

基于哈肯模型的高技术产业化过程机制研究

赵玉林, 魏 芳

(武汉理工大学经济学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 运用自组织理论和方法, 在哈肯模型的基础上建立了高技术产业化过程的演化方程, 并以北京、天津、上海、河北等29个省市为样本进行了量化的实证研究。结果表明, 研究开发投入强度是高技术产业化过程中的序参量, 从而得出要依靠研究开发投入与高科技成果转化的协同作用促进高技术产业快速发展这一结论。

关键词: 高技术产业; 研发投入; 高科技成果

中图分类号: F276.44

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2007)04-0082-05

0 前言

20世纪80年代以来, 高技术及高技术产业的迅猛发展促进了信息经济和知识经济的产生和发展, 给世界带来了深刻的变化。目前, 高技术产业已成为衡量一国综合国力的重要指标, 是现代国际经济与科技竞争的焦点, 是知识经济时代的支柱产业。世界各国纷纷制定高技术产业政策, 大力开展技术创新、制度创新、产业集聚, 以促进本国高技术产业发展。学术界从多视角展开对高技术产业发展的研究, 但在高技术产业化过程机制的探讨方面还存在很大的研究空间。全面系统地认识高技术产业化过程, 揭示

其演化机制, 是科学地制定高技术产业政策的重要基础, 也为促进高技术产业化进程提供重要理论依据。本文运用自组织理论和方法, 在哈肯模型的基础上建立高技术产业化过程的演化方程, 以北京、天津、上海、河北等29个省市为样本进行量化的实证研究, 旨在揭示高技术产业化过程机制, 找到影响高技术产业发展的决定性因素。

1 高技术产业化过程的自组织特征

高技术产业化是指从高技术产品或工艺的研究开发到通过技术创新实现商业化应用, 通过技术扩散实现规模化生产的全过程。从自组织理论的观点看, 高技术产业化

国防科技 R&D 平台的学术考评将实行年度考评、中期评估和聘期考核相结合的方式。具体做法是: R&D 平台由学术委员会对 R&D 项目组的工作业绩进行年度考评, 根据考评意见分配下一年度的 R&D 资源; R&D 平台学术委员会每两年对 R&D 项目组的工作状态和研究工作前景进行中期评估, 并对 R&D 方向和 R&D 项目进展提出建议和意见。国防科技 R&D 平台按每三(五)年聘期为一周期对 R&D 主要负责人的聘期内的研究成果进行考核, 将主要依据考核结果决定续聘、晋升等事项以及对所有 R&D 人员的 R&D 空间和资源配置做出决定。

参考文献:

[1] 庄卫民, 龚仰军: 产业技术创新[M]. 北京: 中国出版集团,

2005.

- [2] 胡树华, 汪秀婷: 产品创新平台的理论与实证分析[J]. 科研管理, 2003, (5).
- [3] 龙腾: 国外军工企业的技术研发模式[J]. 航天工业管理, 2004, (9).
- [4] 钱平凡: 基于产业集群的我国科技创新的战略研究[J]. 中国科技论坛, 2004, (2).
- [5] 何静, 徐福缘等: 网络组织模式及其发展趋势研究[J]. 商业研究, 2004, (2).
- [6] 龚晓光, 黎志成, 胡斌: 研发人员个体激励定性模拟研究[J]. 中国管理科学, 2005, (2).

(责任编辑: 董小玉)

收稿日期: 2006-09-15

基金项目: 国家社会科学基金项目(04BJY035)

作者简介: 赵玉林(1954-), 男, 汉族, 吉林永吉县人, 教授、博士生导师, 科技与经济发展研究所所长, 研究方向为高技术产业经济、创新经济学; 魏芳(1981-), 女, 汉族, 河北赵县人, 硕士研究生, 研究方向为高技术产业发展与创业投资。

过程, 就是高技术成果系统向高技术产业系统演化的过程, 即高技术产业系统形成的过程^[1]。因此可以运用自组织理论所揭示的系统从无序向有序演化的规律, 探索高技术产业系统形成的演化机制, 即高技术产业化过程机制。

1.1 开放性

开放性要求高技术产业化系统与环境之间以及系统内部各子系统之间必须拥有灵活、高效的物质、能量和信息交换机制。一方面, 环境提供了系统生存发展所需的各种物质、信息、人才和资金要素, 并对高技术企业的经营战略产生影响。另一方面, 系统向环境输出产品、技术和服务等, 能够适应环境的要求, 并且通过努力能动地改造环境, 营造更加有利的发展环境。

系统是否与环境存在各种要素的输入输出关系是其开放性的重要特征之一。在高技术产业化系统中, 信息、知识、物质以及资金即为系统输入输出的主要内容。信息和知识已经取代土地、原材料、自然资源等传统要素而成为占主导地位的资源要素。输入信息或知识后, 经过学习、模仿、利用、创新、积累、扩散过程, 从而输出新知识。从高技术产业的特征来看, 高技术产业化过程也就是不断吸收知识、创造知识、利用知识和积累知识的过程。

信息在系统与环境的交换活动中占据主导地位。但并不是说, 物质交换不重要。高技术企业必须具备相应的科研设备、原材料、生产设备、网络和通讯设备才能正常运转, 且其对物质的要求是少而精, 即需要先进的高技术含量的各种机器设备。

资金称为系统开放和输入输出的“通行证”。没有大量资金的支持, 就不可能开发出高技术及其成果, 更不可能把这些技术和成果产业化。一般地, 能得到的资金越充足, 就越有条件加强与外界联系, 开放性越强, 进而更有助于高技术产业化。

1.2 非平衡性

高技术产业化系统不是孤立的和处于宏观静止状态的系统, 它与外界密切联系, 整个系统随时间而变化; 而且系统内部呈现出不同程度的非均匀和多样化的特点, 其资源分布、子系统发展情况等方面都是非平衡的, 是一种远离平衡系统。

自组织理论强调“非平衡是有序之源”^[2]。在高技术产业化过程中, 无论是政府、企业还是科研院所都要形成分工的差异、分配的差异、投资的差异, 只有真正建立起创新激励机制, 才能打破平衡, 远离平衡状态。处于远离平衡态的高技术产业化系统, 通过加大 R&D 经费的投入, 加快技术创新的步伐, 不断开发出新的技术成果, 并使之产业化, 从而远离四平八稳、死气沉沉的平衡态而保持旺盛的生命力。

1.3 涨落放大

“通过涨落达到有序”是自组织理论的基本原理。在远离平衡的开放系统, 涨落是系统演化的内部诱因, 起着建设性作用。没有涨落, 系统就无从认知新的有序结构, 就没

有非线性相干作用的关联放大和序参量的形成, 也就不可能有系统的演化。

在高技术产业化系统中, 由于内部和外部因素的作用, 涨落是必然普遍存在着的。如技术水平高低、先进落后的波动, 人才素质高低、学术水平高低、研究开发能力强弱的波动, 资金增加减少、盈亏的波动, 研究开发、技术发明、乃至商业化作用中成功和失败的波动等等。新产品的推出, 生产工艺的改进和装备水平的提高等研究开发成果的第一次商业应用, 以及高技术产业化的实现, 也正是通过非线性放大作用而形成的巨涨落^[3]。因此, 在高技术产业化过程中, 要特别重视研究开发和技术创新等涨落因素的建设性作用。

1.4 非线性作用

自组织理论认为, 系统中各要素或子系统间的非线性相互作用是系统向有序演化的根本机制。在非线性作用下, 系统产生整体性行为。高技术产业化过程中要素间的非线性相互作用, 主要体现在以下方面: 创新主体系统中研究开发部门、生产制造部门、市场营销部门之间的协同作用; 创新对象系统中的技术创新、组织创新、市场创新的相干作用; 创新活动过程中资金、技术、劳动力之间的反馈作用。

因此, 只有在开放条件下, 提高创新意识, 改善创新组织, 优化资源配置, 加强产学研合作, 发挥行业整体优势, 才能提高技术创新能力, 不断产出研究开发成果, 有效发挥系统的非线性作用并将微涨落放大形成巨涨落, 取得技术创新的成功, 完成高科技成果产业化, 使系统达到新的有序状态。

综上所述, 高技术产业系统的形成过程即高技术产业化过程, 是一个由旧结构到新结构的自组织演变过程, 系统内部的各个组成部分和各种因素对系统的影响是存在差异的、不平衡的。当控制变量的变动把系统推过线性失稳点时, 这种差异和不平衡就会暴露出来, 就会区分出快变量和慢变量, 慢变量主宰着演化进程, 支配着快变量的行为, 成为新结构的序参量^[4]。因此, 基于其自组织特征, 对系统内部不同变量相互作用而发生的结构演化过程进行分析, 即可以揭示高技术产业化过程的演化机制。

2 模型的建立与变量选取

2.1 模型的建立

协同学创始人哈肯把在一定外部条件下由系统内部不同变量相互作用使系统发生的演变过程用数学形式进行描述。首先设定快、慢两类变量, 通过计算区分出快变量, 找到线性失稳点, 消去快变量, 得到序参量方程, 从而研究系统有序结构的自发形成和演化过程。哈肯模型如下^[5]:

$$\dot{q}_1 = -\lambda_1 q_1 - a q_1 q_2 \quad (1)$$

$$\dot{q}_2 = -\lambda_2 q_2 - b q_1^2 \quad (2)$$

式中 q_1 、 q_2 表示状态变量, a 、 b 、 λ_1 、 λ_2 为控制参数。方程

(1)、(2)反映两个子系统的相互作用关系。系统的一个定态解为 $q_1=q_2=0$ 。设 $\lambda_2 = |\lambda_1|, \lambda_2 > 0$, 则表明状态变量是迅速衰减的快变量, 因此可采用绝热消去法令 $\dot{q}_2=0$, 由式(2)可得:

$$q_2(t) = \frac{b}{\lambda_2} q_1^2(t) \tag{3}$$

将式(3)代入式(1), 得到序参量方程为:

$$\dot{q}_1 = -\lambda_1 q_1 - \frac{ab}{\lambda_2} q_1^3 \tag{4}$$

从式(4)求解出 q_1 后, 代入式(3), 则表示 q_1 决定了 q_2 , 后者随前者的变化而变化。因此, q_1 是系统的序参量, 它通过其支配能力使系统形成有序结构, 从而主宰着系统的演化。

为便于应用, 可将哈肯模型离散化为:

$$q_1(k+1) = (1 - \lambda_1)q_1(k) - aq_1(k)q_2(k) \tag{5}$$

$$q_2(k+1) = (1 - \lambda_2)q_2(k) + bq_1(k)q_2(k) \tag{6}$$

2.2 变量的选取和依据

本研究选取两个变量来进行。

一是研究开发投入强度 R_e , 用 R&D 经费内部支出与高技术产业增加值的比值表示;

二是高科技成果转化 T_e , 用科研项目数与新产品开发项目数的比值表示。

选取 R_e 和 T_e 这两个变量来分析高技术产业化过程, 主要原因有以下几点:

(1) R_e 代表研究开发投入强度。R&D 是创新的重要前提, 其产出是创新成果。系统原有平衡受到创造性破坏并达到新的有序, 而引发创造性破坏(使系统远离平衡)的主要原因就是 R&D。R&D 既是自主创新的一个最基本的先决条件, 也是引进技术消化吸收的重要环节, 是创新活动的主要推动力。没有 R&D 就不可能实现创新进化。发明、创新等涨落因素是高技术产业化系统向有序方向演化的内部诱因, 高科技成果产业化的实现, 也正是这种涨落因素放大的结果。因此, R_e 可以直接反映技术创新的投入情况, 体现了高技术产业化过程机制的特点。为此, 本文选择可以代表技术创新的变量 R_e 作为哈肯模型的一个变量。

(2) T_e 代表高科技成果转化, 体现了科技成果向现实生产力转化的高技术产业化效率, 反映了高科技系统向高技术产业系统演化的高技术产业化特征, 所以本文选择可以代表科技成果转化的变量

T_e 作为哈肯模型的另一个变量。

(3)哈肯模型本身要求两个变量参与运算。

(4)目前, 我国高技术产业化效率低, 相应的研究开发投入少, 科技成果转化率低。在高技术系统内部, 没有形成科技—企业—市场—科技的相干作用机制, 即科技系统根据市场需求(包括现实需求和潜在需求)选题立项, 组织研究开发, 按市场需求评价科技成果; 企业根据市场需求选择科技成果, 实现技术创新, 获取超额利润。由此, 我们选择的变量 R_e 和 T_e 正是反映当前高技术产业化系统特性的两个关键变量。

综上所述, R_e 和 T_e 这两个变量基本反映了高技术产业化过程的本质特性, 符合哈肯模型的变量要求, 而且是当前我国高技术产业化过程中的关键因素, 而识别 R_e 和 T_e 哪一个变量的作用更为明显, 对于推动高技术产业化至关重要。因此, 通过分析这两个变量, 可以反映高技术产业化的过程机制。

2.3 数据的测算

本研究选取省市范围与高技术产业有关的数据为样本, 所得结论对我国各区域高技术产业发展更具有现实意义。由此, 本研究从《中国高技术产业统计年鉴》^[9]的 31 个省市地区(西藏和新疆的数据缺失, 予以去除)中选取北京、天津、上海、河北等 29 个省市为样本进行定量化的实证研究, 用于反映我国高技术产业化现状。根据 2002、2003 年 29 个省市的高技术产业 R&D 经费内部支出、高技术产业增加值、科研项目数以及新产品开发项目数, 计算所得的 R_e 和 T_e 见附表。

附表 2002、2003 年 29 个省市的 R_e 和 T_e 值

省市	R_e		T_e		省市	R_e		T_e	
	2002 年	2003 年	2002 年	2003 年		2002 年	2003 年	2002 年	2003 年
北京	0.0860	0.0855	0.7145	0.6122	河南	0.0263	0.0331	0.6357	0.5965
天津	0.0294	0.0340	0.7776	0.7383	湖北	0.0346	0.0300	0.5155	0.4683
河北	0.0289	0.0342	0.7778	0.5283	湖南	0.0355	0.0475	0.5751	0.5751
山西	0.0045	0.0106	0.8274	0.5636	广东	0.0635	0.0470	0.6566	0.6484
内蒙古	0.0009	0.0010	0.3750	0.3750	广西	0.0268	0.0166	0.4545	0.5809
辽宁	0.0595	0.0441	0.2401	0.5444	海南	0.0066	0.0197	0.9000	0.5455
吉林	0.0141	0.0202	0.6790	0.7186	重庆	0.0636	0.0714	0.7908	0.7500
黑龙江	0.0976	0.1037	0.5909	0.1791	四川	0.0298	0.0487	0.6231	0.9211
上海	0.0603	0.0467	0.8438	0.8348	贵州	0.0383	0.0380	0.6675	0.7712
江苏	0.0259	0.0194	0.6699	0.6726	云南	0.0256	0.0165	0.7130	0.7209
浙江	0.0244	0.0385	0.6477	0.7049	陕西	0.1221	0.1363	0.6148	0.6475
安徽	0.0571	0.0811	0.8377	0.8242	甘肃	0.0383	0.0414	0.8006	0.7781
福建	0.0233	0.0291	0.7832	0.4512	青海	0.0312	0.0063	0.9048	0.4545
江西	0.0180	0.0390	0.7195	0.8047	宁夏	0.0465	0.0683	0.2500	0.4609
山东	0.0695	0.0495	0.5300	0.7223					

数据来源: 根据《高技术产业统计年鉴》(2004)中各地区的相关数据, 计算整理所得。

3 高技术产业化过程机制分析

设 R_e 为序参量, 即 R_e 为 q_1 , T_e 为 q_2 , 根据方程(5)、(6)可以得到高技术产业化的演化方程*:

$$R_e(k+1)=(1-\lambda_1)R_e(k)-aT_e(k)R_e(k) \quad (7)$$

$$T_e(k+1)=(1-\lambda_2)T_e(k)+bR_e(k)R_e(k) \quad (8)$$

利用计算出来的 R_e 、 T_e 数据, 利用 Eviews4.0 软件回归得:

$$R_e(k+1)=0.1056 T_e(k)R_e(k)+0.9616R_e(k) \quad (9)$$

(0.3184) (4.4522)***

$$R^2=0.8101 \quad \text{Adjusted } R^2=0.8031 \quad F=115.1683$$

其中, 回归方程下方括号中的数字为 t 检验值(下同), *** 表示通过 1% 的显著性检验。

$$T_e(k+1)=3.3731 R_e(k)R_e(k)+0.9095T_e(k) \quad (10)$$

(0.3043) (13.7499)***

$$R^2=-0.6472$$

回归方程(9), 不论从拟合优度 R^2 , 还是 F 检验值上看, 回归拟合的效果都非常好, 调整后的 R^2 都达到了 0.8031。方程(10)的拟合优度出现负值, 主要的原因在于这一回归方程中不存在常数项, 而且 R_e 的平方值相对很低, 对回归效果造成影响。两个式中系数 a、b 的 t 检验值略低, 都没有通过 10% 的显著性检验, 只能说明基期 R_e 的平方或 R_e 与 T_e 的乘积对报告期的 R_e 或 T_e 有一定影响, 这也与 T_e 为慢变量的假设一致; 综合考虑到(9)、(10)这两个回归方程反映的是两个变量 R_e 与 T_e 变化的相对快慢, 它们仍然具有解释意义。

由式(9)、(10)中的系数, 可以得到:

$1-\lambda_1=0.9616$, 所以, $\lambda_1=0.0384$; $1-\lambda_2=0.9095$, 所以, $\lambda_2=0.0905$ 。

$\lambda_2>|\lambda_1|$, 即 R_e 与 T_e 相比, T_e 比 R_e 变化快, 也就是说, R_e 为阻尼较小、变化较慢的序参量, 与假设一致。

这时, $a=-0.1056$, $b=3.3731$, a、b 这两个系数反映 R_e 与 T_e 相互作用的效果。

从而, 可以得到反映 R_e 和 T_e 相互作用的微分方程组:

$$\dot{R}_e = -0.0384R_e + 0.1056T_eR_e \quad (11)$$

$$\dot{T}_e = -0.0905T_e + 3.3731R_e^2 \quad (12)$$

令 $T_e=0$, 求得方程(12)的近似解为:

$$T_e \frac{b}{\lambda_2} R_e^2 = \frac{3.3731}{0.0905} R_e^2 = 37.2718R_e^2 \quad (13)$$

它表示 T_e 随 R_e 的变化而变化, 将(13)代入(11)中, 得到序参量方程:

$$\begin{aligned} \dot{R}_e &= -0.0384R_e + 0.1056R_e \times 37.2718R_e^2 \\ &= -0.0384R_e + 3.9345R_e^3 \end{aligned} \quad (14)$$

对式(14)的相反数积分可求得势函数:

$$F = 0.0192R_e^2 - 0.9836R_e^4 \quad (15)$$

令 $\dot{R}_e=0$, 求得序参量方程的两个定态解为:

$$R_e = \pm \sqrt{\frac{0.0384}{3.9345}} = \pm 0.0988$$

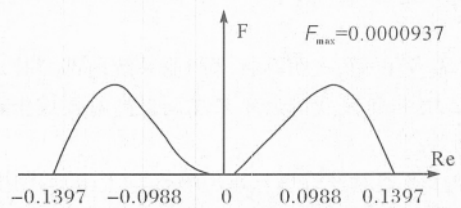
势函数 F 的二阶导数为:

$$\frac{d^2F}{d(R_e)^2} = 0.0384 - 11.8035R_e^2 \quad (16)$$

将所求的定态解 $R_e = \pm 0.0988$ 代入式 (16) 中, 得到

$$\frac{d^2F}{d(R_e)^2} = -0.0768 < 0。这说明 $R_e = \pm 0.0988$ 这两点处, 其势函$$

数有极大值, 势函数的形状如附图。势函数 F 的结构特性反映了高技术产业化过程机制, 也就是当状态参量(q_1, q_2)和控制参数(a,b, λ_1, λ_2)发生变化时, 系统的势函数也会相应发生变化, 由原来的稳定态变为不稳定态。从势函数的图中可以看到, 在适当的控制变量下, 高技术产业化系统内部的研究开发投入强度和科技成果转化率两个变量会发生非零作用, 形成新的稳定态解 $R_e = \pm 0.0988$ 。也就是说, 在稳定态解处系统产生了新的有序结构, 而从方程(7)、(8)可知, 此时主宰系统演化的序参量是研究开发投入强度。



附图 高技术产业化过程的势函数曲线

4 结论与建议

通过上述分析, 可以清晰地揭示高技术产业化过程机制, 发现代表研究开发投入强度的变量 R_e 是高技术产业化过程中的决定因素。由此, 得出以下结论与建议:

4.1 研究开发投入强度是高技术产业化过程中的序参量

式(7)和式(8)组成的高技术产业化的演化方程组揭示了高技术产业化过程的特征: 在高技术产业化过程(即高科技成果系统向高技术产业系统演化)的临界点上, 主宰系统演化的序参量是研究开发投入强度, 目前我国大部分区域的高技术产业还没有达到这个临界状态。因此, 加速高技术产业化进程, 就要特别重视研究开发和技术创新的建设性作用, 加强研究开发和技术创新管理, 创造研究开发和技术创新等涨落因素的放大因素。

4.2 研究开发投入与高科技成果转化的协同作用促进高技术产业快速发展

在本文所建立的模型中, 各个控制参量反映系统演化行为。控制参数 a 为负值, 反映高科技成果转化促进研究开发和技术创新的进行, 说明研究开发投入与高科技成果转化之间具有协同效益; b 为正值, 反映研究开发投入会推动高科技成果转化率的的增长, 说明这两个变量互相促进, 两者同时提高可以使系统达到持续良好的循环。

因此,为了促进高技术产业的快速发展,必须加大研究开发投入,并注意科研经费的使用效益,提高高科技成果转化效率,大力发挥研究开发投入与高科技成果转化的协同作用,使之产生更好的协同效应。

4.3 加大研究开发投入,促进系统正反馈机制的建立

参数 λ_1 为正值,表明系统内部还没有建立起研究开发和技术创新不断提高的正反馈机制。为了建立系统的正反馈机制,既要加大研究开发投入总量,尤其是提高R&D占增加值的比重,又要注重研究开发投入的经济效益,使之更加有效地促进技术创新,推动高技术产业发展。

R&D投入是技术创新的物质基础,是高技术产业发展的重要前提和根本保障。目前,我国R&D投入的总量和强度仍显不足,从高技术产业发展看,大幅度增加R&D投入,尤其是提高R&D占增加值的比重,十分重要。在政府增加研究开发投入的同时,尤其要强化企业R&D投入主体的地位,提高企业的技术创新意识和创新原动力,建立以企业为主体、产学研结合的技术创新体系。这样,在非线性机制作用下放大形成巨涨落,取得技术创新的成功和高科技成果的产业化,使系统达到新的有序状态。

4.4 加速高科技成果转化,促进系统协同作用机制的形成

参数 λ_2 为正值,表明高技术产业系统内部科技成果转化效率太低,这也正是我国近年来强调提高科技成果转化效率的原因所在。

高技术产业对经济增长有突破性重大带动作用,加速高技术产业化是调整经济结构、转变经济增长方式的一个

重点。高技术产业的发展是一个复杂的系统工程,是科学、技术和商业的完美结合过程,是一种全新的商业和经济发展与运作模式。为此,要优化高技术产业化环境,继续加强国家高新技术产业开发区等产业化基地建设,制定有利于促进国家高新技术产业开发区发展并带动周边地区发展的政策,构建技术交流与技术交易信息平台,对国家大学科技园、科技企业孵化基地、生产力促进中心、技术转移中心等科技中介服务机构开展的技术开发与服务活动给予政策扶持。

综上所述,应大力增加研究开发投入,加强研究开发和技术创新管理,发挥研究开发投入与高科技成果转化的协同作用,从而加速高技术产业化进程。

参考文献:

- [1] 赵玉林. 高技术产业经济学 [M]. 北京: 中国经济出版社, 2004.
- [2] 伊.普里戈金, 伊.斯唐热. 从混沌到有序[M]. 上海: 上海译文出版社, 1987.
- [3] 赵玉林. 科技成果向现实生产力转化的自组织机制 [J]. 科学学研究, 1996, (2): 33-38.
- [4] Haken, H.. Information and Self-organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems [M]. Berlin & New York: Springer - Verlag, 1988.
- [5] H. 哈肯. 协同学导论[M]. 北京: 原子能出版社, 1984.
- [6] 国家统计局等. 中国高技术产业统计年鉴(2004)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005.

(责任编辑: 高建平)

Study on the Process Mechanism of High-Tech Industrialization Based on Haken Model

Abstract: Using self-organization theory and methods, the paper establishes the evolution equation of high-tech industrialization based on Haken Model. It takes 29 provinces (zones, cities) in China as samples to carry out quantitative empirical research. The conclusion is drawn that the intensity of research and development input is the foreword parameter in the process of the high-tech industrialization. Finally it explains the conclusion that it relies on the coordination between high-tech research and development input and conversion of high-tech achievement to promote the development of high-tech industry.

Key Words: high-tech industrialization, the intensity of research and development input, conversion of high-tech achievement