

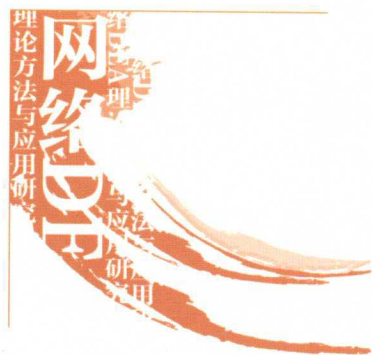


“十三五”国家重点出版物出版规划项目

 转型时代的中国财经战略论丛 

网络DEA理论方法与应用研究

石 晓 著



中国财经出版传媒集团

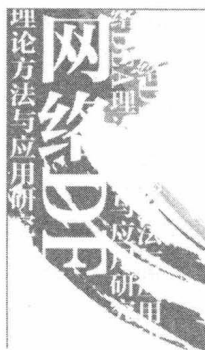
 经济科学出版社
Economic Science Press

出版物出版规划项目

中国财经战略论丛

网络DEA理论方法与应用研究

石晓 著



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

网络 DEA 理论方法与应用研究/石晓著. —北京:
经济科学出版社, 2018. 12

(转型时代的中国财经战略论丛)

ISBN 978 - 7 - 5218 - 0147 - 7

I. ①网… II. ①石… III. ①网络结构 - 数据处理 -
研究 IV. ①TP393.02②TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 011850 号

责任编辑: 周秀霞

责任校对: 靳玉环

责任印制: 李 鹏

网络 DEA 理论方法与应用研究

石 晓 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http://jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京季蜂印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 15.25 印张 240000 字

2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5218 - 0147 - 7 定价: 54.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 打击盗版 举报热线: 010 - 88191661)

QQ: 2242791300 营销中心电话: 010 - 88191537

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

总 序

转型时代的中国财经战略论丛

山东财经大学《转型时代的中国财经战略论丛》(以下简称《论丛》)系列学术专著是“‘十三五’国家重点出版物出版规划项目”,是山东财经大学与经济科学出版社合作推出的系列学术专著。

山东财经大学是一所办学历史悠久、办学规模较大、办学特色鲜明,以经济学科和管理学科为主,兼有文学、法学、理学、工学、教育学、艺术学八大学科门类,在国内外具有较高声誉和知名度的财经类大学。学校于2011年7月4日由原山东经济学院和原山东财政学院合并组建而成,2012年6月9日正式揭牌。2012年8月23日,财政部、教育部、山东省人民政府在济南签署了共同建设山东财经大学的协议。2013年7月,经国务院学位委员会批准,学校获得博士学位授予权。2013年12月,学校入选山东省“省部共建人才培养特色名校立项建设单位”。

党的十九大以来,学校科研整体水平得到较大跃升,教师从事科学研究的能动性显著增强,科研体制机制改革更加深入。近三年来,全校共获批国家级项目103项,教育部及其他省部级课题311项。学校参与了国家级协同创新平台中国财政发展2011协同创新中心、中国会计发展2011协同创新中心,承担建设各类省部级以上平台29个。学校高度重视服务地方经济社会发展,立足山东、面向全国,主动对接“一带一路”、新旧动能转换、乡村振兴等国家及区域重大发展战略,建立和完善科研科技创新体系,通过政产学研用的创新合作,以政府、企业和区域经济发展需求为导向,采取多种形式,充分发挥专业学科和人才优势为政府和地方经济社会建设服务,每年签订横向委托项目100余项。学校的发展为教师从事科学研究提供了广阔的平台,创造了良好的学术

生态。

习近平总书记在全国教育大会上的重要讲话，从党和国家事业发展战略全局的战略高度，对新时代教育工作进行了全面、系统、深入的阐述和部署，为我们的科研工作提供了根本遵循和行动指南。习近平总书记在庆祝改革开放40周年大会上的重要讲话，发出了新时代改革开放再出发的宣言书和动员令，更是对高校的发展提出了新的目标要求。在此背景下，《论丛》集中反映了我校学术前沿水平、体现相关领域高水准的创新成果，《论丛》的出版能够更好地服务我校一流学科建设，展现我校“特色名校工程”建设成效和进展。同时，《论丛》的出版也有助于鼓励我校广大教师潜心治学，扎实研究，充分发挥优秀成果和优秀人才的示范引领作用，推进学科体系、学术观点、科研方法创新，推动我校科学研究事业进一步繁荣发展。

伴随着中国经济改革和发展的进程，我们期待着山东财经大学有更多更好的学术成果问世。

山东财经大学校长



2018年12月28日

前 言

转型时代的中国财经战略论丛

在实际生产活动中，许多决策单元往往具有网络生产结构，比如银行、医院、保险公司、机场、铁路等。对这些决策单元的效率求解以及对这些决策单元进行排名一直受到海内外学者以及企业决策者的关注。数据包络分析（Data Envelopment Analysis, DEA）方法，作为一种非参数的方法，有无须预先设定生产函数的参数以及无须预先设定投入产出权重等优点。因此，自1978年被提出以来，DEA方法受到越来越多学者的关注，同时也在许多领域被广泛应用。本书以具有网络结构的决策单元为研究对象，以现有的网络DEA模型为基础，研究具有网络结构的决策单元的排名区间问题以及网络结构效率的效率评价问题，并且将网络DEA方法应用到环境效率以及并购效率评估领域。因此，本书有效拓展了网络DEA理论并推动了相关应用研究的深入。

本书一共分为十章，主要内容总结如下：

第1章是绪论。首先，我们介绍了有关DEA的基本理论：即投入和产出、决策单元、生产可能集、生产前沿面和效率等基本概念；使用DEA方法做效率评价的基本思路；一些最基本的DEA模型以及DEA方法的应用。然后，引入本书的主要研究领域——网络DEA的理论方法以及应用。我们介绍了网络DEA理论的研究意义、研究现状以及应用领域。最后，我们概括了本书的研究方法、研究内容和研究意义。

第2章是基于两阶段关系模型的环境效率评价方法。在实际的生产过程中，决策单元往往具有两阶段的网络结构。比如说，中国区域工业系统由生产子系统和污染物处理子系统两个串行子系统构成。针对此种具有网络结构的决策单元的环境效率评估问题，本章将两阶段关系模型引入环境效率评估，构建出新的基于两阶段关系模型的环境效率评估模

型。中国各个省份的工业系统的算例验证了提出模型的合理性。

第3章是考虑决策者偏好的网络SBM模型的环境效率评价。中国将资源节约和环境保护写进法律，目标是逐步构建资源节约型、环境友好型社会。在中国，资源节约和环境保护同等重要。本章考虑每个区域工业系统的内在网络结构，以及中国的资源利用和环境保护的政策，同时弥补了以往使用网络DEA模型评估环境效率时使投入和产出仅仅径向投影的缺陷。本章提出了一个新的网络SBM模型(NSBM)。这个模型考虑了投入产出以及中间产品的非径向投影以及中国现有的资源环境政策，测度中国区域工业系统的环境效率，并做了实证分析。

第4章是基于两阶段排名区间的分析方法。传统的DEA模型在评估每个决策单元的效率值时仅仅寻找其最优的权重，萨罗和彭卡(Salo & Punkka, 2011)为了解决这个问题，提出了考虑所有可行的权重的一系列混合整型模型。但是他们将每个决策单元视为一个“黑盒子”而忽视了决策单元的内部结构。针对此问题，本章提出了基于两阶段排名区间的分析方法，这种新的方法考虑了决策单元的网络结构，不仅计算了总系统的排名区间，而且计算了两个子系统的排名区间。并且，计算出的排名区间可以用来分析总系统和两个子系统排名的稳定性。我们用了两个算例来演示模型。

第5章是两阶段生产系统的效率区间。对于每个决策单元，为了求解最高效率值，传统DEA模型寻找最有利于自己的权重。这些效率值接着被用来对决策单元进行排名。从标准模型中得到效率值的缺点是根据最有利于自己的权重得到的效率值而忽略了其他可行权重值。为了解决这个问题，萨罗和彭卡(2011)将每个决策单元视为一个“黑盒子”，提出了基于所有可行的权重求解每个决策单元的效率区间。在许多现实生活应用中，很多决策单元有两阶段生产结构。在本章中，我们将萨罗和彭卡的模型扩展到两阶段生产系统这样更常见更实际的情形。本章提出的方法可以计算出每个决策单元的总系统和两个子系统的效率区间。我们将本章提出的方法应用到非寿险保险公司，验证该方法的适用性，并表明该方法的有效性。

第6章是非合作博弈两阶段生产系统DEA并购效率评价。如何选择并购对象及预测并购可行性是企业管理者在并购决策过程中常面临的问题。针对企业并购预测问题，本章以两阶段生产系统的决策单元为研

研究对象, 研究数据包络分析方法在预测并购可行性方面的应用。该生产系统有两个明显的特点: (1) 决策单元由两个阶段串行子系统构成; (2) 两个子系统一个处于主导地位, 而另一个处于从属地位。两个或者两个以上决策单元并购为一个虚拟决策单元。本章在分析由决策单元整体效率与其子系统效率之间关系的基础上, 引入非合作博弈的思想, 提出了基于非合作博弈的 DEA 模型评估虚拟决策单元两阶段生产系统的并购效率。本章提出的这种方法能够在考虑子系统之间的主从关系的基础上, 有效地分析虚拟决策单元内部子系统的并购有效性水平。

第 7 章是基于新的两阶段成本效率 DEA 模型评估银行并购的潜在获利。本章提出一个新的两阶段成本效率 DEA 模型评估和分解并购 (M&A) 的潜在获利。在此模型中, 一个虚拟决策单元 (hypothetical DMU) 被定义为两个或多个候选决策单元 (candidate DMU) 的组合。此虚拟决策单元可能会面临一个问题: 超出传统的生产可能集 (Production Possibility Set, PPS)。为了解决此问题, 我们构造一个并购生产可能集 (PPSM)。如此, 模型就可以在保持它的产出在现有水平的情况下最小化虚拟决策单元的总成本。总并购效率的评估可以通过将它最小总成本除以它的实际成本。更重要的是, 总并购效率可以进一步分解为技术效率 (technical efficiency)、协同效率 (harmony efficiency) 和规模效率 (scale efficiency)。此模型可以进一步扩展到两阶段生产系统, 这些效率可以进一步分解到每个子系统。为了验证提出的方法的有效性, 我们将提出的模型应用到中国最具有竞争力的 20 家城市商业银行。得出以下结论: (1) 虚拟并购决策单元存在大量潜在并购获利。(2) 潜在获利主要来源于技术效率和协同效率。(3) 规模效应对并购产生反作用, 意味着全面并购并不是并购的一个好的选择。

第 8 章是基于斯坦伯格博弈理论的模糊平行系统 DEA 绩效评价模型。本章基于斯坦伯格博弈理论研究了具有两个子系统的平行系统的模糊绩效评价问题。这些具有平行系统的决策单元的一些投入/产出是模糊数据。传统的 DEA 模型将决策单元视为“黑盒子”。在本章中, 我们提出了一种新的平行系统模糊 DEA 模型来计算各决策单元的整个系统及其子系统的效率值。通过斯坦伯格 (领导者—跟随者) 博弈理论, 我们将每个决策单元的总系统效率分解为一组子系统的效率值的乘积。这种方法独立于 α -cut, 因此减少了计算量。为了演示我们的方法, 我

们使用比斯莱 (Beasley, 1995) 的数据来衡量英国大学化学系的教学和研究的模糊效率。

第 9 章是基于集中式 DEA 模型决定最优碳税率。政策制定者经常有多个目标, 一个既定的税收政策可能会使某些目标实现, 而阻碍其他目标的实现。本章考察了碳税政策在减少碳排放、增加政府收入、减少政府支出等方面的作用。为了选择能够达到综合效果的最优碳税率, 我们将该问题视为多准则决策问题, 采用 DEA 分析的评价方法来解决该问题。

第 10 章是全书总结和展望。首先对前面各个章节的内容进行总结、归纳; 然后列出本书的主要创新点和不足; 最后根据本书的不足之处指出了几个未来可以研究的后续问题。

本书的创新性总结为以下几个方面:

(1) 本书首次将两阶段关系模型引入环境效率评估, 构建出新的基于两阶段关系模型的环境效率评估模型, 并且将两阶段关系模型从规模报酬不变的情形扩展到规模报酬可变的情形, 启发式搜索的方法 (heuristic search procedure) 被用来求解新提出的模型。

(2) 与以往将每个地区的工业系统视为一个“黑盒子”不同, 我们将中国每个地区的工业系统分为生产子系统和污染物处理子系统。考虑每个区域工业系统的内在网络结构以及中国的资源利用和环境保护的政策, 本书提出了一个新的网络 SBM 模型 (NSBM) 测度中国区域工业系统的环境效率, 这个模型考虑了每个子系统中投入和非期望产出的相对重要性来体现决策者偏好或中国的资源环境政策。

(3) 在本书中, 通过考虑决策单元的内部结构扩展了萨罗和彭卡的方法。我们将它们的方法扩展到两阶段生产系统, 计算两阶段生产系统的排名区间。然后, 我们通过使用已有文献中的算例验证了这种方法。因此, 通过这种方法, 决策单元的“黑盒子”被打开了。这样, 可以为决策者提供更多关于总系统和两个子系统排名区间的信息。

(4) 本书通过考虑决策单元的内部结构扩展了萨罗和彭卡的方法。本书将他们的方法扩展到两阶段生产系统, 计算两阶段生产系统的排名区间。然后, 通过使用已有文献中的算例验证了这种方法。因此, 通过本书提出的这种方法, 决策单元的“黑盒子”被打开了。这样, 可以为决策者提供更多关于总系统和两个子系统排名区间的信息。

(5) 针对以前的 DEA 文献中，每个决策单元都使用最有利于自己的权重进行效率评价。然而，它忽略了其他可行的权重。为了克服这个问题，萨罗和彭卡将每个决策单元都视为一个“黑盒子”，并在考虑所有可行权重的前提下提出了一系列模型来求解效率区间。本书通过考虑决策单元的内部结构，对萨罗和彭卡的模型进行了扩展。我们扩展了他们的方法来计算两阶段生产系统的效率区间。因此，“黑盒子”被打开，可以为更加有效地计算整个系统和两个子系统的效率区间，从而为决策者提供更准确决策信息。

(6) 为解决具有网络结构的决策单元内部各子系统之间可能存在主从的非合作博弈关系的并购效率评估问题，本书将非合作博弈思想引入，首次提出了两阶段的非合作博弈并购效率评价模型。这种方法能够有效地处理具有主从博弈子系统的网络生产系统的并购效率评价问题。

(7) 本书提出了一种新的规模报酬可变假设下成本效率两阶段模型，以评估虚拟决策单元潜在的并购效率，并定义整个系统和两个子系统的并购效率。该方法被应用到中国前 20 名最有竞争力的城市商业银行以评估潜在的并购获利。应用这个方法的时候，我们可能会面临一个问题：虚拟决策单元可能超出规模报酬可变假设下的生产前沿面。为了解决这个问题，我们在传统的生产可能集中加入所有可能的虚拟决策单元以构建并购生产可能集 (PPS_M)。然后，我们讨论了将总系统和两个子系统的并购效率分解为技术效率和纯并购效率，然后将纯并购效率分解为协同效率和规模效率。将所提出的方法应用 190 个由城市商业银行并购而成的虚拟决策单元的并购效率评价中（每个并购活动涉及两个银行的合并）。

(8) 传统的 DEA 模型将决策单元视为“黑盒子”，忽视了决策单元的内部结构。在本书中，我们提出了一种新的基于斯坦伯格博弈的具有模糊投入和产出的平行系统的 DEA 模型。本书第一次将斯坦伯格博弈理论引入模糊平行系统效率评估。本书采用梯形模糊数 (TrFNs) 对模糊投入和产出进行建模，另外引入斯坦伯格博弈理论，对每个决策单元的平行系统的效率值进行排序并依次将总系统效率值分解为一组子系统的效率值的乘积。效率值的上下界也可以由提出的平行模糊 DEA 模型计算。本书中，以比斯莱 (1995) 及高强和林佩黄 (Kao & Lin, 2012) 为例说明了我们的方法。

(9) 我们在制定环境政策决策时考虑了政府的多个目标。在大多数讨论政府环境政策的文献中，他们假设政府制定政策策略时只考虑一个目标，即最大化社会冲突或最小化碳排放。而在本书中，我们考虑了政府收入、政府支出和碳排放三个目标，并利用 DEA 方法找到最合适的税率来实现这三个目标的综合效益。然后，我们提出了一个三步决策框架来确定政府最优碳税率。此外，本书还考虑了两种不同的情况。在第一个情况中，我们关注一家公司的政府碳税政策。我们发现，无论政府的偏好是什么，政府都可能设定高税率。而在第二种情况下，我们扩展了目前的模型来关注政府对两家公司的不同政策。我们发现，在不同的偏好结构下，政府可能会根据三个目标的综合影响做出不同的政策决策。

目 录

转型时代的中国财经战略论丛

第1章 绪论	1
1.1 数据包络分析基本理论	1
1.2 网络 DEA 理论的研究意义以及研究现状	14
1.3 研究方法、研究内容和研究意义	19
第2章 基于两阶段关系模型的环境效率评价方法	23
2.1 背景介绍及文献回顾	24
2.2 模型回顾	26
2.3 基于两阶段关系模型的环境效率评价	27
2.4 算例	31
2.5 本章小结	37
第3章 考虑决策者偏好的网络 SBM 模型的环境效率评价	38
3.1 研究背景和研究现状	38
3.2 考虑决策者偏好的网络 SBM 模型的环境效率评价	42
3.3 模型应用与分析	49
3.4 本章小结	61
第4章 基于两阶段排名区间的分析方法	62
4.1 研究背景和现状	62
4.2 传统排名区间模型	64
4.3 基于两阶段的排名区间	66

4.4	扩展到多阶段生产系统	74
4.5	应用演示	79
4.6	本章小结	88
第5章	两阶段生产系统的效率区间	90
5.1	引言	90
5.2	萨罗和彭卡的效率区间	92
5.3	两阶段生产系统的效率区间	95
5.4	算例	98
5.5	结论	103
第6章	非合作博弈两阶段生产系统 DEA 并购效率评价	104
6.1	研究背景和问题提出	104
6.2	两阶段 DEA 并购效率评价	106
6.3	算例	114
6.4	本章小结	118
第7章	基于新的两阶段成本效率 DEA 模型评估银行并购的潜在获利	119
7.1	研究背景和问题提出	119
7.2	初步考虑	123
7.3	两阶段生产系统并购的潜在获利	126
7.4	应用到中国城市商业银行	133
7.5	结论与未来研究方向	139
第8章	基于斯坦伯格博弈理论的模糊平行系统 DEA 绩效评价模型	140
8.1	引言	140
8.2	基于斯坦伯格博弈的传统平行 DEA 模型	142
8.3	基于斯坦伯格博弈的模糊平行 DEA 模型	145
8.4	案例研究	154
8.5	结论	162
第9章	基于集中式 DEA 模型决定最优碳税率	164
9.1	引言	164

9.2 文献综述	166
9.3 模型建立和假设	167
9.4 基准模型：一个公司的税收政策	172
9.5 两个公司的碳税政策	177
9.6 结论	183
第10章 全书总结和展望	185
10.1 全书总结	185
10.2 主要创新点	188
10.3 后续展望	190
附录	192
参考文献	202
后记	229

第 1 章 结 论

1.1 数据包络分析基本理论

数据包络分析 (Data Envelopment Analysis, DEA), 作为管理、运筹以及数理经济学科的新兴的交叉研究领域, 最早由查恩斯 (Charnes) 与库珀 (Cooper) 等人于 1978 年提出的 (Charnes et al., 1978)。在 1978 年, 查恩斯与库珀等人提出了历史上第一个 DEA 模型, 即 CCR 模型, 并将他们的科研论文 “*Measuring the efficiency of decision making units*” 发表在国际知名的学术期刊 *European Journal of Operations Research* 上。DEA 是一种评价具有多个投入和多个产出的同质决策单元之间的相对效率的数学规划方法, 是一种非参数的绩效评估方法。自 DEA 产生以来, 其理论得到了长足的丰富和发展, 1984 年班克 (Banker) 将 DEA 理论进一步向前推进, 提出了基于规模报酬可变 (variable return to scale) 假设的 DEA 模型, 即 BCC 模型 (Banker et al., 1984)。此后, 许多学者进一步提出了不同的 DEA 模型, 比如超效率 DEA 模型 (Zhu, 1999)、整数 DEA 模型 (Lozano & Villa, 2006)、加性 DEA 模型 (Charnes et al., 1985)、保证域 DEA 模型 (Hashimoto, 1997)、网络 DEA 模型 (Färe & Grosskopf, 2000)、交叉效率 DEA 模型 (Doyle & Green, 1994)、模糊 DEA 模型 (Kao & Liu, 2000) 等。此外, DEA 被广泛应用到许多领域来评估决策单元的绩效, 比如医院 (Ouellette & Vierstraete, 2004; Chirikos & Sear, 2000)、商业企业 (Wu & Olson, 2010; Keh & Chu, 2003; Wang et al., 1997 等)、航空 (Charnes et al., 1996; Merkert & Hensher, 2011)、银行 (Staub et al., 2010)、

科研 (Lee et al. , 2009; Eilat et al. , 2008 等)、奥运会 (Zhang et al. , 2009; Lins et al. , 2003)、基金 (Murthi et al. , 1997; Basso & Funari, 2001) 等。

DEA 自提出以来取得了如此丰富的理论和应用成果, 因为它相对于其他效率评价方法有较明显的优势。DEA 的一个显著优势就是不需要预先假定或者估计生产函数以及形式, 并且同样适用于难以价格化的投入或产出指标。它可以通过决策单元向生产前沿面的投影确定决策单元的投入产出需要改进的方向以及相应的调整量, 以及求出决策单元的效率。这种方法由此可以找出决策单元无效或者低效的根源并且给出无效决策单元改进效率的目标和方向。因此, 这种评估方法避免了决策者的主观因素对结果的影响, 得到的效率评估结果是比较客观的。

DEA 方法的独特的优势吸引了众多海内外学者, 使得这一理论自产生以来在理论以及应用方面取得了长足的进步发展。这一理论已经成为管理科学与系统工程领域一种重要而且非常有效的数学分析工具。下面将会简单地介绍 DEA 方法的基本的概念、效率评价的基本的思路以及最基本的 DEA 模型。

1.1.1 基本概念

1. 投入 (Input) 和产出 (Output)

根据系统科学的语言的描述, “投入”也常被称作“输入”, “产出”也常常被称作“输出”。一般地, 在一个完整的生产过程中, 投入即为生产过程中消耗的各种资源, 而产出即为生产过程生产的各种产品和服务。一般而言, 投入产出往往有多个的, 因而是多维的。比如, 对一个造纸厂来说, 投入是劳动力、资本和原材料, 产出则是造出来的纸以及排放的生化需氧量 (Biochemical Oxygen Demand)。在医院运营中, 医生、护士、助理护士、医学技术专家是投入, 每日做手术的住院病人量、每日门诊手术量、急诊床位数为产出。

根据吴广谋等 (1996), 本书将投入和产出的性质总结为如下内容:

(1) 可自由处理性。可自由处理这一性质要求投入产出可以自由处理, 而且投入产出满足不会出现拥堵 (Congestion) 现象的假定, 即:

在一般具体的生产实践过程中，投入的增加不会带来产出的减少或者投入的减少不会带来产出的增加。

(2) 量纲无关性。通过 DEA 模型计算出的每个决策单元的效率值与每个决策单元所选取的投入、产出的量纲无关。但是对于不同的决策单元，应该对同一种投入或者产出选取同一量纲，因而不可以选取不同的量纲。比如，在高校绩效评估中，投入有机器设备和教学人员，其中机器设备的单位是台，教学人员的单位是人，对这些投入选取不同的量纲不会影响绩效评估的结果。

(3) 投入的消极性和产出的积极性。投入的消极性和产出的积极性是指对决策单元来说，决策单元往往是希望以投入更少的资源而获得更多的产出，即：投入（消耗的资源）越少而产出（有价值的产品或服务）越多则对决策单元更加有利（Seiford & Zhu, 2002）。但是在实际的生产过程中，决策单元在使用投入生产有积极价值的产品或服务的时候可能也会生产出副产品——无积极价值的产品。这些产品常被称为非期望（undesirable）产出。比如说，中国区域工业系统在产出期望产出——国内生产总值（GDP）的同时，也会排放废水、废气和固体废弃物等非期望产出。在现有文献中，对非期望产出处理的方法有多种，比如取其倒数（Lovell & Pastor, 1995；Athanasopoulos & Thanassoulis, 1995）的方法；取其相反数然后加上一个极大的正数（Ali & Seiford, 1990；Pastor, 1996）的方法；将非期望产出作为投入的方法（Berg et al., 1992；Hailu & Veeman, 2001；Liu & Sharp, 1999；Miloni et al., 2011），生产可能集的方法（Färe et al., 1989；Färe et al., 2005；Yu, 2004）等。

本书在第2章以及第3章研究中国区域工业系统的环境绩效评估时将研究这种非期望产出。关于这类非期望的详细介绍参见第2章和第3章，在此不再赘述。

2. 决策单元

根据吴广谋等（1996）的相关的定义和描述，一个人（或者一个单元）通过投入一定数量的资源并产出一定数量的产品的这样的活动，可以视为一个完整的经济系统或者一个生产过程。由于往往需要一系列的决策才可以实现从“投入”到“产出”的转换，所以这样的人（或