

产品创新与工艺创新协同发展分析 模型与方法研究

毕克新^{1,2}, 艾明晔¹, 李柏洲¹

(1. 哈尔滨工程大学经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;

2. 哈尔滨理工大学经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要: 本文从理论和实证两方面对产品创新与工艺创新协同发展问题进行了深入研究。系统分析和介绍了有关产品创新与工艺创新协同发展的匹配关系、策略选择等主要模型与方法, 对其研究视角和结论进行了总结。在此基础上, 运用文献计量法进一步阐述了产品创新与工艺创新协同发展分析方法研究的发展趋势。

关键词: 产品创新; 工艺创新; 协同发展; 技术创新; 分析模型与方法

中图分类号: F406.3 文献标识码: A

1 引言

技术创新是企业提高竞争力和获得竞争优势的主要源泉。产品创新和工艺创新是企业(特别是制造业企业)创新过程中的两个重要方面, 企业通过产品创新可以不断改善、更新产品、增加产品种类以及改善产品组合; 工艺创新可以改善生产工艺、优化生产过程进而得到高质量和低开发成本的产品, 产品创新和工艺创新的协调互动是影响一个企业创新成功的重要因素。Abernathy 和 Utterback 具有开创性的研究揭示了技术创新的动态演变规律, 随后的大量研究证明, 有效的产品和工艺协调创新对技术创新的成败起着关键的作用。美国与日本和德国就是两个不同的典型例子, 美国曾一度只重视产品创新而忽视工艺创新, 使美国在很多工业领域内失去竞争优势, 导致经济发展缓慢, 而日本和德国之所以能形成今天的经济竞争优势, 与它们注重产品创新和工艺创新的协同发展是密不可分^[1,2]。因此, 产品创新与工艺创新的协同发展与国家、产业和企业之间的竞争力及绩效之间的关系就成为近年来学术

界关注的焦点。

对产品创新与工艺创新协同发展的研究起步于 20 世纪 70 年代中期, 该领域的学者从多个角度、交叉多种理论、运用多种分析模型与方法对其进行了大量的研究, 丰富了产品创新、工艺创新和技术创新理论, 对实践也产生了一定的指导意义。学者们在关注对象和研究方法方面有所不同, 导致对该领域的相关研究出现了很多观点。本文分析该领域的相关研究成果、不足并探讨有价值的研究趋势, 以期为今后的研究提供借鉴, 促进产品创新和工艺创新管理理论的发展。

2 产品创新与工艺创新协同发展研究分类

总体上, 产品创新与工艺创新协同发展领域的研究主要关注于两大方面: 一方面, 产品创新与工艺创新在特定的条件下呈现出怎样的匹配关系; 另一方面, 特定的企业在特定的环境下如何选择合适的创新策略以获取最优的竞争绩效。本文按照上述线索将该领域的研究成果分为理论研究和实证研究两大类, 分类阐述自 1975-2007 年 33 年间中外学术期刊公开发表的有关产品创新和工艺创新协同发展研究工作的成果。理论研究主要运用技术生命周期理论、技术创新理论、博弈理论等理论基础, 结合逻辑推理、案例研究等研究方法分析企业在不同的条件下产品创新与工艺创新之间的协调匹配关系; 根据企业的特点及所处的环境选择有利于提升企业竞争优势和绩效的技术创新策略。实证研究主要运用

收稿日期: 2006-03-31; 修订日期: 2007-07-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70473019); 中国博士后基金资助项目(20060390221); 黑龙江省博士后基金资助项目(LBH-Z05069)

作者简介: 毕克新(1961-), 男(汉族), 黑龙江哈尔滨人, 哈尔滨工程大学经济管理学院教授, 哈尔滨理工大学经济管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 技术创新与管理。

统计分析的研究方法根据相关的理论框架,用大量 示。

的数据验证理论分析的结论。具体分类如表 1 所

表 1 产品创新与工艺创新协同发展的理论和模型分类

研究分类		提出或应用的模型	主要贡献	代表人物及提出时间	
理论研究	不同技术发展水平条件下	A-U 模型	提出企业创新类型和创新程度随技术生命周期变化的规律	Abernathy, Utterback, (1975, 1978)	
		ACK 跳跃矩阵模型	提出市场因素对技术创新过程具有重要作用	Abernathy(1983)	
		综合 A-U 模型	将市场创新、技术突变、产品生命周期、需求生命周期、不同国家的发展轨迹等因素纳入 A-U 模型	姚志坚(1999)	
	不同的行业中	逆向产品生命周期模型	提出服务行业的技术创新模型与制造业相反	Barras(1986)	
		工艺创新导向的产业持续创新模式	提出流程类产品的创新是以工艺创新为主的创新模式	陈伟(1994)、傅家骥(1998)、Linton(2007)	
		D-A-U 模型	提出需求拉动的产业链创新动态过程 A-U 模型	侯铁珊(2004)	
		改进的 A-U 模型	提出规模集约化的产业中产品创新和工艺创新呈现同方向增长	程源(2003)	
	不同的经济发展水平下	产品创新与工艺创新动态、关联模式	提出发展技术创新的动态刚好与 A-U 模型所描述的相反	吴晓波(1995)	
		“3F”模型、	提出发展中国家的模仿、提高、创新的技术创新模式	许庆瑞(2000)	
		中国制造业创新模式的三阶段模型	提出根据市场发展、产业规模和创新特点构建中国制造业的创新模式	古利平(2006)	
	产品创新与工艺创新的选择	不同的企业类型中	产品-工艺矩阵模型	提出企业本质特征决定了其产品和工艺结构及其创新选择策略	Hayes(1979)、Safizadeh(1996)
			组合创新模型	提出创新模式依企业的特点和实力而定	Kim(1992)、魏江(1998)、郭斌(1999)、许庆瑞(2000)、
		不同的产品特征下	博弈分析	分析市场需求及质量差异对企业创新战略选择产生的影响	A dner(2001)、Bandyopadhyay(2004)、Mantovani(2005)、Cohen(1987)、陈英(2003)
		不同的市场环境	专利竞赛模型、双寡头定价子博弈、两阶段确定性博弈、古诺竞争博弈	分析垄断或竞争情况下技术创新策略的选择	Gilbert(1982)、Reinganum(1983)、Eswaran(1996)、Boone(2000)、Rosenkranz(1996)、Yin(1998)
		不同的市场环境和产品特征下	古诺博弈和伯川德博弈、两阶段非合作博弈、逆向归纳博弈、双寡头垄断模型、	将产品的质量高低、消费需求差异等体现出产品差异的因素加入到不同的市场环境分析框架中,研究复杂情况下的创新策略的选择,更加接近现实	Bonanno(1998)、Filippini(2004)、Lin(2002)、Weiss(2003)、Rosenkranz(2003)、Petas(2005)
	实证研究	产品创新与工艺创新匹配关系实证	相关分析	分析产品创新、工艺创新与短期投资回报之间的循环模式关系;与企业绩效之间的关系;与企业产品生命周期之间的关系	Zif(1997)、Gopalakrishna(1999)、Damanpour(2001)、任峰(2003)
选择不同创新策略的影响因素实证		回归分析	分析企业选择不同创新策略的影响因素:企业规模、企业产品的创新水平和产品特征对企业的创新活动产生的影响	Kraft(1990)、Rouvinen(2002)、Rosa(2002)、Labeaga(2003)、Fritsch(2001)、Cohen(1996)、Arvanitis(1997)、Kotabe(1990)、Martiniz-Ros(2000)、	

3 产品创新与工艺创新协同发展理论研究

产品创新和工艺创新是技术创新的两种重要方式,在企业进行技术创新活动时这两种创新活动如何协调匹配、在不同的条件下具体采用何种创新策

略是该领域学者们关注的焦点。本文将该领域的理论研究分为产品创新与工艺创新的匹配研究和产品创新与工艺创新的选择研究两类,二者的匹配研究主要关注在不同的技术发展水平、行业及经济发展水平下产品创新和工艺创新的动态发展规律;二者

的选择研究主要关注企业在不同的条件下如何具体选择优先发展的技术创新策略以获取竞争力和最优绩效。

3.1 产品创新与工艺创新的匹配研究

3.1.1 不同的技术发展水平下二者的匹配研究

Abernathy 和 Utterback(1975) 分析了企业创新类型和创新程度随技术生命周期变化的规律, 提出了技术创新动态模型, 即 A-U 模型^[3], 开创了产品创新与工艺创新协同研究的先河。在他们 1978 年的著作中把 A-U 模型进行了完善, 把该模型按照技术生命周期分成三个阶段进行研究, 在技术发展初期即不稳定阶段, 产品创新率高于工艺创新率; 在过渡阶段, 产品创新率降低, 工艺创新率上升并超过产品创新率; 在稳定阶段, 产品创新率和工艺创新率都降低, 两者之间比率趋于平衡^[4]。A-U 模型反映了产品创新和工艺创新的互动过程, 二者互动始于主导设计的出现。如图 1 所示。

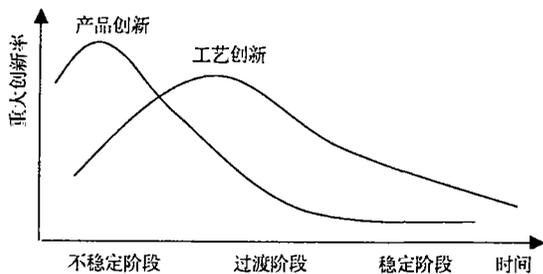


图 1 A-U 技术创新动态过程模型

A-U 模型是技术生命周期模型的进一步解释, 比较深刻地揭示了技术创新的动态规律性。在 A-U 模型的基础上, 学者们将更多的变量引入到 A-U 模型中。Abernathy(1983) 等人认为除了技术因素之外, 市场因素对技术创新过程也起到重要的作用, 提出了技术创新的 ACK 跳跃矩阵模型。Utterback(1994) 指出装配产品和非装配产品在创新模式上不同, 同时考虑技术的跨周期变化特点, 对 A-U 模型做出了改进。随后的学者将市场创新、技术突变、产品生命周期、需求生命周期、不同国家的发展轨迹等因素纳入了 A-U 模型, 超越了对产品创新和工艺创新两种创新分布的孤立研究^[5]。

3.1.2 不同行业中二者的匹配研究

随着该领域研究的深入, 学者们发现 A-U 模型并不是广泛适用的。一些学者指出 A-U 模型只适合单一技术驱动竞争的简单产品, 并且技术变化是周期循环的, 由于技术不成熟因素, 技术可能从某一阶段重新返回到不稳定阶段。技术创新发生在各个行业, 不同行业中的技术创新动态过程是否一致,

A-U 模型能否普遍适用于不同行业, 这是理论界关注的重点问题。学者们试图寻找不同行业之间的产品创新和工艺创新协同发展的特点。Barras(1986) 指出, A-U 模型只适合于制造业, 服务业有着不同的模式, 在某些服务业中(银行业、保险业、会计服务、公共管理服务等), 产生新服务的产品创新从属于改进效率的工艺创新, 提出了服务行业的逆向产品生命周期模型^[6]。

对于流程类和材料类的产品, 产品创新往往先发生, 但是创新强度往往低于装配类产品。随之而来的是产品创新强度持续下降, 而由于工艺技术的作用使得工艺创新强度持续上升, 表现出一种不同于 A-U 模型的工艺创新导向的产业持续创新模式^[7]。文献[8]通过对材料、食品、化学和纳米技术等流程类产品创新过程的案例分析后得出, 对于流程类的产品, 产品创新和工艺创新紧紧交织在一起, 在产品生命周期的任一阶段, 其制造流程中发生任何变动都会对最终产品的特征产生巨大变化^[8]。

国内外学者对不同行业的技术创新策略进行大量深入研究, 发现行业之间差别是引起 A-U 曲线形态差异的重要因素之一。结合这一研究成果, A-U 模型被学者做相应的改进, 在某一产业或行业中研究产品创新和工艺创新之间的互动关系。文献[9]结合中国制冷家电和纺织品服装成功跨越绿色壁垒的实践过程, 建立了“需求拉动的产业链创新动态过程 A-U 模型”(简称 D-A-U 模型), 分析由绿色壁垒所引致的中国出口产业链技术创新效应^[9]。程源等在对微电子行业 DRAM 市场演化的创新模式分析得出, 在规模集约化的产业中, 由于市场的激烈竞争, 主导设计是不断变化的, 产品创新和工艺创新呈现同方向增长趋势^[10]。

3.1.3 不同经济发展水平下二者匹配研究

随着研究的深入, A-U 模型在不同经济发展水平的国家中应用差别开始显现出来。由于 A-U 模型的提出是以发达国家的产业发展数据为依据, 因此 A-U 模型更适用于发达国家, 而不适用于发展中国家。吴晓波(1995) 认为, 发展中国家从发达国家引进技术后进行二次创新, 在二次创新中, 被引进的技术需要根据当地的条件进行改良与变革, 所以工艺创新的频率高。这样可以解决原来的产品在新产地生产的问题, 其次才发生根据新的生产与市场需要改进产品设计。也就是说, 在二次创新中, 技术创新的动态刚好与 A-U 模型所描述的相反^[11]。许庆瑞等(1998) 结合后发国家的产业创新

规律创建了“3-I”模型,即模仿、提高、创新(imitation, improvement, innovation)模型^[12]。从文献[11]和[12]得到启示,可以将企业的创新活动分为基于研究开发的技术创新模式和基于引进技术的技术创新模式两种,当与国外(或其他企业)的技术差距越大,创新活动就越可能符合“3I”模型;反之创新活动就越可能符合A-U模型。由于产业发展的起点不同、中国国内市场巨大以及素质不高而丰富的劳动力资源,使得中国制造业发展的创新模式与国外的有所不同。古利平等根据市场发展、产业规模和创新特点将中国制造业的创新模式分为产业基础形成阶段、产业快速发展阶段、产业创新升级阶段三个阶段,建立起中国制造业创新模式的三阶段模型^[13]。如图2所示。

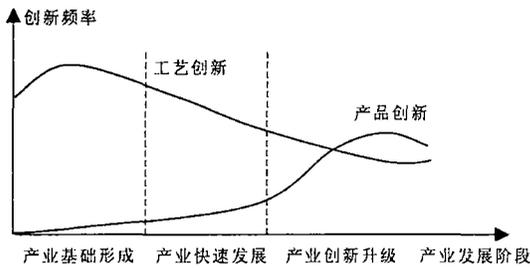


图2 中国制造业创新模式的三阶段模型

这一领域的研究主要是我国学者关注于在中国现实的技术发展阶段中,技术创新的动态演变规律。随着A-U模型在我国应用规律的研究,学者们深入探索出在我国现阶段的技术发展水平下的产品创新与工艺创新之间的匹配发展关系,进一步丰富了A-U模型的理论内涵。

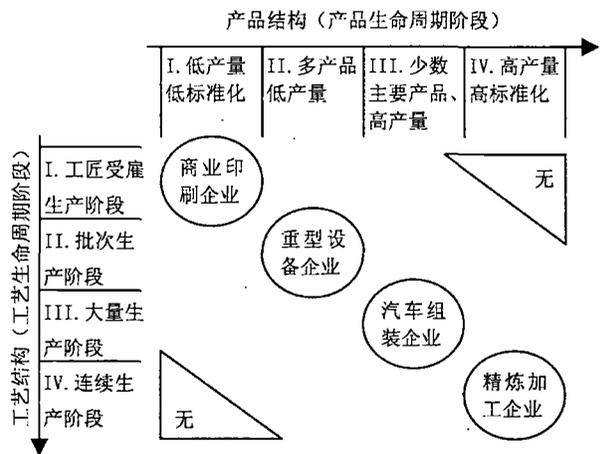
3.2 产品创新与工艺创新的选择研究

企业自身特点及其所处的环境影响者决策者选择技术创新策略,如何在特定的背景下选择产品创新与工艺创新的策略,进而获取竞争优势是这个方向的研究重点。在这个研究方向中,学者们将研究视角落在企业层面,从而使研究结果更具有针对性和实践上的指导意义。

3.2.1 不同的企业类型中二者的选择研究

技术创新是企业竞争优势的重要来源,而不同类型的企业获取竞争优势的途径是不同的。具体到某一个企业来说,产品创新和工艺创新策略选择受到企业所处的行业影响。Hayes和Wheelwright(1979)提出了产品创新和工艺创新的形式化关系模型,即产品-工艺矩阵概念模型。在该矩阵模型中,矩阵的纵轴表示工艺过程各主要阶段,矩阵的横轴表示产品生命周期各主要阶段,如图3所示。每个

企业都可以描述成矩阵中的某一特定位置,企业产品所处的产品生命周期阶段和企业产品工艺过程的选择同时决定了该企业在矩阵中的位置。如在商业印刷同类型企业中,产品按照客户需求来定规格,委托生产,这类企业采用工匠店生产方式,需要多种生产工艺技术,设备很少充分利用;而矩阵右下端的精炼加工业(糖、油精炼)同类型企业中,高专业化,资本密集,高产量,高标准化,产品采用连续的生产方式进行生产^[14]。在进行产品创新和工艺创新协同选择时,位于矩阵对角线左边的企业,应注重产品差异化,加快产品变革;位于矩阵对角线右边的企业,应减少产品改变,采取更稳定的产品策略;位于矩阵对角线上边的企业,应减少资本密集工艺,使其工艺过程更灵活;位于矩阵对角线下边的企业,应注重机械化、低沉本效率和刚性的工艺过程^[15]。该矩阵模型描述了不同的企业本质特征决定了其产品和工艺结构及其创新选择策略,进而为后续学者进一步研究企业类型和创新策略的关系奠定了理论基础。



Safizadeh(1996)研究了工艺选择和产品定制之间的关系,指出企业选择不同的生产过程会产生不同的竞争优势,当企业产品创新工艺创新不匹配时,企业绩效遭受损失^[16]。如大规模定制类型的企业,其真正的技术创新体现在加工和装配的过程中,生产过程中的工艺创新是这类企业技术创新的主要类型^[17]。

具体到企业层面,如何选择合适的创新策略才能获得企业的核心竞争力是学者们研究的重点问题。学者们提出当市场环境复杂、不确定、被限制时,采取产品创新与工艺创新组合的方式是最有效的创新方式^[18,1]。文献[19]提出了企业决策者如何选择产品创新工艺创新的合适比例。在无创新资源

约束条件下,当企业创新引入时的产品价格越高,企业趋向于通过工艺创新(而非产品创新)获取创新收益,企业进行工艺创新的动力越强^[20]。

魏江(1998)从产品创新能力和工艺创新能力协调提高的角度,对提高企业技术创新能力的途径进行了分析,指出企业根据自身技术能力和实力的特点,选择其技术创新能力提高的合理途径有三种:一是协同发展型,即同时着眼于企业产品创新能力和工艺创新能力的提高;二是工艺创新能力先导型,即先着力于提高企业工艺创新能力,当工艺创新水平上一新的台阶后,再着力于提高产品创新能力,进而实现两者的协调;三是产品创新能力先导型,先着力于提高企业产品创新能力,当产品创新水平上一新台阶后,再着力于提高工艺创新能力^[21]。郭斌(1999)通过对某企业进行案例分析后得出,产品创新与工艺创新之间存在明显的交互作用;工艺技术的演进轨道不仅由技术因素所决定,还受到新工艺技术的采纳成本等经济因素制约;并且产品平台与工艺平台的交互作用存在不同的关联模式^[22]。

3.2.2 不同的产品特征下二者的选择研究

市场需求差异会对企业创新战略选择产生影响,企业可以采取产品创新为主、工艺创新为主和产品创新与工艺创新组合创新为主的不同创新策略^[23]。当产品需求富有弹性时,因成本降低会给企业带来巨大的利润,将促使公司从事工艺创新;反之,因需求增加而带来巨大利润,将促使公司从事产品创新^[24,25]。在离散消费者类型的垂直差异化垄断市场中,创新成本、不同的消费者类型分类对产品创新和工艺创新互补性的影响。当消费者需求多样性不重要时,在市场完全覆盖范围内更有可能进行单独的工艺创新。这个结论符合发展中国家的经验^[26]。当产品同质时,企业更倾向于同时进行产品创新和工艺创新^[27]。

产品复杂程度和工艺复杂程度会影响企业的工艺创新和产品创新^[28],产品差异与工艺创新动机之间存在着非线性关系,并且当企业产品存在一定程度的差异时,企业规模对工艺创新起着重要的作用^[29]。Filson(2002)研究个人电脑行业企业研发费用和企业规模、利润的关系。运用曲线拟合分析,发现该行业20世纪70年代以产品创新为主,80年代中期产品创新比率下降,而90年代中期产品创新比率再次上升。大企业倾向于选择工艺创新,小企业则倾向于选择产品创新^[30]。

3.2.3 不同的市场环境下二者的选择研究

一个企业的技术创新策略往往受到其他同类企业的影响,那么在竞争或垄断的市场条件下,企业的技术创新策略是否相同、如何选择最优的创新策略是这个领域学者们关注的重点。文献[31]表明企业的创新活动与竞争状况有关:产品竞争不激烈时,产品创新和工艺创新明显较少;当产品竞争不太激烈时,产品创新和工艺创新活跃,产品创新频率明显加快;当企业产品竞争过于激烈时,工艺创新就摆在企业发展的最优先的位置。

市场竞争条件下企业如何选择产品创新和工艺创新是学者们运用博弈模型研究的重点领域。这类研究关注于当一个企业(也可能是企业内部的产品研发部门或工艺研发部门)的产品创新和工艺创新的选择受到其他企业(企业内部的工艺研发部门或产品研发部门)的影响,并反过来影响其他企业(企业内部的工艺研发部门或产品研发部门)产品创新和工艺创新选择时的决策问题和均衡问题。

一些学者运用专利竞赛博弈分析模型从优先权和持续垄断力量方面探讨了不同规模企业创新策略的选择。Gilbert(1982)利用博弈分析指出在小公司(进入者)拥有新产品专利之前,大公司(在位者)垄断利润高于行业的利润,因而倾向于工艺创新^[32]。Reinganum(1983)提出了一个类似于文献[32]模型的不确定工艺创新博弈分析模型,指出大公司在产品创新方面投入较少,赢得专利竞赛机会较少^[33]。Eswaran(1996)考虑没有竞争者进一步进入企业,从专利竞赛博弈的角度,运用双寡头定价子博弈研究了在政府不干预情况下市场均衡时产品创新和工艺创新的选择,以及专利政策如何使企业技术改变朝着更有效的产品-工艺创新组合^[34]。

Boone(2000)通过两阶段确定性博弈分析方法研究了竞争压力对企业投资产品创新与工艺创新的影响。指出加大竞争压力会提高行业内工艺创新投资,但却减少了行业内产品创新投资^[35]。Rosenkranz(1996)分析了古诺竞争下产品创新和工艺创新的选择问题^[36]。但他们所创建的博弈分析模型都不考虑产品创新和工艺创新之间的相互影响关系。当企业面临存在限制进入市场障碍、没有信息外溢以及生产同质产品的条件下,Yin(1998)创建生产多个产品公司的双寡头垄断模型,运用古诺竞争博弈分析了企业规模如何决定企业产品创新和工艺创新的选择,研究结果显示大公司倾向于工艺创新,小公司更倾向于产品创新^[37]。

3.2.4 不同的市场环境下和产品特征下二者的选

择研究

学者们发现,在竞争条件下产品的差异化是企业进行产品创新和工艺创新策略选择的重要影响因素之一,将产品的质量高低、消费需求差异等体现出产品差异的因素加入到不同的市场环境分析框架中,得到了进一步的研究成果。

Bonann(1998)建立了仅有一个垄断者有创新机会的垂直产品差异化的模型,分析了在古诺博弈和伯川德博弈下企业产品创新和工艺创新的选择。他们发现竞争激烈时,生产高质量产品的公司将选择产品创新,生产低质量产品的公司选择工艺创新。在竞争不激烈的时候恰好相反^[38]。Filippini(2004)扩展了文献[38]中垂直产品差异化模型,加入了垄断竞争者可以同时决定采取创新活动这一条件。在两种竞争机制下,出现了两类均衡结果:一是两种对称的均衡结果,生产低质量产品和生产高质量产品的公司选择同种类型的创新(产品创新或工艺创新);二是一种不对称的均衡,生产高质量产品的公司选择产品创新,生产低质量产品的公司选择工艺创新^[39]。Lin(2002)研究了差异化产品的产品创新和工艺创新的关系,对比了不同市场竞争模式下产品创新和工艺创新的选择。运用三阶段博弈分析指出:在伯川德竞争条件下企业倾向于选择产品创新;在古诺竞争条件下企业倾向于选择工艺创新;在伯川德竞争和古诺竞争条件下,企业不能进行工艺创新,能够进行工艺创新时产品创新投入将大幅增加。企业之间进行半合作(只有产品创新合作)会促进产品创新和工艺创新的共同发展,而企业之间进行全面合作(产品创新合作和工艺创新合作)则相反^[40]。

在产品差异化市场中,竞争程度对企业创新决策的影响。Weiss(2003)运用两阶段非合作博弈分析表明,在激烈竞争条件下,企业(生产近似替代产品)偏好产品创新;在竞争不激烈条件下,企业(生产差异化产品)偏好工艺创新。Rosenkranz(2003)创建了消费者有产品多样化偏好的双寡头垄断的两阶段博弈模型。进行了完全信息下的两阶段博弈分析,运用逆向归纳博弈分析方法,总结出消费者如果有产品多样化的偏好,在产品创新和工艺创新研发效率相似时,将促使公司增加产品创新上的投入。当市场需要一种新的不被确定的技术并且潜在市场巨大时,企业产品创新就会变得突出;当产品性能标准化、价格成为重要影响企业成功因素时,创新的重点就从产品创新转移到了工艺创新^[41]。Petsas(2005)建立了生产差异化产品的双寡头垄断模型,

研究两个企业进行古诺竞争时,企业规模对工艺创新和产品创新研发选择的影响。研究表明,在既定的产品研发体制下,随着企业将更多的努力投入到产品创新上,企业从产品创新转移到工艺创新的动机增强;如果企业处在工艺研发体制下,企业将无限期地进行工艺研发^[42]。

纵观这一领域的研究,学者们试图找到不同类型企业在不同的环境中如何获取技术创新带来的最优绩效。产品创新和工艺创新并不是孤立发展的,而是根据特定的条件协同组合发展才能为企业带来最优绩效,这一节的理论研究和3.1节的匹配研究结论是相吻合的。二者的匹配研究视角较为宏观,是在技术、产业及国家层面,研究结论多为技术创新发展的动态规律性的结论;二者选择研究视角一般落在企业层面,具有很强的实践指导意义。

4 产品创新与工艺创新协同发展实证研究

在产品创新和工艺创新协同发展的理论研究进展到一定程度之后,学者们试图从实证研究验证上述理论,并且在实证研究中进一步发展了产品创新与工艺创新的协同发展理论。具体地,实证研究方法主要集中在相关分析和回归分析两种统计方法:学者们应用相关分析方法主要分析产品创新及工艺创新与企业发展阶段之间的匹配关系问题;应用回归方法主要分析企业选择不同的创新策略的影响因素,如企业类型、企业规模、所处行业等因素与创新策略选择之间的关系。

4.1 产品创新和工艺创新匹配关系的实证研究

Zif(1997)根据2018个从事研发活动的企业数据,运用相关分析建立了产品创新、工艺创新和短期投资回报之间的循环模式关系。他们发现随着研发投入的增加,工艺创新在研发投入中所占比重呈下降趋势,产品创新研发投入比重呈上升趋势。但是创新具有滞后作用,产品创新和工艺创新在两年之后才能对投资回报产生影响。在研发低水平阶段(研发投入占企业收入比率在0.25%~1%之间)和研发高水平阶段(研发投入占企业收入比率高于3%),产品创新与企业收益负相关,与工艺创新正相关,企业应该把创新重点放在工艺创新上;在研发中等水平阶段(研发投入占企业收入比率在1%~3%之间),产品创新与企业收益正相关,与工艺创新负相关,这时企业就把重点放在产品创新上^[43]。

Gopalakrishnan(1999)从知识维度研究了产品创新和工艺创新的特征。采用美国商业银行数据,

应用相关分析,得出与产品创新相比,工艺创新的系统性和综合性更高,动力源自内部,需要投入更多的经费,效率更高^[44]。Damapour 和 Gopalakrishnan 合作继续上述研究,使用美国 1982 年到 1993 年间 101 个商业银行样本数据,运用相关分析研究了企业采取产品创新和工艺创新的动态性。他们的研究结果表明,产品创新被采用和工艺创新被采用之间正相关,产品创新以更高比率被采用;产品创新为主工艺创新为辅模式比工艺创新为主产品创新为辅模式更适合企业,高绩效银行比低绩效银行更喜欢采用产品创新为主工艺创新为辅^[45]。

任峰(2003)以我国国有企业为样本,通过问卷调查并对数据进行相关分析,分析了产品创新、工艺创新、财力限制三个变量在企业产品生命周期的四个不同阶段对企业创新策略的影响。分析得出:在产品成熟期进行创新的企业相对于在成长期的企业而言,其产品创新的力度明显降低;在产品衰退期进行创新的企业相对于在成熟期的企业而言,其工艺创新的力度明显降低。在一个完整的产品生命周期中,我国国有企业产品创新的程度始终大于工艺创新,企业的成长期是创新的重点阶段。在企业的成熟期,财力限制因素是企业创新活动低下的原因^[46]。

4.2 选择产品创新或工艺创新影响因素的实证研究

Kraft(1990)通过 56 家德国中等规模金属加工制造企业数据,采用回归分析指出影响产品创新和工艺创新的主要因素包括:市场结构,进入障碍,出口份额,用于创新的现金流量,资本所有权结构,员工素质等。进一步指出影响产品创新和工艺创新的因素是不一样的,产品创新会促进工艺创新,反之则不然^[47]。Rouvinen(2002)采用公共创新调查数据,运用双变量概率回归分析方法,分析了芬兰制造业企业产品创新和工艺创新特征,总结出产品创新与工艺创新各自取决于不同因素,应该把产品创新和工艺创新单独进行研究。工艺创新受益于资本物化的技术,而产品创新要求非物化的技术^[48]。在服务行业中,产品创新一般出现在技术服务业企业,工艺创新受制于公司弹性、专利技术、内部管理以及来自于咨询公司的信息,而通信、金融行业大公司一般采用产品创新和工艺创新相结合模式^[49]。

一些学者采用统计分析方法研究了企业规模、企业产品的创新水平和产品特征如何对企业的创新活动产生影响。为了找到企业的创新活动和企业规

模之间的关系,国外的许多学者运用回归模型,得出产品创新和工艺创新具有很强的互补性^[50]。相对产品创新而言,工艺创新与企业规模相关性更大^[51]。大多数行业中随着企业规模的扩大,企业中的工艺创新所占比重会逐步增大。但比起产品创新,工艺创新对市场的可转移性较低,对刺激企业成长作用不大。Arvanitis(1997)以瑞士制造业企业 1991 至 1993 年间的创新活动为样本,分别用研发费用、创新总支出、取得的专利数、实施的项目数、创新的技术收入、创新的经济收入作为产品创新和工艺创新的度量指标,采用 Tobit 回归分析方法,研究了公司规模对创新活动的影响后指出小公司通常在保护相对较好的小环境中不断对产品和工艺进行小改进;大公司在国际大环境和没有价格竞争的环境下,创造新产品,引进新工艺^[52]。工艺创新对市场绩效的影响主要取决于产品创新水平,这是 Kotabe(1990)运用回归分析得到的结论:企业产品创新水平相对较高时,将会在工艺创新方面给予更多的投入,从而获得更大的市场绩效。企业产品创新是必要的,但市场绩效并不完全取决于产品创新,还要注重工艺创新^[53]。Martiniz-Ros(2000)采用 1990-1993 年间西班牙生产制造企业数据用随机效果概率模型,分析了外在变量对创新活动的影响和产品创新与工艺创新之间的相互影响关系。他们的研究结果表明产品创新和工艺创新有着密切的关系,决策者的能力和经验对决定创新类型选择有重要影响。不同的产品需求类型的企业创新活动是不同的:产品需求缺乏弹性的企业偏好工艺创新,而产品需求富有弹性的企业则偏好产品创新,产品创新和工艺创新在一定程度上是互补的^[54]。

5 研究发展趋势

为了更好地论述该领域的研究发展趋势,本文利用文献计量法统计了 1975—2007 年 7 月的 33 年间国内外产品创新与工艺创新协同发展研究领域发表的论文,试图通过回溯分析揭示 33 年来该领域研究的发展轨迹、研究路线、学术成果及存在相关问题,以对其发展作出展望。

鉴于该学术领域研究成果主要公开发表在相应类别的学术期刊上,在此为获得具有代表性的数据,本文分别检索了相应领域的中文和英文数据库。中文文献检索利用 CNKI、维普和万方数据资源系统,检索了 1989—2007 年 7 月间的中国学术成果,检索词“工艺创新、产品创新、A-U 模型”。英文文献检

索利用 Elsevier 数据库(Business, management and accounting 子库)和 Ebosco (数据库 Business Source Premier 和 Academic Source Premier 子库)系统,检索了 1975—2007 年 7 月间的英文学术成果,检索词“process innovation, product innovation, Complementarity”,为获得相关度较高的文献,本文利用以上检索词对题名和关键词进行了循环组合检索,对检索结果筛选去重后共获得中文文献 16 篇,英文文献 38 篇,共 54 篇文献作为文献计量分析的依据。具体的发表时间、篇数及研究焦点

表 2 33 年间产品创新与工艺创新协同研究的文献计量统计

发表时间	篇数		研究重心	
	国内	国外	国内	国外
1975, 1980		2		A-U 模型
1990		2		全球化竞争条件下,二者的匹配关系
1994		1		产品生命周期中二者的匹配关系
1995		4		企业选择的最优动态政策;特定条件(进口和 FDI)下二者的选择策略
1997		1		消费视角下的二者选择策略
1998		4		企业规模、产品差异对选择二者的影响
1999	2	6	研究刚刚起步,匹配关系	实证研究选择二者的影响因素;特定条件(知识、市场因素、知识产权等)下的二者选择策略
2000	1	2	知识与 A-U 模型	竞争环境下二者的博弈;某一特定行业中二者的协同
2001	2	3	A-U 模型与产业发展	企业规模、产品差异化、技术演化对二者的协同影响;企业的动态选择政策
2002	2	3	在生命周期中二者的匹配;特定行业(大规模定制)中二者的匹配	特定行业(计算机)的生命周期中二者的匹配;二者协同发展对就业的影响;
2003	3	2	创新过程的匹配关系;特定行业(微电子、钢铁)分析	复杂条件下(竞争环境下、产品差异化、具有消费偏好)二者的博弈分析
2004	4	2	特定行业(微电子、钢铁)分析;市场结构对二者匹配的影响	特定行业(食品加工业)分析
2006	2	5	微观角度下二者协同博弈;特定行业(制造业)分析	复杂条件下(竞争导致的不连续创新、垄断行业)二者的博弈分析;特定行业(银行、制造业、生物制药等)分析;二者的溢出效应比较
2007		1		流程类产品(如新材料纳米技术等)二者的匹配关系

研究重心集中在特定行业、复杂条件下二者的协同关系研究方面,并且该领域的研究范围在逐渐扩展,如就业问题、贸易及壁垒问题与技术创新策略的关系也逐渐成为学术界的关注焦点。相比较而言,我国在该领域的研究比国外晚得多,从表 2 中可以看出,在 2002 年以前我国学者在该领域的研究属于起步阶段,2002 年以后国内的研究重心与国外的主流研究逐渐接轨,从研究二者的一般匹配关系转移到研究二者在特定条件下的匹配与选择。

该领域的研究成果为后续的研究者提供了丰富的理论基础和借鉴依据,但是也存在一些不足之处,如学术界对产品创新与工艺创新相互影响、相互促进的协同关系并未展开系统而深入的研究;企业选

择产品创新与工艺创新的策略机制研究还非常少;

我国在该领域的实证研究非常少。随着科学技术水平的进一步发展与提高,产品创新与工艺创新的方式也随之发生了巨大变化,这种巨大变化必然导致产品创新与工艺创新协同发展呈现出新的规律与特点,出现了许多前辈学者所无法预料的问题,需要找到合适的理论支持和解释,这也为后续研究者提供了非常丰富的理论研究空间。具体来说,该领域的研究发展趋势在以下方面得到体现:

(1) 特定行业中特定条件下二者协同的理论和实证研究

不同行业的技术创新动态模式不同,这个观点已经得到学术界的认可。从表 2 中近 5 年的国内外

文献来看,研究特定行业的二者协同模式是该领域研究的主流。如在现实的复杂经济环境(如跨国经营、网络创新等)中,具体某一行业的二者的匹配关系是否会改变、如何改变是理论界和实践者关心的热点问题,是需要通过理论研究和实证研究解决的现实问题。

(2) 新型组织形式下的二者协同研究

国内外学者对产品创新与工艺创新协同发展问题的研究,主要针对的是传统的制造业企业,对于知识经济下企业产品创新与工艺创新协同发展问题的研究还很少。知识经济下,现代企业在生产方式、管理模式、制造工艺、信息技术水平、技术创新等方面与传统制造业企业存在很大区别。现代企业更加注重技术创新,特别是产品创新与工艺创新的协同发展,它更加强调“和谐发展”。在新型的企业中产品创新与工艺创新表现出怎样的协同关系;企业决策者怎样选择合适的创新策略是在现代新型企业出现后需要我们解决的新问题。

(3) 创新策略的选择机制研究

研究产品创新和工艺创新的协同发展的一个重要目的就是找到企业如何选择合适的创新策略以增加竞争力的途径。从前文分析可以看出,博弈分析方法和统计分析方法是研究选择技术创新策略比较常用的分析方法。然而,一方面,国内外学者对产品创新与工艺创新协同发展问题的博弈分析方法主要是非合作博弈。由于非合作博弈偏向对竞争的研究,其结果可能是有效率的,也可能是无效率的;另一方面,由于产品创新与工艺创新不能准确、直接地测量,必须用一些外显的指标来反映,而传统的统计分析方法不能同时妥善处理产品创新与工艺创新及其指标。基于此本文认为,由于产品创新与工艺创新协同发展问题偏向于合作研究,采用合作博弈分析方法研究产品创新与工艺创新协同发展问题是比较科学合理的。此外,由于结构方程模型(SEM)具有同时处理多个因变量和估计整个模型的拟合程度等特点,因此采用 SEM 研究产品创新与工艺创新协同发展的机制研究也是未来的研究工具。

(4) 产品创新和工艺创新协同发展机制研究

随着知识经济的出现,知识创新成为技术创新的主导,产品创新、工艺创新、市场创新实质上将统一于知识创新,三者的界限逐渐模糊,由此产生了创新界面管理的概念[5]。在一些行业中产品创新与工艺创新将越来越难辨识。同时,产品创新与工艺创新的完成,已经跨越了企业内部的一个部门或多

个部门,形成了由不同国家或不同地区的不同企业来完成的分工格局。这种合作创新使创新资源在更大的范围内实现了优化配置,从而使产品创新与工艺创新的协同发展扩大到了多个企业之间,也就形成了产品创新与工艺创新协同发展复杂化的发展趋势。如全面创新管理(TIM)理论,其中的关键内容就是要实现组织中各种创新的有机组合与协同创新。而作为技术创新中的两个重要部分,产品创新与工艺创新的协同效应也应引起足够的重视。从系统科学的角度出发,产品创新与工艺创新之间存在着竞争与合作的关系,产品创新与工艺创新协同发展必将呈现出协同集成化的发展趋势。对于企业来说,为实现产品创新与工艺创新的协同发展,如何优化配置各种创新资源,以及如何使产品创新与工艺创新实现优势互补,是学术界和理论界面临的新问题。

注释 :国内的这 3 个数据库收录的最早文献是 1989 年

注释 :国外的这 2 个数据库收录的最早文献是 1975 年

注释 :文中所引用文献不仅仅是这些范围,检索范围比该范围要宽泛得多

参考文献:

[1] 郭斌,许庆瑞.企业组合创新研究[J].科学学研究,1997,15(1):12-18.

[2] James M. Utterback, William J. Abernathy. MIT Commission on Industrial Productivity. Regaining the Productivity edge[M]. MIT Press, 1989.

[3] James M. Utterback, William J. Abernathy. A dynamic model of product and process innovation[J]. Omega, 1975, 3(6): 639- 656.

[4] William J. Abernathy, James M. Utterback. Patterns of industrial innovation[J]. Technology Review, 1978, 80(7): 40- 47.

[5] 姚志坚,吴翰,程军.技术创新 A? U 模型研究进展及展望[J].科研管理,1999,20(4):8-14.

[6] Richard Barras. Towards a theory of innovation in services[J]. Research Policy, 1986, 15(4): 161- 173.

[7] James M. Utterback, Mastering the Dynamics of Innovation[M]. Harvard Business School Press, Boston, MA, 1994.

[8] J. D. Linton, S. T. Walsh, A theory of innovation for process-based innovations such as nanotechnology[J]. Technol. Forecast. Soc. Change, 2007(in press)

[9] 侯铁珊,苏振东.绿色壁垒引致出口产业链技术创新效

- 应研究[J]. 科学性研究, 2004, 22(4): 376- 381
- [10] 程源, 杨湘玉. 微电子产业演化创新模式的分布规律—改进的 A-U 模型[J]. 科研管理, 2003, 24(3): 19- 24.
- [11] 吴晓波. 二次创新的进化过程[J]. 科研管理, 1995, 16(2): 27- 35.
- [12] Qingrui Xu, Jin chen, Bin Guo. Perspective of technological innovation and technology management in china [J]. IEEE Transactions of Engineering Management, 1998, 45(4): 381- 387.
- [13] 古利平, 张宗益. 中国制造业的产业发展和创新模式 [J]. 科学学研究, 2006, 24(2): 202- 206.
- [14] Robert H. Hayes, Steven C. Wheelwright. Link manufacturing process and product life cycle [J]. Harvard Business Review, 1979, 57(1): 133- 140.
- [15] Robert H. Hayes, Steven C. Wheelwright. The dynamic of process- product life cycles [J]. Harvard Business Review, 1979, 57(2): 127- 136.
- [16] M. Hossein Safizadeh, Larry P. Ritzman, Deven Sharma, Craig Wood. An empirical analysis of the product - process matrix [J]. Management Science, 1996, 42(11): 1576- 1591.
- [17] 方爱华, 王洪清. 大规模定制模式下的产品创新与工艺创新的轻重关系 [J]. 科技进步与对策, 2002, (4): 11- 13.
- [18] Jay S. Kim, Larry P. Ritzman, W. C. Benton, David L. Snyder. Linking product planning and process design decision [J]. Decision Sciences, 1992, 23(1): 44 - 60.
- [19] Sriraman Bhoovaraghavan, Ashok Vasudevan, Rajan Chandran. Resolving the process vs. product dilemma: a consumer choice theoretic approach [J]. Management Science, 1996, 42(2): 232- 246.
- [20] 郭斌. 基于核心能力的企业组合创新理论与实证研究 [D]. 浙江大学博士学位论文, 1998: 81- 88.
- [21] 魏江, 吴光汉. 提高自主技术创新能力的途径选择 [J]. 科研管理, 1998, 19(3): 38- 42.
- [22] 郭斌. 企业产品创新与工艺创新的交互过程及模式研究 [J]. 科技管理研究, 1999, (6): 51- 55.
- [23] Ron Adner, Daniel Levinthal. Demand heterogeneity and technology evolution: implications for product and process innovation [J]. Management science, 2001, 47(5): 611- 628.
- [24] Wesley M. Cohen, Richard C. Levin, David C. Mowery. Firm size and R&D intensity: a re-examination [J]. The Journal of Industrial Economics, 1987, 35(4): 543- 565.
- [25] 陈英. 技术创新的二重经济效应与企业的技术选择 [J]. 南开经济研究, 2003, (3): 41- 44.
- [26] Swapnendu Bandyopadhyay, Rajat Acharyya. Process and product innovation: complementarity in a vertically differentiated monopoly with discrete consumer types [J]. The Japanese Economic Review, 2004, 55(2): 175- 200.
- [27] Andrea Mantovani. Complementarity between product and process innovation in a monopoly setting [D]. CORE, Universit  Catholique de Louvain, 2005: 4- 18.
- [28] Peter M. Milling, Joachim Stumpfe. Product and process innovation - - A system dynamics - based analysis of the interdependencies [C]. Proceedings of the 18th International Conference of the System Dynamics Society, 2000.
- [29] Rafael LLorca Vivero. Product differentiation and process R&D: the trade- off between quality and productivity in the Spanish firm [J]. Journal of Industry, Competition and Trade, 2001, 1(2): 181- 202.
- [30] Darren Filson. Product and process innovations in the life cycle of an industry [J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2002, 49: 97- 112.
- [31] 叶谦, 张子刚. 产品创新和工艺创新的路径选择——来自一个钢铁公司技术创新的研究 [J]. 科技进步与对策, 2003, (1): 81- 83.
- [32] Richard J. Penlesky, Mark D. Treleven. The product - process matrix brought to life [J]. Decision Sciences Journal of Innovative Education, 2005, 3(2): 347- 355.
- [33] Jennifer F. Reinganum. Uncertain innovation and the persistence of monopoly [J]. American Economic Review, 1983, 73(4): 741- 748.
- [34] Mukesh Eswaran, Nancy Gallini. Patent policy and the direction of technological change [J]. RAND Journal of Economics, 1996, 27(4): 722- 746.
- [35] Jan Boone. Competitive pressure: the effects on investments in product and process innovation [J]. RAND Journal of Economics, 2000, 31(3): 549- 569.
- [36] Stephsnie Rosenkranz. Simultaneous choice of process and product innovation [D]. Discussion Paper, CEPR London, 1996: 1321.
- [37] Xiangkang Yin, Ehud Zuscovitch. Is firm size conducive to R&D choice? A strategic analysis of product and process innovations [J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 1998, 35(2): 243- 262.
- [38] Giacomo Bonanm, Barry Haworth. Intensity of competition and the choice between product and process innovation [J]. International Journal of Industrial Organiza-

- tion, 1998, 16: 495– 510.
- [39] Luigi Filippini, Gianmaria Martini. Vertical differentiation and innovation adoption[Z]. Mimeo, 2004: 5– 25.
- [40] Ping Lin, Kamal Saggi. Product differentiation, process R&D, and the nature of market competition [J]. *European Economic Review*, 2002, 46: 201– 211.
- [41] Stephanie Rosenkranz. Simultaneous choice of process and product innovation when consumers have a preference for product variety[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2003, 50(2): 183– 201.
- [42] Iordanis Petsas, Christos Giannikos. Process versus Product Innovation in Multiproduct Firms[J]. *International Journal of Business and Economics*, 2005, 4(3): 231– 248.
- [43] Jehiel Zif, Daniel J. MaCarthy. The R&D Cycle: the influence of product and process R&D on Short-term ROI[J]. *IEEE Transaction on Engineering Management*, 1997, 44(2): 114– 123.
- [44] Shanthi Gopalakrishnan, Paul Bierly, Eric H. Kessler. A reexamination of product and process innovations using a knowledge-based view[J]. *The Journal of High Technology Management Research*, 1999, 10(1): 147– 166.
- [45] Fariborz Damanpour, Shanthi Gopalakrishnan. The dynamics of the adoption of product and process innovations in organizations[J]. *Journal of Management Studies*, 2001, 38: 45– 65.
- [46] 任峰, 李垣, 赵更申. 产品生命周期对技术创新影响的实证研究[J]. *科研管理*, 2003, 24(3): 13– 18.
- [47] Kornelius Kraft. Are product and process innovations independent of each other? [J]. *Applied Economics*, 1990, 22: 1029– 1038.
- [48] Petri Rouvinen. Characteristics of product and process innovators: some evidence from the Finnish innovation survey[J]. *Applied Economics Letters*, 2002, 9: 575– 580.
- [49] Julio Miguel Rosa. Determinants of product and process innovation in Canada's dynamic service industries[R]. *Science, Innovation and Electronic Information Division Statistics Canada*, 2002.
- [50] José M. Labeaga, Ester Martínez Ros. Persistence and ability in the innovation decision[R]. *Business Economics, Series 1*, 2003.
- [51] Michael Fritsch, Monika Meschede. Product innovation, process innovation, and size[J]. *Review of Industrial Organization*, 2001, 19: 335– 350.
- [52] Spyros Arvanitis. The impact of firm size on innovative activity – an empirical analysis based on Swiss firm data[J]. *Small Business Economics*, 1997, 9: 473– 490.
- [53] Masaaki Kotabe, Janet Y. Murray. Linking product and process innovations and modes of international sourcing in global competition: a case of foreign multinational firms [J]. *Journal of International Business Studies*, 1990, 29(3): 383– 408.
- [54] Ester Martínez-Ros. Explaining the decision to carry out product and process innovations: the Spanish case [J]. *The Journal of High Technology Management Research*, 2000, 10(2): 223– 242.

The Classification Study on Analysis Models and Approaches of Synergy Development between Product Innovation and Process Innovation

BI Ke-xin^{1,2}, AI Ming-ye¹, LI Bai-zhou¹

(1. School of Economics & Management, Harbin University of Engineering, Harbin, 150001, China;

2. School of Economics & Management, Harbin University of Science And Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: The paper has deeply made the theoretic and empirical studies of synergy development between product innovation and process innovation. The thesis systematically analyzes and introduces some major models and approaches of matchment and selection between product innovation and process innovation, and summarizes the research perspectives and conclusion. By the use of bibliometrics method, the paper further illustrates the development trend of research approaches on synergy development between product innovation and process innovation.

Key words: product innovation; process innovation; synergy development; technology innovation; analysis models and approaches