

## 摘要

随着知识产权保护的实施和WTO的加入，我国制药业将面临严峻的挑战。要在国外药品大量涌入我国市场的强大冲击下站稳脚跟并求得进一步的发展，唯一的出路就是走具有我国特色的技术创新发展之路。我国制药业技术创新的现状究竟如何？本文对此作了系统的分析与评价，其结果将有助于我们准确把握我国制药业技术创新的情况，有助于我们对我国制药业的发展提出科学的建议和对策。因此，本文的研究从促进制药业技术创新和产业发展的角度来讲具有重要意义。

文章首先评述了国内外在技术创新能力概念界定、产业技术创新能力评价指标体系以及我国制药业技术创新理论方面的研究成果，指出系统理论为我们研究我国制药业技术创新能力提供了新的研究思路和分析框架；接着将系统理论与技术创新理论有机结合，提出制药业技术创新能力系统这一概念，进而描述了制药业技术创新能力系统的特征、系统目标、系统结构、系统动力、系统运行环境、系统输入输出，从而我们可以更深刻更准确地把握我国制药业的技术创新能力；在对我国制药业技术创新能力进行系统分析的基础上，选取DEA方法中的C<sup>2</sup>R模型对制药业技术创新能力系统的整体高效性进行评价，选取模糊综合评价方法对制药业技术创新能力系统的动态持续性进行评价；最后，依据分析评价结果指出了目前我国制药业技术创新能力的制约因素并提出提高其技术创新能力的主要对策。

**关键词：**制药业；技术创新能力；系统理论；DEA；模糊综合评价

## ABSTRACT

With the protection of intellectual property and the entry of the WTO, our pharmaceutical industry will face rigorous challenges. More and more foreign medicines will enter into our pharmaceutical market. So the only way to survive and grow for our pharmaceutical industry is to advance technological innovation capability. How about the technological innovation capability of China pharmaceutical industry? This thesis makes systemic analysis and evaluation of technological innovation capability on China pharmaceutical industry. Through the study outcome, it will be conducive to grasp accurately the situation of the pharmaceutical industry technological innovation, and conducive to put forward scientific advice and policy to the development of China pharmaceutical industry. So, the study plays an important role from the view of promoting technological innovation and development of our pharmaceutical industry.

At first, this thesis summarizes the research on the definitions of technological innovation capability, index systems of the industry technological innovation capability, and technological innovation theories of China pharmaceutical industry. And then we find that the systemic theories provide a new research way in the study of technological innovation capability. Secondly, this thesis combines system theories with technological innovation theories, puts forward the concept of technological innovation capability system, describes the system factors, target, structure, motive, circulation and input & output. On the basis of systemic analysis, this thesis makes efficiency evaluation by using the C<sup>2</sup>R model of DEA, makes dynamic durative evaluation by using fuzzy comprehensive evaluation. At last, problems on the technological innovation of China pharmaceutical industry are summarized, and accordingly, the suggestions of the countermeasures are put forward.

**Keywords:** Pharmaceutical industry; Technological innovation capability; System theories; DEA; Fuzzy comprehensive evaluation

## 独 创 性 声 明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京工业大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签名: 焦玉灿 日期: 2006.4.30

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解北京工业大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

签名: 焦玉灿 导师签名: 罗亚非 日期: 2006.4.30

## 第1章 绪论

### 1.1 选题的背景及意义

#### 1.1.1 选题的背景

世界上许多国家和地区都十分重视制药业的发展，这一方面是由于人类对生存与健康的不断追求，使得制药业成为各国需求结构和国民经济结构中持续的朝阳产业；另一方面由于药物产品具有明显的低价格弹性和高收入弹性，使得制药业在诸多产业中具有持续的高回报特性；这两方面因素决定了制药业始终被作为促进国民经济发展和国民福利提高的支柱产业。

当前，随着世界人口数量的不断增加、人口老龄化加剧以及人们对于健康的更高要求，全球的药品市场不断扩大，制药业的发展前景非常良好，我国的制药业也必将从中受益；而另一方面 WTO 的加入，又使我国与世界各国之间的贸易障碍逐步被消除，中国与国际市场的进一步融合，同时也意味着我国制药业将面临更加激烈竞争的国际药品市场环境。

在机遇与挑战并存的环境下，我国制药业虽然近年来始终持续、高速增长，总产值在国家整体中排到前四、五位，但制药经济增长高速度背后隐藏的却是增长的低质量。问题突出表现为企业发展面逐年增加；生产力严重过剩与小规模、低水平重复建设现象并存；从产品、技术发展来看，基本上以仿制为主，自创很少。据统计目前我国生产的化学药品中有 97% 是仿制品，可以说整个制药业是以仿制为主<sup>1</sup>。WTO 加入后，我国将落实对 100 个成员国实行知识产权保护制度的规定，按照知识产权保护有关条款，在专利期内仿制某种新药，开发方有权索取 4~10 亿美元的赔款，若买断一个专利新药的生产许可，也须支付 500~600 万美元<sup>2</sup>。另外，关税的下调将直接导致进口药品价格下降，国内药品的价格优势将被弱化。在逐步丧失价格优势的情况下，为维持一定的市场份额，国内的制药企业必须在控制成本的同时，将重点从价格竞争转移到技术竞争上。可见，我国制药业唯有走技术创新之路，才能真正摆脱长期以来形成的以仿制为主、开发能力弱、竞争力差的局面，才能面对更加激烈的全球化竞争，也才能获得持续健康的发展。

能获得持续健康的发展。

<sup>1</sup> <http://www.100md.com/Hml/Info/News/339/33904.htm>

<sup>2</sup> <http://lib.utsz.edu.cn/anbang/yiyao/20041215.doc>

### 1.1.2 选题的意义

从理论研究的角度看，本文将技术创新理论与系统理论相结合，提出了制药业技术创新能力系统这一概念，进而对系统的特征、系统目标、系统结构、系统动力、系统运行环境、系统输入输出进行描述；在此基础上进一步对我国制药业技术创新能力进行分析，最后构建模型对制药业技术创新系统的整体高效性和动态持续性进行评价。本文的研究在理论上为客观、全面地把握制药业技术创新能力的内在本质和规律提供了帮助；在实践中，不仅有利于政府部门从中了解到我国制药业技术创新的真实水平，从而为制定技术创新相关政策提供指导；更有利于制药企业科学地定位自身的技术创新状态，采取有效的技术创新策略，保持和提高企业竞争优势，获得最佳的经济效益和社会效益。因此开展这项研究具有重要的理论意义与实践价值。

## 1.2 研究现状综述

### 1.2.1 技术创新能力的界定

虽然国际上对技术创新的研究已近半个世纪，但明确提出技术创新能力的概念并加以研究却是 80 年代以后的事<sup>[1]</sup>。目前对技术创新能力的分析仍处于探索时期，尚未形成统一理论，术语也不统一。根据国内外对技术能力的研究总结，技术能力由生产能力、吸收能力和创新能力构成。生产能力指生产系统的效率和产品、工艺的技术水平；吸收能力指企业获得、存储、学习和转化新知识的能力；创新能力指担负着提高技术能力的重任，它的大小可用技术创新的贡献大小衡量。技术创新能力是技术能力的关键组成部分，提高技术能力最终应以提高技术创新能力为依托。吸收能力和生产能力只停留在掌握已有技术上，而不能具备超越技术领先者的技术能力<sup>[2]</sup>。

由于对技术创新能力所包括的因素各有差异，导致对技术创新能力的看法也不一致，表1-1总结了国内外相关专家对技术创新能力的界定<sup>[3]</sup>。

表 1-1 国内外学者对技术创新能力的界定  
Table 1-1 The definitions of technological innovation capability  
in domestic and international

分析角度	作者	技术创新能力的界定
组织行为学	拉里	组织能力、适应能力、创新能力和技术与信息获取能力的综合
	伯格曼	由可利用的资源、对竞争对手的理解、对环境的了解能力、公司的组织结构和变化、开拓性战略等方面组成
以企业技术创新行为主体为视角	巴顿	把企业技术创新能力看成是由技术人员和高级技工的技能、技术系统的能力、管理能力、价值观等内容组成的
技术创新资源要素	王健、王海山	把技术创新能力要素分解为技术创新的投入能力(包括研究开发人员、研究开发经费和专利),产出能力、活动过程能力和企业技术创新的内部支持和社会支持能力等几个方面
根据企业技术创新的具体类型	王伟强	提出组合创新能力,即产品创新能力、工艺创新能力之间的耦合状态及其由此决定的系统的整体功能
从技术创新的过程	魏江、许庆瑞	技术创新能力的结构要素是创新决策能力、R&D 能力、生产能力、市场营销能力和组织能力五个方面
	贾蔚文	技术创新能力是企业一种综合能力,是决策能力、技术获取能力、工程化能力、生产能力、市场开拓能力的总和
	清华大学经济管理研究所	把技术创新能力分解为创新资源投入能力、创新管理能力、创新倾向、研究开发能力、制造能力和营销能力
	国家科委的“技术创新工程纲要”	把技术创新能力界定为创新决策能力、研究开发能力、工程化能力、生产制造能力、市场营销能力、组织协调能力以及资源配置能力等

不难看出,无论是政府还是学者在对技术创新能力概念的界定上大都从企业角度考虑。技术创新能力按照研究对象的不同可以分为微观、中观、宏观三个层次,即企业技术创新能力、产业技术创新能力和国家技术创新能力。产业技术创新能力是产业创新主体(政府、企业等)通过引入或开发新技术,使得原有产业在一定区域内处于领先地位,或使其获得突破性的发展,从而促使产业发展实现质的飞跃的能力。产业技术创新能力又是企业技术创新能力的系统集成,只有拥有了产业技术创新能力,企业才能摆脱产业生命周期的束缚,具有真正的可持续成长能力;同时,国家技术创新能力又体现在产业技术创新能力。因此,产业技术创新能力在企业技术创新能力和国家技术创新能力之间具有重要的桥梁作用,但对于产业技术创新能力的研究还不够,基于此本文将从这一角度深入研究产业

技术创新能力问题。

### 1.2.2 产业技术创新能力评价指标体系

评价指标是根据评价目标所选定的被评价对象的一组属性。评价指标确定后，对被评价对象的评价就转化为对这些可以直观、具体衡量的属性的考察。评价指标体系是整个评价工作的核心，这方面的研究也比较多。

斯切尔认为，技术创新的最终实现包含很广，创新活动方式极不相同，所以只能根据不同类型的技术创新而采用不同的评价指标。德国在进行产业技术创新能力调查时，用产业技术创新费用（科研开发费、产品试验费、产品设计费、购买专利费、市场调研费和因产品创新而从事的人员培训费之和）占销售额的比例来描述。加拿大的 Debresson 教授用 8 个指标来比较产业的技术创新能力，它们是：创新资本投入/职工人数、创新资本投入/销售收入、非专门的创新资本投入/职工人数、专门的创新资本投入/职工人数、专门的创新资本投入/销售收入、出口销售收入/销售收入、企业的创新倾向<sup>[4]</sup>。

我国国家统计局近年来一直用技术开发经费投入、科研人员、科研成果、技术转让、新产品销售、新产品出口六项指标为基础建立技术开发能力综合指数指标，以此来反映我国的技术开发能力。国内有的学者将技术创新能力分解为六个创新能力要素，即创新资源投入能力、创新管理能力、创新倾向、研究开发能力、制造能力和营销能力。评价产业技术创新能力，就是评价这六个能力要素的水平及其组合效率。清华大学傅家骥教授等人从技术创新投入与产出不同侧面以 R&D 投入量、专利统计量、新产品有关指标量(新产品产值、新产品实现利润、新产品开发周期、新产品技术水平)等作为产业技术创新能力的主要评价指标。中国人民大学赵彦云等人<sup>[5]</sup>提出产业技术创新能力评价指标为：  
①R&D 总支出, R&D 支出增长率, R&D 支出/销售额。②直接 R&D 总人员, 直接 R&D 总人员/员工总数, 员工受教育程度构成。③专利数, 产业申请专利数年均增长速度。④新产品销售所占比重, 国际领先水平产品数, 劳动生产率。国家计委产业发展研究所评价产业技术创新能力主要采用三类指标，一是产业技术创新能力的显示性指标或产出类指标；如市场占有、生产率、新产品产值率、专利数；二是产业技术创新能力的直接因素指标，如技术创新经费投入，产业技术装备水平、技术人员投入；三是产业技术创新能力的间接因素指标，

如产业结构、创新环境、经营管理水平。

几乎所有学者都不约而同地指出：技术创新能力是各种能力的综合，是各类要素的有机结合。但在对其进行具体分析时，则仍然不自觉地采取传统的先分解再综合的方法，即把技术创新能力整体分解成各个要素，分门别类地进行研究。在此基础上建立的评价指标体系也多半是各类要素指标的简单加总，虽然一些指标体系也采取了加权方式，以求分清主次，但却把各类要素间内在的有机联系忽视了。这种从独立的、分散的、静止的角度来研究技术创新能力，其结果很难反映技术创新过程的现实与未来。事实上，这只能说是一种狭义的理解，我们应该从广义上来把握。当前理论界也以其动态性来刻画它的特性，但对相关问题的研究比较零散，缺乏整体上的挖掘，不利于我们全面理解以及指导实践。

系统理论认为，任何事物都以系统的形式存在，都可用系统的方法来研究，产业技术创新能力也不例外。从系统科学的角度来看，产业技术创新能力是一个由若干要素构成的、综合性的能力系统。因此，为了全面深刻地分析评价产业技术创新能力，借助于系统论的思想，将其看成一个系统，从整体上、在联系和发展中去把握是技术创新能力研究的必然趋势。然而，现有的一些对技术创新能力系统的研究，基本上还停留在概念上；一些关于系统要素互动关系的研究，主要也是描述性的，定量的研究还很欠缺。本文将在国内外学者研究成果的基础上，将系统理论和技术创新能力理论有机结合，构建制药业技术创新能力系统及其评价模型，从定性到定量综合集成，对我国制药业技术创新能力用一种新视角来分析、评价和规划。

### 1.2.3 我国制药业技术创新理论研究综述

我国制药业长期以仿制为主，技术创新能力低下，但近年来政府、企业界以及学者们逐步认识到技术创新对制药业发展的重要影响，这方面的研究也越来越多。对这些研究进行梳理可以归结为以下几个方面：

(1) 关于制药业技术创新方面的一般讨论。如郭克莎<sup>[6]</sup>对我国医药工业增加国际竞争力的思考；贾谦、段黎萍<sup>[7]</sup>等对中国中医药的发展现状与前景的分析与展望；骆奇志、苏子仪<sup>[8]</sup>对 21 世纪我国制药业的创新与发展的研究；曹阳<sup>[9]</sup>关于知识产权保护下中国医药企业技术创新策略的分析。这些研究主要以国际医药产业发展动态、我国医药产业面临的知识产权保护压力、以及医药产

业的行业特性等方面为分析背景，重点阐述医药技术创新的必要性，强调仿制向创新转变的迫切性，并给出粗略发展战略。

(2) 就制药业技术创新的某个侧面进行比较深入的研究。如中国科技开发院医药所的何勤、华中理工大学的苏子仪<sup>[10]</sup>等对医药产业的技术创新模式及其特征进行了深入探讨，指出制药企业应根据自身不同的情况选择适合自己的技术创新模式；梁毅、叶习勤、朱瑶瑾<sup>[11]</sup>对我国医药行业科技成果转化的“瓶颈”进行分析，并给出一些具体的对策建议；曹阳<sup>[12]</sup>通过对医药产业技术创新的风险分析，探讨政府如何进行有效的政策选择，为企业技术创新提供一种相对稳定的社会环境，并形成对企业创新行为的持续激励；沈阳药科大学的冯艳<sup>[13]</sup>就我国医药产业的 R&D 问题进行细致的研究，全面系统地讨论 R&D 的一般性问题，并以医药 R&D 为着眼点，分析我国医药产业研究开发的现状。

(3) 单就生物医药产业进行的研究。传统医药产业和现代生物医药产业有所不同，生物医药领域目前在国际范围内都有很多未知数，这使得我国生物医药企业能够有所作为的机会比较多。对此分析现状及不足，并提出对策。

(4) 从药品研发的技术角度进行的研究。这方面的研究内容相当广泛而且专业性很强，在此不多赘述。

在这些研究中，大都是我国医药产业研究开发或技术创新及产业发展战略与模式选择以及产学研结合等方面做的定性研究，当然也有一些对于企业或区域进行的定量研究，但对整个中国制药业的技术创新状况作整体的、动态的、定量的研究还很少。

### 1.3 本文研究内容

本文将系统理论和技术创新理论有机结合<sup>[14]</sup>，并基于制药业技术创新的特性，提出我国制药业技术创新能力系统这一概念，在此基础上构建出制药业技术创新能力系统的评价模型；进而对我国制药业的技术创新能力进行整体的、动态的、定量的分析和评价，以求探索出我国制药业在技术创新中存在的问题，并提出富有针对性和可操作性的对策建议。本文主要研究内容总体上可分为三部分，即理论研究部分、评价研究部分和对策研究部分，具体为：

(1) 评述国内外在技术创新能力含义界定、产业技术创新能力评价指标体系以及我国制药业技术创新理论方面的研究成果，指出系统理论为我们研究我国

制药业的技术创新能力提供了新的研究思路和分析框架,进而提出本论文的研究课题。

(2) 运用系统理论的观点和方法对我国制药业技术创新能力进行研究, 提出制药业技术创新能力系统的概念, 进而描述了制药业技术创新能力系统的特征、系统目标、系统结构、系统动力、系统运行环境、系统输入输出。

(3) 构建出评价我国制药业技术创新能力系统整体有效性、动态持续性的指标体系和评价模型, 并选取样本进行实证研究。

(4) 指出我国制药业技术创新能力的制约因素和提高其技术创新能力的主要对策。

(5) 对全文的研究成果进行总结, 并提出进一步的研究展望。

论文结构如图1-1所示:

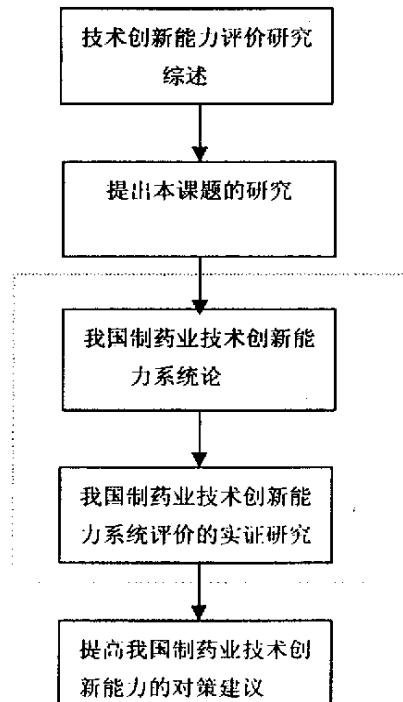


图 1-1 本文的研究框架

Fig.1-1 Study construction of this thesis

## 1.4 本文创新点及难点

### 1.4.1 创新点

运用多学科交叉的理念，将系统理论和技术创新理论有机结合，提出我国制药业技术创新能力系统的概念；并在此基础上构建出制药业技术创新能力系统有效性评价模型、系统动态持续性评价模型；最后选取样本进行实证研究。

### 1.4.2 难点

- (1) 用系统论的观点来研究制药业技术创新能力，如何把系统的观点和技术创新能力有机结合，以便于更深刻地、更准确地把握制药业的技术创新能力。
- (2) 从众多的方法中选择最合适的方法用以构建制药业技术创新能力系统的有效性、和持续性评价模型，需要进行反复的研究比较。
- (3) 探索我国制药业技术创新能力的制约因素，设计提高其技术创新能力的可行性方案。

## 第2章 我国制药业技术创新能力系统论

### 2.1 我国制药业技术创新能力系统的概念、特征与目标

#### 2.1.1 制药业技术创新能力系统的概念

系统 (systems) 是具有特定功能的、相互间具有有机联系的许多要素 (element) 所构成的一个有机整体，它具有整体性、层次性、目的性、适应性和开放性等特征<sup>[15]</sup>。本文在此基础上把我国制药业技术创新能力系统定义为：是由硬技术要素与软技术要素集合而成，协同促进我国制药业持续健康发展的一个耗散结构系统。硬技术要素指的是必要的物质技术手段，包括人力投入、财力投入、设备投入等；软技术要素则包括信息知识、逻辑工具、想象力与创造性以及运行环境等。

#### 2.1.2 制药业技术创新能力系统的特征

我国制药业技术创新能力系统与一般系统相比，系统特征又有明显的特定含义，主要是：

(1) 整体性 系统是由两个或两个以上的可以相互区别的要素，按照作为系统所应具有的综合整体性而构成的。我国制药业技术创新能力系统是由构想决策能力、研究开发能力、生产制造能力、市场销售能力和创新管理能力组成，形成的具有高度有机性的链状机构。在这条链上任何环节的受阻都会导致技术创新能力的低下，缺少任何一个要素都会破坏系统的整体性，而改变各构成要素相互联系的结构，则会影响系统整体功能的实现。

(2) 层次性 系统作为一个相互作用的诸要素的总体，它可以分解为一系列的子系统，并存在一定的层次结构。制药业技术创新能力系统同样呈现出结构的层次性，低一层为构想决策能力、研究开发能力、生产制造能力、市场销售能力，它们分别对技术创新能力起着直接影响作用；高一层是创新管理能力，它通过渗透作用对低一层次的四个基本要素发生影响，进而对技术创新能力起着直接和全局性的影响作用。

(3) 目的性 通常系统都具有某种目的，要达到既定的目的，系统都具有一定的功能，而这正是区别这一系统和那一系统的标志。对于我国制药业技术

创新能力系统而言，其目的就是服从和服务于制药业经营发展的需要，这也是技术创新能力系统性最基本的方面。

(4) 适应性 我国制药业技术创新能力系统所从属的更高一级系统，均构成制药业技术创新能力系统环境；它们无不要求制药业技术创新能力系统与之相适应，从而完成系统与环境之间的匹配功能。

(5) 开放性 制药业技术创新能力系统是一个开放的系统，这种开放性表现在制药企业可以根据开展技术创新活动的需要调动和吸收外界能力要素来完善内部的能力结构，同时还可能改造外部环境，创造出更加适合的生存条件<sup>[16]</sup>。

### 2.1.3 制药业技术创新能力系统的目标

我国制药业的技术创新活动，纵然在内容、形式等方面存在差异，但其目的都是一致的，这就是不断提高我国制药业技术创新能力，自觉适应国际标准，加强知识产权保护意识，以求在激烈的市场竞争中求得生存和发展。因为加入WTO后，药品仿制已走入“死胡同”，国内制药业必须迅速提高新药创制能力，否则将难以生存。

技术创新活动的系统工作同时非常纷繁复杂，在进行具体操作时系统的目标必须明确，而且不能只由一个可操作的目标来代替所有工作目标。把目标在不同时期分解为多个具体的、不断递进的目标十分必要，一系列不断递进的目标构成了系统发展变化的轨迹，也呈现出系统目标的阶段性，反映着制药业技术创新的进程。当这些目标依次实现后，技术创新系统提高一个层次，便产生了新的总体目标。以此循环，制药业的技术创新能力便从一个层次向另一个更高层次迈进，实现我国制药业持续健康发展的目的<sup>[17]</sup>。

## 2.2 我国制药业技术创新能力系统的结构

本文从技术创新的过程分析入手，将我国制药业技术创新能力系统分解为构想决策能力、研究开发能力、生产制造能力、市场销售能力和创新管理能力5个基本要素（如图2-1所示）。这种分解方式把创新管理能力提升出来，强调了它统领全局的战略性地位；同时也可以清晰得到技术创新能力的结构和各构成要素之间的相互作用。这5个要素形成一个具有高度有机性的链状结构，且每一要素都是承上启下、紧密配合、不可缺少的。这样的结构是一种比较理想

的技术创新能力系统结构，有利于及时解决系统中出现的问题，达到系统优化的目的。

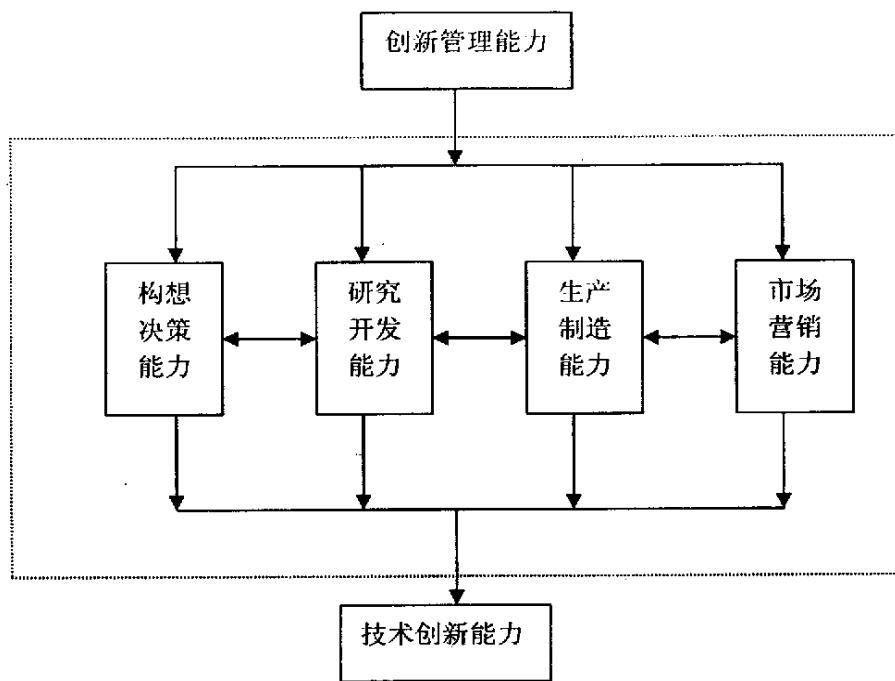


图 2-1 技术创新能力系统的结构

Fig.2-1 The structure of technological innovation capability system

### 2.3 我国制药业技术创新能力系统的动力

动力机制是促使技术创新的原动力，它是决定着技术创新行为的产生、持续、循环的各种经济、科技、社会因素及这些因素影响技术创新行为的机理。有关技术创新的动力来源，以及各种动力因素相互关联及协同作用，国内外学者有大量的研究著述，其中比较有代表性的主要有：（1）技术推动模式，该观点认为科学技术的发展是技术创新的原动力，是驱使技术创新活动得以产生和开展的根本原因；（2）市场拉引模式，该观点认为技术创新始于市场需要，市场对技术的需要是技术创新产生的动力源泉；（3）技术推动和市场拉引的综合作用模式，该观点认为技术创新是一个复杂的过程，其是在技术推动与市场拉引的共同作用下而开展的，也就是说技术创新是在技术机会和市场机会的交汇处而产生的<sup>[18]</sup>。国内有的学者结合中国的具体情况，将驱动技术创新的动力分为内源动力和外源动力，外源动力驱动是指技术创新主体在外部环境的驱使下

从事技术创新，比如市场需求、科学技术的发展以及国家的政策支持等等；内源动力驱动是指技术创新主体在自身利益的驱动下主动进行技术创新，包括获取利润、赢得竞争、产业发展、创新偏好等等<sup>[19]</sup>。本文认为这种理论比较适合于对我国制药业技术创新的动力因素进行分析。

制药业的技术创新具有高投入、高风险、长周期的特点，如果没有强有力的激励和有效的管理相配合，要想获得好的效果是十分困难的。我国制药业技术创新的外源动力主要是技术机会、市场机会以及政府对制药产业技术创新的调控；内源动力主要是制药企业的产权关系和制药产业的经济体制。事实上，一方面多年来的重复建设以及市场环境的急剧变化，导致相当一部分制药企业的经营机制存在着一些根本性的制度缺陷：如产权关系不明、政企不分、所有者缺位、缺乏对经营者的有效激励和监督机制等等。这些根本性的制度缺陷是企业经营者短期行为、企业不合理目标结构、企业技术创新开展乏力的主要原因。另一方面长期以来科技与经济两张皮的情况导致科研院所与高校的研究活动不能很好的满足制药业发展的需要。科技成果的实用价值不高或是科技成果不能很好地转化为生产力，企业与科研院所、高校之间没有形成一种良好的交流合作关系<sup>[20]</sup>。以上这些弊端严重破坏或限制了我国制药业技术创新活动的开展。

## 2.4 我国制药业技术创新能力系统的运行环境

技术创新能力系统之外的各种变量都可以看作系统的环境，但是，在设定系统的环境时，重要的是找出系统联系最紧密，与系统相互作用以及影响最大的主要环境。根据现有研究，本文认为我国制药业技术创新能力系统的运行环境主要由以下几个方面组成：

(1) 制药企业内部环境 企业是技术创新的载体，因而企业内部环境是与技术创新能力系统关系最为紧密的，它与企业技术创新能力系统间物质、信息的交换最为频繁，是企业技术创新能力系统最重要的环境。但是，由于市场机制不健全，又无权威性的行业产业政策，有近 2/3 省市区把制药作为支柱产业或重点发展产业，来自房地产业、金融业等方面的社会资金也纷纷进入制药产业；因此，我国的制药企业大多无品种、无技术，又不重视科研开发，重复建设，急功近利，几千家药厂品种雷同，产大于销，形成了价格混乱、恶性竞争

的局面<sup>[24]</sup>。

(2) 市场环境 我国制药业技术创新能力系统的市场环境主要包括市场需求、市场竞争。

未来我国制药业的市场需求将十分旺盛：首先药品是特殊商品，它是人民防病治病、康复保健的必需品，也是备战、备荒及应对各种自然灾害和突发事件的重要物资；其次，人口是市场构成的主要因素，而我国又是人口最多的发展中国家，这将促进我国药品市场大幅度增长，再次，随着我国逐步步入老龄社会，老年人是医疗保健的重点，更将加大对药品需求的增长；另外，我国医疗体制的改革、公费劳保医疗支出以及市场交易体制日趋完善也将成为我国药品市场增长的动力。

激烈的市场竞争使得我国制药业仿制药品的路已经越来越窄，应当尽快实施由仿制向创新的战略转移。WTO 加入后关税税率的降低将直接冲击国内医药市场；另外，知识产权保护的影响也将大大增加制药企业的生产成本；国内药品的价格优势将不再存在。

(3) 政策环境 中央“十一五”规划建议中指出，必须提高自主创新能力，把增强自主创新能力作为科学技术发展的战备基点和调整产业结构、转变增长方式的中心环节。我国制药业主要是在创新方面与国际上差距很大，而制药业健康发展的关键也是创新。

但市场却不能从根本上解决创新的风险、创新的动力问题，这就要求政府努力创造一个鼓励技术创新的环境。政府只有在科研资金的投入、税收、信贷、风险资金等政策上给予制药企业发展提供优惠的条件，比如设立新药研发的专项基金，加强基础研究，在投资、价格、保护、审批和创制新药以及基本医保目录等方面制定相关政策，才能吸引社会各方面的资源投入到制药领域并积极开展技术创新活动，提高制药业的竞争实力。另外，知识产权制度对于激励制药企业进行技术创新活动作用也很大。如果缺乏有效的知识产权保护制度，那么知识产品在很大程度上成为公共产品，这将阻滞技术进步，加重国家技术创新的负担。这些都成为政府鼓励技术创新过程中亟待解决的问题。

(4) 科技环境 科技环境是指多个技术创新能力系统在技术方面交流的媒介。技术协作、技术引进、技术开发活动的实现，必须依赖一个良好的科技交流环

境。只有在信息畅通的技术环境中，制药企业才能很好的利用技术创新资源，才能在较短的时间内完成技术创新活动。现代科学技术的发展为制药业的技术创新提供了越来越多的手段和途径，分子生物学、计算机技术、新材料等科学技术的不断进步，必然对制药业技术创新水平的提高和产业的发展产生深远的影响。但是长期以来的科技与经济两张皮情况、制药企业融资困难等问题都证明了目前的科技环境并不完善。

(5)社会人文环境 技术创新能力系统总是在一定的社会人文环境中进行的，一种良好的、和谐的、崇尚创新的社会环境必然会激励人们的创新热情，这对于产业技术创新的开展及产业的发展都是非常重要的。过去说我国科技落后在于“穷”，目前我国的经济和科研经费有明显好转，不少科学界负责人已经开始从理念上认识到软环境的重要性，而且将人文环境提到与物质环境并重的程度。王渝生<sup>[22]</sup>认为，当前阻碍我国技术创新的文化主要表现为：以创新为主导的价值观尚未成为普遍风尚，功利化、工具化的科技观占据了主导地位；“官本位”等传统文化中的消极因素影响科技工作者的行为模式；科研管理制度存在严重缺陷；有利于创造力的思维品格尚未形成。科学普及存在的主要问题是：科普管理体制和运行机制不健全；科普能力薄弱；学校科技教育存在缺陷。

## 2.5 我国制药业技术创新能力系统的输入输出

我国制药业技术创新能力系统是一个开放的系统，它与外部环境既相互作用又相互联系，系统与环境的相互作用是通过输入与输出实现的。环境对系统的作用是通过系统输入实现，而系统对环境的作用表现为系统通过输出对环境产生影响。环境是系统输入的提供者和系统输出的接受者。自组织理论揭示出，系统只有开放，不断与外界环境进行充分的物质、能量和信息的交换，获得足够的负熵，并且处于远离平衡的非平衡态，才能使系统向熵减方向即有序化方向演化，从而形成新的有序结构—自组织结构<sup>[23]</sup>。这也就是说制药企业要开展技术创新活动必须充分开放，与外界进行物质、能量和信息的交换，从中换取资金、人才、信息等负熵流，形成远离平衡的开放系统—具有创新动力和能力的系统。缺少足够的投入（负熵流），靠系统内部的自发性创新是无本之木。

我国制药业技术创新能力系统的输入输出可分为物质与信息的输入输出，系统最终是向环境推出新技术、新技术物化的产品，以及向环境传递技术创新

信息。

### 2.5.1 系统的输入

人员输入：科技活动人员尤其是研究与开发人员是技术创新活动的核心力量，是一个具有国际可比性的重要指标；从事药物技术创新人员的数量、素质直接决定着制药业技术创新能力的强弱。制药业技术创新能力的提升最基本的条件就是培养和造就一批具有高素质的技术创新人才。

财力输入：技术创新经费的投入是开展技术创新活动的根本保障和前提，是决定技术创新能力的一个非常重要的因素；从另一方面来说，创新经费的投入水平也反映了企业、政府机构等对于产业技术创新的重视程度。

设备输入：技术创新设备是创新活动人员从事创新活动的基础，也是制药业技术创新的关键因素，创新设备的优良程度在很大程度上决定着产业技术创新能力的强弱。

信息输入：主要包括市场的需求、技术信息、竞争者情况、国家政策、法律等等。<sup>[24]</sup>

### 2.5.2 系统的输出

系统的物质输出指新产品、新技术以及新知识，一般用以下这样几个指标来衡量：

发明专利数，反映了制药业在技术创新中间产出上的效果；

新产品的销售收入或利润，反映了制药业技术创新在市场实现和商业利益上的最终效果；

劳动生产率，反映了以技术创新为核心的技术进步对经济增长的贡献。

系统的信息输出指的是相关的技术创新信息。

## 第3章 我国制药业技术创新能力系统有效性评价

### 3.1 DEA 方法介绍

#### 3.1.1 DEA 基本理论概述

DEA 即数据包络分析 (Data Envelopment Analysis), 是由美国著名运筹学家 A.Charnes 和 W.W.Cooper 等学者于 1978 年提出的, 用以评价多个相同类型决策单元 (Decision Making Units, DMU) 间相对有效性的方法。在生产和生活中经常会遇到这样的问题: 需要对同一类型的部门或单位的绩效进行比较或者评价, 评价的依据是所能观测到的决策单元的“输入数据”和“输出数据”。输入数据是指决策单元在某种活动中所消耗的某些量, 如投入的资金量、劳动量、人员数等等, 输出数据指决策单元经过一定的输入之后所产生的成果或成就, 如产品产量、经济效益等等<sup>[25]</sup>。为了比较同一类决策单元的“经济效率”需要将各决策单元的各项输入输出指标进行加权求和得到一个综合值, 然后再比较各个决策单元综合值的大小。但是权重的选取是非常困难的事情, 虽然像层次分析法、模糊综合评价法等一些方法可以确定权重, 但更多的时候采用的是含有主观性的专家法; 而且这些指标还存在量纲不同的问题。DEA 方法巧妙的构造了目标函数, 无需指标的量纲统一, 也无需事先给定投入和产出指标之间的权重分布, 并将分式规划问题转化为线性规划问题, 通过最优化过程来确定权重, 从而使对决策单元的评价更为客观。DEA 方法在避免主观因素、简化运算以及减少误差等方面有着不可低估的优越性。该方法不但可以评价各决策单元的综合有效性、规模有效性和技术有效性, 还可以通过对创新投入资源的影子价格分析来揭示影响技术创新有效性的关键因素, 以便提出针对性的对策建议; 最为重要的是还可利用 DEA “投影原理”进一步研究非 DEA 有效决策单元的改进方向, 使其达到 DEA 有效。因此, 本文选取该方法来评价我国制药业技术创新能力系统的有效性。

#### 3.1.2 DEA 方法的 C<sup>2</sup>R 模型

##### 3.1.2.1 模型构造<sup>[26]</sup>

##### 3.1.2.1 模型构造<sup>[26]</sup>

设有  $n$  个决策单元 (DMU)，每个 DMU 都有  $m$  种投入及  $s$  种产出，分别表示该 DMU “消耗的资源”和“工作的成效”。 $x_{ij}$  表示第  $j$  个 DMU 对第  $i$  种输入的投入量， $x_{ij} > 0$ ； $y_{rj}$  表示第  $j$  个 DMU 对第  $r$  种输出的产出量， $y_{rj} > 0$ ； $v_i$  为对第  $i$  种投入的一种度量(或称权)， $u_r$  为对第  $r$  种产出的一种度量(或称权)， $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; r = 1, \dots, s$ 。 $x_{ij}, y_{rj}$  为已知数据， $v_i, u_r$  为变量。

对应于一组权系数  $v = (v_1, \dots, v_m)^T, u = (u_1, \dots, u_s)^T$ ，每个决策单元都有相应的效率评价指数(即产出加权之和除以投入加权之和)：

$$h_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, j = 1, 2, \dots, n$$

现在对 DMU 进行效率评价 ( $1 \leq j_0 \leq n$ )，构造如下最优化模型：

$$\begin{aligned} \max h_{j_0} &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \\ (C^2R) \left\{ \begin{array}{l} \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n \\ u \geq 0, v \geq 0 \end{array} \right. \end{aligned} \quad (1)$$

从 (1) 式可以看出， $C^2R$  模型实际上是在效率值不大于 1 的情况下，才能使 DMU 的投入产出率  $h_{j_0}$  最大的权值  $u, v$ 。由于每个决策单元的有效性都是相对其它单元而言的，故其效率值是相对效率值，而且可以相互比较。

将 (1) 式写成向量的形式：

$$\begin{aligned} \max \frac{u^T y_0}{v^T x_0} \\ (P) \left\{ \begin{array}{l} \frac{u^T y_j}{v^T x_j} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n \\ u \geq 0, v \geq 0 \end{array} \right. \end{aligned} \quad (2)$$

使用 Charnes-Cooper 变换可将上式的分式规划转化为一个等价的线性规划：

$$\max h_{f_0} = \mu^T y_0$$

$$(P_{C^2R}) \begin{cases} \omega^T x_j - \mu^T y_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \omega^T x_0 = 1 \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

其对偶规划为：

$$\min \theta$$

$$(D_{C^2R}) \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (4)$$

为了方便求解，对上式引入非阿基米德无穷小量  $\varepsilon$ （为任意小的正数，通常取  $10^{-5}$ ），得到线性规划的标准型：

$$\min [\theta - \varepsilon(s^- + s^+)]$$

$$(D_\varepsilon) \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

### 3.1.2.2 C<sup>2</sup>R 模型的含义

#### 1、C<sup>2</sup>R 模型的变量含义

(1)  $\theta$  为 DMU 的效率 ( $0 \leq \theta \leq 1$ )，即投入相对于产出的有效利用程度。 $\theta$  反映了 DMU 资源配置的合理程度： $\theta$  越大，资源配置越合理；反之，资源浪费程度越高。

(2)  $\lambda_j$ ：表示通过线性组合重构一个效率最高的 DMU 时，第  $j$  个决策单元的组合比例。

(3)  $s^-$ 、 $s^+$  为松弛变量，非零的  $s^-$ 、 $s^+$  分别表示无效投入量和不足产出量。

#### 2、C<sup>2</sup>R 模型的经济含义

(1) DEA 有效性：当  $\theta = 1$ ， $s^- = s^+ = 0$  时，称 DMU 为 DEA 有效—在

原投入  $x$  基础上所获得的产出  $y$  达到最优；当  $\theta^* = 1$  且  $s^{*-} \neq 0$  或  $s^{*+} \neq 0$  时，称 DMU 为弱 DEA 有效—对于投入  $x$  可减少  $s^{*-}$  而保持原产出  $y$  不变，或者在投入  $x$  不变的情况下将产出提高  $s^{*+}$ ；当  $\theta^* < 1$  时，称为 DEA 无效—可通过组合将投入降至原投入  $x$  的  $\theta^*$  比例而保持原产出  $y$  不变。

(2) 规模有效性：令  $K^* = \sum \lambda_j^*$ ，称  $K$  为 DMU 的规模收益值，当  $K^* = 1$  时，该 DMU 规模收益不变，即边际产出等于边际投入时的规模； $K^* < 1$  时，规模收益递增，即在原投入的基础上适当增多投入可望产出相对更高比例的增加； $K^* > 1$  时，规模收益递减，即增加投入可能使产出增加，但增加幅度会小于投入的增加幅度。

(3) DEA 改进：对于 DEA 无效的决策单元可以通过“投影定理”适当改进使其转变为 DEA 有效，改进公式为： $\hat{x} = \theta^*x - s^{*-}$ ,  $\hat{y} = y + s^{*+}$ ,  $(\hat{x}, \hat{y})$  为该 DMU 对应的  $(x, y)$  在 DEA 相对有效平面上的投影，它所对应的新的 DMU 相对于原来的  $n$  个 DMU 来说，是 DEA 有效的。另记(改进值)： $\Delta x = x - \hat{x} \geq 0$ ,  $\Delta y = \hat{y} - y \geq 0$

## 3.2 投入产出指标体系的建立

### 3.2.1 指标体系的设计原则

本文采用 DEA 方法对我国制药业技术创新能力系统的有效性进行评价，而选取合理的投入与产出指标是正确利用 DEA 方法测量技术创新效率的一个关键问题<sup>[27][28]</sup>。在具体应用中，投入与产出指标的选取往往带有很强的任意性与主观性，用不准确的指标体系进行评价必然导致评价结果偏离实际；另外，DEA 方法对投入产出指标数量的限制，给指标选取工作带来困难，若指标选取的过细，容易造成大量有效 DMU 产生，若指标过粗过多，则不利于发现系统中问题所在，无法为管理者提供充分的决策信息。所以投入产出指标体系的设计应从多方面、多角度、多层次来考虑，力争使评价结果准确化、科学化。在设计该指标体系时，要遵循以下几个基本的原则：

(1) 可比性原则 在设计指标体系时，要注意指标的内容、口径、计算方法

在纵向和横向的可比性。在经济全球化及科技活动日益国际化的今天，所设计的指标体系在充分结合我国实际情况的基础上，还应尽量具有国际可比性。

**(2) 科学性原则** 指标体系的科学性是确保评价结果准确合理的基础。一是所选取的指标应客观、真实地反映我国制药业技术创新活动的投入与产出情况<sup>[29]</sup>；二是每个指标应尽可能的边界清楚，避免相互包含，减少对同一内容的重复评价。

**(3) 可操作性原则** 指标体系的建立要以现实条件为前提，由于我国只是在近几年才开展了技术创新调查，因此可利用的时间序列的数据较少。如果选取的指标过多，而又收集不到数据，研究结果也就缺乏实际意义。所以，要求指标数易于获取，简明扼要且有较大的信息容量，力求数据的可操作性，便于分析运算。

除了要遵循以上的原则外，DEA 方法在应用时还要注意几点：避免相关性高的指标（当指标数量过多时，分别对投入产出指标进行相关性分析，去掉相关性显著的指标）；保证指标值的非负性；数据不需标准化；同时， $n$  要比  $m+s$  足够大，一般是其两倍以上。

### 3.2.2 确定指标体系的程序

- (1) 结合评价目的，确定投入产出的概要指标集。
- (2) 对各概要指标进行经济含义分析，分解为若干的细化指标。
- (3) 对概要指标下的细化指标进行相关性分析，相关性大的细化指标进行主成分分析，提取包含 85% 以上信息的第一主成分作为评价指标；相关性小的细化指标保留作为评价指标。

### 3.2.3 概要指标集

#### 3.2.3.1 投入指标

**(1) 人力投入指标** 欲将技术创新活动向纵深发展，人才是关键。对于制药业这一典型的高技术行业来说，从事技术创新的人员的数量、素质直接决定着技术创新能力的强弱。

$x_1$ —科技活动人员占从业人员比重。科技活动人员指直接从事科技活

动、以及专门从事科技活动管理和为科技活动提供直接服务的人员，该指标反映了制药业技术创新的人力基础。

$x_2$ —科学家与工程师占科技活动人员比重。科学家与工程是指在科技活动人员中具有高、中级技术职称的人员和不具有高、中级技术职称的大学本科及以上学历人员，该指标反映了技术创新人员的素质水平。

(2) 财力投入指标 技术创新经费的投入是开展技术创新活动的根本保障和前提，是决定技术创新能力的非常重要的因素，从另一方面讲，创新经费的投入水平也反映了对技术创新活动的重视程度。

$x_3$ —新药开发经费占产品销售收入比重。新药开发经费包括新药的研究、筛选、试验等费用的支出，反映了制药业产品创新的经费投入力度。

$x_4$ —技术改造、技术引进和消化吸收经费占产品销售收入比重。技术改造、技术引进和消化吸收经费是指进行技术改造、购买国内外产品设计、工艺流程、专利、技术诀窍及关键设备的费用支出以及对这些引进项目进行消化吸收的经费总额，该指标反映了制药业工艺创新的经费投入情况。

(3) 设备投入指标 技术创新的设备是创新活动人员从事创新活动的平台，也是制约技术创新的关键因素，可以说在很大程度上决定着创新能力的强弱。

$x_5$ —科技活动经费中设备购置所占比重。该指标反映了制药业技术创新活动中在创新设备上的投入力度。

### 3.2.3.2 产出指标

#### (1) 效益产出指标

$y_1$ —新产品销售率（新产品销售收入占产品销售收入比重）。该指标反映了制药业的技术创新在市场实现和商业利益上的最终效果。

$y_2$ —新产品产值率（新产品的产值占该行业总产值比重）。该指标反映了将新产品开发和成果转化成效益的能力。

#### (2) 科研产出指标

$y_3$ —专利申请数。

$y_4$ —新产品开发项目数。

这两个指标反映的是制药业在技术创新中间产出上的成果。<sup>[30]</sup>

### 3.2.4 投入产出指标体系的确定

为了消除指标的相关性对评价结果的影响,本文利用统计分析软件 SPSS<sup>311</sup> 分别对投入、产出指标进行了相关分析,并对相关性显著的指标做出取舍。

#### 3.2.4.1 投入指标的相关分析

$x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$ 、 $x_5$ 两两相关矩阵如表 3-1 所示:

表 3-1 投入指标的两两相关矩阵

Table 3-1 The correlation matrix of input indexes

		Correlations				
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$x_1$	Pearson Correlation	1	.728*	.252	.175	.272
	Sig. (2-tailed)		.041	.547	.679	.515
	N	8	8	8	8	8
$x_2$	Pearson Correlation	.728*	1	.526	.301	.084
	Sig. (2-tailed)	.041		.181	.469	.843
	N	8	8	8	8	8
$x_3$	Pearson Correlation	.252	.526	1	-.239	.418
	Sig. (2-tailed)	.547	.181		.568	.303
	N	8	8	8	8	8
$x_4$	Pearson Correlation	.175	.301	-.239	1	.073
	Sig. (2-tailed)	.679	.469	.568		.863
	N	8	8	8	8	8
$x_5$	Pearson Correlation	.272	.084	.418	.073	1
	Sig. (2-tailed)	.515	.843	.303	.863	
	N	8	8	8	8	8

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

从上表中可以看到: 5 个投入指标中只有  $x_1$  与  $x_2$  的相关程度显著, 相关系数为 0.728, 并且通过双尾检验。可见, 在投入指标的选取上, 科技活动人员占从业人员比重与科学家与工程师占科技活动人员比重两个指标必须择其一。学者们在这方面的研究, 更多的采用科技活动人员占从业人员比重这一指标; 另外前者反映的是科技人员的投入强度, 后者反映科技人员的素质水平, 可以说前者是后者的基础, 没有一定的规模的保证单个质量不足以说明问题。因此, 我们保留前一指标—科技活动人员占从业人员比重。本文最终确定的投入指标有 4 个: 科技活动人员占从业人员比重, 新药开发经费占产品销售收入比重, 技术改造、技术引进、消化吸收经费占产品销售收入比重, 科技活动经费支出中设备购置所占比重。

#### 3.2.4.2 产出指标的相关分析

$y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$ 、 $y_4$ 两两相关矩阵如表 3-2 所示：

表 3-2 产出指标的两两相关矩阵

Table 3-2 The correlation matrix of output indexes

		Correlations			
		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$y_1$	Pearson Correlation	1	.738*	.649	.656
	Sig. (2-tailed)		.037	.081	.077
	N	8	8	8	8
$y_2$	Pearson Correlation	.738*	1	.371	.104
	Sig. (2-tailed)	.037		.365	.807
	N	8	8	8	8
$y_3$	Pearson Correlation	.649	.371	1	.822*
	Sig. (2-tailed)	.081	.365		.012
	N	8	8	8	8
$y_4$	Pearson Correlation	.656	.104	.822*	1
	Sig. (2-tailed)	.077	.807	.012	
	N	8	8	8	8

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表 3-2 显示： $y_1$  与  $y_2$ ， $y_3$  与  $y_4$  的相关程度显著，相关系数分别为 0.738、0.822，且均通过双尾检验。在产出指标的选取上，考虑到新产品销售收入的比重比新产品产值比重更能体现技术创新成果商业化的能力；专利申请数量相比新产品开发项目数而言更多地体现成果而不是过程，所以保留新产品销售收入比重和专利申请数量作为评价产出的指标。本文确定的最终评价指标体系及其相关数据<sup>[32]</sup>见表 3-3。

表 3-3 我国制药业技术创新能力系统有效性评价指标体系的原始数据

Table 3-3 The initial datum on index system of efficiency evaluation

	投入指标				产出指标	
	科技活动人员占 从业人员比重	新药开发经费占 产品销售收入比重	技术改造、引进、消化吸收 经费占产品销售收入比重	设备购置占科技 活动经费支出比重	新产品销售收入占 产品销售收入比重	专利 申请数（项）
					y1	y2
2003	6.6	1.21	3.0	4.2	16	1305
2002	7.7	1.00	3.6	3.6	13.1	1000
2001	6.9	1.10	3.1	4.1	15.7	735
2000	6.83	1.31	3.0	4.2	15.07	547
1999	6.2	1.12	2.3	3.5	13.4	283
1998	6.3	0.93	2.9	4.0	12.7	275
1997	5.8	1.05	3.0	2.9	12.75	257
1996	3.9	1.01	3.2	3.7	13.4	168

### 3.3 模型的建立及运算

#### 3.3.1 模型建立

在求解各决策单元的参数值时，只有第一个决策单元的求解过程需要精心准备和安排，而在求解其他决策单元的时，只需将约束条件等式右边的数值换成所求决策单元相应的数值即可<sup>[33]</sup>。根据前面（5）式对表 3-3 的数据写出评价决策单元 1996~2003 年相对有效性的 C<sup>2</sup>R 模型。（首先以 2003 年为例）

$$\begin{aligned} & \min[\theta - 10^{-5}(s_1^- + s_2^- + s_3^- + s_4^- + s_1^+ + s_2^+)] \\ & \left\{ \begin{array}{l} 6.6\lambda_1 + 7.7\lambda_2 + 6.9\lambda_3 + 6.83\lambda_4 + 6.2\lambda_5 + 6.3\lambda_6 + 5.8\lambda_7 + 3.9\lambda_8 + s_1^- = 6.6\theta \\ 1.21\lambda_1 + \lambda_2 + 1.1\lambda_3 + 1.31\lambda_4 + 1.12\lambda_5 + 0.93\lambda_6 + 1.05\lambda_7 + 1.01\lambda_8 + s_2^- = 1.21\theta \\ 3\lambda_1 + 3.6\lambda_2 + 3.1\lambda_3 + 3\lambda_4 + 2.3\lambda_5 + 2.9\lambda_6 + 3\lambda_7 + 3.2\lambda_8 + s_3^- = 3\theta \\ 4.2\lambda_1 + 3.6\lambda_2 + 4.1\lambda_3 + 4.2\lambda_4 + 3.5\lambda_5 + 4\lambda_6 + 2.9\lambda_7 + 3.7\lambda_8 + s_4^- = 4.2\theta \\ 16\lambda_1 + 13.1\lambda_2 + 15.7\lambda_3 + 15.07\lambda_4 + 13.4\lambda_5 + 12.7\lambda_6 + 12.75\lambda_7 + 13.4\lambda_8 - s_1^+ = 16 \\ 1305\lambda_1 + 1000\lambda_2 + 735\lambda_3 + 547\lambda_4 + 283\lambda_5 + 275\lambda_6 + 257\lambda_7 + 168\lambda_8 - s_2^+ = 1305 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, 8 \\ s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_1^+, s_2^+ \geq 0 \end{array} \right. \end{aligned}$$

#### 3.3.2 模型求解

应用线性规划软件 Lingo8.0 对上述模型进行计算，求解结果见表 3-4、3-5。

表 3-4 DEA 效率及规模收益计算结果

Table 3-4 The computation of DEA efficiency and return to scale

决策单元	$\theta^*$	$K^*$	$s_1^{*-}$	$s_2^{*-}$	$s_3^{*-}$	$s_4^{*-}$	$s_1^{*+}$	$s_2^{*+}$
2003	1	1	0	0	0	0	0	0
2002	0.9797	0.8211	2.0870	0	1.0511	0.0909	0	0
2001	1	1	0	0	0	0	0	0
2000	0.9359	0.9877	0	0.0585	0	0	0	464.4824
1999	1	1	0	0	0	0	0	0
1998	0.9568	0.8089	0.4462	0	0.2670	0.5106	0	319.5541
1997	1	1	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	0	0	0	0	0	0

表 3-5 汇总了各指标的影子价格，投入资源的影子价格表示单位资源投入变化所引起的创新效率的改变，是针对具体的决策单元而存在的特殊价格。决策单元某种创新投入的影子价格相对于其它单元该投入的影子价格较高时，说明该投入对创新效率影响最大，是该决策单元的稀缺资源，应该加大对该项资源的投入<sup>[34][35]</sup>。在对无效年份的分析中，对此作了具体解释。

表 3-5 各指标影子价格计算结果

Table 3-5 The shadow price computation of indexes

决策单元	科技活动人员占从业人员比重	新药开发经费占产品销售收入比重	技术改造、引进、消化吸收经费占产品销售收入比重	设备购置经费占科技活动经费支出比重	新产品销售收入占产品销售收入比重	专利申请数
2003	0	0	0.3333	0	0	-0.0008
2002	0	1	0	0	-0.0626	-0.0002
2001	0	0.3672	0.1923	0	-0.0637	0
2000	0.0278	0	0.0766	0.1381	-0.0621	0
1999	0.0742	0	0.2348	0	-0.0746	0
1998	0	1.0753	0	0	-0.0753	0
1997	0	0	0	0.3448	-0.0745	-0.0002
1996	0.2564	0	0	0	-0.0690	-0.0005

### 3.4 结果分析

#### 3.4.1 综合效率分析

表 3-4 的结果显示： $\theta^* = 1$  且  $s^{*-} = s^{**} = 0$  的决策单元有 5 个，分别是 2003、2001、1999、1997、1996 年，它们达到了完全 DEA 有效，即相对于其它的 DMU 这 5 年的技术创新投入取得了最佳效益； $\theta^* < 1$  的决策单元有 3 个，具体为 2002、2000、1998 年， $\theta^*$  分别等于 0.9797、0.9359 和 0.9568，这 3 年没有达到 DEA 有效，即技术创新投入没有得到充分利用、产出相对偏小，但距离生产前沿面

也比较近。所以，从整体上看，我国制药业技术创新总体效率还是可以的，8个决策单元的目标最优值都在0.9以上，其中达到完全DEA有效的占样本总量的62.5%。这个结果验证了近十年来我国制药业在经济体制和科技体制的双重推动下得到空前发展，并已成为国民经济支柱产业之一的事实。但在面对这一可喜结果的同时，我们也不能骄傲，因为在文章的研究中并没有把一些制药业发达的国家纳入分析体系，而只是对中国制药业自身进行的纵向研究，如果引入一些先进国家，可能会揭示一些更深层次的内容。

### 3.4.2 规模收益分析

依据表3-4的运算结果， $K^*=1$ 的决策单元有5个，分别是2003、2001、1999、1997、1996年，这5年处于规模收益不变阶段； $K^*<1$ 的是2002、2000、1998年， $K^*$ 值分别为0.8211、0.9877、0.8089，处于规模收益递增阶段<sup>[36]</sup>。根据经济学生产理论的分析，一个行业或企业最佳的生产状态应处于规模收益递减的某个阶段。所以从总体上来讲，我国制药业科技发展状况还没有达到合理的规模水平，这个结果与现实还是相符的。据相关资料显示，目前我国的制药企业80%以上为中小企业，且普遍存在资金短缺、人才匮乏、科研创新能力薄弱的问题，这一现状就导致我国制药业难以发挥规模优势、效益低下。要改变规模的劣势，我们可以通过实施大企业强强联合战略、优势企业扩张战略以及中小企业构建战略联盟战略，以有效地利用有限的资金和科研力量，优势互补，弥补自身能力和资源的不足，加快实现规模化经营<sup>[37]</sup>。另外，经营者还可以发展“借脑工程”、多与国内外科研机构进行合作与交流等一些措施来促进企业科技进步。政府和科技界也要借助一些科技创新政策、科技管理体制给予制药企业一定的扶持。

### 3.4.3 DMU 在生产前沿面的投影和影子价格分析

(1) 从表3-4可以看出2002年我国制药业在科技活动人员占从业人员比重— $x_1$ ，技术改造、技术引进、消化吸收经费占产品销售收入比重— $x_3$ ，以及设备购置占科技活动经费支出比重— $x_5$ ，这3个指标的投入上过高，造成了资源冗余

技术创新DEA无效。未达到DEA有效的决策单元在生产前沿面上的投影DEA有效，按照前面给出的改进公式对该年的指标数据重新计算得， $\Delta x_1=2.24$ ， $\Delta x_3=1.12$ ， $\Delta x_4=0.16$ 。这表明2002年我国制药业要达到技术创新相对有效，在保持目前产出水平不变的条件下，科技活动人员占从业人员比重，技术改造、技术引进、消化吸收经费占产品销售收入的比重，科技活动经费支出中设备购置所占比重分别下调2.24、1.12和0.16个百分点。从另一角度来说，就是多投入的这些资源没有发挥出应有的效用。但在该年度规模收益递增的情况下，若用减少投入的办法使非有效决策单元变为有效对发展是不利的。究其深层原因：科技活动人员存在的冗余最大，本文认为并非是科技人员真的投入过量，从一些文献中看出，我国制药业的科技人员像撒胡椒粉一样零星分散在制药企业中，所以政府和企业应该从科技人员的素质水平及对其的激励机制上来探秘。技术改造、技术引进、消化吸收投入的冗余，给我们的制药企业敲响警钟，重引进轻消化是企业中的通病。国内外成功经验表明，技术引进成效的高低与消化吸收工作的深度存在正比关系，这也给出该项资源投入效率低下的原因。设备购置经费比重需要做轻微的下调，这源于我们的决策者在上马一些新的设备时往往比较盲目，要知道资源并不等于能力，企业要根据自身发展状态合理地购进先进设备以逐步提高创新能力。

通过表3-5中影子价格的分析，本年度新药开发经费占产品销售收入比重这一指标的影子价格为1，可见它对技术创新效率贡献较大，也说明2002年新药开发经费占产品销售收入比重偏低的事实，这也是造成该年度DEA无效的重要原因。另外，新产品销售收入比重和专利申请数两个指标的影子价格分别为0.0626、0.0002，即增加这两方面的产出也能带动效率的增长。基于以上的投影分析和影子价格分析，本文认为2002年的应对策略为：坚持“效率优先”的原则—充分挖掘各项投入资源的潜力，提高资源利用率，而不能过多依赖增加投入来提高产出；同时还要加大对新药的研发力度，这除了靠企业自身的努力外，政府也要给予扶持，可以采取增加投资、改变投资方式、发展风险投资以及出台相应的财税激励政策等一些措施。

(2) 2000年我国制药业要达到DEA有效，可通过两个途径实现：保持产出不变的条件下，新药开发经费占产品销售收入比重下调0.14个百分点或者投入不

变而专利申请数量增加464项 ( $\Delta x_2=0.14$ ,  $\Delta y_2=464$ )。新药开发支出过量而专利产出不足, 有力的说明了资源利用率低的事实。透过影子价格分析, 设备购置经费占科技活动经费支出比重对本年度技术创新有效性影响最大, 即该项投入不足, 应加大对它的投入力度。所以, 2000年除了要增加对先进设备的投入外; 更重要的是提高新药研发投入的利用率, 决策者可以采取加强管理、提高科技人员业务水平以及保证人力、财力投入平衡等一些措施; 另外, 针对专利产出不足的情况, 国家在政策上应该对企业的知识产权保护予以扶持, 强化企业知识产权保护制度, 企业也要通过提升科技人员业务水平、改善科技管理体制等一些措施来加强自主研发能力。

(3) 1998年我国制药业的状况与2002年比较相似, 所以要达到DEA有效可像2002年那样将三个投入指标分别下调0.72、0.39、0.68个百分点, 也可如2000年那样增加专利申请320项 ( $\Delta x_1=0.72$ ,  $\Delta x_3=0.39$ ,  $\Delta x_4=0.68$ ,  $\Delta y_2=320$ )。再分析表3-5该年度新药开发经费占产品销售收入比重的影子价格在所有决策单元的该项指标中居于首位, 即新药开发经费的投入严重不足(可参考表3-6)。该年度DEA无效的原因以及改进措施在上面两个决策单元中都作了具体的说明。通过对这3个无效年份的分析, 我们也发现造成各年度DEA无效的原因比较集中, 决策者可以依此来“对症施药”。

表3-6 部分国家制药业R&D投入强度

Table 3-6 The R&D input of pharmaceutical industry in some countries

	中国 2002	美国 2000	日本 2001	德国 2001	法国 2001	英国 2000	加拿大 2000	意大利 2001	韩国 2001
制药业	2.6	20.2	22.9	22.3	24.8	54.1	23.9	6.5	4.8

注: R&D 强度按 R&D 经费占工业增加值的百分比计算

资料来源: 中国数据来自国家统计局等编, 《中国高技术产业统计年鉴》2003 年; 其他国家数据来自 OECD《结构分析数据库 2004》。

### 3.5 本章小结

在“创新成为制药科技进步灵魂”的年代, 制药业技术创新效率的问题必然引起足够重视。但 DEA 分析的结果显示: 在 1996~2003 年这 8 年期间, 我

国制药业经历的却不是从无效→有效的发展道路，而是跳跃式地在 1998、2000、2002 年这 3 个年份技术创新相对无效。导致这 3 个年份 DEA 无效的原因主要集中在以下几点：（1）资源利用率低。随着决策者技术创新意识的增强，对技术创新的投入也在逐步增大，但是增加的投入没有得到充分利用、发挥出应有的作用。（2）专利产出少。这一点反映了我国制药业自主研发能力弱以及知识产权保护意识淡薄。（3）企业规模偏小。世界发达国家制药业的发展是实施高度的全球战略，而企业规模化经营是全球战略的基础。所以我国制药业的发展要融入到整个国际大环境中去，应该结合当前具体国情，加大资产重组力度，通过联合、扩张、战略联盟等方式发挥规模优势<sup>[38]</sup>。另外，需要强调得一点—新药研发投入对技术创新效率贡献重大，我们还须加大对它的投入力度。中国的国情决定我们的制药业要经历完全仿制→模仿创新→自主创新的发展道路，目前制药业要发展壮大，一定要在第二步上抢得先机，研发投入的保证是必须的。因此，对于我国制药业来说，要提高创新的效率，一方面确实需要根据其不断的发展，适当加大创新资源投入水平，但更为关键的是如何形成良好的技术创新运行机制，以充分利用这些资源。这将是目前我国制药业在技术创新方面迫切需要解决的问题。

我国制药业的技术创新能力作为一个系统，其整体有效性固然重要，但动态持续性也是我们重点关注的。因为社会实践需要我们去解释的已不仅是要不要技术创新，而是要回答如何持续不断地开展技术创新<sup>[39]</sup>。通过对我国制药业技术创新过程的分析，产业内部因素与外部运行环境决定了该产业技术创新能力的潜力和持续性。在下面的一章中本文将用模糊综合评价的方法来评价我国制药业技术创新能力的动态持续性。

## 第4章 我国制药业技术创新能力系统持续性评价

### 4.1 持续创新的研究成果

#### 4.1.1 持续创新的研究成果

熊彼特最早提出了企业持续创新思想，但并没有提出和使用“企业持续创新”的概念。迈克尔·波特（Michael E. Porter）在《国家竞争力》中认为竞争优势的持续性取决于三项重要条件：特殊资源优势、竞争优势的种类与数量、持续的提升与自我改善能力。他指出，竞争优势的持续力就是一种持续的改善与自我提升。美国的 V.K. 纳雷安安在《技术战略与创新》一文中认为“持续获得和使用技术都将成为持续创新组织的中心特征”<sup>[40]</sup>。

国内明确使用持续创新概念的学者是云南工业大学的向刚教授<sup>[41]</sup>。他在《企业持续创新》一文中对持续创新的定义是：企业持续创新是一个相当长的时期内，持续不断的推出、实施新的技术创新项目（含产品、工艺、原料、组织管理、市场创新及内部扩散），企业持续创新具有时间持续性、效益增长持续性和企业发展持续性。

夏保华在《企业持续创新结构》一文中，认为中国企业技术创新的问题主要是持续创新的问题。企业进行一般创新之后出现惰性，失去其创新优势，究其原因是由于成功带来的专制而使企业不能持续技术创新。他认为“我们仅仅研究单个技术创新，这种研究显然不能揭示各个创新之间的复杂联系。只有研究持续技术创新，才能揭示技术创新系统的规律。”因此，他着重研究企业持续创新的结构，以揭示其内在的本质。他在界定持续技术创新定义时，把技术创新的持续性理解为某阶段技术创新对后续技术创新活动的支持性、促进性，并且认为后续技术创新发生可能性增加的程度则是衡量技术创新持续性大小的尺度<sup>[42]</sup>。

陈仲伯<sup>[43]</sup>在高新技术企业持续技术创新体系研究一文中提到，企业持续技术创新指的是企业技术创新目标的延续性、创新动力机制的持续性、创新过程的能动性、创新战略的适宜性、创新活动的实效性、核心技术的领先性和核心竞争力的持续性。

朱斌, 王渝的我国高新区产业集群持续创新能力研究<sup>[44]</sup>, 在对持续创新特性分析研究的基础上, 构建了一套评价高新区产业集群持续创新能力的指标体系, 并用模糊评价法对一些高新区产业集群的持续创新能力进行实证研究。

孙丽华, 左根勇的我国生物制药企业持续技术创新的现状与对策<sup>[45]</sup>, 以持续技术创新理论为基础, 运用 SWOT 法进行分析, 指出我国生物制药企业要发展壮大, 就必须以企业为主体, 联合相关部门的力量, 建立持续技术创新体系。

国内外学者对企业持续技术创新的重要性表现出充分关注, 但从产业角度进行的研究则比较少。产业持续的技术创新是指在根本性的产品或工艺创新出现之后, 还会有一系列后续的渐进性创新并形成创新群, 从而引起新产业的成长和老产业的再生或衰亡<sup>[46]</sup>。根本性创新固然具有重大的经济意义, 随后的持续创新往往具有更大的商业价值。鉴于以上分析, 本文将从产业角度对我国制药业技术创新能力的持续性进行深入研究。

#### 4.1.2 持续技术创新对产业发展的意义

美国哈佛大学的阿伯纳西(N.Abernathy)和麻省理工学院的厄特拜克(Jame m.Utterback)通过对以产品创新为主的持续创新过程进行研究, 提出了描述以产品创新为中心的产业创新分布形式的 A-U 创新过程模型<sup>[47]</sup>。该模型表明, 以产品创新为主的持续创新过程是产业内的企业在产品设计、生产工艺和企业组织等方面从无序、离散状态向有序、高度整合状态转变的过程。在不稳定阶段, 产品创新多, 竞争的重点在提高产品性能, 产品市场有待开发, 对从事创新的企业来说, 在这一阶段的 R&D 支出较高, 但却不太可能立即产生很高的经济效益, 企业创新的步伐不能停滞。经过一段时期的“尝试、纠错”, 创新的重点从产品创新转移到工艺创新, 这时企业才可能获得巨大的商业利益。而当生产程序与生产工艺日趋标准化, 市场需求稳定, 企业进一步创新的重点是以降低成本和提高质量为目标的渐进性的工艺创新。一个产业一旦发展到稳定阶段, 产业内部会产生一种强烈的抵制重大创新的力量, 该产业便处在了生存与灭亡的交叉口。这一阶段实质性的创新大都是外部因素的刺激下产生的。例如, 由于政府在法律上对污染和汽油消耗规定了新标准, 汽车行业不得不进行创新; 电子技术的发展导致了手表工业的创新; 计算机排字导致了印刷业的创新。透

过这一过程的分析，我们看到了产业的长期生存和发展不能再仅仅依靠一项技术创新，而要靠多次技术创新；不能再仅仅依靠某一时段的技术创新，而要依靠全时段的技术创新。制药业的持续创新过程是以产品创新为主的持续创新过程的典型，所以持续创新是它必须拥有的能力，也是最实用的能力，这种能力会帮助它打破持续发展的瓶颈。

## 4.2 方法介绍

### 4.2.1 模糊综合评价方法应用于产业技术创新能力持续性评价的可行性研究

在使用界限分明的数学工具和方法评价产业技术创新持续性时，有许多的局限性。其中之一就是如何处理技术创新持续性评价中具有“模糊性质”因素的问题。用精确的数学方法和数据，依据严谨的推理过程来评价，往往发现事与愿违，常常造成量化对象勉强、量化过程简单，其结论可能与实际情况相距甚远，影响评价的客观性和准确性。复杂化和精确性有时是难以统一的，尤其在经济领域。因此，当涉及的因素多是模糊概念时，传统的方法就不适用了，需要采用模糊综合评价法。

模糊综合评价法依托评价指标体系，首先建立各个层次的指标集，其次建立各个层次的权重集，再次根据所分析问题的实际情况建立评语集，形成模糊评判矩阵，最后通过模糊变换对多种因素所影响的事物或现象做出总体评价<sup>[48][49]</sup>。该方法是对受多种因素影响的事物做出全面评价的一种十分有效的多因素决策方法，它既有严格的定量刻画，又有对难以定量分析的模糊现象进行主观上的定性描述，把定性描述和定量分析紧密地结合起来，应用面广，对主观指标、客观指标都适用。最大的优点是不但能处理现象的模糊性，综合各个因素对总体的影响作用，而且能用数字反映人的经验。凡是涉及到多因素的综合评判问题，都可以用模糊综合评价方法。

因此，本文在全面考虑影响制药业技术创新能力持续性的模糊性评价指标的特征后，采用模糊综合评价方法对我国制药业技术创新能力来的持续性进行综合评价。

## 4.2.2 多级模糊综合评价方法概述

多级模糊综合评价的基本步骤如下<sup>[50]</sup>:

### 步骤 1 确定因素集和评语集

因素集是影响评价对象的各种因素组成的一个普通集合，即  $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ ，其中， $U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in}\}$ ， $u_{ij}$  为第  $i$  个因素的第  $j$  个等级；评语集： $V = \{V_1, V_2, \dots, V_k\}$ 。

### 步骤 2 建立权重集

权重集是下层评价指标对上层评价指标的隶属程度，它是因素集上的模糊子集。包括因素权重集和等级权重集。设它们分别为：

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}, \quad A_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}\}.$$

其中， $a_i$  为第  $i$  个因素的权重； $a_{ij}$  为第  $j$  个等级对因素  $a_i$  的隶属度。

### 步骤 3 建立单因素等级评价矩阵

确定评价对象对因素等级的隶属度。若以  $r_{ijk}$  表示第  $i$  个因素等级中第  $j$  个等级  $u_{ij}$  对评语集的隶属度。则第  $i$  个因素的等级评价矩阵为：

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1k} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2k} \\ \cdots & \cdots & & \cdots \\ r_{in1} & r_{in2} & \cdots & r_{ink} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, m.$$

### 步骤 4 进行复合运算求得综合评价结果。

#### (1) 初级评价

首先按每个因素的各个等级进行评价，即进行初级评价。

$$B_i = A_i \circ R_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}) \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1k} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2k} \\ \cdots & \cdots & & \cdots \\ r_{in1} & r_{in2} & \cdots & r_{ink} \end{bmatrix} = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ik})$$

其中， $b_{ik}$  为按第  $i$  个因素的全部等级进行综合评价时，评价对象对评价集中第  $k$  个元素的隶属度。

#### (2) 多级评价

多级评价是在一级评价基础上，即将一级评价得到的结果  $B_{11}, B_{12}, \dots, B_{1n}$ ，进行一致性处理后构成新判断矩阵，并作为二级评价的评价矩阵  $R$ ，根据  $B = A \circ R$  计算评价值，以此类推，直到完成所要求的模糊评价。对评价结果，按最大隶属度原则选择一个明确的评价等级  $b_{i_0} = \max_i b_i$ ，即第  $i_0$  评价等级为综合评价结果。

### 4.3 我国制药业技术创新能力系统持续性评价的指标体系

本文认为：任何一个产业要持续的创新都要受到外部环境和自身条件的影响。一般来说，产业的内部条件是实现持续技术创新的基础和前提，外部条件则对实现持续技术创新起着导向、支持、激励、促进等作用。没有内部条件，产业技术创新就变成了无本之源，没有外部条件的支持，产业同样不可能实现持续技术创新。所以，本文以系统的角度从内、外两方面来剖析我国制药业技术创新能力系统的持续性。

#### 4.3.1 内部因素

**4.3.1.1 持续创新投入能力 ( $U_1$ )** 持续创新投入能力为技术创新和后续创新提供最基本的保障，创新活动的展开、高科技成果的有效转化、新产品推向市场的速度与规模都直接受制于持续创新的投入能力。制药业因其生产的是特殊产品，为了对使用者的安全和有效负责，研究开发的难度越来越大，要求越来越高，研究开发的周期也越来越长，这就决定了必须要加大创新资源的投入力度，并保持其持续性<sup>[51]</sup>。技术创新资源的投入分为 R&D 投入和非 R&D 投入，R&D 是挖掘知识价值而进行的创造性活动，是整个持续创新活动的中心，R&D 投入集中体现在经费和人员上；非 R&D 投入指标也有很多项，因为统计的原因本文选取技术引进、技术改造和消化吸收来描述非 R&D 投入。

**4.3.1.2 持续创新产出能力 ( $U_2$ )** 如果只有投入没有产出，技术创新活动就会失去造血功能，根本无法持续，所以产出能力对技术创新的持续开展具有举足轻重的作用。持续创新产出能力是指以获取商业利益为目标，将生产要素重新组合，建立起效能更强、效率更高和费用更低的生产经营系统，从而推出新产品、新工艺等一系列活动的过程。创新产出表现为收益性产出、技术性产出和

竞争性产出，分别用收益性指标、技术性指标和竞争性指标反映。收益性指标指技术创新创造的销售收入，包括新产品出售和技术出售获得的收入，另外我们还用产品出口份额表达技术创新产出的效益。技术性指标用技术新颖性反映，即该项技术属于国际领先水平、国内领先水平还是省内领先水平等等。反映竞争性的指标采用原材料利用率和成本降低率。

**4.3.1.3 持续创新能力 ( $U_3$ )** 持续创新能力是指创新活动以各种形式的组合在时间上的延续和发展，它体现的是持续创新的动态性，具体表现在：一方面，持续创新需要技术、信息、资金等诸方面的支撑，随着创新活动的进行，各层次之间的结构、信息网络都在不断地进行动态调整以促进持续创新效率的提高和持续创新活动的发展；另一方面，这种动态调整又产生反馈作用，直接影响到创新活动的进行方式。就技术和资金而言，他们既是持续创新的基础，又在创新过程中不断积累和加强，并对新一轮的创新活动发生作用<sup>[44]</sup>。本文选取一些增长性指标来反映该能力，主要还是从技术创新的投入增长和产出增长两方面来研究。

### 4.3.2 外部因素

在前面我国制药业技术创新能力系统论一章中，本文对制药业技术创新能力系统运行的外部环境已作了具体分析，所以在此只是简单提及。

**4.3.2.1 市场环境 ( $U_4$ )** 中国科学院院长、中国科学院和中国工程院院士路甬祥在谈到科学创新与技术创新的区别时着重强调了市场竞争的因素。他的主要观点如下：技术创新如果没有需求的推动，没有市场的推动，技术创新的成功，尤其是技术创新成果的规模产业化是难以想象的；技术创新只有一项发明还不行，还必须要有使技术变成一个系统，最终使之变成一个产业，才能在历史上有重大贡献；科学创新应更多的关注科学问题，从已有知识的矛盾中去找课题，而在确定技术创新的方向时，更多分析国际上的新动向，了解国内外的市场需求。路院士的讲话明确了市场对于技术创新的推动作用，同时也指出持续技术创新的重要意义。的确技术创新是一种经济活动，其行为与市场是息息相关的，它不但为技术创新提供目标和机会，也为技术创新成果是否成功提供检验的标准。所以，市场是持续技术创新的直接动因。

**4.3.2.2 政策环境 ( $U_5$ )** 结合马克思主义辩证观和关于政策对持续创新的影响作用分析表明：政策对创新的影响作用往往表现出正反两面，若不支持创新就会阻碍创新，各项政策只有满足和适应产业创新行动的要求才能促进产业持续创新。从我国目前的政策体系来看，不但不利于制药业开展技术创新，更在一定程度上制约着其持续创新的实现<sup>[52]</sup>。

**4.3.2.3 科技与文化环境 ( $U_6$ )** 产业作为一个开放的系统必须不断和外界区域环境进行物质、能量和信息的交换，而且环境赋予系统的资源必须达到一定的阈值，产业内的协同效应才能被触发<sup>[53][54]</sup>。因此，产业能否取得持续创新的能力与科技环境支持的程度息息相关。在创新活动中，科技环境（包括政府的科技部门、中介机构、高等院校和研究机构等）一方面直接投入资金、项目来参与重大课题的研究和创新；另一方面通过法律、经济和组织管理手段引导创新活动的方向，刺激企业之间的协同创新，保护创新成果和协调创新主体的矛盾。然而，目前我国制药业技术创新面临的科技环境并不理想。

另一方面，创新需要的文化环境更是亟待改善。我国的传统文化有非常优秀的精华，但也有对创新束缚的弊端，甚至在许多方面根深蒂固，比如中庸之道挫伤冒尖和创新，现在的应试教育培养一批高分低能的“乖孩子”，这些都不利于创新型企业家的产生。

表 4-1 我国制药业技术创新能力系统持续性评价指标体系

Table 4-1 The apprizing index of sustainable technological innovation on China pharmaceutical industry

二级指标	三级指标	权重
持续创新投入能力 ( $U_1$ )	R&D 经费投入强度 ( $u_{11}$ )	0.36
	R&D 人员投入强度 ( $u_{12}$ )	0.42
	技术改造、技术引进、消化吸收经费的比重 ( $u_{13}$ )	0.22
持续创新发展能力 ( $U_2$ )	R&D 经费强度年增长水平 ( $u_{21}$ )	0.17
	R&D 人员强度年增长水平 ( $u_{22}$ )	0.2

0.16	新产品销售率年增长率 ( $u_{23}$ )	0.13
	新产品销售利润率的年增长率 ( $u_{24}$ )	0.2
	专利拥有数量的年增长率 ( $u_{25}$ )	0.15
	新产品开发项目年增长率 ( $u_{26}$ )	0.15
持续创新产出能力 ( $U_3$ ) 0.2	新产品销售率 ( $u_{31}$ )	0.22
	技术贸易指数 ( $u_{32}$ )	0.19
	产品出口份额 ( $u_{33}$ )	0.11
	技术新颖性 ( $u_{34}$ )	0.15
	原材料利用率 ( $u_{35}$ )	0.18
	成本降低率 ( $u_{36}$ )	0.15
市场环境 ( $U_4$ ) 0.14	市场需求 ( $u_{41}$ )	0.32
	市场竞争 ( $u_{42}$ )	0.32
	交易体制 ( $u_{43}$ )	0.36
政策环境 ( $U_5$ ) 0.16	知识产权保护制度 ( $u_{51}$ )	0.25
	风险投资机制 ( $u_{52}$ )	0.3
	财政支出政策 ( $u_{53}$ )	0.22
	税收优惠政策 ( $u_{54}$ )	0.23
科技与文化环境 ( $U_6$ ) 0.18	高校、科研机构与企业进行产学研合作的程度 ( $u_{61}$ )	0.25
	高科技园区已开发的面积总数 ( $u_{62}$ )	0.15
	科技中介服务体系的完善程度 ( $u_{63}$ )	0.22
	创新氛围 ( $u_{64}$ )	0.16

	企业家的创新精神 ( $u_{65}$ )	0.22
--	-----------------------	------

### 4.3.3 指标体系中部分指标的相关解释

(1) R&D 经费投入强度 ( $u_{11}$ ) =R&D 经费/销售收入

(2) R&D 人员投入强度 ( $u_{12}$ ) =R&D 人数/从业人员总数

(3) 技术改造、技术引进、消化吸收经费的比重 ( $u_{14}$ ) =技术改造、技术引进、消化吸收总经费/销售收入, 此项指标的设计有利于鼓励企业积极引进技术与经验, 从客观基础出发搞好技术创新活动。

(4) 新产品销售率 ( $u_{31}$ ) =新产品销售收入/产品销售总收入

(5) 技术贸易指数 ( $u_{32}$ ) =技术净收入/(技术购入额+技术售出额), 反映技术收益情况, 该指数越大, 表明技术创新产出能力越强。

(6) 产品出口份额 ( $u_{33}$ ) =出口产品销售收入/销售总收入

(7) 技术新颖性 ( $u_{34}$ ): 从低到高分省内水平、国内水平、国际水平。

(8) 产品市场占有率 ( $u_{35}$ ): 反映产品在市场上占有的份额。

(9) 市场需求 ( $u_{41}$ ): 技术创新不能脱离市场需求的支持, 不能超越或滞后市场需求的实际水平, 不能忽视市场购买者的承受能力。

(10) 市场竞争 ( $u_{42}$ ): 市场机制是竞争机制, 产业内的企业在市场中提高竞争力, 关键是开发新产品, 出路在技术创新。

(11) 交易体制 ( $u_{43}$ ): 成功的技术创新要终于市场的实现, 而交易体制则是保证市场实现的关键环节。近年来我国医药流通体制进行了重大变革, 医药流通开始进入真正市场意义上的全面竞争时代。

(12) 风险投资体系 ( $u_{52}$ ): 创新的风险性使很多制药企业对此回避, 在一定程度上抑制了创新活动的开展; 政府在这方面起着关键作用, 需要通过一定的政策措施促进金融产业和制药业结合, 发展风险投资。

(13) 高校、科研机构与企业进行产学研合作的程度 ( $u_{61}$ ): 一方面数以

万计的企业急需的科技成果得不到满足；另一方面高校、科研机构拥有的大量成果得不到运用，不能转化为生产力。因此，高校、科研机构和企业的合作是极为必要的。

(14) 科技中介服务体系 ( $u_{63}$ )：技术转移与扩散过程要经过沟通、评估、谈判、经营等环节，中介服务就是在这些环节中起着扶助支持作用。

## 4.4 实证研究

### 4.4.1 确定各指标权重

利用德尔菲方法，确定各指标权重如下：

$$A = (0.16 \quad 0.16 \quad 0.2 \quad 0.14 \quad 0.16 \quad 0.18)$$

$$A_1 = (0.36 \quad 0.42 \quad 0.22) \quad A_2 = (0.17 \quad 0.2 \quad 0.13 \quad 0.2 \quad 0.15 \quad 0.15)$$

$$A_3 = (0.22 \quad 0.19 \quad 0.11 \quad 0.15 \quad 0.18 \quad 0.15) \quad A_4 = (0.32 \quad 0.32 \quad 0.36)$$

$$A_5 = (0.25 \quad 0.3 \quad 0.22 \quad 0.23) \quad A_6 = (0.25 \quad 0.15 \quad 0.22 \quad 0.16 \quad 0.22)$$

### 4.4.2 确定评语集

$$V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\} = \{\text{优, 良, 一般, 较差, 差}\}$$

### 4.4.3 建立各三级指标的隶属度向量

(1) R&D 经费投入强度  $u_{11}$  从世界 500 强医药企业的发展轨迹和经验来看，制药业需要新产品维护其继续发展。因而制药企业 R&D 的投入成为产业发展的力量之源。世界前五十强制药企业平均 R&D 经费投入占到销售收入的 15.8%<sup>[55]</sup>，而我国投入多的制药企业也不超过销售额的 3%，多数企业仅为销售额的 0.5%~1%，牺牲了制药业内涵式扩大再生产，持续创新能力较弱。根据专家的咨询我们也可以看出其普遍认为我国制药业 R&D 经费投入偏低，其隶属度向量为：

$$r_{11} = \{0 \quad 0.05 \quad 0.25 \quad 0.5 \quad 0.2\}$$

(2) R&D 人员投入强度  $u_{12}$  欧美日等发达国家的制药企业中 R&D 活动人

员占到企业从业人员的 30%左右，我国的统计数字却还不到 4%<sup>1</sup>。另一个数字，我国直接从事新药研发的科技人员只有 3000 多人，远不及美国默克制药公司研发部从事新药研发的人员数量多，这些人员又像撒胡椒粉一样零星分散在制药企业和科研机构。可见当前我国制药业亟待稳定和壮大研发队伍。分析专家意见得出隶属度向量：

$$r_{12} = \{0 \quad 0.08 \quad 0.35 \quad 0.45 \quad 0.12\}$$

(3) 技术改造、技术引进、消化吸收经费的比重  $u_{13}$  过去我们常用“科研设备若干年一贯制”来形容制药业的设备陈旧，但近几年为通过 GMP 认证制药企业纷纷加大对设备的投入力度。中国社会经济调查中心处长李磊直言不讳“为通过 GMP 认证，全国医药企业总投资 1600 个亿后，却产生了 60%设备闲置及过剩生产能力，这将是医药企业难以消化的阵痛”<sup>[56]</sup>。由此看出，重引进轻消化是我国制药企业的通病，按目前制药企业水平来说，在设备的投入上已完全能满足要求，但消化吸收环节有待提高。所以专家对该项指标的评价也不是很高。其隶属度向量为：

$$r_{13} = \{0.12 \quad 0.34 \quad 0.38 \quad 0.1 \quad 0.06\}$$

(4) R&D 经费强度年增长水平  $u_{21}$  与 R&D 人员强度年增长水平  $u_{22}$  我国制药业 R&D 投入不足是不争的事实，其弊端也日益凸现，当前无论是政府还是企业界人士也越来越重视这一问题。但就产业整体情况来讲，投入增加的幅度并不大，还没有跳出这种恶性循环。这就造成了我国制药业缺乏自己的知识产权，生产的药物品种多属仿制之列，产品附加值低；另外，也尚未拿到走向世界的“通行证”，在国内外市场的激烈竞争中步履艰难。隶属度向量分别为：

$$r_{21} = \{0 \quad 0 \quad 0.18 \quad 0.45 \quad 0.37\} \qquad r_{22} = \{0 \quad 0 \quad 0.18 \quad 0.45 \quad 0.37\}$$

(5) 新产品销售率年增长水平  $u_{23}$  和新产品利润率年增长水平  $u_{24}$  根据相关数据计算得出 2002、2003 年新产品销售率年增长水平分别为 -16.6% 和 22.1%；新产品销售利润率年增长水平为 -37.6% 和 45.8%。可见新产品销售收入、利润的比例并不是持续增长，我国制药业的技术创新也没有形成一种稳步发展的态势—持续性不强。其隶属度向量：

<sup>1</sup> [http://www.library.hn.cn/jbzl/jb/bj\\_data/yyxx/yy12.htm](http://www.library.hn.cn/jbzl/jb/bj_data/yyxx/yy12.htm)

$$r_{23} = \{0 \ 0.07 \ 0.46 \ 0.39 \ 0.08\} \quad r_{24} = \{0 \ 0.05 \ 0.4 \ 0.42 \ 0.13\}$$

(6) 专利拥有数量的年增长率  $u_{25}$  专利拥有数量在一定程度上反映了制药业的研发水平，也反映了知识产权保护意识的强弱，所以我们选取了该指标进行分析。2001、2002、2003 年制药业大中型工业企业拥有发明专利数分别为 308 项、485 项和 459 项，呈现递增的趋势。但相关专家仍指出：目前制药领域知识产权保护观念淡漠，使我们本来就少的一些创新成果，也没有得到很好保护，这使得我们不得不咽下自己种下的苦果。隶属度向量：

$$r_{25} = \{0 \ 0 \ 0.6 \ 0.4 \ 0\}$$

(7) 新产品开发项目年增长率  $u_{26}$  新产品开发的项目数尽管不能反映技术创新最终的经济效益，但它反映了产业或企业技术创新的活跃程度。一个产业或企业只有形成良好的创新氛围才会持续地开展技术创新。我国医药大中型工艺企业在 2001、2002、2003 年新产品开发项目分别为 2495 项、2663 项和 2935 项，有一个逐步提高的趋势。其隶属度向量：

$$r_{26} = \{0.04 \ 0.3 \ 0.48 \ 0.15 \ 0.03\}$$

(8) 新产品销售率  $u_{31}$  该指标反映制药业技术创新在市场实现和商业利益上的最终效果。2001、2002、2003 年的数据<sup>[32]</sup>分别为 15.7%、13.1%、16%，由此看出，尽管近年来政府、企业的创新意识不断增强，同时也逐步加大创新的力度，但该项产出指标并没有大的改观，仍处于较低水平。其隶属度向量：

$$r_{31} = \{0 \ 0.12 \ 0.48 \ 0.32 \ 0.08\}$$

(9) 技术贸易指数  $u_{32}$  专家认为我国医药技术交易市场尚处于起步阶段，交易率和实际转化率很低，已严重影响制药企业的发展，因此尽快建立成熟规范的医药技术交易市场已成为发展医药经济的当务之急。其隶属度向量：

$$r_{32} = \{0 \ 0.05 \ 0.2 \ 0.59 \ 0.16\}$$

(10) 产品出口份额  $u_{33}$  世界医药市场发展及贸易趋势给我国的制药企业带来四大机遇：化学原料药市场发展空间巨大、通用名药市场迎来一轮新的发展、中药贸易前景光明、生物药有望成为医药产品贸易的生力军。所以我国医

药品出口贸易态势进一步见好，产品出口份额也应逐步加大。但相关资料显示<sup>1</sup>：2003年全球医药市场销售额为4060亿美元，其中美、欧、日三大市场占了88%；而当年中国医药销售额2464亿元人民币，仅占全球市场份额的7.8%，其中出口约46亿美元，只及全球销售额的1%多。因此我国制药业出口贸易的好转还不足以让我们乐观。隶属度向量：

$$r_{33} = \{0.04 \quad 0.45 \quad 0.38 \quad 0.13 \quad 0\}$$

(11) 技术新颖性  $u_{34}$  我国制药业因研发投入不足、传统的“仿制”习惯以及“重引进轻消化”导致了研发能力的薄弱，即使一些企业进行了技术创新，但创新产品、创新工艺新颖性不够，具有国际先进水平的更是十分有限。其隶属度向量：

$$r_{34} = \{0.05 \quad 0.08 \quad 0.37 \quad 0.4 \quad 0.1\}$$

(12) 原材料利用率  $u_{35}$  和成本降低率  $u_{36}$  降低原材料的利用、降低成本、提高经济效益是任何一家企业的奋斗目标，而技术创新则是实现这一目标的关键。工艺的创新可以降低原材料的利用从而降低成本，管理的创新使人尽其才物尽其用达到同样的结果。隶属度向量分别为：

$$r_{35} = \{0.01 \quad 0.27 \quad 0.48 \quad 0.2 \quad 0.04\} \quad r_{36} = \{0.03 \quad 0.32 \quad 0.5 \quad 0.08 \quad 0.07\}$$

(13) 市场需求  $u_{41}$  我国有13亿多人口，31万个医疗卫生机构，目前是全球医药十大新兴市场之一，已成为除日本以外亚洲最大的市场。预计到2010年将成为继美国、日本、德国、法国之后的世界第五大医药市场。所以专家指出：未来没有疲软的市场只有疲软的产品，①2000年第5次全国人口普查数据显示，我国老年（60岁以上）人口接近1.3亿，约占人口总数的10%，中国已步入老龄化国家的行列<sup>2</sup>。目前，老年人口的药品消费已占药品总消费的50%以上，人口的老龄化将进一步促进药品消费。②随着医疗制度改革的深入，人们自我药疗意识的不断增强，以及药品分类管理制度的进一步实施，我国非处方药市场已显现出强劲的发展势头。③经济水平、健康意识的不同，直接影响药品销售。人口众多的发展中国家购买力的提高将有力拉动药品消费市场。该指

<sup>1</sup> <http://www.medhr.cn/medhr/yjdt/200507/144.htm>

<sup>2</sup> <http://learning.sohu.com/20050514/n225561951.shtml>

标的隶属度向量:

$$r_{41} = \{0.92 \quad 0.08 \quad 0 \quad 0 \quad 0\}$$

(14) 市场竞争  $u_{42}$  随着全球经济一体化的发展和我国加入世界贸易组织, 国内医药市场成为一个国际性的竞争市场已勿庸质疑。关税税率的降低、知识产权保护的影响以及我国制药业的现状: 西药主要以仿制为主, 而且大部分还是原料药, 产品技术含量低、附加值低; 中药还处于传统中药的生产阶段, 品种少、剂型老, 产品缺乏国际竞争力等等, 都将加剧我国制药业面临的市场竞争。其隶属度向量:

$$r_{42} = \{0.84 \quad 0.16 \quad 0 \quad 0 \quad 0\}$$

(15) 交易体制  $u_{43}$  近年来, 我国制药业的毛利一直在下降。目前国内药品批发行业的平均毛利率为 12.6%, 而平均费用率却达到 12.5%。我国医药商业平均纯利润率仅有 0.59%; 美国医药批发行业的平均毛利率为 5%, 平均费用率只有 3%~4%, 平均商业纯利润率达到 1%~2%。我国现在从事药品批发的企业多而小, 13000 家批发企业中销售额超过 10 亿元的只有 10 家, 超过 50 亿元的只有 3~6 家。而我国 18 万家零售企业中, 最大连锁店年营业额也只有 5 亿元<sup>1</sup>。总体上来说, 目前我国的医药流通组织结构不合理, 经营方式落后, 效率不高, 效益不高, 发展现代物流已经成为我国医药行业的当务之急。其隶属度向量:

$$r_{43} = \{0 \quad 0.32 \quad 0.4 \quad 0.25 \quad 0.03\}$$

(16) 知识产权保护制度  $u_{51}$  制药业的持续发展依靠着新技术、新产品的强有力支持。而新产品利润回报也是巨大的, 新药利润一般为销售额的 30%以上, 所以这种巨额回报迫切需要保护。如不实行保护, 造成重复研制, 资源浪费, 易于形成市场恶性竞争生产盲目无序, 将不利于制药业的技术进步。WTO 加入后这方面的冲击将更加迅猛、范围更大, 所以药品专利问题已不是制药企业想与不想的问题, 而是必须给予极大关注的问题。因为, 如果不懂得用专利来保护自己, 那么别人就会利用专利来伤害自己。当前, 我国制药企业的专利工作尚处于起步阶段, 所面临的道路崎岖而坎坷。我们一定要加强知识产权方

<sup>1</sup> <http://news.chinabyte.com/272/1774772.shtml>

面的普及教育工作，一方面做到自己遵纪守法，另一方面保护自身的合法权益，还可以利用法律条文的规定突破发达国家知识产权保护的“封锁”。其隶属度向量：

$$r_{s1} = \{0 \ 0 \ 0.45 \ 0.45 \ 0.1\}$$

(17) 风险投资机制  $u_{s2}$  我国长期 R&D 投入尤其是前期的投入以国家为主，缺乏风险投资基金的支持。但就目前中国的国力而言，短期内要靠国家大幅度增加产业发展的投入是不可能的。因此，借鉴发达国家经验，大力发展风险投资，充分发挥其催化作用，加快我国制药业发展步伐，已成为医药产业发展的必然选择。美国硅谷的成功经验，或扩大一点说，美国知识经济的成功就是得益于风险投资机制的形成、完善，但我国在这方面的发展才刚刚开始。其隶属度向量：

$$r_{s2} = \{0 \ 0 \ 0.1 \ 0.45 \ 0.45\}$$

(18) 财政支出政策  $u_{s3}$  与税收优惠政策  $u_{s4}$  企业的技术创新行为虽然能给自己带来超出“完全竞争”状态的利润，但由于市场的内在缺陷，企业无法收回创新带来的全部好处，包括消费者剩余、使用创新产业生产力增加量以及对企业所在行业和其它行业技术扩散的好处等等；技术创新活动的这一“公共物品”属性加上其技术上的不确定性、市场上的不确定性、道德风险等一些风险因素大大提高了企业的财务成本，影响了企业的获利能力，遏制了企业投资的积极性，并且将从根本上削弱国家的国际竞争力。因此需要政府设计一套激励性的规章制度，以矫正市场失灵所带来的技术创新活动的弱化。财税政策作为政府调控经济运行的最直接手段，在推动和引导企业技术创新中被各国政府广泛运用<sup>[57]</sup>。近年来我国中央和地方各级政府纷纷制定财政、税收政策来扶持医药产业，如建立生物产业专项基金、生物技术留学人员回国创业专项基金，以及一些符合制药企业特征的税收激励政策，增值税措施、企业所得税措施和各人所得税措施等等，并且初见成效。隶属度向量分别为：

$$r_{s3} = \{0 \ 0.24 \ 0.55 \ 0.16 \ 0.05\} \quad r_{s4} = \{0.06 \ 0.3 \ 0.42 \ 0.18 \ 0.04\}$$

(19) 高校、科研机构与企业进行产学研合作的程度  $u_{61}$  高校、科研机构和企业在某一方面有自身的优势：如高校有基础研究和提供新生合作力量，科研机构有基础研究和某些特殊研究领域的优势，企业有市场信息灵通、资金实力较强的优势。合作能够使各方获益，从而促进产业创新的持续开展。近年来，在政府的推动下，我国制药业形成了一股产学研对接、以研发新产品带动企业发展的热潮，创造了提供技术平台、与销售、投资公司合作以及项目技术一次性转让等多种形式的产学研合作的创新模式，这些新型合作机制促进了医药科研成果的转化，推动了医药经济的高速增长。但专家认为目前在大范围内我国制药业还没有很好的形成产学研对接。隶属度向量：

$$r_{61} = \{0.06 \quad 0.2 \quad 0.54 \quad 0.1 \quad 0.1\}$$

(20) 高科技园区已开发的面积总数  $u_{62}$  我国制药业的中小企业从数量上占绝大多数，中小企业在技术创新方面的劣势显而易见。扶持以中小企业为主体的企业集群化发展，建设医药园区是我国制药业发展的必然趋势。医药园区进驻众多的科技型企业，科研、开发、成果孵化的一条龙服务，对中小企业的技术创新有利，对实施“产学研”对接有利。园区提供的信息服务、培训服务、研究开发服务、融资担保服务等都是中小医药企业最需要的。当前不少地方都开始兴建医药园区，有些确实促进了制药业的技术创新，但也有一些成为官员标榜政绩的牺牲品，和几年前大规模兴建高技术园区的理由同出一辙。所以，在制药业集群化发展中，政府要按经济规律办事，不能人为的为制造集群而扎堆建设；有需求才有集群化，有合适的环境才能发展集群化。其隶属度向量：

$$r_{62} = \{0.05 \quad 0.38 \quad 0.42 \quad 0.09 \quad 0.06\}$$

(21) 科技中介服务体系的完善程度  $u_{63}$  随着制药技术的日新月异，科技和经济高度一体化发展，技术在经济增长中的作用越来越大。在新药创新过程中，以知识、信息、经验、技术、资金等为创新主体提供各种科技中介服务的机构应运而生，并已成为我国新药创新体系不可分割的重要组成部分。目前，我国医药科技中介服务产业已初步形成，其中包括：医药信息咨询、管理咨询、投融资咨询、技术中介、注册申报、技术评估、政策法律、知识产权、人才培训与交流服务、信息化系统服务等。但其发挥出的作用还不是很明显，更有待

进一步的发展和完善<sup>[58]</sup>。该指标隶属度向量:

$$r_{63} = \{0.1 \quad 0.32 \quad 0.39 \quad 0.15 \quad 0.04\}$$

(22) 创新氛围  $u_{64}$  与企业家的创新精神  $u_{65}$  长期以来, 我国制药业一直“仿制”国外产品, 传统的习惯造成了我们的科技人员以及企业家创新意识不强; 中国的教育体制又不能很好鼓励学生去创新, 死读书、读死书的现象十分普遍, 所以在医药产业还没有形成良好的创新氛围。虽然近几年一些大型制药企业创新意识有所增强, 并开始加大这方面的投入, 但是大多数企业仍然热衷于开发短平快、低水平重复产品, 而不愿在创新药上投入。两个指标的隶属度向量分别为:

$$r_{64} = \{0 \quad 0.03 \quad 0.4 \quad 0.45 \quad 0.12\} \quad r_{65} = \{0 \quad 0.03 \quad 0.4 \quad 0.45 \quad 0.12\}$$

#### 4.4.4 二级指标综合评判

(1) 根据上面确定的各指标的隶属度向量, 建立各二级指标的等级评价矩阵。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.05 & 0.25 & 0.5 & 0.2 \\ 0 & 0.08 & 0.35 & 0.45 & 0.12 \\ 0.12 & 0.34 & 0.38 & 0.1 & 0.06 \end{bmatrix} \quad R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.18 & 0.45 & 0.37 \\ 0 & 0 & 0.18 & 0.45 & 0.37 \\ 0 & 0.07 & 0.46 & 0.39 & 0.08 \\ 0 & 0.05 & 0.4 & 0.42 & 0.13 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \\ 0.04 & 0.3 & 0.48 & 0.15 & 0.03 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.12 & 0.48 & 0.32 & 0.08 \\ 0 & 0.05 & 0.2 & 0.59 & 0.16 \\ 0.04 & 0.45 & 0.38 & 0.13 & 0 \\ 0.05 & 0.08 & 0.37 & 0.4 & 0.1 \\ 0.01 & 0.27 & 0.48 & 0.2 & 0.04 \\ 0.03 & 0.32 & 0.5 & 0.08 & 0.07 \end{bmatrix} \quad R_4 = \begin{bmatrix} 0.92 & 0.08 & 0 & 0 & 0 \\ 0.84 & 0.16 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.32 & 0.4 & 0.25 & 0.03 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.45 & 0.45 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.45 & 0.45 \\ 0 & 0.24 & 0.55 & 0.16 & 0.05 \\ 0.06 & 0.3 & 0.42 & 0.18 & 0.04 \end{bmatrix} \quad R_6 = \begin{bmatrix} 0.06 & 0.2 & 0.54 & 0.1 & 0.1 \\ 0.05 & 0.38 & 0.42 & 0.09 & 0.06 \\ 0.1 & 0.32 & 0.39 & 0.15 & 0.04 \\ 0 & 0.03 & 0.4 & 0.45 & 0.12 \\ 0 & 0.03 & 0.4 & 0.45 & 0.12 \end{bmatrix}$$

(2) 建立等级评价矩阵之后, 再结合上文的指标权重集进行二级指标的综

合评判。

$$B_1 = A_1 \circ R_1 = (0.36 \quad 0.42 \quad 0.22) \begin{bmatrix} 0 & 0.05 & 0.25 & 0.5 & 0.2 \\ 0 & 0.08 & 0.35 & 0.45 & 0.12 \\ 0.12 & 0.34 & 0.38 & 0.1 & 0.06 \end{bmatrix}$$

$$= (0.0264 \quad 0.1264 \quad 0.3206 \quad 0.391 \quad 0.1356)$$

$$B_2 = A_2 \circ R_2 = (0.17 \quad 0.2 \quad 0.13 \quad 0.2 \quad 0.15 \quad 0.15) \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.18 & 0.45 & 0.37 \\ 0 & 0 & 0.18 & 0.45 & 0.37 \\ 0 & 0.07 & 0.46 & 0.39 & 0.08 \\ 0 & 0.05 & 0.4 & 0.42 & 0.13 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \\ 0.04 & 0.3 & 0.48 & 0.15 & 0.03 \end{bmatrix}$$

$$= (0.006 \quad 0.0641 \quad 0.3684 \quad 0.3837 \quad 0.1778)$$

$$B_3 = A_3 \circ R_3 = (0.22 \quad 0.19 \quad 0.11 \quad 0.15 \quad 0.18 \quad 0.15) \begin{bmatrix} 0 & 0.12 & 0.48 & 0.32 & 0.08 \\ 0 & 0.05 & 0.2 & 0.59 & 0.16 \\ 0.04 & 0.45 & 0.38 & 0.13 & 0 \\ 0.05 & 0.08 & 0.37 & 0.4 & 0.1 \\ 0.01 & 0.27 & 0.48 & 0.2 & 0.04 \\ 0.03 & 0.32 & 0.5 & 0.08 & 0.07 \end{bmatrix}$$

$$= (0.0182 \quad 0.194 \quad 0.4023 \quad 0.3048 \quad 0.0807)$$

$$B_4 = A_4 \circ R_4 = (0.32 \quad 0.32 \quad 0.36) \begin{bmatrix} 0.92 & 0.08 & 0 & 0 & 0 \\ 0.84 & 0.16 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.32 & 0.4 & 0.25 & 0.03 \end{bmatrix}$$

$$= (0.5632 \quad 0.192 \quad 0.144 \quad 0.09 \quad 0.0108)$$

$$B_5 = A_5 \circ R_5 = (0.25 \quad 0.3 \quad 0.22 \quad 0.23) \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.45 & 0.45 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.45 & 0.45 \\ 0 & 0.24 & 0.55 & 0.16 & 0.05 \\ 0.06 & 0.3 & 0.42 & 0.18 & 0.04 \end{bmatrix}$$

$$= (0.0138 \quad 0.1218 \quad 0.3601 \quad 0.3241 \quad 0.1802)$$

$$B_6 = A_6 \circ R_6 = (0.25 \quad 0.15 \quad 0.22 \quad 0.16 \quad 0.22) \begin{bmatrix} 0.06 & 0.2 & 0.54 & 0.1 & 0.1 \\ 0.05 & 0.38 & 0.42 & 0.09 & 0.06 \\ 0.1 & 0.32 & 0.39 & 0.15 & 0.04 \\ 0 & 0.03 & 0.4 & 0.45 & 0.12 \\ 0 & 0.03 & 0.4 & 0.45 & 0.12 \end{bmatrix}$$

$$= (0.0445 \quad 0.1888 \quad 0.4358 \quad 0.2425 \quad 0.0884)$$

#### 4.4.5 我国制药业技术创新能力系统持续性综合评价

把得到的向量  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$  组成向量  $R$  作为一级指标的综合评价矩阵。

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \\ B_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0264 & 0.1264 & 0.3206 & 0.391 & 0.1356 \\ 0.006 & 0.0641 & 0.3684 & 0.3837 & 0.1778 \\ 0.0182 & 0.194 & 0.4023 & 0.3048 & 0.0807 \\ 0.5632 & 0.192 & 0.144 & 0.09 & 0.0108 \\ 0.0138 & 0.1218 & 0.3601 & 0.3241 & 0.1802 \\ 0.0445 & 0.1888 & 0.4358 & 0.2425 & 0.0884 \end{bmatrix}$$

所以：

$$B = A \circ R = (0.16 \quad 0.16 \quad 0.2 \quad 0.14 \quad 0.16 \quad 0.18) \begin{bmatrix} 0.0264 & 0.1264 & 0.3206 & 0.391 & 0.1356 \\ 0.006 & 0.0641 & 0.3684 & 0.3837 & 0.1778 \\ 0.0182 & 0.194 & 0.4023 & 0.3048 & 0.0807 \\ 0.5632 & 0.192 & 0.144 & 0.09 & 0.0108 \\ 0.0138 & 0.1218 & 0.3601 & 0.3241 & 0.1802 \\ 0.0445 & 0.1888 & 0.4358 & 0.2425 & 0.0884 \end{bmatrix} = (0.09789 \quad 0.149632 \quad 0.34692 \quad 0.293018 \quad 0.11254)$$

从上面的计算结果可以看出，对我国制药业持续技术创新能力评价为“优”，“良”，“一般”，“较差”，“差”的程度依次为 0.09789, 0.149632, 0.34692, 0.293018, 0.11254。根据最大隶属度原则，我国制药业持续技术创新能力为一般，这与专家的论断还是相吻合的。

持续的技术创新促进经营观念、运作方式、发展模式的转变，从而推动制药业的发展跨上新的台阶；进一步增强技术创新能力，建立起适应社会主义要求和制药产业发展规律的新体系和新机制。我国制药业要赢得未来的发展，必须将技术创新的持续性纳入发展规划。

#### 4.5 本章小结

本章运用模糊综合评价法对我国制药业技术创新能力系统的持续性进行了实证研究。首先，对有关持续创新的相关研究成果进行了梳理；然后介绍了模

糊综合评价方法的基本理论和计算方法；最后确立了我国制药业技术创新能力系统持续性的评价指标体系，运用该方法进行实证研究，得出我国制药业持续技术创新能力为一般情况的结论。

从专家的反馈意见我们可以看出，影响我国制药业持续创新的最主要因素可以归结为这样几点：研发经费及人员投入的严重不足；科技中介服务体系不完善导致的产学研不能很好对接；墨守陈规、因循守旧，企业核心领导缺乏远见，这根源于我国的长期以来形成的文化氛围和教育体制。

创新贵在能够坚持下去。只有不断地创新，永不停息地蜕变，我国制药业才能不断提升自己的核心竞争能力，从而持续获得创新带来的巨大利润和价值，并以此作为资本不断地投入再创新之中，形成良性循环。

## 第5章 我国制药业技术创新方面存在的问题及对策建议

前面第二至四章本文对我国制药业技术创新能力系统的现状进行了分析与评价，其中第二章以系统论为指导，将我国制药业的技术创新能力作为一个系统、一个“白箱”加以剖析；第三章以 DEA 方法为手段，将我国制药业技术创新能力系统看作一个“黑箱”，从系统投入和产出两个方面对制药业技术创新能力的有效性进行了分析与评价；第四章则运用模糊综合评价方法，并咨询相关专家对我国制药业技术创新能力的持续性进行分析；通过上面三章定性与定量相结合的研究，本文对我国制药业技术创新能力系统存在的主要问题进行了归纳，并针对存在的问题给出相应的对策建议。

### 5.1 我国制药业技术创新方面存在的问题

我国制药业技术创新方面存在的问题主要集中在以下几个方面：

(1) 研发投入不足 制药业被称作高科技产业，其具有高度知识技术密集、高度资金密集、附加值高、社会效益好、风险大、增长快、产品寿命周期短等高技术产业的基本特征。制药业需要新产品维护其继续发展，制药企业 R&D 的投入成为产业发展力量之源。而我国的制药企业无论是 R&D 经费还是 R&D 人员的投入都严重不足，当然这也是多方面因素造成的。

我国的制药企业中很大一部分是中小企业，融资困难一直是其发展的瓶颈；对于技术创新投入来说，企业自筹资金更是主要的来源，这在一定程度上限制了资金投入的规模。国有企业研发投入普遍过低则是因为：企业经营的责权利合理结合体制尚未很好地建立起来，企业行为短期化，企业只在挖掘消耗固有资产上下功夫，而缺乏更新创造，接受新技术新产品的动力，致使技术创新投入得不到保障。从国家层面来说，我国财税政策没有建立一套科学的科技投入机制，财政支出中科技投入有很大的随意性。多年来科技拨款(包括科研基建费、科技三项费和科学事业费)占财政总支出的比重偏低，在 4% 左右，同时也没有形成一套引导社会资金合理配置的机制。比如长期以来，我国财税政策对企业技术改造、技术引进给予了一定的支持和优惠，但对企业甚至于科研院所研究开发的政策支持力度，就显得比较弱<sup>[59]</sup>。

中国人口众多，但高科技人才却不多。本身医药教育界培训的人才都无法满足医药产业的发展，而且近年来中国高科技人才外流严重。随着改革开放进程的不断加快，大量人才纷纷出国或去外企，在财大气粗的外国老板面前，中国不少国有企业变成外企培养人才的大学校。另外，大部分的医药科技人才又集中在科研院所，所以企业即使拥有先进的设备和原材料，技术创新也难以实现。

(2) 资源利用率低 在当前研发投入严重不足的情况下，我国制药业还存在着一个更为严重的问题，资源利用率低。这一方面是由于政府和企业盲目投入造成的，事先没有对投资项目进行科学地评估，无的放矢，致使有限的高科技资金投资没有用在刀刃上；另一方面，从事创新活动的企业、科研机构和高校获取科技信息及动态的能力还比较欠缺，彼此之间的信息流动也不畅通，造成大量重复性的工作，导致资源使用的浪费；第三，大多数企业对研发人员的报酬激励方式单一、激励强度不够，更是没有一套科学完整的评价体系，使员工的创造性受到遏制，针对这一点政府和企业应该从制度约束和激励机制上探秘。

(3) 制药企业技术创新的体制条件和政策环境不完善 科技体制不完善，存在着科技与经济脱节，使得科技成果难以转化为现实的生产力，更失去了宝贵的市场机会；社会服务体系不健全，缺乏方便技术持有者与受让者进行技术转让的技术市场，缺乏为技术交易牵线搭桥的中介机构和进行价值评估的专门机构；人才市场不完善，没有形成合理的人才流动机制，阻碍了人才流动；融资体制不完善，没有形成符合市场经济要求的资本市场，企业技术进步的供求不能依靠市场机制来实现；技术创新的法律制度不完善，政策不配套，不适应企业技术创新等等；这种不完善的政策环境严重阻碍了技术创新活动的开展。

(4) 知识产权保护意识淡薄 由于我国曾有很长一段时间实施的是计划经济，加之专利制度在我国正式确立至今才 20 多年的时间，开始对药品全面实施专利保护的时间则仅有 10 余年，所以，我国制药企业对药品专利的认识还很不足，更谈不上重视。前面章节的分析得出我国制药业专利产出不足，可以说一方面是自主创新能力弱造成的，但绝不能忽略知识产权保护意识淡薄的因素。如果不懂得用专利来保护自己，那么别人就会利用专利来伤害自己。从另一角度来讲，在现阶段我国制药企业研发投入严重不足的情况下，“模仿”是其发展的必

经之路。但如何对现有专利技术进行模仿创新，如何利用失效的专利技术，都对我国制药业的专利工作提高了要求。

(5) 制药企业规模偏小 在我国 6300 多家制药企业中，中小型制药企业约有 6000 家<sup>1</sup>。由于历史和现实的原因，当前，它们中的绝大多数都缺少应有的资金和技术，生存发展困难重重、举步维艰，根本无力再投入 500~600 万巨资再等上 5~6 年的时间来开发独家新药了，结果只能是“听说 xx 产品卖得不错，我们也报一个”的策略。这在很大程度上影响了我国制药业技术创新能力提高的步伐。因此，救活中小型制药企业使其发挥出应有的作用，是促进我国制药业健康持续发展的关键之一。

## 5.2 促进我国制药业技术创新的对策建议

针对以上我国制药业技术创新方面存在的问题，本文认为应从以下几个方面着手解决：

(1) 加大技术创新投入 改变“撒胡椒面”的现象，着重支持重大的技术创新项目。同时也要突出政府资助的主要领域，一是 R&D 活动，R&D 活动特别是其中的基础研究活动一般不能直接产生经济效益，企业往往不愿意或无力进行投资，政府应从社会整体利益出发，给予直接资助；二是基础性和普遍性的基础建设，如按国家标准建立的新药开发中心、专业实验室、中试基地和信息库等；三是科技成果转化和运用活动开始阶段的启动资金，科技成果转化和应用活动是技术创新过程的最后决定性环节，需要更多的经费投入，并且有很大的风险性，需要政府给予启动资金的支持。在应用研究和产业化层面，制药企业应成为核心的技术创新主体，在现有水平上加大技术创新投入。国家可以命令制药企业加大 R&D 投入，规定与产业发展相适应、与国际接轨的投入比；也可以通过政策实行技术强制，对现有落后的工艺及技术，以法律的形式禁止使用或取缔；对率先引进新技术、新工艺或先进技术的制药企业，实行技术创新风险分担合理化政策。

加大我国制药业技术创新的投入尤其是 R&D 投入，并非意味着要求我们全部去自行研制新药，模仿创新仍是重要的新产品 R&D 手段。模仿创新的目的性强、投资少、周期短、成功率高，是产业发展初期或创新能力较弱时的合理

<sup>1</sup> <http://www.chinatcm.com/html/root/TechChannel/YiYaoJingJi/YiYaoJingJiXue/LiLunTanTao/3402.htm>

选择，我们的制药企业应在模仿中提高创新的自主能力和成分，实现在成长中追求自主创新最终目标。

(2) 保障创新人才供给 我国制药业的高科技人员无论是数量比例还是人才质量投入都非常低，人才的缺乏是我国制药业技术创新的主要障碍之一。

基于现阶段医药人才需求结构的特点，医药教育一方面应该扩大医药人才总体培养规模，以迅速提高医药人才的有效供给；另一方面转变培养方式，大幅度提高具有创新精神的、高素质的医药科技人才比例，保障高素质、创新人才的有效供给；同时还要有计划有步骤地加强对原有医药科研人员的继续教育。医药人才的流向问题也直接影响着我国制药业的技术创新，从近年来我们的药学硕士、博士的分配去向来看，制药企业并没有成为他们的首选去向，这反映了制药企业技术创新主体化过程中对于创新资源的吸纳还存在很大问题。因此，制药企业应尽快建立规范的技术创新机制，在重视 R&D 机构建设的同时，更要重视创新管理能力的提高，促进创新资源向企业合理流动。

(3) 营造产学研合作创新的政策环境 首先是推进经济体制改革，使企业确立在技术创新中的自主地位，实行政企分开，割断各个行政职能部门同企业、高校和科研机构间的不正常关系。政府进一步转变职能，为促进科技成果快速转化做好各项宏观方面的工作，如给企业、高校、科研机构应有的自主权，制定和调整有利于科技成果转化的相关政策；通过相关措施，促进科技成果转化和企业技术创新的结合；逐步增加对科学研究及其成果转化的投入，并通过政府投资和税收优惠以诱导、鼓励科技成果的转化，同时倡导产、学、研、金融相结合，发挥各部门的协同作用<sup>[60]</sup>。其次是进一步改革科技体制：在运行机制方面，运用经济杠杆和市场调节，使高校和科研机构具有自我发展的能力和自动为经济建设服务的活力。在组织结构方面，改变条块分割，高校、科研机构与企业相脱离，研究开发、中试和成果的产业化隔离的状况。再次是加强产学研合作创新的中介服务体系建设，政府应通过示范增强企业、高校和科研机构对中介咨询的了解和需求，并通过相关的措施促进企业、高校和科研机构使用中介服务。

(4) 加强知识产权保护执行力度 当前我国制药业的知识产权保护工作就是要充分利用专利战略，专利战略分为专利进攻和专利防守两个方面。其中，专

利进攻是指采用积极的策略和手段，千方百计地设法挤进竞争对手统治的专利技术领域，并在其中占有一席之地；专利防守则是指构筑自己坚固的专利阵地，不给竞争对手以可乘之机，有效地保护和壮大自己，从而以守为攻，在竞争中处于有利地位<sup>[61]</sup>。在我国制药业研发投入不足的情况下，专利进攻的意义将更加重大。我国制药企业可以在现有专利技术的基础上进行改进创新，开发出属于自己的专利技术，这样就可以取得事半功倍的成效。另一方面充分利用已失效的专利技术进行合理仿制。例如，某一种药品的专利已超过了保护期或即将超过保护期，如果这一药品尚有市场潜力，那么就可以着手仿制。这样不仅可以赢得一定的市场份额，而且还可以省下巨额的研发费用，降低成本，其经济利益非常可观。当然专利防守的工作也绝不能忽视，要选择合适的专利类型及时申请专利，在新药研发的各阶段加强自身权益的保护。这是保证我国制药业长期发展的原动力。

专利战略的保证实施首先要建立健全有关知识产权保护与管理的地方性法规，从而为知识产权的司法保护和行政保护提供良好的法制环境；其次要构建制药企业知识产权管理体系，企业知识产权管理体系建设是提高企业自律能力、维权能力和产权运营能力，从而实现自我创造、自我保护、自我运营、自我发展的基础；再次建立健全知识产权社会化服务体系，它是知识产权管理社会化、市场化的重要载体，社会化服务体系的规范运作既能为各制药企事业单位提供专业化的咨询和服务，降低知识产权纠纷处理的成本，又缓解了行政管理和司法介入的压力<sup>[62]</sup>。

**(5) 搞好中小型制药企业的发展** 中小型企业是我国制药经济的重要支撑力量，也是发展大企业集团的基础。因此，要积极培育特色小企业，结合我国小型企业的特点，积极引导中小企业围绕名牌产品或为大企业提供配套服务。使这些企业在社会化、专业化分工协作体系中，重新定位、谋求发展；或者在某个小产品、小行业中，通过进一步提高市场占有率，追求龙头老大的地位，促使更多企业向“小而精”“小而特”“小而专”的“小型巨人”企业发展。“小型巨人”企业<sup>[63]</sup>大致分为3类：一是“小而精”即高科技企业，企业虽小但主导产品技术含量高，企业在产品的开发、设计、制造等方面具有技术优势，扩张能力强；二是“小而专”即专业配套性企业，企业主导产品为大公司配套服务，

但专业化程度高，为大企业配套协作，市场比较稳定；三是“小而特”即特色优势企业，企业生产经营的产品有比较优势，竞争力和生命力强。

## 结 论

### 1、全文总结

第一，在查阅大量国内外相关文献的基础上，从系统的角度对我国制药业技术创新能力进行研究。将系统理论和技术创新理论有机结合，并基于制药业技术创新的特性，提出我国制药业技术创新能力系统的概念，进而描述了制药业技术创新能力系统的特征、系统目标、系统结构、系统动力、系统运行环境、系统输入输出，深化了对制药业技术创新能力的认识。

第二，构建出我国制药业技术创新能力系统的评价模型，进而对我国制药业的技术创新能力进行整体的、动态的、定量的分析和评价。运用 DEA 方法中的 C<sup>2</sup>R 模型对制药业技术创新能力系统的有效性进行评价，运用模糊综合评价方法对制药业技术创新能力系统的动态持续性进行评价。

第三，依据评价结果得出我国制药业技术创新的制约因素主要是：研发投入不足、资源利用率低、制药企业技术创新的体制条件和政策环境不完善、知识产权保护意识淡薄以及制药企业规模偏小；针对我国制药业技术创新方面存在的上述问题，本文认为应从以下几个方面着手解决：加大技术创新投入、保障创新人才供给、营造产学研合作创新的政策环境、加强知识产权保护执行力度以及搞好中小型制药企业的发展。

### 2、进一步研究的展望

虽然笔者在论文的研究过程中投入了大量的时间和精力，但其中仍存在着不少的问题。首先技术创新能力作为一个系统，结构是否协调将影响系统整体功能的最终体现，而系统的动态性将直接决定系统的发展潜力和态势，所以只有将技术创新能力的整体高效性评价、动态持续性评价和结构协调性评价三者有机结合，这样构建出的技术创新能力系统评价模型才是科学的、全面的。但是由于时间和精力的有限，本文只对我国制药业技术创新能力的整体高效性和动态持续性进行了评价，在以后的学习和工作中，笔者将继续对该系统的结构协调性进行研究。其次，制药业是高技术产业，其技术创新的过程和内容都具有高度的专业性，由于缺乏相应的专业技术知识，使得本文在对制药业技术创新的研究上还缺乏进一步的深入。再次，尽管技术创新理论的研究已经具有很长的历史，但我国对产业技术创新的研究还比较欠缺，很有必要对其进一步开

展多方面的深入研究。

最后，由于笔者学识有限，本文难免存在不足和疏漏之处，恳请各位老师和同学给予批评和指正。

## 参考文献

- 1 Kline, S.J.Rosenberg. An overview of innovation. Washington:National Academy Press,1986: 275~304
- 2 吴友军. 产业技术创新能力评价指标体系研究. 商业研究. 2004, (11): 27~29
- 3 孟庆伟,安会茹. 企业技术创新能力的系统结构. 科技管理研究.2000, (2): 27~28
- 4 傅家骥,姜彦福. 技术创新. 企业管理出版社, 1992
- 5 赵彦云. 中关村科技园区国际竞争力研究. 管理世界. 2001, (4)
- 6 郭克莎. 我国医药工业增强国际竞争力的思路. 经济管理新管理. 2002, (10): 4~14
- 7 贾谦,段黎萍. 中国中医药的发展现状与前景. 战略与管理. 2002, (1): 65~74
- 8 骆奇志,苏子仪. 21世纪我国医药行业的创新与发展. 医学与社会. 2000.4, 13(2): 1~3
- 9 曹阳. 知识产权保护下中国医药企业技术创新策略分析. 科技进步与对策. 2002, (10): 37~38
- 10 何勤,苏子仪. 我国医药产业技术创新模式.科研管理. 1997, 18(2): 16~24
- 11 梁毅,叶习勤,朱瑶瑾. 医药行业科技成果转化的“瓶颈”探析. 中国药师.2000, 3(2): 115~116
- 12 曹阳. 论政府的政策支持对医药产业降低技术创新风险的作用. 药业论坛. 2002, 11(10): 28~29
- 13 冯艳. 中国医药产业R&D问题研究. 沈阳药科大学硕士学位论文. 2001.5
- 14 张钢. 从创新主体到创新政策:一个基于全过程的观点. 自然辩证法通讯.1995(6): 27~59
- 15 汪应洛. 系统工程理论、方法与应用. 高等教育出版社, 2002.2: 2
- 16 Amendola M,S.bruno. The behavior of the Innovative Firm: Relations to the Environment. Research Policy.1994,23 (6): 613~626
- 17 张凤武. 煤炭企业科技进步系统及其评价研究. 辽宁工程技术大学博士学位论文.2002.5:7~8
- 18 Rosenberg.N. Perspectives on Technology. London: Cambridge University Press,1976:273
- 19 陈传宏. 中国医药产业创新战略研究. 科学技术文献出版社, 2000: 60~65
- 20 Basil Achilladelis,Nicholas Antonakis. The dynamics of technological innovation: the case of the pharmaceutical industry. Research Policy. 2001,(30): 538~588
- 21 www.djyw.com/2006/02/07
- 22 《人民日报》 2006 年 01 月 05 日 第十二版
- 23 苗东升. 系统科学精要. 中国人民大学出版社, 1998: 6-181
- 24 Parthasarathy.R, Hammon.J. Product Innovation Input and Outcome: Moderating Effects of the Innovation Process. Journal of Engineering and Technology Management.2002, (19): 75~91
- 25 秦寿康. 综合评价原理与应用.电子工业出版社, 2003.6: 63~74
- 26 Chames A., Cooper W.W. and Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. Journal of Operations Research. 1978, (2): 429~444
- 27 Neely A. The performance measurement revolution: why now and what next. International Journal of Operations & Production Management.1999,19(2):205~228
- 28 莫剑芳.区域宏观经济 DEA 评价系统. 暨南大学硕士学位论文. 2002.4: 12
- 29 Joe Zhu. Efficiency evaluation with strong ordinal input and output measures. European Journal of Operational Research.2003,(146): 477~485
- 30 张硕. 河北省制药产业技术创新能力与和谐度研究. 河北工业大学硕士学位论文.

- 2002.12:25~28
- 31 薛薇. 统计分析与 SPSS 的应用. 中国人民大学出版社,2003.12:185~191
- 32 国家统计局,科技部.中国科技统计年鉴(1997-2004). 中国统计出版社
- 33 Kao C. Measuring the efficiency of forest districts with multiple working circles. *Journal of the Operational Research Society*.1998,(49): 583~590
- 34 AN Jingwen,Xu Xiangyang. "Inverse projection method" model in DEA to measure technological progress. *Journal of China University of Mining and Technology*.1997, 7(2): 73~76
- 35 刘顺忠,官建成. 区域创新系统创新绩效的评价. *中国管理科学*. 2002,10(1): 75~78
- 36 吴文江.用数据包络分析研究规模收益分析. *系统工程理论与实践*.2001,21(9): 85~89
- 37 Stalk G. Competing on Capabilities: the new rules of corporate strategy. *Harvard Business Review*.1992, (70): 57~69
- 38 许朝垠. 我国制药业发展对策研究. 大连理工大学硕士学位论文.2001.4:58~60.
- 39 W.B.Arthur. Competing Technological Increasing Returns and Lock-in by Historical Events. *The Economical Journal*. 1989, (9): 116~131
- 40 V.K. Narayanan. Managing Technology and Innovation for Competitive Advantage. Publishing House of Electronic Industry. 2001: 361~370
- 41 向刚. 企业持续创新:重要性和基本概念. *经济问题探索*.1996, (6): 4~7
- 42 夏保华. 企业持续技术创新结构. 东北大学出版社.2001, 153~164
- 43 陈仲伯. 高新技术企业持续技术创新研究. 中南大学博士学位论文. 2003.11
- 44 朱斌,王渝. 我国高新区产业集群持续创新能力研究. *科学学研究*. 2002.10, 22(5): 529
- 45 孙丽华,左根勇. 我国生物制药企业持续技术创新的现状与对策. *中国药房*.2004,15(6): 461~462
- 46 傅家骥. 技术创新学. 清华大学出版社, 1998
- 47 Utterback.J, Abernathy.N. A Dynamic Model of Process and Product Innovation. *Omega*. 1975,13(6): 639~656
- 48 Chang Dayong. Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal Operational Research*. 1996, (3): 649~655
- 49 Orlovsky S.A. Decision-making with a fuzzy preference relation. *Fuzzy Sets and Systems*.1986, (18): 105~120
- 50 王晓. SOHO 家具绿色效能多级模糊综合评价方法研究. *四川大学学报*. 2003.9, 35(5): 37~40
- 51 D.Guellec, B.van Pottelsberghe. The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D. *The OECD DSTI Working papers*.2000.4
- 52 高忠仕,向刚,李海萍等. 试论企业持续创新的制度环境建设. *技术与创新管理*. 2004,25(3): 46~49
- 53 Slinn.J. Innovation In the UK Pharmaceutical Industry 1948-1978. *EBHA Conference 2001:Business and Knowledge*.2001: 36~85
- 54 Bloom.N, Reenen.J. Why has the UK Pharmaceutical Industry been Successful. *PRELIMINARY DRAFT-DO NOT QUOTE*. 1997.11: 62~97
- 55 Drews.G, Ryser.S. Innovation Deficit in the Pharmaceutical Industry. *Drug Information Journal*. 1996, (30): 97~107
- 56 <http://www.100md.com/html/Dir/2004/11/18/50/60/67.htm>
- 57 罗亚非,焦长灿. 财税政策与企业技术创新的委托代理分析. *科技进步与对策*. 2005, (8):

- 66~69
- 58 <http://gov.finance.sina.com.cn/zsyz/2005-07-25/65318.html>
- 59 夏兴萍. 财税政策对企业技术创新的政策取向. 政策与法规. 1998, 19(10): 38~40
- 60 Prahalad C K, Hamel Gary. The core competence of the corporation. Harvard Business Review. 1998,68(3):79-91
- 61 孟锐, 陈风龙. 我国制药企业药品专利相关问题初探. 中国药房. 2005,16(19): 1449~1451
- 62 杨剑生. 我国医药产业技术创新研究. 大连理工大学硕士学位论文. 2002.3: 39
- 63 许朝垠. 我国制药业发展对策研究. 大连理工大学硕士学位论文. 2001.6: 51~52

## 攻读硕士学位期间取得的研究成果

- 1 罗亚非,焦玉灿. 财税政策与企业技术创新的委托-代理分析.科技进步与对策.2005, (8): 66~69
- 2 焦玉灿,罗亚非. 企业技术创新能力评价研究综述. 科技管理研究.2005, (7): 88~91
- 3 罗亚非,焦玉灿. 基于 C<sup>2</sup>R 模型的高技术行业科技活动绩效评价. 科技管理研究.2006, (3): 151~154
- 4 焦玉灿. 我国医药制造业技术创新投入与产出研究. 第七届中国科技指标学术研讨会论文集.2005:88~92
- 5 罗亚非,焦玉灿. 我国制药业技术创新效率分析. 科研管理(已录用)

## 致 谢

本文从选题、研究到最终修改定稿的全部工作，都是在我的导师罗亚非教授的悉心指导下完成的。论文凝结着罗老师的心血和智慧，正是恩师的悉心指导，才成就此文。在这三年的学习过程中，我从罗老师身上不仅学到了知识，更学到了做人做事的道理。她那严谨的治学态度和优良的思想品德将对我今后的学习、工作产生深远的影响。在此论文完成之际，我衷心地向在学习、生活上给予我耐心指导和帮助的恩师致以最诚挚的谢意。

我还要特别感谢黄鲁成教授、禹海波副教授、朱远程副教授以及所有给予我关怀和帮助的老师们，在论文写作过程中得到了他们的悉心指导。

在论文的写作期间，我还得到了技术创新实验室内师兄师弟（妹）的热情帮助，在此一并向他们表示我由衷的谢意。

最后，特别感谢我的家人，他们在精神和物质上给予了我极大的支持与鼓励，他们的关爱和亲情是我完成学业的最大动力。