

# 不连续创新下新兴技术创新网络形成机理研究

## ——基于云计算和智能手机技术的案例分析

马慧<sup>1</sup>, 曹兴<sup>1,2</sup>

(1. 湖南第一师范学院商学院, 湖南长沙, 410205;

2. 中南大学商学院, 湖南长沙, 410083)

**摘要:** 新兴技术具有不连续创新的特征, 推动了新兴技术创新网络的形成及其演化。结合生命周期理论, 深入分析了新兴技术不连续创新形成的机理, 揭示了不连续创新下新兴技术创新网络的形成过程。选取云计算和智能手机技术为研究对象, 通过构建新兴技术创新网络, 分别分析正向不连续和反向不连续创新对新兴技术创新网络形成的影响。研究发现: 不连续创新下新兴技术具有知识创造带来的技术垂直跨越的特征, 以及知识融合带来的技术水平跃迁的特征, 并在新兴技术创新网络形成中, 呈现网络中心向外辐射和网络边界向内渗透的两种模式; 云计算技术是现有技术领域的重大突破, 具有正向不连续创新特征, 云计算技术创新网络呈现出快速增长、结构模块化和中心不变等特征; 智能手机技术体现了多技术领域的跨界融合, 具有反向不连续创新特征, 智能手机技术创新网络呈现出动态平衡、结构中心化和中心突变等特征。

**关键词:** 新兴技术; 不连续创新; 创新网络

**中图分类号:** F270

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-3104(2023)03-0141-16

## 一、引言

随着新兴技术跨学科融合和群体性突破的不断涌现, 新兴技术创新呈现出非连续性特征<sup>[1]</sup>, 使得技术变革产生的新动能不断积累, 新的技术轨道和新的市场产品不断产生, 构筑了企业持续竞争的优势<sup>[2]</sup>, 推动了技术的跨越式发展。

新兴技术不连续创新是相对于连续性创新<sup>[3-4]</sup>提出的, Christensen 在技术生命周期分析的基础上, 指出新兴技术不连续创新将呈现不同的技术范式, 影响并颠覆一个产业<sup>[5]</sup>。Noke 用新

旧技术间隔度来衡量创新的不连续性, 间隔度越大则新兴技术不连续性越强<sup>[6]</sup>。邓向荣认为不连续创新表现技术轨道跨越升级与技术范式转换等多重形式的叠加特征<sup>[7]</sup>。不连续创新具有非线性、间断性、突变性等特征<sup>[8]</sup>, 能产生一系列全新技术性能, 凸显边际效应和性能突破能力<sup>[9-10]</sup>。不连续创新可以改变当前主流市场产品的技术范式或技术轨道, 以及消费者的行为习惯, 呈现高度不确定性和高风险性<sup>[11]</sup>。不连续创新打破了原来的技术发展路径, 构建了新的价值网络<sup>[12]</sup>, 体现了技术轨道的跃迁和不连续的发展过程。

**收稿日期:** 2022-07-28; **修回日期:** 2023-05-11

**基金项目:** 国家自然科学基金项目“新兴技术创新‘谷仓效应’形成及其创新网络共振演化研究”(72004064); 湖南省自然科学基金项目“新兴技术‘多层-二分’网络形成及其创新共振机制研究”(2021JJ40142); 湖南省教育厅科研基金优秀青年项目“战略性新兴产业关键核心技术突破机制与管理对策研究”(20B123)

**作者简介:** 马慧, 女, 湖南衡阳人, 博士, 湖南第一师范学院商学院副教授, 主要研究方向: 复杂网络、技术创新, 联系邮箱: mahui6201@163.com; 曹兴, 男, 四川大竹人, 博士, 中南大学商学院教授、博士生导师, 湖南第一师范学院教授, 主要研究方向: 技术创新、技术管理、知识管理

新兴技术不连续创新主要体现在技术不连续和市场不连续<sup>[13-14]</sup>。Hang 等强调不连续创新具有市场高度不确定、创新困境不易识别,以及商业模式创新等特征<sup>[15]</sup>。薛捷认为市场偏好不连续性对于产业技术创新具有重要的推动作用<sup>[16]</sup>。魏江认为不连续创新导致企业在技术水平和竞争基础等方面都发生了重大变化<sup>[17]</sup>。黄昊认为由于技术的不连续发展,企业互补性资产会对产品创新、技术轨道选择以及持续竞争优势等产生重要影响<sup>[18]</sup>。不连续创新带来技术的多点突破,促进了市场的跨界融合,让企业面临更为复杂的技术与市场环境变迁,需要把握技术与需求机会窗口,以获得良好的创新绩效<sup>[19]</sup>。

不连续创新建立在知识创造及知识融合的基础上<sup>[20]</sup>,是现有产业技术系统的转型和能力再造<sup>[21-22]</sup>。Li 等认为,不连续创新出现时,相关技术创新活动将在有序状态与无序状态之间进行调整<sup>[23]</sup>。Kishna 指出现有创新网络结构是不连续创新的障碍,一旦不连续创新成功,也会改变现有创新网络<sup>[24]</sup>。新兴技术创新网络是由新兴技术企业、大学、科研机构、政府部门等通过创新资源投入与整合,技术知识转移与共享等交互行为,逐步建立正式或非正式的联系,形成的较稳定、有利于提升创新能力的关系总和<sup>[25]</sup>,是资源互补、知识共享的开放式生态系统<sup>[26]</sup>,为新兴技术发展提供了内外部知识资源,有利于新兴技术跨越不连续创新阶段。曹兴认为,适应突破式创新的网络环境一般都倾向于靠近“混沌边缘”,处于有序状态与无序状态之间,即创新网络呈“液态化”<sup>[27]</sup>。Nazrul 认为不连续创新技术的研发,需要跨部门、跨边界的主体高度互动<sup>[28]</sup>。新兴技术企业与知识互补的其他参与主体合作<sup>[29]</sup>,通过加速新兴技术知识在网络内的辐射与渗透,易于形成更多的新技术轨道和不连续创新<sup>[30-32]</sup>。以上研究强调了新兴技术不连续创新是新旧技术迭代的过程,当技术轨道出现间断性、突变性时,技术与创新网络都将进入全新的演化轨道。创新网络的资源汇聚功能推动了知识的获取、融合和创造,随着新兴技术不连续创新的发展,网络结构特征和创新主体的核心地位都

将随之改变。

基于以上研究,本文针对“不连续创新背景下新兴技术创新网络如何形成与演化”这一问题展开研究,聚焦以下三个方面:第一,新兴技术不连续创新的特征分析;第二,不连续创新如何推动新兴技术创新网络的形成;第三,不连续创新下新兴技术创新网络拓扑结构是如何演化的。因此,结合生命周期理论,深入分析技术演进过程中正向和反向两类不连续创新,揭示不连续创新下新兴技术创新网络的形成机理,以云计算和智能手机技术为研究对象,通过收集专利数据,构建新兴技术创新网络图谱,运用社会网络分析法,探究不连续创新下新兴技术创新网络的形成规律与知识流动特性,为构建新兴技术创新网络、推进不连续创新实现技术跨越发展提供理论借鉴。

## 二、新兴技术不连续创新及其创新网络形成机理分析

Richard Faster 提出技术 S 曲线模型<sup>[33]</sup>,将技术演化周期划分为萌芽期、成长期、成熟期及稳定期四个阶段。随着知识的涌现和渗透,技术轨迹不再是简单的 S 曲线,技术 S 曲线将出现多条分支,呈现出复杂性特征<sup>[27]</sup>,如图 1 所示。

在技术生命周期中,技术水平快速提高,在转折点 A 处,提高速度达到极大值,随后技术水平继续提高,但技术水平的提高速度递减,直至极限点 B。当新知识进入该技术领域,改善现有技术的发展轨迹,快速跃迁至新的技术发展周期,使得技术 S 曲线模型呈现出多条 S 曲线共同演化的现象。

随着技术从萌芽期、成长期进入成熟期,技术竞争优势越来越明显,但提高速度逐步放缓。为了维持技术持续增长,在现有技术发展至极限点 B 之前,可通过新知识引入或技术融合,识别并击穿新技术曲线的破局点 C,使得现有技术跨越技术边界和市场边界,脱离现有技术轨道,进入新技术曲线。新旧技术曲线之间出现了不连续发展阶段,使得新兴技术演化从现有技术轨道的

连续性创新, 过渡到跃迁新技术轨道的不连续创新。在现有技术 S 曲线极限点 B 的正上方和后方下

方, 不连续创新体现为正向和反向不连续创新两种表现形式, 如图 2 所示。

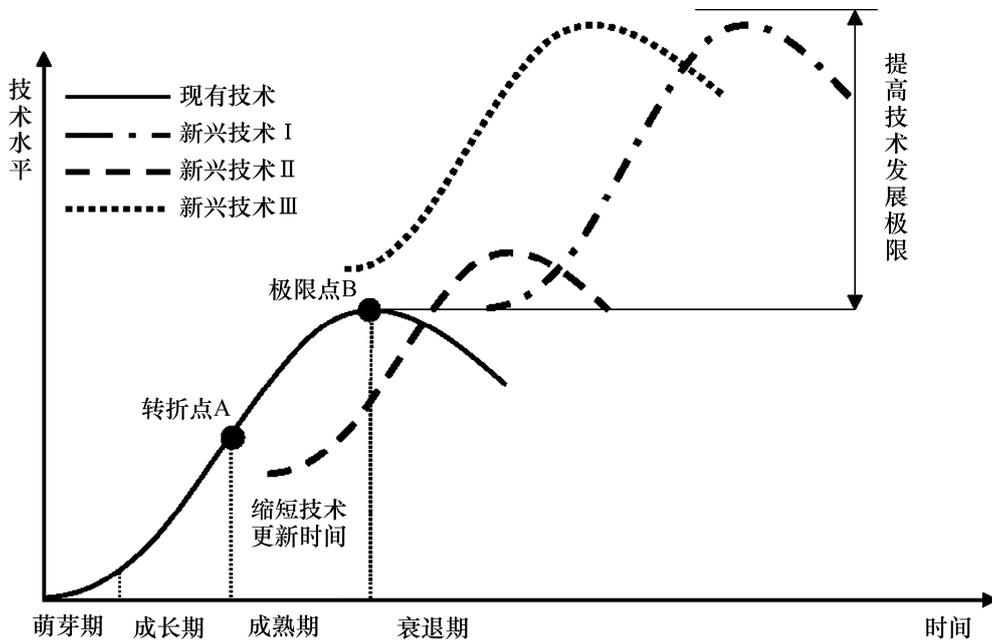


图 1 现有技术演化轨迹

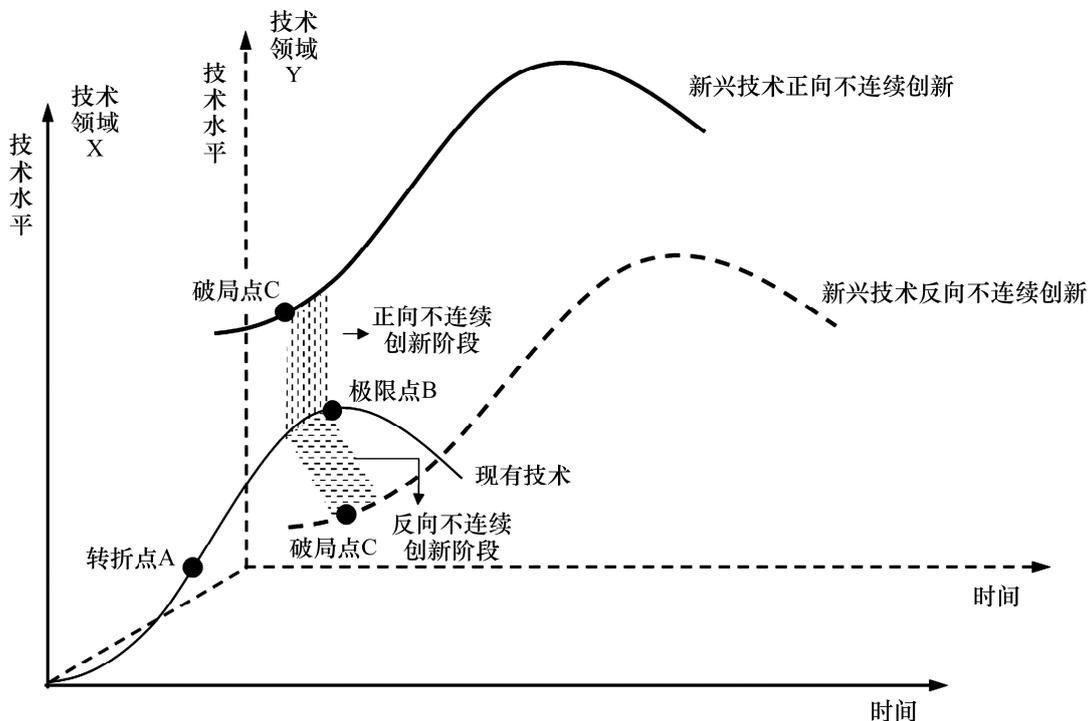


图 2 新兴技术双向不连续创新演化

(一) 新兴技术不连续创新特征分析

正向不连续创新发生在现有技术 S 曲线极限点 B 的正上方, 通过跨越现有技术边界, 实现技

术重大突破, 进而带来更大的竞争优势和发展空间, 使技术垂直向上跨越不连续发展阶段, 提高了技术发展极限。正向不连续创新具有较高的技

术门槛，要求企业具备较高的技术水平和创新能力，企业要在现有技术极限点 B 到来之前，率先突破技术瓶颈，即破局点 C，顺利跨越至新的技术轨道。因此，正向不连续创新下新兴技术的形成，依赖于技术领域 X 内的知识积累与创造，是现有技术轨道向新技术轨道实现技术的“垂直跨越”，如图 3 所示。

反向不连续创新发生在现有技术 S 曲线极限点 B 的后下方，新技术诞生初期可能不如现有技术，经过不断发展和完善，可跨越现有市场边界，

实现多领域技术融合，使技术跃迁不连续发展，缩短技术更新时间，拥有巨大的后期发展潜力。早期反向不连续创新的技术门槛与创新绩效较低，企业在现有技术极限点 B 到来之前，推进现有技术与击穿破局点 C 的新技术有效耦合，跃迁至新的技术轨道。因此，反向不连续创新下新兴技术的形成，源于不同技术领域 X、Y 之间的知识跨界融合，衍生出新的技术领域 Z，使现有技术轨道向新技术轨道实现技术的“水平跃迁”，如图 4 所示。

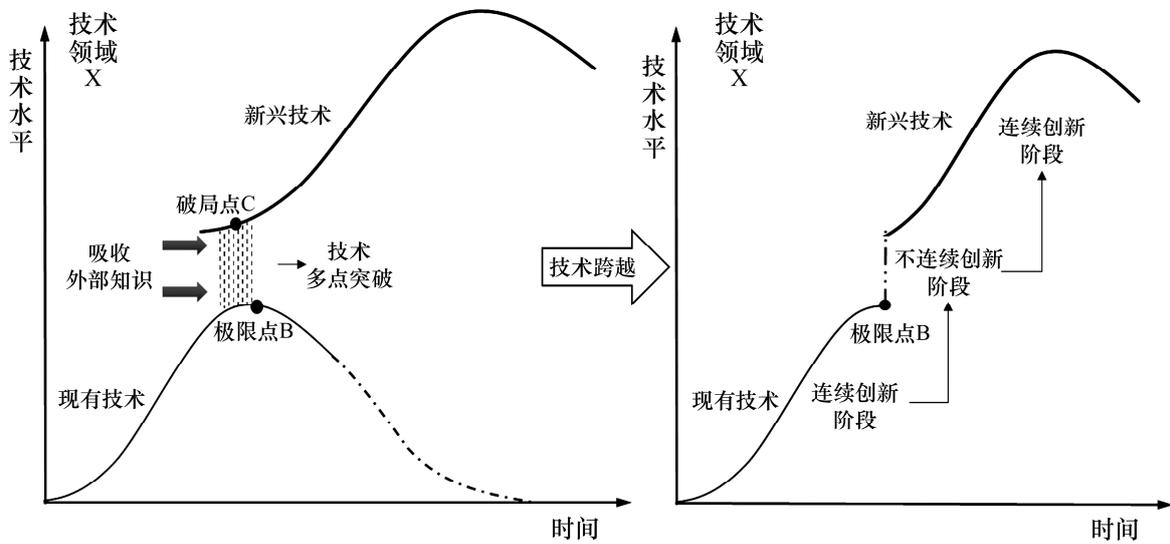


图 3 新兴技术正向不连续创新机理

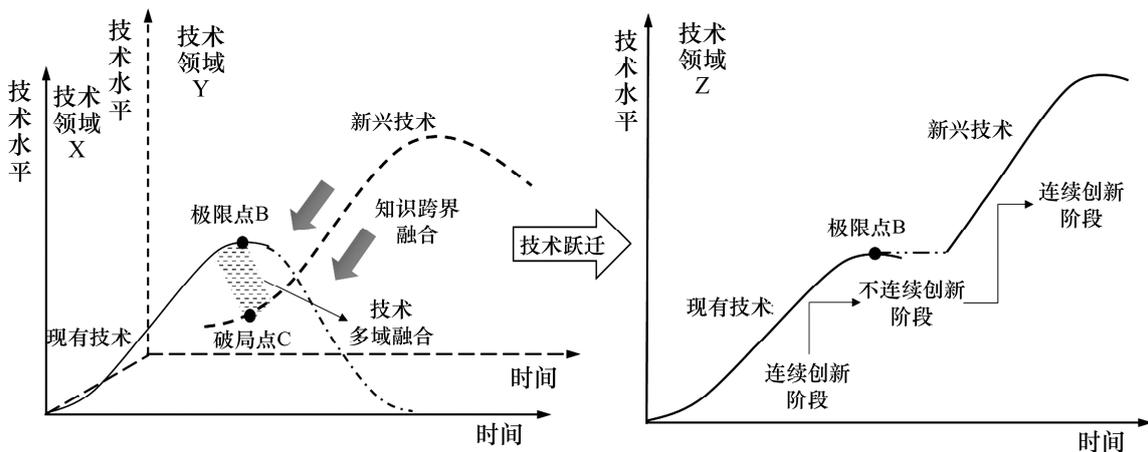


图 4 新兴技术反向不连续创新机理

技术的“垂直突破”和“水平跃迁”都需要吸收大量高势差的技术知识，因此，创新网络中异质资源、知识流动就成为推动新兴技术不连续

创新的关键因素。新兴技术不连续创新是现有连续性技术轨迹的突变与延伸，必将影响创新网络的结构演化和知识流动。

### (二) 不连续创新对新兴技术创新网络形成的影响分析

新兴技术发展呈现出正向和反向两类不连续创新特征。正向不连续创新需要打破现有知识结构对技术发展轨迹的束缚, 实现技术的多点突破; 反向不连续创新则需要打破组织关系对技术发展轨迹的束缚, 实现技术的多域融合。创新网络的形成源于创新主体间知识资源的互补性和依赖性, 是在技术创新需求基础上自发构建的一种特殊竞合关系, 能有效提升网络创新效率。不连续创新带来了新技术知识的融入和新网络关系的建立, 将打破现有技术创新网络的有序状态。新兴技术是在现有技术基础上形成的, 是连续性创新与不连续创新不断迭代的结果, 新兴技术创新网络也是对现有创新网络的变革, 呈现出有序网络与无序网络交替发展的状态。

新兴技术正向不连续创新是对现有技术的

突破与跨越, 创新网络中的知识流动、重构和创造带来网络演化速度和方向的突变。随着现有技术的连续性创新, 现有技术创新网络结构逐步演化, 如图 5(a)中形状较大的节点是处于网络中心位置且技术水平较高的核心企业, 引领着现有技术连续性创新。核心企业间的知识流动将引发企业所处领域内新兴技术知识的涌现, 新兴技术创新网络萌芽期的参与者为核心企业, 此时创新网络处于无序状态, 如图 5(b)所示。随着技术发展跨越正向不连续阶段, 形成新的技术标准, 将吸引较多现有技术创新网络中的成员企业快速加入新兴技术创新网络, 逐步呈现出有序网络状态。同时, 新兴技术知识也沿着新建立的网络关系, 从网络中心向外辐射。由于正向不连续创新的技术门槛较高, 部分成员企业无法适应新的网络环境而被淘汰, 现有技术创新网络呈无序化, 如图 5(c)所示。最终, 新兴技术创新网络取代了现有技术创新网络, 如图 5(d)所示。

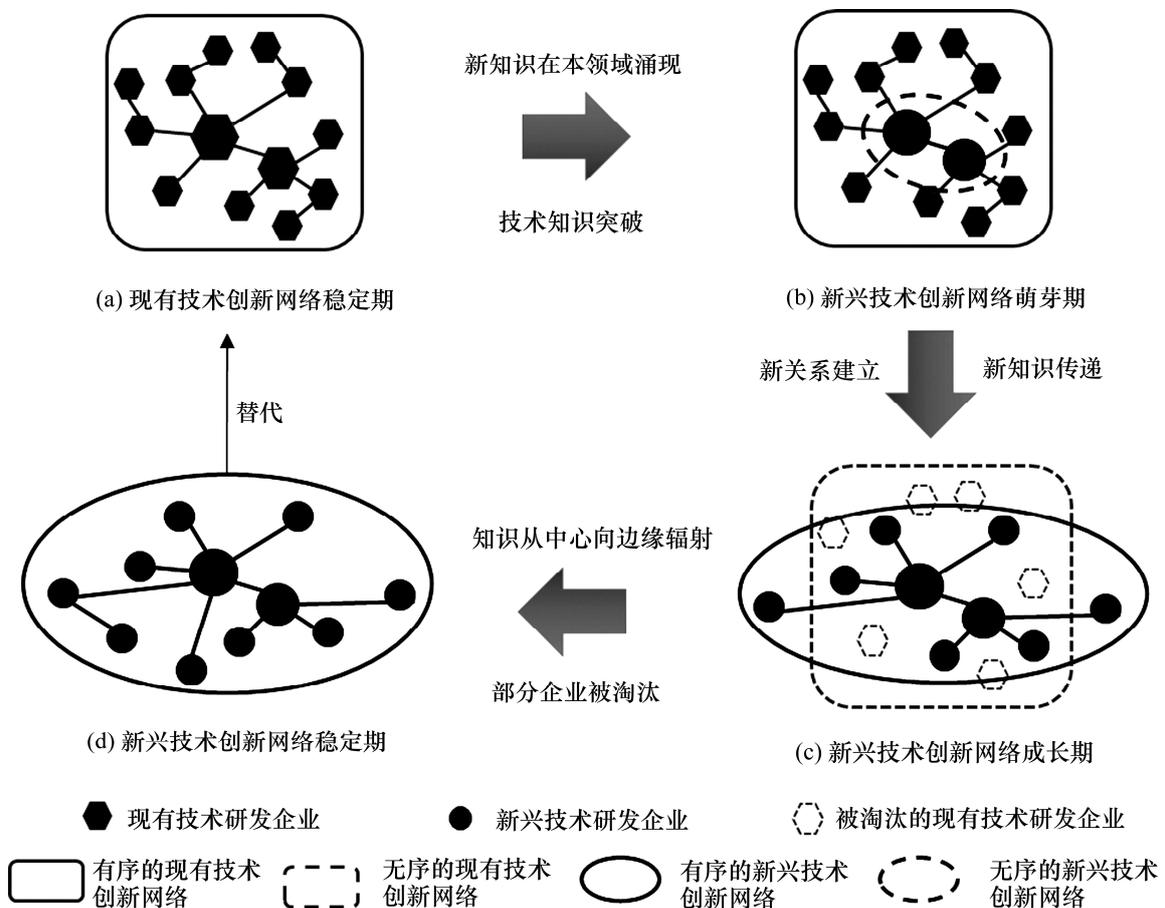


图 5 正向不连续创新下新兴技术创新网络形成过程

新兴技术反向不连续创新是新技术与现有技术的融合与跃迁，不同创新网络间的知识流动与融合加速了网络间的相互渗透，带来网络结构特征和中心位置的突变。同上，现有技术创新网络结构如图 6(a)所示，此时新兴技术知识在其他领域涌现，技术融合通常发生在现有技术网络边界处<sup>[34]</sup>。新兴技术知识从创新网络边界处向内渗透，由于不同网络间的知识流动，让新兴技术知识嫁接到现有技术，随着技术深度融合，网络边

界开始模糊，两个创新网络都呈现无序网络状态，加速了企业间的知识流动，如图 6(b)所示。由于技术耦合成功，新兴技术创新网络以极快的速度进入现有技术创新网络，新兴技术知识也随之从网络边界向中心渗透，当新兴技术创新网络蔓延至所有企业，新兴技术将淘汰现有技术以及仍然使用现有技术的企业，如图 6(c)所示。新兴技术创新网络将颠覆现有创新网络，使新兴技术研发企业成长为网络中的核心企业，如图 6(d)所示。

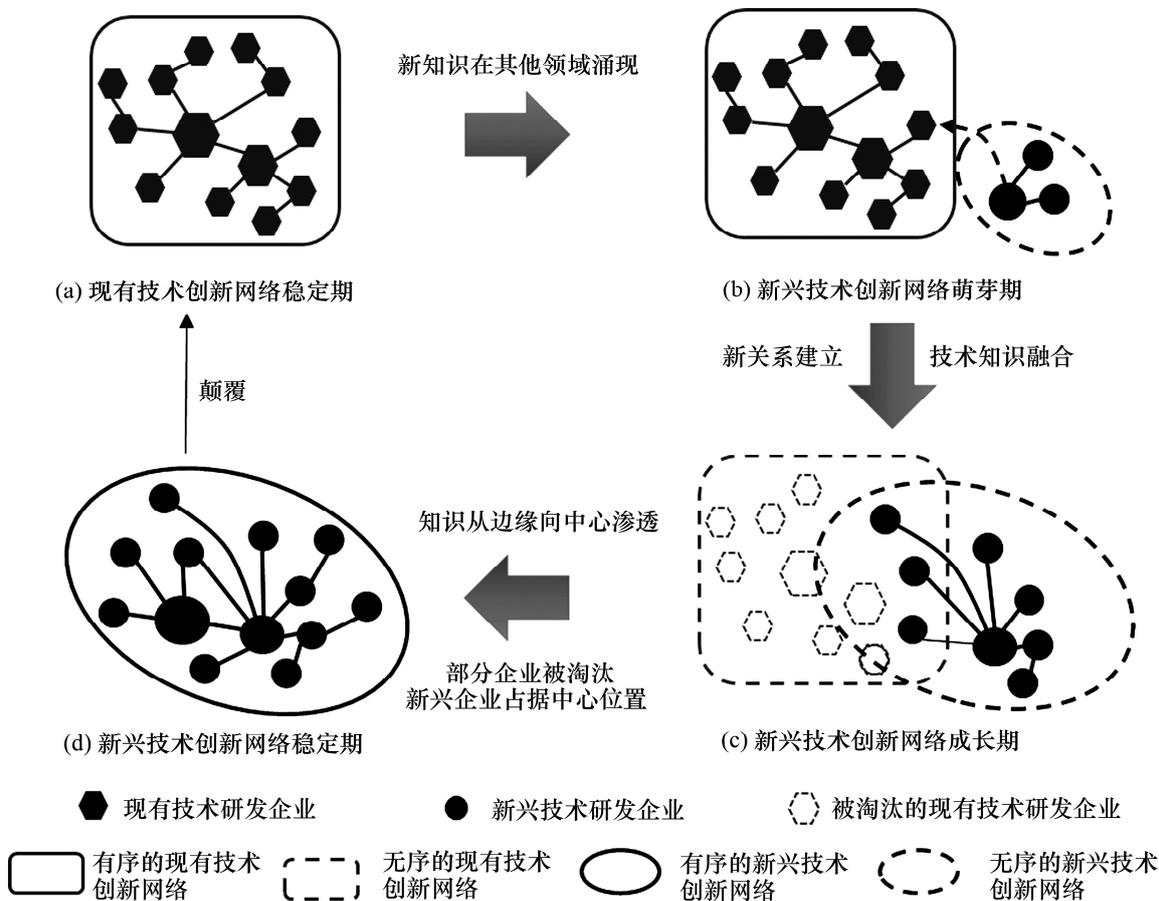


图 6 反向不连续创新下新兴技术创新网络形成过程

综上所述，新兴技术不连续创新将影响创新网络结构的演化与知识流动，让创新网络从无序走向有序。正向不连续创新下新兴技术创新网络是由现有创新网络衍生出来的，核心企业通过知识创造引领新兴技术突破，占据网络中心位置，由于有技术门槛限制，部分成员企业被迫退出。新兴技术创新网络的形成对现有创新网络局部带来影响，技术演进不断维持着网络平衡，总体

来看，对现有创新网络具有替代性作用。新兴技术知识从网络中心向外辐射，带动新兴技术跨越式发展。

反向不连续创新下新兴技术创新网络的形成是新技术创新网络与现有技术创新网络的融合，随着新兴技术占据主导地位，处于网络边界位置并较早采纳新兴技术的非核心企业将逐步占据网络中心位置。新兴技术创新网络的形成将

打破现有创新网络结构, 让创新网络达到新平衡, 并对现有创新网络具有颠覆性作用。新兴技

术知识从模糊化网络边界处向内渗透, 带动新兴技术跃迁式发展, 如表 1 所示。

表 1 不连续创新对新兴技术创新网络形成的影响

	正向不连续创新	反向不连续创新
网络形成模式	在现有网络结构上持续发展	与现有创新网络融合发展
网络形成作用	替代性	颠覆性
网络变革范围	影响网络局部	改变整个网络
网络平衡状态	维持网络平衡	达到新网络平衡
技术突破方式	知识创造	知识融合
知识流动方向	由中心向边界辐射	由边界向中心渗透

### 三、案例分析

为了验证以上新兴技术不连续创新及其创新网络的形成机理, 依据新兴技术发展过程中可能出现的两类不连续创新, 本文有针对性地选取云计算技术和智能手机技术作为研究对象。云计算技术是计算机网络领域的一次革命, 它从传统计算技术垂直跨越至新的技术轨道。智能手机技术随着操作系统的融入, 击穿破局点, 跃迁至新的技术轨道。采用描述性案例研究方法, 对新兴技术不连续创新特征及其创新网络的形成路径等进行描述性统计分析。采用社会网络分析法, 对新兴技术创新网络的阶段性结构特征进行测度与分析, 有利于从网络层面整体研究创新网络演化特征。

#### (一) 数据来源与整理

由于专利数据数量信息可以展现新兴技术演化的整个生命周期特征, 故而专利数据联合申请信息可以揭示新兴技术创新网络形成的过程。因此, 以云计算和智能手机技术领域的专利数据作为案例研究的样本数据。本文采取的专利数据来源于万象云专利数据搜索平台, 该平台提供专利信息搜索功能, 共收纳了世界上 105 个国家、地区和国际知识产权组织公开的专利文献和数据。本文分别以云计算(cloud computing)、智能手机(smart phone)为关键词, 在所有标题(Title)、摘要(Abstract)中进行检索。信息检索表达式为: TS=“智能手机”OR“smart phone” OR“smartphone”和 TS=“云计算” OR“cloud computing”。专利

类型为技术含量较高、原创性较强的发明专利。考虑到专利申请的审批周期较长、近两年公布专利数据不全可能带来的影响, 检索时间跨度为 1990—2019 年。本研究共收集云计算技术领域专利数据 161 604 件, 智能手机技术领域专利数据 325 011 件。

已有研究认为, 专利申请人创新合作关系可以用联合申请专利数据作为衡量标准, 以此确定创新网络的范围与边界。Hanaki 等认为合作关系的是否存在, 取决于专利中是否存在着共同发明申请人<sup>[35]</sup>。刘国巍<sup>[36]</sup>、曹兴<sup>[37]</sup>均通过统计联合申请的发明专利信息构建技术创新网络, 分别对装备制造产业、电子信息产业和无线通信设备产业进行相关实证分析。依据现有文献的标准, 进一步对样本数据进行整理。合并异形同义企业的专利权人名称, 消除专利题录中的异形同义误差, 精简优化数据库信息。剔除专利权类型为个人的所有专利数据, 只研究企业、高校、科研院所、政府机构之间的关系。筛选出专利权人数量大于 1 的专利数据, 构建专利权人关系的邻接矩阵。由于专利申请具有时滞性, 以 3 年为窗口期, 运用时间滚动法整理专利数据。依据专利权人名称和邻接矩阵, 运用 Gephi 网络可视化软件, 绘制技术合作创新网络演化图谱, 通过统计测量, 分析不连续创新下新兴技术创新网络的形成与演化规律。

本文运用社会网络分析法, 选取平均度、平均最短距离、网络中心度等指标进行网络演化分析, 如表 2 所示。

表2 网络分析指标

指标	定义
节点数	网络中的节点总数, 表明创新网络中企业的数量
边数	网络中的链路总数, 表明创新网络中企业合作关系的数量
平均度	网络中每个节点具有的平均连线数量, 表明企业间关系的多寡
平均最短距离	网络中任意一对节点之间路径长度的平均值, 表明企业间关系的平均距离
亲密中心度	一个节点能到达节点的数量除以所能到达节点的最短路径之和, 表明该企业节点接近其他企业节点的程度
中介中心度	某个节点被其他节点以最短路径通过的数量与图中最短路径总数之比, 说明该企业占据网络中核心位置的程度

## (二) 云计算技术及其创新网络形成的案例分析

以云计算技术为例, 分析新兴技术正向不连续创新特征及其对新兴技术创新网络形成的影

响。通过统计云计算技术发明专利申请趋势情况, 可揭示云计算技术发展的生命周期特征, 如图7所示。

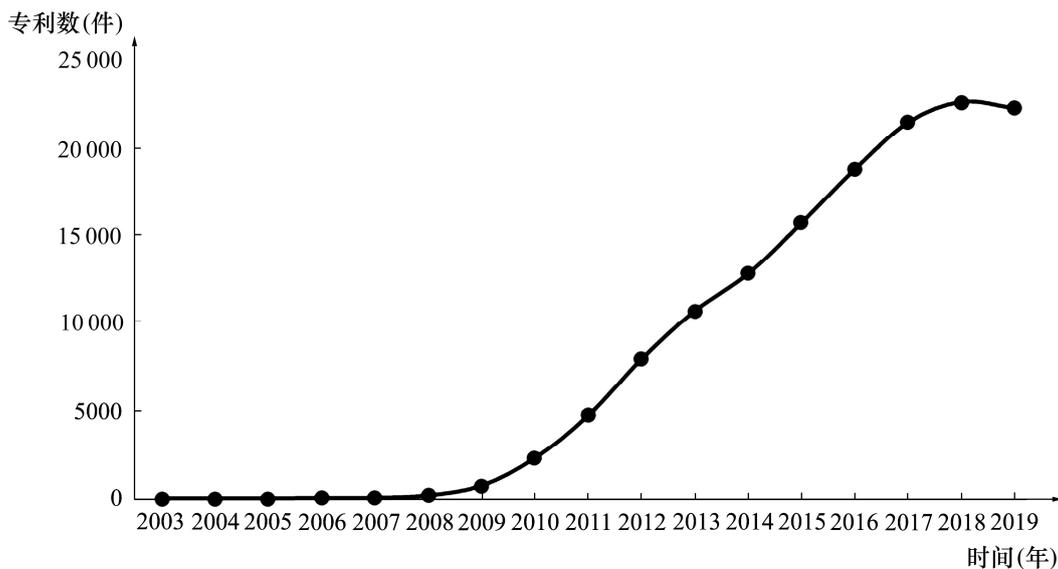


图7 云计算技术发明专利申请趋势

如图7所示, 云计算技术专利从2003年进入发展平缓的萌芽期。2006年, 谷歌发表分布式计算、并行计算等相关研究, 正式提出“云计算”概念, 亚马逊推出Amazon云服务生态系统的基础产品。2007年, IBM推出“蓝云”计算平台。2009年, 微软推出Azure云服务测试版, 谷歌发布Google应用引擎, 引领云计算技术领域的重大技术突破。2009—2017年, 云计算技术发展进入成长期, 众多企业进入云计算技术研发领域,

发明专利申请数快速增长。2017年后, 发明专利申请数量增速减缓, 主流平台产品和标准产品功能逐步健全, 云计算进入成熟阶段。从整体上看, 2003—2009年是云计算技术不连续创新阶段, 亚马逊、谷歌、微软等企业实现了计算领域的多点突破, 将传统计算延伸至云平台, 击穿云计算技术发展的破局点C, 垂直跨越至云计算技术轨道。云计算技术发明专利主要隶属于G06计算机技术, 占申请总量的66%, 表明云计算技术是在传

统计算机技术基础上的跨越和升级, 云计算技术具备正向不连续创新特征。

云计算技术领域的知识重构和创造, 推动了云计算技术正向不连续创新, 带动了云计算技术创新网络的演化。2009年(破局点 C)之前, 谷歌、亚马逊、Salesforce 相继推出新产品, 助推云计算技术逐步形成, 形成新一代 IT 标准。亚马逊初步形成了涵盖 IaaS、PaaS 的产品体系, 占据了云服务领域的核心位置。在云计算技术不连续创新阶段, 技术创新网络由传统技术领域核心企业占据主导地位, 引领云计算技术跨越式发展。随着云计算功能日趋完善, 种类日趋多样, 新兴技术知识从网络中心向外快速辐射, 吸引众多传统技术企业通过自身技术能力的突破, 加

入云计算技术创新网络中, IBM、VMWare、微软和 AT&T 等纷纷转型, 不断维持网络平衡状态, 此时的云计算技术创新网络取代了传统技术创新网络。

为了进一步揭示正向不连续创新下新兴技术创新网络的形成过程和演化规律, 通过整理云计算技术联合申请专利数据, 以 3 年为时间窗口期, 进行合作创新网络分析。创新网络以专利权人为网络节点, 节点的大小标志着合作企业数目的多少, 决定着企业在网络中所处的地位; 联合发明专利为节点间连线, 连线的粗细标志着合作专利数量的多少, 如图 8 所示。

云计算技术创新网络分析指标测量结果, 如表 3 所示。

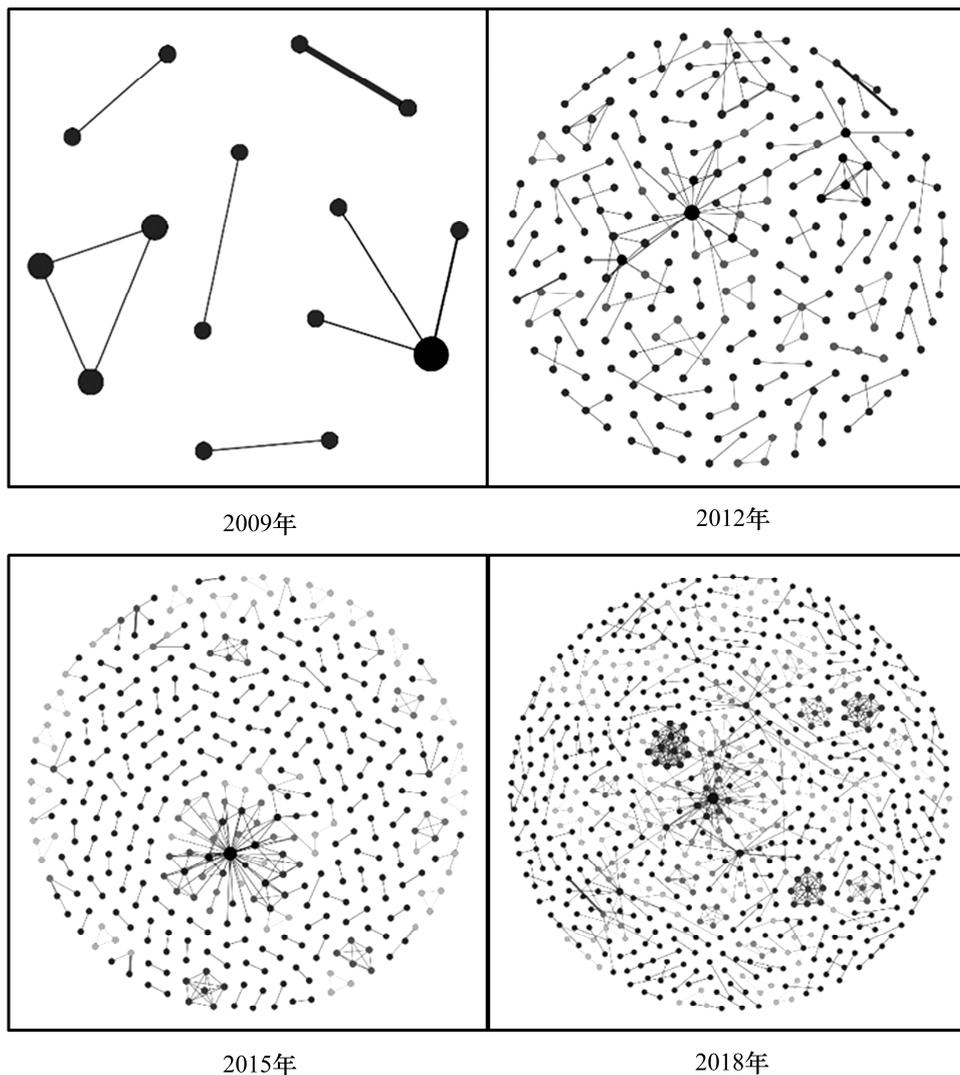


图 8 云计算技术创新网络演化图谱

表3 云计算技术创新网络指标分析

年份	节点数	边数	平均度	平均最短距离	亲密中心度	中介中心度(MAX)
2007	4	2	1	1	1	—
2008	7	5	1.429	1	1	—
2009	11	6	1.091	1.143	0.989	—
2010	26	15	1.154	1.062	0.986	—
2011	81	65	1.605	1.420	0.937	腾讯
2012	155	107	1.381	1.299	0.958	AT&T
2013	309	226	1.463	1.503	0.936	华为
2014	393	367	1.868	1.717	0.936	华为
2015	401	363	1.810	2.542	0.881	华为
2016	533	445	1.670	1.944	0.903	华为
2017	573	513	1.792	1.837	0.882	腾讯
2018	700	729	2.083	3.446	0.875	华为
2019	826	835	1.958	3.213	0.872	华为

从图8和表3可以看出云计算技术创新网络的形成过程和演化规律。

(1) 网络规模增长较快。2009年之前,由于正向不连续创新的技术门槛较高,云计算技术创新网络中的节点企业数目很少,主要是传统技术核心企业,网络核心位置并未形成。2009年之后,网络节点数和边数都呈稳定的上升趋势,且增速较快,说明击穿新兴技术破局点C后,大量传统企业纷纷转型升级,投入新创新网络中。2018年,网络边数超过了节点数,节点企业间的合作关系急速增多,网络关系日趋复杂化。这表明云计算技术正向不连续创新由传统技术核心企业主导,一旦击穿破局点C,云计算技术创新网络规模便快速增长,更多资源的汇聚有利于发掘云计算技术发展潜能,极大地提升了技术发展极限。

(2) 网络结构模块化。在云计算技术发展演变过程中,网络平均度与网络平均最短距离均呈现较稳定的增长趋势,即网络关系由“一对一”的简单合作关系发展为“多对多”的复杂合作关系。从图8中可发现云计算技术创新网络逐步演化成多个子网交互作用的模块化网络结构特征,子网内部全连通,合作关系密集,但子网之间连接关系稀疏。在模块化创新网络中,各子网企业在其细分技术领域拥有独特的知识,可以进行分

散创新,子网间的知识资源互补程度影响着整体价值创造<sup>[37]</sup>。云计算技术创新网络结构模块化有利于推动云计算技术在分布式计算、并行计算、虚拟化技术等细分领域的创新与突破,进而影响云计算技术跨越式发展。

(3) 网络中心维持不变。网络平均亲密中心度呈逐步下降趋势,说明网络中心位置逐步凸显。中介中心度体现了该节点的“桥梁”作用,说明该企业占据了网络中心位置。从表3中可看出,云计算技术合作创新网络中的核心位置一直被华为占据,表明了正向不连续创新下新兴技术企业在创新网络中的核心位置维持不变。

### (三) 智能手机技术及其创新网络形成的案例分析

智能手机技术发展是在传统手机技术基础上的反向不连续创新。通过统计智能手机技术发明专利申请信息,可揭示智能手机技术发展态势,如图9所示。

从1993年出现第一个申请专利,智能手机技术开始萌芽,但在随后的十多年时间内发明专利申请量较少,增长速度平缓。2007年苹果公司发布了IOS操作系统的智能手机,因其多点触控、丰富的应用,重新定义了手机;同年11月,谷歌公司发布安卓操作系统技术,并与全球34家

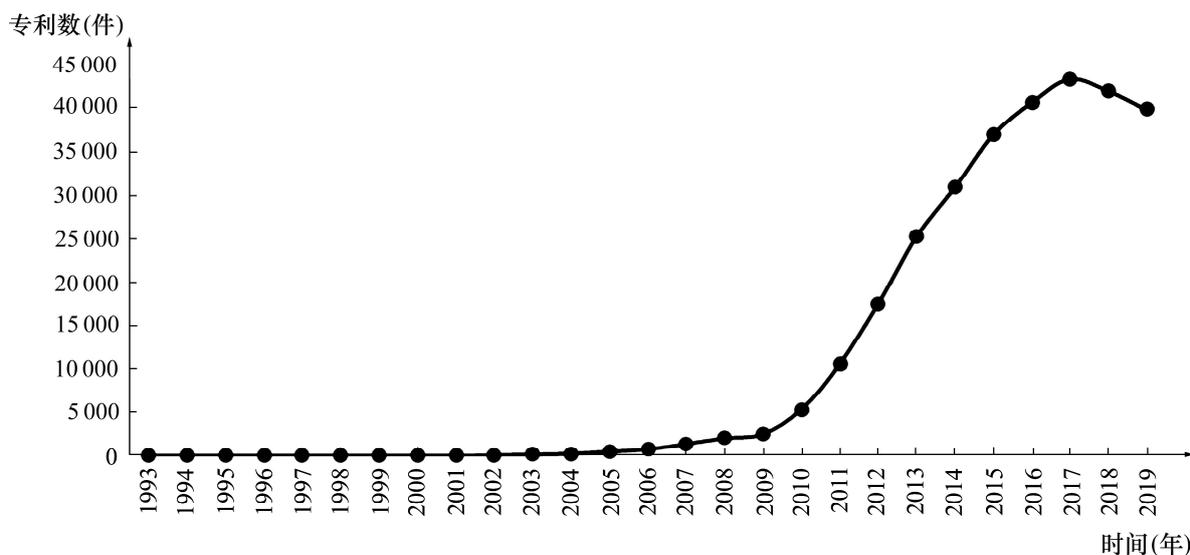


图9 智能手机技术发明专利申请总量趋势

手机制造商、芯片制造商、软件开发商以及电信运营商一起, 组建安卓系统开放式研发联盟, 为智能手机技术发展带来了一次重大变革。2007—2014年, 智能手机技术发展进入成长期, 发明专利申请数急速增长, 尤其是在2011—2014年, 随着大量企业投入智能手机技术发展中, 智能手机技术急速发展。2014年后, 发明专利申请数量仍在不断增加, 但增长速度却呈下降的趋势。从整体上看, 1993—2007年是智能手机技术不连续创新阶段, IOS、安卓等操作系统技术向传统手机通信技术跃迁, 打破了传统手机市场格局, 击穿了智能手机技术发展的破局点C, 创造了智能手机新市场。智能手机技术隶属于G06计算技术和H04电子通信技术两大类, 两类技术共同发展和深度融合, 占据专利数据总量的90%以上。这表明智能手机技术具备反向不连续创新特征。

不同技术领域间的知识流动与知识融合, 推动智能手机技术反向不连续创新, 必将带来手机技术创新网络结构特征的突变。在智能手机技术不连续创新初始阶段, 技术创新网络由传统手机制造商占据主导地位, 诺基亚凭借连续15年占据手机市场份额第一的实力, 引领着手机技术的快速发展。随着计算机技术高速发展, 操作系统技术开始向各领域技术网络渗透, 其中最成功的

就是操作系统技术与手机通信技术的耦合, 大量相关新兴技术企业涌入。当拥有IOS操作系统的苹果公司和拥有安卓操作系统的谷歌公司进入时, 打破了现有手机技术创新网络结构, 曾经的手机市场核心企业诺基亚、摩托罗拉等逐步退出创新网络。新兴技术知识从网络边界向网络中心不断渗透, 苹果、三星、谷歌等公司逐步占领网络中心位置, 通过不断扩大联合研发的组织规模, 与手机制造商之间建立了新合作关系, 网络达到新的平衡状态, 此时的智能手机技术创新网络完全颠覆了传统手机技术创新网络结构。

为了进一步揭示反向不连续创新下新兴技术创新网络的形成过程和演化规律, 运用时间滚动法整理智能手机技术联合申请专利数据, 以3年为窗口期, 绘制智能手机技术合作创新网络图谱, 如图10所示。智能手机技术创新网络分析指标测量结果如表4所示。

从图10和表4可以看出智能手机技术创新网络的形成过程和演化规律。

(1) 网络规模动态平衡。2007年之前, 在反向不连续创新阶段, 智能手机技术创新网络中的节点企业数目较少, 网络关系多为企业间的两两合作关系, 创新网络呈现混沌的无序状态。2007—2014年, 网络节点数和边数都呈稳定的上

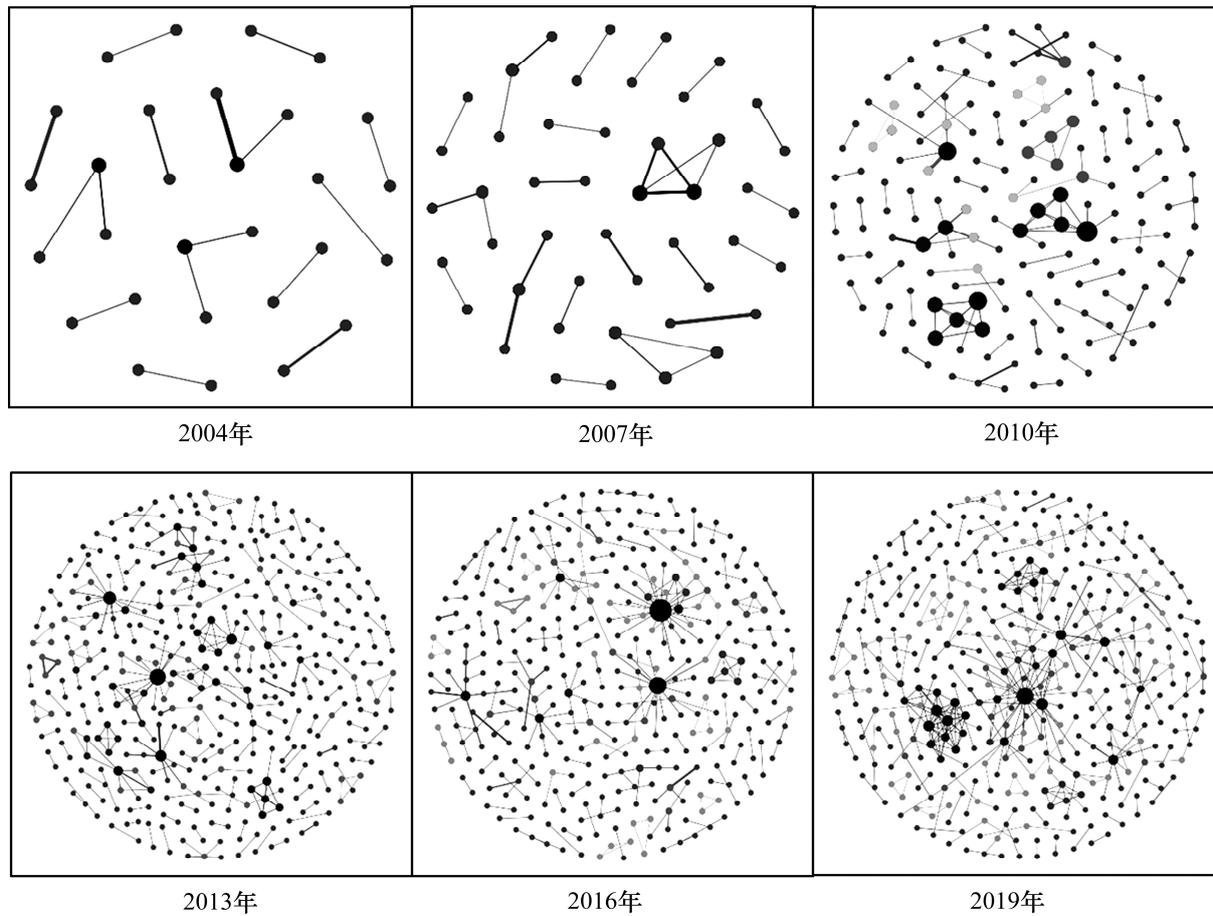


图 10 智能手机技术创新网络演化图谱

表 4 智能手机技术创新网络指标分析

年份	节点数	边数	平均度	平均最短距离	亲密中心度	中介中心度(MAX)
2006	29	16	1.103	1.158	0.934	诺基亚
2007	44	25	1.136	1.107	0.938	诺基亚
2008	46	29	1.261	1.121	0.926	诺基亚
2009	58	37	1.276	1.229	0.923	诺基亚
2010	69	44	1.275	1.254	0.910	诺基亚
2011	107	77	1.339	1.299	0.923	黑莓
2012	161	114	1.416	1.279	0.931	索尼
2013	292	217	1.486	1.497	0.890	索尼
2014	404	305	1.51	1.893	0.851	三星
2015	361	270	1.51	2.155	0.837	三星
2016	339	256	1.596	2.272	0.832	三星
2017	324	235	1.685	2.452	0.827	华为
2018	336	270	1.703	2.699	0.835	华为
2019	354	316	1.858	3.404	0.778	华为

升趋势,说明新兴技术不连续创新吸引大量企业进入创新网络中,节点企业间的合作也越来越密切。2014年之后,网络节点数和边数都有所下降,意味着网络中存在着激烈的竞争关系,部分企业被淘汰,网络关系得到不断调整,逐步趋于新的动态平衡。智能手机技术创新网络由原先的松散结构逐渐演变成紧凑的复杂网络结构,表明随着新兴技术创新从不连续到连续的创新演化,新兴技术创新网络呈现出从无序到有序的状态,并在2015年达到一个新的动态平衡。

(2) 网络结构中心化。智能手机技术生命周期内网络平均度稳步增加,表明与某一企业进行合作创新的主体数量不断增加,即网络关系由“一对一”的简单合作关系发展为“一对多”的复杂合作关系。网络平均最短距离从 1.158 稳步上升至 3.404,表明智能手机技术创新网络中存在更多节点企业,围绕在核心企业周围共同成长。图 10 展示了智能手机技术创新网络逐步演化成多核心企业主导的中心化网络结构特征。多核心企业间的知识互补将带动不同领域技术的

深度融合,吸收大量传统手机制造商等迅速进入智能手机技术创新网络,并向引领技术发展的核心企业聚拢,推动智能手机技术跃迁式发展。

(3) 网络中心发生转变。网络亲密中心度整体上出现逐步下降趋势,表明网络中心位置逐步凸显。通过统计智能手机技术合作创新网络中的个体中介中心度最大值,可发现在智能手机技术萌芽期,网络中心位置仍由传统手机制造商诺基亚占据。随着智能手机技术创新网络颠覆了传统手机技术网络,诺基亚在 2012 年宣布退出智能手机市场,网络中心位置由苹果、三星、华为等占据,表明反向不连续创新下新兴技术创新网络形成对现有创新网络具有颠覆性作用,新兴技术企业在创新网络中的核心位置发生转变。

(四) 案例结果对比分析

本文通过对云计算技术和智能手机技术的专利数据进行统计分析和网络指标分析,对比研究了两类不连续创新的特征及其对新兴技术创新网络形成的影响,如表 5 所示。

表 5 案例对比分析

	正向不连续创新	反向不连续创新
研究对象	云计算技术	智能手机技术
不连续阶段	2003—2009 年	1993—2007 年
创新特征	G06 计算机技术的垂直跨越 (技术突破)	G06 计算机技术向 H04 电子通信技术的跃迁 (技术融合)
网络结构	网络规模增长较快、网络结构模块化、网络中心维持不变	网络规模动态平衡、网络结构中心化、网络中心发生转变
知识流动	处于网络中心位置的谷歌、亚马逊等企业向网络边界辐射	处于网络边界位置的华为、苹果等企业向网络中心渗透

云计算技术具备正向不连续创新特征,2003—2009 年通过领域内核心技术突破,实现 G06 计算机技术的垂直向上跨越,在云计算技术跨越不连续创新阶段,计算技术领域企业纷纷加入新技术轨道,新兴技术创新网络规模快速增长,网络结构模块化,网络中心位置一直由引导正向不连续创新的谷歌、亚马逊等企业占据,技术知识从

网络中心向边界辐射。智能手机技术具备反向不连续创新特征,1993—2007 年通过领域间技术融合,实现 G06 计算机技术向 H04 电子通信技术的跃迁,随着技术耦合成功,新兴技术创新网络规模短期内增速较快,很快呈现出网络动态平衡状态,网络结构中心化,技术知识随着网络中心位置的转变,从网络边界向中心渗透。

## 四、结论

本文深入分析了正向和反向两类不连续创新,探究了不连续创新下新兴技术创新网络的形成机理;通过收集云计算和智能手机技术领域的专利数据,构建了新兴技术创新网络,实证分析了正向和反向不连续创新对新兴技术创新网络结构特征和知识流动特征的影响。主要研究结论如下:

(1) 新兴技术演化是连续性创新与不连续创新交替迭代的过程。新兴技术正向不连续创新源于本领域内的知识创造,实现同领域内垂直向上的“技术跨越”;新兴技术反向不连续创新源于多领域知识融合,实现不同领域间水平方向的“技术跃迁”。

(2) 不连续创新下新兴技术创新网络是在现有技术网络基础上形成的。正向不连续创新一般发生在现有技术网络核心位置,对创新网络结构影响较小,新兴技术知识从网络中心企业向边界辐射;反向不连续创新一般发生在新技术网络与现有技术网络交界处,当新兴技术与现有技术耦合成功时,新兴技术将从现有网络边界渗透并占据中心位置,对创新网络结构带来颠覆性影响。

(3) 云计算专利数据分析表明,云计算技术发展是G06计算机技术的垂直跨越,满足正向不连续创新特征;云计算技术创新网络呈现出网络规模增长较快、网络结构模块化、网络中心维持不变等特征;新兴技术知识随着亚马逊、谷歌等企业云计算技术的重大突破,从网络中心向外辐射,吸引大量传统IT企业纷纷进入云计算技术创新网络。

(4) 智能手机专利数据分析表明,智能手机技术发展是G06计算机技术向H04电子通信技术的跃迁,满足反向不连续创新特征;智能手机技术创新网络呈现网络规模动态平衡、网络结构中心化、网络中心发生转变等特征;新兴技术知识随着谷歌、苹果、三星、华为等企业的成长,

从网络边界渗透至网络中心。

本文阐述了新兴技术创新网络形成机理,揭示了两类不连续创新下新兴技术创新网络形成的规律,采用云计算、智能手机技术专利数据进行分析,描述了正反向不连续创新对新兴技术创新网络的影响,但专利数据也为研究带来了一定的局限性。因此,在未来的研究中,可采用其他实证研究方法,深入挖掘不连续创新影响新兴技术创新网络的主要因素。

### 参考文献:

- [1] CALVI R, JOHNSEN T, BELLO K P. Purchasing involvement in discontinuous innovation: An emerging research agenda[M]. Berlin: Springer International Publishing, 2018.
- [2] 寿柯炎,魏江. 后发企业如何构建创新网络——基于知识架构的视角[J]. 管理科学学报, 2018, 21(9): 23-37.
- [3] LIZARELLI F L, TOLEDO J C, ALLIPRANDINI D H. Relationship between continuous improvement and innovation performance: An empirical study in Brazilian manufacturing companies[J]. Total Quality Management and Business Excellence, 2019(4): 1-24.
- [4] XU C, YAN M. Radical or incremental innovations: R&D investment around CEO retirement[J]. Journal of Accounting Auditing & Finance, 2014, 29(4): 547-576.
- [5] CHRISTENSEN C M. The Innovator's dilemma[M]. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
- [6] NOKE H, PERRONS R K, HUGHES M. Strategic dalliances as an enabler for discontinuous innovation in slow clockspeed industries: Evidence from the oil and gas industry[J]. R&D Management, 2008, 38(2):129-139.
- [7] 邓向荣,汪小洁,曹红. 非连续性技术创新理论研究新进展[J]. 经济学动态, 2022(1): 132-145.
- [8] 魏江,冯军政. 国外不连续创新研究现状评介与研究框架构建[J]. 外国经济与管理, 2010, 32(6): 9-16.
- [9] RICHARD, LEIFER, CHRISTOPHER M, et al. Radical innovation: How mature companies can outsmart upstarts[M]. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
- [10] 高建,魏平. 新兴技术的特性与企业的技术选择[J]. 科研管理, 2007(1): 47-52.

- [11] 肖海林, 黄毅. 影响不连续创新产品早期市场购买意向的关键因素及机理研究[J]. 学术论坛, 2016, 39(3): 40-44.
- [12] 冯军政, 刘洋, 魏江. 如何驱动不连续创新: 组织学习视角的案例研究[J]. 科研管理, 2013, 34(4): 24-33.
- [13] ROTHARMEL F T, HILL C. Technological discontinuities and complementary assets: A longitudinal study of industry and firm performance[J]. *Organization Science*, 2005, 16(1): 52-70.
- [14] KISHNA M, NEGRO S, ALKEMADE F, et al. Innovation at the end of the life cycle: Discontinuous innovation strategies by incumbents[J]. *Industry & Innovation*, 2016, 24(3): 1-17.
- [15] HANG C C, NEO K B, CHAI K H. Discontinuous technological innovations: A review of its categorization[C]// *IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*. Singapore: IEEE, 2006.
- [16] 薛捷. 基于市场偏好不连续性的根本性技术创新研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2010, 31(11): 45-51.
- [17] 魏江, 冯军政, 王海军. 制度转型期中国本土企业适应性成长路径——基于海尔不连续创新的经验研究[J]. *管理学报*, 2011, 8(4): 493-503.
- [18] 黄昊, 王国红, 邢蕊. 不连续创新模式下企业协同价值创造策略研究[J]. *科研管理*, 2020, 41(3): 205-216.
- [19] 吴晓波, 付亚男, 吴东, 等. 后发企业如何从追赶到超越?——基于机会窗口视角的双案例纵向对比分析[J]. *管理世界*, 2019, 35(2): 151-167, 200.
- [20] 柳卸林. 不连续创新的第四代研究开发——兼论跨越发展[J]. *中国工业经济*, 2000(9): 53-58.
- [21] 杨继明, 冯俊文, 李永忠. 新兴技术风险评估中的风险性和不确定性[J]. *技术经济与管理研究*, 2013(1): 41-44.
- [22] 王海龙, 黄明, 林德明. 汽车产业模块化对不连续创新影响的实证分析[J]. *运筹与管理*, 2018, 27(9): 99-104.
- [23] LI X Y, JIANG Z H, GUAN Y Q, et al. Fostering the transfer of empirical engineering knowledge under technological paradigm shift: An experimental study in conceptual design[J]. *Advanced Engineering Informatics*, 2019, 41(8): 100927.
- [24] KISHNA M, NEGRO S, ALKEMADE F, et al. Innovation at the end of the life cycle: Discontinuous innovation strategies by incumbents[J]. *Industry and Innovation*, 2017, 24(3): 263-279.
- [25] 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(6): 138-149.
- [26] 张慧, 谷勇杰, 饶湖广. 创新合作伙伴资源异质性对创新绩效的影响研究——基于系统动力学的建模与仿真[J]. *中南大学学报(社会科学版)*, 2020, 26(6): 130-138, 182.
- [27] 曹兴, 朱晶莹, 杨春白雪. 新兴技术创新网络“液化”机理及实证分析[J]. *科研管理*, 2022, 43(2): 55-64.
- [28] ISLAM N, GYOSHEV S, AMONA D. External complexities in discontinuous innovation-based R&D projects: Analysis of inter-firm collaborative partnerships that lead to abundance[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 155(6): 1-26.
- [29] CAPALDO A. Network structure and innovation: The leveraging of a dual network as a distinctive relational capability[J]. *Strategic Management Journal*, 2007, 28(6): 585-608.
- [30] 黄玮强, 庄新田, 姚爽. 基于动态知识互补的企业集群创新网络演化研究[J]. *科学学研究*, 2011, 29(10): 1557-1567.
- [31] JOSE A B. External linkages and technological innovation: Some topical issues[J]. *International Journal of Entrepreneurship & Innovation Management*, 2003, 3(1): 151-175.
- [32] KAMOLSOOK A, BADIR Y F, FRANK B. Consumers' switching to disruptive technology products: The roles of comparative economic value and technology type[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 140(3): 328-340.
- [33] Foster R N. Working the S-curve: Assessing technological threats[J]. *Research Management*, 1986, 29(4): 17-20.
- [34] LEE W S, HAN E J, SOHN S Y. Predicting the pattern of technology convergence using big-data technology on large-scale triadic patents[J]. *Technology Forecasting & Social Change*, 2015, 100(11): 317-329.
- [35] HANAKI N, NAKAJIMA R, OGURA Y. The dynamics of R&D network in the IT industry[J]. *Research Policy*, 2010, 39(3): 386-399.
- [36] 刘国巍. 产学研合作创新网络时空演化模型及实证研究——基于广西 2000—2013 年的专利数据分析[J]. *科学学与科学技术管理*, 2015, 36(4): 64-74.

- [37] 曹兴, 李文. 创新网络结构演化对技术生态位影响的实证分析[J]. 科学学研究, 2017, 35(5): 792-800.
- [38] 龙勇, 汪谷腾. 模块化组织知识共享对创新绩效影响机制的实证研究[J]. 管理工程学报, 2018, 32(3): 43-51.

## Research on the formation mechanism of emerging technological innovation network under discontinuous innovation: Case analysis based on cloud computing and smart phone technology

MA Hui<sup>1</sup>, CAO Xing<sup>1,2</sup>

- (1. Business School of Hunan First Normal University, Changsha 410205, China;  
2. Business School of Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** The development of emerging technologies has the characteristics of discontinuous innovation, which promotes the formation and evolution of emerging technology innovation networks. The paper, by combining the life cycle theory, analyzes the formation mechanism of discontinuous innovation of emerging technologies, and discloses the formation process of emerging technology innovation network under discontinuous innovation. The study selects cloud computing and smart phone technology as the research object, and by constructing emerging technology innovation network, respectively analyzes the positive effect and negative effect of discontinuous innovation on the formation of emerging technological innovation network. The study finds that the discontinuous innovation of emerging technologies has the characteristics of technological vertical leap brought by knowledge creation and technological level transition brought by knowledge integration, and presents two modes in the formation of emerging technology innovation network correspondingly: outward radiation from network center and inward infiltration from network edge. The study also finds that cloud computing technology is a major breakthrough in the existing technology with the characteristics of positive discontinuous innovation, while the cloud computing technology innovation network presents the characteristics of rapid growth, modular structure and unchanged center; and that smart phone technology reflects the cross-border integration of multiple technology fields and has the characteristics of reverse discontinuous innovation, while the technology innovation network of smart phone presents the characteristics of dynamic balance, structure centralization and center mutation.

**Key Words:** emerging technology; discontinuous innovation; innovation network

[编辑: 何彩章]