学经济管理学院, 天津 300401)

摘 要: 为了揭开企业如何从实现一次突破性创新到成功构建创新生态系统,进而实现多次突破性创新这一复杂过程的"黑箱",以高新技术企业大疆为研究对象,开展纵向单案例研究,分析突破性创新驱动下创新生态系统构建机制。结果表明:第一,高新技术企业突破性创新驱动构建创新生态系统遵循"单维低阶突破性创新→专业技术生态系统→双维中阶突破性创新→专业商业生态系统→多维高阶突破性创新→跨领域技术生态系统与商业生态系统"的多维度螺旋迭代规律,螺旋迭代的本质为以技术为起点、生态为杠杆、价值为终点。第二,企业核心能力是连接突破性创新与创新生态系统的重要介质,而突破性创新所带来的溢出效应则是揭示二者关系的底层逻辑。第三,技术的领先与扩散是创新生态系统中核心企业形成的前提与关键。本文从企业突破性创新与创新生态系统二者关系视角的研究丰富了企业创新生态系统相关理论,提出了高新技术企业实现多次突破性创新的可能性,为高新技术企业从技术领先到创新体系领先提供了思路。

关键词: 突破性创新; 创新生态系统; 企业核心能力; 核心企业; 大疆
中图分类号: F270 **文献标志码**: A **文章编号**: 1002-980X(2025)11-0123-18
DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J24070311

一、引言

当前世界处于百年未有之大变局中,面对新一轮科技革命和产业变革下颠覆性、变革性、前沿性技术冲击,高质量技术创新日益成为经济和科技竞争力的关键[1]。这要求中国重新整合科技资源,围绕以科技创新推动产业创新、提高全要素生产效率的主线,培育和发展新质生产力[2]。新质生产力的核心在于颠覆性技术的突破,即重要领域核心技术的突破性创新[3]。作为一种特殊的技术创新,突破性创新因其高风险高收益的特征引起了各大企业尤其是高新技术企业的高度重视。相较于其他类型的企业,高新技术企业有着更强的技术前沿性、更广泛的研发需求及更高层次的创新水平。因此,他们对于突破性创新的需求也更加迫切。然而在激烈的竞争环境中,高新技术企业一次突破性创新所带来的技术领先只是暂时的,实现突破性创新后并不可以一劳永逸。资源基础观认为,占据不可复制资源的企业也正面临着被竞争者淘汰的风险:它们的优势最终成为他们的绊脚石,因为这些资源往往是非可持续的[4]。企业如何在一次突破性创新所带来技术领先的情况下实现多次的突破性创新呢?

传统研究往往聚焦于特定情况下突破性创新的偶然发生机制,而要实现多次的突破性创新,必须将突破性创新置于系统视角之下,并深入探索其在宏观创新体系中产生的系统性过程。从系统角度出发,突破性创新是包括技术创新、制度创新和能力开发在内的错综复杂的系统性工程,突破性创新科技政策体系更是一个涉及多主体多层次的全局性战略问题[5]。对于企业而言,实现多次的突破性创新需要企业跳出传统

收稿日期: 2024-07-03
作者简介: 蒋石梅(1966—),博士,河北工业大学经济管理学院教授,博士研究生导师,研究方向:创新管理、创新生态系统及科技人力资源管理;徐尚成(2000—),河北工业大学经济管理学院硕士研究生,研究方向:创新管理、创新生态系统。

的单维或线性的创新网络框架与创新的多层次壁垒,置身于一个更加开放的创新环境中,构建创新生态系统,从而发挥多个创新主体资源互补的优势。当前学界多以静态视角探讨企业创新生态系统内部的生态协同关系对突破性创新的影响,认为核心企业需要构建创新生态系统从而实现更多的突破性创新[6]。也有研究以动态视角[7]、竞合关系视角[8]、资源编排视角[9]探讨创新生态系统内部结构的形成与演化机制,却忽视了企业在实现突破性创新后,以自身的发展带动整个创新生态系统结构演化与升级的过程。虽然有学者注意到突破性创新给企业所带来的技术、市场、知识等方面的溢出效益[10]及可持续竞争优势的影响[11],也提出了企业需要基于核心能力构建创新生态系统[12],但并未从核心能力视角进一步打开突破性创新与企业创新生态系统构建的关系,在突破性创新对于核心企业构建创新生态系统的具体影响机制研究上仍存在明显的理论缝隙。

为了揭开高新技术企业从实现一次突破性创新到成功构建创新生态系统,进而实现多次突破性创新这一过程的"黑箱",本文以大疆为研究对象,开展纵向单案例研究。引入企业核心能力理论,探究突破性创新如何驱动企业构建创新生态系统,旨在为更多拥有一定技术基础的高新技术企业构建创新生态系统与实现更多的突破性创新提供经验与启示。

二、文献回顾与分析框架构建

(一)文献回顾

1. 创新生态系统

1993年,学者Moore首次将生态系统概念运用于企业管理领域的研究[13],并最早提出商业生态系统的概念。2006年,Adner[14]正式提出了企业创新生态系统概念,认为企业的成功在于创新及与利益相关者的合作。创新生态系统源自自然生态系统,其内部构成同样具有多种角色。Adner和Kapoor[15]将创新生态系统的内部结构划分为生态领导者、生态参与者及参与关系三大要素。Dedehayir等[16]从价值创造的角度出发,将内部参与者划分为领导者、直接价值创造者、价值创造支持者和辅助角色。经过多年的发展,企业创新生态系统已成为一套成熟的理论体系。企业创新生态系统是一个涉及内外部利益相关者及其相互关系的系统[17],旨在促进创新能力的协同合作和跨界创新的集体智慧的开发[18]。

核心企业是创新生态系统的重要组成部分,被视作创新生态系统的源动力[19]。一个企业创新生态系统中通常存在多个创新主体,其中往往会涉及一个或多个核心企业。作为领导者的角色,企业创新生态系统的核心企业在系统中具备构建和维持创新网络、整合内部创新知识和资源、决策其他企业的去留等能力。他们拥有独特的技术和资源,通过激发系统的创造性来获取外部市场[20]。鉴于核心企业在创新生态系统中的关键作用,学界从特征角度对其进行了界定,核心企业应具备领导地位、构建和维持系统、整合共享创新资源、决策其他成员的去留、拥有关键资源、激发系统的创造性、提供创新平台和将最终产品推向市场等特征[21]。曹兴和马慧[22]从增强核心企业创新能力的视角出发,指出在开放式创新的环境下,核心企业通过价值网络能够获得创新所需的知识、资源与技术,从而增强创新能力。

创新生态系统是一个顶层概念,涵盖了技术、商业、制度、多领域交互等多个子系统的协同[23]。不同生态系统虽在利益攸关者与参与关系上存在重叠,但在功能与核心资源上存在着显著差异[24]。其中技术生态系统是指以核心技术或技术标准为核心,通过技术互补性资源整合推动技术突破与迭代;商业生态系统是指围绕核心产品或服务,通过价值共创与利益分配机制实现市场扩张与效率提升[24]。生态系统其构建机制需遵循层层递进的嵌套协同与动态演进规律,多维度的螺旋迭代是创新生态系统的构建与演进核心路径[24]。当前学界肯定了创新生态系统的构建与演进受到多元因素的影响,而资源编排是其构建的底层逻辑[25]。韩少杰等[6]认为企业创新生态系统的构建动因来源于企业外部技术情境、市场情境、制度情境,以及企业内部的企业家注意力、企业家认知、企业家精神6个层面。企业中心型开放式创新生态系统的构建动因沿着"技术、市场和制度情境动因层面→企业家注意力层面→企业家认知层面→企业家精神层面"的传导路径显现。韩少杰和苏敬勤[27]进一步指出,企业中心型开放式创新生态系统的构建逻辑包括机会构建逻辑、杠杆构建逻辑和定位构建逻辑。

2. 突破性创新

自 1912 年熊彼特提出创新理论以来，创新成为管理学界最为关注的领域之一。基于熊彼特的“创造性破坏”思想，Abernathy 和 Utterback[28]最早提出突破性创新概念并建立相关理论。突破性创新是基于技术创新的程度而定义的创新概念[12]。它是导致产品性能主要指标发生巨大跃迁，对市场规则、竞争态势、产业版图具有决定性影响，甚至导致产业重新洗牌的一类创新[29]，通常被认为是沿着特定的技术轨迹的断裂，可能导致主流技术范式的转变，包括为新客户或新兴市场开发新产品、服务或生产流程[30]，对企业、市场和整个经济有着极为重要的影响[31]。

突破性创新能够增强企业获取外部资源的能力，有助于打破企业资源壁垒、规避“能力陷阱”和“核心刚性”的困境[32]。突破性创新是企业获得持续竞争优势的基本动力，能够使得企业产品性能获得极大提升，有效巩固企业在市场中的竞争地位，保持企业竞争优势的重要基础[11]。积极实施突破性创新的企业不仅能在激烈竞争的市场中处于领先地位，还有助于提升市场跟随者进入门槛，并稳固其领先优势。Ritala 和 Hurmelinna-Laukkanen[33]研究发现，企业与竞争对手开展合作实施突破性创新，有助于提升企业获取外部资源的能力，拓展企业资源边界，并促进组织之间的知识传递、知识创新和知识应用。李瑞雪等[34]指出，企业突破性创新能力会影响其核心能力的形成，一般而言，突破性创新能力越强的企业越易于形成独特的竞争优势，从而形成核心能力。

从突破性创新的本质特征出发，学界基本认可其技术与市场两大维度的划分方式，然而在深度数字化的背景下，基于突破性创新本质特征的简单分类，难以充分体现其对企业在价值链结构、产业和市场格局、技术竞争关系等方面，以及对市场和国家的多层次冲击[35]。在此基础上，孟庆时等[35]综合考虑后发国家的突破性创新对科技前沿、国家需求和经济社会发展等的多重影响，提出了（价值为突破性创新）第三种维度。其中，技术导向即面向前沿技术变革的突破性创新，是以基础研究和科技竞争为导向的一类创新过程；市场导向即面向市场新需求和新市场培育的突破性创新，是需求和用户牵引的双向驱动创新过程；价值导向即面向价值网络重构的突破性创新，是以挖掘潜在价值空间和创造新价值为核心的创新过程[35]。

相较于其他创新类型，突破性创新有自己的特殊性。它并非沿用现有企业或行业内技术积累，而是一种不连续、突破现有技术轨道的创新。然而，由于突破性创新难度高、成本投入大、资源依赖较高的特征，相较其他类创新范式，需要投入更大的资金、人力、物力，同时失败的风险几率更高，企业需要建立跨越组织边界调动、协调和整合关键资源的能力，以推进突破性创新实现[36]。

3. 创新生态系统与突破性创新

由于协同演化机制是激发系统演化现象背后的动态逻辑[37]，创新生态系统的构建和演化与企业的创新便密不可分。Neto 等[38]指出，创新生态系统的构建有利于众多企业进行生产性创新，而生产性创新又会对创新生态系统的运作与演化起着正向影响作用。类似地，由于突破性创新过程具有更高的复杂性和不确定性，企业单一创新主体难以为继创新全过程，创新过程基本会涉及多个创新主体间的合作[39]，突破性创新与创新生态系统便产生了交集。

一方面，企业构建创新生态系统能够更好地实现突破性创新，其具体表现在风险分散、知识流动、资源共享、风险分散等多个方面。庄子银等[5]指出，传统的单维与线性的突破性创新模式不足以成功实现系统的突破性创新，突破性创新应当置于一个更加开放的创新网络环境中。柳卸林等[6]基于创新生态系统的视角，通过案例研究分析核心企业突破性创新的实现过程，肯定了非营利性科研机构在建立信任关系、搭建桥梁、设立专有制度、构建联盟、驱动知识转化方面的作用。康鑫和郭双叶[40]指出外部知识资源的顺利引入是企业实现突破性创新的首要驱动因素，而创新生态系统中的多主体的合作关系则是企业获取并充分利用外部知识资源的重要基础[41]。

另一方面，突破性创新能够为企业带来技术、市场、知识方面的溢出效益，同时改善企业获取外部资源的能力，从而突破资源边界，对创新生态系统的构建产生一定的积极影响。由于资源的稀缺性与依赖性是创新价值涌现的重要动力，学者便从资源视角重点关注创新生态系统中创新主体的协同过程[42]。Lei 等[43]指出，在企业资源受到限制的情况下，要重新审视创新策略。资源基础观认为，企业间资源存在着某种相互

关联性,一种资源的优势可以带来多种其他资源的优势。企业在拥有超常资源下,通过一定形式的隔离机制防止资源稀释,企业便有可能获得持续的资源效益。企业的竞争优势源于其资源的稀缺性、价值性、不可替代性和难以模拟性,突破性创新带来的资源异质性能够帮助企业建立领先地位[4]。Sahasranamam 等[44]指出,生态系统领导者在面对高度不确定的创新成果时,可以通过参与三种类型的配置边界工作,共同创建创新生态系统:建立生态系统配置、建模生态系统配置和扩展生态系统配置。

4. 企业核心能力

核心能力被视作核心企业构建创新生态系统的成功之道,其本质为企业长期形成的企业专属资源组合的能力[45]。Prahalad 和 Hamel[46]最早提出企业核心能力的概念,将其视作企业对于自身所拥有的知识、技能和资源的整合能力,该能力具有价值性、难以模仿性、不可复制性和稀缺性 4 个特征。

学界对于企业核心能力有多种细分类型。从企业类型视角出发,张树满和原长弘[47]指出制造企业核心能力主要表现在创新投入、创新合作、创新平台、创新资源、创新链和产业链、持续创新能力等方面。曾萍等[48]则认为研发能力和政治关联能力是民营企业的两种核心能力。从核心能力结构视角看,陈劲[12]认为核心能力包含核心技术与技术能力、非技术要素。在此基础上,战睿等[49]认为核心能力由核心技术与核心非技术两个层面构成。就非技术层面而言,创新力[50]、资源整合[51]、相关资产与技能的协调配置[52]等均是学界重点关注的内容。

当前学界普遍认为,突破性创新利于企业核心能力的形成。企业核心能力的形成与其知识和资源整合有关,企业知识和资源通过管理机制整合并经由商业化实践形成企业核心能力[53]。而突破性创新有利于企业隐性知识能力水平的提升及其相关资源整合[54]。张可和高庆昆[55]构建了基于突破性技术创新构建企业核心竞争力的框架,指出应从资源、技术、制度、组织、市场、管理 6 个方面分析突破性创新对于企业核心能力形成的影响。突破性创新以新产品进入市场,短期内难以被竞争对手模仿,有利于增加企业先动优势的时效性,从而形成企业长期竞争优势[29]。在此基础上,李瑞雪等[34]通过对高新技术企业开展实证研究,再次肯定了突破性创新对企业核心能力的正向影响。

5. 研究缺口

现有研究多聚焦于企业通过构建创新生态系统,实现多个创新主体间创新资源的整合、创新风险的分散,最终实现突破式创新,多以静态视角探讨企业创新生态系统内部的生态协同关系对突破性创新的影响。也有以动态视角探讨创新生态系统内部结构的演化机制,却忽视了核心企业实现突破性创新后,自身的发展带动整个创新生态系统的发展过程机制。虽然有学者注意到突破性创新给企业所带来的技术、市场、知识及思维观念等方面的溢出效应,但并没有深入探讨突破性创新对于核心企业构建创新生态系统的影响机制,尚未借此溢出效应及核心能力来打通突破性创新与创新生态系统二者更深层次的关系。然而,从创新生态系统中核心企业界定的视角来看,核心企业之所以能成为核心企业,是因为其掌握着技术、市场、知识等关键资源[21],因此,企业可以通过突破性创新掌握关键资源,确立自身的核心地位的同时改变外部生态结构,从而更好地构建创新生态系统。

(二)分析框架

基于以上文献回顾,本文构建突破性创新驱动企业构建创新生态系统的研究框架(图 1)。第一,核心能力可划分为核心技术与核心非技术两个层次,技术要素与非技术要素之间并非独立存在,而是相互影响的,二者的相互交融共同构成了企业核心能力的范畴。第二,企业突破性创新包括技术、市场等多个维度,它是沿着特定技术轨迹的断裂,形成别人难以模仿的技术的同时带来主流技术范式的变革,从而使企业掌握关键资源,形成核心能力。第三,创新生态系统的构建动因可以归纳为核心能力的两大层次,企业基于核心能力可以更好地构建创新生态系统。第四,企业创新生态系统的构成包括核心企业、利益攸关者、参与关系,企业创新生态系统的构建是一个不断演化升级的过程。第五,企业创新生态系统能够通过创新主体间的协同实现资源互补、创新风险的分散等反哺突破性创新,进而形成突破性创新与创新生态系统的迭代升级。在现有研究基础上,本文将进一步深入探索突破性创新对企业构建创新生态系统的驱动机制。

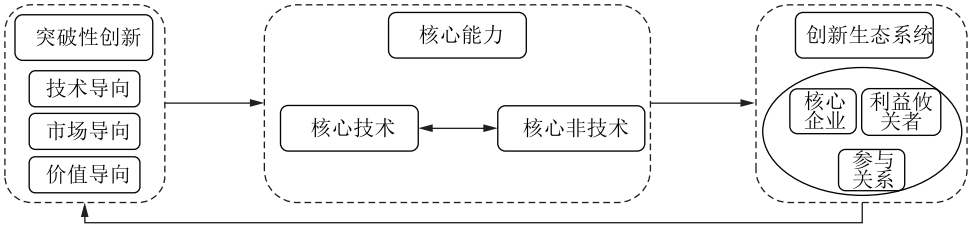


图 1　理论分析框架

三、研究设计

（一）研究方法

本文适合采用纵向单案例研究方法。首先，案例研究适合回答“怎么样”和“为什么”的问题[56]，与本文“突破性创新为何能够驱动企业构建创新生态系统”“高新技术企业如何构建创新生态系统”的研究问题相契合。其次，将大疆的创新发展过程分为三阶段，展现的是一个动态的互动过程，适合采用案例研究方法[57]。与多案例研究相比，单案例研究更适合纵向演变过程的研究，便于对大疆的企业创新生态系统构建过程进行系统的分析，同时也更加便于对数据进行纵向挖掘，从而进行更加深入的分析。最后，单案例研究有助于提取复杂事物的特征与规律、捕捉和追踪管理实践中涌现出来的新问题和现象[58]。由于本文需要系统和深入探索企业在不同阶段的创新特征，同时也需要有丰富的案例数据作为支撑。因此选择纵向单案例研究方法，对突破性创新驱动下高新技术企业创新生态系统的构建机制开展进一步地剖析和探索。

（二）研究对象

本文以大疆为单案例研究样本，大疆是一家全球领先的无人飞行器控制系统及无人机解决方案的研发商和生产商，属于高新技术企业。通过持续的创新，大疆致力于为无人机工业、行业用户及专业航拍应用提供性能最强、体验最佳的革命性智能飞控产品和解决方案，客户遍布全球 100 多个国家。该案例的选择遵循理论抽样的典型性、极端性、启发性、完整性原则[59]，主要理由有以下几点：

（1）产业典型性。无人机产业是高新技术企业的一大代表。近年来，以大疆为龙头企业的中国无人机产业突破性创新与构建创新生态系统等活动突出，以大疆代表高新技术企业，具有产业典型性。

（2）案例极端性。大疆是一家以无人机起家的科技公司，在无人机领域取得巨大成就后，逐渐涉足科技教育、智能驾驶等领域。同时，作为一家中国的科技公司，美国的限制并没有对大疆造成实质性的威胁。这是中国其他科技公司很难实现的。

（3）案例启发性。大疆从一个濒临破产的无人机公司，发展至今占领全球无人机市场超过 80%的份额，并连续入选福布斯中国最具创新力企业榜，其创新发展的路径值得探讨。

（4）阶段完整性。大疆从技术研发着手，以领先的技术吸引众多利益相关者进行合作，最终成功构建了创新生态系统，实现了系统稳定的突破性创新。因此把大疆作为研究对象对于企业在每个阶段如何构建创新生态系统具有一定的理论和实践意义，这一点是其他企业无法实现的。

（三）数据收集

在数据收集阶段，应运用不同的数据来源，将证据相互融合，形成“三角验证”，以验证研究结果的合理性。本阶段遵循典型归纳式案例研究的过程[60]。为了获得有效可行的数据，本文收集了二手数据进行单案例研究。本文的数据主要来源于企业官网、学术网站、技术论坛和新闻网站等行业网站、出版书籍等（表 1）。

为综合保证数据收集的广度与信效度，本文数据收集渠道均为官网信息及学界与商界认可度较高的数据库。其中，企业官网有大疆总部官网与大疆教育分公司官网两个，重点关注官方发布的大事年鉴信息与新闻动态；学术官网选取当前学术界认可度较高的数据库，包括中国知网、百度学术、Web of Science 三个渠道；行业网站选择包括电子发烧友论坛、网易科技、央视网、搜狐网及通信世界 5 个渠道。最后，为弥补一手数据缺少的不足，选取《大疆无人机：全球科技先锋的发展逻辑》这一本商界认可度较高的书刊，以保证数据高丰富度与高信效度的统一。

表1　数据收集概况

数据来源类型	名称	数据内容	篇数	编码
企业官网	大疆官网	大疆的发展过程、无人机产品、合作动态、最新的关键事件；大疆教育发展过程、教育产品	123	*A*1
	大疆教育官网			*A*2
学术网站	中国知网	大疆的发展阶段、历经的重大转折、关键事件及其分析	92	*B*1
	百度学术			*B*2
	Web of Science			*B*3
行业网站	电子发烧友论坛	大疆历年无人机产品、技术信息、合作动态和社会评价	43	*C*1
	网易科技	大疆无人机的发展历程、与外部合作的具体事件、政府政策、市场竞争格局、行业技术变化、关键事件、大疆创始人汪滔的采访	102	*C*2
	央视网			*C*3
	搜狐网			*C*4
	通信世界			*C*5
书刊	《大疆无人机：全球科技先锋的发展逻辑》	大疆的关键事件、发展历程	88	*D*1

（四）数据分析

数据收集过程与数据分析过程是交叉进行的。研究团队根据收集的资料建立了资料库，并在数据分析过程中不断补充完善资料库。首先，本文采用时序分析技巧梳理大疆2006—2024年的关键事件和活动，并根据大疆无人机发展的里程碑事件划分了创新发展阶段：萌芽期、发展期、成熟期（图2）。其次，研究团队借助编码技术围绕“突破性创新”“创新生态系统”“核心能力”这几个主要构念，采取二人“背靠背”方式对数据资料进行编码。最后，运用迭代分析策略，分析各个阶段大疆突破性创新与构建创新生态系统的做法、核心能力及其对突破性创新与构建创新生态系统的影响。在这个过程中，数据与理论经过不断交互相验证，经过反复迭代，逐渐实现数据与理论的匹配[61]。

为了确保本案例研究的内部效度与理论建构效度，本文采取了多项数据分析的策略。首先，在数据收集阶段，通过权威性新闻媒体、公开学术文献及教学案例库等多源数据的使用，以确保数据的可靠性和准确性。同时，进行“三角验证”工作，通过对同一研究对象采用多种信息提取方式、多个研究对象针对同一问题及多个数据来源就同一问题进行数据过滤，从而确保数据的一致性和可信度。其次，在数据分析过程中，采

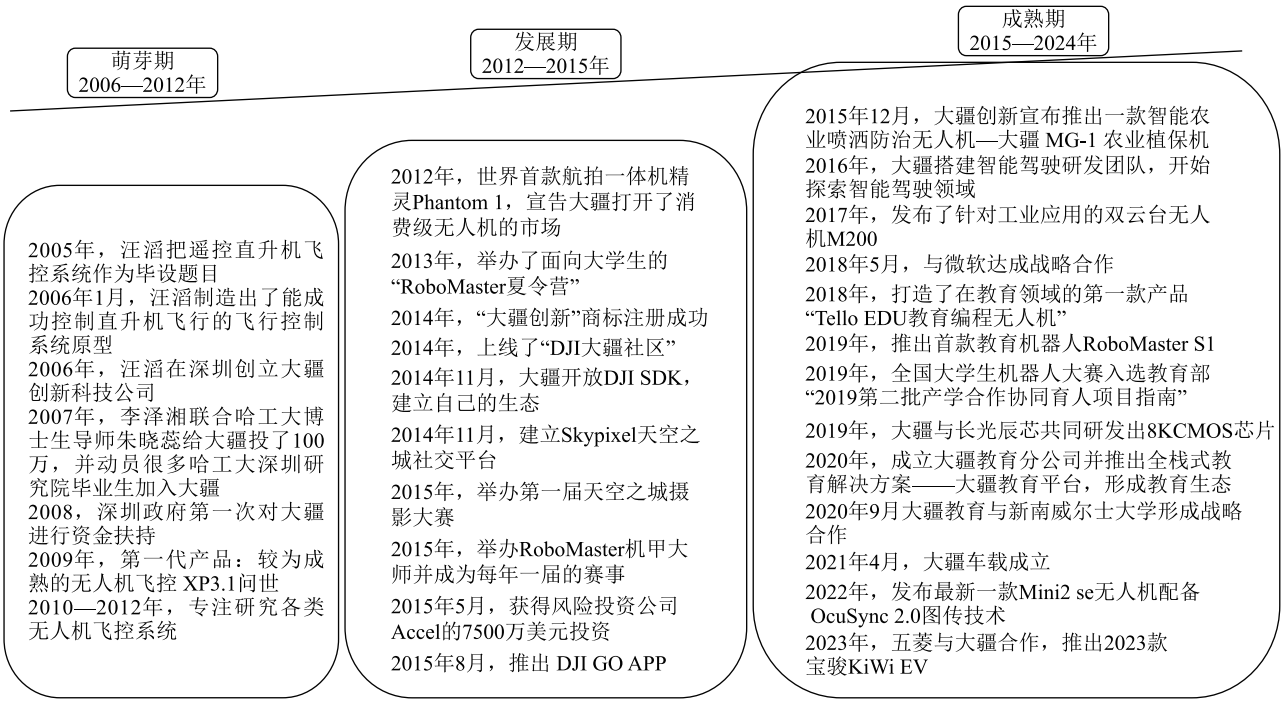


图2　大疆重大历史事件汇总

取了团队研讨、“背靠背”编码分析和多轮讨论等方法，以降低理论涌现过程中的主观性，从而对研究构念的内涵和涌现过程进行有效控制。最后，在理论编码过程中，严格遵循严谨的数据资料收集、编码与归类、概念与理论模型构建、理论陈述及迭代升级等步骤，从而保证科学深入地挖掘主题资料范畴，揭示其内在性质与关联。

四、案例分析

大疆是一家全球领先的无人机技术创新公司，总部位于中国深圳。公司由汪滔于 2006 年创立，致力于无人飞行器的开发、制造和销售。大疆凭借其先进的技术和创新的设计，成为全球最大的无人机制造商之一。截至 2024 年，大疆占领全球无人机市场 80%以上的份额。经过近 20 年的发展，大疆成功从专业无人机到消费级无人机再到行业无人机，最终发展成集无人机、车载、科技教育等多个领域于一身的中国科技巨头。依据大疆发展的标志性事件，大疆的突破性创新驱动创新生态系统可以分为三个阶段：专业无人机发展阶段（萌芽期）、消费级无人机发展阶段（发展期）、行业无人机及科技多元化发展阶段（成熟期）。其三个阶段相关构念及事实证据分别见表 2～表 4。

表 2　大疆萌芽期的相关构念及事实证据（部分）

聚合维度	二阶主题	一阶概念	证据
突破性创新	技术导向	专注产品技术	大疆在第一年里完全没有做任何销售，不用考虑市场的问题，主要解决存在的系统问题。（*A*1）
			大疆没有在营销宣传上耗费精力，而是专注于产品技术本身，不断创新和突破。（*A*1）
			不擅营销的汪滔将主要精力放在产品的开发和改进上。（*C*2）
		坚持基础研究	大疆创新的创始人汪滔，自大学时期起就对无人机技术展现出了浓厚的兴趣和惊人的天赋。他深知科技创新的重要性，并在大学期间就开始了对无人机技术的深入研究。（*D*1）
创新生态系统	利益相关者	高校	汪滔导师李泽湘联合哈工大朱晓蕊给大疆投了 100 万元。此外，除了朱晓蕊顺势成为大疆的首席科学家，2007 年恰逢哈工大深圳研究院第一批学生毕业，李泽湘动员很多人加入了大疆。（*B*1）
		深圳产业集群	大疆依托深圳等珠三角成熟的产业链和人才储备的发展创新，成为行业的领军企业。（*B*2）
		研究院	2007 年恰逢哈工大深圳研究院第一批学生毕业，李泽湘动员很多人加入了大疆。要知道这些人可都是电子自动化专业的正规军，大疆的核心技术队伍总算是建立了起来。（*C*2）
		政府	我们还记得在 2006 年那次高交会的经历，让我们坚定了创新的决心；是 2008 年政府资金的扶持政策，让我们第一次搬进了宽敞的办公室；在 2010 年的创新创业大赛上，公司又第一次拿到了正式的奖项。（*C*2）
	表现形式	技术生态	凭借着对研发的大规模投入、汪滔对无人机高度热爱与执着追求，以及扎根深圳的地理优势，即使在无人机市场发展的早期阶段，大疆便有足够的能力制造出关键的硬件和软件。（*C*4）
核心能力	技术研发能力	原创精神	大疆科技一直本着原创精神，对“跟风”型企业而言，这种创新能力是无可比拟的。（*C*1）
		研发梦想	大疆创始人汪滔，毕业于香港科技大学，师从李泽湘教授，在大学期间开始研究无人机飞控系统的相关课题。汪滔从小就有的梦想：研究直升机飞控系统。在香港科技大学就读期间，汪滔参加了两次机器人大赛，获得香港冠军和亚太区并列第三。（*D*1）
	创新力	企业家精神	汪滔身上兼具科学家、工程师、商人三个属性。大疆身上映衬出汪滔强烈的个人色彩。（*D*1）
		创新文化	汪滔给大疆奠定了工程师文化，注入了创新基因。（*C*3）
		探索精神	有员工在跟澎湃新闻记者交流时评价汪滔，认为他不像是生意人，鼓励内部研发稀奇古怪的创新，会用直觉判断创新有没有价值，很多产品都是“意料之外的收获”。（*C*2）

（一）萌芽期：专业级无人机发展阶段（2006—2012 年）

1. 技术导向型突破性创新

技术单维突破性创新是指技术导向型突破性创新，是一种面向前沿技术变革的突破性创新，是以基础研究和科技竞争为导向的一类创新，集中表现为主领域核心技术的突破。在大疆创立之前，无人机技术面临着诸多难题，如悬停能力不足、安全性能差、操作复杂、图像抖动等，这些技术问题限制了无人机市场的拓展。因此，技术突破成为在无人机市场占据先机的关键因素。在此背景下，大疆创始人汪滔及其团队的努力显得尤为重要。在公司成立初期，大疆以技术导向的方式进行创新，研制出稳定的飞控系统，以此开发出一系列专业级无人机。2008 年，大疆与 GoPro 合作推出了运动摄影机，解决了图像抖动的问题。2009 年，大疆研发出了无人驾驶小型直升机系统。

2. 专业技术生态系统

专业技术生态系统是以核心技术或技术标准为核心，由企业联合技术研发机构、技术供应商、开源社区等主体构成的协作网络，通过技术互补性资源整合推动技术突破与迭代。首先，香港科技大学在大疆创立初期发挥着教育和研究合作伙伴的作用。香港科技大学是汪滔的母校，为其提供科研和创新环境，培养其技术能力。汪滔导师李泽湘提供资金支持并引入专攻无人机技术的门徒。其次，深圳政府为大疆在初创期提供了丰富的资金支持与政策扶持。深圳政府制定了创新创业政策，提供优惠政策和创新基金，为大疆的初创阶段提供资源和资金支持，同时促进了产业集群发展，为大疆与其他企业合作和创新创造了机会。最后，深圳产业集群为大疆在初创期提供了宝贵的产业优势和硬件资源。这为大疆创造了合作和共享的机会，并提供了完善的供应链体系和资源支持。

3. 核心能力——技术研发与创新力

大疆创立初期所展现出来的核心能力可以归纳为技术研发能力与创新力。大疆技术单维突破性创新的成功为大疆萌芽期锻造了大疆初期不可模仿的技术研发能力，同时汪滔的企业家精神为大疆注入了鲜活的创新基因。凭借这种核心能力，大疆实现了与政府、高校、产业的合作，构建了专业技术生态系统（图 3）。

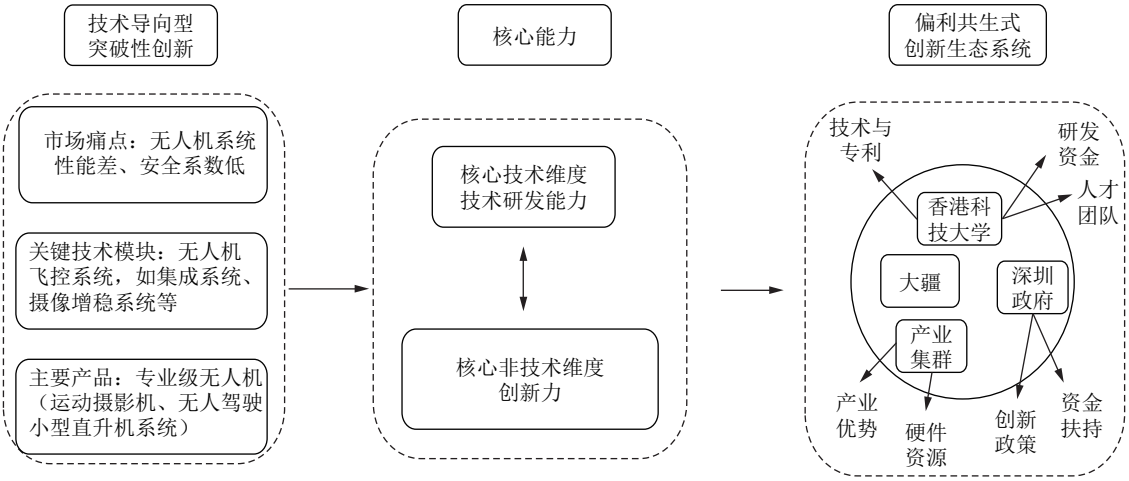


图 3　大疆萌芽期技术导向突破性创新驱动创新生态系统构建

（二）发展期：消费级无人机发展阶段（2012—2015 年）

1. 技术市场双维突破性创新

技术市场双维突破性创新是指同时存在技术导向与市场导向的突破性创新，集中表现为主领域核心技术突破与主领域核心市场开拓同时存在。随着经济水平的提高和相关政策的完善，国内无人机市场开始逐渐形成，但仍处于产业化和商业化阶段之前。手工自制组装、高成本、高技术要求制约着国内无人机市场的发展。此外，国内无人机市场正处于增长阶段，需求远大于供给，从专业爱好群体转移到更广泛的消费群体的市场转型成为此阶段的突破口。在此背景下，大疆研制出导航与图传系统，打造了航拍一体化无人机。实现了从专业群体向大众消费群体的过渡。随后，大疆一系列消费级无人机逐渐涌现，奠定了其作为无人机领域创新领导者的地位。

2. 专业商业生态系统

专业商业生态系统是指围绕核心产品或服务，由企业主导、联合供应商、渠道商、客户及互补性企业构成的协作网络，通过价值共创与利益分配机制实现市场扩张与效率提升。大疆不仅积极构建包括“RoboMaster 机甲大师大赛”、大疆开发者平台、大疆社区及“天空之城”摄影大赛在内的多维度交流平台。这些举措有效整合了高校教育资源、政府政策扶持、用户反馈循环、供应商产业链协同及投资机构的资本注入，共同形成了一个紧密耦合的企业中心型商业生态系统。

3. 核心能力——技术扩散与资源整合

大疆发展期所展现出来的核心能力可以归纳为技术扩散能力与资源整合能力。消费级无人机市场的开拓奠定了大疆无人机行业的龙头地位，其技术、市场与思维观念也得到了各行各业的认可。在此基础上，大疆通过举办机甲赛事、建立 SDK（software development kit）、大疆社区等一系列活动将自身的技术扩散至其他多个创新主体，同时整合多方的资源，形成独特的技术扩散能力与资源整合能力（图 4）。

表 3　大疆发展期的相关构念及事实证据（部分）

聚合维度	二阶主题	一阶概念	证据
突破性创新	市场导向	开辟新市场	2012 年，大疆实现了消费类无人机从“0”到“1”的突破，开辟了消费级无人机市场。（*A*1）
			大疆的成功在于开创了非专业无人驾驶飞行器市场，真正意义上实现了无人机“飞入寻常百姓家”。（*D*1）
	技术导向	解决操作难题	精灵 1 无人机具有革命性的意义，因为在此之前，用户难以自如地操纵无人机。（*C*2）
创新生态系统	利益相关者	用户	大疆为全球航拍及影像爱好者举办的国际性赛事，自 2015 年起，SkyPixel 天空之城社区已成功举办多届航拍大赛，吸引了来自全球超过 140 个国家和地区的优秀创作者参与其中，累计全球投稿数超过 20 万，现已成为全球最大的航拍大赛之一。（*C*4）
		高校	RoboMaster 已与清华大学、电子科技大学、东北大学、哈尔滨工业大学、西南科技大学、燕山大学、北京航空航天大学 7 所高校开展教学合作，开设多旋翼飞行器原理、多旋翼飞行器应用开发及地面机器人应用开发等三门课程，推进教育改革。（*A*1）
		政府	2015 年，大疆社区首次举办航拍作品大赛，就有超过 400 万用户参与，足见平台对于用户黏性的重要程度。（*A*1）
		投资机构	从 2013 年 1 月—2015 年 5 月，大疆一共完成了 5 次共 2 亿多美元的融资红杉中国、中恒星光、远瞻资本、麦星投资、Accel Partners 等投资机构都在大疆股东名列。（*B*2）
		供应商	大疆在 2014 年与索尼达成战略合作，采用其高性能 Exmor R CMOS 传感器用于 Phantom 2 Vision+无人机，并通过长期供应协议保障核心影像元件稳定交付。（*B*2）
	表现形式	商业生态	大疆在 2013 年推出 Phantom 2 无人机并开放 SDK 开发者平台，通过“硬件+软件+服务”模式构建商业生态。（*C*4）
			大疆在无人机领域的持续技术创新和研发，推动了整个供应链的升级。供应商需要不断提升自身技术水平，以满足大疆对产品性能和质量的严格要求。（*C*4）
核心能力	技术扩散能力	技术与产品的推广	通过与国际合作伙伴的紧密合作，大疆不仅引入了先进的技术和理念，还将其自身的技术和产品推广到了全球各地。（*D*1）
		教育领域的技术普及	大疆在推动技术扩散的过程中，特别注重教育领域的技术普及，其中最具代表性的就是 RoboMaster 赛事。（*C*2）
	资源整合能力	商业资源整合	开赛短短五年以来，已有十余家机器人领域的创业公司从 RoboMaster 诞生，累计获得市场投资超过数千万元人民币。（*C*5）
		人才资源整合	我们的初创团队有 40%的工程师都有 Robocon 比赛的背景。我们认为这不是巧合，所以为了给公司招揽人才，我们希望举办一场自己的机器人赛事，于是就有了 2015 年的 RoboMaster 机甲大师赛。（*C*1）
		管理制度整合	汪滔表示：“只要是研发团队的人，无论进入公司多久、资历多少、岗位是什么，只要有点子，计划书能经受研发团队主管们的拷问和质疑，你就能带团队。”（*D*1）

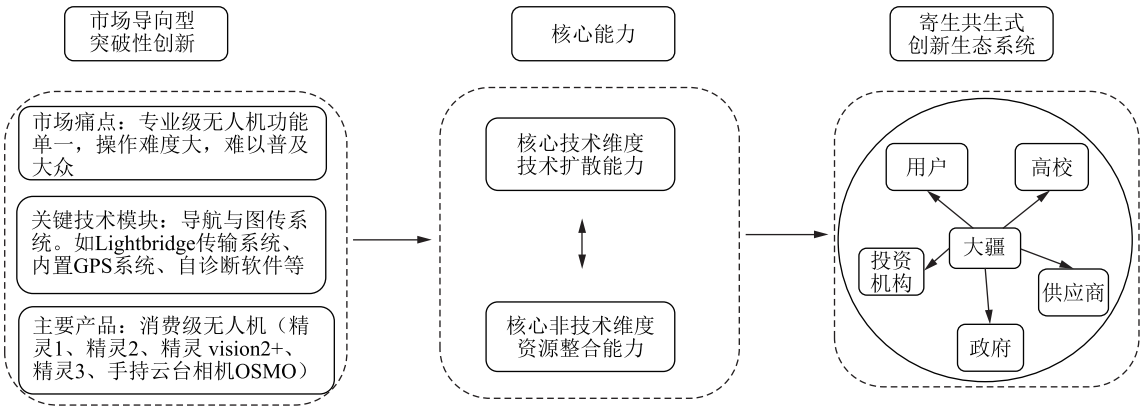


图 4　大疆发展期市场导向突破性创新驱动创新生态系统构建

(三)成熟期:行业无人机及科技多元化发展阶段(2015—2024 年)

1. 多维突破性创新

多维突破性创新是指同时存在技术导向、市场导向以及技术跨界多元应用的突破性创新,集中表现为主领域核心技术突破、主领域核心市场开拓及跨界产品突破同时存在。随着越来越多的竞争者进入无人机市场,国内消费级无人机市场逐渐饱和。在此背景下,为追求更多的增长空间,大疆自 2015 年开始,选择了无人机、科技教育、智能驾驶三个方向齐头并进的发展战略。首先,大疆无人机从消费级无人机转向工业级无人机,以工农行业为起点,进军至各个行业。农业植保机 MG-1 和双云台无人机 M200 是大疆抢占工农市场的代表产品。随着无人机载荷系统与人脸识别技术、手势控制、空中热成像技术和视觉识别技术的不断改进,精准农业、智能通信等各个行业的应用得到了快速发展。其次,在科技教育领域,借助多年来在机甲赛事与无人机技术中的积累,大疆在传感技术、智能控制系统中实现了技术突破,打造了相应的教育产品,实现技术应用的多元化。最后,在智能驾驶领域,大疆融合了先进的传感技术和人工智能算法,在车载设备上实现了自主驾驶和导航功能。这些重要的技术突破和创新产品为智能交通领域带来了更多的应用和发展机遇。

表 4　大疆成熟期的相关构念及事实证据(部分)

聚合维度	二阶主题	一阶概念	证据
突破性创新	市场导向	开拓新市场	为获得新的增长动力,大疆朝两个方向探索:一是产品应用多元化;二是技术应用多元化。(*D*1)
			大疆不仅制造出在民用、教育、农业、能源、救灾、物流等诸多领域适用的机型,还搭建了包括应用场景、解决方案和售后服务的完整产业链架构,成为空间智能时代的开拓者。(*A*1)
	跨界产品突破	扩充产品线	意识到增长瓶颈的汪滔其实一直在寻找新方向。2014—2016 年,在消费级无人机之外,他连续扩充了三条产品线:农业植保和行业应用无人机、手持影像、教育。(*C*1)
	技术导向	技术突破	大疆在 2016 年推出 Mavic Pro 折叠无人机,首次搭载自主研发的 OcuSync 高清数字图传技术(传输距离 7 千米)及三向环境感知系统,突破消费级无人机便携性与安全性的技术边界,被《The Verge》评为“彻底改变行业规则”。(*A*1)
创新生态系统	核心企业	形成完整的生态体系	经过 6 年的沉淀,大疆行业无人机在公共安全领域获得广泛应用,在应急救灾、交通管理、安保处突、实景建模等安防应用中积累了众多经验,建立了完善的第三方生态体系,形成了信息化、集成化、智能化的发展趋势。(*A*1)
			行业级无人机市场中仍有更多应用场景,无人机+行业的形式将为其创造更广阔的生态圈。大疆行业无人机在公共安全领域获得广泛应用,建立了完善的第三方生态体系。(*A*1)
	利益相关者	研发层	大疆在美国加州设有研发中心,与当地的高校和科研机构合作,开展无人机技术研究和应用。(*C*1)
			2020 年 6 月 3 日,大疆教育与新南威尔士大学(UNSW)正式签署战略合作协议,双方旨在教育、培训和人才发展方面建立战略合作伙伴关系。此次合作将围绕奖学金、机器人大赛与假期营及人才交流项目开展,旨在培养工程师人才。(*C*2)
		供给层	近年依托多年积累的视觉信息处理技术和智能驾驶技术,大疆与大众汽车等企业联合,开启智能车载领域的新篇章。(*C*5)
			2019 年,大疆创新与长光辰芯合作,成功研制出具有自主知识产权的 8K 超高清 CMOS 图像传感器芯片及摄像系统,打破我国超高清成像芯片及系统长期依赖国外进口、发展严重受限的局面。(*C*4)
		制度层	为配合管理部门在要地安全保障,降低保障的技术难度和部署成本,大疆为智宇祥云提供技术支持,开发了无人机侦测设备,并在深圳机场、三亚机场进行了试点部署,取得良好效果。(*A*1)
		需求层	大疆教育能做些什么,我们希望让孩子们早一步看到未来,从而避免涌入竞争激烈或者下坡路的行业里面去,另外希望让孩子具备适应未来所具备的能力、品格和价值观。(*C*4)
			大疆大力布局行业级无人机市场,主要面向 B 端企业客户,推出农业、能源、公共安全、媒体、基础设施、建筑等行业解决方案,并以农业服务为主打业务,行业级无人机相关收入增长迅速。(*A*1)
	表现形式	跨界技术生态与商业生态	大疆 2020 年联合 Adobe 推出 Premiere Pro 无人机素材智能剪辑插件,将无人机拍摄的经纬度、高度数据与后期制作软件深度整合,实现影视工业工作流闭环。(*A*1)
			2019 年大疆与上汽通用五菱合作开发车载无人机自动起降系统,将无人机技术嵌入汽车智能网联生态,实现物流巡检与车载娱乐跨界融合。(*C*4)

续表

聚合维度	二阶主题	一阶概念	证据
核心能力	技术融合能力	清晰的技术脉络	大疆是一家专注于技术本身的公司，我们相信只要技术不断纵向深化取得突破，市场自然能横向展开。所以虽然大疆的产品线众多，但回归到技术本源上，有清晰的脉络。（*C*3）
		技术的跨界应用	大疆的核心能力就是技术的研发与跨界应用，当达成某一个成熟阶段的时候，技术就可以走出实验室，到产业里去找合适的场景，然后进行产品化。这是大疆创新的一个形式。当有了产品化之后，可以经由产品经理不断的打磨和研究，最终迎合市场的需求。（*D*1）
	知识与人才的流动协同能力	人才流动	大疆不仅仅要对靠谱的人才敞开大门，更是要主动推动全社会对于技术人才的重视与尊重。截至 2022 年 5 月 24 日，已有超过 350 位参与过 RoboMaster 的优秀人才入职大疆，成为大疆推动科技发展的中坚力量。更多从 RoboMaster 中成长起来的机甲大师们正成为各行业的中流砥柱，汇入国家科技创新的滚滚浪潮之中。（*C*3）
		挖掘人才潜质	大疆教育表示：我们致力于将前沿科技与教育实践相结合，唤醒人身上的潜质，为社会培养引领未来的人才。（*A*2）
		重视创新与人才	大疆能从一家小公司崛起成为世界级无人机企业巨头，最关键也是最核心的原因在于大疆发布的这些引领行业先进水平的无人机产品。这些新品背后所隐藏的是占大疆员工构成比例高达 25%以上的研发人员，正是大疆对专业人才和创新研究的重视，推动着大疆走向世界。（*D*1）

2. 跨领域技术生态系统与商业生态系统

跨领域技术生态系统与商业生态系统是突破单一行业边界，通过技术融合与商业模式重组，整合多领域技术提供方、商业主体形成的复杂协作网络，旨在创造系统性价值。具体而言，在成熟期，大疆以自身为核心，与不同层次的政府与高校、科研机构、合作企业、供应商、投资机构、用户、教育机构、技术需求者等持续深入合作，形成集制度层、供给层、需求层、研发层多主体于一体的多产业嵌套的复杂创新网络。在研发层，大疆通过机甲赛事，成功与电子科技大学、北京航空航天大学、浙江工商大学等高校科研院所成立产学研合作平台。而随着大疆教育的建立，大疆成功与新南威尔士大学等一批国际高校达成战略合作。通过与研发层的创新主体进行合作，大疆成功贯穿价值发现到价值实现全过程。在供给层，大疆接受了麦星投资、红衫资本从而为创新提供了资金。通过与供应商、技术与金融服务机构、相关企业等达成战略合作关系，由供给端输送原材料、技术及资金，为大疆的发展提供了战略支撑。在需求层，大疆通过自身的技术生态塑造核心竞争力，在目标消费群体中捕捉领先用户与利基市场用户，并与其建立长期稳定的销售关系，从而在市场份额争夺中压制竞争对手，占据主导地位。在制度层，大疆通过配合政府试点、响应国家工农与科技教育政策、参与重大科技安全项目等，大疆与多主体形成战略合作，能够确保其无人机产品在法律和监管框架下的合规运营，为用户提供更安全、更可靠的无人机产品与相关科技服务，同时也能为人工智能教育的开展提供政策支持。这一制度层面上的合作，为大疆多产业齐头并进的发展战略提供了有力的支持。

3. 核心能力——技术融合、知识与人才流动协同

大疆成熟期所展现出来的核心能力可以归纳为技术融合能力、知识与人才的流动协同能力。大疆将多年在无人机研发过程中积累的技术跨界应用于科技教育、智能驾驶等新领域，形成多条路并驾齐驱的发展方向，知识与人才在多个创新主体间的流动。首先，大疆教育旨在培养无人机领域的人才，为行业注入新鲜血液。大疆教育与高校合作，提供无人机相关课程与培训，通过知识的传授和技能的培养，为无人机行业输送人才。其次，大疆凭借其在行业无人机领域的高质量的产品和服务赢得了市场的认可。大疆与供应链合作伙伴、合作企业及客户之间形成了良好的合作生态系统。最后，大疆车载的建立，大疆将合作深入到新的领域，更是将科技的价值最大化。随着大疆合作主体数量越来越多与合作程度越来越深，知识与人才在多个创新主体间流动愈发频繁，形成了大疆的核心能力（图 5）。

本文通过描述大疆创新不同阶段突破性创新驱动创新生态系统构建的过程，总结了突破性创新驱动下大疆创新生态系统构建模型（图 6）。

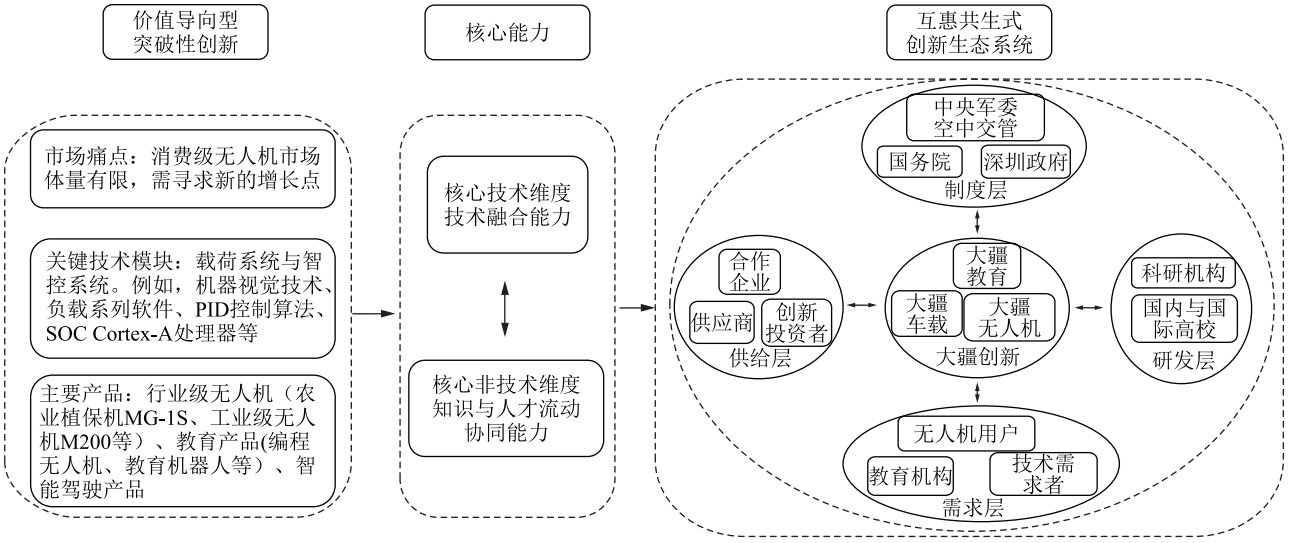


图 5　大疆创新成熟期价值导向突破性创新驱动创新生态系统构建

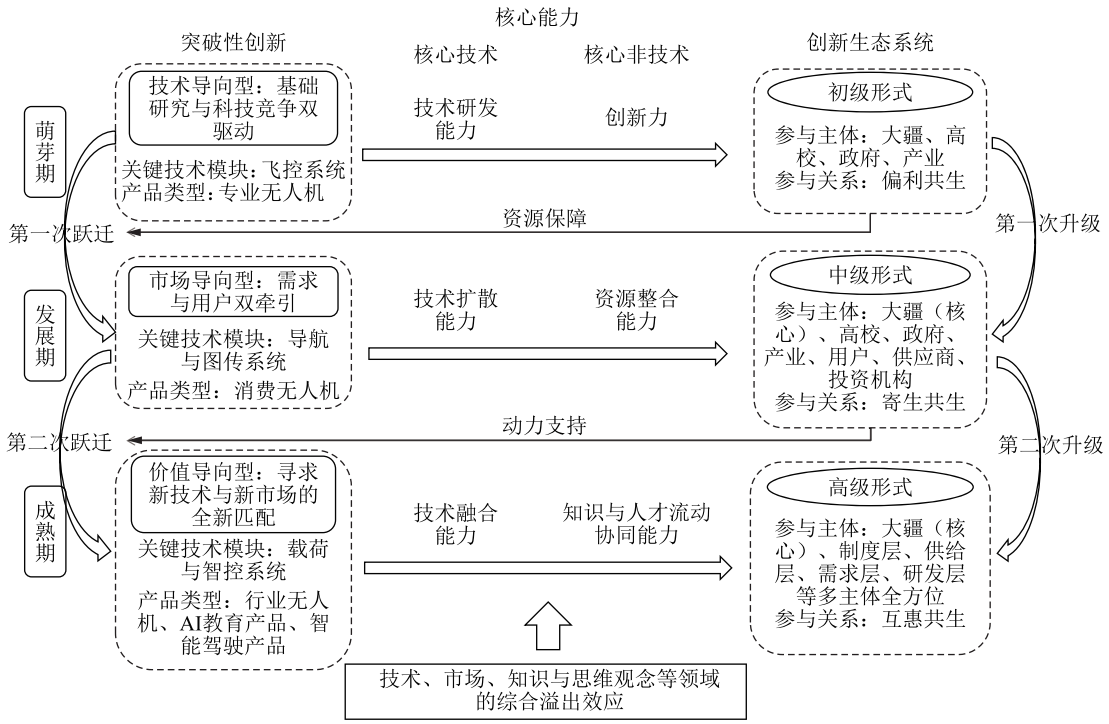


图 6　突破性创新驱动下大疆创新生态系统构建模型

五、案例讨论

（一）突破性创新的技术跃迁轨迹

孟庆时等[35]将突破性创新划分为技术导向型、市场导向型、价值导向型三种类型，并认为三者在深度数字化环境中遵循从低到高的递进关系。在此基础上，本文认为高新技术企业突破性创新的三种形态是交互存在的，核心领域的技术突破贯穿始终，提出了突破性创新从低阶到中阶再到高阶的三种全新形态，遵循“主领域技术突破→主领域技术突破+主领域市场开拓→主领域技术突破+主领域市场开拓+跨界产品突破”这一技术跃迁轨迹，并对企业构建创新生态系统带来不同的影响。

在大疆萌芽期，技术的突破是在无人机产业站稳脚跟的关键。大疆旨在追求无人机系统技术难题的突破，突破性创新是基础研究与科技竞争双驱动的产物，属于技术导向型。这种技术单维低阶突破性创新是企业技术研发能力与创新力形成的根源，也是初级创新生态系统形成的基础。在大疆发展期，研发能力达到一定高度后，拓展市场成为发展的重中之重。大疆旨在将无人机从专业市场带入大众消费市场，突破性创新是技术与市场双向牵引的产物。这种技术市场双维中阶突破性创新使得大疆成功地将用户、供应商等更多合作主体纳入自身生态系统中，形成了中级创新生态系统，也形成了自己的核心地位。在大疆成熟期，面对无人机主领域增长困境，寻找更多全新的增长点成为发展的突破口。大疆旨在通过行业无人机、大疆教育、大疆车载三条路径探索新的增长点，突破性创新是寻求新技术、新市场以及跨界产品的产物。这种多维高阶突破性创新也驱动了大疆的技术融合能力，同时锻造了企业在多主体合作过程中对知识与人才流动协同能力，最终形成高级创新生态系统。

（二）突破性创新驱动创新生态系统的作用过程及内在机理

突破性创新驱动创新生态系统的作用过程具体体现在三个方面：一是形成核心能力，二是形成核心企业，三是改变生态结构（其他参与者及其参与关系）。这一过程的内在逻辑根植于突破性创新所触发的技术、市场、知识及观念认知变革的综合溢出效应。具体而言，此效应不仅客观上促使系统内其他参与主体因资源需求的增长而强化对核心企业的依赖关系，还在主观层面通过激发自豪情绪与归属感，深化其对整体系统及核心企业价值观与战略愿景的认同，进而驱动创新生态系统向更高层次的结构化构建与功能性升级迈进。陈劲[12]指出企业需要基于核心能力构建创新生态系统。在此基础上，本文认为突破性创新驱动创新生态系统主要是靠锻造企业核心能力实现的。受突破性创新溢出效应的潜在影响，企业核心能力成为连接突破性创新与创新生态系统的重要介质，也是形成核心企业并改变生态结构的根源。同时，不同阶段大疆所需形成的核心能力是不一样的。

萌芽期，大疆聚焦于专业无人机系统研发，依托技术单维突破性创新，构建了难以复制的技术研发壁垒，形成较高的技术权威性。汪滔的企业家精神注入创新活力，形成核心创新力。此基础上，大疆吸引政产学研合作，政府支持、高校合作与产业集群共筑初级合作框架，为创新生态系统奠定基石。发展期，大疆通过技术市场双维突破性创新，打破专业局限，彰显技术优势，带来同行市场的扩张与思维认知上的认可。通过资源整合与技术扩散能力，形成自身核心地位的同时与多元伙伴（政府、高校、科研机构等）深化合作，加速技术影响力与市场扩张，形成中级创新生态系统。成熟期，大疆以多维突破性创新为引领，拓展至行业无人机、科技教育、车载等领域，带来技术、市场、知识与思维观念等领域综合外溢，形成全方位合作网络。科技教育与无人机及车载产业相互促进，人才与知识在系统中高效流动。大疆凭借技术融合与人才流动协同能力，形成高级创新生态系统。

因此，大疆以突破性创新为基础，借助其在技术、市场、知识与思维观念方面的溢出效应，在不同维度的突破性创新过程中锻造出不同的核心能力。萌芽期形成技术研发能力与创新力、发展期形成技术扩散能力与资源整合能力、成熟期形成技术融合能力和知识与人才的流动协同能力。基于核心能力，大疆不断拓宽合作主体的数量与合作深度，并推动整个生态系统功能不断升级，最终成功构建创新生态系统。

（三）企业创新生态系统的构建过程

创新生态系统的构建并非一蹴而就，而是一个动态演化的过程[62]。创新生态系统中核心企业的形成、多主体参与过程以及生态系统功能的升级都是循序渐进的。突破性创新驱动下大疆创新生态系统构建是一个螺旋迭代的过程。迭代规律的本质为“以技术为起点，以生态为杠杆，以价值为终点”，每一轮迭代均通过“技术突破→能力锻造→生态构建→资源重组→更全新的创新”的传导路径实现能力跃迁。具体而言，突破性创新在溢出效应的底层逻辑下借助企业核心能力这一介质带动企业创新生态系统的构建与演化升级，而不同阶段的创新生态系统又会通过系统内部资源重组加速突破性创新的跃迁进程，二者的螺旋迭代是企业构建创新生态系统并推动其演化升级的一种内在规律，也提供了企业实现多次突破性创新的可能性。

萌芽期，大疆在技术导向的突破性创新情境中，受益于技术领域显著的溢出效应，依托其卓越的技术研发能力与创新力，积极构建并扩展了多边合作网络，形成了涵盖香港科技大学、深圳市政府及深圳产业集群

等多个主体的政产学研合作形式，尚未确立单一创新主体的绝对核心地位，从而构建了一个以技术标准为中心的专业技术生态系统。而专业技术生态通过对内部技术与市场资源的重组，推动无人机规模化生产与新市场验证，也催生满足主流需求的消费级无人机，实现突破性创新从低阶到中阶的跃迁。发展期，大疆在技术市场双维中阶突破性创新情境中，受益于市场与思维观念领域的溢出效应，通过精细化的资源整合与技术的有效扩散，将合作网络扩展至用户、供应商及国内顶尖高校等多元化主体，逐步确立了自身在创新生态中的核心枢纽地位，形成以用户需求为中心的专业商业生态系统。商业生态系统中积累的用户规模、数据资产与跨界资源，驱动大疆探索系统性价值重构，加速从单一主领域产品向全技术生命周期及跨界产品这一高阶突破性创新的跃迁。成熟期，大疆在多维高阶突破性创新的情境中，受益于技术、市场、知识与思维观念等方面的综合溢出效应，通过不断探索新技术与新兴市场的精准匹配，实现了技术跨领域的多次深度融合，进一步拓宽了合作网络的边界，将国际高校、教育机构及投资机构等全球优质资源纳入其中。在此过程中，大疆致力于协调整合多主体间的知识与人才流动，构建了一个以自身为核心，涵盖研发层、制度层、供给层、需求层等多产业嵌套的超级生态，即跨领域技术生态系统与商业生态系统。

因此，大疆创新生态系统的构建遵从遵循“单维低阶突破性创新→专业技术生态系统→双维中阶突破性创新→专业商业生态系统→多维高阶突破性创新→跨领域技术生态系统与商业生态系统”的螺旋迭代规律。同时，大疆在构建跨领域技术生态系统与商业生态系统后，通过资源重组与能力迭代形成创新的自增强机制。不仅以模块化架构整合多学科技术资源重组推动无人机等单点技术突破，而且通过多边平台捕获用户需求与市场数据，以市场资源与知识资源的重组将技术成果快速转化为市场主导优势。两类生态系统嵌套耦合的高级创新生态系统进一步激活价值重构能力，使自身不断突破传统价值链边界，反哺不同维度突破性创新，实现创新迭代闭环。

六、研究结论与展望

（一）研究结论

本文基于纵向单案例研究方法，通过对大疆突破性创新驱动创新生态系统的构建机制进行分析，总结出高新技术企业突破性创新与创新生态系统螺旋迭代模型（图 7），并得出以下结论。

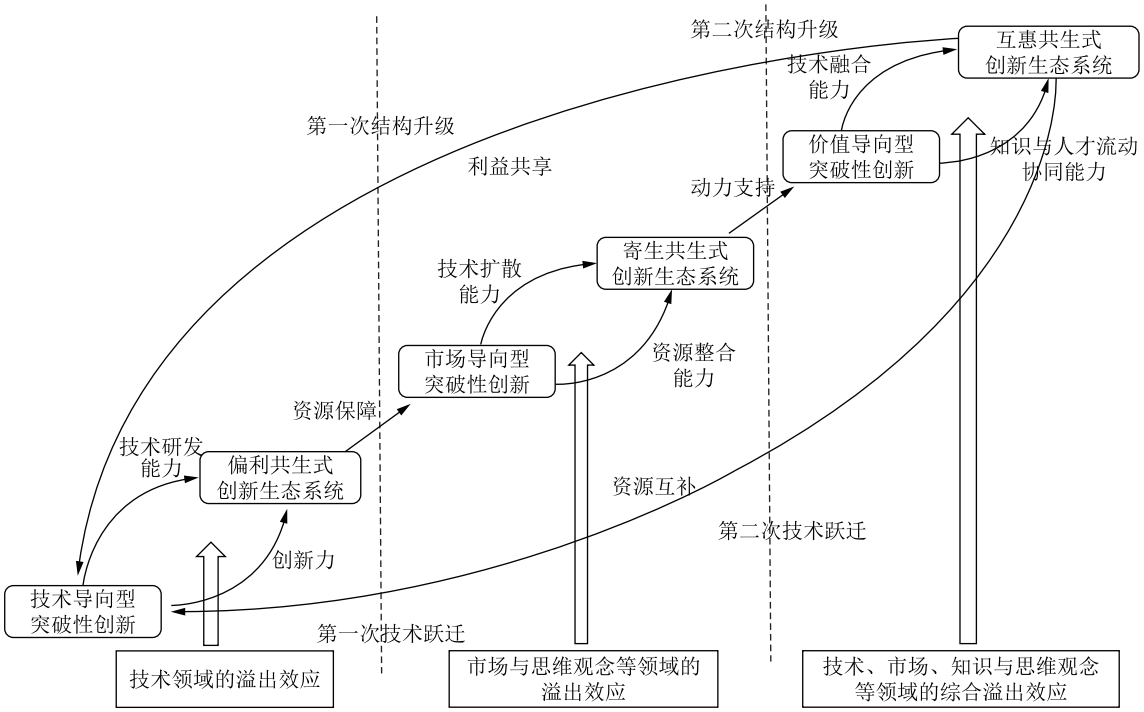


图 7　突破性创新与创新生态系统螺旋迭代模型

第一，高新技术企业突破性创新与创新生态系统遵循螺旋式迭代规律。高新技术企业突破性技术驱动构建创新生态系统遵循“单维低阶突破性创新→专业技术生态系统→双维中阶突破性创新→专业商业生态系统→多维高阶突破性创新→跨领域技术生态系统与商业生态系统”的螺旋迭代规律，同时，高新技术企业在成功构建跨领域技术生态系统与商业生态系统后，在其自身可持续创新动力驱动与创新资源重组能力支撑双重加持下，能够反哺于高新技术企业不同维度的突破性创新，从而形成多轮创新的迭代闭环。螺旋迭代规律的本质为“以技术为起点，以生态为杠杆，以价值为终点”，每一轮迭代均通过“技术突破→能力锻造→生态构建→资源重组→更全新的创新”的闭环传导路径实现能力跃迁。这种多向反哺的螺旋迭代机制深层次解释了高新技术企业如何构建创新生态系统并实现可持续创新发展，也是高新技术企业生态系统网络效应与动态能力螺旋演进的具体表现形式。

第二，企业核心能力是连接突破性创新与创新生态系统的重要介质，而突破性创新所带来的溢出效应则是揭示二者关系的底层逻辑。突破性创新为企业带来了技术、市场、知识与思维观念等领域的溢出效应，在此效应的加持下，企业依靠其核心能力形成自己核心地位的同时，吸引其他创新主体不断与其合作，从而形成创新生态系统。具体而言，此效应不仅客观上促使系统内其他参与主体因资源需求的增长而强化对核心企业的依赖关系，还在主观上通过激发自豪情绪与归属感，深化其对整体系统及核心企业价值观与战略愿景的认同，进而驱动创新生态系统向更高层次的结构化构建与功能性升级迈进。萌芽期的企业核心能力为技术研发能力与创新力，溢出效应表现为技术领域的技术权威性。发展期的企业核心能力为技术扩散能力与资源整合能力，溢出效应表现为市场份额的拓展及参与者对新思维与新模式的接纳与认同。成熟期的企业核心能力为技术融合能力、知识与人才流动协同能力，溢出效应全面而深远，表现为技术、市场、知识与思维观念等领域的综合溢出。

第三，技术的领先与扩散是创新生态系统中核心企业形成的前提与关键。创新生态系统中的核心企业并非先天存在的，而是后天形成的，技术的领先与扩散是企业在创新生态系统中建立核心地位的前提与关键。这正是高新技术企业以技术单维突破性创新作为螺旋迭代起点的原因所在。一是，技术的领先地位构成了核心企业形成的坚固基石，赋予其在市场竞争中的独特优势。核心企业通过持续的技术创新，不仅强化了自身的竞争力，还吸引了众多其他组织和个人加入其创新生态系统，从而影响了系统内资源的配置与流向。这一过程不仅丰富了生态系统的多样性，也为核心企业构建了更为稳固的外部支持网络。二是，技术的有效扩散是核心企业地位巩固与扩展的关键环节。核心企业通过积极分享其技术成果与知识资源，不仅巩固了自身在生态系统中的核心地位，还促进了系统内创新资源的流动与共享。这种开放合作的模式不仅为核心企业带来了更多的合作机遇与资源支持，还激发了整个生态系统的创新活力与潜力，推动了创新活动的持续深化与拓展。

（二）主要贡献

本文的贡献主要包括理论贡献和实践贡献。

在理论贡献方面，首先，贡献于企业创新生态系统理论。过去学界虽重视核心能力对于企业创新生态系统构建的作用，但并未深入探讨企业核心能力从何而来的问题[49]。本文从核心能力视角探讨了突破性创新驱动企业构建创新生态系统的机制，揭开了企业从一次突破性创新到构建创新生态系统从而实现多次突破性创新的“黑箱”。同时，传统学界更多聚焦于创新生态系统对于突破性创新的单向影响[6]，本文指出了突破性创新与创新生态系统的双向影响，并进一步提出了二者的螺旋迭代模型，不仅延伸发展了 Adner 创新生态系统迭代路径的相关理论，也从技术、商业、跨界交互等多维度丰富发展了企业创新生态系统构建与演化的相关研究，为今后从多维角度解剖企业创新生态系统以及探索不同类型生态系统关系提供了新的思路。其次，贡献于企业突破性创新理论。将系统论与突破性创新理论相结合，以系统性、动态性视角打开了企业如何实现多次突破性创新的“黑箱”，跳出了过去学界探讨特定条件下企业突破性创新产生的偶然性框架，提供了企业进行多次突破性创新的思路与系统性过程[5]。同时印证并发展了过去学界对于突破性创新技术、市场等不同维度的划分[35]，进一步指出不同维度间并非独立割裂，而是交互存在的，其中技术维度始终贯穿不同层级突破性创新的始终，高新技术企业突破性创新的发展呈现“主领域技术突破→主领域技术

突破+主领域市场开拓→主领域技术突破+主领域市场开拓+跨界产品突破”技术跃迁轨迹。

在实践贡献方面,本文提出了高新技术企业实现多次突破性创新的可能性,为高新技术企业从技术领先到创新体系领先提供了思路。企业突破性创新对于国家培育和发展新质生产力,实现科技自立自强具有极为重要的意义。突破性创新虽然是一项系统性工程,但由于其较强的不确定性与破坏性特征,其产生过程常常带有一定的偶然性,致使企业难以掌控其产生的整个过程。高新技术企业由于有着技术领先的优势,在实现多次突破性创新方面具有巨大的潜力和可能性。传统的企业创新模式主要关注技术的领先和创新的速度。然而,随着技术的迅猛发展和市场的竞争加剧,技术领先已经不再足以保持企业的竞争优势。因此,高新技术企业需要跳出传统的思维模式,从技术领先转向创新体系领先。本文指出,高新技术企业需要在突破性创新过程中锻造企业核心能力,并基于核心能力构建创新生态系统,从而实现从技术领先到创新体系的领先。同时,通过构建创新生态系统,高新技术企业能够实现对现有创新资源的重组,加速突破性创新向更高维度跃迁的同时,以可持续创新内生驱动力与创新资源重组支撑力对不同层级的突破性创新进行反哺,形成多轮螺旋迭代。凭借此螺旋迭代过程,高新技术企业能够实现多次的突破性创新。

(三)研究局限性与展望

首先,本文所依据的信息大多为二手数据,缺乏一手数据的支持。因此,在研究内容的详细程度和深入程度上可能会有一定的欠缺,未来学者们可以通过分析一手数据来对大疆进行更深入的研究。

其次,企业核心能力是一个多维度概念,除技术维度外还有非技术维度,突破性创新只是企业核心能力的一个实现方式,而并非唯一方式。高新技术企业在技术领域具有较大的优势,而对于其他类型的企业,此模型的适用性可能有限。因此,未来学者可选择不同类型的企业,从不同企业的特性出发,探索非技术维度对于企业构建创新生态系统的驱动机制。比较和梳理不同类型企业创新生态系统构建机制,进而形成一套完整的体系,可以成为未来的研究方向。

最后,单案例研究方法更适用于理论构建。因此,未来学者们可通过大样本调查与实验等研究方法对模型进行检验,进行全周期研究,实现对模型的测试与修正。

参考文献

[1] 陈强远, 赵浩云, 林思彤, 等. 中国高质量技术创新: 情境叙事与测度体系[J]. 管理世界, 2024, 40(5): 23-41.

[2] 中国社会科学院经济研究所课题组, 黄群慧, 杨耀武, 等. 结构变迁、效率变革与发展新质生产力[J]. 经济研究, 2024, 59(4): 4-23.

[3] 尹西明, 陈劲, 王华峰, 等. 强化科技创新引领 加快发展新质生产力[J/OL]. 科学学与科学技术管理, 1-10[2024-04-08]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1117.g3.20240221.1012.002.html.

[4] BARNEY J, WRIGHT M, KETCHEN D J. The resource-based view of the firm: Ten years after 1991[J]. Journal of Management, 2001, 27(6): 625-641.

[5] 庄子银, 贾红静, 肖春唤. 突破性创新研究进展[J]. 经济学动态, 2020(9): 145-160.

[6] 柳卸林, 常馨之, 董彩婷. 构建创新生态系统, 实现核心技术突破性创新——以IMEC在集成电路领域创新实践为例[J]. 科学学与科学技术管理, 2021, 42(9): 3-18.

[7] NAYAK A, CHIA R, CANALES J I. Noncognitive microfoundations: Understanding dynamic capabilities as idiosyncractically refined sensitivities and predispositions[J]. Academy of Management Review, 2020, 45(2): 280-303.

[8] JONES S L, LEIPONEN A, VASUDEVA G. The evolution of cooperation in the face of conflict: Evidence from the innovation ecosystem for mobile telecom standards development[J]. Strategic Management Journal, 2021, 42(4): 710-740.

[9] 周常宝, 冯志红, 林润辉, 等. 从产品导向到生态导向: 高科技企业创新生态系统的构建——基于大疆的纵向案例[J]. 管理评论, 2023, 35(3): 337-352.

[10] COLOMBO M G, VON KROGH G, ROSSI-LAMASTRA C, et al. Organizing for radical innovation: Exploring novel insights[J]. Journal of Product Innovation Management, 2017, 34(4): 394-405.

[11] CHEN X, XIE H, ZHOU H. Incremental versus radical innovation and sustainable competitive advantage: A moderated mediation model[J]. Sustainability, 2024, 16(11): 4545.

[12] 陈劲. 企业创新生态系统论[M]. 北京: 科学出版社, 2017: 184-192.

[13] MOORE J F. Predators and prey: A new ecology of competition[J]. Harvard Business Review, 1993, 71(3): 75-86.

[14] ADNER R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem[J]. Harvard Business Review, 2006, 84(4): 98-107.

[15] ADNER R, KAPOOR R. Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations[J]. Strategic Management Journal, 2010, 31(3): 306-333.

[16] DEDEHAYIR O M, KINEN S J, ORTT J R. Roles during innovation ecosystem genesis: A literature review[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 136: 18-29.
[17] DAYMOND J, KNIGHT E, RUMYANTSEVA M, et al. Managing ecosystem emergence and evolution: Strategies for ecosystem architects[J]. Strategic Management Journal, 2023, 44(4): O1-O27.
[18] GRANSTRAND O, HOLGERSSON M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition[J]. Technovation, 2020, 90: 102098.
[19] 孙冰, 徐晓菲, 姚洪涛. 基于 MLP 框架的创新生态系统演化研究[J]. 科学学研究, 2016, 34(8): 1244-1254.
[20] ZHAO W, YI L. Product innovation logic under the open innovation ecosystem: A case study of Xiaomi (China)[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2023, 35(6): 659-675.
[21] 蒋石梅, 吕平, 陈劲. 企业创新生态系统研究综述——基于核心企业的视角[J]. 技术经济, 2015, 34(7): 18-23, 91.
[22] 曹兴, 马慧. 新兴技术创新网络下多核心企业创新行为机制的仿真研究[J]. 中国软科学, 2019, 34(6): 138-149.
[23] 汤睿, 林春培, 李京, 等. 基于资源编排的企业数字化能力与创新生态系统构建[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(16): 83-94.
[24] 韩凤芹, 马婉宁, 陈亚平, 等. 创新生态系统的演进逻辑——基于江苏产研院的单案例分析[J/OL]. 科学学研究, 1-20[2024-08-07]. https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20240806.002.
[25] 彭晓芳, 吴洁, 盛永祥, 等. 创新生态系统中多主体知识转移生态关系的建模与实证分析[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(9): 111-116.
[26] 韩少杰, 吕一博, 苏敬勤. 企业中心型开放式创新生态系统的构建动因研究[J]. 管理评论, 2020, 32(6): 307-322.
[27] 韩少杰, 苏敬勤. 企业中心型开放式创新生态系统的构建逻辑形成机理研究[J]. 管理评论, 2023, 35(6): 335-352.
[28] ABERNATHY W J, UTTERBACK J M. Patterns of industrial innovation[J]. Technology Review, 1978, 80(7): 40-47.
[29] 付玉秀, 张洪石. 突破性创新：概念界定与比较[J]. 数量经济技术经济研究, 2004(3): 73-83.
[30] XIE X, WANG L, ZENG S. Inter-organizational knowledge acquisition and firms' radicalinnovation: A moderated mediation analysis[J]. Journal of Business Research, 2018, 90: 295-306.
[31] CAPPONI G, MARTINELLI A, NUVOLARI A. Breakthrough innovations and where to find them[J]. Research Policy, 2022, 51(1): 104376.
[32] 许佳琪, 汪雪锋, 雷鸣, 等. 从突破性创新到颠覆性创新：内涵、特征与演化[J]. 科研管理, 2023, 44(2): 1-13.
[33] RITALA P, HURMELINNA-LAUKKANEN P. Incremental and radical innovation in coopetition—The role of absorptive capacity and appropriability[J]. Journal of Product Innovation Management, 2013, 30(1): 154-169.
[34] 李瑞雪, 彭灿, 杨晓娜. 以双元创新为中介过程的开放式创新对企业核心能力的影响[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(4): 90-97.
[35] 孟庆时, 余江, 陈凤. 深度数字化条件下的突破性创新机遇与挑战[J]. 科学学研究, 2022, 40(7): 1294-1302.
[36] 邓渝. 资源整合对突破性创新的影响研究——联盟伙伴竞争的调节作用[J]. 管理评论, 2019, 31(11): 71-79.
[37] 李烨, 闫晓勇. 企业创新生态系统协同演化机制：理论框架与未来研究[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(14): 151-160.
[38] NETO J R, FIGUEIREDO C, GABRIEL B C, et al. Factors for innovation ecosystem frameworks: Comprehensive organizational aspects for evolution[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2024, 203: 123383.
[39] IGWE P A, ODUNUKAN K, RAHMAN M, et al. How entrepreneurship ecosystem influences the development of frugal innovation and informal entrepreneurship[J]. Thunderbird International Business Review, 2020, 62(5): 475-488.
[40] 康鑫, 郭双叶. 知识协同视角下企业突破性创新形成机理研究[J]. 技术经济, 2022, 41(12): 12-24.
[41] TRIGEOGIS L, BALDI F, MAKADOK R. Compete, cooperate, or both? Integrating the demand side into patent deployment strategies for the commercialization and licensing of technology[J]. Academy of Management Review, 2022, 47(1): 31-58.
[42] 王歌, 覃柳淼, 曾赛星, 等. 新型举国体制下重大工程创新生态系统的资源配置模式——来自港珠澳大桥技术创新的证据[J]. 管理世界, 2024, 40(5): 192-216.
[43] LEI H, GUI L, LE P B. Linking transformational leadership and frugal innovation: The mediating role of tacit and explicit knowledge sharing[J]. Journal of Knowledge Management, 2021, 25(7): 1832-1852.
[44] SAHASRANAMAM S, SOUNDARARAJAN V, CHATTERJEE D. Co-creating innovation ecosystems in contexts of absolute uncertainty: The case of low-cost heart valves in India[J]. Journal of Product Innovation Management, 2024, 41(2): 501-526.
[45] 王思明. 基于企业核心能力的企业员工激励机制研究[J]. 中国软科学, 2021(S1): 253-259.
[46] PRAHALAD C K, HAMEL G. The core competence of the corporation[J]. Harvard Business Review, 1990, 68(3): 275-292.
[47] 张树满, 原长弘. 制造业领军企业如何培育关键核心技术持续创新能力?[J]. 科研管理, 2022(4): 103-110.
[48] 曾萍, 汪金爱, 吕迪伟. 中国民营企业核心能力与多元化战略选择研究[J]. 科研管理, 2022(3): 89-98.
[49] 战睿, 王海军, 孟翔飞. 基于核心能力的企业创新生态系统构建：中集案例研究[J]. 中国科技论坛, 2022(3): 109-119.
[50] 王新华, 车珍, 于灏, 等. 网络嵌入、多途径知识集聚与创新力——知识流耦合的调节作用[J]. 南开管理评论, 2019, 22(3): 28-39.
[51] 彭新敏, 刘电光, 肖瑶. 互补性资产对核心技术能力的动态作用机制——基于后发企业技术追赶过程的视角[J]. 管理评论, 2021, 33(2): 120-129.
[52] 周翔, 罗顺均, 吴能全, 等. 核心能力快速丧失企业的公司创业——基于海印商业运营的公司创业纵向案例研究[J]. 管理世界, 2018,

34(6): 157-172, 181.
[53] 吴价宝. 企业核心能力形成机理及应用研究[M]. 南京: 东南大学出版社, 2006: 98-109.
[54] 彭灿. 突破性创新的资产基础与面向突破性创新的联盟战略[J]. 研究与发展管理, 2009, 21(3): 85-90.
[55] 张可, 高庆昆. 基于突破性技术创新的企业核心竞争力构建研究[J]. 管理世界, 2013, 29(6): 180-181.
[56] YIN R K. Case study research: Design and methods[M]. Los Angeles, CA: Sage Publications, 2009: 131-144.
[57] 王永贵, 李霞. 中国管理案例研究40年——系统回顾、问题反思、对策建议与展望[J]. 南开管理评论, 2022, 25(6): 4-16, 28, 17-18.
[58] EISENHARDT K M, GRAEBNER M E. Theory building from cases: Opportunities and challenges[J]. The Academy of Management Journal, 2007, 50(1): 25-32.
[59] 苏敬勤, 林菁菁, 张雁鸣. 企业产品平台独立性差异及影响机理——一个对比案例研究[J]. 科研管理, 2019, 40(10): 220-229.
[60] EISENHARDT K M. Building theories from case study research[J]. Academy of Management Review, 1989, 14: 532-550.
[61] GIOIA D A, CORLEY K G, HAMILTON A L. Seeking qualitative rigor in inductive research: Notes on the Gioia methodology[J]. Organizational Research Methods, 2013, 16(1): 15-31.
[62] MCKINLEY W. Doomsdays and new dawns: Technological discontinuities and competence ecosystems[J]. Academy of Management Perspectives, 2022, 36(2): 729-743.

The Mechanism of Constructing an Innovation Ecosystem for High-tech Enterprises: Based on the Driving Role of Breakthrough Innovation

Jiang Shimei, Xu Shangcheng
(School of Economics and Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: To uncover the "black box" of the complex process through which enterprises evolve from achieving a single breakthrough innovation to successfully constructing an innovation ecosystem, thereby realizing multiple breakthrough innovations, a longitudinal single-case analysis focusing on DJI Innovations, a high-tech enterprise was conducted. The mechanisms underlying the construction of an innovation ecosystem driven by breakthrough innovations was explored. The findings reveal three key insights. First, high-tech enterprises' drive to construct an innovation ecosystem through breakthrough innovations follows a spiral iterative pattern "technology-oriented breakthrough innovation → commensalistic innovation ecosystem → market-oriented breakthrough innovation → parasitic symbiotic innovation ecosystem → value-oriented breakthrough innovation→mutualistic symbiotic innovation ecosystem." Second, a firm's core capabilities serve as a crucial bridge linking breakthrough innovations and the innovation ecosystem, while the spillover effects stemming from these breakthroughs constitute the underlying logic that elucidates the relationship between the two. Third, technological leadership and diffusion are prerequisites and key factors in the formation of core enterprises within an innovation ecosystem. It enriches the theoretical research of enterprise innovation ecosystem from the perspective of the relationship between enterprise breakthrough innovation and innovation ecosystem, puts forward the possibility of high-tech enterprises to achieve multiple breakthrough innovations, and provides ideas for high-tech enterprises to lead from technology to innovation system.

Keywords: breakthrough innovation; innovation ecosystem; core competence of enterprises; core enterprise; DJI