

# 从技术引进到自主创新的学习模式<sup>①</sup>

**摘要** 学习是工业技术创新过程中重要的活动形式,它对技术知识的转移、交流与使用,以及技术能力的积累与提高有较大价值。在一国或企业的技术引进到自主技术创新过程中,存在着不同的主导学习模式。本文探讨对学习模式的有效管理途径。

**关键词** 技术创新;学习模式

## 一、引言

随着经济资源的国际化,技术流的国际流动也日趋明显,因此,任何一个国家或企业为了在技术发展中处于领先地位,必须有效地协调技术引进、技术吸收与技术创新活动。由于我国在技术能力上相对薄弱,国外技术的引进被认为是改善自主技术能力、调整产业技术结构和发展经济的有效方式(Fisher,1991)。然而,发展中国家技术引进的终极目标应是:实现较多的自主技术创新,提高发展的竞争性与持久性。

学习在从技术引进到自主创新这一过程中起着不可低估的作用。长期以来,人们一直认为“干中学”(learning by doing)仅与企业的生产效率改善有关。近年来,这种观点已受到挑战,这是因为越来越多的学者已认识到学习有不同的模式,并且学习对技术能力的改善有不少作用,学习不仅仅有利于生产成本的降低。从技术创新的角度看,有三种学习模式存在(见表1)。

表1 三种不同的学习模式

| 学习模式  | 观点               | 主要作者   |
|---|------------------|--|
| 干中学(learning by doing)                        | 在工艺层次上可导致一连串渐进创新 | David(1975);<br>Rosenberg(1976)                    |
| 用中学(learning by using)                        | 在产品 和工艺方面引入若干变革  | Rosenberg(1982)                                    |
| 研究与开发中学(learning by researching & developing) | 在特定领域内发生积累性的技术变革 | Sahal(1981); Netson & Winter<br>(1982); Dosn(1988) |

在引进、消化与改进国外技术的过程中存在着许多活动,这些活动可按照其特征分为若干个阶段,如 Kohle 的四阶段模式(1973)、Sende 的十阶段模式(1990)。这里我们将这种特

<sup>①</sup> 本文 1994 年发表于《科研管理》第 2 期。

定的技术发展分为技术吸收、技术改进与自主技术创新。由于我国不少企业管理者对学习模式与技术发展阶段的关系还不十分明确,因此没有充分利用学习的特有功能。本文将指出技术吸收、技术改进与自主技术创新等阶段中主导的学习模式,并分析调整学习模式的主要原则。

## 二、学习模式动态变革的理论框架

受 F. Malerba 等人工作(1991)的启发,可以概括出学习模式有如下静态特征:(1)学习与不同层次的知识相联系,这些知识包括 do-how、do-why、know-how、know-why;(2)学习是一种在生产、设计、制造、研究开发与营销中颇费代价的行为;(3)学习在良好的研究开发体系中产生积累性的知识存量。

由于主要与生产过程相联系,“干中学”成为技术吸收中的主导学习模式,其间可获得 do-how 和 do-why 等知识,“干中学”一般不需投入大量的研究开发经费与科学家、工程师等人力,但技术工人的水平高低甚为重要。渐进创新是提高工业企业生产率的关键因素,而“用中学”指的是在使用产品或设备中可能导致渐进创新,所以“用中学”应是技术改进阶段中的主导学习模式。“用中学”仍然不是严格意义上的研究与开发,因此,用中学一般也不需要大量的研究开发投入,但对技术工人的要求会更高。出于竞争的需要,引进的技术多是“离散”的知识和信息集合,只有通过研究与开发才能掌握技术的本质,因此,“研究开发中学”是自主技术创新过程中主导的学习模式。

总而言之,在技术吸收、技术改进与自主技术创新过程中,存在着“干中学”、“用中学”和“研究开发中学”这三种学习模式的动态转移,这三种学习模式的动态特征见表 2。

表 2 三种学习模式的动态特征

| 技术发展阶段    | 技术吸收           | 技术改进     | 自主技术创新   |
|-----------|----------------|----------|----------|
| 主导学习模式    | 干中学            | 用中学      | 研究开发中学   |
| 研究开发投入    | 较低             | 较低       | 较高       |
| 涉及的研究开发人员 | 较少             | 一般       | 较多       |
| 劳动力技巧的重要性 | 较高             | 较高       | 较高       |
| 高层决策者取向   | 反应型            | 先导型      | 创造型      |
| 研究开发体系    | 无变革            | 变革       | 较大变革     |
| 信息流       | 固定             | 有一定反馈    | 较灵活      |
| 获得的技术知识   | do-how, do-why | know-how | know-why |

## 三、实际验证与结论

以上结论过于理论化,需要进行实际验证。这里以我国某大型电子企业为对象进行分析。考察该企业 15 个技术引进项目的消化吸收、改进与自主技术创新情况,可得三类学习模式在不同技术发展阶段的分布特征(见表 3)。

表3 三种学习模式在不同技术发展阶段中的分布特征

| 学习模式   | 技术发展阶段 |       |       |       |        |       |
|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
|        | 技术吸收   |       | 技术改进  |       | 自主技术创新 |       |
|        | 项目(个)  | 比例(%) | 项目(个) | 比例(%) | 项目(个)  | 比例(%) |
| 干中学    | 12     | 80.0  | 3     | 20.0  | 2      | 13.3  |
| 用中学    | 1      | 6.7   | 8     | 53.3  | 5      | 33.4  |
| 研究开发中学 | 2      | 13.3  | 4     | 26.7  | 8      | 53.3  |

由表3可知,各类学习模式是相互关联的。例如在半导体引进项目中,“研究开发中学”伴随着“用中学”。但存在着三种学习模式在技术发展各阶段的动态转移,它符合上述的理论假设。同时,调查表明,在三种学习模式的动态转移中,该企业十分重视研究开发体系的调整,在采用“干中学”时,企业的研究开发体系基本维持不变;而采用“用中学”时,原有的研究开发体系中增加了“大生产技术”子系统以加强技术知识的交流并引入更多的研究开发人员;在“研究开发中学”过程中,“超前研究”被该企业强调,因此,随着学习模式的不断高级化,企业相应设置了功能较齐全的研究开发体系,以保证良好的学习效果。随着学习模式的不断高级化,该企业对技术源和信息流也进行了不断调整,从重视企业集团内部的技术合作,到重视与高等院校的合作,进而加强国际交流与合作(见图1)。

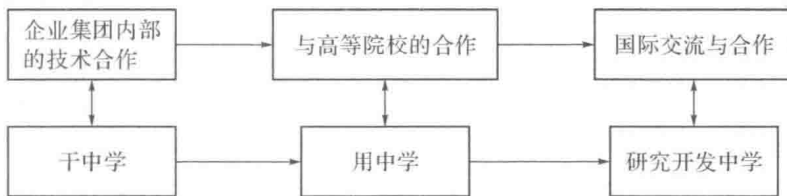


图1 三种学习模式的动态转移

调查还表明,该企业对技术培训给予了充分的重视,在自动电话拨号系统的项目引进初期,共有4人赴澳大利亚、丹麦、德国学习。在该项目的“用中学”过程中,企业则强调“二次培训”,即加强技术工人和产品设计师的知识交流。在“研究与开发中学”时,较多的外国专家被邀请来,与技术工人、研究开发人员进行深入的讨论。在自动电话拨号系统的引进项目中,先后有16名专家赴该企业进行指导。近来,企业高层决策者的倾向趋于创造型,他们着眼于替代国外的录像机与激光唱机,并在黑白电视机方面获得更大的市场占有率。因此,“研究开发中学”近来被一再强调。与此相对应,超前研究的投入从1990年的170万元增加到1992年的240万元,超前研究人员由10人增至20人。

总之,对学习模式的管理较为复杂,有关的验证工作还需进一步深入,现有研究有如下结论:(1)从“干中学”到较高层次的“研究开发中学”,决策者的取向非常重要,我国企业需要更多的有创新精神的企业家;(2)企业研究开发体系的好坏影响学习的效果,因此企业必须不断调整研究开发体系,加强研究开发各环节的联系,多功能的研究开发体系是企业技术创新成功的必要条件;(3)不能忽视技术工人的劳动力技巧,随着学习模式的不断高级化,技术工人的劳动力技巧应不断提高,在自主技术创新过程中,只重视研究开发人员而忽视技术工人的劳动力技巧将延长从引进技术到自主创新的周期,技术培训和二次技术培训是增加技术工人的知识存量与提高其技术能力的有效手段。

# 国家创新系统:对实施科技发展道路的新探索<sup>①</sup>

更快地发展科学技术,以促进经济、社会的持续发展,是我国发展战略上一个极为重要的议题。在科技发展中,科技发展道路的实施具有特别的重要地位。

对发展中国家来说,这一问题的重要性还在于如何实现所谓的 Gershenkron 相对后进假说<sup>[1]</sup>,因为从事实上,有的国家存在相对后进性,但并未有符合 Gershenkron 假说的迹象。相对后进国需要何种条件,来利用“后发优势”,来更快地发展科技,这一问题也与发展道路的实施有关。在科技发展的实施过程中,充足的科技投入无疑是重要的,但科技发展的支撑条件是更为重要的因素。本文引入“国家创新系统”的概念与框架,对一个国家科技发展的支撑体系进行探讨,为一个国家实施科技发展道路提供新的设想。

## 一、科技发展支撑条件的重要性

以加大科技投入来促使发展的道路的具体实施经常为许多学者所呼吁,但我国经常有面对“科技的高投入与低产出”的困惑<sup>[2]</sup>。例如与印度、巴西等发展中国家相比,我国在科研经费、人力等科技投入上名列榜首,如 1985 年我国科技经费的投入占国民生产总值的 1.6%,而印度、巴西都不足 1%;但与印度相比,在科学研究论文、专利、劳动生产率和出口技术等方面,我国并不占优势。<sup>[2]</sup>增加对引进技术的消化吸收费用,曾一度为不少学者所呼吁,他们认为应显著地增加消化吸收费用,才能促进引进技术的消化吸收以及自主技术创新的实现,但我们对国内两家大型企业四个技术引进项目的调查表明,虽然这四个项目的消化吸收费用是技术引进费用的 3.1 倍,但在这四个引进项目基础上的自主创新没有实现。因而,光靠增大科技投入来促成科技发展道路的实施是不够的,与科技投入同样重要或者更重要的,是不断地加强与完善科技发展的支撑环境,这样才能促进科技发展道路的有效实施。

最近,对科技发展的支撑环境的强调,受到了国内外学者在理论与实证上的支持。世界银行的 Wallender 所做的对秘鲁、巴西、韩国、坦桑尼亚和肯尼亚五国 67 个项目的研究表明:技术转移的成功取决于技术输入国的技术支撑结构和其政府政策。<sup>[3]</sup>1992 年 J. Dvaid Roessner 等发表了《国家吸收与制度化外来科技的模型》<sup>[3]</sup>。Roessner 的模式表明:国家吸收与制度化外来科技能力主要取决于:(1)社会、经济支撑结构,它包括资金市场的有效作用、资金形成、资金投入与储蓄的速度、外国直接投资的水平、国家对教育的投资水平;(2)技术支撑结构,它包括企业或政府对 R&D 的支出、对知识产权的有效保护、与技术型跨国公

<sup>①</sup> 本文 1994 年发表于《自然辩证法通讯》第 6 期。

司的合作、公共或私有组织所提供的技术服务、技术资本存量(用于科研的工厂、设备等)、技术知识存量(外国和本国专利的拥有量、技术资料等)、技术人力资源(科学家和工程师、熟练技术工人、有经验的管理者或企业家、技术培训人员等)、技术服务(配件供应、咨询服务)。

韩国学者 Hyung Sup Choi 于 1983 年提出的发展中国家工业化 TERG 模型,颇有启发意义。在 TERG 开发模型中,有如下因素:一是技术(T)(包括国外技术的引进、自主研究与开发的努力与技术合作);二是教育(E)(包括科技教育、教育机构、激励与职业教育);三是资源(R)(包括市场、能源、劳动力、原材料、营销、基础设施);四是政府(G)(包括资金分配、发展战略、计划与协调、企业环境、立法等)。只有这些要素协同,才能促进发展中国家基于工业化的科技发展。Hyung Sup Choi(1986)进一步强调发展中国家在引进技术方面的根本问题是如何建立一套包括所有基础设施在内的研究与发展体系,并积极支持它的发展。Linsu Kim(1988)以韩国的事例为依据指出,在宏观上必须将人力资本的发展、国外技术的引进、资本的形成同本国研究与发展的努力有效地结合起来才能形成技术发展的能力;Franab K. Banerjee 于 1987 年发表的观点表明:发展中国家技术政策的主要内容之一就是“构建一种体制的框架,以便更广泛地吸纳技术”。

我国学者也初步涉及这一议题。曾道先(1992)的研究表明:信息环境、咨询环境、技术环境、资金环境和人才环境是技术引进成功的主要因素。康荣平、白以言(1986)都强调了体制对引进技术消化吸收工作的制约。康荣平(1992)进一步指出:问题的实质是中国的科学技术生产的体制不适当当代科技发展的需要。

事实上,Roessner 的研究表明,与美国、日本和韩国相比,我国对科技发展的社会经济支撑环境与技术支撑环境的指数,都明显处于劣势(见图 1)<sup>[3]</sup>,这表明我国的科技发展支撑结构亟待改进。

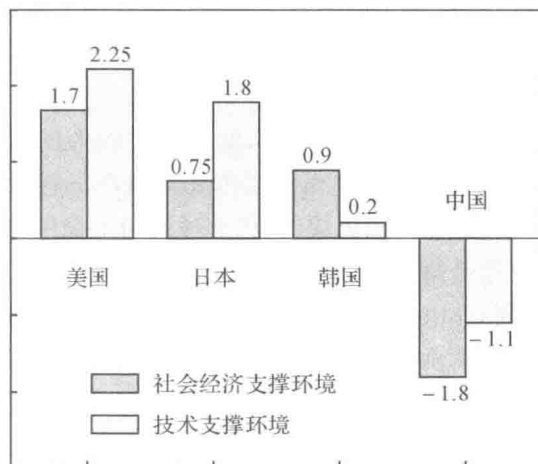


图 1 美国、日本、韩国、中国社会经济支撑结构与技术支撑结构的比较

因此,从科技发展的支撑结构角度进行研究,对我们理解科技发展的成败以及顺利地实施所选择的科技发展道路,有重要的价值。但上述对科技发展支撑结构的研究,仍缺乏一个合理的框架与概念体系来进一步理解科技发展支撑结构的作用,下面所要论及的“国家创新系统”,就是对理解和把握科技发展支撑环境,从而有效地对实施科技发展道路的一种新的、有效的尝试。

## 二、国家创新系统的形成与发展沿革

国家创新系统的产生与发展,与技术创新理论的深化密切相关。通过大量的文献阅读,可以看出,技术创新理论的发展沿革大致有三个阶段。<sup>[4]</sup>

由于受新古典经济学与微观经济学的影响,国际上对技术创新的研究以前较多地停留在对单个企业创新行为的研究,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,在他看来,技术创新遵从如下发展形式:<sup>[5]</sup>

有一个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;

有一群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,这种冒险行动是一般资本家或经理不敢采取的;

一旦成功地做出一项根本性的创新,它将使现有市场结构处于不均衡的状态,成功的创新者将获得短期的超额垄断利润,但这种垄断会随着大量模仿者的进入而被削弱。

随着研究的深入,许多研究者开始注意到创新在较大程度上必须在企业与企业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 Kahlisch(1985)、von Hippel<sup>[6]</sup>)。其中以 von Hippel 的观点较为典型。在他看来,当今技术创新的过程,由于存在各种“黏着信息”(sticky information),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和合作,才能及时地提取必要的“黏着信息”。一个创新者(企业或个人)可能首先从用户(企业或个人)那儿获取信息来产生对新产品或服务想法,然后,也会从制造者那儿获取信息,以便开发一个原型(prototype),这一原型又会在假设的使用中进行测试以适合最初的需求。如果这两方面都不能有效地匹配(常是不匹配的),这就有必要重新考虑需求的焦点和能力的信息,以便更为匹配。可能有几次或许多次循环,直到达到匹配的要求。

这一现象近来在产品开发过程中也会出现,如计算机软件创新中的“快速原型法”就强调在制造者和用户之间来回地穿梭,这就克服了传统的用户与开发者只在工作初期进行交流的模式。传统的开发方法被认为是“迟缓的、代价过高和不是用户所企求的”。由此,强调创新中企业与合作,乃是第二代技术创新理论的主要特征。

在 20 世纪 70 年代后期,Gille 通过技术系统的概念强调了创新的系统本质,之后,科学与技术基础(BASE)的作用也为 Mowery、Rosenberg 所强调;80 年代初期,创新与国家的关系被进一步揭示,如 Rothwell、Zegvald、Nelson 等对技术创新政策所做的工作;到 80 年代后期,有研究者声明,创新是被企业之外的政治、经济等因素“结构性地决定着”,这表明,在当今科技经济的格局下,企业的创新更受制于一个国家的政策环境和支撑结构,技术创新的过程也更趋动态化、集成化和综合化。<sup>[7]</sup>

1988 年瑞典经济学家 B. Lundvall 基于 Fredrich Liszt 有关“国家生产系统”的概念,以及 von Hippel 对企业之间非正式的信息交流的研究的启发,首次在国际上提出“国家创新系统”这一概念,呼吁对技术创新的支撑环境的重视与研究。<sup>[8]</sup>这表明第三代技术创新理论的出现。

在 Lundvall 的影响下,不少著名的经济学家、管理学家对国家创新系统的研究极为关

注。C. Freeman 进一步引申了 Lundvall 的设想。根据他的研究,“国家创新系统”是“创造、吸收、改进和扩散新技术的活动及相互作用所受到的公共和私有网络的支持”,这种网络的效用不仅仅支持研究与发展活动,还包括创新所需的资源组织或管理活动。Freeman 通过对日本国家创新系统的研究得出,日本国家创新系统的特点在于:企业各部门之间的水平交流“看板”管理、注重工程化等。<sup>[11]</sup>同样,福特主义、泰勒主义、制造和 R&D 部门间的垂直交流等是美国国家创新系统的特征。

Richard Nelson 从政府政策的角度来理解“国家创新系统”。他认为政府正式的规制与非正式的协调、对研究与发展的投资等会在国家范围内联结和平衡各创新环节。<sup>[9,10]</sup>加拿大学者 Niosi 对“国家创新系统”做了系统的总结,他对“国家创新系统”的定义为:国家范围内企业、大学、政府机构的技术、商业、法律、社会 and 财政等为产生科学、技术而努力的相互作用系统。<sup>[7]</sup>

综上所述,可以这么认为:在过去的 50 年里,工业创新的理论对企业家和企业作为创新部门的简单描述已难以说明创新的产生与发展,对技术创新的认识必须采用“包容企业的环境要素”的体系与框架。<sup>[7]</sup>通过对技术创新过程的深入研究,人们认识到无论就导致技术创新来说,还是就使人们具有认识到这种创新所蕴含的潜在利益的能力来说,支撑体系或者制度所起的作用都是至关重要的。<sup>[11]</sup>经济史和发展研究的成果证实了技术创新与制度变化之间的明显的相互影响。一些研究者开始集中于分析制度与制度变化,涉及了比单纯研究技术创新时要广的范围。既然制度至关重要,那么,一个完善的技术创新的理论就必须包括一种制度变化理论。可以这么认为,“国家创新系统”就是目前有关技术创新的复杂的、包容性强的概念体系,是对技术创新与制度变革进行综合分析的理论。

### 三、国家创新系统的理论框架

综合有关国外的研究,可以认为,现有对国家创新体系的研究存在不足之处,表现在“国家创新系统”的概念不统一、内涵不一致、定性的描述较多。更重要的是,迄今为止,国外尚无成熟的国家创新系统理论框架,以至于对有关国家创新系统的国际比较可比性还较弱。同时国外的研究没有深刻地揭示在不同的科技发展道路主导模式的转换中,国家创新系统的动态演化规律,对此,需要进行深入研究。

对国家创新系统的研究,要明确以下几点:首先是国家创新系统的组成(子系统的名称);其次是国家创新子系统的特点;再次则是国家创新子系统之间的关联;最后是在不同的科技发展道路中国家创新子系统动态调整的特征。国家创新系统的子系统的构成主要有:一是教育;二是财政与金融,其中最主要的是资本的积累;三是研究开发体系;四是有效的政府规制。

教育的目的是普及知识,提高人们的知识水平,而知识是技术创新的前提。教育是国家创新系统中重要的子系统之一,在教育系统中,教育投入与适应科技发展道路主导模式的高等教育结构起着重要的作用。一个国家各类科技人员的合理比例应取决于发展科学技术和国民经济的需要以及科学技术和经济发展水平所提供的可能性。有些经济发达国家,在具有大批技术人员的同时,培养大批研究人员,大力开展基础科学和尖端技术的研究,取得科学、技术在世界上的领先地位。有些国家(如日本)主要侧重于培养技术人才,注重先进技术的引进、消化、吸收和创新;有的国家,不顾国情,片面注重研究人才和基础研究工作,不注重

技术人才和发展研究工作，结果队伍结构失调，大量出现人才外流、成果外用现象，科学技术对发展本国经济的作用微弱。

为了使高、中、低三类科技人员有一个合理的比例，必须使教育的结构合理化。其中高等专业教育是科技教育的核心部分，包括培养大学生和研究生，是培养研究型人才、开发型人才和技术型人才的主要阵地，因而是一个国家科学技术发展水平的主要标志之一，其结构是否合理对一个国家科技事业的发展、经济的持续发展影响重大。

资金是创新的一大障碍。对发展中国家而言，这个问题更为突出。各国都有不同的融资手段，各国政府都有各种研究开发的税惠及各种风险投资银行以支持科技的发展。对研究开发体系而言，毫无疑问，没有促进一系列科学和技术可能性的基础研究、应用研究与试验的发展，就不可能有重大的创新，尤其是大多数基础研究是没有直接经济效益的，但它们却是大多数创新得以产生的基础。在市场经济条件下，企业一般不会进行没有直接经济效益的基础研究，这就需要超越企业局部利益的政府承担起组织、资助基础研究的责任。

在当今社会，科技发展是一个在制度、组织和文化背景下进行的活动。市场在激励科技发展方面具有自我组织、自我加强的作用，但市场在激励科技发展方面，存在以下若干缺陷，因而很难使科技的发展和创新能力处于社会需求的最优水平：

- 市场常常以高收益去引诱人们冒创新风险，市场的这种做法，并不能从根本上解决基础研究与技术发展的风险和动力问题；
- 市场本身并不能保证造就一个最有利于科技发展的市场结构；
- 市场并不能自己创造有利于科技发展的外部环境，如一些与创新有关的法律、关税、政策等问题。<sup>[5]</sup>

基于市场对激励科技发展上的有限性，要求政府从国家的全局角度，在科技发展中发挥积极的作用。

对国家创新系统框架的界定如图 2 所示。由此可见，教育、资金、研究开发体系与政府对科技的规制的相互协调，形成了国家创新系统的框架，最终影响科技发展道路实施的效果。

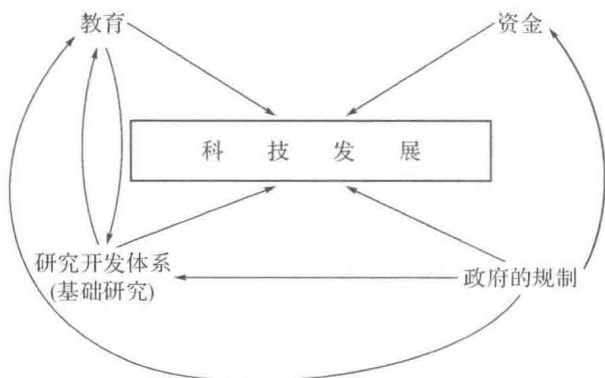


图 2 国家创新系统的框架

#### 四、国家创新系统的作用：对日本的案例分析

为了得出科技发展道路的实施与国家创新系统的关系，需要进一步分析典型科技发达



国家的国家创新系统的演化规律,这里通过日本案例对此进行深入分析。

日本在短时间内成功地实施了“技术引进—消化吸收—渐进自主技术创新”三阶段的科技发展道路,创造了世界科技发展的“奇迹”。这与日本的国家创新系统不无关系。

首先,普及教育在日本利用引进技术方面起着重要作用。这一点与经济发达的 Gershenkron 猜想有重要关联:一个后起者,除非它的国民有能力吸收和适应引进技术,否则它无法利用它的优势。<sup>[11]</sup>所以日本对教育非常重视,日本的技术引进从它的全民普及教育中获得了极大好处。

在日本对引进技术进行模仿创新(即消化吸收)的发展阶段,日本教育和培养系统有如下显著之处:许多年轻人受到初级和高等教育;工业培训的数量较多且质量较高,以至于1960年日本的总教育资金大约为1905年的23倍;而日本研究人员的数目,在1955年就已达到了欧洲国家的平均水平,至1963年研究人员的总数已超过了英国和德国研究人员数量之和。同资金积累速度相比,日本的人力资源积累速度要更快一些。

从日本的高等教育结构看,日本在“技术引进”时期,重视的是高等专科人才的培养,毕业的专科生数、本科生数与研究生数之比约为5.7:1:0.03;而在“消化吸收”时期,日本开始重视对本科大学生的培养,其间毕业的专科生数、本科生数与研究生数之比约为0.5:1:0.05;到了“渐进自主技术创新”阶段,这一比例变为0.8:1:0.05,这说明专科生数又有一定程度的增加,但本科生数与研究生数的比例没有明显变化。

日本的研究开发体系也有显著的特征,例如日本的研究开发部门和其他相关公司部门之间存在密切联系。在“消化吸收”阶段,47%的研究开发项目来自研究者,而同时管理部门建议的项目为40%<sup>[12]</sup>,这表明在日本的研究开发体系中公司生产和营销部门起主导作用。研究与发展资金的分配系统对研究开发部门和其他部门的密切联系提供了纽带作用。在许多日本公司,研究资金分为3个类别:

- 研究开发部门的常规和现行研究费用;
- 每个制造部门的产品开发现行费用;
- 基于长期战略的跨部门产品开发生研究费用。

在这种分配系统下,研究开发部门将用战略来扩大自己的资金分配,这种研究资金分配是考虑其他部门的意见由管理部门灵活决定的,而不是研究开发部门的单独判断。

据统计,日本公司用于消化、吸收国外先进技术的研究经费,一般为引进国外先进技术费用的2~3倍,1955—1975年日本的技术引进费用增加了14倍,而同期的科研经费增加得更快,达到73倍。并且,根据 T. Blumenthal 的研究<sup>[13]</sup>,在人均引进技术开支和人均研究与发展费用之间存在高相关性(见式(1)):

$$\frac{T_1}{N} = 1.253 + 0.281 \left( \frac{RD}{N} \right), r = 0.595 \quad (1)$$

式中: $\frac{T_1}{N}$ 为人均引进技术开支; $\frac{RD}{N}$ 为人均研究与发展费用; $r$ 为相关系数。

在日本进行消化吸收主导模式时,日本研究开发体系的特点是:在总体战略上遵循在已有技术和知识的基础上渐进增长,在资源分配上仍把多数资源分配到创新的中间部分(即过程工程、制造设备)并一直保持重视技术知识更甚于科学知识的趋向。

日本研究开发体系的这一特点,对迅速地消化吸收国外先进技术,并进行渐进的自主技术创新极为有利。日本研究开发体系的要旨归纳如表1所示。

表1 日本研究开发体系的特点

| 指 标           | 技术改进 | 消化吸收           | 自主渐近创新      |
|---------------|------|----------------|-------------|
| R&D/GNP       | 数据不详 | 1.24%~1.70%    | 1.72%~2.80% |
| 工程、发展、研究的重点   | 工程   | 工程制造过程         | R&D         |
| R&D 战略        | 不断提高 | 吸收性 R&D        | 创新性 R&D     |
| 公司内部界面        | 一般   | 高整体性           | 更高整体化       |
| R&D 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        |
| R&D 风险承受      | 个体   | 群体             | 群体          |

日本科技发展是在国家政策的指导下产生的,这也是日本国家创新系统的另一鲜明特征。明治维新(1868年)之后,即日本科技发展的第一阶段,日本政府就率先从西方发达国家引进技术,引进后就积极保护该新工业。因此,此时日本技术发展是在政府保护主义政策框架下进行的。<sup>[1]</sup>

在科技发展的第二阶段,为了弥补在技术吸收与模仿创新中所遇到的国家创新系统的原有缺陷,要求政府更多地直接参与科技活动,通过资助及协调的形式支持技术的发展。此时政府的主要的职责有:加强科技信息的交流,训练和招募熟练劳动力;委任若干研究项目以及开展与企业的联合研究。<sup>[1]</sup>

此外,日本政府还实施了引进外国资金和外汇及贸易控制两项法案,那些能很好地吸收国外技术的公司才被允许持有外汇。这就鼓励那些引进国外技术的公司积极地进行引进技术的消化吸收工作。由于考虑到国外资金的引进使外国公司有可能占领国内市场以及跨国公司目标市场的技术发展并不重视,外国资本对本国的技术发展不会有正面影响,日本政府并不鼓励外国直接投资,这也迫使日本本国的企业拼命地模仿国外的先进技术。同时,政府的这一措施,又为日本企业开发出的技术留出了必要的市场。

在对科技发展影响甚大的财政、金融政策方面,日本政府对资本积累非常重视。综观日本经济的发展沿革,可以看出日本的资本积累速度很快,从1956年到1973年,累积资本约为862.5亿美元,年积累率为35.7%。积累的资本被直接运用到能帮助提高生产率的领域。从1953年到1971年,年均私人储蓄率达到18%,而1974年则达25.5%,是美国的4倍。此外,日本的财阀企业(Zaibatsu)通过它自己的银行与控股公司的联系,促进了大企业的资本积累,反过来又促进了日本的科技发展。

## 五、结论与展望

以上分析说明,无论是技术创新理论的发展指向,还是日本国家创新系统在实施不同科技发展道路时的动态演化的历史轨迹,都反映了国家创新系统与科技发展道路的息息相关特质。日本能够实现所谓的“Gershenkron 相对后进假说”<sup>[1]</sup>,利用了“后发优势”,快速地发展了本国的科技,与它科技发展道路的选择有关,更与它在实施科技发展道路时的教育、研究与发展体系、资金积累及政府的支持密不可分。

因此,对发展中国家来说,利用“后发优势”来实现科技进步,实在是一个复杂的管理问题。相对后进国认为“后发优势”会自然形成的想法明显是幼稚的。科技相对后进国需要具备“一定的条件”,才能实现所谓的“Gershenkron 相对后进假说”,这“一定的条件”的基本内

核就是“国家创新系统”,对“Gershenkron 相对后进假说”的更完整的诠释是:要利用后发优势,更快地发展科技,必须健全国家创新系统,尤其必须注重国家的科技发展道路与国家创新系统的匹配。这一点已被日本在科技上的迅速发展所证实。

对我国科技发展的预测表明,21 世纪我国发展面临的最基本的制约因素来自人口和资源。人口现已突破 12 亿,即使严格控制其增长速度,到 21 世纪 20 年代仍将增加到 15 亿。据估计,我国从 1987 年到 2000 年平均每年新增国民收入的五分之一要用于抚养新增人口,这必然会减慢资金的积累速度。<sup>[1]</sup>我国大多数的资源的总量虽然比较丰富,但人均资源量相对不足。资金不仅在总量上仍极为稀缺,且处于经济高速发展期的国家百业齐兴,即使国家对科技投资有所倾斜,也难有较大幅度地增长,科技投入无论在绝对量上还是相对量上都难以和发达国家相比。这就需要突破单纯强调科技投入的观点,而将视野转向科技投入与国家创新系统的相互协同与支持,明确科技发展道路实施的关键是尽快地建立与完善国家创新系统,这是科技发展客观实践的内在要求与技术创新理论发展的必然趋势。那种只重视科技投入而忽略其他相关的条件是不可取的。我国科技发展道路的实施要点应从单纯的科技投入转为科技投入与国家创新系统中主要变量投入(主要是教育投入、教育结构、研究与发展的结构与基础研究投入)的综合考虑。

## 参考文献

- [1] 南亮进. 日本的经济的发展[M]. 北京:对外贸易教育出版社,1989.
- [2] 袁庶华. 我国科技的高投入为什么未获高产出[N]. 光明日报,1988-12-13.
- [3] Roessner J D, Porter A L, Xu Huaidong. National capacities to absorb and institutionalize external science and technology[J]. *Technology Analysis and Strategic Management*,1992,4(2).
- [4] 许庆瑞,陈劲. 建立与完善国家创新系统[N]. 科技日报,1994-05-03.
- [5] 柳卸林. 技术创新经济学[M]. 北京:中国经济出版社,1993.
- [6] von Hippel E. The dominant role of users in the scientific instruments innovation process[J]. *Research Policy*,1976(5).
- [7] Niosi J, Saviotti P, Bellon B, et al. National systems of innovation: in search of a workable concept[J]. *Technology in Society*,1993,15: 207-227.
- [8] Lundvall B. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation[M]. // Dosi G, et al. *Technical Change and Economic Theory*. London, UK: Pinter & Martin,1988.
- [9] Nelson R R. Institutions supporting technical change in the United States [M]. // Dosi G, et al. *Technical Change and Economic Theory*. London, UK: Pinter & Martin,1988.
- [10] Nelson R R. *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*[M]. Oxford: Oxford University Press,1993.
- [11] 奥斯特罗姆 V,菲尼 D,皮希特 H. 制度分析与发展的反思——问题与抉择[M]. 王诚,等,译. 北京:商务印书馆,1992.
- [12] Wasasugi R. Why are Japanese firms so innovative in engineering technology[J]. *Research Policy*, 1992,21.
- [13] Blumenthal T. A note on the relationship between domestic research and development and imports of technology[J]. *Economic Development and Culture Change*,1979,27: 303-306.
- [14] 方新. 试论我国科技发展的战略选择[J]. *科学管理研究*,1994,12(1).

# 从长飞公司看国家创新系统的构成与作用<sup>①</sup>

**摘要** 高技术企业的技术创新需要何种有效的支撑环境是今后科技管理的重点研究领域之一。本文采用国家创新系统的框架,以长飞公司的实践为案例,对此进行了初步探索。

**关键词** 国家创新系统;高技术企业;实证分析

## 一、引言

高技术创新就投资数额、风险系数、创新周期而言,一般均甚于普通的技术创新,因此,有关依靠增大科技投资来促成高技术创新的呼声一直很高。然而,单纯依靠这种模式运作的高技术企业,成功的可能性较小。随着研究的深入,许多研究者开始注意到高技术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,其中包括了供应者与装配者、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。例如,美国学者 von Hippel 认为,高技术创新的过程,由于存在“黏着信息”(sticky information),亦是一个充满试错的过程,为了加快创新的过程,需要加强创新者与用户的交流和合作,才能及时地提取必要的“黏着信息”。

在 20 世纪 70 年代后期,Gille 通过“技术系统”的概念强调了创新的系统本质之后,科学与技术“基础”的作用也为 Mowery、Rosenberg 所强调。因此,20 世纪 80 年代后期,有关技术创新的研究表明:创新,尤其是高技术创新,是被企业之外的政治、经济等因素“结构性地决定着”。这表明,在当今科技经济的格局下,高技术企业的创新更受制于一个国家的政策环境和支撑结构,高技术创新的过程也更趋动态化、集成化和综合化。

对我国技术型企业,尤其是高技术企业来说,在其创业与发展中,除了自身有良好的战略设想与有力的实施措施外,在外部需要何种方式的支持,则是我国科研管理中的一个重要议题。

## 二、国家创新系统的作用:对长飞公司的实证研究

光纤通信技术是一项具有划时代意义的高技术,它的诞生为信息社会的发展奠定了基础,其意义并不亚于一百多年前电报的发明。正因为如此,1990 年美国工程科学院评出的 35 年来人类取得的十大工程技术成就中,与登月、应用卫星、遗传工程并列的一项,就是光

<sup>①</sup> 本文 1995 年发表于《科研管理》第 3 期。

纤通信技术。

为了分析高技术企业在创业与发展过程中所应有的支撑环境,本实证研究将以长飞公司为主要对象,分析的重点是光纤通信系统中最核心的技术——光纤生产技术。

与许多其他高技术在中国的发展和实用化过程相比,长飞公司光纤通信技术的创新是成功的,不但研究工作紧跟国际水平,而且在对国际先进技术与工艺的消化吸收和创新、形成产业和推广应用方面成绩斐然,表现在以下方面:(1)形成了较强的光纤生产能力,可年产光纤 4.8 万千米,将中国光纤生产总量提高一倍。对引进的生产工艺稍加改进,年产光纤量可达 12 万千米,已接近光纤生产的国际先进水平,从而改变了中国光纤依靠进口的局面。(2)中国的光纤逐步进入国际市场,合资生产的光纤有 20% 外销。(3)CPVD 工艺,作为迄今世界上生产光纤的先进工艺之一,已于 1990 年被长飞公司通过自主的研究开发所掌握。

而在此之前,我国光纤的创新与产业化却经历了曲折的发展。为了把我国光纤制造技术从实验室推向生产,1984—1986 年,邮电部武汉邮电科学研究院(以下简称武邮院)引进三台工艺为 MVCD 的制纤设备,通过消化吸收,仿制了三台 MCVD 制纤设备。在这期间,国内有许多企业家希望与武邮院合作,进行光纤的制作与生产,特别是有一位乡镇企业家对此寄予厚望,投入大量资金购买制纤技术与设备。遗憾的是,这位企业家在买回武邮院的设备后,并未拉出一根光纤。

武邮院在与国内企业合作失败后,希望通过自己的努力生产更多的光纤,于是于 1987 年成立了国内第一个光纤工业性中试车间。作为邮电部的重点研究机构,武邮院与其产品的用户有着天然的联系,因此与用户的交流与合作也比较频繁,这对进一步完善所开发的技术有较大的好处。此时武邮院的光纤年产量为 8000 千米,所拥有的 MVCD 制纤技术在国内外处于领先地位,但与国际先进水平相比,在生产量与技术水平上仍缺乏竞争优势。

在武邮院努力开发、创新制纤技术的同时,我国还有二十几家研究所、企业在从事这方面的工作,但成功的单位寥寥可数。

为了建立光纤产业,满足国内市场需要,还为了引进国外先进、成熟的光纤生产技术,由武邮院负责,1984 年开始与外国厂商谈判,目的是合资兴建一个具有经济规模的光纤光缆生产厂。谈判一直持续到 1988 年签约。到 1991 年 6 月,由武邮院参与的、与荷兰 Philip 公司合资的企业——长飞公司试车成功。1992 年 4 月 26 日,长飞公司全面投产、进入市场。此时,我国光纤制纤技术的引进、自主创新方告成功。

长飞公司对制纤技术的引进、消化吸收与创新的成功,在很大程度上得益于有良好的支撑环境,表现在以下几个方面。

#### 1. 长飞公司受到武邮院足够的人力资源的支持

任何一项新技术的发展都必须继承原有技术的许多特质。以通信传输方式为例,最早是明线,后来被同轴电缆代替。但是,即使像光纤通信这一全新的技术,虽然其核心——光纤技术是新的,但从通信和传输的角度看,它继承了微波波导和同轴电缆通信中的许多技术。因此,光纤技术的创新需要持续性的、足够的、高质量的人力资源,它包括优秀带头专家的指导,以及不同层次工程技术人员和科学家群体的协调配合。

武邮院拥有 1500 名职工,有近千名研究与开发人员,专门从事光通信研究开发,是我国从事光纤通信研究开发的众多单位中人力最众、国家投资最巨、承担国家任务最多、技术覆盖面最全、起步最早、从研究到工程开发系列工作最配套的单位,并且在较多技术领域代表

我国的最高水平。

武邮院拥有光纤通信技术所需要的主要学科专业(即通信技术、半导体器件、硅酸盐化学、机械、自动控制、物理、理化分析测试等)的技术人员,并拥有教授、副教授、高工、工程师、技术员、工人及其他辅助人员,高、中、初级技术人员比例约为1:3:4,层次齐全,比例合理。它还有少数优秀的专家,能够指导这一群体。武邮院本身还拥有研究生部,至1991年已培养了69名博士、硕士(目前在院学习的还有23名)。

参与长飞公司合资合营的技术人员大多都在武邮院工作过,在光纤研制方面有多年理论知识与实际经验的积累,并经过中试实践的锻炼。人员是配套的,且涉及光纤生产过程的各个主要环节,这也是长飞公司迅速掌握 Philip 公司 PVCVD 工艺的主要原因。

### 2. 政府对研究与发展工作投入了大量资金

为了消化吸收引进的 MVCVD 和 CPVD 工艺,并在此基础上进一步有所创新,政府对研究与发展工作投入了大量资金。武邮院之所以能及时地消化吸收引进 MCVD 工艺,决定性的因素之一是拥有政府足够的投资,所获得的消化吸收资金约为引进费用的8倍;此外,据估算,1980—1990年,政府在光纤通信方面的研究与开发投资的一半以上,集中用在武邮院与长飞公司。

### 3. 拥有良好的研究开发体系,并在基础研究上有较大的积累

武邮院荟萃了中国光纤科研领域的大部分科学家,曾经攻克了10多道技术难题,已积累了170余项先进科技成果。这170余项科技成果中90%都得到了推广应用。另外据估算,武邮院的研究开发项目有近三分之一是基础性的技术研究。图1所示为武邮院近年来重要的技术项目增长趋势。不难看出,在这样强大的研究开发体系的支持下,长飞公司在技术引进与创新上成功的可能性大大提高。

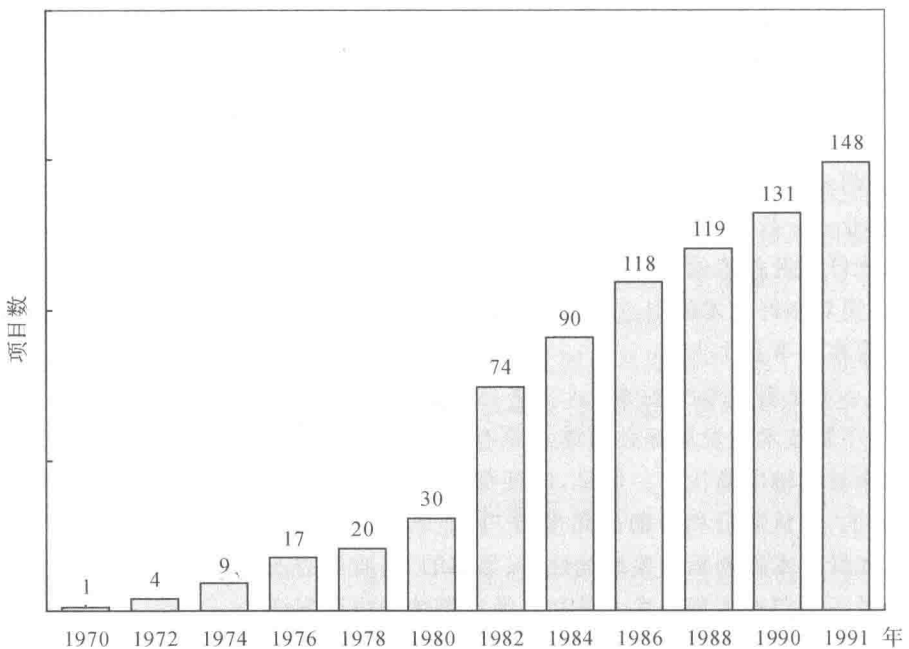


图1 1970—1991年武邮院历年累计完成科研项目数

#### 4. 政府的有效管理

在我国光纤通信的成功发展过程中,政府的有效管理确实起到了关键作用。我国的光纤通信研究选择在 1974 年开始,虽有其偶然性,但客观上确实是十分适时的。假若起步早了,国际上技术方向很不确定,一旦技术方向错误,不但造成人力财力浪费,而且会贻误机会,影响士气。反过来,若起步太迟,会使差距过甚,造成被动。邮电部决定在 1978 年调整策略,集中攻关,这是中国光纤通信发展中的第一个重要的适时决策。这时,国外光纤生产的基本工艺已经确立,系统试验已告成功,实用商业系统即将建成,发展光纤通信这个方向已确定无疑。与此同时,武邮院在光纤方面已积累了研究成果。这样,攻关就不仅是必要的,而且条件成熟,集中攻关,初步培养与形成了自主技术能力,为成功地引进国外技术创造了条件。

政府第二次适时适度的宏观调控是:引进 MCVD 工艺,并要求武邮院基本掌握光纤生产技术。

当国内市场已有初步需求时,国家计委于 1984 年决定在武邮院建立光纤工试车间,进一步提高消化吸收引进技术的程度,并鼓励自主的研究发展工作,这是政府的第三个重要的有关光纤通信的技术政策。

第四次适时决策是:进一步引进国外技术,与国外合作建立具有工业规模的光纤光缆厂,以建立光纤产业。光纤通信所涉及的光纤、半导体激光器、数字通信三大技术领域,都是国际最尖端技术,任一技术领域方面的迟缓,都会使系统使用成为不可能。由自己研究开发,即使有大量、集中的投资,也难以迅速满足实际需求。在已拥有较强技术能力的情况下,进一步引进国外技术,有利于较快地取得发展。武邮院在技术引进与自行研究发展方面已积累了相当成果,可称为“中国光纤通信科学成果的生长基地”。在此基础上,政府不是盲目地要求武邮院过多地走“基础研究”的道路,而是鼓励选派武邮院的一批精英,以“合资”的形式,成立长飞公司,积极开展“引进技术的消化吸收”工作,并在其间给予有力的支持。

### 三、分析与结论

从上述案例可知,高技术企业的创业与今后的持续发展,必须依靠良好的支撑体系。表 1 对支撑体系的强弱以及光纤技术引进与创新的成败做了比较,从中可以看出高技术企业支撑体系的重要性。

表 1 高技术企业支撑体系与光纤的技术创新成败对比

| 发展阶段 | 高技术企业支撑体系的完善程度                         | 技术创新的效果与光纤产量                      |
|------|--|-----------------------------------|
| 一    | 很不完善(仅与乡镇企业家合作)                        | 技术水平徘徊不前<br>未拉出一根光纤               |
| 二    | 一般(仅靠自身的研究以及与用户的交流)                    | 消化吸收 MCVD 技术<br>年产光纤 8000 千米      |
| 三    | 较完善(受益于武邮院的人力资源研究发展体系、国家的巨额投资与政府的有效管理) | 自主开发先进的 PVCVD 技术<br>年产光纤 48000 千米 |

因而,本案例研究表明:对技术创新的认识必须采用“包容企业环境要素”的体系与框架。可以进一步引申,无论是对高技术创新来说,还是就使人们具有认识到这种高技术创新所蕴含的潜在利益的能力来说(这是产生高技术创新需求的主动因),支撑体系或者制度所

起的作用都是至关重要的。

“国家创新系统”就是一种分析国家政策环境和支撑结构的理论框架,其基本含义是“国家范围内企业、大学、政府机构的技术、商业、法律、社会 and 财政等为产生科学、技术而努力的相互作用网络系统”。这种网络系统的效用不仅仅支持研究与发展活动,还包括创新所需的资源组织或管理活动。例如,日本的国家创新系统的特点在于企业各部门之间的水平交流、“看板”管理、注重工程化等。同样,福特主义、泰勒主义、制造和研究与发展部门间的垂直交流等是美国国家创新系统的主要特征。

从本案例研究可以看出,国家创新系统应包括如下要素。

#### 1. 教育

教育的目的是普及知识,提高人们的知识水平,而知识是技术创新的前提。教育提供足够的人力资源,教育是国家创新系统中最重要的子系统之一。

#### 2. 财政与金融

这里最主要的是资金。资金短缺是创新的一大障碍,除了必备的投入,充足的资金是有力的激励。对发展中国家而言,这个问题更为突出。

#### 3. 研究与开发体系

重点是基础性的研究。毫无疑问,没有促进一系列科学和技术可能性的基础研究,就不可能有长期的重大技术创新,大多数基础研究是没有直接的近期经济效益的,但它们却是大多数创新得以产生的基础。在市场经济条件下,企业一般不会进行没有直接经济效益的基础研究,这就需要超越企业局部利益的政府或其他科研部门承担起组织、资助基础研究的责任。

#### 4. 政府的调节

在当今社会,科技发展是一个在制度、组织和文化背景下进行的活动,市场在激励科技发展方面具有自我组织、自我加强的作用,但市场在激励科技发展方面,存在以下若干缺陷,因而很难使科技的发展和 innovation 活动处于社会需求的最优水平:(1)市场常常以高收益去引诱人们冒创新风险,市场的这种做法,并不能从根本上解决基础研究与技术发展的风险和动力问题;(2)市场本身并不能保证造就一个最有利于科技发展的市场结构;(3)市场并不能自己创造有利于科技发展的外部环境,如一些与创新有关的法律、关税、政策等问题。

基于市场对激励科技发展上的有限性,要求政府从国家的全局角度,提出合理的产业政策、技术政策,在协调各种科技发展活动中发挥积极的作用。

本研究对国家创新系统的界定可由图 2 进一步阐明。

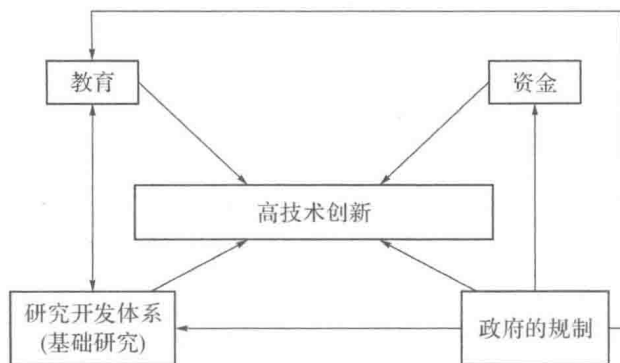


图 2 国家创新系统的框架



高技术创新成功的关键是尽快地建立与完善国家创新系统,这是高技术创新的内在要求与高技术创新理论发展的必然趋势。国家创新系统的运作,一方面有助于改善高技术创新的环境,另一方面可以建立更好的高技术创新条件。从企业的角度来看,只重视科技投资的获取与投入,而忽略其他相关的条件是不可取的。高技术创新管理的要点应从单纯科技的投资与信息交流转为对上述两方面与国家创新系统中主要变量(主要是政府的调节、资金的积累与运用、教育投入、教育结构、研究与发展结构等)的综合考虑。

#### 参考文献

- [1] Nelson R R. National Innovation Systems; Comparative Analysis[M]. Oxford: Oxford University Press,1993.
- [2] Mowery D C. The US national innovation system: origins and prospects for change[J]. Research Policy,1992, 21:125-144.
- [3] Niosi J, Saviotti P, Bellon B, et al. National systems of innovation: in search of a workable concept[J]. Technology in Society,1993,15: 207-227.
- [4] 李光临,陈劲.关于建立与发展我国光纤通信产业的研究[R].国家自然科学基金会研究报告,1992.
- [5] 许庆瑞,陈劲.建立与完善国家创新系统[N].科技日报,1994-05-31.