

An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis

(Second Edition)

效率和生产率 分析导论 (第2版)

[澳大利亚]

Timothy J. Coelli
D. S. Prasada Rao
Christopher J. O'Donnell
George E. Battese

刘大成 译

清华大学出版社

An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis

(Second Edition)

效率和生产率 分析导论 (第2版)

清华大学出版社
北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2006-6735

Translation from the English language edition:

An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis (Second Edition), by Timothy J. Coelli/D. S. Prasada Rao/Christopher J. O'Donnell/George E. Battese

Copyright ©2005 by Springer Science+Business Media, Inc.

All Rights Reserved.

本书中文简体字翻译版由德国施普林格公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

效率和生产率分析导论: 第2版/(澳)寇里(Coelli, T. J.)等著; 刘大成译. —北京: 清华大学出版社, 2009. 9

书名原文: *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis(Second Edition)*

ISBN 978-7-302-20710-8

I. 效… II. ①寇… ②刘… III. ①劳动效率—研究 ②劳动生产率—研究 IV. F242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 139557 号

责任编辑: 张秋玲 洪 英

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

装 订 者: 三河市兴旺装订有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×230 印 张: 17.5

字 数: 380 千字

版 次: 2009 年 9 月第 1 版

印 次: 2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 36.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话: 010-62770177 转 3103 产品编号: 022526-01

译者序



首次萌发要翻译本书第1版的想法是在5年前,那个时候恰好我开设一门研究生课程——企业诊断与效率改善刚满两年,经过了两年的探索,特别是当时国内同专业中只有我尝试着推出这门课程,期望把自己最新的研究工作经验直接转移到研究生的教学中去,但在后来的教学实践中发现此课程体系缺乏完备性,因此就四处寻找相关的书籍,尤其是与教学密切相关的教材类书籍。我在自己的课程设计中,把企业诊断与效率改善分解成三个主要部分:第一个是问题分析方法,主要是研究快速逼近和寻找问题的方法论;第二个是绩效测度方法,包括企业级绩效、流程级绩效和单元级绩效的测度;第三个则是效率提升的尺度预测。其中第二部分是课程的核心,是我在研究中倾注精力最多,但也是经常令我困惑的部分。就是在这个时候,我偶然在一次书展中翻阅了本书第1版,发现寇里(Coelli)等的著作恰好可以作为我的课程的先修教材,因此我毫不犹豫地把它推荐给了选修课程的学生。

非常高兴的是,这本书的确起到了我所期望的作用,也促进了学生对我的课程的理解,特别是该书突出地发挥了深入浅出的特点,甚至包括许多本科生也能由此直接理解绩效测度的方法并进入到更高的研究层次中。当我试图把这本书推荐给在职研究生和EMBA的学员时,发现如果有一本中文译本可能会让更多的人去认识它的价值,清华大学出版社的张秋玲编辑在一次会议上了解了我的想法,并积极地鼓动我把想法变为现实,我毫不犹豫地接受了她的建议。然而在翻译过程中,通过出版社了解到该书作者正在出版该书的第2版,使得我更加期待新书的更精彩的内容。当拿到新版书的时候,我认为的确值得等待,新版书保留了旧版书中的精华,并用新的方法和实验替代了那些过时的内容,我们重新开始了翻译的历程,这期间又过去了两年。

书中的各个部分相互呼应应得十分紧密,前后都系统概要地总结了核心章节的内容,我在此不再一一介绍。只是要向读者说明,这是一本导论式的教材,也很容易让您将介绍的4种定量测度方法结合到身边的实际工作中,我也期待您通过此书进入到关心效率、关注改善的研究和实践中去。

与翻译过程相伴的是,我把书中许多精彩的内容分解成独立的论文,发给研究小组和选修课程的研究生,供他们阅读,也请他们通过翻译来把握细节,因此,本书翻译工作中的许多

篇幅都有他们的心血。当然,由于课程的安排,本书毕竟只是课程中一部分内容的引导教材,因此按照课程的时间安排,翻译的速度也相应地受到了一定的影响,但本书第2版的内容却没有过时,这依然是一本值得认真阅读的好书。

在此,除了要感谢原书作者的生花妙笔,以及清华大学出版社和张秋玲编辑的催人奋进,还要感谢直接翻译了部分章节的众多研究生。首先要提到的是于超,他统审了大部分章节并给出了中肯的意见;还有丁迎蓓,她一贯的通宵达旦的工作作风让本书的付梓提前了许多;还要重点提及的有谭显春、张轶华、房乐、王慧竹、姜汉、金小伟和李丹,他们的努力直接帮助了我的翻译工作。

刘大成

2009年8月于清华园



献给：米雪，维萨拉，安德瑞妮和玛芮莲

本书第2版的作者与第1版的作者相同。本书是为那些希望研究效率和生产率分析的读者作为“第一级台阶”而著作的。书中对涉及的4种主要方法提供了一个易于接受的导论：平均响应模型的计量经济学估计、指数、数据包络分析(DEA)和随机前沿面分析(SFA)。本书详细介绍了各个方法的基本概念及其简单的数值实例，讨论了这些基本方法的重要拓展，并提供了进一步阅读的参考书籍。另外，本书还详细论述了使用大量实际数据的真实案例。

本书可以作为一本教材，也可以作为一本参考书籍。作为教材，对一个学期的课程而言内容覆盖太多，由此多数教师在课程规划中只选取其中的部分章节。如在经济学专业的研究生课程设计中，可以跳过作为生产经济学综述的第2章。然而，第2章对于本科生及其他商业管理、卫生研究等专业的研究生依然是非常有用的。

近几年，在绩效测度方面也出版了几本非常不错的著作，包括 Färe、Grosskopf 和 Lovell(1985,1994), Fried、Lovell 和 Schmidt(1993), Charnes 等(1995), Färe、Grosskopf 和 Russell(1998), Kumbhakar 和 Lovell(2000)。本书不是为了与这些书一较短长，而是给初学者学习的相关内容建立一个与许多高水平著作和期刊文章衔接的桥梁。

我们确信，本书第2版在该研究领域内仍然是一本别具风格的书籍：

(1) 本书是一本导论性的教材。

(2) 本书详细讨论和比较了关于效率和生产率分析的4个主要方法。

(3) 本书详细论述了4个方法实施的计算机程序。本书还提供了 SHAZAM(统计软件)、LIMDEP(经济计量分析软件)、TFPIP(效率测度软件)、DEAP(数据包络分析软件)和 FRONTIER(随机前沿函数分析软件)等计算机软件程序的指令和输出清单。读者如果需要更全面的数据和计算机指令文件清单可以到 <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/crob2005> 网址上检索。

本书的第1版出版于1998年，当时，书中的内容是由澳大利亚效率与生产率分析中心(CEPA)在20世纪90年代中期为许多政府机构开设的短期课程班的系列讲义而组成的。本书第1版的成功出版很大程度归功于本书的重点是为实践者(而不是学术机构的理论家)

提供信息,也归功于那些参加最早的短期课程班学员们提出的有价值的反馈信息和宝贵建议。

而后我们一直把本书的第1版作为效率与生产率分析中心为商业及政府开设的短期课程的讲义。然而近年来,为了反映本领域自1998年以来的重大进展,我们在这些课程中不断增加的额外素材越来越多。因此,当出版社鼓动我们编写第2版的时候,我们也渴望把握这次机会用新的素材来充实这本书。我们期望通过更新一些原有内容来反映出我们对许多主题的更为成熟的理解,并融入了过去7年内许多读者和短期课程学员所提出的那些非常好的建议。

对本书第1版熟悉的读者会发现在第2版中有许多变化。在结构上,本书将许多章节的内容重新组织,使得在经济学方法和经验性方法的排序上更为逻辑化。书中还提供了大量新的经验性实例,并在数据测度专题(第5章)和平均响应函数的经济计量学估计(第8章)中设立了独立的章节。

本书还增加了一些内容。例如,参数方法一节修改后,涵盖了置信区间法、检验与施加正则性条件法和贝叶斯(Bayes)方法。数据包络分析一节修改后,包括了权重设限法、超效率法、拔靴法(bootstrap,也称靴环法、自助法)、短期成本最小法和利润最大法。另外,生产率增长一节修改后,包括了影子价格和规模效应。

我们感谢那些通过评论、反馈、讨论来提高我们对本书内容的理解的朋友,特别感谢CEPA最近的来访者。他们是Knox Lovell、Bert Balk、Erwin Diewert、Rolf Färe和Shawna Grosskopf。Rolf和Shawna在本书截稿前的最后几周来访时,花费了宝贵的时间阅读了大量的原稿并给出了有价值的评论。

最后,我们希望本书对各位读者的学习和研究有所帮助,也期待您对于本书第2版的评论和反馈。

迪摩西·J.寇里

普拉萨达·饶

克里斯多佛·J.奥东奈尔

乔治·E.巴第斯

昆士兰大学效率与生产率分析中心

布里斯班市,澳大利亚

目



第 1 章 引言	1
1.1 简介	1
1.2 部分非正式的定义	2
1.3 方法综述	4
1.4 本书大纲	5
1.5 您的经济学知识背景是什么	6
第 2 章 生产经济学综述	7
2.1 简介	7
2.2 生产函数	8
2.2.1 性质	8
2.2.2 关注的量值	10
2.2.3 实例	12
2.2.4 短期生产函数	13
2.3 转换函数	14
2.4 成本函数	14
2.4.1 案例	15
2.4.2 性质	16
2.4.3 派生条件投入需求方程	17
2.4.4 短期成本函数	18
2.4.5 边际成本和平均成本	19
2.4.6 经济规模量和经济范围量	21
2.5 收益函数	22
2.6 利润函数	23

2.6.1	两个示例	24
2.6.2	性质	26
2.6.3	派生投入需求和产出供给方程	27
2.6.4	限制性利润函数	28
2.7	结论	29
第3章	生产率和效率测量概念	30
3.1	引言	30
3.2	生产技术的集合理论表述	31
3.2.1	产出集合	31
3.2.2	投入集合	32
3.2.3	生产可能曲线和收益最大化	32
3.3	产出距离函数和投入距离函数	33
3.3.1	产出距离函数	34
3.3.2	投入距离函数	35
3.4	用距离、成本、收益函数进行效率测量	36
3.4.1	面向投入的测量	37
3.4.2	面向产出的测量	38
3.4.3	规模效率	40
3.5	生产率和生产率改变的测量	43
3.5.1	生产率水平的测量和比较	43
3.5.2	生产率改变和全要素生产率指数的测量	45
3.6	结论	56
第4章	指数与生产效率测度	58
4.1	引言	58
4.2	概念框架与符号	59
4.3	价格指数公式	60
4.4	数量指数	62
4.4.1	直接方法	62
4.4.2	间接方法	63
4.5	指数性质: 检验方法	65
4.6	经济学理论方法	67
4.6.1	产出价格指数	68
4.6.2	投入价格指数	72

4.6.3 产出数量指数	74
4.6.4 投入数量指数	76
4.7 一个简单的数值案例	77
4.8 多边比较中的传递性	80
4.9 用指数测量 TFP 的变化	82
4.9.1 双边比较	82
4.9.2 多边生产率比较	84
4.9.3 一个简单的数字演示: TFP 计算	85
4.10 实验应用: 澳大利亚国家铁路	88
4.11 结论	92
第 5 章 数据与测度	94
5.1 引言	94
5.2 产出	95
5.2.1 企业级产出测度的分析	95
5.2.2 服务业产出的测度	97
5.2.3 产出测度和质量差异	98
5.3 投入	100
5.3.1 劳动力	100
5.3.2 资本投入: 股本、资本服务流和用户成本	102
5.4 价格	107
5.5 随时间推移而进行的比较	108
5.6 部门间或经济区间的总产出比较	110
5.7 生产率的跨国比较	110
5.8 数据编辑以及误差	112
5.9 结论	113
第 6 章 数据包络分析	114
6.1 引言	114
6.2 规模报酬不变的数据包络分析模型	114
6.2.1 关于松弛因子的题外话	116
6.2.2 一个简单的数值算例	117
6.2.3 DEA 的程序计算	119
6.3 规模报酬可变模型和规模效率	123
6.3.1 规模效率的计算	124

6.3.2	规模报酬的本质	125
6.3.3	算例 2	125
6.4	面向投入和面向产出	131
6.5	结论	132
第 7 章	数据包络分析的拓展	133
7.1	引言	133
7.2	价格信息和配置效率	133
7.2.1	成本最小化	133
7.2.2	收益最大化	134
7.2.3	利润最大化	134
7.2.4	一个 CRS 成本效率的 DEA 算例	135
7.3	非任意变量	137
7.4	根据环境进行的调整	138
7.5	投入拥塞	142
7.6	松弛处理	143
7.7	其他方法	145
7.7.1	权重约束	145
7.7.2	超效率	145
7.7.3	拔靴法	146
7.8	实践应用: 澳大利亚的高校	147
7.9	结论	150
第 8 章	生产技术的计量经济学估计	152
8.1	引言	152
8.2	生产、成本和利润函数	153
8.2.1	一般函数形式	153
8.2.2	技术进步的说明	155
8.3	单等式估计	156
8.3.1	最小二乘 (OLS) 估计	157
8.3.2	最大似然估计	158
8.3.3	非线性模型估计	159
8.4	等式约束	161
8.5	假设检验	163
8.6	系统估计	165

8.7 不等式约束	168
8.8 贝叶斯方法	170
8.8.1 贝叶斯理论	171
8.8.2 确定先验概率密度函数	171
8.8.3 获得后验概率密度函数	172
8.8.4 点估计和区间估计	172
8.9 仿真方法	173
8.9.1 获得独立观察值/点的方法	174
8.9.2 马尔科夫链·蒙特卡罗方法	175
8.10 结论	177
第9章 随机前沿面分析	178
9.1 引言	178
9.2 随机生产前沿面	179
9.3 估计参量	181
9.3.1 半正态模型	181
9.3.2 其他模型	187
9.4 技术效率预测	189
9.4.1 特定公司的效率	189
9.4.2 产业效率	191
9.5 假设检验	192
9.6 结论	194
第10章 随机前沿面分析的拓展	195
10.1 引言	195
10.2 距离函数	195
10.3 成本前沿面	197
10.4 成本效率分解	200
10.5 规模效率	203
10.6 平板数据模型	205
10.6.1 时间不变的无效率模型	205
10.6.2 随时间变化的无效率模型	207
10.7 生产环境的说明	209
10.7.1 非随机环境变量	210
10.7.2 生产风险	211

10.8 贝叶斯方法.....	212
10.9 结论.....	215
第 11 章 使用前沿面方法计算和分解生产率变化	216
11.1 引言.....	216
11.2 Malmquist TFP 指数和面板数据	217
11.3 使用 DEA 前沿面方法计算	219
11.4 使用随机前沿面分析方法进行计算.....	225
11.5 一个应用实例.....	227
11.6 结论.....	233
第 12 章 结论	234
12.1 方法的摘要.....	234
12.2 方法的相关优点.....	235
12.3 结论.....	236
附录 A 计算机软件包.....	238
A.1 DEAP 2.1 版: 一个数据包络分析的(计算机)程序	238
A.2 TFPIP 1.0 版: 一个全要素生产率指数的(计算机)程序	242
附录 B 菲律宾稻米数据	244
参考文献.....	247
主要术语.....	260

引 言

1.1 简 介

本书主要讨论能将投入转为产出的企业的绩效测度。例如,一个生产衬衫的公司,使用原材料、劳动力和资本(投入)来生产衬衫(产出),该公司的绩效可以用多种方法定义。常用的绩效测度是生产率,即产出-投入比,比率越大,绩效越好。绩效是一个相对的概念。例如,一个公司 2004 年的绩效可以与其 2003 年的绩效来对比测度,也可以与 2004 年其他公司的绩效进行对比性测度。

本书所讨论的绩效测度方法可以应用到各种不同类型的公司中^①。它们既可以应用在私营制造型企业,如上面示例中提及的工厂;也可以应用在一些服务型产业,如旅游代理和餐馆。这些方法还可以用在分析某个特定公司内部部门(如银行分理处、快餐连锁店以及零售店)的相对绩效。绩效测度方法还可以应用于学校和医院等非营利性组织。

前面讨论的例子都是微观层面的。这些方法也可以用在更高层面的总体绩效比较上。例如,可以有望比较一个跨时间或者跨地域(如镇、县、市、州、国家)的产业的绩效。

本书中讨论了不同绩效测度方法的使用及其相互间的相对优劣。不同方法的区别在于测度的种类、需求的数据,以及根据生产技术结构和决策者的经济行为而作出的假设。有些

^① 在有些书中,关于生产率和绩效分析中描述生产的实体时,当用“公司”这个术语进行描述并不完全适合时,可以用有些宽泛的术语——决策单元来描述生产单元。例如,在比较一个多种设备的发电厂或者一个很大的银行组织中的某个分理处的绩效时,考虑的对象就是公司的一部分而不是整个公司。本书中用“公司”来描述任何的决策单元,请读者在阅读本书的后续章节时也记住这个常用的定义。

方法只需要投入量和产出量的数据;而有些方法则需要价格数据和不同的行为假设,如成本最小化、利润最大化等。

然而在深入讨论这些方法之前,有必要提出部分术语的非正式定义。这些术语的定义尽管不是非常准确,但对于刚刚进入这个领域的读者来说,这些术语的定义已经足够让你管中窥豹。而后介绍的是本书的内容结构以及本书所涉及的主要绩效评价的方法。

1.2 部分非正式的定义

本节提出部分本书经常使用的术语的非正式定义。在后续章节中将会提供术语的准确定义。这些术语包括:

- (1) 生产率;
- (2) 技术效率;
- (3) 配置效率;
- (4) 技术进步;
- (5) 规模经济;
- (6) 全要素生产率(total factor productivity, TFP);
- (7) 生产前沿面;
- (8) 生产可行集。

从定义企业的生产率开始,一个企业的生产率可以定义为企业的产出和投入的比例,即

$$\text{生产率} = \text{产出} / \text{投入} \quad (1.1)$$

当生产过程是单投入和单产出时,生产率的计算很简单。但是当多于一个投入时(这是最常见的情况),可以使用一种把多种投入聚合成投入的单一指数的方法来得到生产率的比率测度^①。本书中将会讨论一些聚合多投入(和/或多产出)的方法来构造生产率的测度。

当谈及生产率时,指的是全要素生产率,即一种包括生产所有要素的生产率测度方法^②。其他的传统生产率测度方法,如工厂中劳动生产率的测度、发电站的燃料生产率以及农场的土地生产率(收益),一般被称为部分生产率测度。在单独考虑这些部分生产率时,这些部分生产率的测度往往会对全要素生产率产生误导。

近10年中,生产率和效率的词汇在各种媒体的评论中被频繁使用。使用时它们经常被互换,但遗憾的是这两个术语并不是精确地相同。这里可以用一个单投入(x)单产出(y)的

① 同样的问题也会出现在多产出时。

② 也包括多产出中的所有产出。

简单生产过程来说明两者的不同。图 1.1 中的 OF' 线表示的是生产前沿面 (production frontier, 也称生产边界), 它可以用来定义投入和产出的关系。生产前沿面表示的是对于不同水平的投入可以获得的最大产出水平。因此反映的是当前产业的技术现状, 后续章节将介绍关于它更多的特性。如果在这个产业中公司是技术有效的, 那么它将在生产前沿面上运行; 如果不是技术有效的, 将在生产前沿面下部运行。A 代表无效率的, B、C 都表示有效率。在 A 点运行的企业是无效率的, 因为技术上存在在不增加投入的情况下, 公司可以将其产出提高到 B 点^①。

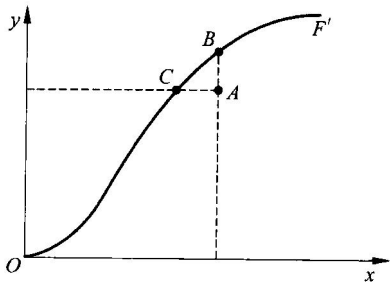


图 1.1 生产前沿面和技术效率

也可以用图 1.1 来描述生产可行集的概念, 它是所有可行的投入-产出的集合。这个集合包括生产前沿面、 OF' 和 x 轴 (包含边界) 中间的所有点^②。生产前沿面上的点定义了生产可行集的有效子集。当后续章节中讨论多投入多产出的生产以及距离函数的使用时, 生产技术的集合表示就体现出了优势。

图 1.2 阐述了技术效率和生产率的区别。图中用从原点出发的射线来表示某个特定点的生产率, 射线的斜率 y/x 就是生产率。如果一个在 A 点运行的公司变为到技术效率 B 点运行, 射线的斜率更大, 意味着 B 点处具有更高的生产率。然而移动到 C 点时, 射线是生产前沿面的切线, 斜率代表最大可能生产率。后者的这种移动是一种得到规模经济的实例, C 点就是 (技术的) 最优规模点。在生产前沿面上的其他各点运行都会导致更低的效率。

通过这些讨论, 有如下结论: 当一个企业是技术有效率时, 它依然有可能通过实现规模经济来提高生产率。但是由于企业运行规模的改变不是很快能够达到的, 所以在有些情况下, 技术效率和生产率依然可以被设定长期和短期的定义。

上面的讨论没有包含时间要素。当考虑不同时间的生产率比较时, 可能会有另外一个引起生产率变化的要素, 即技术进步。可以通过生产前沿面的上移来表示技术进步。图 1.3 中,

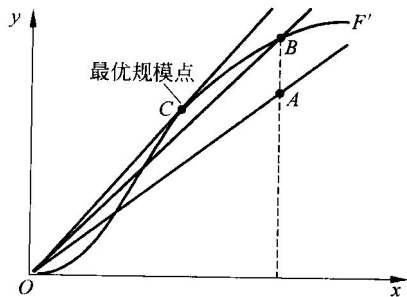


图 1.2 生产率、技术效率和规模经济

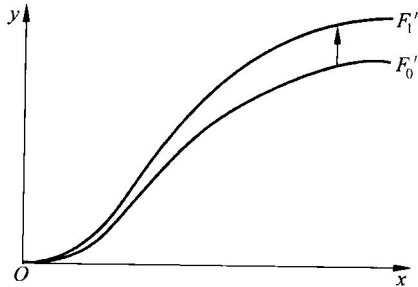


图 1.3 两个时段的技术进步

① 或者说可以用更少的投入生产出相同水平的产出 (如生产前沿面上的 C 点)。

② 注意这个生产集合的定义假设了投入和产出的可自由处置性, 后续章节将深入讨论这些问题。

生产前沿面由第0时段的 OF_0' 到第1时段的 OF_1' 的移动就表示了技术进步。相对于第0时段而言,在第1时段,对于每个投入水平,所有企业都会由于技术进步而生产出更多的产出。给出一个技术进步的实例,在一个火力发电厂中新燃料炉的安装就突破了先前的技术约束而提高了潜在的生产率^①。

当观察到一个企业从某一年到下一年提高了生产率时,这种提高可以不仅仅是来自于效率的改善,也可以是因为技术进步、采用规模经济或者上面3个要素共同作用的结果。

到此为止,所有讨论都涉及了物理上的具体数量及其技术关系,但还没有讨论诸如成本和利润等问题。当价格信息已知,且有合适的行为假设,如成本最小化或利润最大化,就可以结合这些信息实现绩效测度。在这种情况下可以考虑用配置效率作为技术效率的补充。在投入选择上的配置效率是指在以最小成本(给定投入的主导价格)生产给定产出量的情况下实现投入(如劳力和资本)的不同组合的选择。配置效率和技术效率可以联合提供一个全面经济效率测度^②。

在介绍了这些有用的非正式定义后,接下来简要介绍本书的结构和后面章节将要介绍的主要方法。

1.3 方法综述

本书主要讨论了4种主要方法:

- (1) 最小二乘计量经济生产模型(least-squares econometric production models);
- (2) 全要素生产率(total factor productivity, TFP)指数法;
- (3) 数据包络分析(data envelopment analysis, DEA);
- (4) 随机前沿面法(stochastic frontier)。

前两种方法经常应用于总计时间序列数据,并提供技术进步和/或全要素生产率的测度,这两种方法都假设所有企业是技术有效的。另一方面,方法(3)和方法(4)则更多应用于企业的一个抽样点(某一时间点)的数据上,并提供这些企业间的相对效率的测度。因此后两种方法并没有假设所有企业都是技术有效的。然而,TFP指数法也可以用来比较某一时间点一组企业的相对生产率。当面板数据(panel data,也称追逐数据)已知时,DEA方法和随机前沿面法也可以用来测度技术进步和效率变化。

因此,通过上面分析可以知道,这4种方法可以根据其是否承认无效率来进行分组。另外一个对方法划分成组的途径是,方法(1)和方法(4)涉及的是参数函数的计量经济估计,而

① 这是一个嵌入式技术进步的实例,其中技术进步嵌入在资本投入中,非嵌入的技术进步也是可能的,一个例子就是近几十年豆类/小麦的轮作技术在农业的引入。

② 在多产出的产业中,也应该考虑在产出组合中的配置效率。