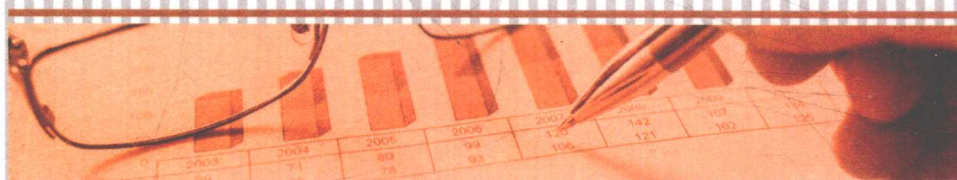


“十三五”国家重点图书出版规划项目

投入占用产出技术丛书

地区投入产出模型 及其应用

蒋雪梅/著



科学出版社

“十三五”国家重点图书出版规划项目

投入占用产出技术丛书

地区投入产出模型 及其应用

蒋雪梅/著

国家自然科学基金(61273208, 71473244, 71473246)资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以我国地区投入产出表为数据基础,探讨区域层面投入产出模型的编制和应用问题。在编制方法方面,讨论先验信息确定方法及非调查估计法的选取,可为实证编制区域投入产出表时提供借鉴;在应用方面,基于地区投入产出表和相关卫星账户数据讨论我国各地区间的产业结构差异、劳动生产率差异及区位商差异等问题。本书用通俗的语言系统化介绍地区投入产出模型的编制及其在研究区域经济差异时的应用案例,可为区域经济学的相关研究提供参考。

本书可作为高等院校财经专业的大学生和研究生的教材,也可供从事区域经济工作和管理的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地区投入产出模型及其应用/蒋雪梅著. —北京:科学出版社, 2017.1

(投入占用产出技术丛书)

“十三五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-045379-2

I. 地… II. ①蒋… III. ①地区经济—投入产出模型—研究
IV. ①F223

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 187038 号

责任编辑:徐倩 王丹妮 / 责任校对:徐榕榕
责任印制:霍兵 / 封面设计:无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年1月第一版 开本:720×1000 1/16

2017年1月第一次印刷 印张:9 3/4

字数:197 000

定价:60.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛书编委会

(按姓氏拼音排序)

- | | |
|-----|-----------------|
| 陈锡康 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
| 范 金 | 江苏行政学院 |
| 郭菊娥 | 西安交通大学 |
| 李善同 | 国务院发展研究中心 |
| 刘起运 | 中国人民大学 |
| 刘新建 | 燕山大学 |
| 彭志龙 | 国家统计局 |
| 齐舒畅 | 国家统计局 |
| 石敏俊 | 中国人民大学 |
| 佟仁城 | 中国科学院大学 |
| 汪寿阳 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
| 许 健 | 中国科学院大学 |
| 杨翠红 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
| 杨列勋 | 国家自然科学基金委员会 |

总 序

投入产出技术是数量经济学研究以及宏观经济管理中广泛使用的数量分析工具之一，以能够清晰地反映国民经济各部门间错综复杂的经济关联关系著称。近几年，在国际贸易、资源环境等热点问题的研究中投入产出技术得到越来越多学者的重视和使用。很多以投入产出模型为分析工具的文章发表在国际顶级期刊上。当前国际上很多知名的贸易增加值数据库（如经济合作与发展组织的 TiVA 数据库）背后的核心测算工具均为投入产出模型。由于在经济结构分析与产业关联关系研究方面的优势，投入产出技术在今后若干社会经济问题研究中仍将发挥不可替代的作用。

投入占用产出技术在传统的投入产出技术基础上进一步考虑了经济系统中生产部门对各种要素、资源存量的占用，是对投入产出技术的重要发展。投入占用产出技术由中国科学院数学与系统科学研究院陈锡康研究员于 20 世纪 80 年代提出。当时，陈锡康等受中央有关部门的委托进行全国粮食产量预测研究，为此编制了中国农业投入占用产出表。在编制过程中发现耕地和水资源在粮食生产中具有重要作用，但在传统投入产出技术中完全没有得到反映，进而发现固定资产、劳动力等在投入产出技术中也基本没有得到反映，由此提出了“投入占用产出技术”。

三十余年来投入占用产出技术得到了空前的发展，我国已有三十余位青年学者由于从事投入占用产出技术研究获得管理科学与工程博士学位。投入占用产出技术已成功地应用于全国主要农作物（粮食、棉花和油料）产量预测、对外贸易、水利、能源、就业、政策模拟、影响分析、收入分配等领域。相关研究成果发表论文一百余篇，多次获得国家领导人的重要批示，曾于 2006 年获首届管理学杰出贡献奖、2003 年获首届中国科学院杰出科技成就奖、2008 年获第十三届

孙治方经济科学论文奖、2009年获大禹水利科学技术奖一等奖、2011年获国家科技进步奖二等奖、1999年获国际运筹学进展奖一等奖等诸多奖项。投入占用产出技术也曾获得国际上部分著名学者,如美国科学院院士 Walter Isard、诺贝尔奖金获得者 Wassily Leontief 教授、澳大利亚昆士兰大学教授 R. C. Jensen 和 A. G. Kewood 等的好评。其认为“投入占用产出分析令人极为感兴趣”和“远比标准的投入产出分析好”,是“非常有价值的发现”,是“先驱性研究”,“投入占用产出及完全消耗系数的计算方法是我们的领域的一个非常重要的发明和创新”。

虽然投入占用产出技术已成为投入产出领域的一个重要研究方向,但是有关投入占用产出技术及其应用研究的书籍并不多见。中国科学院数学与系统科学研究院陈锡康研究员、杨翠红研究员等已于 2011 年出版《投入产出技术》教材,该书的系统性、权威性都得到了众多从事投入产出教学的学者的好评。在此基础上,我们一直在思索如何进一步地在高校、科研部门、政府部门、企业等拓展投入占用产出技术的研究与应用工作,满足社会各界对宏观经济数量模型的需求。在反复酝酿、不断尝试的基础上,我们决定,与投入产出学界的同仁共同编写、出版一套介绍投入占用产出技术及其应用的丛书。

这套丛书是我们对投入占用产出技术的总结和推广,希望它的出版有助于促进投入产出和投入占用产出技术的蓬勃发展。这套丛书力求体现以下特点。

第一,在丛书内容的编排上,主要介绍投入占用产出技术的理论与应用。选材既包括投入占用产出技术的理论研究,又包括近些年来投入占用产出技术在不同领域的应用介绍,主要包括农业、对外贸易、水资源、能源、就业、政策模拟分析、收入分配等方面。尽管内容包括了宏观经济的众多方面,但是并不求大、求全,而是力求精选。

第二,在每本书的内容和写作方面,注意广泛吸收国内外的优秀科研成果。丛书力求简明易懂、内容系统和实用,注重对宏观经济建模思想的阐述,并结合实证研究说明投入占用产出技术的特点及应用条件。

这套丛书是我国投入产出学界众多学者集体智慧的结晶。我们期望这套丛书的出版将对投入产出分析与投入占用产出技术学科的进一步发展及其在国民经济各领域的更为广泛的应用起到重要推动作用,并希望能够吸引更多学者加入投入产出分析的研究领域。

这套丛书由陈全润、蒋雪梅和王会娟进行组织和编辑工作,我们对他们的辛勤劳动表示衷心感谢!

目 录

第 1 章 中国地区投入占用产出模型的产生及发展	1
1.1 投入产出分析方法简介	1
1.2 投入占用产出模型的产生	5
1.3 中国地区投入占用产出模型的发展	9
参考文献	13
第 2 章 地区投入产出表的先验信息选取方法	16
2.1 地区投入产出表的先验信息选取方法综述	16
2.2 先验信息的选取对中国地区投入产出表编制精度的影响	24
2.3 基于 GDP 的关键部门判定方法及其对地区投入产出表编制精度的影响	38
2.4 先验信息的选取方法：小结	43
参考文献	43
第 3 章 地区投入产出表的非调查估计方法	45
3.1 地区投入产出表的非调查估计方法综述	45
3.2 中国地区投入产出表的中间投入特点	52
3.3 基于稳健回归的 FES 法及其有效性验证	57
3.4 中国地区投入产出表的非调查估计方法：小结	78
参考文献	79
第 4 章 基于投入产出表的区域经济结构差异研究	82
4.1 产业结构的差异及其变化趋势	83
4.2 需求结构的差异及其变化趋势	92

参考文献	96
第 5 章 基于归因矩阵的区域生产技术差异成因研究	97
5.1 基于时序投入产出表的归因矩阵模型介绍	97
5.2 区域间归因矩阵模型	99
5.3 基于归因矩阵的东、中、西部生产技术差异成因研究	101
参考文献	111
第 6 章 考虑就业占用的地区投入产出模型的应用：地区劳动生产率差异研究	112
6.1 地区就业占用的编制	112
6.2 1997~2002 年中国地区劳动生产率差异的变动情况	114
6.3 份额-偏离模型	116
6.4 地区劳动生产率的差异、变化及其成因分析	121
参考文献	126
第 7 章 中国 ICT 产业的区域发展差异研究	128
7.1 中国 ICT 产业的区域分布特点	128
7.2 基于最小生成树理论的空间结构分解模型	131
7.3 中国各地区 ICT 产业区位商实证分解	137
参考文献	143

第 1 章

中国地区投入占用产出模型的产生及发展

1.1 投入产出分析方法简介

1.1.1 投入产出分析方法的产生

投入产出分析是反映、研究和定量分析社会再生产全过程各领域(生产、分配、交换、消费)之间,国民经济各部门、各地区之间及其与国际间的经济技术联系,制订社会经济发展计划和预测发展趋势的重要工具。

投入产出分析于 20 世纪 30 年代诞生于美国,是由美国经济学家瓦西里·列昂惕夫(Leontief)首先提出并加以研究的。他从 1931 年开始研究投入产出,分析美国经济结构和经济均衡问题,并于 1936 年发表了投入产出技术的第一篇论文(《美国经济制度中投入产出数量关系》,载于《经济学和统计学评论》,1936 年 8 月),这标志着投入产出技术的诞生。之后通过若干年的研究,他提出了投入产出表(input-output table,以下简称 IO 表)的编制方法,奠定了投入产出分析的基本分析框架,开创了投入产出分析的新纪元。由于在投入产出分析方面的卓越贡献,列昂惕夫于 1973 年获得第五届诺贝尔经济学奖。

1.1.2 投入产出分析方法的发展

列昂惕夫提出投入产出分析方法并编制了美国 1919 年和 1929 年 IO 表以后,最初并没有得到美国经济学界和美国政府的重视。第二次世界大战开始,美国总统罗斯福订购了五万架军用飞机,有关部门考虑了对铝的消耗,但未考虑到飞机还会消耗(完全消耗)大量铜,因此引起铜的严重短缺,最后被迫使用更昂贵的白银

作为铜的替代品。负责军工的管理人员由此深感为取得战争胜利不仅需要新的武器和装备,而且需要有科学的管理方法来安排和计划生产、进行军事调度等。1944年美国劳动统计局在列昂惕夫指导下编制的1939年美国IO表(包括96个生产部门)问世,得到美国军事部门和其他一些政府部门的重视。美国劳动统计局利用1939年IO表计算了美国1945年年底的就业状况。

第二次世界大战后美国劳动统计局与空军合作编制了1947年IO表。这是美国官方编制的第一个大型IO表,耗费高达150万美元,共有500多个生产部门。根据需要另有两个版本,即44个部门表和190个部门表。之后美国又编制了1958年IO表、1963年IO表、1966年IO表、1972年IO表等。20世纪50年代美国政府在经济学方面花钱最多的就是IO表。此外,美国很多州、城市等也编制了IO表,用来分析地区和地区间的经济联系。1948年列昂惕夫在哈佛大学建立哈佛经济研究项目组(Harvard Economic Research Project, 全称为 Research Project on the Structure of the American Economy),对推动投入产出研究工作和培养人才起了重要作用。

投入产出分析方法很快传播到世界上很多国家。西欧一些国家和日本于20世纪50年代前后开始编制IO表,接着很多发展中国家也着手编制IO表。据不完全统计,在50年代以前编制IO表的国家有美国、英国、丹麦、荷兰、挪威、加拿大和澳大利亚七个国家。50年代很多发达国家如日本,发展中国家如埃及、马来西亚、赞比亚等,以及苏联和东欧很多国家都开始编制IO表。迄今,已有100多个国家和地区编制过IO表。联合国经济和社会事务部统计处于1966年和1973年先后出版和再版了《投入产出表和分析》一书,明确了投入产出分析在国民经济核算体系中的重要作用以及二者的重要联系。总的来说,投入产出分析已经成为国际上公认的科学的经济分析方法和常规的核算手段。

值得一提的是,随着投入产出分析方法的发展,IO表的编制及应用也迅速地从国家层面扩散至地区层面,各地区开始编制地区内部的IO表并用于评估地区内部政策等的影响。早期的例子包括Miernyk等(1967)对科罗拉多州(Colorado)、Miernyk等(1970)对西弗吉尼亚州(West Virginia)、Isard和Langford(1971)对费城(Philadelphia)等应用投入产出方法的实证研究^①。目前,美国、欧盟、亚洲等主要的经济体除定期编制国家层面的IO表外,也定期编制地区层面的IO表。例如,美国各郡、州甚至市的投入产出数据及相应的乘数数据均可以从MIG公司发布的IMPLAN数据库查询得到,该数据库目前已被广泛用于分析各地区特定的政策变化或冲击给该地区带来的经济影响^②。我国地区投入产出表

① 详见Polenske(1980)对早期地区投入产出研究发展的综述。

② 详见IMPLAN主页, <http://implan.com/V4/Index.php>。

(以下简称地区 IO 表)的编制也已形成制度,由各地区统计局负责编制完成,并自 2007 年起开始对外公布。俄罗斯统计局通过专项调查会定期编制并发布俄罗斯 12 个区域的 IO 表(Granberg and Zaitseva, 2000)。欧盟的地区 IO 表则多由独立的研究机构或研究团队,根据自己的研究目的编制。例如, Kronenberg (2007) 编制了汉堡(Hamburg)地区的 IO 表, Kronenberg 和 Többen (2011)编制了德国北莱茵-威斯特法伦州(North Rhine-Westphalia)的 IO 表, D’Elia(2008)编制了北爱尔兰的 IO 表, Carmen 和 Esteban (2002)编制了西班牙阿斯图里亚斯(Asturias)地区的 IO 表等。类似地,澳大利亚的地区 IO 表也有很长的历史,且多是由独立的研究机构或研究团队编制而成。例如, Jensen 等(1977)编制了昆士兰及其所属十个地区的 IO 表, West 等(1979)编制了南澳大利亚及其所属五个地区的 IO 表, Powell 等(1981)编制了维多利亚州的 IO 表。Mohra 和 van Seventera(1988)编制了南非八个地区的 IO 表。

1.1.3 投入产出模型简介

按照不同的分类原则,投入产出模型可以有很多种类。例如,按照分析和研究的时期不同,可分为静态模型和动态模型两大类;按照计量单位的不同,可分为价值型投入产出模型、实物型投入产出模型、劳动型投入产出模型、能量型投入产出模型和混合型投入产出模型五大类;按照模型编制的范围可分为世界投入产出模型、全国投入产出模型、地区投入产出模型、部门投入产出模型、企业投入产出模型、地区(国家)间投入产出模型等。但最基本的模型仍是静态价值型投入产出模型,它是其他各种投入产出模型产生和应用的基础,其他各类模型均在此模型基础上发展得到。静态价值型投入产出模型以一个国家或地区的国民经济为描述对象,反映某一时期社会经济各部门之间的投入产出关系,反映这种关系的棋盘式表格称为 IO 表,其基本结构如表 1.1 所示。

表 1.1 静态价值型 IO 表结构

投入 \ 产出		中间需求				最终需求			总产出
		1	2	...	n	消费	资本形成	净出口	
中间投入	1 2 ⋮ n	$Z(z_{ij})$				$F(f_j)$			$X(x)$
最初投入	固定资产折旧	$V(v_j)$				—			—
	从业人员报酬								
	生产税净额								
	营业盈余								
总投入		$X(x_j)$				—			—

其中, $\mathbf{Z}$ 为中间需求矩阵, z_{ij} 表示第 j 个部门对第 i 个部门产品的直接消耗量; $\mathbf{F}$ 为最终需求矩阵, f_i 表示第 i 个部门的产品作为最终需求的数量; $\mathbf{V}$ 为增加值矩阵, v_j 表示第 j 个部门的增加值数额; $\mathbf{X}$ 为总产出/总投入向量矩阵, x_j 表示第 j 个部门的总产出/总投入, 二者完全相等。

IO 表从水平方向来看表示各部门产品在国民经济体系中的分配和使用情况, 即用于中间需求和用于最终需求的情况。对于每一个部门, 其产品的产出量都应该等于该部门产品的中间需求量和最终需求量之和。按照此平衡关系, 对每一个部门的中间需求、最终需求和总产出都可以建立平衡方程, 即为投入产出模型, 对第 j 部门, 有

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i = x_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1.1)$$

基于该模型[式(1.1)]可以定义直接消耗系数(input coefficients) a_{ij} , 即某部门生产单位产品对相关各部门产品的直接消耗, 有

$$a_{ij} = z_{ij} / x_j \quad (i, j=1, 2, \dots, n) \quad (1.2)$$

其中, a_{ij} 表示第 j 个部门生产单位产品对第 i 个部门产品的直接消耗量, a_{ij} 可称为第 j 个部门对第 i 个部门产品的直接消耗系数。它反映了在一定技术水平下第 j 个部门与第 i 个部门间的技术经济联系, 因此又将直接消耗系数称为技术系数或投入系数。 n 个部门间的直接消耗系数可以用矩阵形式表示如下:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

影响直接消耗系数大小的因素主要有技术水平、管理水平、部门内部的产品结构、价格的相对变动、需求与生产能力的利用程度等。

由直接消耗系数定义[式(1.2)]得

$$z_{ij} = a_{ij} x_j$$

将其代入式(1.1)可得

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + f_i = x_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1.3)$$

令

$$\mathbf{X} = (x_1 \ x_2 \ \cdots \ x_n)'$$

$$\mathbf{F} = (f_1 \ f_2 \ \cdots \ f_n)'$$

则方程(1.1)可以用矩阵形式表示为

$$\mathbf{AX} + \mathbf{F} = \mathbf{X} \quad (1.4)$$

该方程组变换得

$$X - AX = F$$

$$(I - A)X = F$$

从而有

$$X = (I - A)^{-1}F \quad (1.5)$$

式(1.5)为列昂惕夫模型,是投入产出技术中最核心、最重要的公式,它反映了最终需求与总产出之间的关系。 $(I - A)^{-1}$ 称为列昂惕夫逆矩阵(Leontief inverse matrix),该矩阵全面地揭示了国民经济各部门之间错综复杂的经济关联关系,将其记为

$$B = (I - A)^{-1} \quad (1.6)$$

其元素 b_{ij} 表示第 j 个部门为了获得单位最终需求时对第 i 个部门总产出的需求量,包括直接需求量和间接需求量。以粮食生产为例,粮食在生产过程中消耗了种子、化肥、柴油及电力等,此处对电力的消耗是粮食对电力的直接消耗;粮食生产过程中直接消耗了种子,种子的生产过程中也消耗了化肥和电力,此处种子对电力的直接消耗是粮食对电力的第一次间接消耗;同样,粮食生产中直接消耗的化肥、柴油、拖拉机、电力等的生产过程也对电力产生了消耗,粮食通过所直接消耗的产品产生的对电力的消耗,称为对电力的第一次间接消耗;种子生产过程中消耗了化肥,化肥在生产过程中也对电力产生消耗,那么对粮食生产过程而言,此处对电力的消耗为第二次间接消耗,即粮食通过第一次间接消耗的产品的生产对电力的消耗,依次递推可得粮食对电力的第三次、第四次……第无穷次间接消耗。根据列昂惕夫逆矩阵 B ,可以派生出很多扩展系数,如完全增加值系数、完全工资系数、完全税收系数、完全利润系数、完全折旧系数、完全能耗系数和完全劳动消耗系数等,详见陈锡康和杨翠红(2011)。

1.2 投入占用产出模型的产生

1.2.1 “占用”的提出

20世纪80年代初陈锡康教授等受中央有关部门的委托进行全国粮食产量预测研究,为此,编制了中国农业IO表。在编制过程中发现耕地和水在粮食生产中起重要作用,但耕地和水等自然资源在传统的投入产出技术中完全没有得到反映,进而发现固定资产、劳动力等在投入产出技术中也基本上没有得到反映。由此产生把“占用”引入传统投入产出技术的思想。传统的IO表中,总投入包括中间投入与最初投入两部分。中间投入是指生产过程对系统各部门产出的消耗,如材料、动力和劳务等的消耗。最初投入是指生产过程对初始要素,如固定资产、

1994年12月22日

	中间需求与中间占用	最终需求与最终占用	总产出
--	-----------	-----------	-----

投入 \ 产出			中间需求与中间占用				最终需求与最终占用					总产出 与总 占用
			部 门 1	部 门 2	…	部 门 n	消 费	固定资本形成 1, 2, …, n	存货增加 1, 2, …, n	出 口	进 口	
投入部分	中间投入	部门 1 部门 2 ⋮ 部门 n	z_{ij}				f_i					x_i
	最初投入	从业人员报酬 固定资产折旧 生产税净额 营业盈余	v_{ij}				—					—
	总投入		x_j				—					—
占用部分	固定资产	部门 1 部门 2 ⋮ 部门 n	r_{ij}				f_i^R					r_i
	存货	部门 1 部门 2 ⋮ 部门 n										

续表

投入 \ 产出			中间需求与中间占用				最终需求与最终占用					总产出 与总 占用		
			部门 1	部门 2	...	部门 n	消费	固定资本形成		存货增加			出口	进口
								1, 2, ..., n		1, 2, ..., n				
占用部分	金融资产	通货 存款 证券 股票 其他	r_{ij}				f_i^R					r_i		
	劳动力	未上学者 小学 中学 大学及以上												
	自然资源	土地 水资源 矿产 森林等												
	其他	商标 专利 其他												

从水平方向看，投入占用产出模型的产出行平衡关系式与传统投入产出模型相同，可表示为

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i = x_i (i = 1, 2, \dots, n) \tag{1.7}$$

即各部门总产出等于中间使用(中间需求)与最终使用(最终需求)之和。式(1.7)中， z_{ij} 表示部门间中间需求量， x_i 和 f_i 分别表示第*i*个部门的总产出和最终需求数， a_{ij} 表示第*j*个部门对第*i*个部门的直接消耗系数。由式(1.7)可得

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + f_i = x_i (i = 1, 2, \dots, n) \tag{1.8}$$

投入占用产出模型中各类占用品的行平衡关系式可表示为

$$\sum_{j=1}^n r_{ij} + f_i^R = r_i (i = 1, 2, \dots, n) \tag{1.9}$$

即各类占用品的总占用量等于中间占用(生产领域占用)与最终占用(最终需求领域占用)之和。其中， r_{ij} 表示第*j*个部门占用的第*i*种资源数量， r_i 和 f_i^R 分别表示第*i*种资源的总占用量和最终需求领域的占用量。令 a_{ij}^R 表示第*j*个部门对第*i*种资源的直接占用系数，用于反映各生产部门单位产出对某种资源的直接占

用量。

$$a_{ij}^R = r_{ij} / x_j \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (1.10)$$

代入式(1.9)可得

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}^R x_j + f_i^R = r_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (1.11)$$

把投入产出技术扩展为投入占用产出技术以后,可以得到一系列新的概念、模型和计算方法。首先以考虑固定资产的完全消耗系数矩阵为例,在传统的投入产出模型中,完全消耗系数的计算公式为

$$B = (I - A)^{-1} - I \quad (1.12)$$

其中, A 、 B 分别表示直接消耗系数矩阵和完全消耗系数矩阵; I 为单位矩阵。式(1.12)的主要缺点是在计算完全消耗时没有包括使用固定资产所产生的消耗。以钢对电力的完全消耗为例,式(1.12)包含了在中间投入范围内的直接消耗和间接消耗,如炼钢生产中消耗的生铁、煤、石灰石等对电力的各种消耗,但没有包括在炼钢过程中使用和消耗的机器设备和厂房中所包含的电力及生产机器设备和厂房所消耗的各种产品所耗用的电力。考虑这些固定资产的消耗后,利用投入占用产出技术计算新的完全消耗系数的公式如下:

$$b_{ij}^* = a_{ij} + \sum_{k=1}^n b_{ik}^* a_{kj} + \alpha_i d_{ij} + \sum_{s=1}^n b_{is}^* \alpha_s d_{sj} \quad (i, j=1, 2, \dots, n) \quad (1.13)$$

其中, b_{ij}^* 为包含固定资产消耗的完全消耗系数; α_i 为第 i 种固定资产的折旧率; d_{sj} 为第 j 个部门对 s 种固定资产的直接占用系数。式(1.13)等号右端第3项和第4项分别表示通过固定资产的直接消耗和间接消耗,如炼钢生产中所消耗的设备对电力的直接消耗和间接消耗。由此可得到

$$B^* = A + B^* A + \hat{\alpha} D + B^* \hat{\alpha} D \quad (1.14)$$

其中, B^* 、 D 、 $\hat{\alpha}$ 分别表示包含固定资产消耗的完全消耗系数矩阵、固定资产直接占用系数矩阵和固定资产折旧率对角矩阵。由此得出

$$B^* (I - A - \hat{\alpha} D) = A + \hat{\alpha} D$$

从数学上看矩阵 $(A + \hat{\alpha} D)$ 有以下两个性质。

(1) 元素均为非负, 即 $(a_{ij} + \alpha_i d_{ij}) \geq 0 \quad (i, j=1, 2, \dots, n)$ 。

(2) 列和小于1, 即 $\sum_{j=1}^n (a_{ij} + \alpha_i d_{ij}) < 1 \quad (j=1, 2, \dots, n)$ 。

利用这两个性质,从数学上可以证明矩阵 $(I - A - \hat{\alpha} D)$ 为非奇异矩阵,其逆矩阵存在。由此可以得到

$$\begin{aligned} B^* &= (A + \hat{\alpha} D)(I - A - \hat{\alpha} D)^{-1} \\ &= [I - (I - A - \hat{\alpha} D)](I - A - \hat{\alpha} D)^{-1} \\ &= (I - A - \hat{\alpha} D)^{-1} - I \end{aligned} \quad (1.15)$$

按照式(1.15)计算的完全消耗系数数值显然大于或等于利用原有式(1.12)计算的完全消耗系数数值。

把包含固定资产损耗的完全消耗计算方法扩展到所有占用品损耗,得出一般性的包括占用过程中损耗的新的完全消耗系数的计算公式如下:

$$B^* = (I - A - M\hat{\alpha}^* A^R)^{-1} - I \quad (1.16)$$

其中, $A^R = (a_{ij}^R)_{m \times n}$ 为 $m \times n$ 阶直接占用系数矩阵, $\hat{\alpha}^*$ 为向量 $(\alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_m^*)'$ 生成的 m 阶占用品损耗系数对角阵; $M = (m_{ij})_{n \times m}$ 为 $n \times m$ 阶补偿系数矩阵, 其元素 m_{ij} 表示为补偿单位第 j 种占用品的损耗所需第 i 个部门产品的数量(如该类占用品为生产部门的产出, 则 M 为单位矩阵)。对于固定资产, 式(1.16)中 M 的对应部分为单位矩阵, $\hat{\alpha}^*$ 的对应部分为 $\hat{\alpha}$, A^R 的对应部分为 D 。

如果采用按部门规定占用品损耗系数的方式, 即采用 $\hat{\beta}^*$, 则一般性的包括占用过程中损耗的新的完全消耗系数的计算公式如下:

$$B^* = (I - A - M A^R \hat{\beta}^*)^{-1} - I \quad (1.17)$$

其中, $\hat{\beta}^*$ 为 $(\beta_1^*, \beta_2^*, \dots, \beta_n^*)'$ 生成的对角阵; β_j^* 表示第 j 个部门占用品的损耗系数。

基于新的考虑占用的完全消耗系数计算方法, 同样可以推导出一系列系数, 如各种产品对水、能源和各种资源的完全消耗量计算公式, 对固定资本、流动资本、劳动力的完全占用系数的概念和计算方法, 以及提出投资对国内生产总值(GDP)的净乘数效应、后向总效应、后向净效应等概念和计算方法等, 详见陈锡康和杨翠红(2011)。

1.3 中国地区投入占用产出模型的发展

1.3.1 投入产出分析方法在中国的引入

投入产出分析方法在我国的研究和应用始于20世纪50年代末。在钱学森和华罗庚的积极倡导下, 中国科学院数学研究所运筹室于1959年成立经济组, 并开始了对投入产出技术的研究。与此同时, 中国科学院经济研究所也成立了一个研究小组, 研究投入产出技术。上述两个研究小组的成员包括李秉全、陈锡康、乌家培、张守一等, 他们是最早把投入产出技术引入我国的学者。

在我国高校中, 中国人民大学计划经济系在钟契夫的带领下, 最早进行了投入产出技术的研究, 重点是“以‘投入产出技术’为突破口, 着手探讨在计划统计工作中应用现代科学方法和数量经济分析技术”(钟契夫等, 1993)。