

知识协同视角下企业突破性创新形成机理研究

康鑫, 郭双叶

(哈尔滨理工大学 经济与管理学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 突破性创新是刺激技术跨越发展, 推动产业转型升级的重要引擎, 揭示其形成原理为攻克关键技术“卡脖子”问题提供了理论借鉴。基于突变理论凝练出突破性创新形成机理模型, 认为突破性创新“积累-演化-临界-跃迁”的形成路径主要取决于内外部知识资源的聚合程度, 从知识协同视角出发构建动力学模型以系统性地揭示知识资源到创新突破的动态过程。研究发现: 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, 这对解决企业突破性创新的路径依赖和资源约束问题具有重要意义; 吸收能力与聚合能力是推动企业形成突破性创新的关键性能力, 然而, 过高的组织记忆和知识惯性会僵化组织运营模式, 遏制突破性创新的形成。研究结论为企业成功实施突破性创新提供了可操作的方法论, 有助于技术行为从原始技术轨道成功过渡到新技术轨道。

关键词: 突破性创新; 知识协同; 突变理论; 系统动力学

中图分类号: F273 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)12—0012—13

一、引言

在国家大力建设科技强国的政策导向下, 中国在航空航天、国际材料、量子计算、电子通讯等领域取得一大批科技创新成果, “北斗三号”“九章量子机”及“5G”技术等突破性成果不断涌现, 国家自主创新能力显著增强。但基础研究投入不足、关键领域创新能力偏弱等问题仍严重制约产业转型升级, 如何突破关键技术“卡脖子”问题, 在市场竞争中获得先发技术优势, 仍是企业实践和理论研究亟待解决的核心问题。此情形下, 企业有必要加快创新步伐, 寻求更多符合自身资源禀赋的非常规技术创新范式, 具备创新的持续能力、发展能力和创造能力。在众多非常规的技术创新活动中, 突破性创新是企业打破现有知识基础进行技术的颠覆与重构, 实现“弯道超车”的重要方式(Zhou 和 Caroline, 2012), 此类创新不仅有助于技术行为从原技术轨道向新技术轨道顺利跃迁, 还为攻克“卡脖子”技术问题开辟了新的视域。鉴于此, 探究突破性创新的发生机制和形成路径成为学术界研究的重点。

已有研究成果推崇企业家精神、资源、能力等对突破性创新活动的影响(梁卓和李艳娟, 2022), 更多基于AMO(ability-motivation-opportunity)理论, 从创新能力、创新动机和创新机会等层面探讨突破性创新的驱动要素(Mom, 2019), 少数文献也从知识管理视角验证了知识的多样性对于突破性创新的推动作用(Jin et al, 2021; Yang, 2021; Jing 和 Jian, 2020)。但是这些研究都是局部的或分散的, 缺乏系统论指导(庄子银等, 2020)。同传统创新模式相比, 突破性创新因其复杂性和非连续性等特征对知识要素依存度更高。囿于知识储备的薄弱, 企业往往难以调集有效的智力资源(知识资源)满足突破性创新的需求, 迫切需要引入外部知识资源以寻求创新突破(王金凤等, 2020)。因此, 联合外部知识资源, 实现智力资本跨越组织边界的交互与融合是企业实现突破性创新的必要途径。本文拟从知识协同视角出发, 识别企业突破性创新驱动要素, 构筑基于突变理论的突破性创新形成机理模型, 明晰突破性创新形成的驱动要素、影响机理和演化过程, 为企业制定创新发展战略提供政策体系支持。

二、文献综述

Abernathy 和 Utterback(1978)首先提出突破性创新的内涵, 认为突破性创新利用新技术和新概念创造出

收稿日期: 2022-09-16

基金项目: 黑龙江省自然科学基金联合引导项目“基于知识协同的智能制造企业突破性创新作用机制及演化路径研究”(LH2022G011); 山东省重点研发计划(软科学项目)“基于知识协同视角的山东高端装备制造企业突破性创新演化路径与政策体系”(2022RKY02008)

作者简介: 康鑫, 博士, 哈尔滨理工大学经济与管理学院教授, 博士研究生导师, 研究方向: 技术创新管理、知识管理、知识产权管理; 郭双叶, 哈尔滨理工大学经济与管理学院硕士研究生, 研究方向: 技术创新管理、知识管理。

区别于传统创新模式的技术创新范式。此后,Chemmanur et al(2011)研究发现,美国突破性创新占其全部技术创新的30%以上,提出突破性创新是美国经济繁荣和技术持续创新的关键动力,这一论断掀起了学术界探索突破性创新成因的热潮。如Zhou和Caroline(2012)以知识型观点视角对企业现有知识与其内外部知识整合机制进行分析,探究了知识的广度深度对突破性创新产生的影响,得出知识储备丰厚的企业更易实现突破性创新的结论。葛元骏等(2021)从共时性双元领导、容错动态性、决策参与、意义建构与报酬增长等维度揭示了企业突破性创新的驱动要素。

随着研究的深入,学者们逐渐意识到创新是对知识元素进行重组和创造的过程(赵艺璇和成琼文,2021; Caloghirou et al, 2021),知识间的交互与重构可能是突破性创新的催生条件,倘若企业知识陈旧,即使组织结构完善且资本雄厚,也仅能开展以微小增量创新为主的渐进性创新(Tang et al, 2022)。因此,学者们将突破性创新的研究重点由单一组织投向社会网络,探寻利用战略联盟、跨组织协同等方式获取的知识元素对企业突破性创新的作用效果(Andrea et al, 2021)。如Liu et al(2021)通过探究联盟网络对企业突破性创新发生机制的影响,发现联盟作为企业获取异质知识的手段,促进了企业在技术研究阶段的知识转移与吸收,继而催化企业技术跃迁以实现突破性创新;Hao et al(2019)基于关系观视角将协同模式区分为显性协同和隐性协同,探讨不同技术情境下协同伙伴关系追求对突破性创新的影响,认为技术多样性和技术动态是决定二类协同对突破性创新影响程度的关键因素;之后Zhang et al(2021)基于创新生态系统理论、知识管理理论和企业创新理论,构建联结知识搜索、知识整合与企业突破性创新的创新生态系统,揭示了创新生态系统对企业突破性创新的显著影响。

通过文献梳理可知,现有研究仍存在以下局限:一是关于突破性创新形成机理这一“黑箱”并未完全打开,有待学者进一步深入分析。鉴于突破性创新形成过程的非连续性、跳跃性和高度不确定性符合突变理论的突发性和随机性等特征(苏屹等,2019),本文利用该理论研究突破性创新形成机理具有较好的适应性。二是基于整体视角对突破性创新形成机理的研究并未受到学者们的重视。现有突破性创新的研究主要聚焦于对单因素与突破性创新形成关系的具体探讨,而突破性创新的形成是各类创新要素非线性作用形成的动态协同过程(平恩顺等,2014),故有必要基于整体视角分析突破性创新的形成机理。本文构建模型如图1所示,该模型基于突变理论对突破性创新形成机理进行探析,认为突破性创新形成路径(积累-演化-临界-跃迁)主要取决于内外部知识资源的聚合程度,随后构建知识协同动力学模型以系统性地揭示知识资源的动态流通过程。一方面弥补了关于突破性创新形成机理的理论缺陷;另一方面为企业突破性创新研究提供了新视角和可操作的方法论。

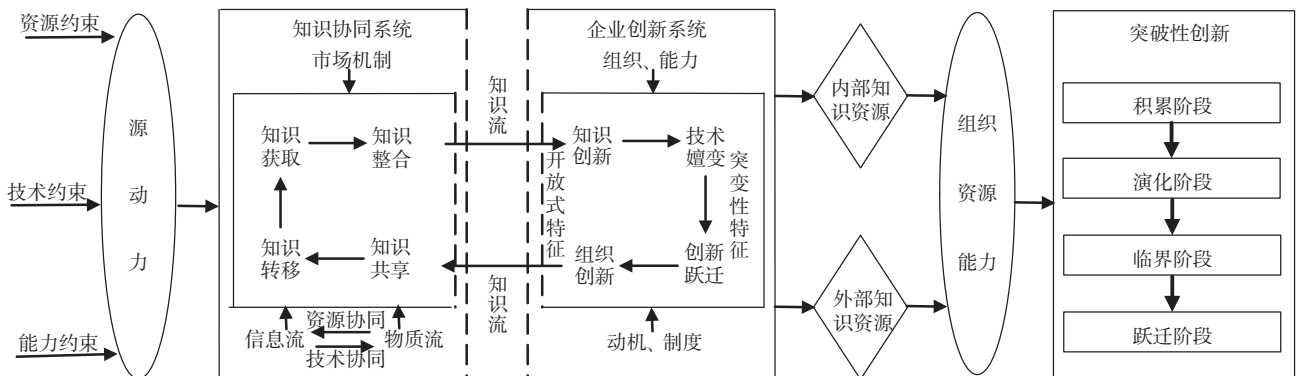


图1 理论研究框架

三、基于突变理论的企业突破性创新形成机理模型

(一)熵变特性分析

熵表征系统状态的混乱程度,熵增加,系统呈无序化发展状态;反之,系统则呈有序化发展状态(苏屹等,2019)。企业创新系统不是封闭式创新发展系统,而是一个跨越组织界限、不断进行内外部知识要素相互交换与融合的耗散系统。耗散结构理论指出一个开放系统的总熵值由两部分组成:系统内部不可逆过程引起的熵增加和系统与外界交换物质和能量引起的负熵(平恩顺等,2014)。推理而知,企业创新系统的总熵值由

内部知识要素产生的熵增加和引入系统外部知识产生的负熵流两部分构成,系统通过与外部组织展开广泛的交流合作以引入系统外部知识形成负熵流从而降低系统总熵值,使系统由无序状态趋于新的有序状态。

(二) 突变模型构建

法国数学家 Thom 最先提出突变的内涵,认为突变即为系统内部状态的整体突跃,其于 1972 年首次提出突变理论,该理论运用形象的数学模型描述连续性行动突然中断导致质变的过程,以探究系统组态跃迁的现象和规律。突破性创新是各类创新要素非线性作用的成果,即企业内部知识要素产生的正熵流与引入系统外部知识产生的负熵流的交互作用达到一定点时,创新成果将以突发式的状态呈现。因此本文利用突变理论探究突破性创新形成机理具有较好的适应性。

通过对突破性创新形成过程的熵变特性分析可知,吸纳外部智力资本是系统总熵调控的基本条件,亦是企业实现突破性创新的关键,可以通过具有两个控制变量的尖点突变模型来描述(Collins et al, 1977)。鉴于此,企业突破性创新形成模型的一般表达式为

$$F(x) = x^4 + ax^2 + bx \quad (1)$$

其中: $F(x)$ 为企业创新系统的势函数,代表其发展态势; x 为状态变量,代表创新的强度(平恩顺等,2014); a 和 b 为控制变量,分别代表系统引入外部知识引致的负熵和系统内部知识相互作用引起的熵增加。

(三) 形成机理分析

令 $F'(x) = 0$, 可得平衡曲面方程为

$$F'(x) = 4x^3 + 2ax + b = 0 \quad (2)$$

令 $F''(x) = 0$, 可得系统所有临界点的奇点集方程为

$$F''(x) = 12x^2 + 2a = 0 \quad (3)$$

联立式(2)和式(3),可得分歧点集 Δ 为

$$\Delta = 8a^3 + 27b^2 = 0 \quad (4)$$

突破性创新形成机理模型如图 2 所示。

从图 2 可以看出,第一,平衡曲面是由 (x, a, b) 组成的一个有折叠的曲面,表示企业创新系统创新状态的衍化情况,分为下、中、上三叶。其中,下叶和上叶均为稳定平衡状态,中叶为系统内外部知识要素相互作用的不稳定状态,具有不可达性。第二,分歧点集($A_1B_1C_1$ 区域)源自奇点集在控制平面的几何投影,是系统发生突变的关键区域。第三, G 点是引入系统外部知识要素的节点, B_2 点是系统发生突变的节点。

企业突破性创新形成过程主要表现为系统内部知识和外部新知识的交互与聚合。根据系统是否和外界交换知识资源,将企业创新系统分为突破性创新积累阶段($D-G$ 点)和突破性创新形成阶段($G-E$ 点)。具体分析如下:

(1) 突破性创新积累阶段($D-G$ 点)。该阶段主要表现为企业内部知识要素的累积与融合。内部知识资源的积聚是企业创新活动开展的基础。从短期来看,系统内部知识量的持续累积能促进创新效率和效力的提升;但从长远来看,仅增加系统内部知识量,即进行封闭式创新,会持续增加企业内部熵值而使系统呈现无序化演进状态,抑制突破性创新的形成。鉴于此,企业应积极引入外部异质性知识资源并促进内外知识要素的交流与融合,谋求提升突破性创新效率以更快实现创新突破(节点为 G 点)。

(2) 突破性创新形成阶段($G-E$ 点)。令:

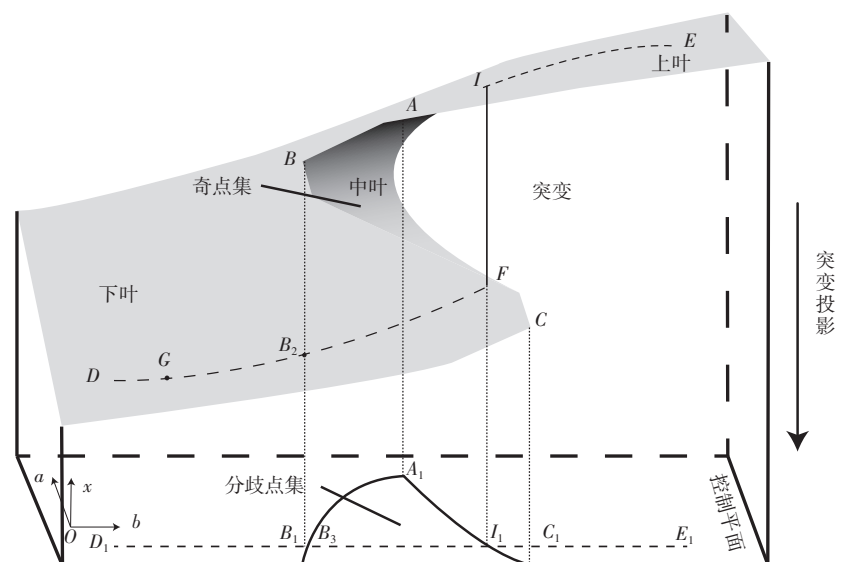


图 2 基于突变理论的企业突破性创新形成机理模型

$$\Delta = 8a^3 + 27b^2 \quad (5)$$

存在以下三种情况：

①当 $\Delta > 0$ 时,位于突破性创新演化阶段。此时 a 和 b 的关系式为 $a > -3/2b^{2/3}$, a 与 b 均处于分歧点集外部,系统不会发生突变。相较于传统合作创新模式,突破性创新发展模式具有复杂性和非连续性等特征。企业通过转移、传递、吸收、消化和学习知识等过程提高知识融合度,为企业从事突破性创新活动提供必要的知识基础。然而,由于吸收能力和知识存量的不同及创新过程的复杂性,企业很难在短时间内实现系统内外部知识资源的高度融合。因此,此时仍处于渐进发展阶段。从图2可以看出,渐进发展的路径为 GB_2 曲线,即从下叶的 G 点到下叶的 B_2 点。

②当 $\Delta = 0$ 时,位于突破性创新临界阶段。 $a \neq 0$ 且 $b \neq 0$ 时,方程有两个根相同,分别对应 A_1B_1 曲线和 A_1C_1 曲线;当控制变量 x 穿越分歧点集的两条曲线并衍化到 A_1C_1 曲线时,系统处于跃迁的临界点,稍有干扰或变动,系统将进入跃迁的不稳定区域。

③当 $\Delta < 0$ 时,位于突破性创新跃迁阶段。此时 a 和 b 的关系式为 $a < -3/2b^{2/3}$,此时系统处于不稳定状态,极可能跨越分歧点集发生突变即突破性创新形成。由图2可知,突破性创新形成的路径是 B_2E 曲线,系统引入外部知识形成的负熵抵消系统内部知识引起的熵增加,使系统的总熵值显著减少,且有序度得到改善。从控制平面上看,突破性创新形成的路径为 $B_3I_1E_1$ 曲线,以 B_3 为起点,系统进入可能发生创新突变的不稳定区域。随时间推移,在两个控制变量影响下,曲线逐渐趋于折叠边界,稍有变动,系统直接跳过突破性创新形成的临界点,曲线从下叶突跳到上叶 I 点,实现突破性创新。

综上所述,在突变理论中,渐进性创新与突破性创新对立且统一,后者是前者在知识存量上的积累和爆发。因此,企业外部知识资源的引入量和内部知识资源的聚合能力关系着企业突破性创新的成败。在初步揭示企业突破性创新形成机理后,将知识协同与突破性创新拟合在同一研究框架,考量知识要素的组织与重构如何提高突破性创新的发生概率,扩大突破性创新的颠覆性效应理应成为下一步研究的重点,故本文拟利用系统动力学理论解决上述问题,利用“凡系统必有结构,系统结构决定系统功能”的动力学思想,深入剖析企业突破性创新的影响因素,从系统内部寻求改善企业行为以推动突破性创新的根本性途径。

四、系统动力学模型分析与构建

(一)系统边界分析

正确界定系统边界是模型成功与否的关键(李娜等,2022)。本文拟模拟内外部知识的动态性流入、流出及交互协同的过程对企业突破性创新活动的影响机制。因此,本文研究的系统边界就是企业的边界。从参与知识协同的成员企业结构来看,系统内部存在两类主体:①从本企业角度出发以立足企业为核心主体;②以系统内参与知识协同的其他企业为辅助主体。

(二)因果关系模型与主要回路

借鉴李全喜等(2015)的观点,本文将知识协同过程分为知识共享、知识转移、知识获取、知识整合、知识应用和创新五个维度并构建知识协同系统的因果关系模型,如图3所示。其中,知识共享以核心主体和辅助主体的知识存量为基础,辅以各自的知识共享意愿从而实现主体内部知识的外化和分享,是后续知识协同行为发生的前提条件;知识转移贯穿于整个知识协同过程,是核心主体和辅助主体共享知识进行双向转移的过程;主体将外部知识吸纳入组织自身的过程即为知识获取,知识获取毗连知识转移同时也为知识整合过程做好铺垫;知识整合是主体将吸收获取的新知识与内部知识重组融合实现异质知识同质化的过程,为后续主体开展知识创新活动打好基础;知识应用和创新是知识共享、知识转移、知识获取和知识整合协同行为非线性作用的过程,在其中不断进行知识的运用与转化,最终实现突破性创新(李全喜等,2015)。其中:正反馈关系(“+”向箭头)表示原因增加会引起结果进一步增强,又称增强型关系;负反馈关系(“-”向箭头)表示原因增加会引起结果进一步减弱,又称平衡型关系。

主要反馈回路有：

回路1:核心主体突破性创新→核心主体知识创新量→核心主体知识存量→核心主体内部知识整合量→核心主体知识聚合量→核心主体突破性创新。

回路2:辅助主体突破性创新→辅助主体知识创新量→辅助主体知识存量→辅助主体内部知识整合量→辅助主体知识聚合量→辅助主体突破性创新。

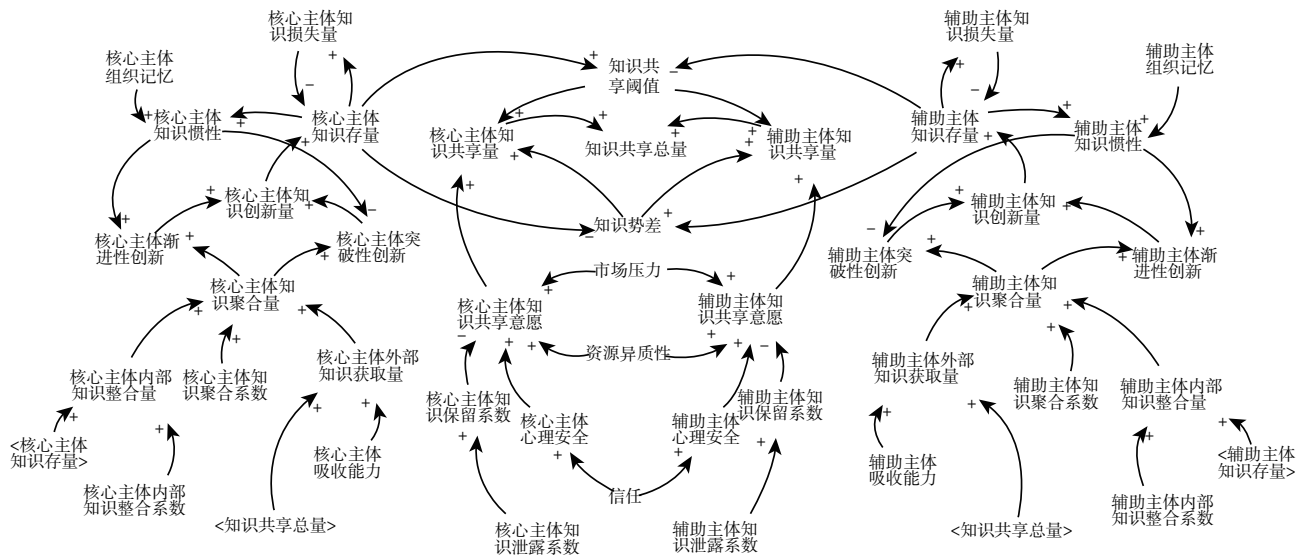


图3 知识协同系统的因果关系模型

回路3:核心主体突破性创新→核心主体知识创新量→核心主体知识存量→知识势差→辅助主体知识共享量→知识共享总量→核心主体外部知识获取量→核心主体知识聚合量→核心主体突破性创新。

回路4:辅助主体突破性创新→辅助主体知识创新量→辅助主体知识存量→知识势差→核心主体知识共享量→知识共享总量→辅助主体外部知识获取量→辅助主体知识聚合量→辅助主体突破性创新。

(三)模型基本假设与系统流图

1. 模型假设

知识势差引致主体之间的知识转移,是知识协同过程中知识转移的推动力(赵艺璇和成琼文,2021)。知识势差源自各协同主体知识位势的差距,而知识位势表征主体知识存量具有的势能并与知识存量呈同向变化(王永华等,2021),即知识存量越大的主体知识位势越高,向外界进行知识转移的能力越大(米捷等,2020)。鉴于此,在选择知识协同主体方面,企业侧重于寻求与高知识位势企业的合作,依据米捷等(2020)的观点,本文提出假设1:

核心主体与辅助主体之间存在知识势差,且核心主体的知识存量低于辅助主体的知识存量(H1)。

组织记忆是企业发展过程中积淀的知识和行为惯例等内容,与知识存量呈同向变化(沈波和吴甜,2019)。随着组织惯例与文化持续累积与沉淀,组织记忆将逐渐固化于企业之中(曲小瑜和张健东,2021),使企业陷入知识惯性和能力刚性,从而产生探索惰性与创新惰性。因此,依据沈波和吴甜(2019)的观点,本文提出假设2:

核心主体的组织记忆水平低于辅助主体的组织记忆水平(H2)。

2. 系统流图

依据企业间知识协同的因果关系模型构建系统流图,如图4所示。

系统流图中涉及的相关变量和常量见表1。

表1 变量类型

变量类型	个数	变量名称
状态变量	3	核心主体知识存量、辅助主体知识存量、知识共享总量
流率变量	6	核心主体知识共享量、辅助主体知识共享量、核心主体知识创新量、辅助主体知识创新量、核心主体知识损失量、辅助主体知识损失量
辅助变量	20	核心主体知识惯性、辅助主体知识惯性、核心主体渐进性创新、辅助主体渐进性创新、核心主体突破性创新、辅助主体突破性创新、核心主体知识聚合量、辅助主体知识聚合量、核心主体内部知识整合量、辅助主体内部知识整合量、核心主体外部知识获取量、辅助主体外部知识获取量、核心主体知识保留系数、辅助主体知识保留系数、核心主体心理安全、辅助主体心理安全、核心主体知识共享意愿、辅助主体知识共享意愿、知识势差、知识共享阈值
常量	15	核心主体知识损失率、辅助主体知识损失率、核心主体组织记忆、辅助主体组织记忆、核心主体内部知识整合系数、辅助主体内部知识整合系数、核心主体知识聚合系数、辅助主体知识聚合系数、核心主体吸收能力、辅助主体吸收能力、核心主体知识泄露系数、辅助主体知识泄露系数、市场压力、资源异质性、信任

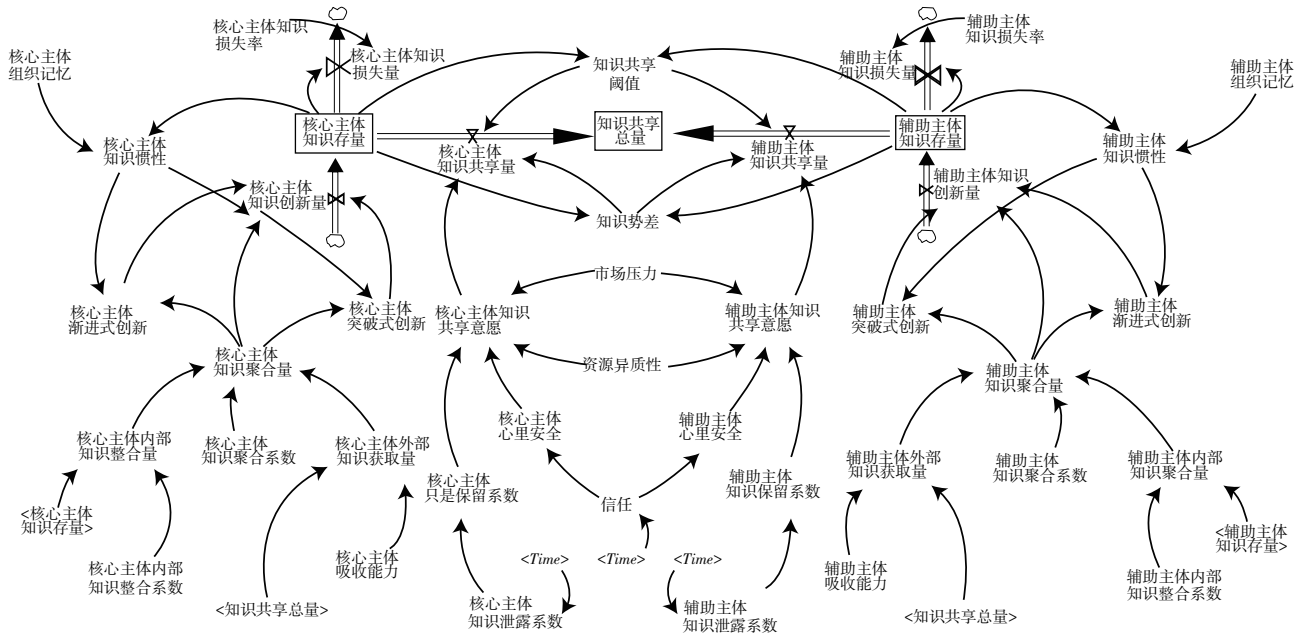


图4 系统流图

(四)模型方程设计

在企业间知识协同的系统流图的基础上,参考贺新杰等(2021)和陈怀超等(2020)的研究成果,结合流图中各变量的真实含义和相关关系,对状态变量、流率变量、辅助变量和常量进行方程设计,具体如下所示。

1. 状态变量方程设计

核心主体知识存量=INTEG(核心主体知识创新量-核心主体知识共享量-核心主体知识损失量,100)。

辅助主体知识存量=INTEG(辅助主体知识创新量-辅助主体知识共享量-辅助主体知识损失量,150)。

知识共享总量=INTEG(核心主体知识共享量 辅助主体知识共享量,0)。

2. 流率变量方程设计

核心主体知识共享量=DELAY1I[IF THEN ELSE(知识共享阈值<0.8,核心主体知识共享意愿×知识势差,0),1,0]。

辅助主体知识共享量=DELAY1I[IF THEN ELSE(知识共享阈值<0.8,辅助主体知识共享意愿×知识势差,0),1,0]。

核心主体知识创新量=DELAY1I(核心主体知识聚合量×核心主体渐进性创新×0.5 核心主体知识聚合量×核心主体突破性创新,2,0)。

辅助主体知识创新量=DELAY1I(辅助主体知识聚合量×辅助主体渐进性创新×0.5 辅助主体知识聚合量×辅助主体突破性创新,2,0)。

核心主体知识损失量=核心主体知识存量×核心主体知识损失率,核心主体知识损失率设为0.005。

辅助主体知识损失量=辅助主体知识存量×辅助主体知识损失率,辅助主体知识损失率设为0.005。

3. 辅助变量方程设计

核心主体知识惯性=2^{-1/(核心主体知识存量×核心主体组织记忆)},核心主体组织记忆设为0.003。

辅助主体知识惯性=2^{-1/(辅助主体知识存量×辅助主体组织记忆)},辅助主体组织记忆设为0.005。

核心主体渐进性创新=2^{-1/(核心主体知识聚合量×核心主体知识惯性)}。

辅助主体渐进性创新=2^{-1/(辅助主体知识聚合量×辅助主体知识惯性)}。

核心主体突破性创新=DELAY1I(2^{-1/(核心主体知识聚合量×(1-核心主体知识惯性))},4,0)。

辅助主体突破性创新=DELAY1I(2^{-1/(辅助主体知识聚合量×(1-辅助主体知识惯性))},4,0)。

核心主体知识聚合量=(核心主体内部知识整合量+核心主体外部知识获取量)×核心主体知识聚合系数,核心主体知识聚合系数设为0.45。

辅助主体知识聚合量=(辅助主体内部知识整合量+辅助主体外部知识获取量)×辅助主体知识聚合系数,辅助主体知识聚合系数设为 0.55。

核心主体内部知识整合量=核心主体知识存量×核心主体内部知识整合系数,核心主体内部知识整合系数设为 0.65。

辅助主体内部知识整合量=辅助主体知识存量×辅助主体内部知识整合系数,核心主体内部知识整合系数设为 0.75。

核心主体外部知识获取量=DELAY1I(知识共享总量×核心主体吸收能力,2,0),核心主体吸收能力设为 0.65。

辅助主体外部知识获取量=DELAY1I(知识共享总量×辅助主体吸收能力,2,0),辅助主体吸收能力设为 0.8。

核心主体知识保留系数=2×核心主体知识泄露系数,核心主体知识泄露系数设为 0.1。

辅助主体知识保留系数=2×辅助主体知识泄露系数,辅助主体知识泄露系数设为 0.1。

核心主体心理安全=0.75×信任,其中,信任=WITH LOOK UP(Time,{[(0,0)-(12,1)],(0,0.5)},(12,0.65))。

辅助主体心理安全=0.75×信任。

核心主体知识共享意愿=市场压力×核心主体心理安全×(1-核心主体知识保留系数)×资源异质性,市场压力设为 0.8。

辅助主体知识共享意愿=市场压力×辅助主体心理安全×(1-辅助主体知识保留系数)×资源异质性,资源异质性设为 0.55。

知识势差=辅助主体知识存量-核心主体知识存量。

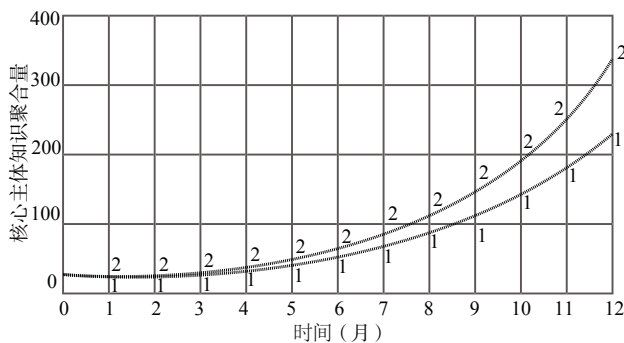
知识共享阈值=核心主体知识存量/辅助主体知识存量。

(五)模型检验与灵敏度分析

1. 模型检验

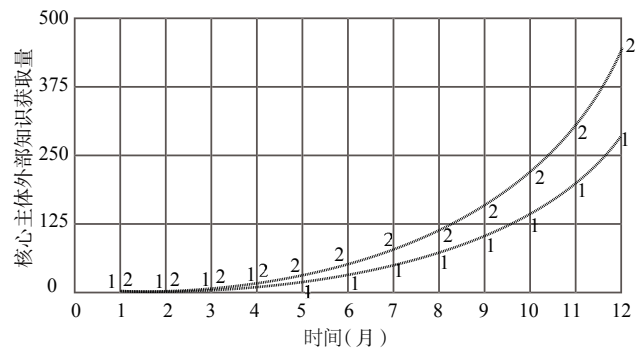
(1)系统边界检验。企业突破性创新的发生机制受到诸多驱动因素的影响,若将所有因素纳入模型中进行讨论分析不仅无法凸显研究重点且可能产生变量内生问题。因此,本文在听取专家意见基础上,依据现有理论划分系统边界,通过添加或去掉某个变量及不断修改方程式等方式完善知识协同系统模型。由此可见,企业间的知识协同系统的边界设定是合理的。

(2)极端情况检验。极端情况检验主要是用来测试方程是否可靠。限于篇幅,本文以核心主体和辅助主体的吸收能力为例对该变量取极端值时模型的变化进行检验,如图 5 所示。将吸收能力调整为 1 时,核心主体与辅助主体的外部知识获取量、知识聚合量和突破性创新的变化趋势与非极值时的结果相似,表明本文构建的动力学模型通过了极值测试。



核心主体知识聚合量: Current 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
核心主体知识聚合量: Current1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

(a)核心主体知识聚合量



核心主体外部知识获取量: Current 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
核心主体外部知识获取量: Current1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

(b)核心主体外部知识获取量

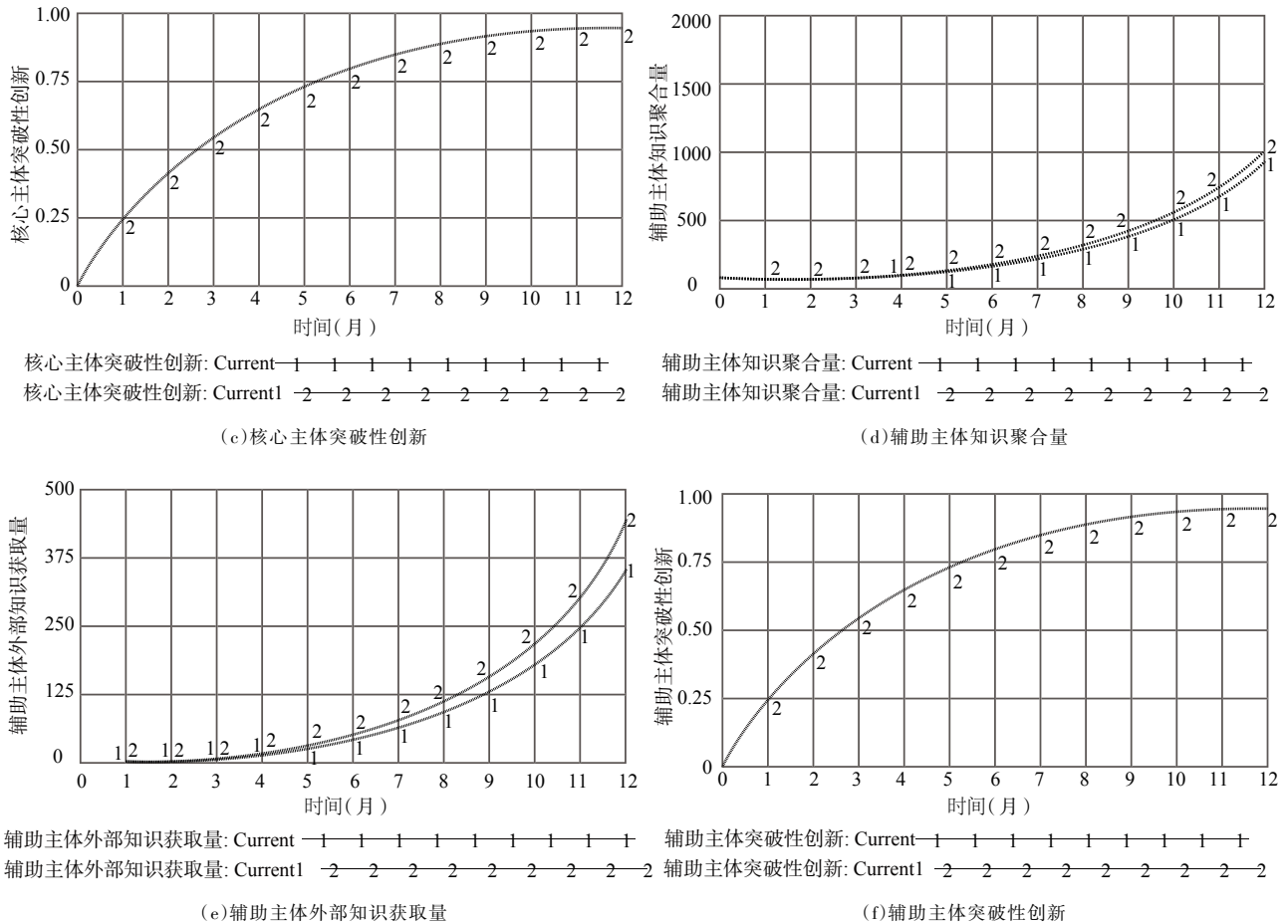


图5 极端情况检验结果

2. 灵敏度分析

企业突破性创新主要取决于外部知识资源的获取与吸收程度和内外部知识资源的聚合程度。依据本文构建的知识协同系统,主体获取外部知识资源并转化为内部知识储备这一过程主要取决于其吸收能力和知识聚合系数,而系统中知识量的多少则取决于各主体的知识共享意愿。此外,内部知识储备的上升又会提升其组织记忆和知识惯性,促使主体形成能力刚性,阻碍企业突破性创新产出。因此,本文选取核心主体的知识泄露系数、吸收能力、知识聚合系数和组织记忆进行灵敏度分析。

(1) 核心主体知识泄露系数的灵敏度分析。在知识协同系统中保持其他参数不变,将核心主体知识泄露系数由0.1分别调整为0.2、0.3和0.4,各曲线分别记为Current、Current1、Current2和Current3(下同),仿真结果如图6所示。随着知识泄露系数不断提高,基于及时止损原则,企业极大可能会采取知识保留和知识隐藏等极端行为避免核心知识资源的泄露与流失。外部知识资源的存在是企业获取新知识的前提,知识泄露系数的提高激增了企业知识保留意愿,继而使知识共享意愿和知识共享总量显著降低,企业所能获取的外部知识资源量和内外部知识聚合量就会相继下降,抑制企业的突破性创新倾向。

(2) 核心主体吸收能力的灵敏度分析。在知识协同系统中保持其他参数不变,将核心主体吸收能力由0.65分别调整为0.75、0.85和0.95,仿真结果如图7所示。在调整核心主体吸收能力时,随着时间推移,核心主体外部知识获取量和知识聚合量均呈现上升趋势。依据前文分析,吸收能力是企业获取并吸收外部知识资源的必要条件,核心主体的吸收能力越大,曲线越陡峭,外部知识获取量和知识聚合量上升的速度越快,企业愈容易增大对突破性创新活动的投入,从而激发突破性创新的产生。

(3) 核心主体知识聚合系数的灵敏度分析。在知识协同系统中保持其他参数不变,依次将核心主体知识聚合系数由0.45调整为0.55、0.65和0.75,仿真结果如图8所示。核心主体知识聚合系数不断提高推动主体内外部知识聚合量随之增多。而且内外部知识资源的交互与整合是企业突破性创新形成的关键,主体知识

聚合系数越大,曲线越陡峭,知识聚合量上升的速度会越快,意味着内外部知识资源的融合度越高,企业创新能力越强,越容易形成突破性创新。

(4)核心主体组织记忆的灵敏度分析。在知识协同系统中保持其他参数不变,依次将核心主体组织记忆由0.003调整为0.005、0.007和0.009,仿真结果如图9所示。随着核心主体组织记忆的提升,知识惯性也呈现平稳上升趋势,知识惯性不断提高容易造成能力刚性和路径依赖,降低组织的创新热情及突破性创新投入,从而延缓突破性创新进度。

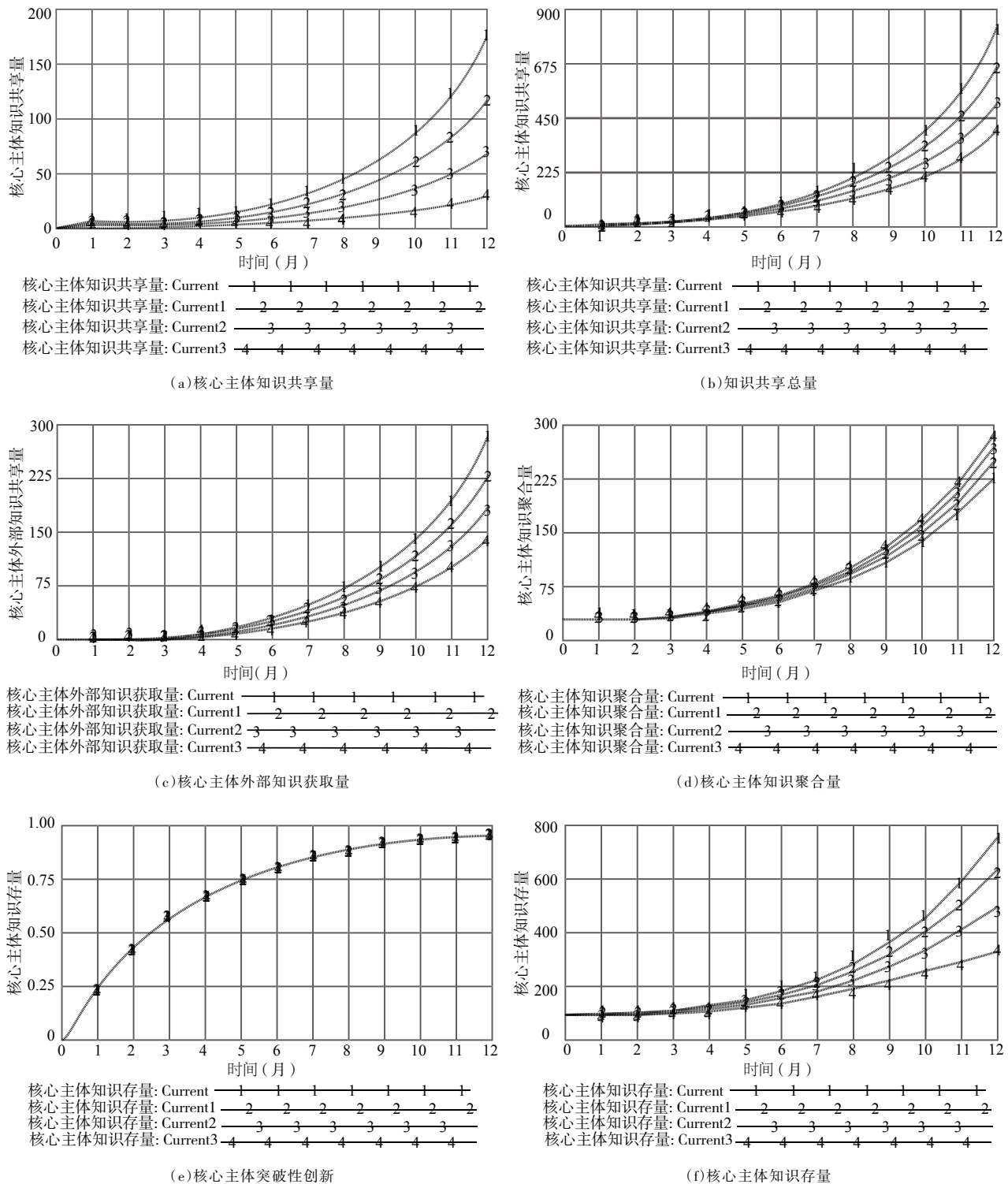


图6 调整核心主体知识泄露系数的灵敏度分析结果

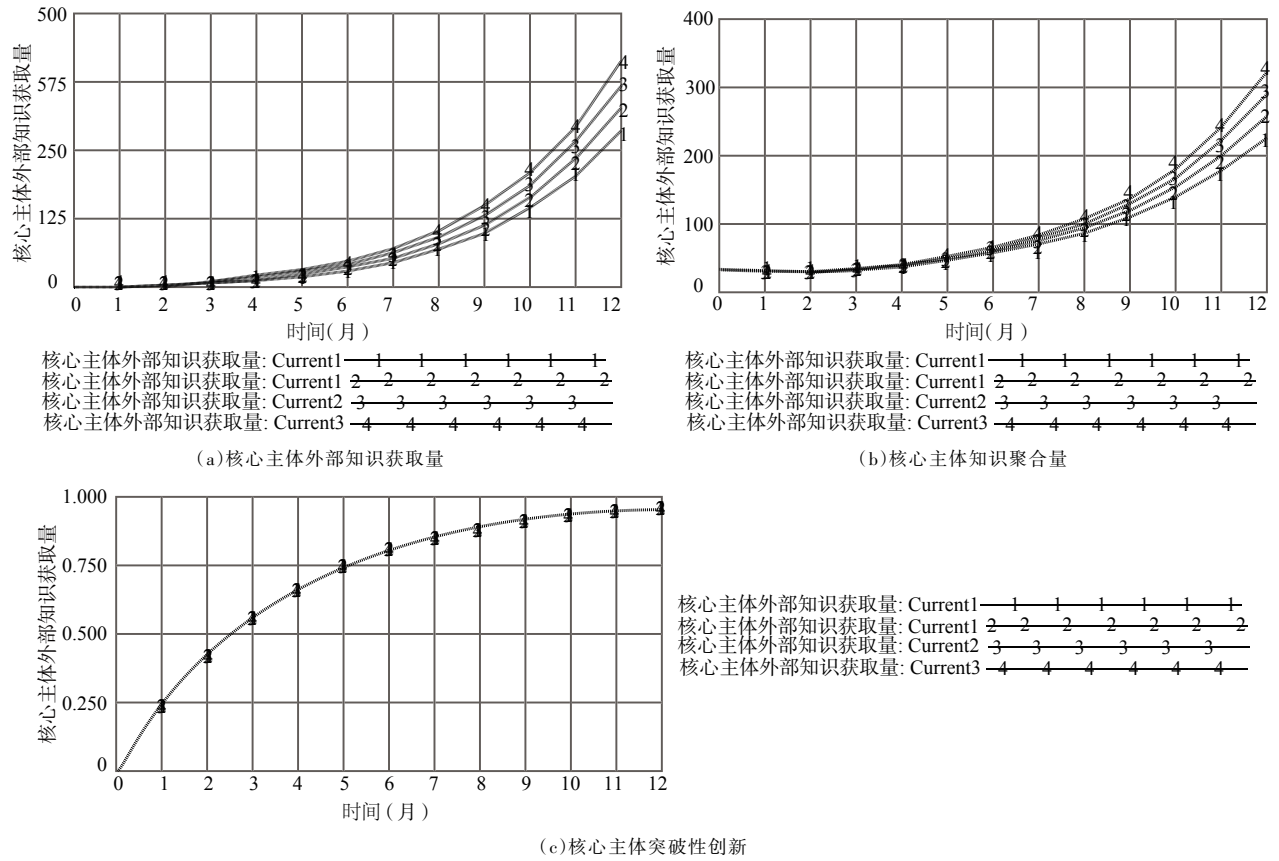


图7 调整核心主体吸收能力的灵敏度分析结果

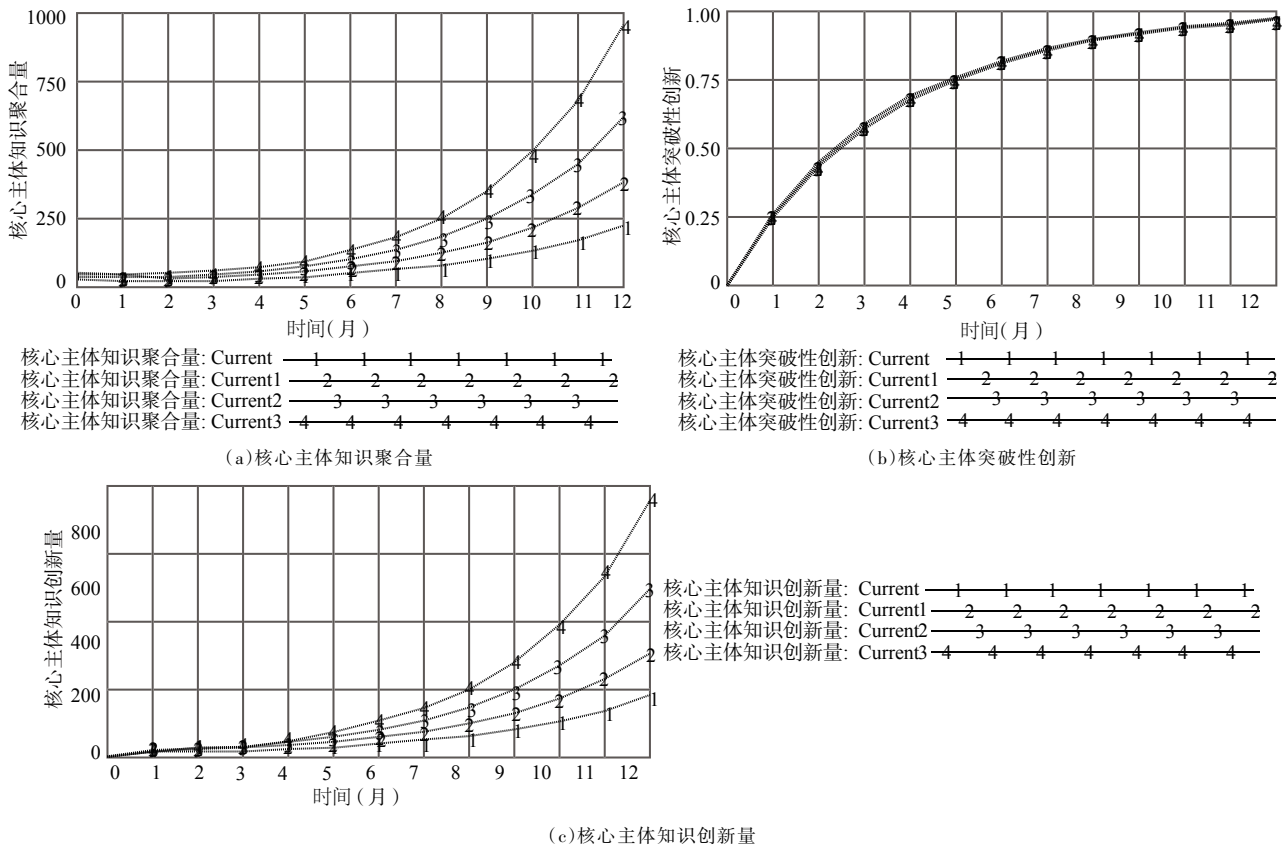


图8 调整核心主体知识聚合系数的灵敏度分析结果

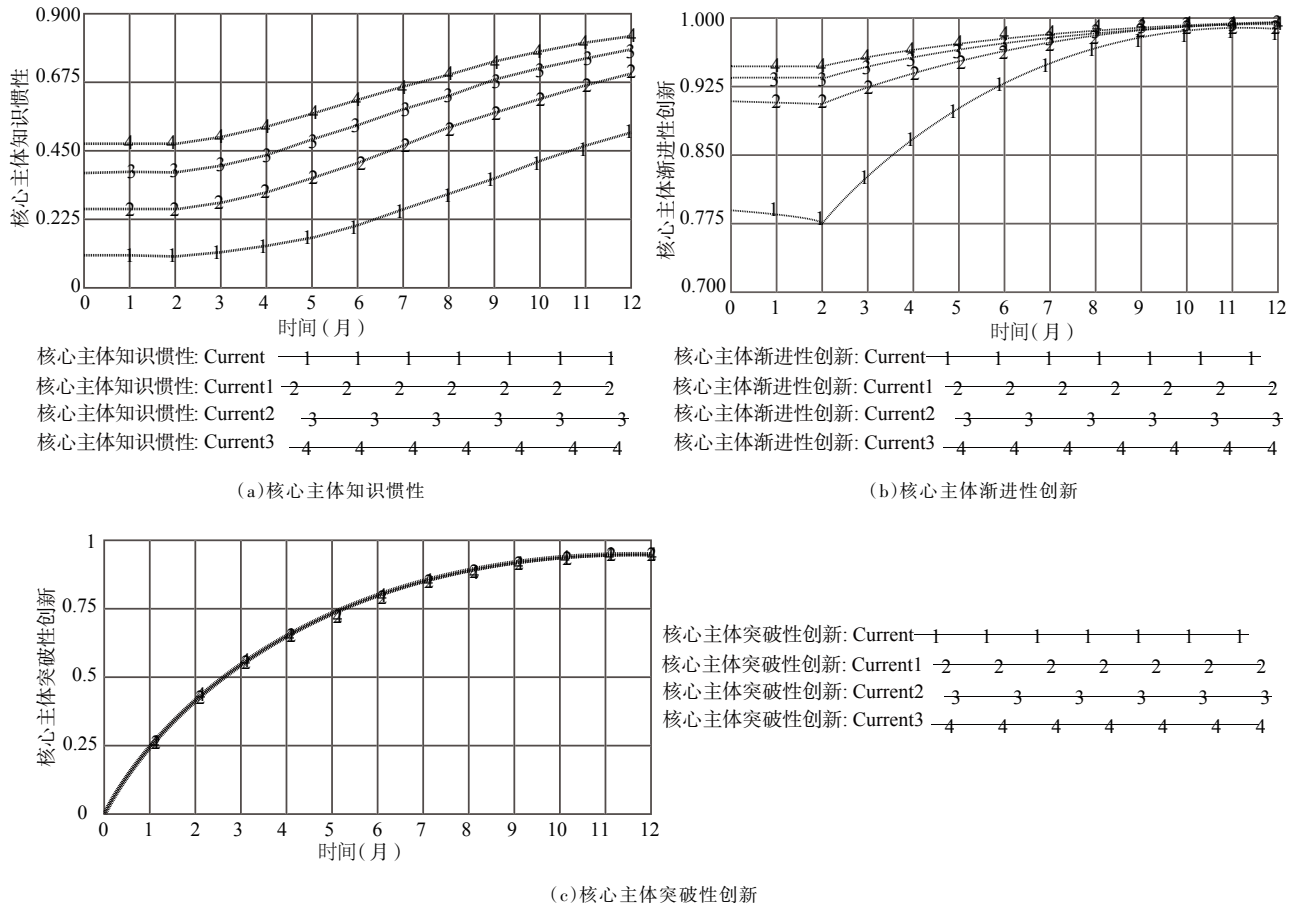


图9 调整核心主体组织记忆的灵敏度分析结果

五、结论与启示

(一) 主要结论

(1) 外部知识资源是企业实现突破性创新的首要驱动因素。内部智力资本的匮乏催发企业突破自身已有的资源边界以获取外部知识资源,从而达到顺利实现突破性创新的目的。而知识泄露风险使企业更倾向封闭式发展,抑或在知识协同过程中隐藏关键性知识资源而难以对异质性资源有效获取和高效吸收,继而加剧企业的资源稀缺感,降低企业从事突破性创新活动的积极性。

(2) 吸收能力与聚合能力是推动企业形成突破性创新的关键性能力。随着吸收能力和聚合能力的提高,企业融合新知识的能力不断增强,为突破性创新创造良好资源基础的同时,还能够加快企业创新速度,提升突破性创新活动效率,推动企业的突破性创新产出。

(3) 组织记忆对企业创新行为的影响较为复杂,对企业渐进性创新活动起促进作用,约束企业开展突破性创新行为。随着组织记忆的提高,固化在组织记忆中的知识惯性会造成企业再学习过程中的路径依赖,通过削弱创新意愿和革新思想导致企业形成创新惰性,束缚了企业各类创造性创新活动的产生。

(二) 理论贡献

(1) 刻画出了突破性创新形成机理的完整蓝图。现有研究认为突破性创新是原有技术轨道向新技术轨道的成功跃迁(袁野等,2022),并在此基础上开展更深层次的研究与探讨,但关于突破性创新形成机理的研究却并未得到学者们的关注。本文基于突变理论对突破性创新形成过程开展探索性研究,通过构建突破性创新形成机理模型,提炼出突破性创新从积累到跃迁的形成路径,在一定程度上打开了突破性创新形成机理的黑箱,拓展和深化了突破性创新理论研究。

(2) 从知识管理视角为创新理论发展与实践开辟了全新研究视域。以往关于企业突破性创新成因的研究多从静态视角实证分析单因素对突破性创新的影响(Yu et al, 2020; 马荣康等, 2020; José et al, 2020),缺乏对突破性创新驱动因素联动影响的系统方法研究,导致无法对突破性创新成因形成整体性的认识。本文

运用动力学模型将企业间知识协同的内在机制与突破性创新结合起来,动态性、系统性地揭示企业突破性创新的形成机理(Xu et al, 2020),为后续学者研究突破性创新提供了理论借鉴。

(三)管理启示

(1)注重防范和化解知识泄露风险是实现协同效应最大化、促进企业形成突破性创新的重要手段。知识泄露风险会直接放大成员企业知识保留意愿,弱化协同效果,抑制企业获取异质知识资源,最终阻碍创新突破的产生。因此,各成员企业在构建知识协同系统并共享知识资源之前,应制定好防范知识泄露风险的措施和化解知识泄露后果的方案,提升企业跨组织共享知识意愿,以此满足企业突破性创新所需外部知识资源数量。

(2)提高吸收与聚合能力是加快企业整合内外部知识资源步伐,实现突破性创新的必由之路。知识吸收是企业获取外部知识资源的前提与基础,亦是知识转移与知识整合的枢纽。企业应改善组织结构模式建立学习型组织,通过提升内部成员对知识的吸收和消化能力夯实企业整体吸收能力,达到为企业突破性创新注入外部新知识的目的;知识聚合环节为创新突破的实现提供了可能性,企业应建立一套知识整合机制,提升知识聚合能力,完美填充知识吸收与突破性创新的知识输送过程的空缺,提高企业突破性创新绩效。

(3)组织遗忘是企业克服知识惯性以探索突破性创新的有效手段。过高的组织记忆和知识惯性会僵化组织运营模式,直接抑制渐进性创新和突破性创新的形成。企业应通过适度的组织遗忘主动抛弃陈旧的行为惯例以促进新知识的学习,降低知识惯性对企业创新氛围的负面影响,逃脱能力刚性陷阱,激发组织创新热情和革命意愿以推动企业突破性创新活动。

参考文献

- [1] 陈怀超, 卢彦丞, 丛贞, 等, 2020. 知识型服务企业员工与客户隐性知识共享的系统动力学研究[J]. 管理评论, 32(2): 127-138.
- [2] 葛元骏, 李树文, 罗瑾琰, 2021. 共时性二元领导对突破性创新的影响机制[J]. 科研管理, 43(8): 1-14.
- [3] 贺新杰, 李娜, 王瑶, 2021. 联盟企业创新绩效提升的系统动力学分析——基于知识协同视角[J]. 系统科学学报, 29(3): 125-130.
- [4] 李娜, 张紫璇, 范建红, 2022. 企业创新型人才激励机制的系统动力学研究[J]. 系统科学学报, (2): 110-115.
- [5] 李全喜, 张鹏, 王楠, 2015. 供应链企业知识协同过程研究[J]. 情报科学, 33(7): 150-154.
- [6] 梁阜, 李艳娟, 2022. 组织容错能力如何助推数字企业实现技术突破性创新?[J]. 财经论丛, (2): 79-88.
- [7] 马荣康, 陶雪蕾, 李少敏, 等, 2021. 知识元素网络搜索与突破性技术发明形成[J]. 科学学研究, 39(5): 794-804.
- [8] 米捷, 郭彬, 陈怀超, 等, 2020. 创新生态系统内的知识势差与知识流动机制[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 22(6): 78-87.
- [9] 平恩顺, 檀润华, 孙建广, 等, 2014. 基于突变理论的机械产品突破性创新耗散结构模型及其评价[J]. 工程设计学报, 21(6): 513-521.
- [10] 曲小瑜, 张健东, 2021. 组织遗忘、二元学习与跨界创新关系研究——基于冗余资源的调节作用[J]. 技术经济, 40(3): 20-27.
- [11] 沈波, 吴甜, 2019. 知识创新机制: 基于组织记忆动态过程的分析[J]. 管理评论, 31(9): 94-104.
- [12] 苏屹, 林周周, 欧忠辉, 2019. 基于突变理论的技术创新形成机理研究[J]. 科学学研究, 37(3): 568-574.
- [13] 王金凤, 王孟琪, 冯立杰, 2020. 外部知识异质性、知识多元化与突破式创新绩效——基于企业生命周期视角[J]. 软科学, 34(12): 14-19.
- [14] 王永华, 石琳娜, 陈劲, 2021. 基于知识势差的知识链成员知识协同博弈研究[J]. 软科学, 36(8): 24-31.
- [15] 袁野, 吴超楠, 陶于祥, 等, 2022. 关键技术后发追赶与动态比较——基于人工智能技术生命周期的实证分析[J]. 中国科技论坛, (6): 90-100.
- [16] 赵艺璇, 成琼文, 2021. 知识网络嵌入、知识重组与企业中心型创新生态系统价值共创[J]. 经济与管理研究, 42(10): 88-107.
- [17] 庄子银, 贾红静, 肖春唤, 2020. 突破性创新研究进展[J]. 经济学动态, 61(9): 145-160.
- [18] ABERNATHY W J, UTTERBACK J M, 1978. Patterns of industrial innovation[J]. Technology Review, 80(7): 40-47.
- [19] ANDREA U, RAFFAELLA M, DAVIDE P, et al, 2021. Implementing open innovation for radical innovation: Three successful cases in the SAES group[J]. European Journal of Innovation Management, 25(2): 501-522.
- [20] CALOGHIROU Y, GIOTOPOULOS I, KONTOLAIMOU A, et al, 2021. Industry-university knowledge flows and product innovation: How do knowledge stocks and crisis matter?[J]. Research Policy, 50(3): 1-16.
- [21] CHEMMANUR T J, LOUTSKINA E, TIAN X, 2011. Corporate venture capital, value creation, and innovation[J]. Social Science Electronic Publishing, 27(8): 2434-2473.
- [22] COLLINS T W, THOM R, FOWLER D H, 1977. Structural stability and morphogenesis: An outline of a general theory of models[J]. Contemporary Sociology, 6(5): 544-545.
- [23] HAO B, YE J, FENG Y, et al, 2019. Explicit and tacit synergies between alliance firms and radical innovation: The moderating roles of interfirm technological diversity and environmental technological dynamism[J]. R&D Management, 50

- (4): 432-446.
- [24] JIN Y, SHAO Y F, WU Y B, 2021. Routine replication and breakthrough innovation: The moderating role of knowledge power[J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 33(4): 426-438.
 - [25] JING F L, JIAN M X, 2020. Research on the interaction coupling between disruptive innovation and knowledge spillover[J]. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 39(6): 136-146.
 - [26] JOSÉ A P, NELSON L, EDWIN H G, 2020. When it comes to the impact of absorptive capacity on co-innovation, how really harmful is knowledge leakage?[J]. *Journal of Knowledge Management*, 24(8): 1841-1857.
 - [27] LIU Y M, WEN X, MENG X F, 2021. Research on supernetwork equilibrium about deep convergence of enterprise alliance for breakthrough innovation[J]. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, DOI: 10.1155/2021/3115825.
 - [28] MOM T J M, 2019. A multilevel integrated framework of firm HR practices, individual ambidexterity, and organizational ambidexterity[J]. *Journal of Management*, 45(7): 3009-3034.
 - [29] TANG S S, LIAO S D, WANG L M, et al, 2022. A configurational analysis of small and medium-sized enterprises' radical innovations: The perspective of dynamic capabilities[J]. *Frontiers in Psychology*, 12: 784738.
 - [30] XU L, LI J, SHI Y, 2020. Evolutionary dynamics of interfirm cooperative system for radical innovation from knowledge collaboration perspective[J]. *Complexity*, (12): 1-21.
 - [31] YANG Y, 2021. On the contingent value of knowledge base for radical innovation capability: The moderating effect of appropriability regimes[J]. *Vine Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 51(3): 369-388.
 - [32] YU B, HAO S, WANG Y, 2020. Organizational search and business model innovation: The moderating role of knowledge inertia[J]. *Journal of Knowledge Management*, 24(7): 1705-1718.
 - [33] ZHANG Y L, WANG D T, XU L, 2021. Knowledge search, knowledge integration and enterprise breakthrough innovation under the characteristics of innovation ecosystem network: The empirical evidence from enterprises in Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. *Plos One*, 16(12): E0261558.
 - [34] ZHOU K Z, CAROLINE B L, 2012. How knowledge affects radical innovation: Knowledge base, market knowledge acquisition, and internal knowledge sharing[J]. *Strategic Management Journal*, 33(9): 1090-1102.

The Formation Mechanism of Enterprise Breakthrough Innovation from the Perspective of Knowledge Collaboration

Kang Xin, Guo Shuangye

(School of Economics and Management, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150040, China)

Abstract: Breakthrough innovation is an important drive to stimulate technological leapfrog development and promote industrial transformation and upgrading, as well as reveal its principle, which provides a theoretical reference for overcoming the “bottleneck” key technologies. Based on the catastrophe theory, a model of the formation mechanism of breakthrough innovation was summarized. It was believed that the “accumulation-evolution- critical-transition” mainly depends on the aggregation of internal and external knowledge resources. A dynamic model was built to systematically reveal the dynamic process from knowledge resources to innovation breakthrough from the perspective of knowledge collaboration. It is found that introducing external knowledge resources is the primary factor for enterprises to realize breakthrough innovation, which is important for solving the path dependence and resource constraints of enterprises' breakthrough innovation. The ability of absorption and aggregation is the key to promote enterprises to form breakthrough innovation. However, excessive organizational memory and knowledge inertia can ossify the operation mode of the organization and prevent the formation of breakthrough innovation. The finding of the study provides a feasible methodology for enterprises to implement breakthrough innovation, which helps original technology transit to new technologies.

Keywords: breakthrough innovation; knowledge collaboration; catastrophe theory; system dynamics