

信息和市场对企业工艺创新过程作用的研究

A Study on the Relationship between Process Innovation and Information and Market

刘顺忠 官建成

(北京航空航天大学管理学院技术管理与技术创新研究中心 北京 100083)

技术创新过程是知识的产生、创造和应用的进化过程,是将知识、技能和物质转化成客户满意的产品和服务的过程。企业技术创新过程涉及到创新构思的产生、创新源的开发与激励、研究开发、工程设计与制造、用户参与及市场营销等一系列活动(傅家骥,1998)。这些活动在技术创新过程中相互作用,决定企业技术创新成败和技术创新水平的高低。同时依据创新系统的观点,企业技术创新活动不是孤立进行,而是在创新系统中完成,企业技术创新各个阶段都受到创新系统的影响。

本文从创新系统的角度出发,在回顾各种技术创新模型的基础上,提出研究企业技术创新过程交互关系的分析框架。并利用该框架,以有研硅股的8英寸硅片和中科三环的稀土永磁钕铁硼技术创新过程为例,分析了制约企业技术创新的瓶颈因素,为政府制定今后的技术创新政策提出具体建议。

一、技术创新过程和模型的回顾和评述

从美国学者 Abernathy 和 Utterback 于上世纪 70 年代提出的 A-U 创新过程模型开始,技术创新过程模型不断发展。到现在为止,按照模型所包括的维度,主要分为下述 3 种技术创新过程模型。

1. 一维技术创新过程模型

Abernathy 和 Utterback(1975)通过对美国汽车工业技术创新过程的研究,得到了产品创新和工艺创新速率随时间而变化的规律,提出技术创新过程分布的 A-U 模型。A-U 模型认为工艺创新落后于产品创新。我国学者许庆瑞等人(1998)在对中国企业技术创新过程研究中,提出技术创新的 3-I 模型。该创新模型认为许多企业技术创新不是由产品创新开始,而是开始于工艺创新,工艺创新领先于产品创新。

2. 二维技术创新理论

由于技术创新过程的复杂性,除了技术因素外,市场因素对技术创新过程也起到重要的作用。

因此, Abernathy(1983)等人认识到技术创新对企业生产系统的影响,以及技术创新与市场之间的关系是企业技术创新过程的重要方面,提出了技术创新 ACK 跳跃矩阵模型。ACK 跳跃矩阵模型允许分析技术创新对生产系统影响和技术创新与市场之间关系的动态变化。ACK 模型考虑了技术创新过程中技术和市场相互作用的关系,同时也包含了技术创新过程的 A-U 模型,是对 A-U 创新过程模型的完善和发展。

3. 三维技术创新模型

认识到信息对企业技术创新过程的重要作用,Daghfous 和 White(1994)提出了以产品创新为基础的技术创新三维模型。三维技术创新模型强调产品创新、市场和创新过程中信息搜集和分析相互作用关系在企业技术创新中的重要作用,能较为全面地分析和比较企业技术创新过程。他们认为在企业技术创新过程中,有 3 个主要的过程同时进行,并决定创新是否成功。这 3 个过程是:将新技术结合到产品中,推出市场接受的新产品;将新产品推向市场;不断获得有关技术创新的信息。这 3 个过程构成了技术创新过程三维模型的 3 个维度。

正如 Daghfous 和 White(1994)所指出的那样,A-U 创新过程模型只考虑产品和工艺创新随时间变化的情况,而忽略了企业本身的生产状况和市场活动对技术创新的影响。许庆瑞等(1998)提出的 3-I 创新过程模型存在与 A-U 模型相同的问题。Daghfous 和 White 同时在对二维创新模型的评述中指出,二维创新模型虽然考虑到技术和市场等因素对技术创新过程的影响,比一维技术创新模型能更好地描述技术创新的过程,但是却忽略了技术创新过程中信息的重要作用。

认识到 A-U 模型和二维技术创新模型在分析创新过程的缺陷,Daghfous 和 White 提出了基于产品创新的三维创新过程模型,并以此对苹果电脑和波音飞机两家企业的创新过程进行分析,取得了较好的效果。

发展中国家许多技术创新不是始于产品创新,而是开始于工艺创新(许庆瑞 1998),并且许多产业由于自身的技术特征,技术创新中工艺创新对企业也是先于产品创新。Daghfous 和 White 提出的三维创新模型则是基于产品创新而建立起来的,对于分析以工艺为主的企业技术创新过程并不适用。为了研究在工艺创新过程中的交互关系,在上述技术创新过程分布过程模型理论基础上,我们结合对两家上市企业技术创新过程的实证研究,提出了适合研究基于工艺创新的企业技术创新过程交互作用关系的分析框架。

二、企业工艺创新过程交互关系研究的分析框架

对有研硅股和中科三环两家新材料企业的研究发现,企业往往在重大产品创新后,围绕核心技术不断实施渐近产品创新,依靠工艺创新不断提高材料的性能和降低成本,企业研究开发的投资重点也由产品创新为主转向改善工艺流程和扩大企业的生产规模,以期不断扩大产品的市场份额。以中科三环的稀土永磁钕铁硼材料创新过程为例(“前进中的三环公司”,《新材料产业》2001 年第 9 期)。中科三环在得知日本住友特殊金属公司研制成磁能积高达 36 兆高奥的稀土永磁材料后,凭借其在稀土—铁系磁晶材料研究的多年经验,通过自主创新,不断摸索配方改进工艺,终于在 1984 年 2 月在实验室生产出磁能积高达 38 兆高奥的稀土永磁钕铁硼。为了降低成本,尽早实现产业化,同年 5 月,用国产低纯钕为原料磁能积高达 41 兆高奥的低纯度稀土永磁钕铁硼研制成功。为了实现产业化生产,中国科学院联合多家研究机构,成立了中科三环公司,向科技成果产业化迈出了关键的一步。为了加强工业生产经验,中科三环与宁波磁性材料厂进行合作中试研究,使稀土永磁钕铁硼的大规模生产取得成功。随后在政府的支持下,中科三环与宁波磁厂共同合作,从美国引进 3 台大型设备,使生产能力达到 40 吨,成为中国第一个钕铁硼生产和出口企业。在此之后,三环公司通过合资和收购等多种形式,陆续建立多家企业。经过 10 多年的努力,中科三环已经成为世界排名第五的钕铁硼生产企业,产品约占世界市场的 10%。企业的市场销售模式为根据钕铁硼产品的性能建立客户网络,然后按照用户需求,生产用户所需的钕铁硼产品。

根据我们的调查,企业在工艺创新过程中同市场状况和信息搜集及处理程度密切相关。结合许庆瑞等(1998)人对二次创新的研究以及 Daghfous 和 White(1994)的三维创新模型,我们认为企业工艺创新过程、市场状况和信息搜集及处理这 3 个过程相

互作用,决定企业技术创新的成败。这 3 个过程的各个阶段如下。

工艺创新过程有 6 个阶段(以中科三环为例说明)。(1)技术的分析和获取阶段:从技术和市场方面调查技术引进的可行性,获得技术或设备(根据研究和分析,决定从美国进口 3 台大型设备)。(2)设备购置和安装阶段:掌握获得的技术和设备,并能操作(安装设备,调试)。(3)适应阶段:使获得的技术和设备适合本企业的生产(使设备适合本企业状况,安装调试成功,生产出钕铁硼产品)。(4)提高阶段:改进获得的技术和设备,提高技术水平(不断改进工艺水平,生产出多种型号的钕铁硼产品)。(5)创新阶段:进行自主创新,使工艺水平提高,接近或达到世界领先水平(通过工艺水平的不断提高,现在已经能生产出 N50 和 N48 等用于计算机的高性能钕铁硼产品,产品性能达到世界先进水平)。(6)合作创新阶段:同用户或供应商合作,进行工艺创新(现在企业可以根据各类用户的需要,生产多种性能和形状的钕铁硼产品)。有研硅股在 8 英寸单晶硅及其抛光片的技术创新过程,也经历了以上 6 个阶段。

通过调研发现,我们所研究的两家企业在工艺创新过程中,企业有着明确的市场方向,相对而言,企业所面临的市场状况对企业更为重要,因此在工艺创新过程中将企业面临的市场状况划分为下述 4 个阶段。(1)市场分析阶段:分析国际同行领先企业的市场状况和国内需求。(2)国内竞争阶段:在国内同国外领先企业产品竞争。(3)国际竞争阶段:在全球范围同国际领先企业竞争。(4)市场进化阶段:同客户合作,共同开发新市场。

由于在工艺创新过程中企业依然要不断将不确定信息转化为确定信息,掌握以往忽略的信息,因此按照 Daghfous 和 White(1994)对企业技术创新过程中不同信息阶段的划分,企业技术创新过程中按照信息量的多少和分析处理程度可以划分为以下 4 个阶段。(1)可信阶段:为创新可能成功进行初步信息分析和收集,表明创新可能会成功,但是不能表明创新一定会成功。(2)确信阶段:进行更多信息收集,同时对这些信息的分析表明创新可能成功。(3)计划阶段:所需的信息收集完成,在分析的基础上,表明创新能够成功,在此基础上制定创新计划。(4)优化阶段:拥有广泛的信息,这些信息为创新如何取得成功指明方向,以最短的时间和最优的成本,完成技术创新。

这里强调的信息主要是企业有关工艺创新过程中获得的有关促进工艺创新顺利进行的信息。企业信息的获取过程就是企业不断学习的过程,包括企业从用中学、从干中学,从供应商处获得知识,从竞争对手获得知识,从用户获得知识,从研究机构

和大学获得知识。企业获得有关技术创新的各种信息后,需要对这些信息进行分析和处理,以指导企业技术创新过程的顺利实施。

由于在工艺创新过程中,企业生产的产品是市场上已经存在的,市场中基本不存在像产品创新那样的不确定信息。同时,市场状况是企业面临的客观实际条件,基本不存在与信息搜集与分析的关系。因此,在分析企业的创新过程中,着重分析了工艺创新过程和市场状况以及工艺创新过程和信息量变化的关系。

三、影响我国企业技术创新的主要因素及其分析

利用上述分析框架研究了中科三环和有研硅股两家企业工艺创新过程各个阶段市场和信息搜集处理情况后,再对两家企业及其同国外领先企业(中科三环同美国 MEMC,有研硅股同日本住友金属)工艺创新过程各个阶段市场和信息搜集处理情况进行比较分析,可以得出影响企业技术创新的主要因素主要有以下 4 点。

1. 市场竞争压力大造成企业技术创新较难获得市场成功

8 英寸硅片主要处于跟踪世界先进水平的地位,当企业将创新产品投入到市场初期,就面临国际市场强大的竞争压力,获利较为困难,这影响了企业技术创新的持续进行。企业很难依靠已有的技术同国际先进企业在高端产品线进行竞争,为了生存和发展,只好将市场竞争的重点放在国内市场和国际低端产品市场,国内市场主要使用 6 英寸、5 英寸和 4 英寸单晶硅抛光片。有研硅股主要是 6 英寸、5 英寸和 4 英寸单晶硅抛光片,其中 4 英寸和 5 英寸单晶硅抛光片月产量在 7 万片左右,但订货量在 10 万片左右,处于供不应求的状况。虽然有研硅股能够生产 8 英寸单晶硅抛光片,但由于国内外市场竞争激烈,市场开发十分困难,生产一直处于不饱和状态、产量较小,没有达到规模化生产水平。中科三环由于钕铁硼技术水平基本同国际领先水平同步,同时国际钕铁硼市场全面景气,故市场销售情况较好,产品约占世界市场的 10%。

2. 企业信息搜集和加工能力较弱

企业技术创新的过程也是企业不断消除不确定性信息和克服忽略信息的过程(Daghfous and White 1994)。企业在技术创新过程中应当尽可能搜集全面的信息,并用科学的方法对信息进行处理和分析,这些都有助于企业技术创新的成功。国内企业在技术创新过程中,相对国外领先水平企业来比,不但信息搜集的量相对国际领先企业不足,而

且对有关技术创新信息的处理和加工的深度不够。这就增加了技术创新过程的盲目性,阻碍了技术创新过程的顺利进行。而企业有关技术创新的信息搜集就是企业的学习过程,企业在向其所处的创新网络获取知识和信息的能力,与企业本身的技术水平密切相关。除企业自身研究开发能力外,政府政策不是以企业为导向,也是造成国内企业信息搜集和分析能力较差的原因之一。以 8 英寸单晶硅技术创新过程为例,MEMC 电子材料公司等国外技术领先企业,自主研究开发强,在研究开发中以市场为导向,因此在技术创新过程中注重信息的分析和处理。有研硅股由于研究开发能力相对国外技术领先企业较弱,在研究开发中较多地依靠政策导向,对市场的考虑放在政策之后,因此企业在技术创新过程中紧盯政府政策,即使经过信息分析认为技术创新能够成功,也必须看政府产业政策,有时甚至是等待政府政策扶持。这就造成有研硅股相对国际领先企业来讲,不注重信息的分析和处理,进一步削弱了企业技术创新能力。

3. 技术差距过大影响企业市场开拓

中科三环能够批量生产 48N 和 50N 的钕铁硼产品,比国际先进水平 52N 和 53N 相差不多,技术差距较小。有研硅股 8 英寸的硅片生产线虽已建成但尚未能跨越大生产工艺障碍实现规模生产,硅片的质量同国际先进水平相比还存在一定的差距。中科三环相对有研硅股来讲,产品与国际先进水平基本同步,所以中科三环从外部的知识和信息获取的量和对这些信息加工处理的水平随着技术创新过程深入不断提高,而且能够同用户合作,共同开发新市场。中科三环与有研硅股相比较,市场发展相对较快。这表明企业的技术水平与国际领先水平差距越小,技术创新过程中信息获取和分析能力越强,企业占领市场也较快。

4. 生产规模较小影响企业技术创新能力

国内企业的市场规模较小。以 8 英寸单晶炉为例,有研硅股只有 7 台,而国际领先企业如 MEMC 和 LG 等近百台。这样国内企业在工艺创新过程中,即使有了较好的思路,由于规模生产小的原因,设备供应商也不愿为国内企业生产其特殊需求的单晶炉,而国外领先企业由于规模较大,设备供应商愿意为其提供特殊规格的设备。这样就造成国内企业得不到技术先进的设备,只能获得市场上已有的设备。企业即使进行了详细的信息搜集和分析,在技术创新过程中由于设备无法购置和生产,对技术创新没有多大的指导意义。这也造成有研硅股相对国际领先企业信息分析和处理能力较弱。不能通过差异化的设备生产差异化的产品,也就不能通过差异化创造企业的核心竞争能力。

四、政策建议

在企业技术创新过程中,市场竞争状况、企业信息分析与处理能力、企业生产规模和技术差距等问题是企业技术创新的瓶颈因素。下面针对企业在技术创新过程中存在的问题,提出相应的建议。

1. 缓解市场竞争压力的政策

政府在制定产业技术创新政策过程中,应当从系统的角度出发,将该产业及其上下游产业作为一个整体来加以考虑,为该产业在创新初期培育良好的市场环境。比如将单晶硅片的生产同集成电路产业通盘考虑,因为国内集成电路芯片生产技术多为4、5、6英寸硅片(中国科技发展研究报告,2001),对8英寸单晶硅片的需求较小,使我国的8英寸硅片直接面临国际市场的残酷竞争,不利于技术创新的成功。由于集成电路厂家的工艺线习惯使用一种公司生产的硅片,为了保证IC产品的稳定性,不愿更换硅片供应厂家,这也是有研硅股8英寸抛光片市场开发困难的原因之一。同时只有位于国内的集成电路企业(主要是三资企业,比如Motolola和华虹NEC),才愿意试用有研硅股的8英寸抛光片;而国外集成电路企业由于地缘问题,根本不考虑使用有研硅股8英寸硅片。国外企业在8英寸硅片上取得成功的主要原因是其国内有着大量使用8英寸硅片的集成电路企业。这表明国内外的市场环境都不利于8英寸单晶硅技术创新取得成功。因此,国家应当建立使用8英寸硅片的集成电路企业。只有提高我国集成电路产业的技术水平,才能充分发挥国内企业的地缘优势,拉动硅片产业的技术进步。

2. 增强企业信息搜集和分析方面的政策

政府在制定产业政策时,应当以企业为中心,按照企业的需求和市场规律办事,减少企业在技术创新过程中等待政府政策的状况。这样不但能够使企业及时抓住创新时机,也能够促进企业在技术创新过程中对信息的搜集和分析。同时,政府应当发挥区域创新网络的优势,促进各种创新主体间的相互作用,使企业在相互学习中不断获得有关技术创新的信息,增强企业信息获取的能力和途径。通过各种机构间的相互作用,提高企业对技术创新过程中信息的分析处理能力,减少技术创新的盲目性。比如国内虽然有研究所能够开发出性能好的稀土永磁钕铁硼,但是由于工艺较差无法从事规模生产;同时由于知识产权和技术保密等原因,企业与科研院所合作困难,造成社会资源的浪费和重复劳动,制约国内技术创新。政府应当减少直接干预,利用教育、信息和科技等政策工具,为企业技术创新培育良好的环境,促进产学研合作。

3. 解决生产规模较小问题的政策

相对国际领先企业,国内企业的规模普遍较小,这是我国存在的现实问题。在市场经济的条件下,由国家出资建立一个大规模企业不但可能违反市场规律,同时由于资金约束,也是不现实的。因此,国家和地区政府应当在创新环境方面出台政策,鼓励企业合并。这样有助于企业在市场规律的指导下,通过合并、兼并和重组等多种手段,不断扩大企业的生产规模。在此过程中,政府切忌充当拉郎配的角色。

4. 解决技术差距问题的政策

政府对企业技术创新的支持除了技术先进性方面外,还应当考虑到国内外市场竞争的状况。中科三环同国外企业几乎同时起步,技术相差较小,市场占领较快,钕铁硼产品可以同国外领先企业在中高档产品进行竞争,已经具有批量生产N48和N50的能力。反观8英寸单晶硅抛光片,由于与国外技术相差较大,当有研硅股投入生产时,已经是国际市场上成熟的技术,国际市场竞争较为激烈。同时集成电路企业对原硅片供应商的合作惰性,使企业市场开拓困难,技术创新的最后阶段很难获得成功。因此,应当在技术可行的情况下,越过一些技术阶段,直接针对技术和市场上还未成熟的产品入手,以技术跨越方式获得技术创新的成功。目前有研硅股已经能够生产12英寸硅单晶和拉制18英寸硅单晶,这基本同国际上同步;并且每月可以出售500到1000公斤12英寸硅单晶从中盈利。目前国际上没有12英寸单晶硅片的生产线,只有中试线。在12英寸硅片还没有成为主流产品之前,政府应当从国家战略角度出发,支持此类项目的进一步深入进行。政府在对企业技术支持过程中,应当以国际领先技术为重点支持对象。这需要国家通过制定发展12英寸硅片产业发展计划,鼓励12英寸单晶硅片技术发展,为企业从事12英寸单晶硅片技术创新建立良好的外部环境,实现技术的跨越发展。

5. 解决8英寸单晶硅生产不饱和的政策

由于我国的8英寸主流硅片(主要用于生产CPU和内存条)竞争不过国外领先企业,为了充分利用8英寸硅片生产设备和工艺,应当开发具有核心技术的特殊产品,以满足特殊的市场需求,使8英寸硅片技术创新最终获得成功。现在随着大规模和超大规模基础电路及新型场控型高频电力电子器件的飞速发展,市场上对大直径重掺杂硅单晶需求日益看好。政府在制定半导体技术发展计划中,应当跨越8英寸主流硅片将目标瞄准12英寸单晶硅技术,但为了减少当前对8英寸单晶硅技术投资所造成的损失,政府应当在企业重掺杂8英寸硅片技术创新过程中给予企业必要的支持,最终使8英寸硅片技术创新获得成功。

(下转第25页)

显然是指,“只有拥有了适合的‘土壤’,科学之树才能开花结果”。如果中国拥有了适合的“土壤”,就会产生一个高水平的科学家群体,而且,这些科学家可以互相启发、互相帮助,就像二千年前的古希腊产生了一大批思想家、文艺复兴时期的意大利产生一大批艺术家、20世纪五六十年代的英国剑桥大学产生了一批著名科学家一样,中国也会产生一大批高水平的科学家。格林加德教授的观点对于我们分析和认识“诺贝尔现象”以及中国目前的科学技术状况确实是很有启发的。

毫无疑问,自实现科教兴国的战略以来,中国政府已大幅度地增加了对科学研究经费的投入,中国科学家从事科学研究的硬件环境得到很大改善,而且的确也取得了一些原创性的科学和技术成果,如王选、袁隆平、吴文俊等科学家的工作。但是,个别科学家的原创性成果并不意味着整个社会已经建立和完善了创造力充分涌流的社会条件。中国的“诺贝尔现象明显地凸现了一个难以回避的事实:目前中国还缺乏原创性科学成果充分涌流的社会土壤。中国社会要造就一流的世界级的科学家,走出“诺贝尔现象”的困局,首先应该重振科学精神,营造一个适宜于原创性科学成果脱颖而出的社会文化环境和可持续激励的条件,而不应该只是简单地投入和高薪“挖人”。

三、走出“诺贝尔现象”的困局 需要人文社会科学发展的支撑

需要指出的是,20世纪后期由“诺贝尔现象”所引出的话题虽然与“李约瑟问题”转换出的问题的形式相同,但语境和解答域却有所不同。

首先,“李约瑟问题”指向的是中国近代社会,是针对历史经验和教训的反思;而当今的“诺贝尔现象”问题,却直接面对的是中国现代社会,是对现实的思考和对未来的忧患。

其次,中国自改革开放的新时代开始以来,随着国家科教兴国战略的实施,科学家从事科学研究的自主权和社会支持力度有了很大的改善,科学家从事原创性的科学研究工作得到了政府和社会越

来越多的支持和奖励。20世纪后期的科学家与近代中国社会的科学家从事科学研究的境遇已经发生了巨大的改变,与之相应,当今社会缺乏原创性的科学和技术成果的主要社会原因也与早期的近代社会有了大的不同。

还有,与西方近代科学和技术发展史所揭示的情况相类似,中国近代社会的科学家首先遭遇到的也是科学生存权和自主权问题,即科学家有没有自由从事科学研究的基本权利的问题。而在20世纪后期,所要解决的问题已不是允许不允许从事科学研究、支持不支持科学研究的问题,而是如何让原创性的科学和技术成果脱颖而出的问题,它直接面对的则是科学和技术事业持续发展的社会支持问题。

尽管如此,“李约瑟问题”和“诺贝尔现象”引出的话语问题在本质上却是同一的,即,中国社会为什么缺乏原创性的科学和技术成果?或者是,中国社会是否具备实现原创性科学和技术成果充分涌流的社会条件?这既是历史经验和教训的启示,也是我们改变现状、走向未来必须面对的战略难题。成功地应对这一难题,既需要科学和技术进步力量的推动,更需要人文社会科学发展的支撑。可以预言,我们的社会只有形成了科学文化和人文文化共同繁荣的局面,才有可能最终建立起可持续的原创性的科学和技术成果充分涌流的社会条件,完善其原创性科学和技术成果脱颖而出的社会环境。

主要参考文献

- [1] [美] 米哈伊·奇凯特米哈伊著·夏镇平译·上海译文出版社,2001
- [2] [美] R·K·默顿著·范岱年等译·17世纪英国的科学、技术与社会·四川人民出版社,1986
- [3] 刘大椿,段伟文著·转型驱动力——现代科技革命与社会变革·江西高校出版社,2002
- [4] 李建军著·创造发明学导引·中国人民大学出版社,2002
- [5] 与诺贝尔大师面对面·文化艺术出版社,2002
- [6] 自然辩证法通讯杂志社编·科学传统与文化——中国近代科学落后的原因·陕西科学技术出版社,1983
(责任编辑 蔡德诚)

(上接第29页)

参考文献

- [1] 傅家骥·技术创新学·[M] 北京:清华大学出版社,1998
- [2] W. J. Abernathy. W and Utterback. J. (1975), Patterns of industrial innovation[J], MIT Technology Review 80, 7, P29
- [3] Abernathy. W, Clark. K and Kantrow. A. (1983), Industrial Renaissance: Producing a Competitive Future for America [M]. Basic Books, New York
- [4] Qingru Xu Jin Cheng Bin Gou. (1998), Perspective of

Technological Innovation and Technology Management in China[J], IEEE transactions of engineering management, 10, P381-387

- [5] Daghighi, A White, G. R. (1994), Information and innovation: a comprehensive representation[J]. Research Policy, 23, P267-280
- [6] 中国科技发展战略研究小组·中国科技发展研究报告[R]. 北京:中共中央党校出版社,2001
(责任编辑 王宏章)