

技术创新的系统观与系统框架^①陈劲^②

(浙江大学管理学院)

【摘要】技术创新作为企业资源结构有机化和高度化的核心动因,是当今企业生存和发展的源动力,而企业技术创新行为及其有效性在很大程度上受到国家战略、社会经济环境、生态环境的压力及企业自身发展战略的影响和制约。因此,必须以系统的观点、从战略的高度和组合的角度来研究企业的技术创新行为。本文从系统管理的角度,结合我国高技术与传统制造企业的案例分析,论证了技术创新与创新系统的关联、我国企业技术创新系统的框架,从而帮助中国企业从系统的高度来认识、运作组合技术创新。

关键词:创新系统,技术创新,企业

分类号: N94; F270

F 403.6

0 组合技术创新的系统框架

组合创新实质是企业 在发展战略引导下,系统性协同创新的行为。其中因素有战略、组织结构、文化、技术环境及技术资源等^[1](见图1)。由此可见,组合技术创新总括成四个方面^[2](见图1):

(1) 技术创新项目的组合

其中最主要的是渐进创新项目与重大创新项目组合。一般而言,技术创新项目按其重要性可分为渐进创新(incremental innovation)项目和重大创新(radical innovation)项目。渐进创新项目和重大创新项目对企业都具有较大的经济意义,然而由于资源的有限性,企业必须在渐进创新项目与重大创新项目的选择上有一个均衡的考虑。

(2) 产品创新与工艺创新

单纯的产品难以长期维持其竞争效益,必须依靠工艺创新。产品创新过程中必须考虑现有的工艺基础。因而,产品与工艺创新的组合构成了企业组合创新效益实现的基础。

(3) 技术创新与组织、文化创新的组合

一般说来,制度是对组织、文化的规范,而组织、文化是制度的具体存在。企业技术创新的频度与规模依赖于企业组织结构与文化氛围。所以,从制度创新的角度对企业技术创新进行研究,具体细化为研究技术创新与组织、文化创新的协同关系。

(4) 技术创新与创新系统的组合

企业技术创新是企业价值观与企业使命的具体表现,它是在反复权衡与雕心构思(crafting)企业的环境与条件所形成,一个技术创新项目是其企业创新系统下的具体操作,企业创新系统的结构与功能,影响着企业技术创新的层次(引进或自主开发)与频度。

1 企业组合技术创新的总体特征

正如熊彼特将创新视为一个新的生产函数的引入,组合创新是从企业整体出发,对企业所拥有的或可获得的生产要素和资源进行优化重组的过程。因此,组合创新就表现出如下一些与单个创新行为不同的复杂特性:

^① 国家自然科学基金资助项目(79400020)。

^② 陈劲,管理工程博士,副教授,通讯地址:浙江大学管理学院,邮编:310027。
本文1998年11月12日收到。

(1) 组合技术创新的多重性

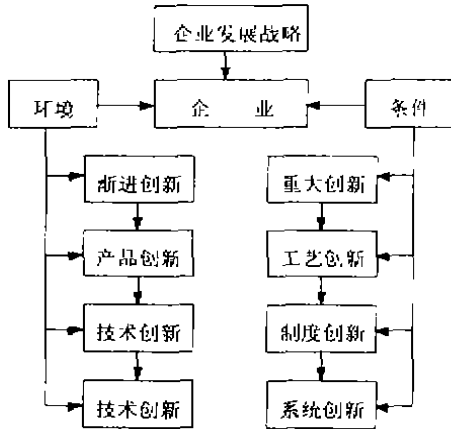


图 1 企业组合技术创新的结构

组合技术创新具有多重性,它包括四个方面:渐进创新与重大创新项目的组合;产品创新与工艺创新组合;技术创新与制度创新的组合和技术创新与系统创新的组合。创新项目、产品创新和工艺创新的协调作为企业组合创新的基础层次,是企业组合创新效益实现的基础。在此基础上的组织创新与文化创新、战略创新组合层次则直接决定了企业创新效益的实现。

(2) 组合技术创新的经济性

合理的组合技术创新的整体效益要大于单个创新的效益之和,并且,随组合创新数的增加而呈现动态性变化,这主要是基于如下一些原因。①对于企业而言,由于其技术发展存在一定的范式和轨道,因而在技术项目的选择上就具有一定的途径依赖性。所以选择合理的创新组合,就可以达到技术基础共享的目的,并有利于组织技术能力的积累;②不同的创新项目往往涉及到相同的技术环节,以及相同的研究设备和仪器,因而合理的创新项目组合可通过 R&D 费用上的协同作用起到节约 R&D 费用的目的;③由于技术创新活动具有较大的风险性和不确定性,因而对于单个创新项目而言,将承担较大的市场风险和技术风险,而组合创新由于技术基础的共享和 R&D 费用上的协同作用,可起到市场风险和技术风险的分担效果。

(3) 组合技术创新的动态性

由于技术创新是一个动态的过程,创新的组合实现也就随之贯穿于整个创新活动当中,对于组合创新来说,各个创新项目之间存在的交互作用将使组合创新效益的实现呈现出动态趋势^[1]。

组合技术创新的框架亦可由图 2 所示。

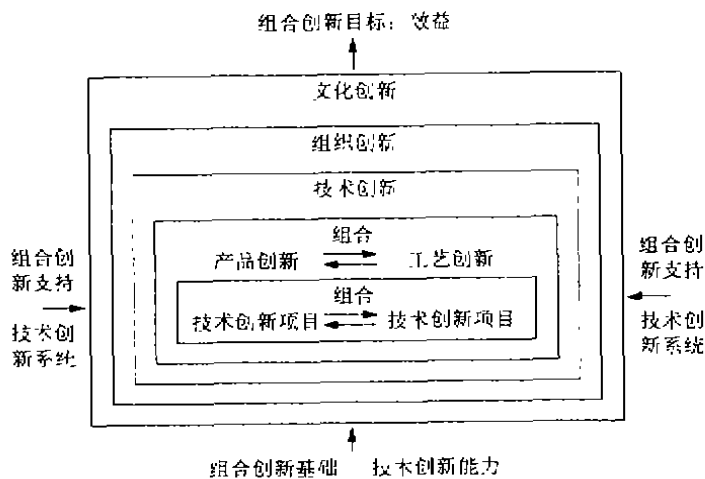


图 2 组合技术创新的框架

由于发展中国家的企业,在经济与技术实力等方面的相对不足,在一定时期内能给的研究、开发与技术创新项目所能提供的资金与人才及相应的制度建设总是有限的,而组合技术创新的经济性使得组合技术创新在发展中国家企业的应用具

有较大的潜力;又由于组合技术创新的多重性、动态性,使得组合技术创新的管理,较之发达国家,其模式更为复杂,因此,合理的创新系统的支撑,显得十分必要,这也是下一节所要论述的内容。

2 企业的技术创新系统

由于现代技术是一种系统^[4,5],技术创新是指技术系统的创新.由于技术系统是一种复杂系统,因此技术创新也不是单因素创新,它需要各种因素共同发生作用,而且需要一个过程才能实现的,这是因为:

- 技术创新多是某种“需要”刺激的结果.因此,技术创新首先是源于来自技术创新要素以外的某种信息的刺激,接受这种刺激的是技术系统的主导要素“人”.企业家与技术桥梁人物(Gate-keeper)能够主动对这种刺激作出反映,从而直接产生新的构思,或“指令”技术系统中的其他人去进行新的构思.
- 技术系统各要素在运转过程中,也可能产生某种不协调,并由于这种内部不协调而引起组织对外部环境的不适应,或技术系统内各因素间的互相不适应,而使技术系统的运转效率不高.为了改变这种状况,就需要对技术系统全部或局部进行改变.这种改变而导致的技术创新的刺激或需求来自技术系统内部,需要相应的组织管理、制度变革来平衡.
- 创新取得进展,必然伴随新的知识的运用与诞生,因此,技术创新过程也是一个不断学习与运用知识的过程.因此,创新人员素质、对创新人员的不断培训是极其重要的^[6,7].

从创新理论的研究过程看,以前较多地停留在对企业家创新行为的研究,这是第一代技术创新理论,如 Schumpeter 在 1934-1944 年的工作,他强调的是企业家的作用;随着研究的深入,许多研究者开始注意到创新在较大程度必须在企业与企业之间或企业与用户之间交互作用的过程中进行,包括供应者与装配者、生产者与消费者之间的相互影响;竞争者之间的技术信息交流等(Fusfeld 和 Kahlish(1985), von Hippel(1987)).其中以 von Hippel 的观点较为典型.在他看来,技术创新的过程,由于存在各种“粘着信息”,亦是一个充满试错的过程,并为对解决创新问题方向的洞察所左右.为了加快创新的过程,需要加强创新者与用户的

交流与合作,才能及时地提取必要的“粘着信息”.因此,目前技术创新研究也进一步深入到创新过程的内外协同,即创新系统.对美国、日本等发达国家的创新过程的历史观察发现,企业技术创新系统对创新活动的开展影响较大,如日本,以往人们往往注意到日本“吸收型”创新战略的成功,未看到日本企业在创新系统的建设方面的巨大作用(见表1)^[4,8].

表1 日本企业技术创新系统的特点

指 标	技 术 发 展		
	技术引进	消化吸收	自主渐进创新
工程、发展、研究的重点	工程	工程、制造过程	R&D
创新战略	不断提高	吸收性创新	创新
公司内部的结合	一般	高整体性	更高整体化
创新任务的源	制造部门	R&D 部门、制造部门或公司	公司
R&D 和技术引进的整合性	分散	高整合性 (0.595)	高整合性
创新风险承受	个体	群体	群体

3 我国企业技术创新系统的实证分析

为了进一步说明企业技术创新系统的重要性及具体的构建途径,这里对杭州通信设备厂及杭州制氧机厂进行简要的案例分.

企业技术创新系统的实证分析一:杭州通讯设备厂

杭州通信设备厂从一家邮电设备的修配厂,一跃发展成为以研制、开发、生产经营移动通信为主的电子通信设备的专业厂家,1996年劳动生产率高达88万元,与1958年建厂相比,国有资产增加了200余倍.其中,杭州通信设备厂(以下简称杭通厂)成功的主要原因就是该厂依靠技术创新来提高企业的竞争力,并在整个技术创新活动中,重视建立与完善企业技术创新系统.

杭通厂的高层决策者在80年代末就超前地看到,改革开放是大势所趋,随着世界经济的发展,通信必然要实现数字化、全球化.决策者还敏

锐地预测到,作为国家重要基础设施的邮电建设将会以高于30%的速度超前发展,电话会大面积普及且会出现固定电话向移动电话转移的新式需求。而当时国家通信建设急需的移动通信、万门程控等现代通信设备一度主要依靠直接进口,美国的MOTOROLA、瑞典的爱立信、日本的NEC等国际大公司均致力于强占中国的大市场。鉴于这一情况,杭通厂的高层决策者根据企业所拥有的技术水平与国内的大市场,果断地提出了“高新技术起点、多渠道技术引进、高速度形成规模经营”的经营战略,并由此作出了一个具有超凡胆识的决策:尽早与世界著名的无线通信产品制造商——美国的MOTOROLA公司签订蜂窝电话手机与基站系统设备技术引进合同,并在与MOTOROLA合作中,掌握并提高其生产制造技术。这一决策的制定与实现,从根本上改变了杭通厂的产品结构,企业发展出现了新的生机,1992年就超前完成了“八五”原订计划,实现销售收入4亿元,1993年销售收入猛增到15亿元,国有资产也从“七五”期间多年徘徊的1000万元猛增到20000万元。

在技术创新过程中,企业家精神是企业技术创新系统的核心,企业家精神具体表现为:

(1)风险决策意识:在社会主义市场经济下,企业面临着激烈的竞争,对从事通信技术这一高新技术的杭通厂来说,竞争不来自国内企业,而主要来自国外实力雄厚的跨国大公司,在日益激烈的竞争中,没有风险决策意识,就无法抓住企业发展的契机。当施继兴厂长敏锐地觉察到移动通信产品的巨大潜在市场在而致力于投入时,当时的权威人士一再担忧三五年内国内需求量只有数千部移动电话。施厂长不为权威所折服,冒着技术引进项目的经济风险和选择美国企业做合作伙伴的政治风险,毅然与美国MOTOROLA公司签订技术引进合同。事实证明,这一风险决策对杭通厂奇迹般的跳跃发展起了历史性的推动作用。

(2)超越自我的精神:对于成功的企业家来说,只有不满足现状,不懈地追求才能充分挖掘自我潜能,带动企业向更高的目标前进。施继兴厂长总是不断地超越自我,追求在常人看来不能实现的目标,企业的经营目标对他而言,是一个动态的目标,是一种永无止境的追求。当1994年杭通厂

的销售收入达到20亿时,施厂长在1995年提出当年的销售指标为保证30亿争取40亿的设想,并进一步规划杭通厂在2000年销售收入达到100亿元,100亿元,是全上海市通信产业在2000年的目标规划值,这表明,杭通厂在2000年的销售额与上海通信企业总销售额不相上下,这是一种多么雄伟的目标。

(3)坚韧不拔、跟踪实施的毅力:要使企业取得跳跃发展,企业光靠新思想还远不够,在形成企业的技术创新战略设想或意图后,很重要的一点,就是采取有效的行动去实现它,由于在实施过程中会受到企业主管部门、企业的组织结构、企业文化、信息沟通与资源分配等多种相互矛盾因素的影响,需要企业家有坚韧不拔、跟踪实施的毅力来处理有关的矛盾与冲突,以实现企业战略意图。对杭通厂来说,在实施企业发展战略时遇到过无数的阻力,如在移动通信基站系统设备技术引进项目实施过程中,遇到了五大难题:上亿美元的散件进口批件、替代用户特批减免部分进口关税、异地收取大量外汇、众多出国培训人员批件、巨额流动周转资金,这些难题的解决,没有坚韧不拔的毅力是不可能实现的。

其次,重视人才的培训与引入,提出企业技术创新的“人才先导、素质为本”的思想,因此在战略上对人才的引进、培训、使用与培养上有科学的安排。具体反映在以下几个方面。

杭通厂对引进人才问题,放到战略的地位上来考虑。电子技术是高新技术,竞争的的决定性因素取决于人才。为了实现企业的宏伟目标,到2000年企业的总销售收入达到100亿,杭通厂提出到2000年在人才培养上完成“1221工程”,即10~20个科技带头人;投资2个亿用于引进和培训人才;培养起一支2000人的专业技术队伍;20亿的R&D投入。自1989年以来,杭通厂从50所大专院校和科研院所引进了5名博士生、40多名硕士生,本科与专科生550人,中专生130人,现企业2370多职工中,引进的大专以上的职工有856人,占职工总数的36.1%;现共有技术人员1100多人,占职工总数的46.4%,如移动系统部,大专以上技术人员达到70%~80%。表2表明了杭通厂近年引进人才的情况。

表2 杭通厂1988到1995年历年的人才数量与质量
(表内数字是当年累计数)

年份	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
博士	0	0	0	1	2	2	2	5
硕士	1	3	6	7	10	14	25	61
本科	52	115	168	230	304	476	590	729
专科	15	17	23	30	35	43	49	61
合计	68	135	197	268	351	535	666	856

在技术培训方面,杭通厂一是重视出国培训,杭通厂在近4年来,每年有50—80人次去国外的大公司培训,其中1993、1994年共投入400万元,有131人次参加了培训,统计表明,杭通厂约有1/8的人员接受过国外培训,如此高的国外培训比率,使杭通厂及时了解国外的管理与技术,二是加大培训投入力度,为了保证人才培养战略的实现,杭通厂近年来不断加大职工教育经费投入,1994年职工教育培训的经费达到64万元,占企业全年销售收入的3%,自1989年以来,每年26%~302%不等的速度增长(详见表3)。

表3 杭通厂近年职工教育培训的经费额

年份	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
教育经费 (单位:万元)	3.29	4.86	6.78	6.74	12.68	15.98	64.27
比上年增长 速度(%)	NA	47.7	39.5	-4.0	88.1	26.0	302.2

在具备企业家与优秀科技人才的同时,杭通厂积极优化研究与发展系统,主要表现为科研体制的不断改革;1991年以前,杭通厂将研究所集中于总厂,负责全厂的技术开发,由于科研人员远离市场,缺乏市场意识,新产品开发的速度与品种均跟不上市场需求的变化,针对这一矛盾,杭通厂作出了把科技人员推向市场的决定,即解散远离市场的集中式新产品开发研究所,而将其转移到相关的经营分厂,这一措施取得了很好的效果,表现在:

- 技术开发以市场为导向,解决了科研与生产、销售脱节的弊端;
- 由于有了经济观念,产品开发中的不合理费用得以减少。

在把大部分科技人员推向市场的同时,杭通

厂积极开展高层次的应用基础研究,杭通厂积极组建国家级企业技术中心,投资了3300万元,逐步建成一个高水平的产品开发及中试基地,并优选60名高水平的科技人员在技术中心工作,以便使杭通厂在技术上能跟踪并超越世界通信技术的发展,由于上述的努力,杭通厂的研究与发展在有稳定经费的保证下,形成了高层次应用基础研究与面向市场的技术开发有效连接的网络,为技术创新奠定了重要的基础。

在与政府合作方面,杭通厂由于是邮电部直属企业,通过与邮电部的合作,得到了较大的国内市场,也能够得以及时获得用户的信息,因此,政府给予杭通厂以市场与用户信息,这些都是技术创新所不可或缺的。

企业技术创新系统实证分析二:杭州制氧机厂

如第2章等的详细分析,杭州制氧机厂(下称“杭氧”)通过六代产品的组合创新,产品技术达到90年代中期国际先进水平,是我国最大的空气分离和液化设备的生产企业,在组合创新过程中,如同其他国有企业,杭氧由于企业留利不足、流动资金不足和其它制度性因素(如社会负担等),使研究开发(R&D)经费不足,除了1988年和1989年留利与销售额的比例超过10%以外,其他各年的该比例都在7%左右徘徊,因此,该厂每年只有200多万元研究开发费用,用来对引进和跟踪的技术进行消化吸收与创新,在资金如此困难的条件下,杭氧在组合创新方面的成功,得益于企业技术创新系统的构建与完善,它多少弥补了杭氧在资金方面的不足,杭氧的企业技术创新系统的主要特征是:

一是通过干中学(learning by doing)与培训提高技术人员能力,随杭氧产品的更新换代,杭氧技术人员能力得以不断积累和提高,根据产品发展的不同阶段,以及相对应的技术人员能力提高的不同特点,可把杭氧技术人员能力提高过程分为两大阶段,引进林德技术之前的通过测绘和自主设计为主的摸索型学习和引进林德技术后的培训和自主开发的综合性学习,这些摸索型学习和综合性学习一直坚持了近四十年。

二是坚持不断改革和改组,以良好的管理推动技术创新,杭氧自1992年7月开始以三项制度

改革为起点,在激励体系、管理和组织体系、决策体系方面进行了一系列改革,其中最突出的经验有两个:一是实行三项制度改革,提高企业职工的工作积极性;二是改革企业管理体制、调整企业组织结构,朝建立现代企业制度的方向发展。

杭氧的三项制度改革以分配制度上建立有效的激励机制为突破口。1992年7月开始,杭氧实行了以全员劳动合同为主体内容的“三项制度”改革。在改革过程中,用工制度改革和分配制度的改革是紧密联系在一起的,通过用工制度改革,优化人员结构,建立有效的激励机制,从而打破分配上的平均主义。具体三项制度改革的方案,在工资结构上,按照效益优先、兼顾公平的原则,引进三资企业和乡镇企业的复合工资制,并结合杭氧已有的岗位技能工资和经济责任制,建立起新的工资分配政策。在人事制度改革上,杭氧按照精干、高效的原则,重组企业内部的组织结构,并根据职能的变化重新实施定编定员。在定编定员的过程中调整人员结构比例,压缩非生产经营人员,使在岗人员实现满负荷工作。将继续开展合格员工达标活动,通过教育和制定一整套行为规范和奖惩办法,不断提高员工的整体素质。现在,每年压缩4%的职工比例,已成为杭氧的一个政策。三项制度的建设与完善,使杭氧技术创新的动力增强,人员的优化,为新技术的创新与应用提供良机。

4 我国企业技术创新系统的管理要点

从杭通厂与杭氧的案例可以看出,企业技术创新成功的关键是建立与完善企业创新系统^[9,10],其中首先需要企业家精神与优秀的科技人才,其次要保持不同层次的技术创新机构的平衡与连接,通过加强管理来保持创新链的联结,最后要密切与政府的合作,使企业的创新符合政府的中长期战略而获得进入市场或保证市场的契机,最终实现技术创新的全过程。

因此,我国企业技术创新系统的管理要点之一就是识别创新系统的关键因素,并及时地构建,对我国企业而言,企业技术创新系统的关键因素有:

1. 企业家精神

一个企业的企业家能否具有创新精神,至关重要,在技术创新中,常常有许多与科学新发展相关但不能确定的基本发明流,它们大半处在现有企业和市场结构之外,基本上不受市场需求的影响,虽然可能受到潜在需求的影响;这时需要企业家意识到这些发明的未来潜能,准备冒发明和创新的风险,将其付诸实施。这种冒险行动是一般企业主管不敢采取的。

2. 研究与发展体系

研究与发展是技术创新的前提,一个企业要进行有效的创新,就必须具有合理的研究、试验发展的合理布局,以及企业内部与企业外部(研究所、高校)研究与发展力量的协同。

3. 科学教育与技术培训

教育与培训的目的是为了提高和普及人们的知识水平,而知识是技术创新的前提;没有高素质的研究与发展人员,企业技术创新很难进行下去。在企业创新中,除了企业本身进行技术培训外,还应重视技术培训的外在化,即充分利用高等学校的优势来培训人才,并加以引进。

4. 与政府的合作

在当今社会,技术创新是一个在制度、组织和文化背景下进行的活动,企业的创新活动渗透了大量直接和间接的政府活动和政策效果。企业脱离政府政策的创新,往往是短期的或有损于自然环境的。日本与德国近年来在技术创新中的突出成就,就是由于企业有群体主义的思想,积极保持与政府的密切合作。

因此,企业创新系统框架如图3所示。

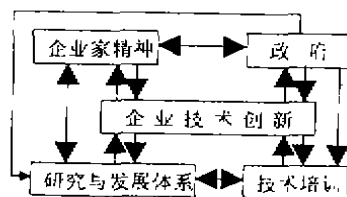


图3 企业创新系统框架

我国企业技术创新系统的管理要点之二是有效的联结系统内各要素,使之运作高速有效。对我国企业而言,推荐的创新系统的关联网路如图4所示。它表明,企业的战略管理^[1]、外部合作管理、研究发展与核心能力管理^[2]、人才管理、组织

管理、营销管理等必须系统协调,以促进创新,尤其是管理较为复杂的组合创新。

5 结束语

本文研究表明:企业技术创新的关键尽快地建立与完善企业创新系统^[2,4],这是企业技术创新客观实践的内在要求与技术创新理论发展的必然趋势,企业创新系统的运作,一方面有助于改善技术创新的环境(提供市场与研究设想);另一方面

建立更好的技术创新的条件(如人才与研究经费^[1]),因此,在整个技术创新过程中,企业创新系统对技术创新活动、市场需求与技术推动的三位一体起到了调节作用,加速或延缓三者的匹配程度,从而影响到企业组合技术创新的成功。因此,本章的研究还表明,对技术创新的认识,应不局限于讨论市场需求与技术推动两方面,而要从企业创新系统与市场需求、技术推动这三者的相互协同来考虑,按照这一新的角度,会更全面、更深入地把握技术创新的本质。

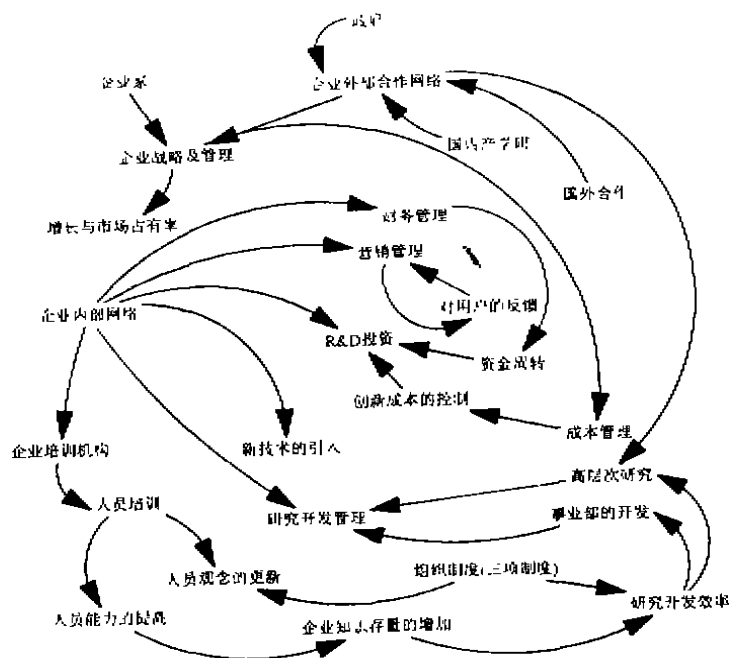


图4 企业创新系统的关联网

参考文献

- 1 许庆瑞. 技术创新管理. 杭州: 浙江大学出版社, 1990
- 2 Xu Qingrui, Chen Jin, Guo Bin. Perspective on management of technology and technological innovation in China. IEEE Transaction of Engineering Management, 1998; 45(4): 381~387
- 3 Utterback, Abernathy. The dynamic model of product and process innovation. Omega, 1976, 3: 639~655
- 4 陈 劲. 国家创新系统: 对实施科技发展道路的新探索. 自然辩证法通讯, 1994; 5: 45~54
- 5 顾新一, 陈 劲. 企业技术创新研究. 杭州: 浙江大学出版社, 1997
- 6 Teece D J. The market for know-how and the efficient international transfer of technology. Annals of the American Academy of Political and Social Science, 1981. 81~96
- 7 Winter S G. Knowledge and competence as strategic assets in D, J. Teece (ed.). The Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovation and Renewal, Cambridge: Ballinger Publishing Company, 1987
- 8 Saleh S D, Wang C K. The management of innovation: strategy, structure and organizational climate. IEEE Transactions on Engineering Management, 1993; 40(1): 23~27

- 9 Chen Jin, Shou Yongyi, et al. Financial support for technological innovation in Chinese enterprises. *Proceedings of Second International Symposium on Management of Technology and Technological Innovation*. International Academic Publisher. 1998. 510~515
- 10 Chen Jin, Xu Qingrui. Prerequisite of successful industrial innovation in Chinese firms. *Proceedings of 3rd Sino-Japan Symposium on Industrial Management*, International Academic Press, 1996. 487~490
- 11 Pegels C C, Thirumurthy M V. The impact of technology strategy on firm performance. *IEEE Trans on EM*. 1996; 43(3): 246~249
- 12 Prahalad C K, Hamel Gary. The core competence of the corporation. *Havard Business Review*. 1990; 68(3): 79~91
- 13 Brenner M S, Rushton B M. Sales growth and R&D in the chemical industry. *Res. Tech. Mgmt*. 1989; 32(2): 8~15

A System View and Framework on the Technological Innovation

Chen Jin

School of Management, Zhejiang University

Abstract In this paper, the author put forward to the systematic view on portfolio technological innovation and provided a systematic framework of firm innovation system, by which most Chinese enterprises could use it to manage innovation process. At this system, the author provides four subsystems of firm systems: entrepreneur, R&D, education and government. Cases from high-tech as well as traditional manufacturing firms are drawn to verify the hypothesis. The structure and framework for firm innovation system are also provided.

Keywords: innovation system, technological innovation, enterprise