

文章编号:1000-2995(2011)11-005-0059

# 复杂产品系统创新过程中产品开发与 技术能力协同研究—以核电工程为例

刘 兵, 邹树梁, 李玉琼, 曾经莲, 陈甲华

(南华大学核能经济与管理研究中心, 湖南 衡阳 421001)

**摘要:**复杂产品(系统)创新存在技术能力学习路径选择问题。通过借鉴 Lyapounov 函数有关复杂产品(系统)的稳定性描述,对产品开发与技术能力的协同机理、产品开发与技术引进的关系等进行了研究,提出产品开发需求是复杂产品(系统)创新的基础、技术引进必须服务产品开发这个中心、产品序列升级过程就是技术能力成长过程;通过对我国核电工程的协同分析,指出现阶段需把握好产品开发与组织适应性、技术先进性及知识管理的平衡关系,并在自主创新的基础上保持技术能力提高途径的多样性。

**关键词:**复杂产品(系统)创新;产品开发;技术能力;协同;核电工程

中图分类号: F273.2

文献标识码:A

面对日趋复杂的经济形势,自主创新核心技术在市场竞争中的作用越来越明显,经济危机后复杂产品(系统)自主创新在改变低附加值规模经济模式的作用更加突出。发展中国家复杂产品(系统)创新通常是从引进国外先进技术开始的,接着就面临技术消化、吸收的路径选择。由于技术能力成长的机制研究的偏重各不相同,技术学习路径研究存在自主创新与依赖式伪创新的识别窘境问题。技术能力成长最终必须通过产品形式实现,本文通过分析产品开发与技术能力的互动关系,解释了技术进步过程,阐明了从产品角度研究系统创新对促进自主能力建设的现实意义。

## 1 复杂产品(系统)创新的研究现状

复杂产品(系统)是从大型技术系统(LTS)演

进而来,为研发成本高、规模大、技术含量高、单件或小批量生产的大型产品、系统或基础设施<sup>[1]</sup>。复杂产品(系统)结构呈非线性,包含大量定制元件、子系统及控制单元,复杂产品(系统)创新的关键就是将这些元素按照层次结构集成为整个系统(Hobday et al. 2005)。复杂产品(系统)创新类似于第五代系统集成网络模型,强调参与成员的合作及构建,集成商、供货商、运营部门等都是产品集成的主体,应尽可能早地参与到项目中来<sup>[2]</sup>。复杂产品(系统)创新与普通产品的网络模型不完全类似,其研发和生产的过程不完全独立,没有清晰界面,往往是同时进行的<sup>[3]</sup>;从创新过程的组织网络来看,它是一个由多组织、多学科相互协同的并行过程<sup>[4]</sup>,系统信息在用户端的仿真联调中反馈到复杂产品(系统)研发生产的各个环节,技术能力的交接与提升在此间亦逐步完

收稿日期:2010-06-13. 修回日期:2011-04-08.

基金项目:国家社科基金课题,编号08BJY093;湖南省教育厅课题,编号:10C1176.

作者简介:刘 兵(1977-),男(汉),湖南衡阳人,南华大学核能经济与管理研究中心副研究员,研究方向:复杂产品系统组织与创新。

邹树梁(1956-),男(汉),湖南醴陵人,南华大学经济管理学院教授、博士生导师。

李玉琼(1968-),女(汉),湖南衡阳人,南华大学经济管理学院教授。

曾经莲(1982-),女(汉)湖南祁阳人,南华大学教师。

陈甲华(1978-),河北东光人,男(汉),南华大学教师。

成。陈劲等对我国船舶、航空航天等 10 个大型制造系统进行了案例研究,提出复杂产品(系统)创新是强调“任务分解、外包选择、集成联调”的过程模型,系统集成开发商在整个过程中起主导作用<sup>[5]</sup>。杨志刚等以通讯设备制造为例研究了复杂产品(系统)的技术能力成长的路径依赖特征,提出合资主要是从事对引进产品的改进,而不是开发完整的产品,技术引进存在技术依赖陷阱的风险<sup>[6]</sup>。

上述理论对复杂产品(系统)创新的组织模型、知识转移及技术能力成长路径等做出了全面的研究,却把重点放在过程与模型的理论分析,因而对系统创新元素间的耦合关系分析不够,且忽视了产品这个独立因素的研究。复杂产品(系统)创新技术进步过程具有不确定性,是以一个重大产品创新为标志<sup>[7]</sup>,产品(系统)才具有稳定的形式特征。产品开发与组织、知识及技术能力所形成的平衡关系,是企业技术进步实现的基础条件,所以,笔者认为有必要把产品开发放在研究系统创新过程理论的中心位置,从其初始条件的影响和外部的稳定性来解析系统技术能力成长的必然确定性发展过程。

## 2 CoPS 创新过程中产品开发与技术能力的协同机理

系统创新总是以整体联系为前提,只有整体是处在相对稳定的状态,才可能呈现系统的功能<sup>[8]</sup>。在研究系统运动形态的稳定、渐进稳定和不稳定的过程中,经典的 Lyapounov 函数相对于迭代函数具有更易操作与实现的特点<sup>[9]</sup>。本文借鉴 Lyapounov 势函数对复杂产品(系统)稳定性的理论描述,来分析系统内部要素与外界能量所形成的平衡关系,探讨产品开发与技术能力的协同机理。复杂产品(系统)是非线性的, Lyapounov 势函数  $v(x, y) = \frac{1}{2}(x^2 + y^2) - \frac{1}{2}(\int_0^x F(u, y) du + \int_0^y F(x, u) du)$  将复杂产品(系统)描述成  $(x * y)$  相空间的曲面。以  $x$  作为的序参量,势函数变为  $\xi_k^0 = -\partial V / \partial \xi_k + F$ ,  $\xi_k$  表示非稳定模,  $V$  为组态,

代表非稳定模型;函数  $F(t)$  表示来自系统内外部的各种涨落力。势函数可看成一个有山有谷的地形图(如图 1),谷底表示稳态位置,代表产品序列,洼的吸引域代表系统创新的网络组织,  $F(t)$  代表系统技术能力。复杂产品(系统)创新的原动力是追求质量稳定、成本最低产品,在其驱动下系统从初始的随机变化向有序化结构演化,形成稳态结构<sup>[10]</sup>,亦即是说产品开发需求决定着复杂产品(系统)创新组织网络的实际存在,并且产品开发的层次与序列在很大程度上决定了系统技术能力的高低。创新过程就是通过产品的升级,从一个稳态升向更高级的稳态,最终形成产品序列的过程;复杂系统技术能力成长轨迹是台阶式的,必须经过新一轮的产品序列跨越,而不是连续平滑曲线式的。从稳定性理论分析,复杂产品(系统)创新必须克服两个困难,首先要必须证明势函数洼(valleys)的存在,并能产生具有最强初始支撑力的序参量,强制系统出现原来所缺少的特征;其次,使涨落力  $F(t)$  足够大,可以使系统跳出一个稳态  $X_0'$  洼而落到更高级稳态  $X_0$  的势力范围中<sup>[11]</sup>。复杂产品(系统)创新过程强调选择压力,技术引进是复杂产品(系统)创新的原动力之一,技术引进带来的知识转移是系统涨落力  $F(t)$  的重要组成部分,能促进技术能力的成长,以新的产品理念溶入产品开发中,带动产品品质的升级。发展中国家通常以市场换技术来引导外资企业的技术转移,通过消化吸收国外先进技术,生产高、精、尖先进产品。然而,如果技术学习路径选择在给定产品设计的技术活动,原来的最优行为方式可能成为一种次优的锁定(如图 1 中波峰所表示),最终形成了引进-落后-再引进-再落后的依赖式伪创新。自主设计、自主制造才是系统涨落力  $F(t)$  的核心,技术引进必须服务产品开发这个中心,产品开发是获得技术能力的必由之路。世界上不存在没有产品开发的技术创新,没有产品开发的市场换技术最终不可得到接近技术前沿的能力。创新主要是在已储存的知识基础上通过经济诱因而发生的,成功的创新能够平衡新产品的要求与其制造过程、市场需要和保持可以继续有效支持所有这些活动的组织需要<sup>[12]</sup>。

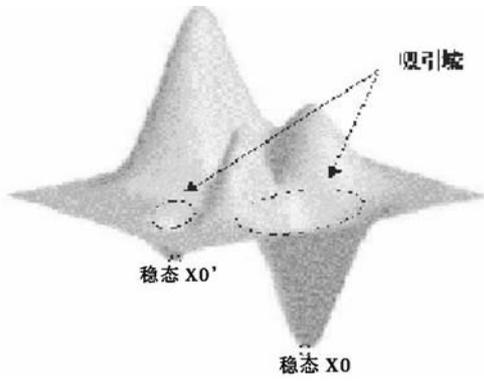


图 1 李雅普诺夫势函数  
Figure 1 Lyapunov Function

表 1 在建核电工程项目一览表

Table 1 List for China NPP in Building

核电站	反应堆类型	电功率(MWe)	营运单位
岭澳	改进型压水堆	2 × 1000	广核集团
秦山二期	改进型压水堆	2 × 650	中核集团
红沿河	改进型压水堆	2 × 1080	广核集团
宁德	改进型压水堆	2 × 1000	广核集团
福清	改进型压水堆	2 × 1000	中核集团
阳江	改进型压水堆	2 × 1000	广核集团
方家山	改进型压水堆	2 × 1000	中核集团
三门	压水堆 AP1000	2 × 1250	中核集团
海阳	压水堆 AP1000	2 × 1250	中电投

数据来源: 根据 2009 年 <全国内陆核电站核与辐射安全学术研讨会会议资料整理。

### 3 核电工程系统的技术能力与产品开发协同演进

《核电中长期发展规划(2005 - 2020)》到 2020 年, 投资运行核电装机容量达到 4000 万千瓦, 15 年内翻两番。迅速扩张的核电设备产能更加需要技术能力的支撑, 国务院在《装备制造业调整和振兴规划实施细则》提出了依托国家重点建设工程, 开展核电工程重大技术装备自主化的战略部署。核电重大装备产品技术能力成了我国核电发展的关键因素。

#### 3.1 我国核电工程发展与技术演进

上世纪 50 年代到 80 年代先后开展了“581”、“728”等 4 个核电工程项目, 但由于各种原因, 核电均未能真正建设发展起来。1991 年 12 月, 我国自主设计、自主建造的 300MW 秦山核电站并网发电, 结束了我国大陆无核电的历史。“九五”期间建成了 600MW 压水堆秦山二期核电站, 是我国自主设计建造商用核电站的跨越标识。1987 年 8 月, 引进法国 M310 技术建立了大亚湾核电站, 1997 年 5 月开工建设了岭澳核电站。1998 年 6 月引进加拿大重水堆技术开工建设秦山三期; 1999 年 10 月引进俄罗斯先进压水堆技术开工建设田湾核电站。2003 年, 国家发改委明确统一发展 AP1000 技术路线。目前我国有 6 座核电站共 11 台机组投入商业运行, 同时, 在建项目 9 个机组 17 台, 装机容量 17840 兆瓦(见表 1), 还有湖南桃花江、湖北大畈、江西彭泽、海南昌江等核电项目获得国家核准。

我国核电工程最初采用的是“两弹一星”式资源集中的举国体制模式, 起步虽然较早, 但技术能力发展缓慢, 到上世纪 80 年代末才基本掌握了 30 万千瓦核电站的设计和制造技术。上世纪 80 年代末, 确立了以“引进 + 国产化”为主的核电工程发展路线, 通过对多国核电技术的吸收与比较, 初步确定了主力发展压水堆技术路线, 然后以产品开发为主线, 吸收法国技术, 形成了 60 万千瓦的四自主能力(自主设计、自主建造、自主管理、自主运营), 形成了 CNP600 国产品牌, 2000 年 6 月, 成功援建了巴基斯坦恰希玛核电站; 接着投入了 1.7 亿元, 自主设计了具有较高的安全性、经济性的三代 CNP1000 技术, 2010 年 5 月, 由 CNP1000 技术改进的 CP1000 通过了专家评审。核电工程属于典型的高技术、大投资、小批量生产的复杂产品(系统)。在技术引进中核心技术通常是以“黑匣子”出现(如法国转让技术无源代码), 很难完全消化吸收先进技术。核电站运行具有安全特殊性要求, 很难通过“拆卸”产品获得技术能力的提升。目前, 我国核电工程的设计能力还是以模仿为主, 重大关键设备对外依存度明显, 掌握技术的深度与国际上新的核安全等标准还存在差距。2006 年 12 月, 国务院决定在浙江三门实施引进最先进第三代 AP1000 核电技术, 走“一步跨越”路线, 并设立国家重大专项 CAP1400 对其消化吸收<sup>[13]</sup>。

### 3.2 基于产品开发的核电工程创新协同分析

核电工程装备自主化核心是设计自主化,并由设备采购、制造和施工中的国产化来带动整个产业链的发展。核电工程系统网络成员以 AE 公司和 NSSS 公司为中心保持相对稳定,具有非常强的契约能力和协同能力。系统创新过程中,产品开发与知识的协同显得尤为重要,任何一个小小改动,都是牵一发而动全身的举动,带来大量的分析、论证,甚至重新进行理论计算和物理试验。系统创新必然伴随“首套”设备的风险,网络成员需要在知识、经验和技能多个领域而不是单个领域的胜任,并能把多领域的技术知识集成,与关联环境进行“匹配”。引进先进技术是知识时代技术进步的一个长期的必然选择,引进先进 AP1000 核电技术是实现我国第三代核电自主化发展的战略决策,成立了国家核电技术公司进行技术攻关,要求在消化、吸收的基础上自主创新,实现设计并建成具有我国自主知识产权的“大型先进压水堆核电站”。复杂产品(系统)技术能力产生于产品序列与企业学习系统和知识系统的互动和共同演进(Helfat and Raubitschek, 2000)。然而,由于 AP1000 技术的引进, CNP1000 在国内将被边缘化,作为我国核电技术能力初始条件的一个重要组成部分,中核集团需要依靠自主知识产权优势,积极在海外寻求工程实践机会,为我国自主开发核电技术发展争取更大空间。

## 4 结论

对于复制产品(系统)创新学习路径选择问题,学者们更多的关注过程模型与知识管理,作者认为产品开发才是复杂产品(系统)创新理论的核心。通过对复杂产品(系统)稳定性要素的协同机理分析,本文提出产品开发需求是复杂产品(系统)创新的基础,创新过程就是产品序列升级过程;通过我国核电工程技术回顾与系统系统分析提出了如下启示:把握好产品开发与组织适应性、知识管理与技术能力先进性的平衡关系,将是

核电工程系统持续发展要面临的严峻挑战;在自主创新的基础上保持技术能力提高途径的多样性,目前最佳选择是核电技术引进、消化与原始创新既相融合又独立发展。

## 参考文献:

- [1] Hobday, M., Rush, H. Technology Management in Complex Product Systems (CoPS): Ten Questions Answered [J]. International Journal of Technology Management, 1999, 17(6): 618-638.
- [2] 潘若东, 司春林. 复杂产品系统创新过程管理研究 [J]. 科技进步与对策, 2009, 26(6): 8-14.
- [3] Bonnacorsi A. Giuri P, When shakeout doesn't occur: The evolution of the turboprop [J], engine industry, 2000(29).
- [4] 刘晓冰, 王霄, 丁向峰. 复杂产品创新过程中的知识管理问题研究 [J], 科技进步与对策, 2009, Au. 26(16).
- [5] 陈劲, 周子范, 周永庆. 复杂产品系统创新的过程模型研究 [J]. 科研管理, 2005, 26(2): 61-67.
- [6] 杨志刚, 吴贵生. 复杂产品技术能力成长的路径依赖 [J]. 科研管理, 2003, 24(6): 12-20.
- [7] Nathan Rosenberg, Ralph Landau, and David Mowery, eds., Technology and the Wealth of Nations [M]. Stanford: Stanford University Press, pp. 383-394.
- [8] 乌杰, 和谐社会与系统范式 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2006.
- [9] Zhang Yuan - Yuan, Cong Shuang. Optimal quantum control base on Lyapunov Stability theorem [J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2008. 3, Vol. 38, No. 3
- [10] Haken H. Synergetics, an introduction. 3rd ed [M]. Berlin, Heidelberg: Springer Ser Syn, 1987.
- [11] [德] Herman. Haken 著, 杨家本译. 协同计算机和认知神经网络的自上而下方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [12] Kline, Stephen, and Nathan Rosenberg. 1986. "An Overview of Innovation." In Ralph Landau and Nathan Rosenberg, eds., The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth [M], Washington, DC: National Academy Press, pp. 275-305.
- [13] 邹树梁 著. 中国核电产业发展研究 [M]. 北京: 原子能出版社, 2008.

(下转第 70 页)

## Licensing behavior of patent pools based on the game models

Liu Li<sup>1,2</sup>, Zhu Xuezhong<sup>1</sup>

(1. School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. School of Law, South – Central University for Nationalities, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** As the core problem of patent pools, patent licensing of all kinds is the gaming process between the two parties in essence with the result is weather for not the contract for licensing is signed. Based on game models, the inner mechanism of patent pool licensing behavior is discussed from two aspects. Regardless of the kind of patent licensing, the relationship between the two parties is both competition and cooperation with the aim at maximizing their own profits. Only when the two parties gain their expected profits, then a gaming balance appears. In view of this, some enlightenment for Chinese enterprises on how to treat patent pool licensing correctly and appropriately are provided.

**Key words:** patent pool; licensing; game; profit; competition and cooperation

---

(上接第 62 页)

## The synergy between product development and technology competence in the complex product and system innovation based on the case study of nuclear power project

Liu Bing, Zou Shuliang, Li Yuqiong, Zeng Jinglian, Chen Jiahua

(Center for Nuclear Energy Economic and Management, University of South China, Hengyang 421001, China)

**Abstract:** There is a problem of path choice when Technology Competence (TC) develops in the Complex Products and Systems (CoPS). Based on the analysis on the stability of the CoPS, the synergy mechanism between Product Development (PD) and TC, and the relationship between PD and technology import are investigated. Furthermore, it is proposed that the demand of PD is the base of CoPS innovation, and technology import should be the supplementary of PD, in other words, the promotion of product sequences means the development of TC. In addition, based on the synergy analysis of Nuclear Power Project (NPP), it is important to balance the relationship between PD and organizational adaptability, and between advanced technology and knowledge management in order to keep the variety of TC based on the independent innovation.

**Key words:** CoPS innovation; PD; TC; synergy; NPP