

复杂产品系统创新动态性研究

司春林, 潘若东

(复旦大学 管理学院, 上海 200433)

摘 要:传统产品创新动态性理论不适用于复杂产品系统创新管理。基于对复杂产品系统性能和复杂性变化的分析,用跃迁型、渐进型、回归型描述复杂产品系统创新的动态发展过程,指出针对不同的创新动态模式,应采取不同的管理策略。

关键词:复杂产品系统; 产品创新; 创新动态性

中图分类号: F406.3

文献标识码: A

文章编号: 1001- 7348(2008)05- 0004- 04

0 引言

研究技术创新的动态性,有助于判断产品所处的生命周期阶段和整个产业的发展进程,从而指导企业技术创新的投入和相关战略的制定。批量产品的技术创新动态性可以用A-U模型描述,而复杂产品系统创新因其自身的特征,目前尚无合适的描述模型。本文在系统分析传统的创新动态性模型的基础上,指出其不适合复杂产品系统创新管理,提出了复杂产品系统创新动态性的分类方法。

1 传统创新动态性模型与复杂产品系统创新

1.1 传统产品创新动态性理论

Utterback与Abernathy在产品生命周期的基础上提出了主导设计的概念:在产品导入期,用户偏好不确定,难以选择准确的技术方法,大量企业带着各自的产品进入市场,以产品创新相互竞争。在用户对不同产品进行选择的过程中,企业不断改善产品,调整产品设计,逐渐形成主导设计。其后市场格局发生变化,不掌握主导设计的企业退出市场,行业中的企业数量衰减。主导设计的出现意味着产品创新频率开始下降,企业转向提高工艺创新的投入^[1]。如图1所示,产品和工艺的创新频率由流动阶段到过渡阶段至明晰(专门化)阶段沿不同的曲线变化,其交点即为主导设计的出现^[2]。主导设计连接不同的产业层级,是设计路径之间的竞争。主导设计的出现对产业中企业的生存具有重要的深远影响,在主导设计出现之前的进入者有较低的失败概率^[3-4]。

Anderson和Tushman认为,主导设计是对不连续性创

新进行选择的结果^[5]。技术变化是一个社会文化演进过程,包括变化、选择、坚持3个阶段。不连续性创新之后,经过渐进性创新,逐渐形成主导设计,主导设计将被下一次不连续性创新破坏。对工艺而言,不连续性创新是指促使产品成本或质量发生数量级变化的生产方式;对产品来讲,不连续性创新是指开发出根本不同的产品形式,使产品具有决定性的成本、绩效、质量优势。企业必须开发不同的核心能力来推动或应对技术变革,能够开展不连续性创新或快速与之响应,能够调整内外部组织网络关系以利于产业标准的开发。主导设计源于需求驱动的技术竞争,如果需求不足或技术竞争受阻,不连续性创新就未必会引发新的主导设计。

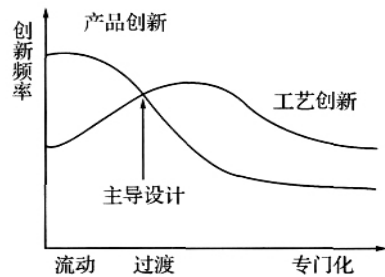


图1 A-U模型

虽然A-U模型存在一定的不足和适用性方面的局限,但它为我们理解产品创新与工艺创新之间的关系、创新和产业演化之间的关系提供了线索,而且还有着较强的政策含义^[6]。

1.2 复杂产品系统创新

复杂产品系统(Complex Product and Systems, CoPS)指高成本和工程密集型产品、系统、网络和设施,其产品结构、生产特性、市场结构、开发网络组织等具有不同于批量

收稿日期: 2007- 12- 10

作者简介: 司春林(1946~),男,复旦大学创业与创业投资研究中心主任,教授,管理科学与工程专业博士生导师,研究方向为创新与技术管理、创业与创业投资;潘若东(1976~),男,吉林松原人,复旦大学管理学院博士研究生,研究方向为技术创新与风险投资。

产品的独特性^[7-8]。由于CoPS产品具有结构精密、设计专门化等不同于批量产品的特性, 因而其生命周期不会沿着传统模式的轨迹发展^[9]。CoPS的投资决策往往要花费几个月甚至几年, 产品生命周期可能持续数十年。即使产品已经安装并投入使用, 只要控制功能、子系统和性能要求等方面发生变化, 其创新就会持续进行, 传统的产品创新生命周期模型不能解释CoPS这些存在于流动阶段的创新决定因素。Davies总结了复杂产品的演进与传统产品创新动态性模型的3点重要区别^[10]: 复杂产品系统产业不包括成熟阶段(企业提高能力增加产量降低单位成本), 产品的设计和集成具有单一性, 不会产生规模效应。在复杂产品系统行业中, 主导设计的出现并不表示产品创新频率的降低和创新进程的减缓, 组件技术和产品集成技术的创新会一直持续下去。复杂产品系统没有终结。复杂产品系统通常是大技术系统的元素或子系统, 会持续地升级、置换、调整等。

复杂产品系统的创新分布于各子系统、部件中, 很难区分产品创新和工艺创新的频率, 整个系统的创新频率也不会有明显的变化曲线。复杂产品系统的生产和创新相融合、创新和扩散相融合, 产品创新和工艺创新相互渗透或者交替出现。

由此可见, 传统产品创新动态性模型中对于研究对象和研究范围的界定与复杂产品系统有极大的不同。例如在传统模型中单个企业是主要的分析单元, 企业和市场是清晰定义的实体, 企业为创造市场和重新定义产业而竞争, 技术创新和扩散是独立的。根据传统模型, 产品和技术沿着由流动阶段到成熟阶段的轨道发展, 市场选择主导设计, 然后进行渐进性创新。以上这些特性在复杂产品系统创新中很难得到对应。复杂产品系统需要新的模型来描述其创新动态性。

2 复杂产品系统创新动态性模型

基于以上分析, 复杂产品系统创新的动态性不适合用产品创新和工艺创新的频率来描述。同时, 当前对复杂产品系统组织模式和创新过程的研究也没有涉及对其创新动态性的考察。本文采用系统绩效和系统复杂性两个维度来描述复杂产品系统创新的动态发展过程, 以期对复杂产品系统创新管理提供有益的参考。

系统绩效指系统完成任务的能力以及在便捷、舒适、安全等方面的性能。系统复杂性包括产品复杂性、技术复杂性和组织复杂性。产品复杂性指系统的结构层次、子系统和部件的数量、设计和生产的难度等特征; 技术复杂性指涉及技术领域的广度和技术的深度; 组织复杂性指生产过程涉及的组织数量以及组织间协调和学习的复杂程度。根据对系统绩效和复杂性变化的分析, 我们得到如图2所示的模型, 即复杂产品系统创新有3种路径选择: 跃迁型、渐进型和回归型。在这一框架下, 可以把对复杂产品系统关于组织模式、创新过程、创新环境等方面的研究进

行归类, 更好地指导今后的理论研究和管理工作。

首先是跃迁式发展(见图2中的曲线 I)。由于技术突破, 在政策的支持下, 新的性能更好的复杂产品系统取代原有系统, 如移动通信系统中由2G系统到3G系统的发展。

其次是渐进式发展(见图2中的曲线 II)。全球化进程给产品投放市场的周期带来越来越大的压力, 也使企业面临更多苛求的用户, 促使企业不断进行产品创新。随着科学知识和新技术范式的涌现, 产品性能更加完善, 产品复杂性也不断增加^[11]。在这一过程中, 产品创新更多地表现为结构创新和技术融合, 不同的企业和产业参与到系统和零部件的开发中来, 网络组织逐渐扩展, 组织关系变得日益复杂^[12]。随着时间的推移, 复杂产品系统变得更为庞大, 成本更高, 功能和技术更为精密。如涡轮喷气飞机引擎的持续性改进。

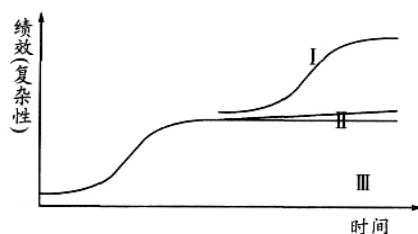


图2 复杂产品系统创新动态性模型

最后是回归式发展(见图2中的曲线 III)。它是复杂产品向批量产品和简单产品的转变。在复杂产品系统生产过程中, 企业通过内部投资, 加强与大学和专业供应商的联系, 正确把握技术的深度和宽度, 识别核心能力和外围能力^[13], 从而寻求简化机制和战略。通过对组织结构和手段的相应调整, 将某一职能或职能界面加以简化^[14], 来降低产品和组织的复杂性。通过标准化以前定制的部件来简化业务过程, 通过联盟和外包来简化组织过程, 以加快创新速度^[15]。联盟和外包虽然增加了网络成员的数量, 但使核心企业更集中于产品集成和业务过程, 在促进产品标准化的同时, 扩大了交流与学习的范围, 使组织关系和生产过程变得简单。CoPS企业在提升集成产品和服务能力的同时, 通过组织学习来开发新的过程、程序、路线, 构建新的部门或新的业务公司, 将从最初项目得到的知识转移到后续项目中去^[16]。随着社会经济的发展及近似或相同项目数量的增加, CoPS生产者能够从项目的共性中得到系统知识和管理能力两方面的积累, 逐渐获得重复经济, 进而使CoPS产品发展成为批量产品或标准产品, 获得规模经济。如现在我们称之为标准产品的汽车、一般建筑工程等都经历了这样的发展过程。

3 复杂产品系统创新动态性分析

在本部分, 我们将选择几种典型的复杂产品系统, 对其创新动态性进行分析, 进而指出在不同的动态发展模式下复杂产品系统创新管理的不同特点。

3.1 移动通信系统的跃迁式发展

第一代和第二代蜂窝移动电话以提供语音业务为主,

只满足各国及部分区域性漫游。其中,第二代数字系统自20世纪90年代开始发展,预计使用到2010年左右,将有4亿用户。从模拟系统向数字系统的发展属于渐进性创新。模拟系统和GSM系统具有相似的技术特征,共享相同的网络结构和基本组件,以相同方式接入固话网。

但由于第二代移动通信系统技术的局限性,存在着话音质量仍不理想、数据传输率低、频谱利用率不高等问题。因此,当前对第三代移动通信系统(俗称3G)的呼声越来越高。3G将提供世界范围内设计上的高度一致性、与固定网络各种业务的相互兼容、高服务质量、全球范围内使用的小终端,具有全球漫游能力、支持多媒体功能及广泛业务的终端。

第三代移动通信系统在许多方面都不同于第二代移动通信系统,因而它的引入将会对后者造成巨大的冲击。为了支持第三代移动通信所需的越区软切换,在基站控制器之间需增加GSM系统所不具备的RAN-RAN接口。除此之外,3G系统的真正商用还涉及到频段许可的购买、大量基础设施升级、软件开发和安装以及相应的巨额投资。

跃迁式的系统发展,将对整个产业产生深远的影响,也会影响到国家和地区的国际竞争力。在这种情况下,首先需要政策的有力支持,为新技术的发展创造适合的环境,集中各方面的力量,共同推动产业新技术的推广、新标准的确立与实施。对产业中的企业而言,其组织在具备渐进性创新能力的同时,要随时准备应对破坏性创新的挑战,需要根据对技术发展趋势的判断,尽可能使当前的系统具有更大的柔性,以与将来的系统对接或升级。在面对技术跃迁时,由于涉及到对既有系统的全面升级/置换,因而企业必须同其它企业建立不同形式的战略联盟,形成优势互补、风险分担机制。

3.2 航空发动机和智能大厦的渐进式发展

航空发动机虽然是飞行器的一个分系统,但其涉及的学科和技术领域之多几乎与整个飞行器相同,而且有些要求更高。航空发动机的设计技术包括总体、进气道、风扇/压气机、主燃烧室、涡轮、加力燃烧室、尾喷管 and 控制系统等众多部件和系统,相关的部门包括军方领导机关和科研机构、政府领导机关和科研部门、大学和发动机制造商。20世纪30年代出现的涡轮喷气飞机引擎,其最初的设计十分简单,仅有一个运动部分——涡轮压力器。但是,为了突破压力、速度、高度、温度等方面的限制,设计师增加了越来越多的子系统、控制单元、零件,现在的喷气式飞机引擎包括22 000个组成部分,其中大多数都是专门定制的。

智能建筑是将建筑、设备、服务和经营四要素各自优化、互相联系、全面综合并达到最佳组合,以获得高效率、高功能、高舒适与高安全的建筑物。由于智能建筑是多学科、多专业、多技术综合运用整体建筑产品,因而它的技术发展必须是多个行业、多个部门的综合协调的同步发展。智能化建筑技术不同于传统技术领域,它是新兴的高新技术领域,技术发展还不成熟完善,正处于极速变化中。

智能化建筑的发展可以分成3个阶段:6、7年前的智能建筑只有一些智能功能如消防自控,而其它方面的设备根本没有实现自控。4、5年以前的智能建筑基本具有楼宇、消防、保安等自控功能,以计算机为主控机,多采用集中控制方式和DOS操作系统,监视和控制多为简单模式,软件水平较低。近1、2年落成的智能建筑大部分都具有较完善的建筑设备自动化(BA)、通讯自动化(CA)和办公自动化(OA)系统,简称3A系统。这些系统多以计算机网络为基础,采用集散式或分布式控制,监视和控制采用精确方式,且有较先进的Windows、OS/2操作系统及中文图形方式界面,软件编程方便,面向对象。

不论是飞机发动机还是智能建筑,其整个系统都是在技术创新的推动下持续不断地向前发展的,以满足更高的系统需求。在系统性能逐步提高的同时,由于新的子系统、新型材料和技术的引入/升级,产品系统所涉及的企业数量增多,整个产品系统的创新管理、产品复杂性、不确定性以及风险均向更高级别发展。这种渐进式的发展,需要政府充分保护并利用该领域的成果,需要相关企业长期的数据和经验积累。美国就曾把航空发动机技术描绘成“一个技术精深得使一个新手难以进入的领域”。因此,产业的后进入者通常要经过引进—吸收—发展之路,需要增加资金和技术研发方面的投入。随着需求的多样化、专门化发展,复杂产品系统需要越来越多的个性化设计。应坚持从大系统、动态运行的角度进行产品和使用对象的系统分析,针对特定的具体需求,根据系统运行的状态,深入到特定细节的设计,贴近环境条件、用户能力、应用需要和管理的差异性。这种创新发展模式要求组织具有一定的研发能力,营造和发扬持续创新的价值文化,进行积极的探索性的组织学习。

3.3 轨道交通系统建设的标准化

轨道交通系统是一项复杂的系统工程,有21个系统,30个专业,400多个接口,涉及到大量参与企业。北京、上海、广州3个城市的轨道交通,正在以平均每年建成40~50km的速度向前发展。预计到2010年,北京和上海的城市轨道交通运营线路总长度将分别超过500km,广州也有接近300km的规模。届时,无论是在线路总长度方面,还是在客运量方面,这3个城市都将在世界上名列前茅。发达国家用了几十年甚至上百年时间所走过的路,我们必须用不到10年的时间去完成。因此,在城市轨道交通领域,我国所走的将是一条跨越式发展的道路,必须在短时间内迅速跨越与发达国家在政策、体制、规范、标准、技术和管理等方面的差距,迎头赶上甚至超越发达国家的水平。

目前轨道交通系统的主导设计基本稳定,产品创新多发生在子系统的改进、单体施工方法的优化等方面。因此,在轨道交通系统数量不断增加的情况下,无论是系统设计、工程建设,还是产品运营,都应该利用组织学习的累积效应进一步标准化、简单化,取得规模效应和效率。但我国的轨道交通建设仍然存在新技术推广跟不上、工程建设标

准跟不上、地方的经验不能转变为国家的经验等问题。以上问题说明,面对回归型的创新发展过程,各方面并没有采取针对性的措施来优化管理实践。这需要建设、设计、施工、运营、设备供应等企业综合考虑系统的建设、运营效率和效益,并以此为共同的价值目标,组织企业内、企业间的项目学习,固化并优化重复性的项目活动,制定切实可行的技术标准,建立和健全各项配套技术标准化、国产化的生产体系。

4 结论与展望

由于复杂产品系统具有自身的独特属性,因而需要新的模型来刻画其创新动态性。将复杂产品系统创新归纳为跃迁型、渐进型、回归型,能够体现复杂产品系统主导设计的变化情况,并且把复杂产品系统创新管理的研究引向更为具体和深入。针对不同的创新动态模式,需要国家、企业采取相应的政策支持和组织策略。本文在这一方面仅进行初步的讨论,还需要结合具体案例进行深入的分析。

参考文献:

- [1] Utterback J.M., Abernathy W. An Dynamic Model of Process and Product Innovation[J]. OMEGA, 1975, 33: 639-656.
- [2] Utterback J.M., Mastering the Dynamics of Innovation [M]. Boston: Harvard Business School Press, 1994.
- [3] Utterback J.M., Suarez, F.F. Innovation, Competition and Industry Structure[J]. Research Policy, 1993, 22: 1-21.
- [4] Suarez F.F., Utterback J.M. Dominant Designs and the Survival of Firms[J]. Strategic Management Journal, 1995, 16(6): 415-430.
- [5] Anderson P., Tushman, M.L. Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change [J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35(4): 604-633.
- [6] 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.
- [7] Hobday M., Product Complexity Innovation and Industrial Organization[J]. Research Policy, 1998, 26: 689-710.
- [8] Miller R., Hobday M., Innovation in Complex Systems Industries: the Case of Flight Simulation [J]. Industrial and Corporate Change, 1995, 4(2): 363-400.
- [9] Hobday M., Rush H., Tidd J., Innovation in Complex Products and System[J]. Research Policy, 2000, 29: 793-804.
- [10] Davies A., Innovation and Competitive in Complex Product System Industries: the Case of Mobile Phone Systems[J]. Conference Paper Prepared for INTECH International Workshop Maastricht, The Netherlands, October 1996.
- [11] Wang Q., Tunzelmann N., Complexity and the Functions of the Firm: Breadth and Depth[J]. Research Policy, 2000, 29: 805-818.
- [12] Tidd J., Development of Novel Products Through Intraorganizational and Interorganizational Networks The Case of Home Automation [J]. Journal of Product Innovation Management, 1995(12): 307-322.
- [13] Prencipe A., Breadth and Depth of Technological Capabilities in CoPS: The Case of the Aircraft Engine Control System[J]. Research Policy, 2000, 29: 895-911.
- [14] Wang Q., Complexity and the Functions of the Firm: Breadth and Depth[J]. Research Policy, 2000, 29: 805-818.
- [15] 陈劲,黄建樟,童亮.复杂产品系统的技术开发模式[J]. 研究与发展管理, 2004, 16(5): 65-70.
- [16] Davies A., Brady T., Organizational Capabilities and Learning in Complex Product Systems: Towards Repeatable Solutions [J]. Research Policy, 2000, 29: 931-953.

(责任编辑:高建平)

Study on Dynamics in Complex Product and Systems Innovation

Abstract: The traditional innovation model in product life cycle doesn't fit the complex product system innovation management. A new innovation model is developed according to the analysis of the product performance and the complexity of CoPS. The CoPS innovation grows along three paths: revolution, increment and return. Different management strategy is needed in different path.

Key Words: Complex product and systems(CoPS); Product innovation; Innovation dynamics