

# 基于模块化产业的技术学习模式分析

柏昊, 杨善林

(合肥工业大学 管理学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 传统的阶段式技术学习模式已不能适应新的产业环境, 模块化模式已成为产业的发展趋势, 它改变了技术学习的产业环境。通过对模块化技术结构和创新形式的分析, 提出了基于模块化产业的技术学习模式, 说明技术学习和创新是不可分割的两个要素, 创新是技术学习最有效的途径, 并从技术的来源、技术学习的主体及影响因素角度对该模式进行了深入地分析。龙芯设计便是基于模块化技术学习模式成功的典型案例。

**关键词:** 模块化; 技术结构; 技术学习

中图分类号: F406.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2006)09-0072-04

## 0 前言

技术学习的模式一直是技术创新学者关注的重点。基于新兴工业化国家的技术学习过程, 多数学者们认同引进、吸收和创新3个阶段模式<sup>[1-3]</sup>。这一模式已不适合我国产业发展的现状。因为新兴工业化国家技术学习初期, 技术能力比较低, 与发达国家存在较大的技术差距(technology gap)。我国已经具备了一定的技术能力, 特别在航天、通讯技术等领域已经达到世界前沿。更为重要的是, 我国的产业技术环境发生了重大变化, 新兴工业化国家技术学习期, 产业的技术结构是封闭式的, 技术特性是积累性的。目前, 模块化已成为产业的发展趋势。在模块化时代, 企业专注于某一部分技术, 不必单独开发全部的技术。增强了相对落后企业的灵活性, 提升了它们创新的空间。本文通过对模块化技术结构和创新形式的分析, 提出了基于模块化产业的技术学习模式。

## 1 模块化的技术结构和创新分类

技术变化是发生在企业层面的, 当一个国家中有许多企业通过技术学习而提高了竞争力、并迅速发展时, 这个国家的竞争力

就会提高。因此, 从企业层面研究技术学习是十分重要的。本文选择从企业微观层面, 而非宏观层面进行研究。技术学习概念是在特定的历史背景下产生的, 暗含以下两个条件: 第一, 技术学习的主要信息来源于发达国家; 第二, 技术学习最佳起始方式是技术引进和模仿。随着学习环境的改变, 发达国家作为信息来源的作用相对下降。更为重要的是, 模块化时代通过引进进行技术学习的可能性, 与上世纪中叶相比, 大大的降低了。本文不限定技术学习的对象和技术学习的方式, 将技术学习定义为技术能力的提高过程。

### 1.1 模块化的逻辑起点

把复杂问题分解成尽可能小的一些部分, 是科学研究中的基本方法。模块化即是遵从这种方法, 模块化使得企业能够驾驭日趋复杂的技术。通过把复杂的产品分解为不同的子模块, 使企业可以生产高质量的复杂产品。模块化在工业中的应用可以追溯到20世纪30年代, 德国在铣床上采用了积木式设计<sup>[4]</sup>。模块化的基础在于知识和劳动的分工, 由于当时技术和材料的限制, 模块化技术一直没有成为生产活动中的主导技术<sup>[5]</sup>。以微电子学为基础的信息技术的进步, 为模

块化生产方式奠定了技术基础。Alexander(1964)和Simon(1969)分别通过叙述一排分别互相连接着的灯泡和两个钟表匠的故事<sup>[6, 7]</sup>, 提出复杂系统设计的早期理论, 虽然他们没有使用模块化这一概念, 但这一概念是其思想的核心。

Ulrich从功能的角度对模块化进行定义, 将功能结构中的功能要素与实际产品中的物理要素一一对应, 并对要素间的非成对界面做详细说明<sup>[8]</sup>。更多的学者从结构的角度对模块化进行定义<sup>[11, 12]</sup>, 该定义包含两个主要观点: 第一, 不同模块之间的相互依赖性和模块之间的独立性。模块是模块化的基本单元, 是一个半自律的子系统, 这个子系统自身也可能是一个复杂的系统。通过和其他子系统按照一定规则相互联系而构成更加复杂的系统。并且, 模块对于整个系统和自身都是具有可追加性质的。第二, 复杂系统的管理可以通过将系统分割成小块, 然后分别处理来实现。当系统要素的复杂性超过了特定阈限, 可以将这种复杂性分离抽象出来, 作为独立的具有简单界面的一部分。这种抽象隐藏了要素的复杂性; 界面表明了要素如何与所处的大系统进行互动。目前还没有公认的模块化概念, 在很多情况下, 根据

收稿日期: 2006-04-28

作者简介: 柏昊(1979-), 男, 辽宁建平人, 合肥工业大学管理学院博士生, 研究方向企业战略和技术创新; 杨善林(1948-), 男, 安徽怀宁人, 合肥工业大学管理学院教授。

研究对象的不同,对模块化概念有不同的理解。对模块化的研究可以简单分为以下3类: 计算机、软件等信息产业的模块化; 汽车、机械等传统产业的模块化; 组织的模块化。信息产业是模块化技术发展相对成熟的产业。

### 1.2 模块化的集中形式

技术学习的研究方法基本以案例研究为出发点。一个企业包含多种技术,研究人员对技术学习过程的研究不可能涉及到全部的细节。对技术从结构上进行逻辑上的整理和划分,对明确研究对象和范围有着重要的意义。本文通过模块化集中化的基本形式来分析模块化的技术结构。

青木昌彦通过3个单位的系统来描述模块化集中形式<sup>[13]</sup>: 硬件的设计生产、软件的设计生产和处理系统信息的舵手。并依据联系规则改变程度和改变方式,给出模块化的3种基本形式: IBM/360 电脑型、丰田型和硅谷型(见图1)<sup>[13]</sup>。

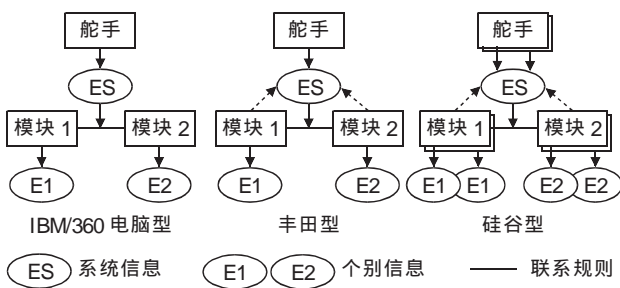


图1 模块化产品的集中形式

### 1.3 模块化的技术结构和创新分类

基于青木昌彦的模块化集中方式,本文从结构层次角度,将模块化产品分为3个层次,产品层次、模块层次和基础材料层次。产品层次是指模块集中后形成的产品。模块层次是指组成产品的若干模块,在具体产业中,一般叫作元件。需要指出的是,模块本身也可能是一个复杂系统,可以继续分解,这属于模块自身的个别信息,对产品整体和其他模块来说是不需要知道的。基础材料层次是指构成元模块(不能再分解)的基础材料。基于上述层次,从技术知识角度,可以得出一个模块化产品需要三种知识:第一种是建构知识,即各个元件整合并连接成一个整体的知识<sup>[14]</sup>;第二种是模块知识,即元件知识,就是指元件概念设计的知识,所有模块知识的重要性并不相同,核心模块知识是最重要

的;第三种是基础材料知识。根据上面的分析,本文给出模块化产品的技术结构见图2。

这个静态技术结构框架所需要解释的关键问题是3个层次技术之间的关系。这3个层次的技术不是按照直线决定模型,由上一个层次的技术决定下一个层次的技术,下一个层次的技术是比上一个层次简单的技术。实际上各个层次的技术之间是动态和相互影响的(图2中双箭头直线所示)。虽然上一个层次技术限定下一个层次技术的可能性和范围,但上一个层次的技术不能给出下一个技术层次的具体知识,因为不同层次的技术有不同的知识和能力来源<sup>[15]</sup>。

基于模块化的产品结构和知识结构,可以将模块化创新分为4类,激进创新(产品的元件和建构都发生变化)、渐进创新(元件和建构都没有变化)、模块创新(元件改变而建构不变)和建构创新(元件不变而建构变化)<sup>[14]</sup>。

根据 Utterback 对 A-U 模型的研究及其后续研究<sup>[16]</sup>,产品主导设计之前,激进创新和建构创新频繁。在主导设计之后,渐进创新和模块创新频繁。基础材料的创新需要长时间的技术积累,一旦突破,可以导致划时代的产业革命。其发生的频率

较低,本文不作赘述。

## 2 基于模块化产业的技术学习模式

### 2.1 理解模块化时代创新的逻辑

模块化产业和传统产业的重大区别在于,模块化技术结构是开放式的。模块化产业的企业必须在模块化战略和产品战略中做出选择,关注于某一部分技术。拥有核心模块和产品标准的企业处于价值链的顶端。在模块化产业,通过引进、吸收的方式达到创新可能性大大降低。原因如下: 核心技术多数难以引进、难以模仿(如芯片技术); 技术开放式的结构使得参与企业众多,带来了网络效应<sup>[17]</sup>,同时使得创新频繁出现。在产品生命周期缩短的情况下,消化和吸收的难度增大了。在模块化时代,如果仍然按照引进、吸收和创新的方式进行学习,难以取得

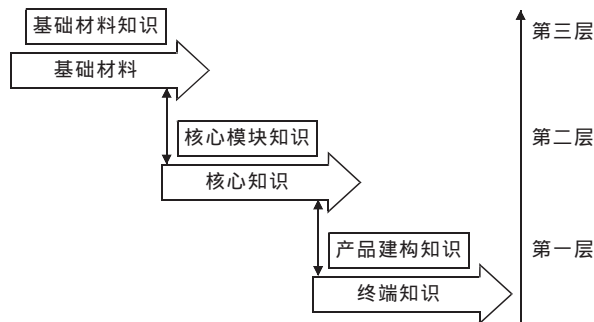


图2 模块化产品的技术结构

成功。

模块化产业还有另一个重要特征,即分散性。不仅收入、利润同传统产业比,分散得多,而且创新也分散得多,即便是具有市场支配份额的大企业,如英特尔、微软,它们创新数量占整个产业创新数量的比例,同传统产业的产业巨头相比要小得多。模块化产业的企业比传统企业拥有更大的创新空间。建构创新和模块创新是模块化产业创新的基本形式,下面对其进行重点分析。

(1) 建构创新。建构创新不同于传统的产品创新。传统的产品创新主要依靠企业内部的技术储备,先进行产品开发,然后寻找市场。建构创新首先确定市场,其次确定产品,最后从全球范围内寻找元件技术来源。建构创新的关键在于形成产品的概念。产品的概念是指在明确目标客户的前提下,确定产品的功能、性能、样式和价位等信息。产品概念的形成重点在于把握需求,而不是拥有元件技术。由于技术、文化、法律、发展水平等因素的不同,不同的国家需求差异很大。本土企业在把握本土需求上有先天的优势。从这个逻辑推论,相对落后的企业在基于本土需求的建构创新方面,具有很大的可能性。

(2) 模块创新。模块化是与分工相联系的经济现象。在模块化推动下,经济系统分工体系发生了结构性变化。这种结构性变动可以分为水平分工和垂直分工。水平分工是指在价值创造或生产流程处在同一层面的分工。垂直分工是指按价值链上下游关系进行分工。分工的深化,使得世界经济系统更加细化。对特定的产业来说,发展中国家企业完全可以根据自己的比较优势,集中资源针对某一个分工环节深耕技术,进行创新。这种聚焦战略增加了创新成功的可能性。

## 2.2 技术学习模式

根据上面的理论分析,本文认为模块化时代的企业必须通过创新进行技术学习。这实际上是把传统的3个阶段学习压缩为一个阶段,认为创新和技术学习是不可分割的,创新是技术学习最有效的途径。

下面从技术的来源、技术学习的主体和影响因素对模块化的技术学习模式进行具体分析。

(1) 技术的来源。传统的技术学习模式过于强调发达国家作为技术信息源泉的作用,而忽视其它来源。通过创新启动技术学习的过程中,发达国家的技术信息仍然起到重要的借鉴作用,但如果视技术的国际来源为其主要的、甚至是唯一的技术来源,这个企业将会失去更多的发展机会。在模块化时代,其它技术信息来源对企业创新同样重要。从企业内部看,具有一定技术能力的企业,能够自行提出技术需求信息。创新的过程是从生产者到用户相互作用的过程。创新的核心在于缄默知识的传播与创造<sup>[18]</sup>。这使得地理因素在创新过程中起着关键的作用。本国的机构和组织具有先天的地理优势。这意味着本国的大学、供应商、分销商和用户是和发达国家同等重要的信息来源。这种技术信息来源的重要意义在于使发展中国家企业摆脱对发达国家已有技术的盲从,使企业根据本土市场需求对产品或模块进行创新。

(2) 技术学习的主体。从技术学习的定义可以看出,技术学习的过程就是技术能力提升的过程。技术能力是一个组织的技能,这意味着技术学习的主体为组织,组织学习的目的是形成组织惯例。所有的学习活动都通过个人学习行为进行,组织学习也必须通过组织中的个人学习进行,因此,个人也是技术学习主体。不同的个人学习之间、个人学习和组织学习之间都是互动的。个人学习是组织学习的基础,但组织学习不是个人学

习的简单总和。个人学习是组织学习的必要条件,仅仅个人学习并不能成为组织学习的充分条件,有效的组织才能把个人学习转化为组织惯例。

(3) 影响因素。下面从现有技术能力、市场和技术变革、政府产业政策、组织的抱负水平、人力资源来考虑技术学习的影响因素。技术能力。模块化时代的技术分工增加了企业创新的机会,但创新仍然有一定的难度。要把握住创新的机会,需要企业具备一定的技术能力。通过创新启动技术学习是技术能力提高最有效率的方式<sup>[19]</sup>。市场和技术环境。市场的因素主要指进入威胁、替代威胁、买方谈判能力、卖方谈判能力、竞争对手因素<sup>[20]</sup>。技术变革是指模块化时代的各种创新。这两种因素都会影响产业演化趋势和某一层级创新的机会窗口,进而影响企业的技术学习战略。政府的产业政策。政府可以制定直接和间接的政策措施,对企业技术学习过程施加相当大的影响。组织的抱负水平。在竞争的环境中,具有较高的抱负水平,才会产生学习的动机。较高的抱负水平确立较高的目标,较高的目标造成目标和现有资源之间的不匹配,这对企业来说是一种危机。这种危机推动并激励组织成员进行学习,使企业发展出超过原来水平的技术能力<sup>[21]</sup>。人力资源。一个国家人力资源水平直接影响到企业的技术学习状况,从长期来看,人力资源水平是技术学习的决定性因素。

根据上述研究,本文总结出模块化时代的技术学习模式框架(见图3)。

## 3 案例分析

下面通过一个实际案例分析,说明我国是可以创新进行技术学习的。

### 3.1 龙芯设计过程

集成电路是现代工业的食粮,在国民经济中具有重要的战略地位。集成电路的技术创新总是沿着“通用”与“专用”道路循环往复上升,推动集成电路技术向高级发展。自1959年仙童公司推出第一个硅平面晶体管商品以来,集成电路经历了晶体管(Tr)、专用标准产品(ASSP)、单片存储器(RAM)和微处理器(MPU)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵(FPGA)、片上系统(SoC)6个发展阶段。在上述集成电路发展阶段过程中,芯片集成度按摩尔定律发展,使得集成电路生产线投资急剧上升。投资的迅速上升,需要保持越来越大的量产规模来降低成本,导致了设计和制造的分工,形成了专业的集成电路设计公司和制造企业。台湾抓住集成电路工业分工的发展趋势,集中资源发展制造环节,成长为集成电路的代工产业基地,出现了世界级代工企业:台积电和联华电子。同时还导致集成电路工业产业结构的改变,形成广泛的垂直分工网络。集成电路产业已经形成了一个众多细分子产业组成的产业系统。从集成电路的设计、生产过程出发,包含芯片设计业、芯片制造业、芯片封装业、芯片测试业等产业。

集成电路加工环节资金高度密集,一条0.18微米的生产线需要15亿美元以上。目前,只有美、日两国能够生产集成电路加工设备,两国对高端加工设备向我国出口严格控制,我国在加工环节难以实现跨越式发展。进入20世纪90年代以来,集成电路加工方法日益接近极限,集成电路工业的附加价值开始由“微细加工”转向“创新设计”,并且,专业代工企业的发展,降低了集成电路设计门槛。设计环节未来有巨大的发展空间。通过芯片设计环节带动整个集成电路产业的发展是我国面临的一次难得的技术学习机会。

芯片主要应用在以下3个领域:第一,是在手机、信息家电等嵌入式市场的应用;第二,是在服务器市场的应用;第三,是面向桌面PC市场的应用。在面向桌面PC市场的

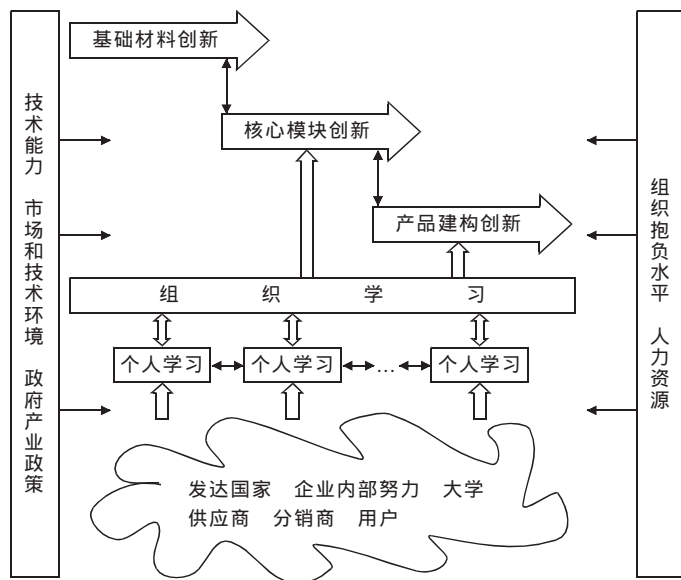


图3 模块化时代的技术学习模式



应用领域, INTEL 具有名副其实的霸主地位。中国科学院计算技术研究所系统设计方面具有一定的技术储备, 是我国在该方面技术实力最强的科研单位之一。在分析自身的技术储备和优势后, 计算所选择嵌入式领域和农村地区 PC 市场进行突破, 有效地避开与 INTEL 的正面竞争。与国内有些单位还在启动研制 386、486 不同, 计算所的研发目标为高性能通用芯片, 采取“高起点、一步到位”的战略, 跨越了 0.35、0.25 $\mu\text{m}$  工艺, 直接采用集成电路制造的 0.18 $\mu\text{m}$  主流工艺, 采用兼容战略(MIPS 指令系统), 以正向设计为主。2002 年龙芯一号研制成功。2006 年 6 月千元低价的龙芯电脑即将上市<sup>[2]</sup>。

中国科学院计算技术研究所是一个科研机构, 不是企业。本文将其视为企业基于以下原因: 第一, 1998 年科研院所改制后, 面向市场的研究对科研院所越来越重要; 第二, 中国科学院计算技术研究所是多家股份有限公司的股东, 直接从事创新成果的转化, 具有一定的企业性质。

### 3.2 龙芯的启示

从上述案例我们可以看到以下几个关键环节。第一, 从产业特征方面看。集成电路工业是已经模块化的产业, 产业和技术分工不断深化。第二, 从技术学习模式看。计算所抓住产业发展趋势, 通过内部努力, 以正向设计的方式直接进行芯片设计。第三, 从技术能力基础看。计算所对于计算机系统设计方面已经积累了一定的技术储备。第四, 从抱负水平看。计算所有较高的抱负水平。较高的抱负水平设定了高目标, 激励个人学习, 并成功转化成组织学习, 促进了创新的成功, 推动了组织向更高能力水平方向演进。第五, 从政府产业政策看。任何一个国家的集成电路工业都需要政府在市场和资金上提供支持和帮助。“十五计划”的最后半年, 国家通过“863 计划”给计算所资助了 4 000 万元的经费。同时, 2005 年的“973 计划”批准了计算所牵头组织的一项重大基础研究项目, 投入经费达到 3 500 万元。

必须指出, 在达到创新阶段后并不意味着龙芯发展之路一帆风顺。创新是技术学习的方式, 不是技术学习的终点。对龙芯来说, 虽然拥有自主的知识产权, 但远没有达到大规模应用的程度。INTEL 的成功告诉我们, 产业链的形成和发展对龙芯的应用推广起着

着重要的作用, 市场占有率是决定龙芯成败的关键。

## 4 结论

信息技术的革命, 推动了模块化进入高速发展的阶段。模块化已经不再局限在信息产业, 家用电器、制药、化学工业、汽车等产业也逐渐呈现出模块化的趋势。在模块化时代, 传统的阶段式技术学习模式成功的可能性大大地降低了。本文通过对模块化技术结构和创新形式的分析, 提出了模块化产业的技术学习模式, 该模式认为技术学习和创新是不可分割的两个要素, 创新是技术学习最有效的途径, 企业必须以创新为目标进行技术学习。企业内部和本国相关组织是同发达国家同等重要的技术信息来源, 组织和个人都是技术学习的主体。技术能力、市场环境和 技术变革、政府产业政策、组织的抱负水平、人力资源是影响模块化时代技术学习的主要影响因素。该模式为我国制定模块化产业的技术学习政策提供了理论依据。

### 参考文献:

[1] LalI, S.Learning to Industrialize: The Acquisition of Technological Capability by India[M]. Macmillan Press, 1987.

[2] Amsden, A.H.Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization[M]. Oxford University Press, 1989.

[3] Hobday, M.Innovation in East Asia: The Challenge to Japan[M]. Edward Elgar, 1995.

[4] Kim, Linsu.Limitation to Innovation: the Dynamics of Korea's Technological Learning[M]. Harvard Business School Press, 1997.

[5] 谢伟. 技术学习过程的新模式[J]. 科研管理, 1999, (4): 1-7.

[6] 侯亮, 唐仁仲, 徐燕申. 产品模块化设计理论、技术与应用研究进展[J]. 机械工程学报, 2004, (1): 56-61.

[7] 孙晓峰. 模块化技术与模块化生产方式: 以计算机产业为例[J]. 中国工业经济, 2005, (6): 60-66.

[8] Alexander, C.Notes on the Synthesis of Form[M]. Mass: Harvard University Press, 1964: 34-41.

[9] Simon, H.A.The Science of Artificial[M]. Mass: MIT Press, 1969: 195-205.

[10] Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D. Product Design and Development[M]. New York: McGraw-Hill, 1995.420-425.

[11] McClelland, J.L. and Rumelhart, D.E. Parallel

Distributed Processing[M]. Cambridge, Mass: MIT Press, 1995.

[12] 卡丽斯·鲍德温, 金·克拉克. 设计规则: 模块化的力量[M]. 北京: 中信出版社, 2006.55-56.

[13] 青木昌彦. 模块时代——新产业结构的本质[M]. 上海: 上海远东出版社, 2003.15-19.

[14] Henderson, R. and Clark, K. Architecture Innovation: The Reconfiguring of Existing Technologies and the Failure of Established Firms[J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35: 9-30.

[15] 路风, 慕玲. 本土创新、能力发展和竞争优势——中国激光视盘播放机工业的发展及其对政府作用的政策含义[J]. 管理世界, 2003, (12): 57-82.

[16] Utterback, J.M. Mastering the Dynamics of Innovation[M]. Harvard Business School Press, 1994.

[17] Katz, M.L. and Shapiro, C. Network Externalities, Competition, and Compatibility[J]. American Economic Review, 1985, 75(3): 424-440.

[18] Asheim, B. and Gertler, M. The Geography of Innovation[A]. Fagerberg, J.Mowery, D.C.Nelson, R. The Oxford Handbook of Innovation[C]. Oxford University of Press, 2005: 291-317.

[19] 路风, 封凯栋. 为什么自主开发是学习外国技术的最佳途径——以日韩两国汽车工业发展经验为例[J]. 中国软科学, 2004, (4): 6-11.

[20] 迈克尔·波特. 竞争战略[M]. 北京: 华夏出版社, 1997.4-6.

[21] 路风, 封凯栋. 发展我国自主知识产权汽车工业的政策选择[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.141-149.

[22] 李国杰. 研制龙芯 CPU 的策略考虑[Z]. <http://www.ict.ac.cn/2-1-23.htm>.

(责任编辑: 董小玉)

