

技术演进视角下科创型企业的创新扩散机制研究

——基于中核海得威的探索性单案例分析

○ 王泽鹏 杨 斌 杨金东

摘要 对于科创型企业来说, 创新扩散是科技成果转化为生产力和社会价值的核心环节, 而技术演进可以看作企业创新扩散过程中的关键驱动力。本文选取深圳市中核海得威生物科技有限公司进行探索性单案例分析, 探讨技术演进视角下科创型企业如何实现创新扩散。研究发现: (1) 技术演进视角下科创型企业创新扩散过程中存在选择式演进、变异式演进与重构式演进三种内在机制, 体现为“技术驱动—需求驱动—场景驱动”关键要素的动态更迭; (2) 作为企业创新扩散基础, 科创型企业的资源集成路径表现为“资源组件适配—资源结构扩展—资源关系链接”动态转变; (3) 本文通过案例分析归纳出企业创新扩散的演进逻辑, 与现有创新扩散研究的技术逻辑与市场逻辑相比, 在扩散主体、扩散结构、扩散路径、扩散特征与扩散模式等方面呈现出不同的逻辑特征。本文研究结论为科创型企业创新扩散提供了理论支持与实践指导。

关键词 创新扩散; 技术演进; 科技成果转化; 资源集成

引言

党的二十大报告提出, 加强企业主导的产学研深度融合, 提高科技成果转化和产业化水平, 强化企业科技

创新主体地位, 发挥科技型骨干企业引领支撑作用, 推动创新链产业链资金链人才链深度融合。企业创新扩散是实现科技成果转化、推动经济高质量发展、构建创新型国家体系的关键环节。科创型企业研发出的新技术、新产品或新模式等创新成果在市场和社会中广泛传播和应用, 不仅能促进产业结构优化升级, 而且创新扩散过程中会产生知识溢出效应, 可以带动其他企业乃至整个产业链条的技术学习和发展, 形成良好的协同创新发展态势, 从而提升整体创新能力。^[1,2] 因此, 科创型企业创新扩散的形成过程与作用机制已经成为学界和业界亟待解决的重要议题。

现有文献从不同视角对企业创新扩散研究进行探讨。扩散渠道视角关注的是创新参与主体(如企业、研究机构、政府、用户等)如何通过市场和非市场两种渠道将创新成果推广至更广泛的使用者群体;^[3,4] 创新采纳视角不仅关注创新扩散过程中的选择和推广, 更着重于终端用户或消费者的采纳行为, 强调了市场和消费者在创新成果普及和应用中的关键性作用;^[5,6] 技术应用视角认为创新扩散是一个由技术内部研发到外部市场推广, 再到用户学习接纳的系统性学习过程, 在此过程中, 企业需要不断学习和调整策略, 以适应市场需求和竞争环境的变化。^[7,8] 尽管现有文献对创新扩散研究做出了有

作者简介 王泽鹏, 南开大学商学院博士研究生, 研究方向为数字化转型、创新管理; 杨斌(通讯作者), 南开大学商学院教授、博士生导师、博士, 研究方向为组织与人力资源管理、公司治理、比较经营学; 杨金东, 南开大学商学院博士研究生, 研究方向为企业国际化、创新管理

基金资助 本文受国家自然科学基金项目(72272082、71972110)资助

益探索,但主要聚焦于传统的线性扩散模型和静态市场结构,^[9,10]大多停留在理论层面分析,对企业创新扩散的纵向演化过程与内在机制缺乏足够关注。

针对科创型企业创新扩散这一研究议题,技术演进提供了合适的理论视角。技术演进是指从原始技术到先进技术的发展 and 变迁过程,在这一过程中,技术经历了从无到有、从低级到高级、从简单到复杂、从单一到多样化的持续变化和改良。^[11,12]现有研究从环境选择视角、渐进延续视角与技术生态视角等不同方面对技术演进进行探讨,^[13-15]认为技术演进不仅体现在技术原理、结构和功能上的进步,还体现在技术应用领域的拓展、技术体系的完善及与之相关的社会伦理等问题的同步演进。^[16]技术演进在科创型企业创新扩散过程中发挥重要作用:一方面,技术演进能满足市场需求变化,形成市场需求拉动技术扩散的正向循环;^[17]另一方面,技术演进中上下游企业间会形成技术交流与合作,共同推动产业链整体升级,由此形成的协同效应也会促进创新技术在整个产业链中的扩散。^[18]然而,尽管现有文献对技术演进的相关研究做出了有益探讨,但目前主要聚焦于对技术资源属性、特征与发展脉络进行整理与部署,^[19,20]对技术演进的过程缺乏全面且细致的梳理,对于技术演进视角下科创型企业创新扩散机制认知仍不清晰。

针对上述理论缺口,本文选取深圳市中核海得威生物科技有限公司(以下简称“中核海得威”)作为案例对象,基于企业相关实践,将研究问题聚焦于“技术演进视角下科创型企业如何实现创新扩散”,以期为企业创新扩散实践提供有效借鉴。

一、文献综述

1. 企业创新扩散

创新扩散是指一项创新在某个时间段内通过特定的渠道在社会系统成员之间传播的过程。^[1,2]Schumpeter最早将扩散引入创新领域的研究,提出了创新在企业间大面积的模仿行为就是“创新的扩散”。^[21]Rogers对创新扩散的概念、要素、过程的界定与研究受到广泛认可,^[1]奠定了现代创新扩散理论基础框架。组织和管理学研究通常将创新扩散视为对竞争对手的溢出效应来考察企业内或企业间的知识流动,^[9,22]创新运用组织行为学、系统动力学与博弈论等多种方法来阐释创新扩散感知与决策过程。^[10,23]

现有文献对企业创新扩散的探讨主要集中于以下方面:(1)扩散渠道视角,关注的焦点是创新参与主体通过市场和非市场渠道进行创新扩散,创新过程在时间和

空间维度以非线性、动态化的方式展开。^[3,24]创新扩散网络结构日益多元,创新主体间构建了新的社会连接、传播机制和圈层路径,创新用户凭借分享转发等途径形成以自我为中心的创新扩散网络。^[4,25](2)创新采纳视角,关注的焦点是消费者选择过程。^[26]创新扩散是大量个体采纳行为集中涌现出的宏观现象,采纳决策行为范式受到社会网络结构的影响,创新采纳在社会网络个体间的信息交流中实现。^[5]Nam等基于创新扩散过程构建启用、采纳、同化三阶段创新采纳模型。^[6](3)技术应用视角,关注的焦点是创新扩散从技术原理发现、产品设计开发到市场推广商业化的系统性学习过程。^[7]技术原理发现是创新扩散的第一步,产学研紧密合作转化为实用技术;基于技术原理,设计出初步的产品原型,并对产品进行严格的测试,确保其性能和安全性符合标准;了解目标市场需求、偏好和购买行为,制定有效营销策略并进行市场推广与商业化活动,完成创新扩散闭环。^[8]

尽管现有文献对创新扩散研究做出了有益探索,但主要聚焦于传统的线性扩散模型和静态市场结构,^[9,10]大多停留在理论层面分析,在理解新情境下系统化创新扩散方面较为局限,对于科创型企业创新扩散路径与模式仍不清晰。因此,企业创新扩散内在机制研究亟待得到拓展,扩散过程中所涉及的关键要素(技术维—产品维—市场维)亟待得到解构,以更准确地剖析科创型企业创新扩散的动态演化过程。

2. 技术演进理论

技术演进是指技术从无到有、从不成熟到成熟、从一种结构或形态到另一种结构或形态的转变过程,^[11]是自然属性与社会属性的统一体。^[12,27]技术由简单到复杂、由单一到多样,显示出类似生物进化的历史轨迹。新技术的出现都是对上一代技术的继承、改造和超越,这种过程伴随着技术的创新、集成和分化,反映了技术的自我优化和进化规律。^[28]技术形态和结构会随着科技的进步、市场需求的变化以及跨领域交叉融合的影响而不断发生转变,从而推动整个行业 and 产业链的革新与发展。

现有技术演进研究主要从以下视角展开分析:(1)环境选择视角,强调新技术是在生存斗争中产生的。^[12]市场环境、客户需求、政策导向等外部因素会对技术发展产生选择压力,促使某些技术得到推广和普及,而另一些技术被淘汰或停滞不前,类似于自然界中生物的自然选择过程。^[13]同时,不同技术领域之间的界限模糊化,多种技术相互融合,形成综合性更强、功能更齐全的新型技术系统,正如生物体通过基因重组产生新的生物特性。^[29](2)渐进延续视角,强调技术进步是在现有技

术基础上的逐步改良和累积创新,而非突然的、革命性的变化。^[14]新技术的产生和发展是基于已有技术的累积创新,通过微小而连续的改进逐渐提升技术性能、解决问题、满足新的需求。^[30]随着技术的不断应用和改良,企业、行业乃至整个社会对技术的掌握程度和应用效率会逐渐提高,成本会随之降低,进一步推动了技术的普及和进一步创新。^[31](3)技术生态视角,强调从生态学角度来分析和理解技术发展、创新和演进,^[15]将技术视为一个生态系统,其中各个组成部分(如技术、企业、用户、政策、市场等)存在明显的相互影响和协同效应。^[32,33]

在科创型企业创新扩散过程中,技术演进可以看作关键驱动力。一方面,技术演进通常伴随着成本降低、操作简易化和兼容性增强等特点,企业能够开发出更先进、性能更优的产品或服务,会带动市场对新技术的接纳与传播,从而实现创新扩散;^[16]另一方面,技术演进过程中,企业间的竞争与合作会导致知识溢出,通过人员流动、信息共享等途径,知识成果会被其他企业吸收并应用,从而推动整个行业的技术扩散。

尽管现有文献对于技术演进的相关研究做出了有益探讨,但目前主要聚焦于对技术资源属性、特征与发展脉络进行整理与部署,^[19,20]对技术演进的过程缺乏全面且细致的梳理;同时,现有技术演进研究大多集中在理论分析与概念界定,对于技术演进视角下科创型企业创新扩散机制认知仍不清晰。因此,本文对技术演进视角下企业创新扩散的动态过程与内在机制展开探索,为揭示企业创新扩散与科技成果转化提供了有益思路。

二、研究方法

1. 方法选择

本研究围绕“技术演进视角下科创型企业如何实现创新扩散”这一研究问题,采用探索性单案例研究。原因在于:首先,此类问题属于“How”和“Why”的问题范畴,科创型企业创新扩散过程中包含多主体、多要素的相互作用,适宜采用案例研究方法。其次,本文涉及新技术从最初发明创造、实验验证,再到市场推广并进一步改进与应用的一系列阶段,现有文献并没有深入解答,因此需要采用探索性案例研究方法。最后,本文选择单案例研究可以对某一特定现象或问题进行深入描述和剖析,有助于理解某一特定现象背后动态、复杂的机制,提炼出解释复杂现象的理论或规律。

2. 案例企业选择

本文选择中核海得威作为研究对象,原因如下:(1)

典型性原则。作为中国同位素技术应用企业的典型代表,中核海得威专注于同位素技术在呼气诊断技术的应用与创新,在该领域内保持领先地位,持续推动呼气诊断技术产业化发展。(2)启发性原则。中核海得威将科研化的同位素标记技术成功转化为商业化的无创胃幽门螺杆菌检测,在较短的时间内实现了从小型初创公司到同位素呼气诊断行业标杆的巨大飞跃,为中国科创型企业如何实现创新扩散提供了经验参考。

中核海得威是中国呼气检测技术领域拥有完整独立自主知识产权的高新技术企业,开创了我国呼气试验技术检测疾病的先河,已成为我国最大的幽门螺杆菌诊断产品供应商,为促进国家核技术应用事业的发展和进步做出重要贡献。本研究依据访谈资料纵向梳理了中核海得威创新扩散的关键事件及特征,将其划分为三个阶段:第一阶段,碳14时期(1996-2007年)。该阶段海得威开创性地将核素标记技术应用于医学呼气诊断领域,成为中国第一个专门从事呼气试验产品研发、生产的生物医药企业。第二阶段,碳13时期(2007-2016年)。该阶段海得威专注于研发和推广使用无放射性的碳13标记的尿素呼气试验产品,实现了尿素碳13、碳14呼气诊断全产业链布局。第三阶段,碳+时期(2016年至今)。该阶段海得威秉承“同心多元”发展理念,探索碳同位素技术在更多场景下的商业化潜力,实现技术多元化辐射。

3. 数据收集与整理

本研究相关数据收集自2022年10月至2024年3月。研究团队分别于2023年6月和2023年8月前往中核海得威进行了正式访谈调研。其间,还分别于2022年12月、2023年5月、2023年7月和2023年12月在集团各子公司对相关人员进行半结构化访谈。同时,研究团队还采用腾讯会议访谈、微信访谈、电子邮件沟通、电话访谈等方式进行数据收集。访谈对象包括中核海得威及子公司的中高层管理者、参与企业科技成果转化的员工代表等,每次访谈时间控制在1-3个小时,并进行录音整理,形成本研究所需要的基础数据。

本研究除采用半结构化访谈进行数据收集之外,还采用多种二手数据收集方法来提升结论的稳健性。主要包括:(1)企业内部资料,包括中核海得威、子公司安徽养和的内部会议记录、历史档案等。(2)公开性外部资料,包括中核海得威官网、微信公众号、报纸、新华网等媒体对中核海得威同位素技术应用的报道等。(3)参与式观察,包括参观深圳总部同位素科技展厅、生产车间、技术研发中心等。所搜集的素材整理成文档,如

表 1 所示。

表1 案例企业数据来源及编码

数据类型	数据来源	类别	数量	编码
半结构化访谈	公司董事长、公司董事长助理、公司副总经理、公司生产总监、公司技术总监、子公司副总经理、子公司技术总监、技术研发人员等	人员	8 人	S1-S8
内部资料	会议记录、历史档案、领导讲话记录、年度总结、内部期刊等	文档	53 份	T1
	坪山专精特新“小巨人”访谈录：一口“气”揭示身体的奥秘等	文章	29 篇	F1
外部资料	企业官网、微信公众号、社交媒体平台、新华网等媒体报道	宣传报道	206 篇	F2
	尿素呼气检测行业技术发展趋势分析报告等	行业报告	8 篇	F3
参与式观察	总部同位素展厅、生产现场、技术研发中心等	现场观察	6 次	D1

为保证研究的信度与效度，首先，研究团队在四位商学院教授指导下，经过初步的资料收集和讨论形成调研计划和研究设计；其次，遵循“三角检验”原则，通过多次调研和半结构化访谈收集原始数据，从多种渠道来源补充资料，以丰富本研究的证据链；最后，采用一阶/二阶结构化数据分析方法，分小组进行数据分析和独立编码，并不断补充基础数据以保证其完整性。在原始数据、各阶构念和参照理论之间进行来回穿梭，与现有文献进行反复比较直至理论饱和状态，形成稳健的、适应性的理论分析框架。本文数据结构如图 1 所示。

三、案例分析与发现

1. 第一阶段：选择式演进

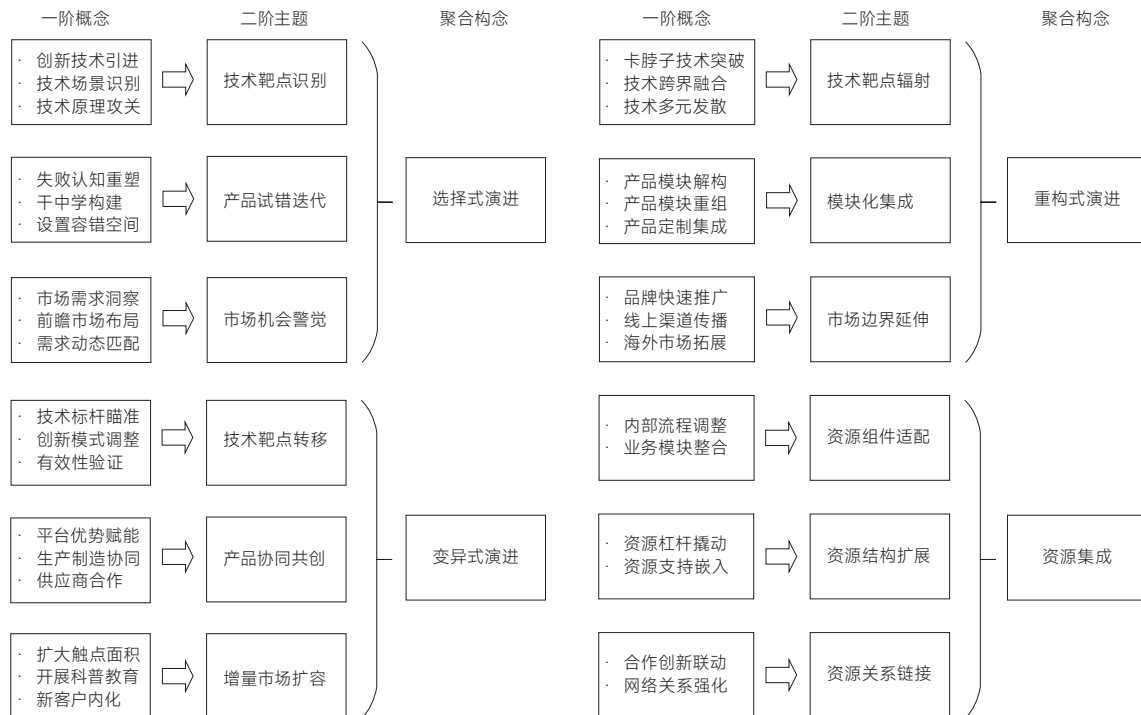


图1 数据结构图

在第一阶段，组织聚焦于选择式演进，即在技术发展过程中，初创企业基于市场需求、资源约束与政策导向等多种因素，有意识地在众多技术选项中筛选出最佳路径进行创新扩散，表现在技术靶点识别、产品试错迭代和市场机会警觉三方面。

(1) 技术靶点识别（技术维）

技术靶点识别是指在技术发展前瞻性预测基础上，组织内部明确未来关键技术研发方向，将某个领域的特定技术作为其研发工作的重点目标（即技术靶点）。成立初期，海得威引入国际上最新的碳 14 呼气诊断研究技术，将其转化为符合中国市场的产品和服务，成功开发基于同位素碳 14 标记的尿素呼气试验产品。同时，海得威对临床诊断与健康管理等不同场景有针对性地进行异质性技术研发，赋能临床检测、大规模人群普查或个人健康状况监测。2000 年，海得威的碳 14 尿素呼气试验药盒获得了国家药品批准文号，开启了市场化之路，成为中国第一个专门从事呼气试验产品研发、生产的生物医药企业。正如海得威董事长提到的：“我们从体长 3 微米左右的幽门螺旋杆菌切入，开创我国呼气检测疾病先河”（S1）。

(2) 产品试错迭代（产品维）

产品试错迭代是指在技术研发基础上，企业鼓励员工在产品开发方面采取积极尝试、快速迭代的方式，

通过不断地测试、验证和学习来优化完善产品设计模式。海得威倡导“快速试错、快速迭代”的创新理念，鼓励员工勇于尝试新的产品研发思路，创建一个不惧怕失败、敢于挑战的企业氛围；海得威还在全公司强调员工需要通过持续的试错实践和实际操作来获取知识和技能，每一次成功或失败的产品开发都是学习的机会。同时，海得威将失败看作技术研发过程中的正常现象，设定合理的试错成本范围，每次失败后及时进行项目复盘，将其转化为后续产品研发及战略调整的宝贵资源。正如其生产总监所言：“我们认可那些虽然失败但提供了有价值反馈和经验的项目团队，激励他们持续探索和创新”（S4）。

（3）市场机会警觉（市场维）

市场机会警觉是指在技术研发与产品开发基础上，企业通过持续创新和有效沟通来全面洞察市场需求，推动自身产品和技术的广泛应用和市场拓展。海得威通过参加专业展会、学术会议、媒体宣传等多种方式，提升公司及产品的知名度和影响力，并开展各类医疗教育活动，普及碳14呼气诊断技术的价值和优势，激活潜在市场需求。海得威还预先规划和实施前瞻性市场布局战略行动，制定相应的风险管理策略和应急预案，并积极开展渠道建设与合作网络建设。同时，海得威深入调研和理解临床医生、患者及市场的需求变化，以实际应用为导向，为技术与产品研发提供实践反馈。正如其董事长助理所言：“我们能够根据市场反馈迅速优化现有产品或开发新产品，以满足不断演进的市场需求”（S2）。

（4）资源组件适配（扩散基础）

在企业创新扩散过程中，资源组件适配发挥重要的支撑作用，即企业在引入新的创新技术、业务流程或管理模式时，确保组织内部资源的有效整合和匹配，保证了企业内外部环境与创新成果之间达到一种协调状态，加速创新采纳应用。一方面，鉴于碳14呼气试验含有放射性元素，海得威在内部流程中加强对此类医用废物的安全管理和合规处置流程，以符合国家环保法规和辐射防护标准；另一方面，海得威强化碳14标记化合物研发能力，建立从原材料采购、同位素标记、制剂制备到成品检测的全流程控制体系，确保国产化批量生产过程中技术领先和质量稳定（见表2）。正如其副总经理所言：“通过各业务环节紧密衔接和全程质量控制，海得威确保其碳14呼气试验产品从源头至终端用户都具有卓越品质和可靠性”（S3）。

2. 第二阶段：变异式演进

在第二阶段，组织聚焦于变异式演进，即科创型企业

表2 “选择式演进”阶段关键构念及典型证据援引

聚合构念	二阶构念	一阶构念	典型证据援引
选择式演进	技术靶点识别	创新技术引进	在国外了解到碳14尿素检测，但在国内尚属空白（F1）
		技术场景识别	国际上也只有日本、美国寥寥几家公司从事该业务（S6）
		技术原理攻关	研发团队加班加点，终于拥有了中国第一个呼气诊断发明专利（S3）
	产品试错迭代	失败认知重塑	不惧失败有助于我们更好地应对挑战，持续优化产品开发策略（S2）
		干中学构建	研发人员会通过不断地实践试错操作来提升自身专业技术水平（T1）
		设置容错空间	我们会给开发人员一定的容错空间，鼓励他们创新（S5）
	市场机会警觉	市场需求洞察	持续跟踪医疗检测发展趋势、政策变化及目标客户需求变化（F3）
		前瞻市场布局	构建覆盖重点区域的销售网络，提前布局线下销售渠道（S1）
		需求动态匹配	与上下游企业及用户紧密合作，共同探索和挖掘潜在市场需求（T1）
	资源集成	内部流程调整	围绕法规合规、临床试验、注册认证等方面进行流程的重新调整（S4）
		业务模块整合	确保新药研发、检测仪器改良、配套试剂研发阶段间的紧密衔接（S2）

业通过不断尝试、改进和组合不同的技术元素，从而产生新的技术形态和技术路径，不断适应市场需求变化，体现创新多元化、非线性和动态特征，表现在技术靶点转移、产品协同共创和增量市场扩容三方面。

（1）技术靶点转移（技术维）

技术靶点转移是指随着市场对新技术需求的增长或旧技术需求的下降，科创型企业通过技术引进、消化吸收与资源整合等方式，选择调整技术研发重点（即技术靶点），转向更具潜力的新领域，对原有技术进行升级迭代。中核海得威首先选中碳13产品先发标杆企业——德国菲舍尔与原子高科，引进了德国菲舍尔公司碳13仪器，并以一定股权与原子高科碳13项目进行置换，拿到了碳13药剂生产技术。同时，中核海得威通过多主体合作，从原来依赖内部资源和团队独立进行研发活动转变为积极寻求外部合作，共同推动碳13技术研发工作。作为全新呼气检测技术，中核海得威对碳13尿素呼气试验技术原理开展前瞻性的临床研究，长期随访确定患者的实际感染状态。正如子公司副总经理提到的：“当时董事会对碳13技术原理的信心并不太足，好多国内同行搞了十几年都没搞出来，但当时中核海得威已经毫无退路”（S6）。

（2）产品协同共创（产品维）

产品协同共创是指在产品开发过程中，科创型企业通过优化配置内部资源与有效利用外部资源，构筑多层次、动态交互的协同网络体系，使得各创新节点在协同运作中形成创新合力，以实现最大效益的过程。中核集团入主海得威有助于整合上下游产业链资源，使海得威

能够更好地获取稳定的同位素等关键原材料供应。同时,中核海得威与科研院所、大学等研究单位合作,共同开发和优化碳 13 标记尿素的合成工艺,提升生产技术水平 and 产品性能。中核海得威还借助于合作、联盟、并购等方式,引入外部优质资本,通过与医学供应商合作共同开发碳 13 产品,弥补自身短板,加快创新扩散速度。正如其董事长助理所言:“我们与高校、研究所等机构协同开展关键技术攻关,共同推动碳 13 呼气试验产品的理论突破和实践应用。”(S2)。

(3) 增量市场扩容(市场维)

增量市场扩容是指科创型企业在现有市场覆盖基础上,寻找新的增长点和市场空间,向国内外其他地区进行市场渗透,以实现业务规模的进一步扩大和市场占有率的提升。中核海得威通过与医院、诊所、体检中心等医疗服务机构深度合作,将其业务拓展至其他消化系统疾病检测、内分泌代谢疾病筛查、药物疗效监测等,增加与潜在客户的接触渠道。中核海得威举办了多项“健康管理进校园”“健康护胃中国行”等公益活动,通过走入学校和社区,普及呼气检测技术相关知识。同时,中核海得威根据新客户的具体需求和特性,提供定制化的解决方案和服务,将新客户从初次购买转化为长期稳定客户,并建立起深厚客户关系,提高客户留存率和重复购买率。正如其副总经理提到的:“我们不断探索与健康管理、保险、养老等行业深度融合,开发基于呼气检测技术的全新商业模式和解决方案”(S3)。

(4) 资源结构扩展(扩散基础)

在该阶段案例企业需要将资源结构扩展作为扩散基础,即企业在原有资源配置的基础上,通过增加新的资源类型、进行资源外部获取、扩大已有资源规模或优化资源组合方式,来适应创新活动需求,促进创新成果更广泛地应用于实际业务场景。中国同辐参股海得威不仅保障了产业链上游原料供给、提升关键技术研发能力,而且也在一定程度上丰富了中核海得威公司产品线,促进中核海得威与合作伙伴协同发展。同时,中核海得威凭借国有资本的强大实力,整合我国呼气诊断领域优势资源,成功收购国内另外一家从事呼气诊断产品的企业安徽养和公司,实现优势互补、资源共享(见表 3)。正如子公司技术总监所言:“两家公司并购后整合,企业在资源配置、人才培养、文化整合方面进行了多番改造,实现了真正意义上的脱胎换骨”(S7)。

3. 第三阶段:重构式演进

在第三阶段,组织聚焦于重构式演进,即科创型企业对原有技术体系、发展模式或演进路径进行调整与

表3 “变异式演进”阶段关键构念及典型证据援引

聚合构念	二阶构念	一阶构念	典型证据援引
变异式演进	技术靶点转移	技术标杆瞄准	我们瞄准原子高科的碳 13 技术作为技术标杆 (S2)
		创新模式调整	通过产学研结合、合作研发、众包创新等模式进行碳 13 开发 (F1)
		有效性验证	确保同一份样本多次检测的结果具有一致性,保证技术有效性 (F2)
	产品协同共创	平台优势赋能	中核旗下的医疗健康领域资源可以通过整合实现优化配置与共享 (S5)
		生产制造协同	利用合作伙伴的专业能力,共同解决碳 13 生产过程中的难题 (S7)
		供应商合作	与上游供应商共享产品设计理念,寻求材料升级等方面协同创新 (T1)
	增量市场扩容	扩大触点面积	积极参与政府招标采购、公共卫生项目,发掘新的业务机会 (S3)
		开展科普教育	在各地开展科普教育活动,深化消费者对呼气诊断价值认识 (T1)
		新客户内化	提供一对一的关怀服务,解答新客户在使用过程中遇到的问题 (F2)
	资源集成	资源结构扩展	借助中核资源技术优势,海得威成功突破现有发展瓶颈 (S3)
		资源支持嵌入	中核参股帮助海得威扩大研发、生产和市场推广规模 (T1)

改进,实现技术进步的全方位扩散辐射与高效转化,形成多维技术链和产业链,表现在技术靶点辐射、模块化集成和市场边界延伸三方面。

(1) 技术靶点辐射(技术维)

技术靶点辐射是指在技术创新过程中,企业通过识别和围绕关键技术领域(即技术靶点)进行技术研发、市场拓展和产业链整合,以技术靶点为核心,向周边相关技术和产业领域辐射。面对卡脖子技术难题,中核海得威成功掌握了高丰度一氧化碳气体合成碳 13 尿素的规模化生产技术,实现碳 13 尿素原料药的国产化。中核海得威还结合化学分析、免疫学等多种科学原理以研发新型呼气检测试剂,应用于多种疾病,拓宽呼气诊断技术的应用范围。同时,中核海得威进一步研发碳 14 标记服务平台等,延展到药物研发、食品安全检测、环境监测等多个领域。正如其董事长提到的:“碳 14 标记服务平台,为医药、农药研发行业和医疗检测行业提供“高、精、缺”的同位素标记产品和示踪技术服务”(S1)。

(2) 模块化集成(产品维)

模块化集成是指企业将产品的组件、功能或技术模块进行拆解、重组和优化,通过不同模块的创造性搭配,以创造出新颖独特的产品形式或功能组合,满足市场多样化和个性化需求。中核海得威将核心检测模块、数据处理模块等进行模块化分解,然后根据不同应用场景和用户需求进行重新组合,从而开发多样化产品。同时,中核海得威针对 BNCT 肿瘤治疗药物进行重点定制化开发,将低温精馏技术由碳同位素延伸到硼等其他同位素,提供 BNCT 治疗药物的全产业链支撑。正如其

生产总监提到的：“模块化设计使得呼气检测产品可根据市场需求快速调整和重组，大大提高了产品的灵活性和市场适应性”（S4）。

（3）市场边界延伸（市场维）

市场边界延伸是指科创型企业通过策划、设计和实施一系列的线上线下品牌战略与营销活动，塑造和传播独特品牌形象、价值主张和记忆点，不断拓宽市场边界。中核海得威突出其在呼气诊断领域的专长和特色，将其在呼气诊断领域的专业性和创新性融入品牌 DNA 中，形成独一无二的品牌形象和口碑。中核海得威还通过广告投放、公关活动、线上线下体验等渠道，利用大数据和用户画像，确保广告投放目标受众集中的媒体平台上，提高广告到达的有效性和转化率。同时，中核海得威积极拓展海外市场，成立海外事业部，提升其在全球市场的影响力和市场份额。正如其董事长助理所言：“国际市场我们的试剂与仪器销量均超去年同期，连续几年销量与销售额逐年递增”（S2）。

（4）资源关系链接（扩散基础）

在该阶段案例企业需要资源关系链接作为扩散基础，即企业基于资源交换、共享、合作和网络关联所构建的一种动态适应的创新生态系统。中核海得威与生物技术公司、互联网医疗平台等主体合作，将呼气诊断技术拓展至癌症早期筛查、病情监测等医疗健康领域，实现了从单一产品到多元解决方案的转型。同时，中核海得威与同位素生产商、医疗器械制造商、医疗服务提供者等合作伙伴联手，形成全产业链条合作模式，研发与癌症、胃排空障碍、哮喘，胃肠功能等疾病相关的诊断产品，共同解决技术难题，共享研究成果（见表4）。正如海得威董事长所言：“我们积极与同行业建立战略伙伴关系，共同制定行业标准，共享市场信息，共同推进呼气诊断领域技术进步和产业发展”（S1）。

四、结论与讨论

1. 技术演进视角下科创型企业创新扩散的动态过程

本文围绕“技术演进视角下科创型企业如何实现创新扩散”这一研究问题展开，通过对案例企业的探索性单案例分析，提炼了技术演进视角下科创型企业创新扩散机制理论模型（见图2）。具体分析如下。

案例企业成立初期，缺少必要的技术研发基础与关键资源储备，主要致力于集中有限资源专攻某一细分领域，力求在特定市场实现技术突破与产品创新。在这种情况下，案例企业将选择式演进作为行动焦点，扩散基础体现为资源组件适配，主要通过技术靶点识别、产品

表4 “重构式演进”阶段关键构念及典型证据援引

聚合构念	二阶构念	一阶构念	典型证据援引
重构式演进	技术靶点辐射	卡脖子技术突破	碳 13 原料的价格每克在 1000 元左右，比黄金都贵（S8）
		技术跨界融合	广泛涉足和整合不同领域的先进技术，增强自身技术储备（S3）
		技术多元发散	碳 14 标记服务平台为医药机构提供碳 14 药代动力学服务（F1）
	模块化集成	产品模块解构	通过模块化匹配进行新同位素药品及标记技术开发升级（S4）
		产品模块重组	将不同检测组件封装为独立模块，可根据检测目标灵活组合（S2）
		产品定制集成	定制化研发与癌症、哮喘，胃肠等疾病相关的诊断功能产品（S2）
	市场边界延伸	品牌快速推广	积极参与医院、社区等社会公益活动，展现医疗社会责任感（S7）
		线上渠道传播	通过线上线下多种渠道传播，保持连贯且一致的品牌信息传递（F2）
		海外市场拓展	目前已在洪都拉斯、危地马拉、印尼等 29 个国家注册准入（T1）
	资源集成	合作创新联动	探索与医疗机构、电商平台等主体联动，共创健康服务业态（S5）
		网络关系强化	通过联合研发、技术授权等不断加强与产业链伙伴的深度绑定（T1）

试错迭代与市场机会警觉有意识地在众多技术选项中筛选出最佳路径进行创新扩散。首先，明确未来关键技术研发方向，将某个领域的特定技术作为其研发工作的重点目标进行攻关；其次，鼓励员工在产品开发方面采取积极尝试、快速迭代的方式，通过不断地测试、验证和学习来优化完善产品设计模式；最后，在技术研发与产品开发基础上，通过持续创新和有效沟通全面洞察市场需求，推动自身产品和技术的应用和市场拓展。

随着行业标准和前沿趋势不断演变，老旧技术无法满足当下市场对高性能、高效率的需求，技术研发迭代升级刻不容缓。因此，案例企业将变异式演进作为行动焦点，扩散基础体现为资源结构扩展，主要通过技术靶点转移、产品协同共创与增量市场扩容，不断尝试、改进和组合不同的技术元素，产生新的技术形态和技术路径，不断适应市场需求变化。首先，选择调整技术研发重点，转向更具潜力的新领域，对原有技术进行升级迭代；其次，通过优化配置内部资源与有效利用外部资源，构筑多层次、动态交互的协同网络体系，形成创新合力；最后，在现有市场覆盖基础上，寻找新的增长点和市场空间，向国内外其他地区进行市场渗透，从而推动整个产业技术进步和创新扩散。

然而，案例企业仍需要面对产品线单一、技术演进与市场变化带来的挑战，因此，案例企业将重构式演进作为行动焦点，扩散基础体现为资源关系链接，主要通过技术靶点辐射、模块化集成与市场边界延伸，对原有技术体系、发展模式或演进路径进行调整与改进，实现

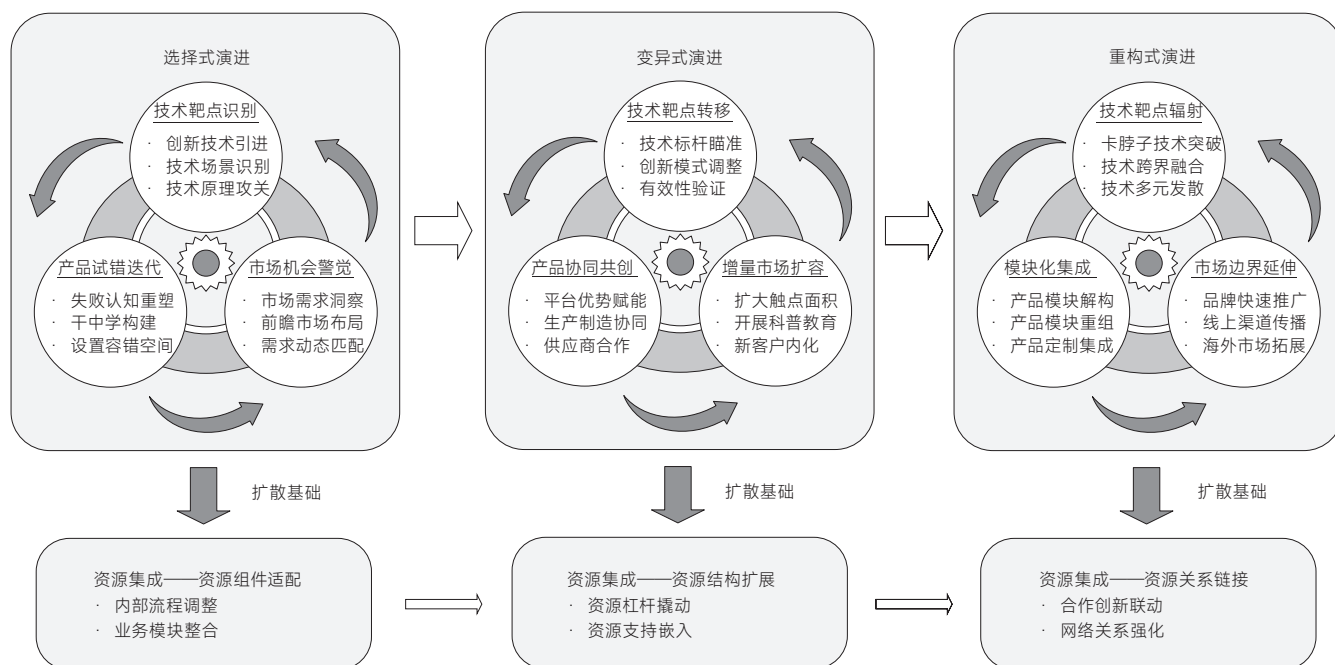


图2 技术演进视角下科创型企业创新扩散机制理论模型

技术扩散辐射。首先,通过识别和围绕关键技术领域进行技术研发、市场拓展和产业链整合,以技术靶点为核心,向周边相关技术和产业领域辐射;其次,将产品的组件、功能或技术模块进行拆解、重组和优化,以创造出新颖独特的产品形式或功能组合;最后,通过策划、设计和实施一系列的海内外品牌战略活动,塑造和传播独特品牌形象,推动创新技术应用推广。基于此,案例企业逐步成长为全球范围内公认的行业典范和领导者,推动行业技术进步。

2. 技术演进视角下科创型企业创新扩散的机制分析

通过案例分析,本文识别出技术演进视角下科创型企业创新扩散的三种内在机制:选择式演进、变异式演进与重构式演进,三者呈现动态更迭特征(见表5)。

表5 技术演进视角下科创型企业创新扩散的机制对比

机制	选择式演进	变异式演进	重构式演进
概念内涵	企业基于市场需求、资源约束与政策导向等因素,有意识地在众多技术选项中筛选出最佳路径进行创新扩散	企业通过不断尝试、改进和组合不同的技术元素,从而产生新的技术形态和技术路径,不断适应市场需求变化	企业对原有技术体系模式进行重组,实现技术进步的全方位扩散辐射与高效转化,形成多维技术链和产业链
驱动因素	技术驱动	需求驱动	场景驱动
技术路径	从0到1	从1到1'	从1到N
关键特征	搜寻、筛选	链接、革新	辐射、重组
作用结果	价值创造	创新延伸	生态协同

(1) 概念内涵。选择式演进是指企业基于市场需求、资源约束与政策导向等多种因素,有意识地在众多技术选项中筛选出最佳路径并进行创新扩散。^[12,13] 变异式演进是指企业通过不断尝试、改进和组合不同的技术元素,

从而产生新的技术形态和技术路径,不断适应市场需求变化。^[30] 重构式演进是指企业对原有技术体系、发展模式进行重组,实现技术进步的全方位扩散辐射与高效转化,形成多维技术链和产业链。重构式演进强调通过核心技术知识溢出、辐射效应与交叉融合,带动周边和相关领域的技术升级和产品创新,形成多层次技术生态体系,通过内部协同效应,提高创新成果市场接纳度和扩散效率。^[33]

(2) 驱动因素与技术路径。选择式演进表现为“从0到1”的技术路径,对不同的技术路线进行评估和比较,选择最有潜力的技术路径进行深入研发和市场推广,主要驱动因素为技术驱动。^[29] 变异式演进表现为“从1到1'”的技术路径,基于市场和用户需求变化,通过持续和重组技术元素,实现技术迭代升级和改进优化,主要驱动因素为需求驱动。^[31] 重构式演进表现为“从1到N”的技术路径,主要驱动因素为场景驱动。重构式演进强调从一种基础核心技术发展到多种应用场景下的衍生产物或服务,根据实际应用环境和使用场景需求,对原有的技术进行解构、重组和优化,实现技术在不同场景中的适应性重构。^[32]

(3) 关键特征与作用结果。选择式演进的关键特征表现为搜寻与筛选,确定最符合企业战略目标和市场需求的技术路径进行深入研究和开发,确保技术成果能够迅速转化为市场接受的产品和服务,作用结果为价值创造。^[16] 变异式演进的关键特征表现为链接与革新,通过

各技术元素之间的深度链接与融合、对原有技术的微小改进或根本性颠覆,不断推动技术向新的应用领域和解决方案延伸,作用结果为创新延伸。^[28] 重构式演进的关键特征表现为辐射与重组,将核心技术扩散到其他相邻技术领域,带动整个技术体系创新发展,构建高度协同技术生态系统,形成良性创新循环和持续生态耦合效应,作用结果为生态协同。^[18]

3. 演进逻辑下科创型企业创新扩散理论分析

本文通过案例分析归纳出企业创新扩散的演进逻辑,与现有创新扩散研究的技术逻辑与市场逻辑相比,在主体、结构、路径、特征与模式等方面呈现出不同逻辑特征(见表6)。

表6 科创型企业创新扩散逻辑对比

比较维度	现有研究中的创新扩散观点		本研究提出的创新扩散观点
	技术逻辑	市场逻辑	演进逻辑
扩散主体	企业研发主导	市场需求主导	技术与市场交互主导
扩散结构	自上而下	自下而上	连锁结构
扩散路径	渐进均衡	渐进均衡	间断均衡
扩散特征	发散特征	倒逼特征	衍生特征
扩散模式	企业推动技术创新应用,通过制定战略、建立组织架构、提供资源和激励等措施,将创新成果转化为实际生产力和竞争优势	当市场需求发生变化时,如果无法满足需求,就会面临失去客户和市场双重风险,这种压力会促使企业进行技术创新扩散	在产业中企业某一创新引发或促进了另一项创新的连锁裂变与变异反应,这种创新不断延伸和扩散,形成技术演进链条,推动整个产业生态系统的持续发展

(1) 主体结构。现有研究中,技术逻辑强调企业以研发为主导,将创新技术由抽象概念转化为具体产品和服务,自上而下实现从实验室到市场的有效对接与扩散。^[8] 市场逻辑强调企业以需求为主导,将需求信号逐级反馈至产品研发部门,从而确定创新方向和内容,自下而上实现产品迭代升级和市场渗透。^[5] 与上述观点不同,本文通过案例分析归纳出企业创新扩散的演进逻辑,强调企业以技术与市场深度耦合为主导,形成双向互动的创新循环,通过连锁迭代推动创新扩散。企业不仅需要通过对市场趋势的洞察识别潜在的技术需求,并投入研发资源进行创新扩散,而且需要通过技术创新将其商业化,通过产品或服务推向市场,从而最大化创造价值。通过内外部协同联动,使创新产品或服务在不同场景和领域快速复制和推广,实现创新成果的指数级增长与广泛传播。^[33]

(2) 扩散路径。现有研究中,技术逻辑与市场逻辑均强调“渐进均衡”扩散路径,技术逻辑认为从实验室到市场的过程是通过技术的不断改进、逐步优化和学习曲线效应实现的。^[14] 市场逻辑下,创新产品扩散速率受到价格敏感性、竞争状况等因素影响,适应过程表现为一种动态调整和趋稳的态势。^[6] 与上述观点不同,本

文通过案例分析归纳出企业创新扩散的演进逻辑,强调“间断均衡”的扩散路径,即技术发展在经过一段时间平稳连续发展后,因为技术突破、制度变迁等因素在某些关键时刻发生的跳跃式、非连续的断裂性结构突变,从而达到一个新的均衡状态。该路径聚焦于技术发展中的非线性、不可预见性和突变性,一个创新点可能形成裂变连锁反应,短时间在较大范围内产生广泛的影响和扩散,造成市场、产业甚至社会结构的快速变化。^[1,9,21]

(3) 特征模式。现有研究中,技术逻辑强调发散特征,即企业推动技术创新发掘、培育和应用,通过制定战略、建立组织架构、提供资源和激励等措施,从而实现从创新成果到实际生产力再到市场竞争优势的有效转化。^[7] 市场逻辑强调倒逼特征,即当市场需求发生变化时,会面临失去客户和市场双重风险,这种压力会促使企业进行技术升级革新,实现技术创新与市场应用的有效衔接。^[22,26] 与上述观点不同,本文通过案例分析归纳出企业创新扩散的演进逻辑,强调衍生特征,即创新成果在扩散过程中通过不断的衍生和裂变,向周边领域与关联技术进行辐射和渗透,生成众多新的创新分支,形成网络状的连接结构,各创新点之间相互影响、相互促进,共同构建起一个多态共生、持续演进的创新生态系统。^[23,32]

五、理论贡献与启示

1. 理论贡献

(1) 本文对于技术演进视角下科创型企业创新扩散机制的探讨,解构了企业技术创新扩散过程中所涉及的关键要素(技术维—产品维—市场维),响应了 Trischler 等对企业创新扩散研究的呼吁,^[22] 能够贡献于现有文献对企业创新扩散考量不足所造成的研究缺口。^[9] 现有研究聚焦于传统的线性扩散模型和静态市场结构,^[3,5,7] 但大多停留在理论层面分析,对企业创新扩散的纵向演化过程与内在机制缺乏足够关注。本研究揭示了技术演进视角下科创型企业创新扩散的动态过程机制,对以往基于静态视角的企业创新扩散研究进行了补充,拓展了现有文献关于创新扩散研究的理论边界。

(2) 本文对于技术演进视角下科创型企业创新扩散机制的探讨,创新性地将技术演进理论纳入企业创新扩散的考量范畴,解释了技术演进对于企业创新扩散的作用机制,拓展了现有文献对于技术演进的理论研究边界。^[13] 现有技术演进研究主要从环境选择视角、渐进延续视角、技术生态视角展开探索,^[13-15] 但对技术演进的过程缺乏全面且细致的梳理,对技术演进视角下科创型企业创新

扩散机制认知仍不清晰。本文构建了技术演进视角下科创型企业创新扩散机制理论模型,为企业创新扩散的研究提供了全新视角,拓展了技术演进理论的适用情境。

(3) 本文基于技术演进视角下科创型企业创新扩散机制提炼出的演进逻辑,既是对传统创新扩散研究中技术逻辑与市场逻辑的一种补充,^[5,8]也是对企业创新扩散理论规律挖掘的新尝试与新探索。现有研究聚焦于企业以研发为主导自上而下推动创新扩散的技术逻辑与企业以需求为主导自下而上推动创新扩散的市场逻辑,^[6,14]而本研究基于技术演进视角下科创型企业创新扩散机制提炼出的演进逻辑,强调企业以技术与市场深度耦合为主导,通过连锁迭代推动创新裂变,发挥关键技术的创新辐射效应。本文重新思考了新情境下企业创新扩散内在逻辑,能够为后续研究提供一定理论参考。

2. 实践启示

(1) 对企业重新认识创新扩散过程具有深刻启示。企业创新扩散过程并非简单的一蹴而就,而是涉及技术本身科学性验证、产品发展成熟度、市场需求匹配度、用户采纳意愿与社会文化接受程度等诸多因素。企业应认识到这是一个系统性的、动态变化的过程。企业需要根据不同的市场发展阶段和用户群体特征,采用适宜的创新扩散策略,持续进行技术优化和迭代升级,确保创新技术始终保持竞争优势,有效扩散至更广泛的领域和用户群体。

(2) 对企业重新认识技术资源及其演进过程具有深刻启示。企业应将技术资源视为战略性资产,而非单纯的生产工具或短期盈利手段,任何一项新技术都是在现有技术基础上的迭代和优化,需要跟踪技术发展趋势,预见未来演进方向。同时,全球化背景下技术演进趋向于开放合作,企业需要寻求与其他企业、研究机构等多元主体合作,共同构建技术生态系统,推动技术扩散。

3. 研究局限与展望

本研究主要局限如下:(1) 本文研究焦点聚焦于“从事高新技术产品研发、生产和提供相关技术服务的科技创新型企业”,因此,未来可通过新的案例探索其他类型企业(如传统制造企业)的创新扩散逻辑;(2) 本文为探索式单案例分析研究,所选企业并不能涵盖所有类型,未来研究可以进一步探索通过多案例分析或大样本定量检验等多种理论方法,以验证结论准确性。

参考文献

- [1] Rogers, E. M.. Diffusion of Innovations. Free Press, 1962.
- [2] Kertcher, Z., Venkatraman, R., Coslor, E.. Pleasingly Parallel:

- Early Cross-disciplinary Work for Innovation Diffusion across Boundaries in Grid Computing. *Journal of Business Research*, 2020, 116(11): 581-594.
- [3] Lyytinen, K., Yoo, Y., Boland, R. J. J.. Digital Product Innovation within Four Classes of Innovation Networks. *Information Systems Journal*, 2016, 26(1): 47-75.
- [4] Brandtzaeg, P. B., Folstad, A.. Social Media Use and Innovations: Introduction to the Special Issue. *Journal of Media Innovations*, 2016, 3(1): 1-3.
- [5] Lin, X., Li, Y., Wang, X.. Social Commerce Research: Definition, Research Themes and the Trends. *International Journal of Information Management*, 2017, 37(3): 190-201.
- [6] Nam, D., Lee, J., Lee, H.. Business Analytics Adoption Process: An Innovation Diffusion Perspective. *International Journal of Information Management*, 2019, 49(12): 411-423.
- [7] Stoneman, P.. The Economic Analysis of Technological Change. Oxford University Press, 1983.
- [8] Iqbal, M., Suzianti, A.. New Product Development Process Design for Small and Medium Enterprises: A Systematic Literature Review from the Perspective of Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2021, 7(2): 153.
- [9] Fang, T. P., Wu, A., Clough, D. R.. Platform Diffusion at Temporary Gatherings: Social Coordination and Ecosystem Emergence. *Strategic Management Journal*, 2021, 42(2): 233-272.
- [10] Vargo, S. L., Akaka, M. A., Wieland, H.. Rethinking the Process of Diffusion in Innovation: A Service-ecosystems and Institutional Perspective. *Journal of Business Research*, 2020, 116(11): 526-534.
- [11] Kash, D. E., Rycroft, R. W.. Patterns of Innovating Complex Technologies: A Framework for Adaptive Network Strategies. *Research Policy*, 2000, 29(7): 819-831.
- [12] Arthur, W. B.. The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves. Simon and Schuster, 2009.
- [13] Barfield, W.. The Process of Evolution, Human Enhancement Technology, and Cyborgs. *Philosophies*, 2019, 4(1): 10.
- [14] Coccia, M., Watts, J.. A Theory of the Evolution of Technology: Technological Parasitism and the Implications for Innovation Management. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2020, 55(1): 101552.
- [15] Barnett, W. P.. The Organizational Ecology of a Technological System. *Administrative Science Quarterly*, 1990, 35(1): 31-60.
- [16] Benhabib, J., Perla, J., Tonetti, C.. Reconciling Models of Diffusion and Innovation: A Theory of the Productivity Distribution and Technology Frontier. *Econometrica*, 2021, 89(5): 2261-2301.
- [17] Ghazinoory, S., Nasri, S., Ameri, F.. Why Do We Need “Problem-oriented Innovation System (PIS)” for Solving Macro-level Societal Problems. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 150(1): 119749.
- [18] Bao, Z., Wang, C.. A Multi-agent Knowledge Integration Process for Enterprise Management Innovation from the Perspective of Neural Network. *Information Processing & Management*, 2022,

- 59(2): 102873.
- [19] Huang, Y., Zhu, F., Porter, A. L.. Exploring Technology Evolution Pathways to Facilitate Technology Management: From a Technology Life Cycle Perspective. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2020, 68(5): 1347-1359.
- [20] 方炜, 郑立明. 生物进化视角下军民融合企业技术转移机制研究. *科研管理*, 2021, 42(1): 177-188.
- [21] Schumpeter, J. A.. *经济发展理论*. 何畏, 易家详. 译. 商务印书馆, 1990.
- [22] Trischler, J., Johnson, M., Kristensson, P.. A Service Ecosystem Perspective on the Diffusion of Sustainability-oriented User Innovations. *Journal of Business Research*, 2020, 116(11): 552-560.
- [23] 于超, 许晖, 王亚君. 生态“树”源: 平台生态系统的创新扩散机制研究——卡奥斯与科大讯飞平台的双案例对比分析. *南开管理评论*, 2023, 26(3): 15-29.
- [24] Schultz, T. W.. *人力资本投资: 教育和研究的作用*. 蒋斌. 译. 商务印书馆, 1990.
- [25] Bhimani, H., Mention, A. L., Barlatier, P. J.. Social Media and Innovation: A Systematic Literature Review and Future Research Directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 144(7): 251-269.
- [26] Metcalfe, J. S.. Impulse and Diffusion in the Study of Technical Change. *Futures*, 1981, 13(5): 347-359.
- [27] Saviotti, P. P.. *Technology Evolution, Variety and the Economy*. Edward Elgar Publishing, 1996.
- [28] Schuelke, L. B. A.. A Model for Understanding the Orders of Magnitude of Disruptive Technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, 129(4): 261-274.
- [29] Coccia, M.. A Theory of Classification and Evolution of Technologies within a Generalised Darwinism. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2019, 31(5): 517-531.
- [30] Kauffman, S., Macready, W.. *Technological Evolution and Adaptive Organizations*. Complexity, 1995, 1(2): 26-43.
- [31] Coccia, M., Watts, J.. A Theory of the Evolution of Technology: Technological Parasitism and the Implications for Innovation Management. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2020, 55(1): 101552.
- [32] Solé, R. V., Valverde, S., Casals, M. R.. The Evolutionary Ecology of Technological Innovations. *Complexity*, 2013, 18(4): 15-27.
- [33] Curnick, D. J., Davies, A. J., Duncan, C.. Smallsats: A New Technological Frontier in Ecology and Conservation. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2022, 8(2): 139-150.

Research on Innovation Diffusion Mechanism of Technology Innovation Enterprises from the Perspective of Technology Evolution: An Exploratory Single Case Study Based on Headway of China Nuclear Industry

Wang Zepeng, Yang Bin, Yang Jindong

Business School, Nankai University

Abstract Enterprise innovation diffusion is a key link to realize

the transformation of scientific and technological achievements, promote high-quality economic development, and build an innovative national system. The extensive dissemination and application of innovative results such as new technologies, new products or new models developed by scientific and technological innovation enterprises in the market and society can not only promote the optimization and upgrading of industrial structure, but also produce knowledge spillover effect in the process of innovation diffusion, which can drive the technological learning and development of other enterprises and even the entire industrial chain, and form a good trend of collaborative innovation and development. So as to enhance the overall innovation ability. Therefore, the formation process and mechanism of innovation diffusion of science and technology enterprises have become an important issue to be solved urgently by academia and industry.

In view of the research topic of innovation diffusion in scientific and technological enterprises, technology evolution provides a suitable theoretical perspective. Technological evolution refers to the development and change process from primitive technology to advanced technology. In this process, technology has experienced continuous changes and improvements from scratch to existence, from low level to high level, from simple to complex, from single to diversified. Current studies have discussed technology evolution from the perspectives of environmental selection, progressive continuation and technology ecology, and hold that technology evolution is not only reflected in the progress of technology principle, structure and function, but also in the expansion of technology application fields, the improvement of technology system and the synchronous evolution of related social ethics issues. Technology evolution plays an important role in the process of innovation diffusion of science and technology innovation enterprises. On the one hand, technology evolution can meet the change of market demand and form a positive cycle of market demand driving technology diffusion. On the other hand, in the technological evolution, technical exchanges and cooperation will be formed between upstream and downstream enterprises to jointly promote the overall upgrading of the industrial chain, and the resulting synergistic effect will also promote the diffusion of innovative technologies in the entire industrial chain. However, although the existing literature has made useful discussion on the relevant research of technology evolution, it mainly focuses on the sorting and deployment of the attributes, characteristics and development context of technology resources, and lacks a comprehensive and detailed sorting out of the process of technology evolution, and the innovation diffusion mechanism of scientific and technological enterprises is still unclear from the perspective of technology evolution.

In view of the above theoretical gaps, this paper selects Headway of China nuclear industry as the case object. Based on the relevant practices of enterprises, the research question focuses on “How to realize innovation diffusion from the perspective of technology evolution”, in order to provide effective reference for the practice of enterprise innovation diffusion.

The findings are as follows: First, from the perspective of technology evolution, there are three internal mechanisms in the process of innovation diffusion: selective evolution, variation evolution and reconstruction evolution, which are embodied in the dynamic change of key elements of “technology-driven-demand-driven-scenario-driven”; Second, as the foundation of enterprise innovation diffusion, the resource integration path of science and innovation enterprises is manifested as the dynamic transformation of “resource component adaptation-resource structure expansion-resource relationship link”. Thirdly, this paper summarizes the evolution logic of enterprise innovation diffusion through case analysis. Compared with the technical logic and market logic of existing research on innovation diffusion, this paper presents different logical characteristics in terms of diffusion subject, diffusion structure, diffusion path, diffusion characteristics and diffusion mode.

Theoretical contributions are as follows: First, this paper discusses the innovation diffusion mechanism of scientific and technological innovation enterprises from the perspective of technological evolution, deconstructs the key factors involved in the process of technological innovation diffusion of enterprises (technology-product-market dimension), contributes to the research gap caused by the insufficient consideration of enterprise innovation diffusion in existing literature, and expands the theoretical boundary of the research on innovation diffusion in existing literature. Second, this paper discusses the innovation diffusion mechanism of science and technology innovation enterprises from the perspective of technology evolution, innovatively incorporates the theory of technology evolution into the consideration of enterprise innovation diffusion, explains the mechanism of technology evolution on enterprise innovation diffusion, and expands the application situation of technology evolution theory. Thirdly, the evolution logic extracted from the innovation diffusion mechanism of scientific and technological innovation enterprises from the perspective of technology evolution is not only a supplement to the traditional technology logic and market logic of innovation diffusion research, but also a new attempt and exploration of the theoretical law of enterprise innovation diffusion.

The practical enlightenment of this paper is as follows: First, it has profound enlightenment for enterprises to re-understand the

process of innovation diffusion. The process of enterprise innovation diffusion is not a simple one, but involves many factors such as scientific verification of technology itself, product development maturity, market demand matching degree, user willingness to adopt and social and cultural acceptance. Companies should recognize that this is a systematic and dynamic process. Enterprises need to adopt appropriate innovation diffusion strategies according to different market development stages and user group characteristics, and continue to optimize and upgrade technologies iteratively to ensure that innovative technologies always maintain competitive advantages and effectively spread to a wider range of fields and user groups. Second, it has profound enlightenment for enterprises to re-understand technical resources and their evolution process. Enterprises should regard technological resources as strategic assets rather than mere production tools or short-term profit means. The accumulation, innovation and application ability of technological resources directly affect the long-term competitiveness and development potential of enterprises. In the context of globalization, technology evolution tends to be open and cooperative, and enterprises need to seek cooperation with other enterprises, research institutions, government departments and other multiple entities to jointly build a technology ecosystem and promote the rapid development and application of technology.

Key Words Innovation Diffusion; Technological Evolution; Transformation of Scientific and Technological Achievements; Resource Integration