

密级：

论文编号：

中国农业科学院 学位论文

我国小麦生产的技术进步模式研究

A Study on Technological Change Pattern of Wheat Production
in China

硕士研究生：王 子 军

指导教师：吴敬学研究员

申请学位类别：管 理 学 硕 士

专 业：农业经济管理

研 究 方 向：农业技术经济

培 养 单 位：农业经济研究所

提交日期：2004 年 6 月

Confidential:

No.:

Chinese Academy of Agricultural Sciences

Master Thesis

**A Study on Technological Change Pattern of Wheat Production
in China**

Master Candidate: Zijun Wang

Advisor: Dr. Jingxue Wu

Application Degree: Master of Management

Major: Agricultural Economics and Management

Research Field: Agricultural Technological Economics

Cultivate Department: Institute of Agricultural Economics

Submitted Date: June 2004

评阅人及答辩委员会

论文评阅人：

孙振玉 研究员 中国农业科学院农业经济研究所

陈阜 教授 中国农业大学农学与生物技术学院

答辩委员会主席：

朱希刚 研究员 中国农业科学院农业经济研究所

答辩委员会成员：

朱希刚 研究员 中国农业科学院农业经济研究所

信乃诠 研究员 中国农业科学院科技管理局

陈阜 教授 中国农业大学农学与生物技术学院

乔娟 教授 中国农业大学经济管理学院

罗其友 研究员 中国农业科学院自然资源与农业区划研究所

答辩时间：2004 年 6 月 27 日

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，也不包含为获得中国农业科学院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。

研究生签名：

时间： 2004 年 6 月 27 日

关于论文使用授权的声明

本人完全了解中国农业科学院有关保留、使用学位论文的规定，即：中国农业科学院有权保留送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意中国农业科学院可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

（保密的学位论文在解密后应遵守此协议）

研究生签名：

时间：2004 年 6 月 27 日

导师签名：

时间：2004 年 6 月 27 日

中文摘要

自从 20 世纪 80 年代以来, 技术进步就是我国粮食生产中贡献最大的因素。我国是小麦生产大国, 实现小麦生产的可持续发展, 不断增加小麦单产水平, 同时提高小麦品质和生产效益, 降低小麦生产成本, 同样要依靠科学技术的支撑。

技术进步过程是对资源条件 and 经济环境的动态反应, 技术的发展是受经济力量诱导的。要素价格变动诱导产生了不同类型的技术; 市场需求的变化也诱导了技术发展的方向。

已有的研究大多从种植业整个产业的角度论述技术发展模式, 但不同农作物的生产特性是不一样的, 使其研究结果有部分偏差。

本文以 1990 年—2002 年中国小麦生产为研究对象, 利用 Cobb-Douglas 平均生产函数模型分析影响小麦单产的各主要因素, 进行增长因素分析, 并计算年均技术进步率; 利用特定的生产函数 E—S 模型分别测算 1990 年和 2002 年的生物化学 (BC) 型技术进步指数和机械 (M) 型技术进步指数, 对比全国及小麦主产省份小麦生产土地生产率 (Y/A) 指数和劳动生产率 (Y/L) 指数的变化, 研究我国小麦生产在这个期间的技术进步模式。

本研究得出以下主要结论:

- 1、技术进步是我国小麦单产增长的最主要因素;
- 2、小麦生产呈现机械型技术进步为主的发展模式;
- 3、市场需求诱导优质专用小麦的发展;
- 4、自然灾害的增加对我国小麦生产造成严重负面影响;

据此提出如下政策建议:

- 1、加大对小麦生物化学型技术研发投入, 保证小麦单产的持续增长
- 2、依靠科技进步降低小麦生产成本
- 3、要根据市场需求加快小麦品种和品质结构调整
- 4、增加基础设施建设投入, 提高抗御自然灾害的能力
- 5、优化农业技术推广服务体系

关键词: 小麦生产, 技术进步, 模式, E—S 模型

Abstract

Since 1980s, rapid grain production growth in Chinese agriculture could be attributed to technological change. China is big wheat producer, in order to maintain sustainable development of wheat production, increase wheat output, improve wheat quality, increase production profit, and reduce production costs we have to rely on support of science and technology.

Technological change is viewed as a dynamic response to resource endowments and economic environment. Economic forces induce development of technology; changes in factor prices induce generation of different technology patterns; changes in market demand induce direction of technology development.

Most studies focus on technology development patterns with respect to the whole planting industry, but different crops represent different production characteristics, therefore their research results are partially biased.

This paper analyzes wheat production from 1990 to 2002. Using Cobb-Douglas average production function model, the paper analyzes major factors influencing wheat output, factors generating growth; calculates technological change rate per year. In addition, using E—S production function model, the paper calculates index of biological and chemical technological change and index of mechanical technological change in 1990 and 2002. Compared land productivity (Y/A) and labor productivity (Y/L) in country level with province level, the paper studies technological change patterns from 1990 to 2002.

Through certain statistical and econometric analysis, the paper arrive the following conclusions:

1. Technological change is the most important factor influencing Chinese wheat output.
2. Pattern of wheat production development is mainly mechanical technological change.
3. Changes in market demand induce development of wheat production for special purpose.
4. Occurrence of disasters affects wheat production negatively.

Based on the above conclusions, the policy implications are as follows:

1. Maintaining sustainable increase of wheat output, the government should increase input in R&D of biological and chemical technology.
2. The wheat industry has to reduce production costs by means of technological change.
3. The government should accelerate structural adjustment of wheat varieties and quality according to market demand.
4. In order to improve disaster-resisting capability, the government should increase infrastructure input.
5. The government should take measures to optimize extension system of agricultural technology.

Key words: wheat production, technological change, pattern, E—S model

目 录

中文摘要	II
Abstract	III
第一章 引言	1
1.1 问题的提出	1
1.2 国内外研究进展	2
1.3 研究目的与研究内容	3
1.4 论文结构	4
1.5 创新与不足	4
1.5.1 论文的创新点	4
1.5.2 论文的不足之处	4
第二章 农业技术进步及其发展模式	5
2.1 农业生产的技术进步	5
2.1.1 技术进步、技术创新与技术效率	5
2.1.2 农业技术进步的含义	7
2.1.3 技术进步测度方法的演变	7
2.2 农业技术进步的发展模式	10
2.2.1 技术进步的类型	10
2.2.2 农业技术类型的划分	11
2.2.3 诱导性农业技术进步理论	11
第三章 我国小麦生产的变动趋势与特征	15
3.1 小麦的地位、在我国的起源及分布	15
3.1.1 小麦在粮食中的地位	15
3.1.2 小麦在我国的起源与分布	16
3.2 小麦的分类与品种品质特性	17
3.2.1 小麦的分类	17
3.2.2 小麦的品种品质特性	18
3.3 我国小麦生产的发展变化	18
3.3.1 产量、面积的变动分析	18
3.3.2 生产成本、收益的变动分析	20
3.3.3 小麦生产的区域布局变化与质量的变迁	22

3.4 现阶段我国小麦生产发展的基本特征	24
3.4.1 中国是世界小麦生产大国，小麦生产关系到国内以致世界的粮食稳定	24
3.4.2 中国小麦生产的收益水平太低	24
3.4.3 中国小麦单产较高，但加工专用品种的生产滞后于需求	25
3.4.4 中国小麦生产总体缺乏比较优势，但部分省区具有比较优势	25
3.4.5 小麦生产的结构调整步伐加快	26
第四章 我国小麦生产技术进步及其模式的实证分析	27
4.1 小麦生产技术进步测度的	27
4.1.1 平均生产函数模型及数据说明	27
4.1.2 平均生产函数的估计与结果解释	28
4.1.3 技术进步对产出增长的作用	28
4.2 测度小麦生产技术进步模式的E—S模型	30
4.2.1 特定生产函数E-S模型的构建	30
4.2.2 E-S模型的估计及解释	32
4.2.3 土地生产率与劳动生产率的比较	33
第五章 结论与政策建议	35
5.1 主要结论	35
5.1.1 技术进步是我国小麦单产增长的最主要因素	35
5.1.2 小麦生产呈现机械型技术进步为主的发展模式	35
5.1.3 市场需求诱导优质专用小麦的发展	35
5.1.4 自然灾害的增加对我国小麦生产造成严重负面影响	36
5.2 政策建议	36
5.2.1 加大对小麦生物化学型技术研发投入，保证小麦单产的持续增长	36
5.2.2 依靠科技进步降低小麦生产成本	37
5.2.3 根据市场需求加快小麦品种和品质结构调整	37
5.2.4 增加基础设施建设投入，提高抗御自然灾害的能力	38
5.2.5 优化农业技术推广服务体系	38
参考文献	39
附 录:	44
致 谢	45
作者简介	46

图 表 目 录

图 2-1 投入增加、技术进步和技术效率提高对产出增长的影响.....	6
图 2-2 偏向技术进步的两类型.....	10
图 2-3 诱导性机械技术进步过程.....	12
图 2-4 诱导性生物化学技术进步过程.....	13
表 3-1 2001 年世界小麦播种面积、总产量、平均单产 15 强国家.....	15
表 3-2 2002 年我国小麦播种面积、总产量、平均单产前 15 位的省（市、自治区）	17
图 3-1 1978—2002 年我国三大粮食作物播种面积变化状况.....	19
图 3-2 1978—2002 年我国三大粮食作物总产量变化状况.....	19
图 3-3 中国小麦历年平均单产变化（1978—2002）折线图.....	20
图 3-4 小麦生产全国平均每亩成本收益指标变动情况.....	21
图 3-5 小麦、玉米、粳稻和棉花全国平均每亩减税纯收益变动.....	21
图 3-6 小麦生产全国平均每亩物质费用与用工作价变动情况.....	22
表 3-3 五省小麦生产每亩成本、收益、产值比较.....	22
表 3-4 中国小麦种植区划.....	23
表 4-1 平均生产函数的GLS估计结果	28
表 4-2 全国小麦单产增长的构成因素分析.....	29
图 4-1 各因素变动对单产增长的作用	29
表 4-3 不同时期BC型和M型函数参数值的估计结果.....	32
表 4-4 小麦生产的BC型与M型技术进步程度.....	33
图 4-2 全国与五个主产大省小麦生产Y/A指数和Y/L指数变动比较	34

第一章 引言

1.1 问题的提出

小麦是全世界分布范围最广的主要粮食作物，中国是世界小麦生产、消费和进口大国。建国 50 多年来，特别是改革开放以来，中国农业和农村经济发展取得了巨大成就，为经济的发展、社会的稳定和人民生活水平的提高打下了较为坚实的基础。全国人口的粮食问题已基本解决，多年的粮食短缺成为历史。中国的农业部门养活着世界 22% 人口，成为名副其实的农业大国。其中小麦生产增长对促进中国农产品由过去长期短缺转变为总量基本平衡，丰年有余做出了重要贡献。由于中国人多地少，可供开垦的后备耕地资源极为有限，除了 20 世纪 50 年代靠扩大播种面积增加小麦总产量外，主要依靠技术进步提高单产水平来增加总产（孙振玉，2001）。

当前，中国农业已经进入了一个新的历史发展阶段，人口数量在不断增加、经济持续发展对农产品的需求趋于多样化。随着人口增长与工业化、城市化进程的加速，我国的人均耕地资源和人均水资源将继续减少，农业环境恶化，生态资源受到较为严重的破坏。资源短缺与环境恶化加剧了农业发展的外部矛盾。我国实现农业增产增收的耕地与环境基础已经受到较为严重的威胁，靠扩大种植面积来增加粮食产量与保障农业丰收的潜力已经非常小。与此同时，随着我国经济的发展，中国农业劳动力机会成本迅速提高，劳动力机会成本的增长速度远高于其它生产要素价格的增长速度（胡瑞法、黄季焜，2001）。在这种情况下，要实现农业生产的增产增收，保障 21 世纪中国巨大数量人口的生活需求和国民经济的顺利发展，必须依靠科技进步，通过新技术的研究与推广来提高资源的利用效率，保证我国的粮食生产与食物安全。

自从 20 世纪 80 年代以来，技术进步对粮食生产的贡献高达 40% 以上，是各种生产因素中贡献最大的因素（朱希刚，1994；顾焕章，1993）。技术进步不仅是过去，也将是未来我国农业生产发展的第一推动力（黄季焜、Rozelle，1993）。未来我国在增加小麦产量的同时，要求提高小麦质量和生产效益，降低小麦生产成本，实现小麦生产的可持续发展，实现这一切同样要依靠科学技术。

建国以来，我国政府自上而下建立了各级农业科研机构，中国是世界上农业科研人员最多的国家（胡瑞法、黄季焜，2001）。如此庞大的农业科研机构与人员为我国农业技术的创新与技术进步奠定了强有力的基础。但我国农业科研单位的科研能力不均衡，科研单位重复设置，人才分散，科技资源配置有待优化。如果科研单位能准确预测农民和市场未来需要的技术，项目成果推广将会大大加快，新技术也就是适用技术。相反，如果技术的产生滞后于农民和市场的需要，将会推延技术更新周期，降低农业发展的速度（胡瑞法、黄季焜，2001）。

早期的研究把技术进步过程看作经济发展过程的外因，但事实上，技术进步过程是对资源条件和经济环境的动态反应，技术的发展是受经济力量诱导的。Hayami 和 Ruttan 发展和完善了诱导性技术进步理论。农业技术产生于生产诱导，而生产诱导起因于生产要素价格的变动。要素价格变动诱导产生了各种各样不同类型的技术。这种因适应于各个地区不同的要素相对稀缺程度而

产生的技术进步过程称为“要素诱导性技术进步”。一个国家选择何种技术进步的道路上是由该国的农业生产要素禀赋状况决定的。对一个土地资源丰富而劳动力稀缺的国家来说，选择机械技术进步的道路上最有效率；相反对一个土地资源稀缺而劳动力丰富的国家而言，选择生物化学技术进步的道路上最有效率（Hayami and Ruttan, 1971; 1985）。诱导性技术进步理论另一分支认为：市场需求的变化也诱导了技术发展的方向（Griliches, 1957; Schmookler, 1966），这已被我国农业生产技术的发展所证实（林毅夫，1992）。

一般认为：由于中国人多地少的禀赋条件，合理的农业现代化发展道路应该是走土地节约型的道路，即依靠生物化学技术，而非机械现代化。但这些结论是以农业产业部门为研究对象，从总量水平角度的研究结果。针对单种农作物的生产特性来研究其技术进步的发展模式则较为少见。

技术进步在农业发展中的重要性已经众所周知，诱导性技术进步理论也已被学界所接受。但 20 世纪 90 年代后我国主要粮食作物——小麦生产技术进步程度如何，要素价格变化与各种经济力量又怎样影响小麦种植技术的发展？这方面的研究还很少。本文试图对 1990 年以后我国小麦生产进行实证分析，讨论这个时期小麦生产技术进步的模式；分析影响小麦生产的各种因素；并提出未来我国小麦种植业发展的政策建议。

1.2 国内外研究进展

我国自改革开放以来，经济发展速度很快，科学和技术在经济增长过程中发挥了重要作用。与此相应，“科技进步在经济增长中的贡献”的研究也成为政府部门、教学科研单位和很多学者所感兴趣的问题，并引进和研究了有关的生产函数模型（史清琪等，1985），国外的大部分研究成果在短短的几年时间里，被翻译介绍过来。

对农业中的技术进步研究较早的是中国农业科学院农业经济研究所（牛若峰等，1985；朱希刚，1984；1994；1997；冯海发，1989）和南京农业大学（顾焕章，1993）。朱希刚 1984 年载于《农业技术经济》第 6 期的《我国农业技术进步作用测定方法的研究和实践》提出了定量测算我国农业技术进步作用的数学模型，并利用 1972—1980 年农村人民公社的年度统计资料，初步测算了我国农业技术进步的作用。随后又发表了一系列此类文章。1989 年冯海发运用指数法对农业总要素生产率增长状况进行了分析。黄季焜（1993）将技术作为内生变量引入水稻生产增长模型，研究结果表明：农业生产的原动力是技术进步。

同时测度技术进步和技术效率是利用随机边界生产函数和 DEA（数据包络分析）实现的。顾焕章应用无弹性约束的 Cobb-Douglas 随机边界生产函数，利用分省区的面板数据分阶段地对 1965—1988 年的中国农业增长的源泉进行分析。他们把农业经济增长的源泉分解为要素投入的增加和要素生产率的提高两个方面，并进一步细分，把要素投入的增加分解为传统要素（土地、劳力、有机肥）和现代要素（化肥、农机动力）投入的增加，把要素生产率的提高分解为技术效率改进和技术进步，而技术进步又细分为中性技术进步和偏向技术进步，分别测算了这些因素对中国农业在 1965—1988 年间的产出增长中的贡献率（顾焕章，1993）。

海外学者樊胜根 1991 年发表在 *American Journal of Agricultural Economics* 的经典论文“Effects of Technological Change and Institutional Reform on Production Growth in China Agriculture”利用随机边界生产函数计算 1965 年—1985 年间农业技术进步在中国农业总产出增长中的贡献份额，计算结果是 15.7%，这一数字大大低于日本和美国的同期指标（Fan Shengen, 1991）。孟令杰的一系列研究给出了 DEA 方法在农业上的运用（孟令杰，1994；2000）。

关于中国农业技术发展模式的理论研究较少，大多只是就技术的发展定性阐述。林毅夫的有关研究（1987；1992）对诱导理论做出了贡献，他放松了市场完全的假定，通过考察杂交水稻技术在我国计划经济体制下的推广情况，论证了在中国这样一个产品及要素市场均受到极大限制的情况下，技术创新仍然是诱导性的。樊胜根和 Ruttan 发现在前苏联和东欧社会主义国家以及同一时期中国的农业技术发展战略是机械化，而不考虑本身的资源禀赋，这和计划经济国家偏好资本密集型发展战略相一致（Fan Shengen and V.W.Ruttan, 1992）。

吴敬学（1997）在其博士论文中引进日本学者任开津典生 1985 年计算水稻技术进步模式的 E—S 模型（任开津典生，1985），对辽宁省水稻生产和养猪生产的技术发展模式进行了实证分析。发现辽宁省“七五”以来，水稻生产的技术进步呈生物化学型技术进步；而同期专业户养猪生产的技术进步是生物化学性技术进步和机械化技术进步共同作用的。揭示了辽宁省“七五”以来 10 年间农业技术进步是以生物化学型技术进步为主的模式（吴敬学，1997）。

胡瑞法和黄季焜在 2001 年提交农业部的研究报告《中国农业技术发展方向研究》的结论是：“生物型的技术进步将是未来我国农业技术发展的基本方向，生物型与机械型技术的共同发展是我国劳动力机会成本较高地区的技术发展方向”（胡瑞法、黄季焜，2001）。

近来也见到借鉴运用 Hayami 和 Ruttan 在《*Agricultural Development: An International Perspective*》中的分析方法论证中国“农业合理的现代化发展道路应该是走土地节约型的道路，即依靠化学和生物技术，而非机械现代化”（刘洪、李芝倩，2002）。

1.3 研究目的与研究内容

本研究将主要采用实证研究方法，即在广泛搜集前人研究成果的基础上，以微观经济理论和农业生产函数为基础，广泛收集数据资料并建立计量经济模型；根据计量模型的估计结果得出结论；据此提出政策建议。研究所用的模型一是柯布—道格拉斯平均生产函数模型（Cobb-Douglas Average Production Function）来研究单产对生产要素投入的反映，并可以计算年均技术进步速度；二是利用 E—S 生产函数测度生物化学（BC）型技术进步指数和机械（M）型技术进步指数，对我国小麦生产的技术发展模式进行实证分析。研究的具体目标包括：

- 1、以 1990 年—2002 年全国小麦生产为研究对象，利用平均生产函数分析影响小麦单产的主要因素，进行增长因素分析，并计算年均技术进步率；

- 2、利用特定的生产函数 E—S 模型分别测算 1990 年和 2002 年的生物化学（BC）型技术进步指数和机械（M）型技术进步指数，对比全国及小麦主产省份小麦生产土地生产率（Y/A）指数和劳动生产率（Y/L）指数的变化，得出在这个时间段我国小麦生产技术进步的发展模式；

3、对实证结果进行解释，提炼出主要结论，提出未来我国小麦种植业发展的政策建议。

1.4 论文结构

本文共分为 5 章，各章的相应内容为：

第一章为引言。简要介绍论文的研究背景和立题依据，国内外研究进展及论文研究内容和框架结构。

第二章为农业技术进步及其发展模式。首先对技术进步、技术创新、技术效率三个易混淆的概念进行了界定，阐述了三者之间的关系；然后介绍技术进步测度方法的发展和诱导性技术进步理论。

第三章是现阶段中国小麦生产的特征和变动趋势。本章对 1990 年—2002 年我国小麦生产及一些背景作介绍，分析小麦生产分布、品种品质特性、成本收益状况及布局变化的趋势与特征。

第四章是论文的实证结果。本章对论文所采取的计量模型及所采用的估计方法进行了解释；并对分析结果进行讨论。具体内容包括模型的构建、变量数据的来源与处理、模型参数的估计等。

第五章为结论与政策建议。根据前面各章的分析归纳出论文的研究结果，并据此提出相应的政策建议。

1.5 创新与不足

1.5.1 论文的创新点

对农业技术进步作用的定量实证分析，一直是技术经济领域的研究热点，但大多数研究都是从农业总量水平或种植业整个产业的角度出发分析技术进步程度和技术发展模式；但不同农作物的生产特性是不一样的，使其分析结果有一定的偏差。

本文以全国小麦生产为对象研究其技术进步模式，把研究范围限制在单个农作物，根据 Hayami 和 Ruttan 对农业技术类型的划分，计算生物化学（BC）型和机械（M）型技术进步指数，对不同模式技术进步进行定量实证研究，这是本文的创新之处。

1.5.2 论文的不足之处

1、由于平均生产函数的特点，对农业技术进步作用的实证分析仅限于全要素生产率的变动，对广义技术进步的各种构成因素，如狭义的科技进步（生产可能性曲线的移动）、技术效率等无法做出适当的分离，从而缺少这些因素对小麦单产增长贡献的定量分析。

2、受资料收集的限制，本文从全国角度研究小麦生产技术进步模式。由于每个省的自然、经济、社会条件有很大差异，把研究区域限定在单个省份可能更为合适，分析结果能更为精确。当然，对省份和地区单种作物技术进步模式的分析是令人感兴趣的课题。

第二章 农业技术进步及其发展模式

2.1 农业生产的技术进步

2.1.1 技术进步、技术创新与技术效率

现代社会对技术进步 (Technological Change) 的研究起源于二十世纪 50 年代发展起来现代经济增长理论。经济增长研究的重要内容之一是分析经济增长的源泉问题, 按现代经济增长理论的观点, 经济增长主要是来源于劳动、资本等投入要素增加和技术进步以及制度创新带来的效率增加, 通过建立模型可以对各种因素对经济增长的贡献进行数量分析, 发现各变量对经济增长的贡献程度及它们之间的相互关系。

Solow (1957) 认为技术进步在短期内表达的含义是“生产函数的任何一种形式的变动”, “经济的加速与减速、劳动力教育状况的改进以及各种各样使得生产函数发生移动的因素都可归到技术进步当中”, 即影响生产函数移动的一切因素都称作技术进步。Kendrick (1961) 将经济增长中不能为要素投入增长解释的部分 (即“增长余值”) 定义为“要素生产率的增长”, 主要内容有技术进步、技术创新的扩散程度、资源配置的改善、规模经济等。Kendrick 所提出的这种要素生产率的增长实际上包括了技术的发明和应用, 管理水平的提高、劳动生产率的提高等, 为后人所广泛接受。

技术创新 (Technological Innovation) 源于美籍奥地利经济学家熊彼特 (J.A.Schumpeter) 在《经济发展理论》(1912 年) 中提出的创新理论 (Innovation Theory)。按照熊彼特的观点, 创新是建立一种新的生产函数, 即把一种从来没有过的生产要素和生产条件的新组合引入生产体系。二十世纪 80 年代中期, R.Mueser 对技术创新作了较系统的分析, 在搜集了 300 余篇相关论文中, 约有四分之三的论文在技术创新界定上接近于以下表述: 当一种新思想和非连续性的技术活动, 经过一段时间后, 发展到实际和成功应用的程序, 就是技术创新。在此基础上, Mueser 将技术创新重新定义为: 技术创新是以其构思新颖性和成功实现为特征的有意义的非连续性事件。

技术效率 (Technological Efficiency) 是关于技术的另外一个概念。法瑞尔 (Farrell.M.J.) 在 1957 年发表的《生产效率度量》一文中对技术效率给出了比较有代表性的定义: “所谓技术效率, 就是在生产技术不变、市场价格不变的条件下, 按照既定的要素投入比例, 生产一定量产品所需的最小成本 CL, 占实际生产成本 CS (投入水平) 的百分比。” 勒宾森 (Leibenstein, 1966) 则从产出角度给出了技术效率的定义: “技术效率 TEL 是实际产出水平 YS 占在相同的投入规模、投入结构及市场价格条件下, 所能达到的最大产出量 YH 的百分比。” 从以上的概念定义中可以清楚的发现, 在经济增长、技术进步、技术创新和技术效率之间存在着紧密的关系。

技术进步与技术创新在内涵上既有重叠又有区别。技术进步是利用技术提高生产率的活动, 是“生产函数的移动”。显然, 技术进步的含义要比技术创新广。技术进步的根源来自技术创新, 技术进步是以往各种创新积淀性的经济表现和反映 (柳御林, 1993)。

技术进步与技术效率则不同，技术效率强调对技术的利用程度，是实际产出（realized output）与潜在产出（potential output）的比。樊胜根（1991）在一篇经典文章中将所观测到的实际产出增长归结为投入的增长、技术进步（生产边界的扩张）和技术效率（实际产出相对于最优产出的移动）的贡献。下面用图形给出了技术进步和技术效率的图形解释。

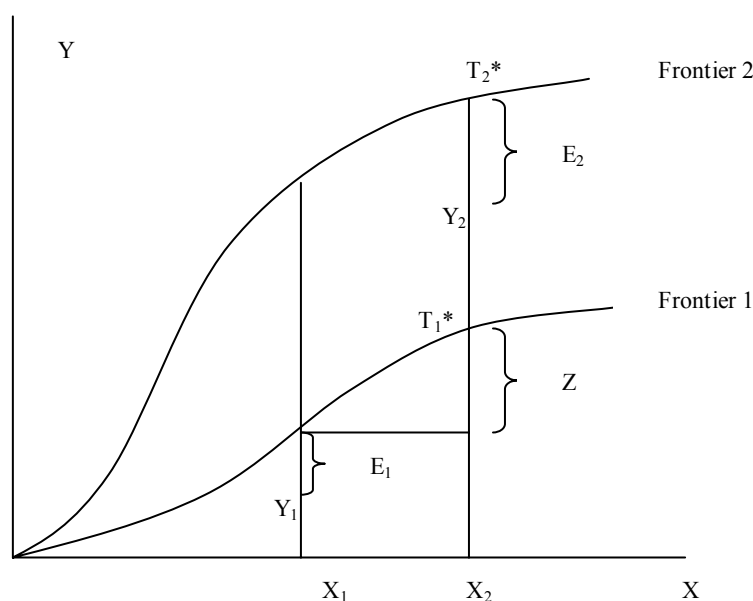


图 2-1 投入增加、技术进步和技术效率提高对产出增长的影响

在生产完全有效的假设下，生产在生产边界（最优产出边界）上进行，如图 2-1，在时间 T_1 期和 T_2 期生产者分别面对生产前沿函数Frontier1 和Frontier2。在要素投入 X_2 的情况下， T_1 期的最大可能产出是 T_1^* 、 T_2 期的最大可能产出是 T_2^* 。然而由于技术应用并没有达到完全有效的状态，生产点落在生产边界之内，相应的 T_1 期的实际产出是 Y_1 、 T_2 期的实际产出是 Y_2 。在图形上，技术进步可以表示为 $T_2^* - T_1^*$ 。 T_1 期的效率损失是 E_1 而 T_2 期的效率损失为 E_2 ，所以技术效率的增加为 $E_1 - E_2$ 。要素投入的贡献是 Z 。此时生产的增长由三部分因素构成，即：投入的增加、技术进步和技术效率提高。

$$Y_2 - Y_1 = Z + (T_2^* - T_1^*) + (E_1 - E_2) \quad (2.1)$$

$(E_1 - E_2)$ 为技术效率提高带来的增长， $(T_2^* - T_1^*)$ 为技术进步带来的增长， Z 是投入的增加带来的增长。

2.1.2 农业技术进步的含义

朱希刚对农业技术进步进行了解释：农业技术在实现一定目标方面所取得的进化变革，所谓一定目标是指人们对技术应用所期望达到的目的及其实现程度（朱希刚，1994）。具体来讲，目标可以是提高农副产品产量、改善农产品质量、减轻劳动强度、节约物化投入及改善生态环境等。如果通过对原有农业技术（或技术体系）的改造和革新，研究、开发出新的农业技术（或技术体系）代替旧技术（或技术体系），使其结果更接近于目标，这就是技术进步，即所谓的“广义的技术进步”。这个定义在1997年被我国农业部采纳（见《我国农业科技进步贡献率测算方法》，1997），这里“广义的技术进步”实际上包括了狭义“技术进步”（生产函数的移动）和“技术效率的提高”，也就是广泛使用的概念“全要素生产率”。尽管这个定义比较宽泛，但由于能解释农业生产的实际，本文接受这个观点。

2.1.3 技术进步测度方法的演变

定量测度技术进步的方法很多，如指标体系法、生产函数法等。但运用数学模型、生产函数定量测算技术进步综合了经济发展理论、生产理论、数学方法，是对技术进步研究的较深层次，本文仅对测度模型的发展做简要回顾。

2.1.3.1 早期的尝试

1928年，道格拉斯（P.H. Douglas）和柯布（C.W. Cobb）合作，提出了著名的柯布——道格拉斯生产函数模型（Cobb-Douglas Function），首次将经济数学与模型方法引入生产分析，为这一领域的发展奠定了基础（Cobb、Douglas，1928）。但是，柯布——道格拉斯生产函数仅能描述在某一恒定的技术水平下投入量与产出量之间的关系，因而就使它在分析技术进步的作用方面显得无能为力。

1942年荷兰人丁伯根（J.Tinbergen）把时间趋势并列于资本与劳动投入，表示“效率”的水平。

$$Y = A_t * k^{\alpha} * l^{\beta} \quad (2.2)$$

这样第一次提出了总要素生产率（即广义的技术进步），使得技术进步的测算成为可能（Tinbergen，1942）。

2.1.3.2 Solow 的增长速度方程

1957年，美国经济学家索洛（R.M. Solow）把道格拉斯和丁伯根的贡献集中在他的论文中，发现了计算科技进步贡献率的“剩余法”，首次定量分离出了技术进步在经济增长中的作用（Solow，1957）。索洛将技术进步纳入生产函数中，把资本增长和劳动增长的贡献剥离以后，剩余部分归结为广义的技术进步，从而定量分离出了技术进步在经济增长中的作用，这就是“索洛余值”（也叫总要素生产率 TFP，Total Factors Productivity）。实际计算是采用“增长速度方程”，这是通过把索洛改进的生产函数对时间 t 求导得到的。索洛假设技术进步是 Hicks 中性的，从而

采用如下形式的生产函数：

$$Y = A(t)f(K, L) \quad (2.3)$$

其中：Y 为产出，K 为资本投入，L 为劳动投入，A 为 t 时期的技术水平。

(2.3) 式对时间 t 求导，并在两端同除以 Y，得到：

$$y = \delta + \alpha * k + \beta * l \quad (2.4)$$

其中：y 为产出年均增长速度，k 和 l 分别为资本和劳动的年均增长速度， δ 为年均技术进步速度， α 和 β 分别是资本和劳动的生产弹性。进一步可求出技术进步和资本、劳动投入对产出增长的贡献率 E_A 、 E_K 和 E_L 。

$$E_A = \frac{\delta}{y}, \quad E_K = \frac{\alpha * k}{y}, \quad E_L = \frac{\beta * l}{y} \quad (2.5)$$

2.1.3.3 对 Solow 方法的修正及平均生产函数模型

Solow 生产函数法（余值法）测算技术进步需要满足许多的假设，包括规模报酬不变，中性技术进步，生产完全有效率等，这些假设在现实中是很难完全成立。因此之后很有许多经济学家对 Solow 的原始模型进行修正和改进。应用灵活（flexible）的函数形式如 Translog（超越对数）或是 VRS（可变规模报酬）生产函数，能够取消 Solow 的关于规模报酬不变、中性技术进步等假设。丹尼森（E.F.Denison）发展了索洛模型，把索洛余值进一步分解，提出了经济增长的因素分析法（Denison, 1974）。在同一时期，哈佛大学的乔根森（D.W.Jorgenson）等应用超越对数生产函数模型，把要素投入的增长分解为数量增长和质量增长，对全要素增长率进行度量（Jorgenson, 1967; 1978）。

在测度农业生产技术进步时，由于 Cobb-Douglas（C-D）函数的良好性质，Solow 方法中的生产函数一般设置为：

$$Y = A_0 e^{\delta \cdot t} \prod_{i=1}^n X_i^{\alpha_i} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2.6)$$

(2.6) 式中， X_i 代表农业生产的各种投入，考虑到规模的因素， $\sum_{i=1}^n \alpha_i$ 不局限为 1。

后来，在实际应用中很多学者把 C-D 函数扩展为：

$$Y = A_0 e^{\delta \cdot t} \prod_{j=1}^m e^{\lambda_j T_j} \prod_{i=1}^n X_i^{\alpha_i} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m) \quad (2.7)$$

(2.7) 式中， T_j 代表其他一些放入模型的变量，如：制度、天气状况等。由于这里被解释变量代表平均产出量，为了和边界生产函数区分，把这样的函数称作平均生产函数（Fan Shengen, 1991），估计出参数 δ 为年均技术进步速度。

2.1.3.4 边界生产函数方法

技术进步可以假设为应用技术最佳的生产单位采用新技术的结果，而技术效率则是其他生产单位向应用技术最佳的生产单位的产出接近过程，批评者认为传统测算技术进步的方法无法对技术进步和技术效率的变化加以区分，生产完全有效率的假设是不现实的。而对这个假设条件的放松是利用边界生产函数解决的。边界生产函数（Frontier Production Function）是综合分析产出增长、技术进步和技术效率有效的计量经济方法，其意义主要是对平均生产函数的一种修正（李子奈，1992）。边界生产函数的移动就是技术进步。

估计参数型边界生产函数有确定性和随机性两种方法。1968 年 Aigner 等人提出了用规划的方法估计确定性边界生产函数（Frontier Production Function）（Aigner、Chu，1968）。这种方法主要是首先建立一个确定性生产函数（一般为 C-D 型生产函数），然后利用线性规划方法使观察值与估计值之间的绝对偏差为最小，这样可求得边界生产函数中的参数值。

$$Y^f = f(x; a) \quad (2.8)$$

$$Y = Y^f e^u = f(x; a) e^u \quad (2.9)$$

在式（2.9）中， Y^f 为边界产出， Y 为实际产出， $u \leq 0$ ， $\exp(u)$ 代表生产的非效率性。

确定性边界生产函数影响被解释变量只有一个误差项，要求所有样本点落在前沿面上或前沿面以下，对观测值非常敏感。为改善模型缺陷，Aigner, Lovell, Schmidt 以及 Meeusen, Van den Broeck 在 1977 年分别独立提出随机边界生产函数模型，该模型被大量的用于增长分析，对于不同部门（或地区）在一定时间内的面板数据（Panel Data），随机模型具有显著的优势。一方面能够分析出不同部门或地区之间的效率差异，另一方面又能够对技术进步、技术效率及要素投入在产出中的影响进行定量分析。

$$Y^f = f(x; a) e^v \quad (2.10)$$

$$Y = Y^f e^u = f(x; a) e^v e^u \quad (2.11)$$

式（2.11）中，随机性边界生产函数又添加了一个随机扰动项 v ， v 是对称性质的扰动项，服从正态分布 $N(0, \sigma^2)$ ； $u \leq 0$ ， u 满足单侧分布，反映生产单位的无效率程度（郑玉歆等，1995）。

2.1.3.5 DEA（Data Envelopment Analysis，数据包络分析）方法

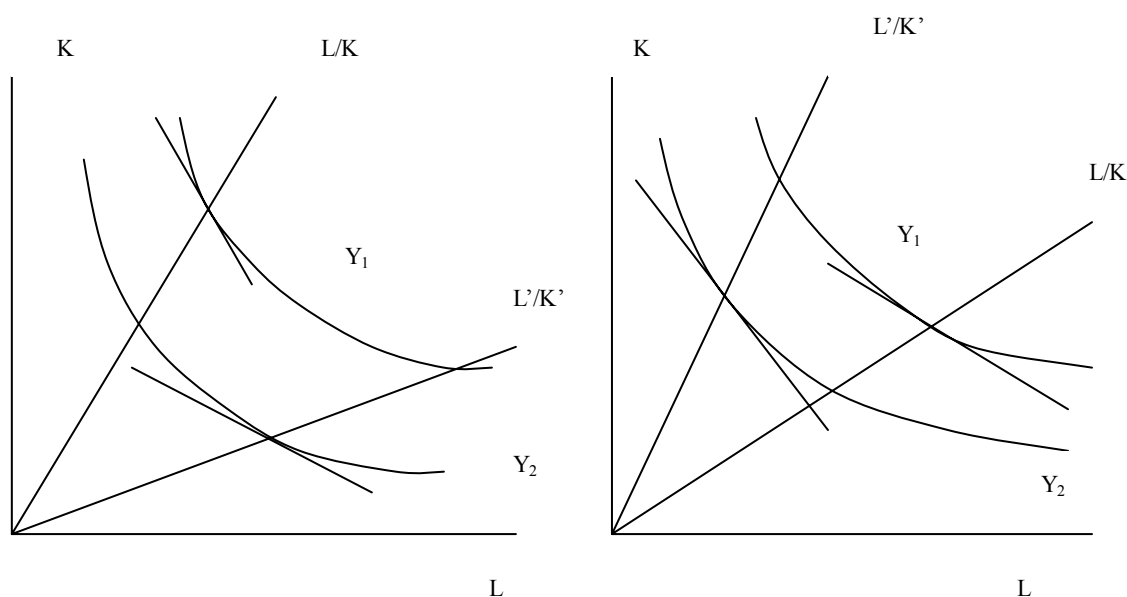
DEA最早是A.Charnes和W.W.Cooper等人于1978年提出的以相对效率概念为基础而发展起来的一种非参数型的估计方法，其基本思路是根据每一时期观察的样本点，用分段的超平面或曲面进行包络，得到每一时期的生产前沿，而不同时期的生产前沿的移动就代表了技术进步（Charnes、Cooper、Rhodes，1978）。各国学者对此进行了深入研究，主要模型有 C^2R 模型、 C^2GS^2 模型、 C^2W 模型、 C^2WH 模型、 C^2WY 模型，通过解线性规划得到（姜秀山，2000）。

2.2 农业技术进步的发展模式

2.2.1 技术进步的类型

技术进步按照Hicks的分类可分为中性技术进步和偏向技术进步(Hicks, 1932)。中性技术进步(Neutral Technological Change)的特点是技术进步造成等产量曲线内移而不改变要素使用比例。表现为同比例增加了两种生产要素的边际产品, $MP_L^T/MP_K^T = MP_L^0/MP_K^0$ 。所以技术进步前后要素使用K/L的比例不变。

偏向技术进步(Bias Technological Change)指技术进步后某种生产要素的生产效率提高, 进而影响两种生产要素的投入比例。偏向技术进步又分两种。一种是节约资本型技术进步(Capital-Technological Change), $MP_L^T/MP_K^T > MP_L^0/MP_K^0$, 技术进步使得 MP_L 增加更多, 这时多投入劳动以替代资本是合算的。另一种是节约劳动型技术进步(Labour-Technological Change), $MP_L^T/MP_K^T < MP_L^0/MP_K^0$, 技术进步使得 MP_K 增加比 MP_L 增加要大, 这是多投入资本以替代劳动是合算的。(见图 2-2) 技术进步前后要素投入比率由 L/K 变动到 L'/K' 。



(a) 节约资本型技术进步

(b) 节约劳动型技术进步

图 2-2 偏向技术进步的两种类型

2.2.2 农业技术类型的划分

Hayami 和 Ruttan 把以提高单位面积产量或收入为主的技术称作生物化学（BC）型技术；而把以机械对劳动投入的替代、减少劳动投入为主的技术称作机械（M）型技术。显然，生物化学型技术由于以提高单位耕地面积上的产量或收入为特征，故也可将其称作土地节约型技术；而机械替代劳动投入、减少劳动投入以提高劳动生产率为主的机械型技术则称为劳动节约型技术（Hayami and Ruttan, 1971; 1985）。

生物化学（BC）型技术是指通过生物学的方法来增加农产品产量的技术。这种技术发展的特点是土地节约型，即通过改进动植物生产与生活方式，调节其生物机能，增大自身对营养元素的吸收效率；保护动植物免受外来生物危害或提高其自身的抗病能力，以提高其单位耕地或者投入物的生产效率。机械（M）型技术进步是指通过机械的使用，以替代动植物生产中的劳动投入或者减轻劳动强度的技术。机械型技术是以节约劳动或者减轻劳动投入的强度为特征的。

机械型技术与生物化学型技术的区别在于：生物化学型技术的采用均会提高动植物的生产水平；而机械技术的采用则不一定与动植物产量的提高相联系。机械型技术的采用虽然可以在一定程度上改善动植物的生产条件（如灌溉机械、耕作机械等），但其对耕地资源潜力的有效利用还必须依靠生物化学型的技术进步。

2.2.3 诱导性农业技术进步理论

诱导性技术进步模式的概念最早是由 Hicks 提出来的（Hicks, 1932）。其理论发展分为两支，一是 Hayami-Ruttan 理论为代表的，强调要素的相对稀缺性引致技术的发展；二是 Schmookler—Griliches 理论，强调市场需求的引致。

早期的多数发展经济学家象征性地把技术进步过程当作经济发展过程的外因。事实上，技术发展过程是对资源条件 and 经济环境的动态反应，技术的变革是受经济力量诱导的，不同的资源禀赋状况会诱导产生不同的技术。Hayami 和 Ruttan 把这种适应于各个地区不同的要素相对稀缺程度技术进步称为“诱导性技术进步（Induced technical change）”。投入要素价格的变化诱导了技术进步方向的变化（Hicks, 1932; Hayami and Ruttan, 1971; 1985）。市场诱导技术发展理论则强调市场的作用，市场需求的变化是技术进步的重要决定因素（Griliches, 1957; Schmookler, 1966）。

2.2.3.1 要素诱导技术进步理论

自从 Hicks 于 1932 年发表《工资理论》以来，经过 Ahmad（1966）、Hayami 和 Ruttan（1970）、Binswanger（1974）等人的发展，要素诱导技术进步理论解释农业技术发展尤为成功。

在以高密度人口、土地供给缺乏弹性为特点的经济中，技术可以向生物与化学方向发展，利用化肥、农药、良种等现代投入品提高单位耕地面积上的作物产量，从而减少土地供给缺乏弹性对农业生产的约束作用。同样，在以劳动力相对稀缺为特点的经济中，可以通过机械设备的发展提高人均耕地的使用面积，使单位劳动力产出的农产品产量（劳动生产率）不断提高，进而减少供给缺乏弹性的劳动力资源对农业生产形成的约束。在竞争条件下要素的相对价格反映了其相对稀缺程度。新技术（如新品种或耕作方法）虽然自身无法替代土地或劳动，但它可以起到催化剂

的作用，促进较低廉的要素替代相对稀缺的价格较昂贵的要素，从而节省成本增加收入。

Hicks 对技术进步类型的经典界定十分重要，相对稀缺的要素往往形成生产乃至整个经济发展的瓶颈，有着相对更高的边际产出，因此对该要素的节约会带来更多的利润和收入。据各国的农业发展资料表明：各个国家的技术进步方向往往随资源条件不同而显现出节约某种要素的偏性发展趋势（Wade, 1973）。Hayami 和 Ruttan 在 1971 年和 1985 年的《Agricultural Development: An International Perspective》中完整的阐述了这个理论，并进行了实证检验。

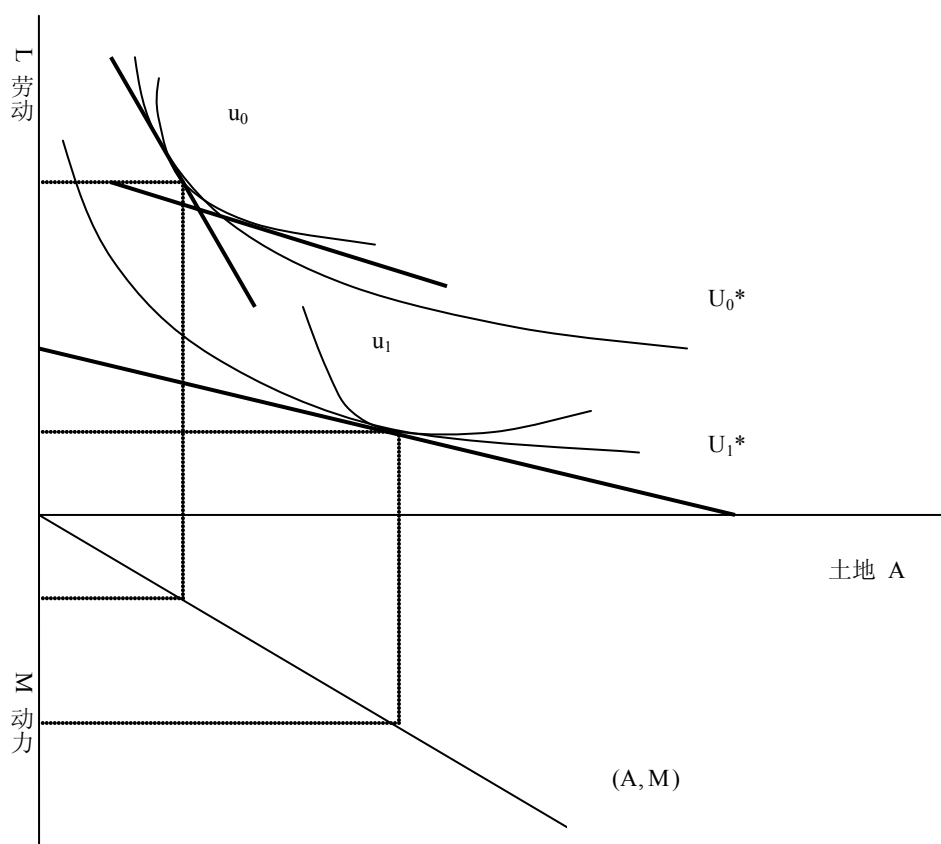


图 2-3 诱导性机械技术进步过程

图 2-3 描述了诱导性机械型技术进步的过程： U_0^* 代表零期的土地—劳动的等产量曲线，是与代表不同类型机械技术的一系列缺乏弹性的等产量曲线 u_0 的包络线。同样， U_1^* 代表第一期的土地—劳动的等产量曲线。土地和动力间是正相关的，存在着互补关系，可以用一条直线表示，

表示土地和动力的组合 (A, M)。动力与劳动有替代关系。假定从零期到第一期劳动更稀缺, 而工业发展使机械和动力价格便宜。价格之间的变化诱导新技术 (如联合收割机) 产生并应用, 技术进步使等产量曲线从 U_0^* 内移到 U_1^* , 相对零期投入了更少的劳动力和更多的机械动力而耕作了更多的土地。

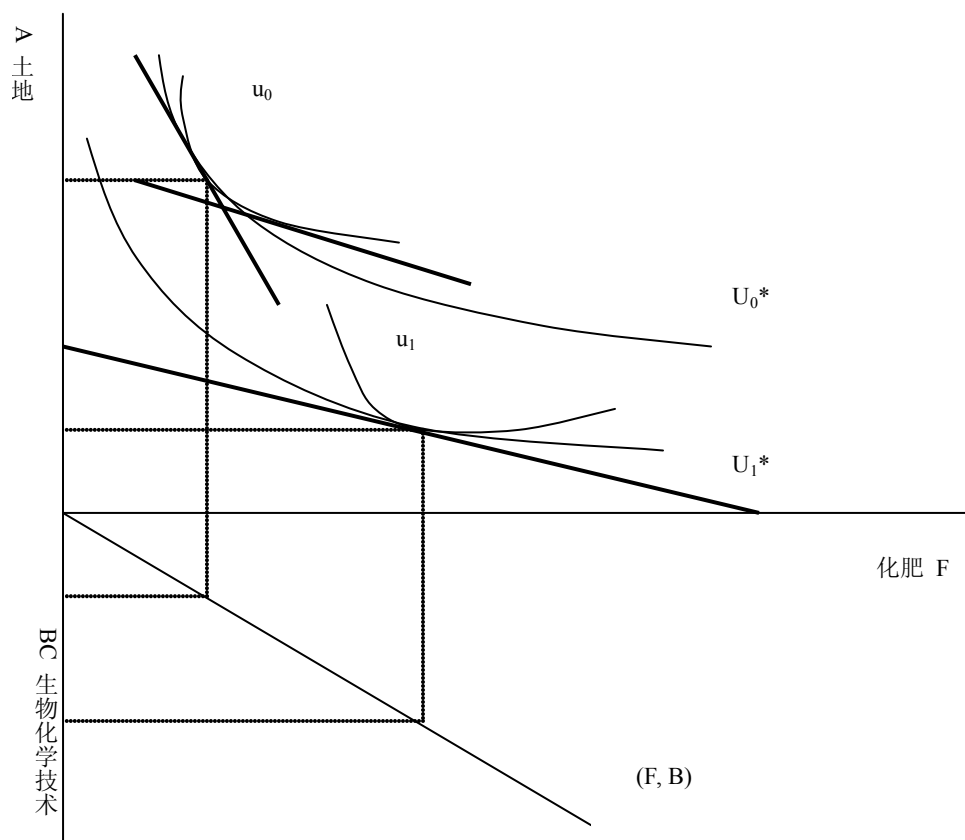


图 2-4 诱导性生物化学技术进步过程

图 2-4 描述了诱导性生物化学型技术进步的过程: U_0^* 代表零期的土地—化肥的等产量曲线, 是与代表不同类型生物化学技术的一系列缺乏弹性的等产量曲线 u_0 的包络线。同样, U_1^* 代表第一期的土地—化肥的等产量曲线。化肥和生物化学技术间是正相关的, 存在着互补关系, 可以用一条直线表示, 表示化肥和生物化学技术的组合 (F, B) 。土地与生物化学技术有替代关系。假定从零期到第一期土地更稀缺, 价格之间的变化诱导对化肥反应更敏感的新技术产生并应用, 技

术进步使等产量曲线从 U_0^* 内移到 U_1^* ，相对零期投入了更少的土地、更多的化肥。生物技术的进步使化肥和生物技术之间的组合替代了土地。

2.2.3.2 市场需求引致技术进步理论

诱导技术进步理论的另一重要分支是以强调市场需求为特征的 Griliches-Schmookler 理论，其核心内容是：市场需求决定了资源的有效配置，而技术的发展是为了解决经济问题或者把握经济机会。

Schmookler (1966) 在《Invention and Economic Growth》一书中提出了市场需求诱导技术进步理论，他认为长期经济增长取决于技术知识的积累。他通过对工业领域进行了深入的实证研究后得出结论：重要的科学发现和发明并不是技术发明的主要激励，而降低成本和市场需求却成为技术发明的关键。技术发明是一项经济活动，追求预期收益，而预期收益则取决于该项产品的预期销售额，即决定于该项产品的市场需求。Griliches (1957) 则是在杂交玉米的推广过程中发现研究成果的地区分布和新品种的推广率受到经济利益的支配。二者的研究领域虽然有所差别，却提示了共同的经济规律：技术发展过程以追求收益为目的，它必然要得到市场的认可后才能实现本身的价值，市场需求将诱导技术的发展方向（胡瑞法、黄季焜，2001）。

第三章 我国小麦生产的变动趋势与特征

3.1 小麦的地位、在我国的起源及分布

3.1.1 小麦在粮食中的地位

小麦是世界性的重要粮食作物。全世界约有 35%~40%的人口以小麦作为主要粮食。小麦也是一种适应性广，生育期间自然灾害相对较少，产量比较稳定，并且可以充分利用冬、春季节增加复种，充分利用土地的作物；同时，小麦籽粒含有较多的蛋白质，易加工，耐储藏，不仅是世界多数国家各种主食和副食的加工原料，而且也是各国主要的贮备和贸易粮种。

小麦适应性广，生育期间自然灾害相对较少，产量比较稳定，因而广泛分布于世界各地。从高纬度的北极圈附近到赤道，从盆地到高原，均有小麦栽培。但因其喜冷凉和湿润气候，主要分布在北纬 67°（挪威和芬兰）和南纬 45°（阿根廷）之间，尤以北半球的欧亚大陆和北美洲最多，种植面积约占世界小麦总面积的 90%，年降水量小于 230 毫米的地区和过于湿润的赤道附近较少栽培。在世界小麦栽培总面积中，春麦和冬麦的比例约为 1：3，春小麦主要集中在俄罗斯、美国、加拿大等国家，约占春麦总面积的 90%（金善宝，1996）。

表 3-1 2001 年世界小麦播种面积、总产量、平均单产 15 强国家

序号	播种面积排序		总产量排序		平均单产排序	
	国别	播种面积 (千公顷)	国别	总产量 (千吨)	国别	平均单产 (吨/公顷)
	世界总计	212196.30	世界总计	575842.40	世界总计	2.710
1	印度	24963.00	中国	94181.10	荷兰	7.974
2	中国	24399.00	印度	68458.00	德国	7.893
3	俄罗斯	20920.00	美国	53276.10	丹麦	7.031
4	美国	19689.40	俄罗斯	46871.00	英国	6.957
5	澳大利亚	11000.00	法国	32065.00	法国	6.646
6	加拿大	10971.40	德国	22888.60	埃及	6.357
7	巴基斯坦	8125.00	乌克兰	21333.00	新西兰	6.302
8	阿根廷	7000.00	加拿大	20695.30	瑞典	5.948
9	乌克兰	6880.00	澳大利亚	20000.00	挪威	4.720
10	法国	4825.00	巴基斯坦	18954.50	墨西哥	4.549
11	德国	2900.00	阿根廷	18000.00	匈牙利	4.298
12	波兰	2627.00	英国	11570.00	中国	3.860
13	罗马尼亚	2500.00	波兰	9393.00	日本	3.684
14	意大利	2269.60	罗马尼亚	7000.00	波兰	3.576
15	巴西	1702.30	意大利	6350.00	南斯拉夫	3.417

2001 年我国小麦播种面积占世界小麦播种总面积的 11.5%，总产占世界小麦总产的 16.4%，平均单产比世界平均多 42.4%。尽管播种面积不是世界第一位，但总产居世界第一位。

小麦在我国粮食构成中也占有重要地位。小麦是我国最重要的商品粮食和贮藏品种。据官方统计资料，2002 年中国小麦种植面积为 23908.4 千公顷，每公顷平均单产 3776 千克，总产 90290 千吨，约占全国粮食作物播种面积的 23%，占全国粮食总产量的 19.8%，是仅次于水稻和玉米的第三位重要粮食作物。最近几年的种植业结构调整中粮食作物面积在全国农作物播种面积中的比例不断下降，小麦播种面积在粮食作物中下降最多，2002 年玉米播种面积超过小麦成为第二位的粮食作物。

3.1.2 小麦在我国的起源与分布

中国种植小麦历史悠久。1955 年在安徽省亳县钓鱼台发掘的新石器时代遗址中发现有炭化小麦种子，证明小麦栽培在中国至少有着四五千年的历史。根据殷墟出土的甲骨文——武丁卜辞的“告麦”记载，说明在公元前 1238—前 1180 年在河南省北部一带小麦已是主要栽培作物；《诗经》是中国西周初年到春秋时期的著作，其中多处有提及小麦的诗句，说明公元前 6 世纪或以前在黄河中下游各地都已有了小麦栽培；根据史书记载，长江以南地区约在公元 1 世纪、西南部地区约在公元 9 世纪都已种植小麦；到了明代《天工开物》（1637 年）记载，当时小麦已遍及全国，在粮食生产上占有重要地位（金善宝，1996）。

中国小麦分布十分广泛。北从寒冷地带的黑龙江省漠河地区，南至进入亚热带的广东省，西至天山脚下，东至沿海各省及台湾省，都种植有小麦。就其垂直分布来看，从低于海平面 154m 的新疆吐鲁番盆地，高到海拔 4040m 的西藏江孜地区，也都正常生长着小麦。可以说小麦是中国分布范围最广的一种作物。

中国幅员辽阔，大部分地区位于北纬 20°~50° 之间的中纬度地带，既能种植冬小麦，又能种植春小麦。由于各地自然条件悬殊，小麦的播种期和成熟期相差很大。就播种期来说，东北、内蒙古和西北的大部分严寒地带，秋播小麦不能安全越冬，只能种春小麦，一般多在三、四月份播种；北方麦区的秋播小麦，一般在 9 月中、下旬以至 10 月上、中旬播种，播种期早、晚幅度较窄；南方麦区晚秋至初冬播种小麦，从 10 月到 12 月都可以播种，播种期早、晚幅度较宽。再从收获期来看，南方麦区的海南和广东、云南等省南部的一些地方，小麦最早成熟，1 月底到 2 月初就有收割的，随之由南向北陆续收获到 5 月下旬和 6 月上旬；北方麦区的秋播小麦，一般从 5 月下旬开始至 7 月初进行收获；春小麦则多在七八月间收获；青藏高原等高寒地带秋播小麦，从种到收要有近一年的时间。因此，就全国范围来说，在一年之中地里都有麦苗生长着，每个季节都可以有小麦播种和收获。这种情况，是其他作物所没有的。

中国主要种植冬（指秋播）小麦，常年种植面积占小麦总面积的 80% 以上，产量占小麦总产量的 85% 以上。大体上在长城以南，岷山、大雪山以东，以冬小麦为主；在长城以北，岷山、大雪山以西，则以春小麦为主。从统计资料来看，在全国 30 个省、自治区、直辖市（不包括台湾省）中，只种春小麦的有内蒙古、黑龙江、吉林、青海等 4 个省（自治区）；冬、春小麦都种的有宁夏、辽宁（以春小麦为主）、陕西、山西、河北、北京、天津（以冬小麦为主）、新疆、甘肃、

西藏（冬、春小麦相近）等 10 个省、自治区、直辖市；其余省、自治区、直辖市均只种冬小麦。

中国小麦分布虽广，但主产区比较集中，其中河南、山东、河北、安徽和江苏五省合计产量占到全国总产的 70% 左右。

表 3-2 2002 年我国小麦播种面积、总产量、平均单产前 15 位的省（市、自治区）

序号	播种面积排序			总产量排序			平均单产排序	
	省份	播种面积 (千公顷)	占全国 比例	省份	总产量 (万吨)	占全国 比例	省份	每公顷产量 (千克)
	全国总计	23908.4		全国总计	9029		全国总计	3776
1	河南	4855.7	20.31%	河南	2248.4	24.90%	西藏	6205
2	山东	3397.5	14.21%	山东	1547.1	17.13%	北京	5127
3	河北	2449.6	10.25%	河北	1099.5	12.18%	新疆	5105
4	安徽	2056.9	8.60%	安徽	683.7	7.57%	河南	4630
5	江苏	1715.9	7.18%	江苏	644.5	7.14%	天津	4599
6	四川	1456.9	6.09%	四川	459.1	5.08%	山东	4554
7	陕西	1356.7	5.67%	陕西	405.3	4.49%	河北	4488
8	甘肃	1080	4.52%	新疆	382.7	4.24%	江苏	3756
9	山西	798.1	3.34%	甘肃	312.1	3.46%	吉林	3435
10	新疆	749.7	3.14%	山西	243.2	2.69%	黑龙江	3428
11	湖北	700.1	2.93%	湖北	151.2	1.67%	安徽	3324
12	云南	604.2	2.53%	云南	134.1	1.49%	上海	3312
13	贵州	498.4	2.08%	内蒙古	121.5	1.35%	青海	3172
14	内蒙古	464.6	1.94%	宁夏	96.1	1.06%	四川	3151
15	重庆	388.2	1.62%	重庆	93.2	1.03%	山西	3047

3.2 小麦的分类与品种品质特性

3.2.1 小麦的分类

我国有冬、春麦两大生态型。为适应购销、调拨、储存、加工和进出口的需要，一般将商品小麦按粒质、皮色、冬春性等进行市场分类。如美国的普通小麦分为 5 类：①硬（质）红（色）春（性）；②硬红冬；③软红冬；④白麦；⑤混合麦。硬粒小麦分为两类：①硬粒；②红硬粒。类下又分成 5 等。

GB1351-1999 将商品小麦分为 10 大类：①白（色）硬（质）冬（小麦），②白硬春，③白软冬，④白软春，⑤红硬冬，⑥红硬春，⑦红软冬，⑧红软春，⑨混合小麦，⑩其他类型。种皮为白色或黄白色的麦粒达 90% 及以上者为白色；种皮为深红色或红褐色的麦粒达 90% 及以上者为红色；红、白色互混者为混麦。胚乳结构紧密，呈透明状的称之为角质，角质占籽粒横断面 1/2 以上称之为角质粒；胚乳结构疏松呈白色不透明石膏状为粉质，粉质占籽粒横截面 1/2 以上者称为粉质粒。角质率达 70% 及以上者为硬质小麦；粉质率达 70% 及以上者为软质小麦。各类小

麦再分别按容重、不完善粒、杂质、水分、色泽、气味等分为 5 个等级。

一般硬麦皮色较深，胚乳与皮层容易分离，出粉率高，蛋白质含量较高，多在 12.5% 以上，面筋、面团抗拉力大，弹性较好，适宜烤面包；软麦则相反，蛋白质含量多在 11% 以下，适宜制作饼干和糕点。硬粒小麦胚乳极硬，蛋白质含量一般高于普通小麦，面团坚实有劲，适宜制做通心面类制品。制粉工业发达的国家一般喜欢红麦，因其面包烘烤品质好。白麦有高出粉率，加工时可使较多的麸皮磨入面粉而不严重影响色泽。但白麦品种成熟时遇雨容易穗发芽，导致面粉 α -淀粉酶活性剧增，严重影响品质。春麦一般皮层较厚，颜色深，多为褐色，硬质麦多，面筋含量高，筋力好，但出粉率较低，粉色稍差（赵广才，2003）。

3.2.2 小麦的品种品质特性

小麦品种是从遗传方面表达的不同性状来区分的。小麦品质是由多因素构成的综合概念，包含许多性状和指标。一般包括籽粒外观品质、营养品质、加工品质和食用品质等几方面。

小麦籽粒品质是指其对某种特定最终用途的适合性，加工品质指其籽粒和面粉对制粉和制作不同食品的适合性，由于小麦籽粒需经过磨粉和食品制作两道工序后才为人们食用消费，故通常将小麦籽粒经过碾磨筛理而成为面粉的过程称为第一次加工，称为一次加工品质，即制粉品质；而由面粉制成不同食品的过程称为第二次加工，称为二次加工品质，即食品制作品质。

加工品质是一个相对的概念，常因小麦的类别不同而异。例如，硬麦主要据其对硬麦制粉和面包烘烤的适合性而定；软麦按其对软麦制粉和糕点制作的适合性而定。适合于此种制品的小麦对另一种制品可能就不适合，所以衡量加工品质的标准主要取决于最终利用目的，否则，谈论品质就无所适从（赵广才，2003）。

小麦籽粒营养品质主要指蛋白质含量及其氨基酸组成的平衡程度。由于小麦是人们的主要营养来源之一，其营养价值的稍微提高即具有重要意义。在几种粮食作物中小麦比较富含蛋白质，但其氨基酸组成不平衡。

小麦品质的优劣决定于自身的遗传基础及其所处的生长环境，还有加工工艺水平。当然，消费者利用目的是重要的评价标准。故提高品质的主要途径应是专用加工品种的选育及品质的遗传改良，品种合理种植区划的制订，栽培技术和产后加工技术的改进等。总的来看，小麦是质量相对均一的粮食产品，质量的差异体现在加工目的与品种特性是否统一，泛泛的提及所谓“优质小麦”实际上是和“专门目的加工用小麦”概念混淆了。

3.3 我国小麦生产的发展变化

3.3.1 产量、面积的变动分析

农业部 1987 年开始实施的“丰收计划”，对小麦产量的提高发挥了明显的作用。政府加大对农业投入，实施科技兴农的政策，收到较好的效果。由于政府对粮食问题的重视，实行粮食省长责任制，确保小麦播种面积稳定增长。同时，大力推广先进技术，使小麦单产从 1990 年的 3194.4 千克/公顷达到 1997 年的 4101.8 千克/公顷，提高的幅度很大；1997 年中国小麦播种面积和总产

量达到顶峰。

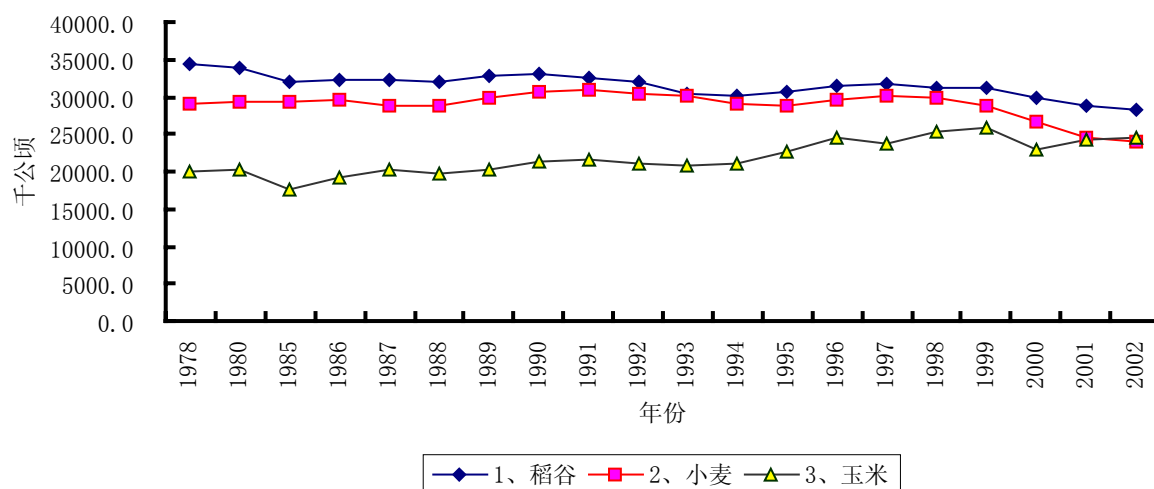


图 3-1 1978—2002 年我国三大粮食作物播种面积变化状况

从图 3-1 可看出，在三大粮食作物中，水稻播种面积最大；小麦在 2001 年前一直占第二位，1997 年后小麦播种面积下降幅度很大；由于养殖业的快速发展对饲料的需求旺盛，玉米播种面积上升势头不减，2002 年玉米播种面积首次超过小麦。

1998 年至今小麦生产进入品质结构调整的阶段。1998 年中国遭遇了特大洪涝灾害，小麦总产量回落到 10973 万吨，数量上出现了小麦供大于求的现象，特别是黑龙江的春小麦因为品质不合市场需求大量积压，而专用强筋小麦则供不应求，主要依靠进口小麦。新一轮的农业战略性结构调整开始后，南方小麦和东北春小麦退出保护价，适当压缩了北方春小麦和南方冬小麦的播种面积，大力推广加工品质优良的新品种，提高市场需要的强筋小麦的收购价格，所以 1998 年起，我国小麦播种面积和总产持续缩减。

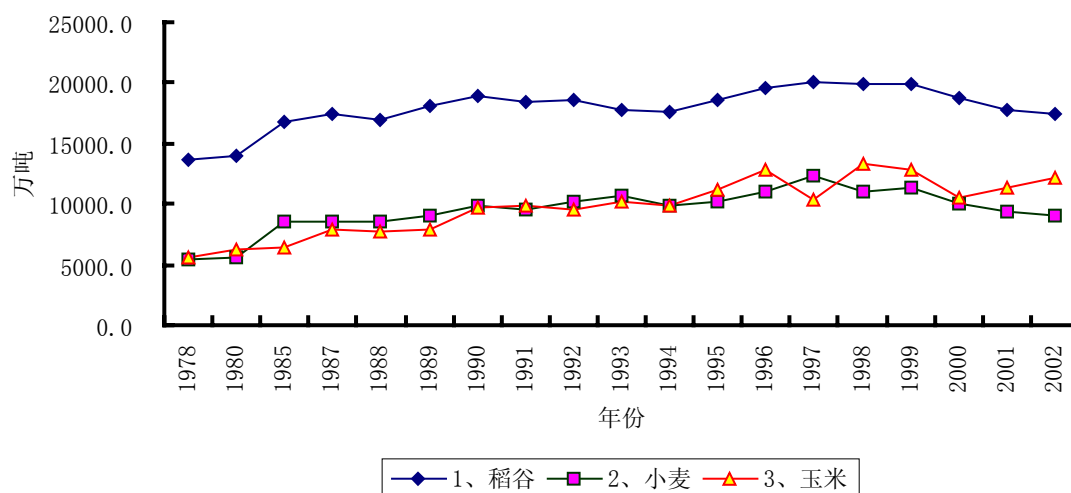


图 3-2 1978—2002 年我国三大粮食作物总产量变化状况

由图 3-2 知, 1997 年小麦产量达到顶峰, 达到 12328.7 万吨, 此后播种面积减少。2000 年产量又回落到 1 亿吨以下。我国小麦产量除了 20 世纪 50 年代靠扩大面积增加外, 主要依靠科技进步提高单产使总产量增加。科研人员选育了许多抗逆性强的高产品种。通过“六五”计划、“七五”计划和“八五”计划的育种攻关, 每五年都为各主产麦区提供一批接班新品种, 这些新良种一般比当时的推广种增产 8%~10%。在栽培技术上推广小麦种子包衣和精量、半精量播种技术, 北方山区推广地膜覆盖栽培技术, 新品种和新技术的推广提高了小麦单产。特别是在“九五”期间, 国家开展了“五大作物大面积高产综合技术研究开发与示范”攻关、国家农业综合开发项目、专项研究等, 取得了一大批科研成果, 如小麦“优控促稳超高产”栽培技术等。1997 年全国小麦单产达到 4101.8 千克/公顷, 创历史最高平均单产, 以后又有所回落, 但仍然维持较高单产水平 (见图 3-3)。

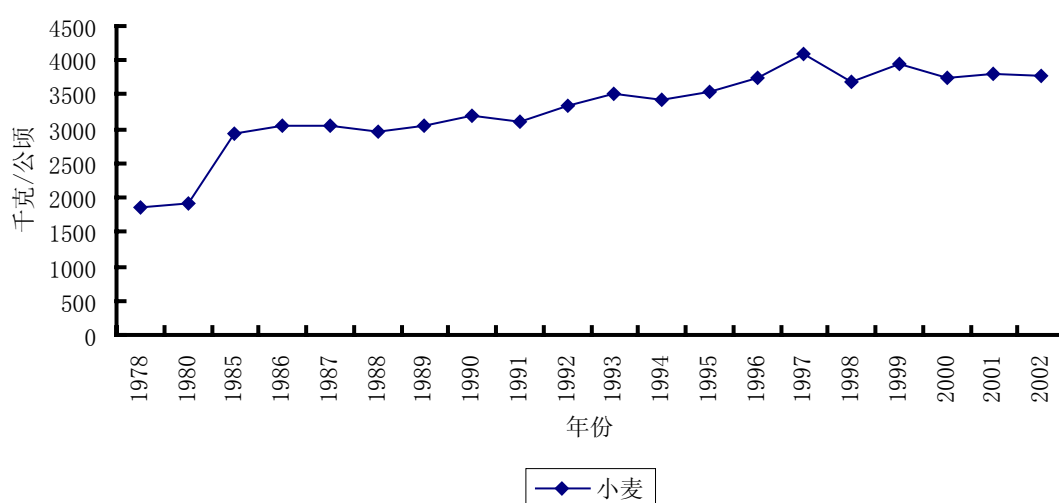


图 3-3 中国小麦历年平均单产变化 (1978—2002) 折线图

3.3.2 生产成本、收益的变动分析

我国小麦生产的收益变动较大 (见图 3-4)。纵观 1990 年—2001 年, 与其他竞争性作物相比较, 小麦的收益太低。1994 年—1997 年间小麦种植的平均减税纯收益在分析的 13 年间处于较高水平, 但与粳稻、玉米、棉花的全国平均减税纯收益相比仍显较低。1998 年后小麦种植减税纯收益每亩不到 50 元甚至为负值, 种植小麦缺乏经济动力, 这也可以解释 1998 年后小麦播种面积的持续减少。

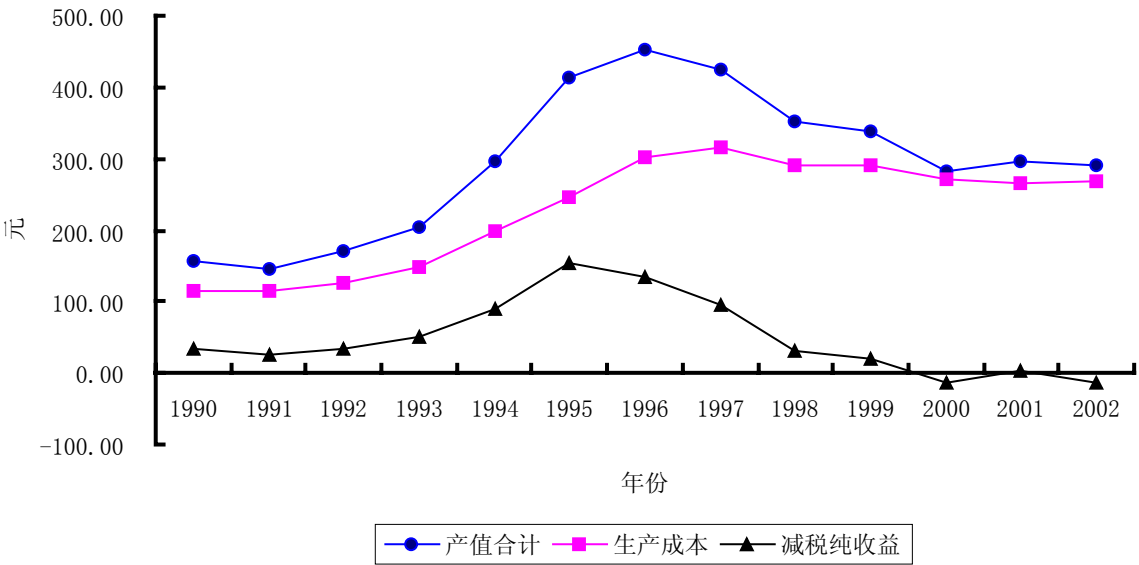


图 3-4 小麦生产全国平均每亩成本收益指标变动情况

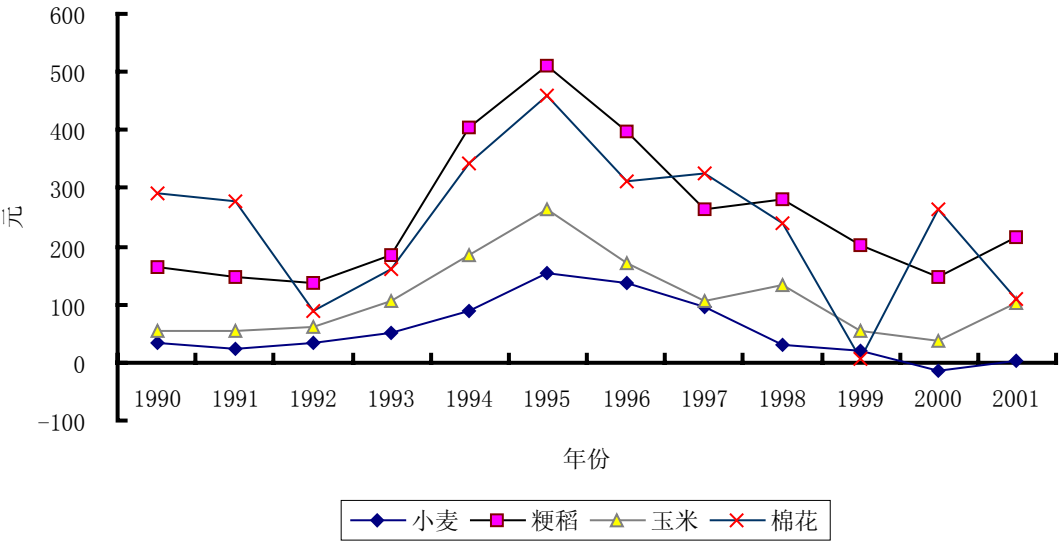


图 3-5 小麦、玉米、粳稻和棉花全国平均每亩减税纯收益变动

小麦的生产成本从 1990 年开始加速上升，到 1996 年达到顶峰。其中，物质费用和用工作价的变动趋势基本一致。小麦的生产成本近几年有所减少，但降幅不大。

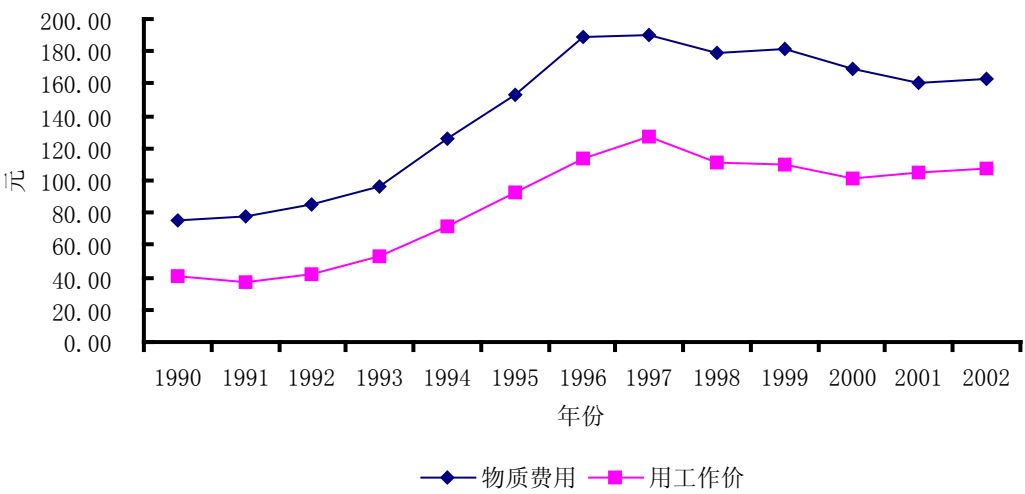


图 3-6 小麦生产全国平均每亩物质费用与用工作价变动情况

由表 3-3 看出：五个小麦主产大省的收益情况要好于全国平均水平。其中河南和河北的优势最为明显；山东、安徽、江苏次之。同时，五个主产省的单产水平也普遍高于全国。

表 3-3 五省小麦生产每亩成本、收益、产值比较

地区	全国平均		河北省		江苏省		安徽省		山东省		河南省	
年度	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002
主产品产量 (公斤)	257.27	261.90	375.47	343.20	280.80	307.60	253.77	273.30	369.79	314.30	289.99	294.20
产值合计 (元)	412.24	290.04	568.28	372.46	420.66	294.12	369.69	284.85	592.33	353.01	473.14	317.96
生产成本 (元)	246.16	269.62	248.57	295.43	247.87	241.29	216.12	217.05	262.38	318.37	222.62	232.53
减税纯收益 (元)	154.58	-14.88	315.37	46.66	162.47	20.27	143.66	33.03	322.66	-11.69	243.35	53.77

3.3.3 小麦生产的区域布局变化与质量的变迁

我国小麦区域划分的依据为三个方面，即地理地域（气候区域）、品种特性（冬春性、籽粒特性等）、栽培环境（平原、丘陵、雨养、灌溉条件等）。

1996 年在金善宝主编的《中国小麦学》中，李希达在前人研究的基础上，依据地理地域、品种特性（冬春性、籽粒特性等）和栽培环境（平原、丘陵、灌溉条件等）等因素对小麦生长发育的综合影响进行区划，将全国小麦种植区域划分为 3 个主区、10 个亚区和 29 个副区。

表 3-4 中国小麦种植区划

主区 (3)	亚区 (10)	副区 (29)		
春 (播) 麦区	1. 东北春 (播) 麦区	1. 北部高寒区	2. 东部湿润区	3. 西部干旱区
	2. 北部春 (播) 麦区	4. 北部干旱高原区	5. 南部丘陵平原半干旱区	
	3. 西北春 (播) 麦区	6. 银宁灌溉区	7. 陇西丘陵区	8. 河西走廊区
冬 (秋播) 麦区			9. 荒漠干旱区	
	1. 北部冬 (秋播) 麦区	1. 燕太山麓平原区	2. 晋冀盆地区	3. 黄土高原沟壑区
	2. 黄淮冬 (秋播) 麦区	4. 黄淮平原区	5. 汾渭谷地区	6. 胶东丘陵区
	3. 长江中下游 (秋播) 麦区	7. 江淮平原区	8. 沿江滨湖区	9. 浙皖南部山地区
	4. 西南冬 (秋播) 麦区	11. 云贵高原区	12. 四川盆地区	10. 湘赣丘陵区
冬、春兼播 麦区	5. 华南冬 (晚秋播) 麦区	14. 内陆山地丘陵区	15. 沿海平原区	13. 陕西鄂西山地区
	1. 新疆冬、春兼播麦区	1. 北疆区	2. 南疆区	
	2. 青藏春、冬兼播麦区	3. 环湖盆地区	4. 青南藏北区	5. 川藏高原区

长期以来,中国政府和农民生产小麦往往更多地关注高产、抗病性能,而对不同类型加工用途的专用小麦发展关注不够。随着人民生活水平的不断提高,人民的膳食结构也发生很大变化,面食的消费习惯也慢慢地有了变化。总的趋势是:为了适应现代社会的快节奏,城镇居民购买加工好的各种面制品的比重增加,相应消费主食面包的比重在上升,特别在青少年人群愿意购买西式面包糕点。传统的饼干类由于引进外资和外国工艺,消费量也呈现反弹现象。中国的小麦消费习惯、消费总量和消费结构正在发生着变化(孙振玉,2001)。

1999年11月国家质量技术监督局发布新的《小麦》、《优质小麦》质量国家标准,并于2000年4月1日正式实施。新的小麦标准是在统计中国商品小麦基本品质的基础上,征求农业部和粮食系统的意见修订的,并参照美国小麦分类的规定最终确定的。总的来看,新标准比原标准更严、更细,其中硬质率率的提高,使优质麦的质量指标更高,使得小麦整体定等水准上调了(孙振玉,2001)。新的小麦国家标准的实施对中国小麦生产产生重大而又深远的影响。

国家通过“九五”攻关,小麦品质的改良以优质种质资源为基础,加快优质专用小麦品种资源的征集、引进、筛选、分类、研究和利用。如河南省自20世纪90年代中期以来,相继培育出优质面包小麦“豫麦34”、“豫麦35”、“豫麦47”等几个新品种,又引进河北省的“高优503”新品种,培育出优质饼干小麦“丰优5号”等。1997年以后,全国在大力调减市场销路差、品质差的小麦品种种植面积的同时,扩种优质专用小麦品种,加强优质专用小麦的推广和收购工作。为了加快我国农业区域布局调整,建设优势农产品产业带,促进农产品竞争力增强、农业增效和农民增收,农业部于2003年初向全国下发了《优势农产品区域布局规划(2003—2007年)》提出重点建设黄淮海、长江下游和大兴安岭沿麓等3个专用小麦带,把我国小麦产区划分为3个不同类型专用品质的麦区。同时国家决定用三年时间通过农业综合开发在河北、山东、河南三省建设优质专用小麦生产基地6.667万公顷,由中央财政下拨专项资金、地方政府配套,增加对优质专用小麦生产的资金投入。

《优势农产品区域布局规划(2003—2007年)》的3个专用小麦带布局为:

黄淮海优质强筋小麦带主要布局在河北、山东、河南、陕西、山西、江苏、安徽等 7 个省的 39 个地市 82 个县市。

长江下游优质弱筋小麦带主要布局在江苏、安徽、河南、湖北等 4 个省的 10 个地市 20 个县市。

大兴安岭沿麓优质强筋小麦带主要布局在黑龙江、内蒙古等 2 个省区的 3 个地市 11 个县旗（农场）及黑龙江垦区 2 个管理局。

农业部计划到 2007 年，全国专用小麦面积占小麦总面积的比例达到 40% 左右，比 2001 年提高 20 个百分点左右；其中 3 个专用小麦带发展的优质强筋和弱筋小麦面积占全国专用小麦面积的比例达到 40% 以上，比 2001 年提高 5 个百分点以上。实现基本满足国内需求，力争向东亚国家或地区出口的目标。

3.4 现阶段我国小麦生产发展的基本特征

3.4.1 中国是世界小麦生产大国，小麦生产关系到国内以致世界的粮食稳定

我国现已成为世界第一产麦大国（赵广才，2003）。中国还是世界第一人口大国，粮食安全问题始终是国家和公众关注的焦点问题。根据我国人口不断增长对小麦需求量的预测，2030 年我国人口增加到 16 亿的高峰时，全国小麦的总需求量应达到 1.7 亿吨以上，即使按“基本自给”的小麦生产发展目标来推算，即小麦需求总量的 90% 靠国内生产供给，10% 靠国外进口，我国小麦生产的任务仍然十分艰巨。因此，稳定面积，提高单产，增加总产，确保小麦的安全有效供给，将是我国农业生产长期而艰巨的重要战略任务（郭天财，2001）。

随着我国农业进入战略性调整的新阶段，不少地区在农业结构调整中调减小麦等主要粮食作物种植面积的步伐加快。同时，由于受国内政策的影响，如北方春麦区和江南冬小麦取消保护价，西部及其他地区因生态环境建设及城市建设、工程建设及沿海地区发展高效创汇农业等影响，全国小麦播种面积减少幅度过大，这种趋势令人担忧（郭天财，2001）。

为了确保我国的“口粮安全”，政府于 2004 年初出台了鼓励粮食生产的一系列措施。如：严格保护耕地、对种粮农民实行直接补贴、粮食主产区减免农业税、扩大良种补贴试点范围和规模、稳定农业生产资料价格、实行最低收购价格制度、推广先进适用技术、启动优质粮食产业工程等。通过这些措施的实施，我国小麦生产有望再上一个新的水平。

3.4.2 中国小麦生产的收益水平太低

近几年种植小麦与种植其他主要作物如粳稻、玉米、棉花相比，从全国平均水平看收益率太低，种植小麦的农民辛苦一年赚不到钱，种植小麦缺乏经济动力，这是我国小麦种植面积 1998 年后大幅缩减的主要原因。

但不同地区和不同品种的收益情况是不一样的。黄淮海冬麦区优质小麦成本收益情况明显好于普通小麦，据 2001 年河南省成本收益数据显示，优质小麦的减税净产值为 2980.5 元/公顷，比

普通小麦的 2548.5 元/公顷高 17%。长江中下游冬麦区、西南冬麦区及东北春麦区由于气候原因，小麦品质普遍较差，收益更低（于格、刘爱民，2003）。

3.4.3 中国小麦单产较高，但加工专用品种的生产滞后于需求

我国小麦生产以精耕细作闻名，更由于多年来以高产为目标的科研与政策支持，我国小麦的单产水平较高，以 2001 年全国平均单产看，达到 3.86 吨/公顷，是世界平均水平 2.71 吨/公顷的 142.4%。

长期以来，我国小麦生产与科学研究一直定位于高产，忽视了对品质改良的关注。尽管近年来我国已普遍开始注意小麦的品质改良，但就整体来说，与发达国家相比，目前我国小麦特别是商品小麦专用加工品种缺乏。制粉业发达的国家和地区，为满足市场和消费者的多样化需求，以小麦为原料生产的专用粉达 60~70 种之多，美国高达 100 多种，市场上几乎所有的面食制品都有相应的专用粉，专用粉的产量占面粉总产量的 95% 以上。而我国作为全世界第一小麦消费大国，所生产的面粉主要是普通粉和等级粉，专用粉品种只有十几个，产量仅占面粉总产量的 5% 左右（郭天财，2001）。我国面粉加工业总体上工艺和生产设备落后，技术含量低，生产成本低，质量不稳定，产品雷同，市场竞争能力差。因此，我国专用优质商品小麦的市场前景看好。

3.4.4 中国小麦生产总体缺乏比较优势，但部分省区具有比较优势

根据徐志刚和钟甫宁（2001）的研究显示：以国际资源成本系数（DRCC）衡量农业生产的比较优势，1996 年—1998 年我国主要粮棉产品的国内资源成本系数都有较大幅度的提升，即通过生产这些农产品赚取或节约 1 美元，需要消耗的国内资源成本不断在增加，也就意味着生产的比较优势在不断下降。

从全国平均水平看，我国小麦生产总体上已不具比较优势，每公顷小麦生产只能带来社会净收益 126.4 元，DRCC 已达到 0.98。然而，分地区来看，仍有很多地区在小麦生产上存在比较优势。一个较为有趣的现象是在生产上存在较强比较优势的地区多为次主产省份。此外，比较优势测定结果显示了另一个现象，与北方地区相比，南方地区普遍处于劣势。南方省份中除云南和贵州小麦生产的 DRCC 为 0.88 外，其他省份小麦生产的 DRCC 都已超过临界值 1；相比之下，北方各种植小麦的省份的 DRCC 都小于 1，高者如陕西和青海，DRCC 也仅为 0.94 和 0.93，而低者如宁夏、新疆、河北、黑龙江和山西，DRCC 都低于 0.77，每公顷小麦创造的社会净收益平均达到 1500 多元。造成这一现象的一个很重要的原因是南方地区小麦的平均单产要低于北方地区小麦。这里除了投入和管理外，气候和土壤可能也是重要的影响因素。

生产效率优势指数 EAI 也验证了上述情况。南方省份中仅安徽相对生产效率高于全国平均水平，而北方大多省份相对生产效率都大于 1。规模优势指数 SAI 测定结果显示，主产省份四川小麦生产规模相对于其粮食生产总规模与全国平均水平相比并无优势；相反，山西、甘肃、新疆、北京、天津、青海和宁夏的区位优势都比较强。综合生产效率和规模两方面的因素，上述省份除四川外都具有优势。进一步考虑国际市场，在小麦生产上具有较强的比较优势的省市有：河北、山西、内蒙、甘肃、新疆、宁夏和天津。而黑龙江虽然从国内看，在小麦生产上不具优势，但与

国际市场相比也具有较强的比较优势，DRCC 仅为 0.76（徐志刚、钟甫宁，2001）。

3.4.5 小麦生产的结构调整步伐加快

对于农民而言，经济效益是调整农作物种植比例和面积最直接的杠杆。各种农作物，特别是有耕地竞争的农作物间的经济效益对小麦布局、播种面积和产量的影响较大。目前我国小麦成本收益率较小的状况，将直接影响农民种植小麦的积极性。

优质专用小麦的需求收入弹性大，市场销售价格高，收入创造能力强，是拉动小麦主产区农民增收的重要力量。我国近年来的粮食过剩主要是结构性过剩，一方面品质低的小麦销售困难，另一方面硬质强筋的面包小麦和软质弱筋的饼干用小麦供不应求，每年不得不从国外进口，以满足国内市场需求。因此，调整小麦的品种和品质结构，大力发展市场需求的优质加工专用小麦生产，不仅是增加小麦主产区农民收入的一条重要途径，而且是提高我国粮食产品市场竞争力的重要措施。近年来，各主产区普遍重视专用小麦的生产，如河南省加大了优质专用小麦的生产力度，尝试在不同生态区域种植不同类型的优质专用小麦，做到区域化种植、规模化生产、产业化经营。经过三年努力，2003 年河南省优质专用小麦种植面积达 2570 万亩，比 1998 年增长 9.6 倍，占全省麦播总面积的三分之一。河南省已初步建成了豫北优质强筋小麦生产基地，豫中中筋小麦生产基地，豫南弱筋小麦生产基地。

从全国范围看，劣势地区逐步减少了小麦播种面积，生产向优势地区集中。为了保护和提高主产区的生产能力，集中力量建设一批国家优质专用小麦生产基地，国家增加对小麦主产区的投入。从 2004 年起，国家将实施优质粮食产业工程，选择一部分有基础、有潜力的粮食大县和国有农场，集中力量建设一批国家优质专用粮食基地。支持主产区特别是中部粮食产区重点建设旱涝保收、稳产高产基本农田。加强大宗粮食作物良种繁育、病虫害防治工程建设，强化技术集成能力，优先支持主产区推广一批有重大影响的优良品种和先进适用技术。对农民个人、农场职工、农机专业户和直接从事农业生产的农机服务组织购置和更新大型农机具给予一定补贴，提高他们的种粮积极性。

第四章 我国小麦生产技术进步及其模式的实证分析

4.1 小麦生产技术进步测度的测度

4.1.1 平均生产函数模型及数据说明

4.1.1.1 平均生产函数模型的设定

本文利用测度广义技术进步的双对数模型，模型设定形式为：

$$\begin{aligned} \ln(Yield/A) = & \alpha_0 + \delta * Year + \alpha_1 * \ln(F/A) + \alpha_2 * \ln(O/A) + \alpha_3 * \ln(L/A) \\ & + \lambda * disaster + \sum_{i=1}^{n-1} \beta_i * D_i + u \end{aligned} \quad (4.1)$$

式中： $Yield/A$ 代表小麦亩产； $year$ 代表年份（时间趋势）； F/A 代表平均每亩化肥施用量； O/A 代表每亩除化肥外的其他物质投入； L/A 为每亩用工量； $disaster$ 为成灾率； D_i 为地区虚拟变量； u 为随机扰动项。

4.1.1.2 样本的选取

考虑到投入产出数据的可获得性和年度间的连续性，采用面板数据（Panel Data），选择河北省、山西省、内蒙古自治区、江苏省、安徽省、山东省、河南省、陕西省、甘肃省、新疆维吾尔自治区 10 个省区 1990 年—2002 年共 130 组数据。

4.1.1.3 数据的来源与处理

本文中所采用的数据全部是政府正式公布资料：国家发展计划委员会等五部委出版的《全国农产品成本收益资料汇编》（1991-2003）；国家发展计划委员会出版《中国物价年鉴》（1991-2003）；国家统计局出版《中国农村统计年鉴》（1990-2003）；以及农业部出版的《中国农业统计资料》（1995-2002）和《中国农业年鉴》（1991-2003）。

为解决由于价格干扰造成的测算不准确，对数据进行了一定的计算处理，以消除价格因素的影响，具体如下：

每亩化肥施用量是把当年价格计算的每亩化肥投入费用，按照《中国物价年鉴》中化学肥料价格指数统一折算为以 1980 年价格为基价的数据；每亩除化肥投入外的其他物质投入计量方法是：把当年价格计算的其他物质费用，按照《中国物价年鉴》中农业生产资料价格指数统一折算为以 1980 年价格为基价的数据。

4.1.2 平均生产函数的估计与结果解释

首先采用分析“面板数据”常用的固定影响变截距模型估计模型 4.1，结果不甚理想，每亩化肥施用量的参数估计值不能通过统计检验。考虑到可能随机影响模型更合适，因为当横截面单位随机的抽自一个大的总体时，固定影响模型仅适用于抽到的横截面单位，而不是样本之外的其他单位。在这种情况下，把总体中个体的差异认为服从随机分布可能更为合适（李子奈、叶阿忠，2000）。所以，模型改为随机影响模型，估计采用 GLS 方法，参数估计量在 10% 的置信水平上显著，全部通过检验，估计结果见表 4-1。

表 4-1 平均生产函数的 GLS 估计结果

变量	C	YEAR	LOG (F/A)	LOG (L/A)	LOG (O/A)	DISASTER
参数估计值	3.730024	0.016453	0.156488	0.204401	0.285981	-0.742155
T 检验值	14.48444	4.587364	1.93204	4.024465	3.379034	-6.438961
样本个数	130					
Adjusted R ²	0.673495					
D-W 统计量	1.977441					

年份 YEAR 的系数即为年均技术进步率。估计结果显示，从 1990 年—2002 年全国小麦生产的平均技术进步速度是 0.016453。

生产函数中化肥投入、其他物质费用投入、用工投入的系数值即是它们的生产弹性，系数值的大小反映了它们在小麦单产增长中的作用大小。化肥投入的产出弹性值是 0.156488，在所有要素的产出弹性中最小，这一估计结果表明，化肥施用量对小麦增产的重要性在下降。化肥使用量的逐年递增是保持农作物高产的重要因素，但化肥投入的增产效果同样受边际报酬递减规律的制约，随着化肥投入的不断增加，其边际报酬也在不断减少。

除化肥外的其他物质投入的弹性值为 0.285981。劳动投入的产出弹性是 0.204401，说明每亩劳动投入变动 1%，相应单产同向变动 0.2044%，劳动投入的弹性比化肥投入的弹性大，这可能是由于近几年来小麦种植效益太低，而劳动力价格连年上涨，造成劳动力投入急剧减少，使产出对劳动投入更敏感的缘故。

4.1.3 技术进步对产出增长的作用

计算技术进步在产出增长中作用需要准确计算出农产品产出和投入要素的年均增长率。农业生产由于是一种自然再生产过程，不可控因素较多，产出波动较大，常用的几何平均数法由于只考虑期初与期末的影响，计算的年均增长率不令人信服。计算年均增长率较好的方法是最小二乘法，最小二乘法能够消除各种经济波动对产出的影响，反映出其长期趋势。基于此点，本文中使用最小二乘法来计算全国小麦单产及其它引入方程变量的年均增长率，以消除各种经济波动对它们的影响（见附录：最小二乘法计算经济增长速度）。

本文从单产增长率的构成因素方面来分析技术进步作用。表 4-2 及图 4-1 是小麦单产增长率的构成因素分解情况。

表 4-2 全国小麦单产增长的构成因素分析

项目	主产品产量 (6) = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)	技术进步 (1)	化肥投入 (2)	用工投入 (3)	其他物质 投入 (4)	成灾率 (5)
各项目年均 增长率	1.2746%	1.6453%	2.6802%	-3.1751%	1.9612%	2.0601%
各因素变动对单 产增长的作用	0.012746	0.016453	0.004194	-0.00649	0.005609	-0.00702

从表 4-2 中的计算结果来看，化肥投入和其他物质投入的增加对产出增长有正的作用，但不是最主要因素。在测算期间，技术进步对产出年均增长的作用达到了 0.016453，绝对值是各种因素中最大的，技术进步对小麦单产增长具有非常显著的影响。但是由于劳动投入的大幅度减少和自然灾害的增加对单产的增长起着非常大的负作用，所以单产年均增长率不是很高。

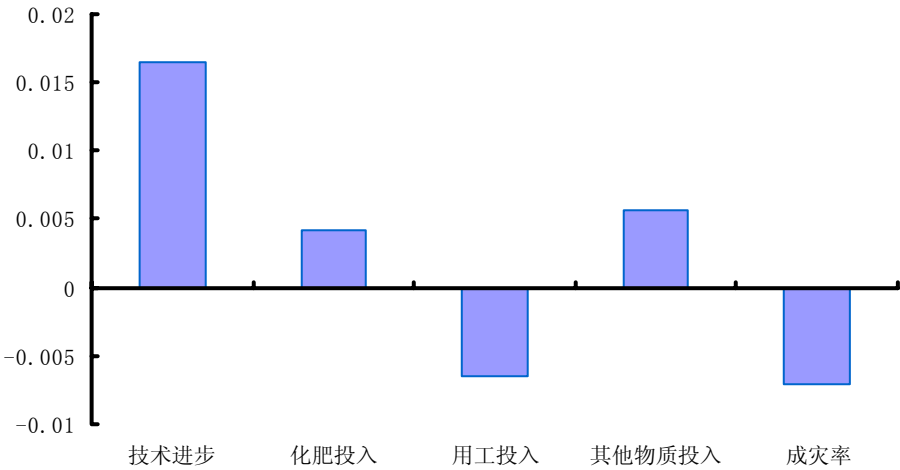


图 4-1 各因素变动对单产增长的作用

4.2 测度小麦生产技术进步模式的 E - S 模型

4.2.1 特定生产函数 E-S 模型的构建

4.2.1.1 E-S 模型的建立

如前所述, 农业技术进步是在生物化学型过程和机械型过程的结合下进行的。由于种植业生产的特点, 就有如下生产函数:

$$Y = f(V, A, L, K) \quad (4.2)$$

式中: Y 为产出量;

V 为生物化学型过程的投入要素, 如种子、肥料、农药等; A 为播种面积; 在第二章的论述中知道土地与生物化学技术的投入有替代关系, 这里假定 V 与 A 的替代弹性为 1。

L 为劳动投入; K 为农业机械和农用设备等投入, 属于机械型过程; 假定 L 和 K 的替代弹性为 1。

这样我们可以得到小麦生产生物化学 (BC) 和机械 (M) 方面的表达式, 称为 BC 函数和 M 函数。BC 函数中的 V 和 A 的替代弹性 σ 为 1 和 M 函数中的 L 和 K 的替代弹性 σ 为 1, 由于 Cobb-Douglas 生产函数的替代弹性 $\sigma \equiv 1$, 所以有下面的函数形式:

$$F(V, A) = B * V^{\alpha} * A^{1-\alpha} \quad (4.3)$$

$$G(L, K) = D * L^{\beta} * K^{\gamma} \quad (4.4)$$

以上 F 和 G 分别表达农业生产技术的 BC 过程和 M 过程。其中: B、D、 α 、 β 、 γ 是待估计参数。在 BC 函数中假定和规模产量无关; 而在 M 函数中没有这种限制; 假定 F 和 G 是互补关系, 从种植业的特点来考虑是可以接受的。

由于 F 和 G 是互补关系, 可以构造 Leontief 生产函数来描述小麦生产过程, F 和 G 的替代弹性 σ 为 0, 表示两者完全互补。

$$Y = \min[F(V, A), G(L, K)] \quad (4.5)$$

式 (4.3)、(4.4)、(4.5) 称为 E-S 模型 (任开津典生, 1985)。

4.2.1.2 E-S 模型的均衡条件

若用 p 表示产出物价格, ω_1 、 ω_2 、 ω_3 和 ω_4 分别表示投入要素 V、A、L 和 K 的价格, 那么利润极大化的模型为:

$$\max \quad \pi = p * Y - \omega_1 * V - \omega_2 * A - \omega_3 * L - \omega_4 * K \quad (4.6)$$

$$\text{s. t.} \quad Y = \min[F(V, A), G(L, K)] \quad (4.7)$$

由此可以得到 Leontief 生产函数如下均衡条件：

$$Y = F(V, A) = G(L, K) \quad (4.8)$$

$$\frac{\partial F}{\partial V} \bigg/ \frac{\partial F}{\partial A} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (4.9)$$

$$\frac{\partial G}{\partial L} \bigg/ \frac{\partial G}{\partial K} = \frac{\omega_3}{\omega_4} \quad (4.10)$$

4.2.1.3 技术进步模式测度方法

建立 t 期小麦生产的 BC 型和 M 型生产函数模型：

$$Y_t^{BC} = B_t * V_t^\alpha * A_t^\theta \quad (4.11)$$

$$Y_t^M = D_t * L_t^\beta * K_t^\gamma \quad (4.12)$$

相对应，建立 t+n 期小麦生产的 BC 型和 M 型生产函数模型：

$$Y_{t+n}^{BC} = B_{t+n} * V_{t+n}^\alpha * A_{t+n}^\theta \quad (4.13)$$

$$Y_{t+n}^M = D_{t+n} * L_{t+n}^\beta * K_{t+n}^\gamma \quad (4.14)$$

则从 t 期到 t+n 期内小麦生产的生物化学型技术进步指数和机械型技术进步指数分别为：

$$INDEX_{BC} = \frac{B_{t+n} * V_{t+n}^\alpha * A_{t+n}^\theta}{B_t * V_t^\alpha * A_t^\theta} \quad (4.15)$$

$$INDEX_M = \frac{D_{t+n} * L_{t+n}^\beta * K_{t+n}^\gamma}{D_t * L_t^\beta * K_t^\gamma} \quad (4.16)$$

4.2.1.4 样本数据的来源与处理

数据来源同模型 4.1。为解决由于价格干扰造成的测算不准确，对投入要素的价格处理也同模型 4.1。

V 是生物化学型过程的投入要素，包括种籽秧苗费、农家肥费、化肥费、农膜费、农药费、排灌费和棚架材料费；L 是劳动投入，用劳动投入工日计量；K 是机械型过程的投入，包括畜力费、机械作业费、燃料动力费、其它直接费用、固定资产折旧以及小农具购置修理费和其它间接费用；A 是各省小麦播种面积；V、L、K 是各个省区农产品成本收益调查数据中的每亩数据分别乘以各自省区的小麦播种面积得到。

估计 BC 型和 M 型生产函数的参数时，基期选取样本为 25 个省（自治区、直辖市），其样本分布如下：

北京市、天津市、浙江省、福建省、江西省、贵州省、云南省、河北省、山西省、内蒙古自治区、江苏省、安徽省、山东省、河南省、陕西省、甘肃省、新疆维吾尔自治区、吉林省、黑龙江省、青海省、宁夏回族自治区、上海市、湖北省、湖南省、四川省。

报告期选取样本为 22 个省（自治区、直辖市），其样本分布如下：

北京市、天津市、黑龙江省、上海市、浙江省、湖北省、四川省、贵州省、云南省、重庆市、青海省、宁夏回族自治区、河北省、山西省、内蒙古自治区、江苏省、安徽省、山东省、河南省、陕西省、甘肃省、新疆维吾尔自治区。

4.2.2 E-S 模型的估计及解释

估计方法全部为OLS法，参数估计值在 5%的置信水平上显著，拟合优度（调整的可决系数 R^2 ）达到 95%以上，拟合效果很好。

表 4-3 不同时期 BC 型和 M 型函数参数值的估计结果

生产函数类型		BC			M		
年份	变量	C	LOG (A)	LOG (V)	C	LOG (L)	LOG (K)
1990	参数估计值	2.669363	0.255845	0.7603	3.062727	0.207171	0.787188
	T 检验量	5.146621	2.105803	6.932938	4.258699	2.723575	10.32005
	Adjusted R^2		0.983206			0.965463	
2002	参数估计值	3.114605	0.414783	0.607285	3.516495	0.195504	0.779107
	T 检验量	6.949836	4.541767	7.040112	5.005174	3.076338	10.21162
	Adjusted R^2		0.990125			0.970525	

将 1990 年与 2002 年的全国平均小麦生产各种投入要素数据带入 BC 型生产函数和 M 型生产函数，可以求出相应的产出，然后以 1990 年各自的产出值为 100，可计算出 1990 年至 2002 年全国小麦生产的 M 型与 BC 型技术进步指数。

表 4-4 小麦生产的 BC 型与 M 型技术进步程度

年份	Y (BC 型)	Y (M 型)	BC 型技术进步指数 (1990 年为 100)	M 型技术进步指数 (1990 年为 100)
1990	177.25	259.19	100.00	100.00
2002	185.75	413.91	104.79	159.69

从表 4-4 可以看出, 2002 年与 1990 年相比较, 小麦生产的 BC 型技术进步指数为 104.79, M 型技术进步指数为 159.69, 表明在这个期间, 全国小麦生产的技术进步是以机械 (M) 型技术进步为主的发展模式。

4.2.3 土地生产率与劳动生产率的比较

农业技术进步的最重要体现是投入产出率的提高, 因此, 也可以用劳动生产率 (Y/L) 和土地生产率 (Y/A) 的变化来分析农业技术进步。在实际分析中用生产率指数比较方便, 根据劳动生产率指数或土地生产率指数历年的变化趋势和幅度, 可以观察技术进步变动的趋势。

由于生物化学 (BC) 型技术进步以提高单位面积产量, 即提高土地生产率 (Y/A) 为主要特征; 而机械 (M) 型技术进步以机械对劳动投入的替代、减少劳动投入, 即提高劳动生产率 (Y/L) 为主要特征, 所以, 又可以用劳动生产率 (Y/L) 指数或土地生产率 (Y/A) 指数历年的变化发现技术进步的发展模式。

我们分析了全国及五个小麦主产省份 20 世纪 90 年代后土地生产率指数及劳动生产率指数的变化, 发现 Y/A 指数和 Y/L 指数都有不同程度增加, 但劳动生产率指数增加的速度要比土地生产率指数增加的速度快的多, 尤其是在 1997 年后。这从另一个侧面得出动力替代劳动的机械型技术进步水平提高很快, 这个结论和 E-S 模型的估计结果是一致的, 表明我国从 20 世纪 90 年代以后, 小麦生产呈现以机械型技术进步为主的发展模式 (见图 4-2)。

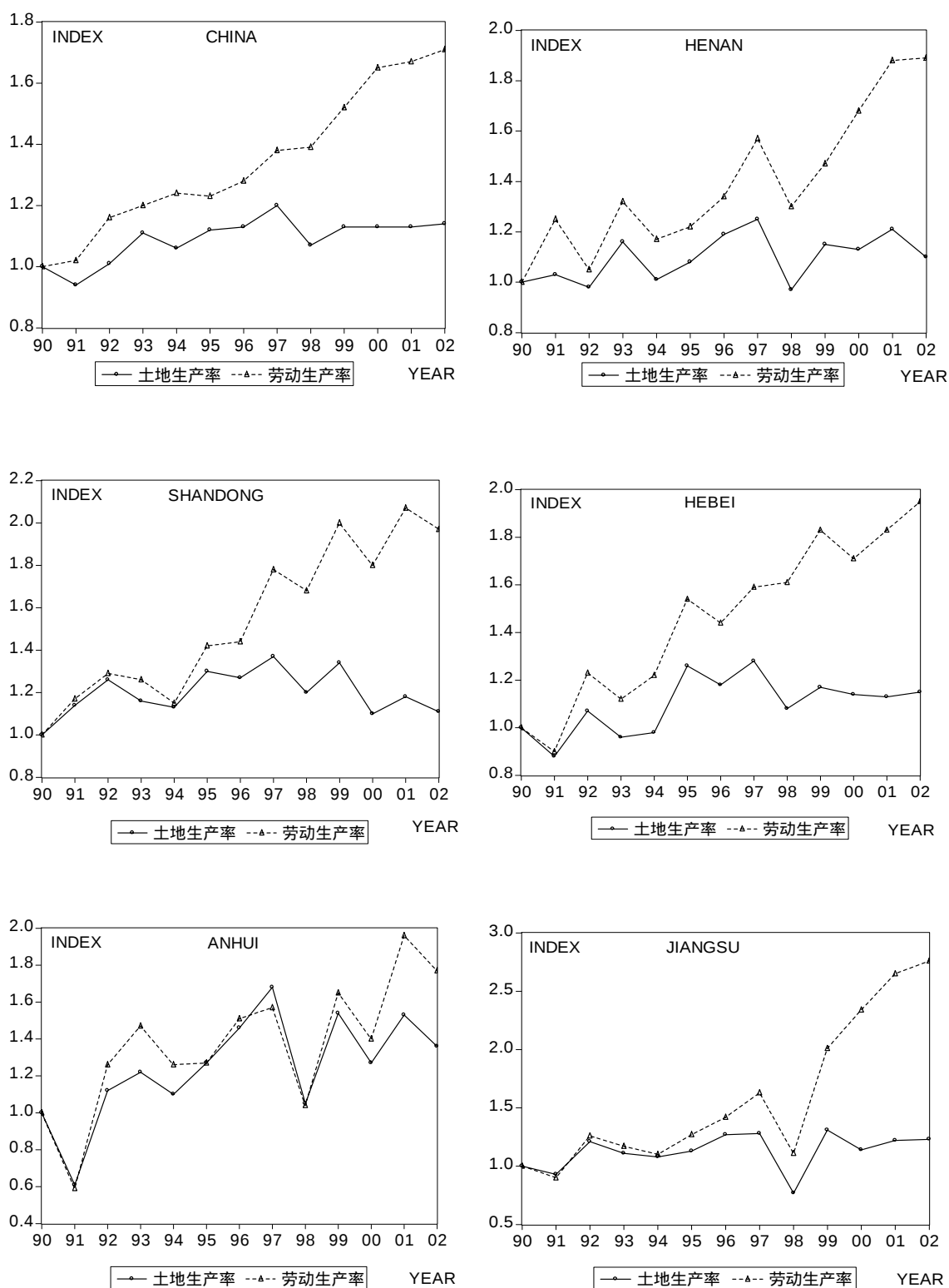


图 4-2 全国与五个主产大省小麦生产 Y/A 指数和 Y/L 指数变动比较

第五章 结论与政策建议

5.1 主要结论

5.1.1 技术进步是我国小麦单产增长的最主要因素

从 20 世纪 60 年代以后,我国就依赖高产新品种、先进耕作技术等系列适用技术的推广提高小麦产量。本研究计算的全国小麦生产平均技术进步速度是 0.016453,同样在单产增长中起着最主要的正作用。由于我们所测算的技术进步指的是广义的技术进步,因此促进小麦生产增长的技术进步包括了“硬”技术进步和“软”技术进步两方面,从生产实际情况来看,其主要体现在以下几个方面:

新品种和新技术的广泛应用。“硬”技术进步主要表现为农业技术如喜肥、抗逆、优质品种的选育推广、机械技术、栽培技术和植保等技术水平的提高及其在生产过程中的应用。“八五”和“九五”期间一批新品种和新技术的开发和推广,推动了小麦产量和质量的提高。

农业结构调整和优质小麦区域化生产,提高了生产的效率。农业结构调整包括生产结构、品种结构和区域结构等方面的调整。尤其是 1997 年以后,一方面通过提高良种覆盖率,改善品种结构;另一方面加快了其生产重心转移的步伐,依据各地的资源优势和特点,形成了若干生产基地和专用小麦优势产区。生产区域化带来了效率提高以及区域内生产规模化使区域内部的规模效率提高,对全国的小麦产出增长共同起着促进作用。

5.1.2 小麦生产呈现机械型技术进步为主的发展模式

一般认为,我国农业技术进步体现为土地节约型。本文的结果多少有些出乎意料,小麦生产机械型技术进步程度比生物化学型技术进步程度大的多,小麦生产体现出机械型技术进步为主的发展模式。但这个结论符合诱导性技术进步的假设。2002 年和 1990 年比较,我国农村劳动力统一工价上升了将近 4 倍,与此同时,2002 年农业生产资料价格指数仅是 1990 年的 1.8 倍,其中,机械化农具价格指数上升 1.15 倍,化学肥料价格指数上升 1.65 倍。由于生产要素价格的变化导致了小麦生产要素投入结构的变化。

小麦的生产特性也是增加机械投入的因素。冬小麦要抢在雨季前收获,以便抢播秋收作物,农时很紧;小麦连片种植更适合于机械耕作;小麦机械作业技术和产品非常成熟。近几年我国小麦大规模跨区机收作业的成功实施就是事实。据农业部门统计,2003 年我国小麦机械化收割面积达到 2 亿多亩,机收比例达到 70%,投入小麦抢收作业的各类收获机械达到 150 万台。

5.1.3 市场需求诱导优质专用小麦的发展

优质小麦旺盛的市场需求诱导优质专用小麦的快速发展。市场需求结构变化不仅诱导了生产

结构的变化,同时也诱导了生产技术发展方向的变化,从“八五”期末开始国家加快对优质专用小麦的品种选育和生产技术研究,一批优质专用小麦的育种成果和高效生产技术得到推广应用,提高了主产区小麦产业的持续发展能力。

如河南省自 20 世纪 90 年代中期以来,相继培育出优质面包小麦“豫麦 34”、“豫麦 35”、“豫麦 47”等几个新品种,又引进河北省的“高优 503”新品种,培育出优质饼干小麦“丰优 5 号”等。实现优质专用小麦区域化生产,建立优质专用小麦生产基地,进行规模化优质专用小麦生产的基础性工作。开展了优质专用小麦优化栽培技术研究,主要是小麦籽粒蛋白质与土壤种类、氮肥、磷肥、浇水、密度、播期等因子的关系研究,初步总结出优质面包小麦、优质饼干小麦的高产栽培技术。用远缘杂交育成了优质高产的春小麦品种“小冰麦 32”。这些技术的推广应用使河南省成为我国名副其实的优质专用小麦生产基地

5.1.4 自然灾害的增加对我国小麦生产造成严重负面影响

在本项研究中,自然气候灾害是小麦单产水平降低的最主要原因。近来的研究显示:我国粮食生产的连年下降与世界农业徘徊不前的形势相一致,是一个全球性问题的区域表现形式,其原因和背景与气候变暖和与之相关的水资源短缺密切相关,这些对未来食品安全构成严重威胁。

20 世纪 90 年代是有气象记录以来最暖、创纪录高温年份最多的年代。全球陆地平均温度升高 0.22℃,占 20 世纪温度增长的 30%左右。全球变暖使水分循环加强,极端气候事件增多,旱涝频率增加。我国自 1987 年以来出现了持续 14 年的异常偏暖,20 世纪 90 年代温度升高高于全球平均水平 50%以上,而且北方出现持续干旱,与北半球增暖变湿形成鲜明的对比。近年来频繁发生的沙尘暴天气反映了北方暖干化的趋势及其严重后果。北方气候变暖由于主要发生在冬季,不能显著增加作物有效积温,但提高水分蒸散损失,加剧了旱情发展;南方地区温度升高缩短作物生育期,并在关键生长期产生高温胁迫,降雨量增加导致多次严重的洪涝灾害。

以温度升高为主要特征的气候变化对粮食生产的最大威胁是它将进一步加剧水资源短缺。到 2025 年,发展中国家水资源供应对实现作物最高产量的满足程度将从目前的 86%下降到 75%,在我国将从 89%下降到 78%。黄河、海河和淮河流域被列为世界上最缺水的地区,灌溉水资源只能满足作物生产需求的 70%以下。气候变化对农业系统的影响将进一步增强(曹明奎,2004)。

5.2 政策建议

5.2.1 加大对小麦生物化学型技术研发投入,保证小麦单产的持续增长

我国人均耕地较少,而且随着人口的增长,各省的人均耕地还将继续减少,这是一个不可逆转的趋势。保障粮食供应安全的主要途径是通过生物化学型技术的进步,即通过提高单位面积的产量来实现,因此,生物化学型技术进步是最终解决我国口粮安全的手段。

由于小麦育种是常规育种,就是说小麦不能像玉米、水稻等作物一样,利用明显的杂种优势来提高单位面积的产量,所以近几年我国小麦单产提高缓慢。

关于小麦的理论产量潜力, 各国学者都分别作了估计, 结论是小麦的增产潜力还很大。胡廷积(1986)估计, 河南省小麦的光合产量潜力为每亩 1600 千克左右, 若按实际生产力为理论光合生产潜力的一半计算, 每亩籽粒产量也可达 800 千克(赵广才, 2003)。

中国科学院的李振声院士提出今后小麦育种应以高光效、高收获指数、高产优质、耐低营养的“三高一低”战略目标。就是说在优质的基础上达到高产、超高产、抗逆性强, 并且应在高产优质配套和耕作栽培技术等方面进一步提高, 保证小麦生产持续稳定发展。

为此, 政府应加大对小麦生产生物化学型技术的研发投入, 提高小麦现实生产能力与持续发展能力相结合, 提高小麦单产与改善品质相结合, 解决我国小麦生产现阶段技术限制, 并为未来提供技术储备。

5.2.2 依靠科技进步降低小麦生产成本

我国已经加入 WTO, 在新的形势下, 继续用提高农产品价格来增加农民收入显然是不切实际的幻想。依靠科技进步降低生产成本是提高效益的唯一途径。

降低小麦生产成本要重点研究优质高产小麦简化栽培技术、小麦种植和收获作业的机械化技术等, 把已有技术经验和适用科技成果系统化、规格化, 并组装配套出大面积高产、优质、高效综合技术体系。机械型技术的开发推广可以用相对便宜的投入替代日益昂贵的劳动力投入, 所以小麦种植和收获机械水平的提高及简化栽培技术的发展可节约投入要素, 降低成本。通过技术成果的示范推广, 全面提升小麦质量, 大幅度降低生产成本, 提高资源利用效率和劳动生产率, 促进小麦生产优质高效和可持续发展, 不断增加小麦生产的科技含量, 为我国口粮安全提供可靠的技术保障, 全面提升我国小麦在国际市场的竞争能力。

5.2.3 根据市场需求加快小麦品种和品质结构调整

实施结构调整, 能够充分发挥地区资源比较优势, 提高农产品规模效益, 降低生产成本, 增强农产品的市场竞争力, 而且通过合理的产业规划布局和专业分工, 能够有效地避免区域之间农产品结构的低水平重复, 形成各具特色的农业专业化生产地区, 扩大地区生产规模, 取得区域规模效益。

政府相关部门要从专用优质小麦新品种选育推广、基地建设和生产、收购、加工到市场营销等各个环节, 形成有利于专用优质小麦协调、稳定发展的运行机制。科研单位要根据市场需求, 调整小麦育种和栽培研究方向, 由过去单纯追求产量向产量、质量和效益并重的方向转变, 大力开展优质高产多抗小麦新品种选育及配套栽培技术研究, 加强对新育成品种主要品质指标, 尤其是加工品质的检测, 建立专用优质小麦商品粮生产基地, 做到区域化种植、规模化生产、指标化管理, 提高科学种植水平。

产业化发展滞后。这是制约我国专用小麦发展的关键因素之一。由于不能实现产销衔接, 优质优价, 农民发展专用小麦的积极性调动不起来, 优质品种区域布局、标准化保优栽培技术等措施难以落实, 影响了专用小麦产业化发展。粮食购销企业要按品质和市场价格分品种收购, 设立专仓分类、分级、分等储藏销售, 并与生产者建立利益共享、风险共担的经济利益共同体, 积

极培育农民合作组织，建立农业技术协会、农产品流通专业协会等组织，发展多种形式的农产品流通中介组织，使优质专用小麦生产、流通逐步形成规模化、专业化。

各地区小麦生产发展必须强化质量意识，要以市场为导向，以适销为目的，以效益为中心，尽快调整品种和品质结构，以增强我国小麦的市场竞争能力。为充分利用自然资源优势和品种的遗传潜力，实现优质小麦的高效生产，各地要根据当地生态条件和品种的品质特点，按照市场需求，根据农业部公布的我国小麦品质区划方案，对小麦的品种和品质结构进行合理调整，并尽快研究出各类品质生态类型区的优质高产配套栽培技术，大力实施“专用品种、专用基地、专用包装、专用价格”，引导和促进小麦种植生产结构调整，以适应市场需求。

5.2.4 增加基本设施建设投入，提高抗御自然灾害的能力

加强农业基础设施建设，提高农业综合生产能力，才能提高抗御自然灾害的能力。政府需要以小型农田水利建设为主要内容，继续加强中低产田改造；同时与建设优质专用小麦生产基地紧密结合，逐步提高建设标准和投入标准，统筹规划，综合治理，努力把中低产田建成高产、稳产、节水、高效的基本农田，夯实农业结构调整和农民增收的基础。继续搞好与中低产田改造配套的中型水利骨干工程建设。

大力发展节水农业。重点发展渠道衬砌、管道输水、集雨节灌、喷灌、微灌等工程措施，实行工程措施和农艺、生物等措施有机结合，节水灌溉和旱作农业有机结合。坚持灌区和旱区并重，积极推进节水增效示范工程和旱作节水示范基地建设，提高水资源利用率和用水效益。

5.2.5 优化农业技术推广服务体系

新技术成果要迅速在生产上发挥作用仅靠农业科研单位是不够的，农业科技推广体系在农业新技术大面积推广应用中所起的作用是无可替代的，必须对现有的农业技术推广服务体系进行优化，强化其农业技术推广功能。

农业科技推广服务分为公益性服务和经营性服务。目前这两类服务是混合在一起的，应当按照公益性和经营性两大类型，对农业推广服务机构进行资源的重新优化组合，将一些本应由政府承担的行政职能从推广服务机构中剥离出来，重新交还给农业行政机构，使农业推广服务机构能够按其应有的职能从事农业科技推广工作。

建设起一支能真正为农民服务的农业科技推广队伍。一方面要通过增加事业费，保证农技推广人员的工资福利待遇，稳定推广队伍；另一方面要进行机制创新，鼓励推广人员与农民结成利益共同体，保护知识产权，让技术、管理等生产要素参与收益分配，吸引更多的农业技术人员加入农技推广队伍；政府需要采取多种形式加强对农技推广人员的培训，提高他们的素质，以适应现代农业的发展对人才素质的更高要求。

改革现行的农业教育、科研与推广相互分离、各自为政的体制，鼓励农业科技人员与推广人员之间的合作研究，提高农业科技成果的转化率，促进农业教育、科研和推广事业相互协调发展。

参考文献

1. 曹明奎. 气候变化挑战农业系统和食物安全. 科学时报, 2004, 5(13): 4
2. 冯海发. 中国农业总要素生产率变动趋势及增长模式. 经济研究, 1990(5)
3. 冯海发. 论技术进步与农业发展. 农业技术经济, 1989(2)
4. 冯海发、王广森、吴永祥. 农业总生产率研究. 陕西: 天则出版社, 1989
5. 郭天财. 我国小麦生产发展的对策与建议. 中国农业科技导报, 2001(4):27-31
6. 顾焕章. 技术进步与农业发展. 南京: 江苏科学技术出版社, 1993
7. 高鸿业、吴易风、刘凤良. 研究生用西方经济学(微观部分). 北京: 经济科学出版社, 2000
8. 国家发展计划委员会等五部委. 全国农产品成本收益资料汇编(1990-2003). 北京: 国家发展计划委员会
9. 国家发展计划委员会. 中国物价年鉴(1990-2003). 北京: 国家发展计划委员会, 中国物价年鉴编辑部
10. 国家统计局. 中国农村统计年鉴(1990-2003). 北京: 国家统计局农村社会经济调查总队, 中国统计出版社
11. 黄季焜、Scott Rozelle. 技术进步和农业发展的原动力——水稻生产力增长的分析. 农业技术经济, 1993(6):21-29
12. 胡瑞法、黄季焜. 农业生产投入要素结构变化与农业技术发展方向. 中国农村观察, 2001(6): 9-16
13. 胡瑞法、黄季焜. 中国农业技术发展方向研究(研究报告). 北京: 中国科学院农业政策研究中心, 2001
14. 金善宝. 中国小麦学. 北京: 中国农业出版社, 1996
15. 姜秀山. 科技进步速度评价方法及其应用的比较研究. 中国管理科学, 2000, 8(11):526-531
16. 李子奈. 计量经济学——方法和应用. 北京: 清华大学出版社, 1992
17. 李子奈、叶阿忠. 高等计量经济学. 北京: 清华大学出版社, 2000
18. 柳御林. 技术创新经济学. 北京: 中国经济出版社, 1993.
19. 林毅夫. 制度、技术与中国农业发展. 上海: 上海三联书店、上海人民出版社, 1992
20. 林毅夫. 再论制度、技术与中国农业发展. 北京: 北京大学出版社, 2000
21. 林启渊. 台湾农业成长来源再探讨. 农业与经济, 1999(22):1-16
22. 路琮、范英、魏一鸣等. 技术进步对经济增长作用定量化分析的若干方法. 中国管理科学, 2000(11):103-113
23. 刘洪、李芝倩. 诱致性技术选择、工业化与农业增长——对中国 29 省农业增长的实证检验. 南京大学商学院《斯密论坛》系列论文, 2002(8), VOL1
24. 龙绪豪. 论技术进步测定模型的理论基础. 农业技术经济, 1990(1)
25. 孟令杰. 中国农业产出技术效率动态研究. 农业技术经济, 2000(5)

26. 牛若峰 等. 农业科学技术研究和利用的经济评价. 北京:农业出版社, 1985
27. 牛若峰. 发展模式、技术进步与农业劳动力转移. 农业技术经济, 1995(5)
28. 邱永和、胡均立、曹嘉麟. 台湾生物科技厂商之成本效率分析. 农业与经济, 2003(31):55-78
29. 史清琪, 秦宝庭, 陈警. 技术进步与经济增长. 北京: 科技文献出版社, 1985
30. 速水次佑郎, 弗农·拉坦. 农业发展的国际分析(中译本). 北京: 中国社会科学出版社, 2000
31. 宋家永、阎耀礼、周新宝. 优质小麦产业化. 北京: 中国农业科技出版社, 2002
32. 苏布拉塔·加塔克等. 农业与经济发展. 北京: 华夏出版社, 1987
33. 孙振玉. 从小麦产量和质量的变迁分析小麦产业的发展趋势. 农业经济与科技发展研究, 2001(1)
34. 孙巍. 基于非参数投入前沿面的 Malmquist 生产率指数研究. 中国管理科学, 2000, 8(1):22-26
35. 吴敬学. 略论农业技术进步模式的选择. 农业经济问题, 1996(8)
36. 吴敬学. 技术进步与农业经济增长——对辽宁的实证分析:[中国农业科学院博士学位论文]. 北京, 中国农业科学院研究生院, 1997
37. 吴敬学. 农业技术进步模式问题研究. 世界农业, 1997(3):12-13
38. 魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法——运筹学的新领域. 北京: 中国人民大学出版社, 1988
39. 徐志刚、傅龙波、钟甫宁. 中国粮食生产的区域比较优势分析. 中国农业资源与区划, 2001, 22(1): 45—48
40. 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论. 北京: 商务印书馆, 1990.
41. 于格、刘爱民. 中国小麦成本收益及不同地区的比较优势分析. 中国农业资源与区划, 2003, 24(3): 59—62
42. 朱希刚. 我国农业技术进步作用测定方法的研究和实践. 农业技术经济, 1984(6)
43. 朱希刚. 农业技术进步及其‘七五’期间贡献份额测算分析. 农业技术经济, 1994(2)
44. 朱希刚. 我国农业科技进步贡献率测算方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1997
45. 朱希刚, 黄季焜. 农业技术进步测定的理论方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1994
46. 朱希刚. 农业技术经济分析方法及应用. 北京: 中国农业出版社, 1997
47. 郑玉歆、张晓、张思奇. 技术效率、技术进步及其对生产率的贡献. 数量经济技术经济研究, 1995(12):20-27
48. 周小龙. 江苏省农业科技进步作用研究——从单个农产品角度分析:[南京农业大学硕士学位论文]. 南京, 南京农业大学, 2003
49. 赵广才、王崇义. 小麦. 武汉: 湖北科技出版社, 2003
50. 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料(1995-2002). 北京: 中国农业出版社
51. 中华人民共和国农业部. 中国农业年鉴(1991-2003). 北京: 中国农业出版社
52. 早见雄次郎、弗农·拉坦. 农业发展:国际前景. 北京: 商务印书馆, 1993
53. 任开津典生. 日本の农业的经济分析. 日本: 大明堂, 1985
54. Arrow, K. The Economic Implications of Learning by Doing. Review of Economic Studies, vol.29, 1962:155-173

55. Aigner, D.J. and S. F. Chu. On Estimating the Industry Production Function. *American Economic Review*, 1968, 58(4):826-839
56. Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. and P. Schmidt. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Function Models. *Journal of Econometrics*, 1977, 6:21-38
57. Ahmad, S. On the Theory of Induced Innovation. *Economic Journal*, 76, 1966: 344-357
58. A.Charnes, W.W.Cooper, E.Rodes. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operation Research*, (2)1978:429-444
59. Binswanger, Hans P. and Vernon W. Ruttan. *Induced Innovation: Technology Institutions and Development*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, U.S.A. 1978
60. Binswanger, Hans P. A Microeconomic approach to Induced Innovation. *Economic Journal*, December. 1974, 64: 940-958
61. Binswanger, Hans P. The measurement of technical change biases with many factors of production. *Am. Econ. Rev.*, 1974, 64: 964-976.
62. Charles W.Cobb and Paul H.Douglas. A Theory of Production. *American Economic Review*, 1928, 18(1):61-94
63. Domar, D. *Essays in the Theory of Economic Growth*. Oxford University Press, New York. 1957
64. Dale W.Jorgenson and Zvi Griliches. The Explanation of Productivity Change. *Review of Economics Studies*, 1967, 34(3):249-283
65. Dale W.Jorgenson. U.S. and Japanese Economic Growth, 1952-1974: An International Comparison. *Economic Journal*, 1978, 88(352):707-726
66. Edward F.Denson. *Accounting for United States Economic Growth: 1929 to 1969*. Washington: The Brookings Institution. 1974
67. Fan Shengen. Effects Of Technological Change and Institutional Reform on Production Growth in China Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*. 73, 1991: 266-275.
68. Fan Shengen. *Regional Productivity Growth in China's Agriculture*. Westview Press, Boulder, 1990.
69. Fan Shengen and V.W.Ruttan. Induced Technical Change in centrally planned economies. *Agricultural Economics*, 6, 1992: 301-314
70. Farrell, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. *J.Royal Statist.Soc, Series A*, 120, 1957: 253-281
71. Griliches, Z. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica* 25, 1957: 501-522
72. Gerge E.Battese and D.S Prasada Rao. Production Potential and Technical Efficiency Levels of Firms in Different Regions Using a Stochastic Frontier Metaproduction Function Model, CEPA Working Paper, School of Economics, University of New England. 2000
73. Hicks, J.R.. *The Theory of Wages*. London, Macmillan. 1932

74. Hayami.Y. and R.W.Herd. Market Price Effects of Technological Change on Income Distribution in Subsistence Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics* Vol.59,No.2(1977): 245--256.
75. Hayami.Y. and V.W.Ruttan. *Agricultural Development in International Perspective*. Baltimore, Md. Johns Hopkins University Press. USA. 1985.
76. Hayami.Y. and V.W.Ruttan. *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore: Md Johns Hopkins University Press. USA. 1971
77. Hayami, Y. and V. W. Ruttan. Factor Prices and Technical Change in Agricultural Development: The United States and Japan, 1880-1960. *Journal of Political Economy* 78(9-10). 1970:1115-1141
78. Huang,Jikun and S.Rozelle, Technological Change: The Rediscovery the Engine of Productivity Growth in China's Rural Economy, *Journal of Development Economics*, 49(1996): 337-369.
79. Huang,Jikun、M.Rosegrant、S.Rozelle, Public Investment, Technological Change and Reform: A Comprehensive Accounting of Chinese Agricultural Growth, Working Paper, Stanford. 1995
80. J. W. Kendrick. "Total Factor Productivity" in *OECD : Technology and Productivity*. Paris,1991
81. Lucas, R.E. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22. (1988):3-42
82. Lin, Justin yifu. The Household Responsibility System Reform and the Adoption of Hybrid Rice in China. *Journal of Development Economics*, 69(1987)
83. Lin, Justin yifu. Hybrid Rice Innovation in China: A Study Of Market Demand Induced Technological Innovation in Central Planned Economy. *Review of Economics and Statistics*, 74(1992):14-20
84. Romer. P.M. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*,1990 Vol.98(5):71-102
85. Romer, P.M. The Origins of Endogenous Growth. *Journal of Economic Perspectives*,Vol.5 (Winter) (1994):3-22
86. Romer, P.M. Increasing Returns and Long-run Growth. *Journal of Political Economy*,Vol.94, No.5,(1986):1002-1037
87. Solow,R.M. Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics* , 1957,Vol 39:312-320
88. Solow, R.M. A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, vol.70, (1956): 65 – 94
89. Stevenson, R. Measuring Technological Bias. *American Economic Review*, 70(1)1980:162-173
90. Salter, W. E. G. *Productivity and Technical Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1960
91. Schmookler, J. *Invention and Economic Growth*. Cambridge: Harvard University Press. 1966
92. Schultz, Theodore W. *Transforming Traditional Agriculture*. New Haven: Yale University, 1964

-
93. Tim Coelli. A Guide to FRONTIER Version 4.1:A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. CEPA Working Paper,Department of Econometrics, University of New England. 1996
 94. Tim Coelli and Rafael Cuesta. Simultaneous Equations Bias in Production Function Estimation: A Monte Carlo Investigation. CEPA Working Papers, No. 5/2001, ISBN 1 86389 767 4, School of Economics, University of New England, Armidale, 2001
 95. Tim Coelli and D.S. Prasada Rao. Implicit Value Shares in Malmquist TFP Index Numbers. CEPA Working Papers, No. 4/2001, ISBN 1 86389 747 X, S, Department of Econometrics University of New England. 2001
 96. Tim Coelli. A Guide to DEAP Version 2.1:A Data Envelopment Analysis Program. CEPA Working Paper, Center for Efficiency and Productivity Analysis ,Department of Econometrics University of New England. 1996
 97. Wade, William W. Institutional Determinants of Technical Change and Productivity Growth: Denmark, France and Great Britain, 1870-1965, University of Minnesota, 1973

附录：

最小二乘法计算经济增长速度

计算经济增长速度的方法很多，但常采用的主要有几何平均数法和最小二乘法。通常经济增长速度是由不同时期的总产出数值计算得出的，几何平均数法计算的结果与期初与期末的选择关系很大，而与该时期其它年度的数值无关。如果期初数值偏低，期末经济产出处于高涨时期，得出的平均增长速度就会偏高；反之亦然。

最小二乘法考虑到了考察时期内经济变量在每一年的变化和波动，它所估计的平均增长速度可以避免一些极端数值尤其是基期和末期数值的影响，并使经济变量的拟合值与实际值的误差的平方和达到最小。在农业生产中，由于土质、气候等不可预测的随机因素影响，农业产出的波动更为频繁和剧烈，因此，最小二乘法是一种比几何平均数法更好的计算农业产出增长速度的方法。

用最小二乘法估计经济增长速度的具体方法为：

假设某经济变量 Y ，按固定的指数发展速度 m 增长，即

$$Y_t = Y_0 * e^{mt}$$

其中， t 表示时间， Y_0 是变量的初始值， Y_t 是变量在 t 期的值。两边取对数变换，可以得到估计平均指数发展速度 m 的回归方程：

$$\ln Y_t = \ln Y_0 + m * t + u_t$$

其中： t 表示时间， m 是要估计的参数， u_t 是随机扰动项。用最小二乘法（OLS）可以得到 m 的估计值 M 。那么， M 就是平均指数发展速度，经济变量 Y 的平均增长速度就等于 $(e^M - 1)$ 。

致 谢

本文是科技部国家科技攻关计划课题项目《主要农作物优质高效生产技术经济评价》的后续研究。论文的完成首先要感谢导师吴敬学研究员的悉心指导，从论文的选题、设计、直至论文的最后成稿，凝结着吴老师的智慧与心血。研究生生活的三年里，我深感自己不论在学业上还是工作能力上都有了很大的进步，这得益于吴老师给我创造的良好机会和精心培养。我自知学识浅陋，每每感到力不从心之时，导师总是孜孜不倦的善劝诱导，鼓励我，催我奋进。导师勤勉的工作作风、渊博的知识和高尚的人格值得我终生学习。在此，我向尊敬的导师致以崇高的敬意和谢意！

在论文的形成过程中，还得到了多位专家的指导与帮助。中国农科院农经所的朱希刚研究员、张存根研究员、赵芝俊研究员、李锁平研究员、王明利博士对论文的整体思路和内容提出了许多建设性的意见。农经所浓厚的学术氛围深深的影响着我。农经所企业研究中心的胡定寰研究员、毛世平副研究员、王燕明副研究员，农经所资料室李志明老师、姚瑾老师、包菲老师，科研处高琼瑶老师、黄丽江老师亦对论文的形成提供了帮助，在这里向他们表示我诚挚的谢意！曹新明老师在论文写作及日常生活中给予我无私的帮助，在此我真诚的向她道声谢谢！

感谢科技部中国农村技术开发中心农业处的于双民处长、孙传范博士、葛毅强博士、董文女士。中国农科院研究生院的俞海峰、杨军、李聿、王志丹、何英彬、黄质平、万运帆等同学在不同方面给予我支持和帮助，在此一并表示感谢。

还要感谢研究生院各位领导和老师，在生活和学习上给我提供了便利。

最后要感谢我的母亲和诸位哥嫂，他们为了我的学业无私地从精神和生活上支持我，我至今无以回报深感内疚，愿他们永远健康快乐！同时，我还要感谢我的朋友张海清，她不断的关心、鼓励和支持是我前进的动力。

王子军

2004年6月19日

作者简历

姓 名： 王子军

性 别： 男

出生日期： 1971 年 9 月

籍 贯： 山西省太原市

教育经历

- 2001 年 9 月至 2004 年 7 月： 中国农业科学院研究生院 农业经济管理 管理学硕士
研究方向为技术经济
- 1990 年 9 月至 1994 年 7 月： 山西农业大学 农业经济系 经济学学士

发表论文

- 吴敬学，王子军，张海清. 论中国西部地区特色农业发展. 见：中国农业科学院农业经济研究所，编. 农业经济与科技发展研究. 北京：中国农业出版社，2002，248~261
- 吴敬学，王子军. 北京市的农业结构调整. 见：朱希刚等，编. 技术创新与农业结构调整. 北京：中国农业科学技术出版社，2004，372~384

参与科研课题及项目

- 2002 年 2 月—2002 年 12 月 参与中国农业科学院西部农业科技专项基金资助项目“西部地区特色农业发展战略研究”
- 2002 年 7 月—2003 年 10 月 参与科技部国家科技攻关计划课题项目“主要农作物优质高效生产技术经济评价”
- 2002 年 5 月—2003 年 11 月 分别参与中国农业大学委托项目“优质、高产玉米新品种“农大 108”的选育与推广”、“猪高产仔数 FSH β 基因及其应用技术—PCR 基因诊断盒在猪育种上的应用与推广”、“绒山羊绒毛生长机理及舍饲半舍饲营养调控技术研究”、中国农科院棉花研究所委托项目“生化辅助育种技术选育优质、多抗丰产系列新品种—中棉所 24、27、36”的科研成果经济效益分析