

基于交叉熵更新技术的产业结构演化分析*

胡汉辉 万兴 范金**

摘要: 本文基于投入产出表的交叉熵更新方法, 度量并分析了1987~2002年期间中国产业结构的变化, 得到以下结论。第一, 在此期间中国第三产业的中间投入和中间使用结构发生显著变化; 第二, 资本品生产部门的中间使用结构变化较大, 而能源产业和资源矿产产业的中间使用结构变化较小; 第三, 大部分消费品制造业的中间投入结构相当稳定, 大部分资本品制造业的中间投入结构也变化不大。

关键词: 投入产出表更新 交叉熵 产业结构

一、引言

自1978年改革开放以来, 中国经济增长取得了举世瞩目的成就。作为从计划经济向市场经济转型的国家, 中国的经济发展伴随巨大的结构变化。剖析经济结构, 特别是产业结构的变化及其背后的原因对我们把握经济转型至关重要。投入产出 (Input-Output, IO) 技术, 作为研究经济系统各部分 (作为生产单位或消费单位的产业部门、行业、产品等) 间表现为投入与产出的相互依存关系的经济数量分析方法, 自20世纪50和60年代由诺贝尔经济学奖得主列昂惕夫提出以后, 已发展成为一项较为成熟的理论 (钟契夫, 陈锡康, 刘起运, 1993)。作为一种一般均衡方法, 该技术为定量反映经济系统和经济结构最为科学的方法之一。

基于投入产出表进行产业结构实证分析, 通常采用比较静态的方法, 即根据不同年份的投入产出表建立相关模型, 以分析产业的演化。宋辉、李强 (2003) 利用中国1981~1995年的6张投入产出表, 定量测算了8部门经济中科学技术因素对我国产业结构升级的影响。顾海兵、赵革、李富强 (1997) 利用1987~1992年系列中国投入产出表对中国经济的产业关联、产业结构、产业效益等问题进行了实证研究。研究产业结构常用的做法是基于

* 基金项目: 国家自然科学基金项目“中国网络型公用事业分拆式重组中的网络渗透与融合问题研究”(70473013), 以及“社会核算矩阵更新的路径分析的理论与实证研究”(70471073)。

** 胡汉辉、万兴: 江苏省南京市东南大学集团经济与产业组织研究中心, 210096; E-mail: huhh@seu.edu.cn; 电话: 025-83795442。范金: 江苏省南京市江苏省行政学院江苏应用经济研究中心, 210004。

投入产出表测算出表征产业结构的若干系数,比如直接消耗系数、间接消耗系数、影响力系数、感应度系数、最终需求生产诱发系数以及最终需求生产依存度等(李善同、钟思斌,1998;王岳平,2000)。

以上文献在衡量产业结构变化时,大多先测算不同年份实际IO表的相关指标,然后再对指标进行比较。然而,因为结构变化和总量增长是纠缠在一起的,只有将总量增长和结构变化相分离,我们才能有效识别产业结构的变化。本文将借鉴卡拉汗、岳国强(2000)的双比例(Biproportional Method)调整的思想,将初始年IO表更新为目标年预测IO表后,再比较目标年预测IO表和目标年实际IO表。

本文的结构如下:第一部分引言,提出问题。第二部分为数据和方法,介绍数据来源,IO表的交叉熵更新技术,以及比较指标的设定。第三部分基于第二部分的结果分析中国产业结构的变化,包括中间投入和中间使用的变化。第四部分给出结论。

二、数据和方法

(一) 数据来源

我国于1987年完成了第一张联合国国民账户体系(System of National Accounts, SNA)下IO表的编制。此后,每五年编制一次普查表。目前我国编制的最新IO表为国家统计局于2006年公布的2002年IO表。本文选择1987年与2002年的两张IO表进行比较,时间跨度为15年。这一期间中国利用后发优势,从国外引进大量先进技术和管理经验,同时中国于1992年提出建立社会主义市场经济体制,技术进步和体制改革势必影响产业结构。

数据来源上,本文1987年IO表数据来自李强、薛天栋(1997),该表为1990年价30部门IO表。2002年现价IO表数据来自国家统计局。为了能够比较不同年份间的IO表,本文参照李强、薛天栋(1997)以及吴小松、范金、胡汉辉(2007)的方法,将2002年IO表中现价数据调整为1990年价数据。同时,我们对1987年IO表和2002年IO表的部门进行了相关调整,使两张表的部门一一对应,最后得到29部门的IO表。

(二) 中间投入和中间使用的变化

下面我们先给出1987年和2002年各产业中间投入和中间使用的概况。中间投入和中间使用定量刻画了各产业之间相互依存的关系。中间投入表示在产业总投入中来自其他产业的中间产品的投入量,中间投入率表示中间投入占总投入的比重;中间使用表示在某产业产品的总用途中,其他产业对该产业产品的使用量,中间使用率表示中间使用占总产出的比重。

表1给出了1987年及2002年各产业中间投入率,以及根据2002年与1987年中间投入率的比值对产业的排序。1987~2002年期间,整个国民经济的中间投入率从55.47%上升到66.17%,产业之间的联系更加紧密。中间投入率的提高,主要有以下几方面的原因:技术进步和技术扩散带来的中间投入的增加,比如信息技术革命使得各产业增加了对电脑软硬件的投入;部门效益的变化,因为中间投入+增加值=总投入,增加值占比的降低势必导致中间投入率的增加。由表1,我们可以将所有产业分为三类:第一类,中间投入率有较大上升(变化1.59~7.06倍),这一类包括金融保险业、行政机关和其他行业;第二类,中间投入率基本未变(变化0.80~1.12倍),这一类包括非金属矿采选业和化学工业;第三类,中间投入率有较大下降(变化0.64~0.77倍),这一类包括非金属矿物制品业和其他制造业。我们可以发现,中间投入率上升较多的部门包括农业、第三产业和能源生产部门。由于中国正处于新型工业化过程中,整个国民经济的工业化和信息化使得第二产业占上述产业部门的中间投入的比例上升。中间投入率下降较多的部门主要由消费品制造业和资本品制造业构成。资本品制造业本身为其他产业提供中间投入,较少使用来自其他产业的中间投入;相对其他产业,消费品制造业的技术进步和设备更新比较缓慢。

表1 各产业中间投入率及其变化排序

部门	2002年 (%)	1987年 (%)	部门排序	2002年与1987年 中间投入率的比值
农业	51.66	30.73	金融保险业	7.06
煤炭开采和洗选业	57.50	35.33	石油和天然气开采业	3.66
石油和天然气开采业	81.47	22.23	其他社会服务业	2.24
金属矿采选业	49.70	47.61	电力蒸汽、热水生产和供应业	2.13
非金属矿采选业	44.39	39.72	运输邮电	2.06
食品制造及烟草加工业	56.57	78.76	商业饮食	1.69
纺织业	64.64	76.39	农业	1.68
服装皮革羽绒及其制品业	69.16	84.44	煤炭开采和洗选业	1.63
木材加工及家具制造业	59.64	79.68	建筑业	1.59
造纸印刷及文教用品制造业	59.53	73.78	行政机关及其他行业	1.59
电力蒸汽、热水生产和供应业	82.61	38.78	非金属矿采选业	1.12
石油加工、炼焦及核燃料加工业	66.15	65.94	仪器仪表及文化办公用机械制造业	1.08
燃气生产和供应业	59.13	79.55	金属冶炼及压延加工业	1.06
化学工业	56.87	71.05	金属矿采选业	1.04
非金属矿物制品业	49.40	63.98	石油加工、炼焦及核燃料加工业	1.00
金属冶炼及压延加工业	68.95	65.04	纺织业	0.85
金属制品业	61.04	79.16	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	0.85
通用、专用设备制造业	61.77	75.14	通用、专用设备制造业	0.82
交通运输设备制造业	59.03	78.06	服装皮革羽绒及其制品业	0.82

续表

部门	2002年 (%)	1987年 (%)	部门排序	2002年与1987年中间投入率的比值
电气、机械及器材制造业	52.90	77.46	造纸印刷及文教用品制造业	0.81
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	64.73	76.56	化学工业	0.80
仪器仪表及文化办公用机械制造业	70.77	65.52	非金属矿物制品业	0.77
其他制造业	47.22	73.26	金属制品业	0.77
建筑业	108.59	68.28	交通运输设备制造业	0.76
运输邮电	59.91	29.03	木材加工及家具制造业	0.75
商业饮食	84.59	50.06	燃气生产和供应业	0.74
其他社会服务业	95.48	42.60	食品制造及烟草加工业	0.72
金融保险业	39.28	5.56	电气、机械及器材制造业	0.68
行政机关及其他行业	55.13	34.72	其他制造业	0.64

数据来源：作者根据1987年和2002年投入产出表计算而得到。

表2 各产业中间使用率及其变化情况

部门	2002年 (%)	1987年 (%)	部门排序	2002年与1987年中间投入率的比值
农业	58.63	46.72	其他社会服务业	1.90
煤炭开采和洗选业	86.29	80.16	石油和天然气开采业	1.57
石油和天然气开采业	129.61	82.62	建筑业	1.41
金属矿采选业	123.46	106.60	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	1.37
非金属矿采选业	100.15	99.41	其他制造业	1.27
食品制造及烟草加工业	43.99	37.12	农业	1.26
纺织业	73.13	63.94	运输邮电	1.21
服装皮革羽绒及其制品业	25.68	24.06	电气、机械及器材制造业	1.21
木材加工及家具制造业	75.46	81.30	食品制造及烟草加工业	1.19
造纸印刷及文教用品制造业	85.98	78.45	通用、专用设备制造业	1.18
电力蒸汽、热水生产和供应业	89.34	91.31	金属矿采选业	1.16
石油加工、炼焦及核燃料加工业	101.12	96.66	纺织业	1.14
燃气生产和供应业	76.37	69.74	造纸印刷及文教用品制造业	1.10
化学工业	98.34	93.11	燃气生产和供应业	1.09
非金属矿物制品业	89.23	98.67	煤炭开采和洗选业	1.08
金属冶炼及压延加工业	107.42	111.85	服装皮革羽绒及其制品业	1.07
金属制品业	80.33	76.11	交通运输设备制造业	1.06
通用、专用设备制造业	64.78	54.75	化学工业	1.06
交通运输设备制造业	64.66	60.77	金属制品业	1.06
电气、机械及器材制造业	72.66	60.15	石油加工、炼焦及核燃料加工业	1.05
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	72.10	52.57	非金属矿采选业	1.01
仪器仪表及文化办公用机械制造业	86.47	98.22	电力蒸汽、热水生产和供应业	0.98
其他制造业	63.87	50.37	金属冶炼及压延加工业	0.96

续表

部门	2002年 (%)	1987年 (%)	部门排序	2002年与1987 年中间投入率 的比值
建筑业	6.28	4.47	木材加工及家具制造业	0.93
运输邮电	75.10	61.83	商业饮食	0.91
商业饮食	56.59	62.30	非金属矿物制品业	0.90
其他社会服务业	36.69	19.35	仪器仪表及文化办公用机械制造业	0.88
金融保险业	83.40	97.84	金融保险业	0.85
行政机关及其他行业	0.01	0.00	行政机关及其他行业	

数据来源：作者根据1987年和2002年投入产出表计算所得。

表2给出了1987年及2002年各产业中间使用率，以及根据2002年与1987年中间使用率的比值对产业的排序。中间使用率提高，主要有以下几方面的原因：技术进步和技术扩散带来的中间使用的增加；最终使用的变化，因为中间使用+最终使用=总产出，而消费+投资+净出口=最终使用，最终使用中任一项或多项的变化将影响中间使用率。由表2，我们可以将产业分为两类，第一类，中间使用率有较大上升（变化1.21~1.90倍），这一类包括其他社会服务业到电气、机械及器材制造业；第二类，中间使用率基本未变（变化0.85~1.19倍），这一类包括食品制造及烟草加工业到金融保险业。第一类产业涉及农业、能源开采以及装备制造业等。这些产业往往是国民经济的基础性产业，其发展不好往往会成为制约国民经济发展的瓶颈。同时我们注意到，第一类产业包括通信设备、计算机及其他电子设备制造业以及运输邮电业，这反映了1987~2002年信息技术逐步扩散到各个部门，成为重要的生产要素；第一类产业同时包括建筑业，这反映出这段时期内，投资对拉动中国经济扮演了重要角色。

（三）方法

以上分析中，我们直接比较了1987年与2002年IO表中间投入和中间使用的变化。为了更好的剔除总量因素对结构变化的影响，下面我们将基于IO表的交叉熵更新技术，对IO表先更新，再比较。相对直接比较IO表中的系数，更新IO表后再比较有如下两个优点。

第一，只有在两个待比较IO表的行和与列和都相等的情况下，总量的因素才能得到较好地剔除，我们才能更好地观察结构的变化。交叉熵更新等同于双比例更新方法，通过迭代使得目标年预测IO表和目标年实际IO表的各行和与各列和同时都相等。而如果直接比较两个IO表的系数，这将是一个单比例调整过程，则一次只能使得行和相等或者列和相等或者两者都不相等（如采用归一化系数），也就是说直接比较IO表系数不能同时系统的剔除总量影响。

第二，IO表本身为一个平衡的系统，各账户之间相互依存，调整过程也

应该具有这种一般均衡的特点。双比例更新方法体现了一般均衡的思想, 每一个初始年系数既经过行的调整也经过列的调整, 行调整改变了各产业的中间使用, 反映了该产业供给的变化; 列调整改变了各产业中间投入, 反映了该产业需求的变化。因此, 双比例更新代表了在新的行和与列和约束下所有产业的供需都达到平衡的一个过程。

已有的 IO 表更新方法可以大致分为三类: 统计学更新法、优化更新法以及宏观经济更新方法 (范金、万兴, 2007)。吉勒斯和奥斯特海恩 (Junius、Oosterhaven, 2003) 指出, 由斯通 (Stone) 所提出的 RAS 方法一直是研究人员进行投入产出表和 IO 表更新的最基本工具。随着运筹学的发展, 特别是求解非线性规划的各种算法和软件的发展, 优化方法成为 IO 表更新的主流方法之一。第三类方法目前尚不多见。已有的研究包括本杰明等人 (Benjamin, etc., 1998) 用可计算一般均衡 (Computable General Equilibrium, CGE) 模型模拟的方法对 IO 表进行的更新, 以及伊斯莱奇等人 (Israilevich, etc., 1997) 建立经济计量投入产出模型进行的更新。

20 世纪 90 年代以来, 戈兰和罗宾森 (Golan & Robinson, 1994)、西森和罗格夫 (Thissen & Logfren, 1998) 以及罗宾森等人 (Robinson etc., 2001) 等将信息理论中的熵方法运用到 IO 表的更新中, 提出了交叉熵 (Cross Entropy) 更新方法。交叉熵方法的估计程序是最小化新的和先验估计概率距离的交叉熵指标。运用到 IO 表更新中, 该问题就是通过最小化新旧 IO 表的交叉熵 (Cross Entropy), 寻找一个新的预测表, 使其接近初始表。交叉熵法的优点在于其充分利用并且仅仅利用所有可得的信息。交叉熵法不仅有坚实的理论基础, 同时, 杰克逊和穆瑞 (Jackson & Murray, 2004) 的实证研究也表明交叉熵优于一般的优化方法, 能够取得较高的精度。因此本文中, 我们将选用交叉熵法更新 IO 表。其模型如式 (1)~(4) 所示。设 S 为初始年 IO 表, T 为目标年实际 IO 表。交叉熵法将从 S 导出新的目标年预测 IO 表 U, U 中的行列和等于 T 中的行列和。

$$\min H = \sum_i \sum_j u_{ij} \ln \frac{u_{ij}}{s_{ij}}, \quad \forall s_{ij} \neq 0 \quad (1)$$

$$s. t. \quad \sum_i u_{ij} = \sum_i t_{ij} \quad (2)$$

$$\sum_j u_{ij} = \sum_j t_{ij} \quad (3)$$

$$\forall s_{ij} = 0, u_{ij} = 0 \quad (4)$$

式中: s_{ij} 、 u_{ij} 和 t_{ij} 分别表示初始年的 IO 表中交易值、目标年的预测 IO 表中交易值、目标年的实际 IO 表中的交易值。式 (1) 为目标函数。在约束条件式 (2)、(3)、(4) 中, 式 (2) 与 (3) 为加总约束, 用以保证预测 IO 表和实际 IO 表的行列和相等。式 (4) 为保零约束, 用以保证更新所得 IO 表能够继承初始 IO 表的零值结构。我们利用 GAMS22.3 软件编写了上述

方法的更新程序^①。选择 GAMS22.3 软件中内嵌的 PATHNLP 作为上述程序的求解器,经过调试后,求得全局最优解。

经过以上 IO 表更新过程后, U 和 T 的行列和相等,这样两个交易值矩阵的差别将反映出初始年和目标年的产业结构的变化。我们可以用行向量或列向量的距离来度量该差别。

$$\|d_j\| = \left(\sum_{i=1}^m (u_{ij} - t_{ij})^2 \right)^{1/2} \quad (5)$$

这里 $\|d_j\|$ 为预测列向量和实际列向量的距离,反映了不同年份 IO 表中列向量的绝对差值。为了消除产业规模带来的影响,我们引入相对强度指标,如式(6)所示:

$$r_j = \frac{\left(\sum_{i=1}^m (u_{ij} - t_{ij})^2 \right)^{1/2}}{\left(\sum_{i=1}^m t_{ij}^2 \right)^{1/2}} \quad (6)$$

考虑到以 1987 年为初始年顺序更新到 2002 年和以 2002 年为初始年逆序更新到 1987 年的结果并不一样,由式(6),我们取两次更新结果计算所得 r_j 的几何平均值,得到结果见表 3。 r_j 反映了中间投入变化的相对强度指标,我们同样可以构造反映中间使用变化的相对强度指标 r_i ,如式(7)所示。

$$r_i = \frac{\left(\sum_{j=1}^m (u_{ij} - t_{ij})^2 \right)^{1/2}}{\left(\sum_{j=1}^m t_{ij}^2 \right)^{1/2}} \quad (7)$$

考虑到顺序更新和逆序更新的结果并不一样,我们取两次更新结果计算所得 r_i 的几何平均值,得到结果见表 4。

三、结果分析

表 3 显示:

第一,1987~2002 年期间第三产业大部分部门的中间投入变化的相对强度较大,这反映了这些部门中间投入的内部结构发生较大变化。由表 1,第三产业大部分部门的中间投入率都有显著上升,这反映了相对总投入这些部门总的中间投入也发生了较大变化。第三产业部门中间投入内部结构和量的变化是制度改革和技术扩散共同作用的产物。第三产业内部的制度改革,比如现代企业制度的确立、投融资体制的改革、民营和外资的准入等,为这些部门吸收先进技术,加快设备更新创造了内部条件。而信息技术革命则提供了外部条件,1987~2002 年期间通信设备、计算机及其他电子设备制造业作

^① 对程序感兴趣的读者可以和本文作者直接联系。

为金融保险、其他社会服务业以及运输邮电业中间投入的直接消耗系数分别增长了113.9倍、22.0倍以及3.8倍。

第二,相比第三产业而言,大部分消费品制造业和资本品制造业的中间投入结构变化不大。1987~2002年期间,消费品制造业如食品制造及烟草加工业、纺织业以及服装皮革羽绒及其制品业仍然属于劳动密集性产业,其资本深化速度要远远落后于运输邮电部门等第三产业,新技术如计算机和通讯技术对这些产业的影响也不及上述第三产业大。在此期间,资本品制造业如通信设备、计算机及其他电子设备制造业等,出现了许多新技术,属于技术扩散的发源地,这些产业更多的使用来自本产业的中间产品,因此,其中间投入的结构变化不大。

表3 各产业中间投入变化的相对强度排序

单位: %

产 业	相对强度
其他制造业	88.36
燃气生产和供应业	79.99
行政机关及其他行业	79.58
石油和天然气开采业	72.26
运输邮电	70.75
金融保险业	67.55
非金属矿采选业	60.45
木材加工及家具制造业	53.21
非金属矿物制品业	52.51
其他社会服务业	52.08
商业饮食	49.39
煤炭开采和洗选业	46.60
仪器仪表及文化办公用机械制造业	37.36
金属矿采选业	35.63
建筑业	35.29
电气、机械及器材制造业	31.88
造纸印刷及文教用品制造业	30.05
电力蒸汽、热水生产和供应业	29.96
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	27.35
金属制品业	23.20
服装皮革羽绒及其制品业	22.39
化学工业	21.20
交通运输设备制造业	20.33
农业	20.20
通用、专用设备制造业	18.99
纺织业	17.17
金属冶炼及压延加工业	15.98
石油加工、炼焦及核燃料加工业	15.27
食品制造及烟草加工业	13.98

数据来源:作者根据1987年和2002年投入产出表计算而得到。

表4显示:

第一, 1987~2002年期间, 中国第三产业大部分部门的中间使用变化相对强度较大, 这反映出在这些部门中间使用的内部结构发生较大变化。运输邮电和其他社会服务业的中间使用结构经历了较大的变化, 而且由表2显示出这两个部门的中间使用率有显著提高。中间使用率提高反映了这两个部门对经济的推动作用加强, 中间使用结构变化大反映了这两个部门对国民经济中不同部门的推动作用发生了较大变化。根据表2, 1987~2002年期间金融保险业中间使用率下降了15%。然而, 表4中该部门中间使用变化的相对强度却高居第三位。两者并不矛盾, 前者是因为用于最终使用的金融保险业在增加, 因此, 中间使用相对减少。后者是因为金融保险业作为其他部门的中间使用的内部结构发生了较大变化, 经计算1987~2002年期间行政机关及其他行业、电力蒸汽、热水生产和供应业、运输邮电业、其他社会服务业、金融保险业以及石油加工、炼焦及核燃料加工业对金融保险业的中间使用占金融保险总产出的比重都上升了5倍以上。

表4 各产业中间使用变化的相对强度排序 单位: %

产 业	相对强度
燃气生产和供应业	156.78
其他制造业	100.77
金融保险业	82.57
建筑业	76.19
其他社会服务业	73.72
运输邮电	62.43
仪器仪表及文化办公用机械制造业	51.54
非金属矿采选业	43.96
商业饮食	41.84
电气、机械及器材制造业	38.37
金属制品业	37.25
服装皮革羽绒及其制品业	33.76
电力蒸汽、热水生产和供应业	32.14
石油加工、炼焦及核燃料加工业	31.97
木材加工及家具制造业	29.74
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	29.47
交通运输设备制造业	27.59
农业	26.26
煤炭开采和洗选业	25.19
化学工业	23.57
造纸印刷及文教用品制造业	23.39
纺织业	21.79
非金属矿物制品业	19.34
通用、专用设备制造业	16.90
金属冶炼及压延加工业	16.87
食品制造及烟草加工业	16.21
金属矿采选业	7.68
石油和天然气开采业	6.52
行政机关及其他行业	0.00

数据来源: 作者根据1987年和2002年投入产出表计算而得到。

第二,石油和天然气开采业、金属矿采选业,以及煤炭开采和洗选业的中间使用变化的相对强度较低。由此可见,能源产业和资源矿产业的中间使用结构未发生大的变化。1987~2002年期间,按照不变价计算的国内生产总值增加了427.49%^①,而1985~2002年期间中国能源消耗从76882万吨标准煤增加到151797万吨标准煤^②,增加了约197.44%,单位GDP的能耗下降了53.81%。一般而言,有两个原因可以导致能源强度的显著降低,一是能源使用效率的提高,另一个则是能源强度低的部门使用能源的比例增加。由于能源产业中间使用的结构保持相对稳定,因此,我们推测产业内能源使用效率的提高是能源强度上升的主要原因。

第三,电气、机械及器材制造业以及通信设备、计算机及其他电子设备制造业的中间使用结构有了较大变化,结合表2,1987~2002年期间这些资本品生产部门的中间使用率提高较大。这反映出来自这些资本品生产部门的技术扩散加快,同时吸收技术的部门发生了一定变化,金融保险业、石油加工、炼焦及核燃料加工业以及服装皮革羽绒及其制品业等部门对这两个部门的中间使用增长较快。

四、结 论

本文基于IO表的交叉熵更新技术,度量并分析了1987~2002年期间中国产业结构的变化。交叉熵法从初始年IO表出发,推出和目标年实际IO表行列和相等的目标年预测IO表。通过比较目标年预测IO表和目标年实际IO表,我们可以剔除总量的影响,考察在此期间产业结构的变化,包括各产业中间投入和中间使用的变化。基于上述分析过程,得到如下结论:

第一,相比第一、第二产业,中国第三产业的中间投入结构和中间使用结构发生了巨大变化。这种巨大变化正好呼应了1993年至2003年修正的GDP数据所显示的趋势,即第三产业表现出超过第一、第二大产业的增长速度,其在GDP中的份额明显上升,从1993年的33.9%上升到2003年的41.7%。第三产业,特别是金融保险,运输邮电、商业饮食及其他社会服务业,其中间投入和中间使用结构的巨大变化是技术和制度共同作用的产物。新技术和新资本不断涌入这些部门,资源配置手段从计划向市场过渡,产业主体从国有垄断到私营和外资的逐步进入。

第二,1987~2002年期间,资本品生产部门的中间使用结构变化较大,而能源产业和资源矿产业的中间使用结构未发生大的变化。前者反映出不同

^① 作者计算而得。其中,1987~1992年的数据来自《中国统计年鉴(2003)》第57页,1993~2003年的数据来自国家统计局2006年1月发布关于我国国内生产总值历史数据修订结果的公告。

^② 数据来源:1985年数据来自《中国统计年鉴(2003)》第250页。2002年数据来自国家统计局2006年5月发布的关于2005年重要数据和部分历史数据修订的公告。

部门在设备更新和技术进步上的差异,后者说明近年来中国能源强度降低的主要原因是产业内能源使用效率的提高。

第三,1987~2002年期间,大部分消费品制造业的中间投入结构相当稳定,如食品制造及烟草加工业、纺织业等。国内这些产业对新技术的响应较慢,接受技术扩散的程度和幅度都不大。大部分资本品制造业的中间投入结构也变化不大,如通信设备、计算机及其他电子设备制造业等。这些产业更多的使用来自本部门的中间产品,新技术往往来自本部门内的创新。

参 考 文 献

1. 范金、万兴:《投入产出表和社会核算矩阵更新研究综述》,载《数量经济技术经济研究》2007年第5期。
2. 顾海兵、赵革、李富强:《中国产业经济动态:1987-1990-1992系列中国投入产出表比较分析》,载《数量经济技术经济研究》1997年第1期。
3. 李强、薛天栋:《中国经济发展部门分析兼新编可比价投入产出序列表》,中国统计出版社1997年版。
4. 李善同、钟思斌:《我国产业关联和产业结构变化的特点分析》,载《管理世界》1998年第3期。
5. 宋辉、李强:《从投入产出模型看科技进步对中国产业结构升级的影响》,载《数量经济技术经济研究》2003年第1期。
6. 王岳平:《我国产业结构的投入产出关联分析》,载《管理世界》2000年第4期。
7. 吴小松、范金、胡汉辉:《我国就业增长与结构变迁的影响因素:基于SDA的分析》,载《经济科学》2007年第1期。
8. 钟契夫、陈锡康、刘起运:《投入产出分析》,中国财政经济出版社1993年版。
9. Andréosso-O'Callaghan B. and Yue G. Q., 2000: An Analysis of Change in China Using Biproportional Methods, *Economic Systems Research*, Vol. 12, No. 1.
10. Benjamin L. B. & Ahmadi-Esfahani F. Z., 1998: Updating an Input-output Table for Use in Policy analysis, *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 44, No. 4.
11. Golan A., Judge G. & Robinson S., 1994: Recovering information from incomplete or partial multisectoral economic data, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 76, No. 3.
12. Israilevich P. R., Hewings G. D., & Sonis M., 1997: Forecasting Structural Change with a Regional Econometric Input-output Model, *Journal of Regional Science*, Vol. 37, No. 4.
13. Jackson R. W. & Murray A. T., 2004: Alternative Input-output Matrix Updating Formulations, *Economic Systems Research*, Vol. 16, No. 2.
14. Junius T. & Oosterhaven J., 2003: The Solution of Updating or Regionalizing a Matrix with Both Positive and Negative Entries, *Economic Systems Research*, Vol. 15, No. 1.
15. Robinson S., Cattaneo A., & M. El-Said, 2001: Updating and Estimating a Social Accounting Matrix using Cross Entropy Methods, *Economic Systems Research*, Vol. 13, No. 1.
16. Thissen M. & Logfren H., 1998: A New Approach to SAM Updating with an Application to

Egypt, *Environment and planning*, Vol. 30, No. 11.

Cross Entropy-based Analysis on Evolution of Industrial Structure

Hu Hanhui Wan Xing Fan Jin

Abstract: The paper measures and analyzes change of China's industrial structure from 1987 to 2002 based on an Input-output table cross entropy updating method. We draw the following conclusions. First, the structure of intermediate input and intermediate use of the third industry changed substantially in the period; second, the structure of intermediate use of high-tech industries changed a lot, while that of energy and mineral industries had a few changes; third, the structure of intermediate input of consumable goods industries maintained stable, and that of capital goods manufacturing industries witnessed few changes.

Key Words: Updating of IO Tables Cross Entropy Industrial Structure

JEL Classification: L11 L16