

投入产出(综合平衡)方法 及应用

冉毅群

中国最优设计管理研究会

一九八五年二月

目 录

第一节 概 述.....	2
一、什么是投入产出法.....	2
二、投入产出法的产生.....	3
第二节 投入产出法的编制方法.....	5
一、分 类.....	5
二、基础表的设计.....	7
三、建立投入产出数学模型.....	10
第三节 投入产出法的应用.....	29
一、基础表说明.....	29
二、数学模型.....	31
三、计算直接消耗系数.....	31
四、计算完全消耗系数.....	32
五、投入产出法的主要用途.....	35
第四节 动态投入产出模型.....	57

投入产出方法及应用

第一节 概 述

一、什么是投入产出法

国民经济可以划分为若干不同的部门。每个部门为了“产出”一定量的产品，必须“投入”与之有关的或一定比例的其它产品。研究“投入”与“产出”的产品的定量关系的一种经济数学方法，叫投入产出法，或称为计划综合平衡方法。这种方法是综合统计分析和计划综合平衡的重要工具。

投入产出法的主要内容，是要制定投入产出表及其数学模型（一组反映部门间平衡关系的线性方程式及其参数）并利用及进行经济分析和计划计算。

投入产出表（见表一）包括产品投入产出表（基本表）和固定资产、劳动消耗的投入产出表等辅助表。这些表可按报告期及计划期分别编制。而就编制范围而言，不限于全国范围，而且可用于各地区、各企业。它解决的问题主要是使各部门和各种产品之间保持平衡关系，使之不出现由于少数几种产品生产能力不足，而使国民经济其它部门生产受到严重影响的情况，也就是使物质生产领域各部门在再生产过程中保持一定的平衡协调关系。因此，投入产出法是一种综合考察部门之间的数量依存关系的方法。它与现行计划统计工作中使用的常规的平衡方法有明显的不同之点，它的特点是：

（一）它不是单个产品的物资平衡表，而是把每个部门产品的生产和分配都放在国民经济的有机整体中来考察，因而不仅能够全面而

又集中地反映国民经济各个部门间的相互依存的数量关系，而且还能反映再生产的重要比例关系……。

(二) 它反映了社会生产和社会需要之间的平衡关系。从表的横向(行)看，是产品的分配比例，即社会对各部门产品需要量及其比例，从表的竖向(列)看，又体现了各个部门产品生产的价值构成，即社会必要劳动消耗量，两者综合就能较好的反映国民经济有计划、按比例发展规律和价值规律的要求。

(三) 它是利用现代数学方法和电子计算技术来分析研究部门间数量关系的。长期以来，我们在经济研究和管理方面，往往只重视定性分析而忽视定量分析，使我们吃过许多苦头。事实告诉我们，定性分析和定量分析是不可偏废的两个方面。离开定性分析，定量分析就会失去灵魂，迷失方向。而任何质量都表现为一定的数量，没有数量就没有质量，没有正确的数字，难以对我们所采取的经济发展战略、模式、计划、方案、措施作出正确的判断。而投入产出则是以现代数学和电子计算技术为手段来综合考察，分析研究国民经济各部门间的复杂的数量依存关系，以及再生产的综合比例的方法，从而有助于我们在定性分析的基础上，加强对经济过程的“定量”分析，只有这样才能使我们在把握“质”的同时，也把握它的数量表现，也才能使我们更加深刻地理解社会主义经济发展的本质及其规律性。

二、投入产出法的产生

这种方法是三十年代初，由美国经济学家瓦·列昂节夫(W. Leontief)提出来的。当时主要用于研究美国经济结构，但随着科学技术的发展，特别是电子计算技术的出现，这个方法也得到改进、发展和推广，以后不仅美国政府采用了此方法，而且很快推广到了资

本主义国家以及亚、非、拉的一些发展中国家，后来又在苏联及东欧等国家得到应用和发展。到目前为止，投入产出法，已为世界上近100个国家和地区所采用，联合国将它规定为会员国的国民经济核算体系中的一个重要组成部分。从1950年到现在，并先后在荷兰、意大利等国家召开过七次国际性的投入产出学术会议，1979年，我国第一次派代表参加。

在我国，投入产出法的研究，从六十年代初才开始，中国科学院数学研究所成立了专门的小组，开始宣传介绍和理论探讨工作，部分高等院校也开始从事这方面的研究。1974年8月，在国家计委、国家统计局的支持下，着手编制我国1973年61类主要产品投入产出表。并进行了试验分析工作，因此，我国对投入产出法的研究和应用与国际先进水平相比，差距还很大，需要迎接赶上。

三、投入产品法在各国经济工作中的应用情况

1、进行经济预测：其方法是利用已编制的投入产出表提供的数据资料，将既定的最终需求，代入投入产出数学模型，就能求出未来年份的各部门的产量。例如，英国的剑桥多部门动态模型，预测英国经济的发展状况，美国政府1952年利用1947年投入产出表作了一个全面的经济预测，为侵朝战争所需要整军备的计划服务，为外、意大利、阿根廷、荷兰等许多国家也都作过中长期预测。联合国亦用此法预测世界经济的未来发展状况等等。

2、研究经济结构，为制定经济政策和行动规划提供依据。例如，研究能源政策的改变对经济发展的影响，研究技术进步，生产力的发展对经济结构的影响，研究工资的变动对物价的影响，研究军备开支的变化对经济的影响等。美国研究结果表明，工资提高10%，生活

费用上升约4%，工人的实得利益为6%。

3、苏联和东欧国家主要利用投入产出模型为编制中、长期计划服务，作用有二。其一，使国民经济计划在部门比例上保持平衡；其二，是在此基础上编制国民经济的最优计划。和苏联的1971~1975年，1976~1980年的五年计划，和正在编制的1981~1985年，1985~1990年的长期发展规划都是应用这种方法。

4、利用投入产出表，计算国民经济生产总值，国民收入和社会资本的流通等。联合国1968年推荐将投入产出表作为国家核算系统的一个组成部分等等。

目前，投入产出法，已从静态模型发展到动态模型，其研究与应用范围也越来越广，如在收入与分配、国际贸易、社会人口、环境污染的治理等方面都显示了它巨大的生命力。我国对投入产出法的研究和应用还刚刚开始。为了推广这一科学的管理方法，下面首先介绍静态投入产出法的基本原理和编制方法，然后再介绍动态投入产出方法。

第二节 投入产出法的编制方法

一、分类

整个国民经济是由相互作用和相互依赖的若干部门组成，因此，编制投入产出表首先遇到的问题是怎样划分部门，而且这里的部门是指的产品部门，而不是指象化工部、电力部、纺织部等经济部门。各经济部门不能代替产品部门，如煤炭部不仅生产煤，而且还生产化工产品、机械产品等。因此，编制综合平衡表时应考虑这些实际情况。

其次，划分多少个部门合适？列昂节夫编制第一个投入产出表时，包括了41个部门，世界各国（地区）由于具体情况不同，因此，划分的部门也不同，从经验看，部门数以20—200之间为宜。我们国家与世界各国又有不同之处，因此编制投入产出表时，部门的划分可按以下几点原则来考虑：

（一）严格区分物质生产部门和非物质生产部门，因为只有物质生产部门才创造价值，非物质生产部门是不创造价值的（如文教、卫生等部），因此，在编制部门间综合平衡表时，一般只列入物质生产部门。

（二）按照产品的消耗结构和工艺技术条件的同类性来进行部门分类。如火电、水电，它们的消耗结构相差很大，前者以煤、重油为燃料，后者基本上不消耗这些，所以确定部门时应分别列入。

（三）尽可能与现有的计划统计部门分类相适应，以充分利用现有统计资料。目前由于我们管理水平还不高，所以统计数据不够完整，或统计数据不够准确，这就给编基础表带来困难，所以，分类时力求和现有部门相吻合。

因此，部门分类以多少为合适，应根据计划工作和经济工作的需要，并考虑到收集有关的统计资料的可能性来列，一般讲部门分类愈详细，编制平衡表的工作量也愈大，困难也愈多，自然得到的资料也愈多，所反映的部门之间相互联系的数量关系也就越接近实际。所以部门分类不能一概而论，而应根据各国、各地区、各企业的实际情况来定，下面举一些国外编制投入产出表时部门划分的例子，供参考。

国 家	编 制 年 代	部门数
美 国	1935, 1947	11
美 国	1963	61
英 国	1963	60
法 国	1962	18
西 德	1966	19
日 本	1965	31
印 度	1964, 1965	23
南 韩	1968	33
波 兰	1962	48
墨 西 哥	1960	39
苏 联	1966	59
南斯拉夫	1966	52
中 国	1973	61

二、基础表的设计

投入产出表根据不同的标准，可以有不同的分类，但最基本的仍是实物型和价值型两型。

所谓实物型投入产出表就是以实物度量（万吨、亿斤、万米等）作为计量单位。

所谓价值型投入产出表就是以价格作为计量单位的。

表1为价值型投入——产出基础表结构，这个表是建立在一个重要的假设基础上的，即投入系数是不变的，否则表就没有实用价值。该表由三个部分组成。

1、各生产部门在生产过程中产品的相互交流，这就是生产状况和消耗状况。

2、最终需求：包括提供给社会的商品量，生产性和非生产性积

投入产出基础表 表 1

消耗部门 \ 生产部门		消耗状况 (中间产品)					最终需求	总产值
生产状况	1	2		j		n		
	1	x_{11}	x_{12}	x_{1j}		x_{1n}	y_1	x_1
	2	x_{21}	x_{22}	x_{2j}		x_{2n}	y_2	x_2
	...	...	...	...	...	...	...	...
	i	x_{i1}	x_{i2}	x_{ij}		x_{in}	y_i	x_i
新创造价值	...	...	...	...	...	...	...	...
	n	x_{n1}	x_{n2}	x_{nj}		x_{nn}	y_n	x_n
劳动报酬		v_1	v_2	v_j		v_n		
社会纯收入		m_1	m_2	m_j		m_n		
总计		x_1	x_2	x_j		x_n		

累、出口等。

3、原始生产资料：包括职工工资、劳力、税金、利润、管理费用……（一般用劳动报酬、社会纯收入列入表中）。

表的排法是：

1) 表中横的称“行”，竖的称“列”。

2) 规定生产状况中各行序（或产品名称）与消耗状况中各列序（或产品名称）要一一对应。

3、本表是假设国民经济划分为几个部门在生产过程中，每个部门所消耗的原材料、燃料、动力等，除由本部自己提供自产的产品外，其余由各部门提供。

4) 表中各种符号的含义：

Z_j ——表示第 j 个部门的总产值（ $j=1, 2, \dots, n$ ）。

Y_j ——表示第 j 个部门所提供社会的最终需求量。（ $j=1, 2, \dots, n$ ）的价值。

X_{ij} ——表示第 j 个部门在生产过程中所消耗的第 i 个部门产品价值的总和，（ $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, n$ ）。

V_i ——表示第 i 部门在产品的生产过程中所支付的劳动报酬，（ $i=1, 2, \dots, n$ ）。

m_i ——表示第 i 部门的劳动者所创造的社会纯收入（利润、税金等）的数量。

基础表可以根据具体情况来扩充或缩小，如该者是一个企业的综合平衡表，在生产过程中还需外购料时，则可增加外购量栏，如总产量的右边加上一列不合格产品数，那么此列与总产量一列对应的比值则反映了“产品合格率”。如将各种物料的单价考虑进去，则可以得

到成本指标、利润指标等等。

综上所述，基础表反映了一个生产单位主要经济活动状况，为综合分析主要经济指标、统观全局地指挥生产提供了依据。

三、建立投入产出数学模型

有了投入—产出表，现我们来分析表中各部门之间的经济联系：

从表的横向看，说明各物质生产部门所生产产品的用途，这些产品除了以中间产品形式供本部门及其它部门的生产需要外，还以最终需求方式，满足人民生活需要和生产建设需要，为此我们可以得到如下方程组：

$$X_{12} + X_{12} + \dots + X_{1n} + Y_1 = X_1$$

$$X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} + Y_2 = X_2$$

$$\dots \dots \dots$$

$$X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} + Y_n = X_n$$

或

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i = X_i \quad (2-1)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

式(2-1)中

$\sum_{j=1}^n X_{ij}$ ——表示各部门产品生产过程中所消耗的第*i*部

门产品量。

Y_i ——表示第*i*部门的最终产品数量(即最终需求)。

X_i ——表示第*i*个部门的总产值。

从表的纵向看，说明物质生产部门在生产中所消耗的各种物质消
~10~

耗(包括原料、燃料、动力和设备等)、活劳动消耗(包括职工工资、农民的劳动报酬……)以及劳动者为社会所创造的价值等。为此我们又可得到下面的方程组:

$$X_{11} + X_{21} + \dots + X_{n1} + V_1 + m_1 = X_1$$

$$X_{12} + X_{22} + \dots + X_{n2} + V_2 + m_2 = X_2$$

$$\dots \dots$$

$$X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{nn} + V_n + m_n = X_n$$

或

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + V_j + m_j = X_j \quad (2-2)$$

$$i=1$$

$$(j=1, 2, \dots, n)$$

式(2-2)中

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \text{——表示第 } j \text{ 部门在生产过程中所消耗的各种物料的价值。}$$

价值。

$V_j + m_j$ ——表示第 j 部门在产品生产过程中新创造的价值。

X_j ——表示第 j 部门的总产出。

上述公式即为投入产出法的基本数学公式。

(一) 计算直接消耗系数

下面我们进一步分析生产与消耗之间的关系, 首先计算直接消耗系数。

直接消耗系数实质上就是单耗, 其含意是生产一个单位第 j 种产品对第 i 种物料的消耗, 若用 a_{ij} 表示, 则

$$a_{ij} = X_{ij} / X_j$$

$$(i, j=1, 2, 3, \dots, n)$$

直接消耗系数是很重要的技术经济指标，它在一定程度上可以反映出生产技术和设备状况。现举例说明：

设有如下一个投入产出表

表2

生产部门	消耗部门	消耗状况				最终需求			总产值
		I	II	III	小计	积累	出口	小计	
生产状况	I	20	100	30	150	40	60	100	250
	II	10	70	80	160	30	10	40	200
	III	15	45	40	100	25	25	50	150
合 计		45	215	150					

现按公式 (2-3) 计算其直接消耗系数如下表：

直接消耗系数表

表3

	I	II	III
I	$20/250=0.08$	$100/200=0.5$	$30/150=0.20$
II	$10/250=0.04$	$70/200=0.35$	$80/150=0.53$
III	$15/250=0.06$	$45/200=0.225$	$40/150=0.26$

系数表3的第一列说明每生产一个单位的第I种产品，需耗0.08个单位的第I种产品，0.04个单位的第II种产品，以及0.06个单位的第III部门的产品，第二列数字则表明生产一个单位的第II种产品，所消耗的本部门及其余各部门产品的数量，同理说明其它各列。这个表说明国民经济各部门间生产与消耗直接关系。

在引入直接消耗系数后，则可改写方程组 (2-1) 式：

$$a_{ij} = X_{ij} / X_j \quad (i, j=1, 2, \dots, n)$$

则

$$x_{1j} = a_{1j} x_j$$

将

x_{1j} 代入 (2-1) 式得:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + Y_1 = x_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + Y_2 = x_2 \\ \dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + Y_n = x_n \end{cases} \quad (2-4)$$

若用矩阵形式表示为:

$$AX + Y = X \quad (2-5)$$

式中

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad \text{令 } I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

将 (2-5) 式改写得:

$$X - AX = Y \quad (2-6)$$

或

$$(I - A)X = Y \quad (2-7)$$

(2-6) 式说明产品的总产值中减去中间消耗后等于最终需求量。因

此若已知直接消耗系数矩阵A及各部门总产值向量X，则可用(2-6)式计算出最终产品向量Y，反之若已知直接消耗系数矩阵A，最终产品向量Y，则可利用(2-5)式计算出各部门产品的总产值。

另外，在(2-2)式中令

$$B_j = V_j + m_j$$

于是(2-2)式可改写成如下式子：

$$\begin{cases} a_{11}X_1 + a_{21}X_1 + \dots + a_{n1}X_1 + R_1 = X_1 \\ a_{12}X_2 + a_{22}X_2 + \dots + a_{n2}X_2 + R_2 = X_2 \\ \dots \\ a_{1n}X_n + a_{2n}X_n + \dots + a_{nn}X_n + R_n = X_n \end{cases} \quad (2-8)$$

为计算方便可将(2-8)式写成：

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n a_{i1} & & & 0 \\ & \sum_{i=1}^n a_{i2} & & \\ & & \dots & \\ 0 & & & \sum_{i=1}^n a_{in} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$$

或:

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & \sum_{i=1}^n a_{i1} & & 0 & & \\
 \begin{array}{c} 1 \ 0 \ \dots \ 0 \\ 0 \ 1 \ \dots \ 0 \\ \vdots \\ 0 \ 0 \ \dots \ 1 \end{array} & \begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{array} & \begin{array}{c} \sum_{i=1}^n a_{i2} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n a_{in} \end{array} & \begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{array} & \begin{array}{c} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{array} & & \\
 & & & & & &
 \end{array}$$

于是有

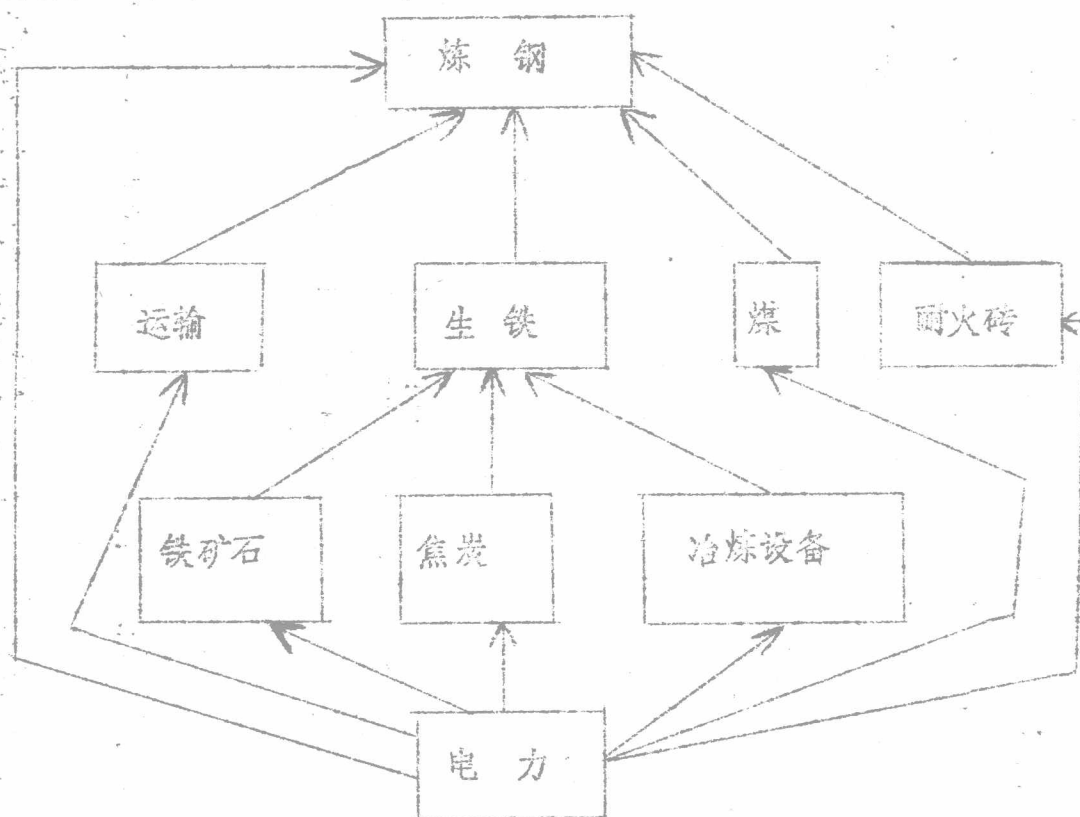
$$X_j = \frac{B_j}{1 - \sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (2-8)$$

式(2-8)的经济含义是:将第j部门新创造的价值除以一个系数 $1 - \sum_{i=1}^n a_{ij} (j=1, 2, \dots, n)$

即得第j部门的生产总产值,故国民经济各部门的总产值与新创造的价值之间可以换算。

(二) 计算完全消耗系数

在实际生产过程中，物料的消耗关系是很复杂的，它不仅包含了直接消耗而且还包含了间接消耗，如在炼钢过程中消耗了电力，这是炼钢对电力的直接消耗，炼钢还需要直接消耗生铁、煤、运输……等等，这些产品在生产时，也需消耗电力，这是炼钢对电力的间接消耗，称炼钢对电力的一次间接消耗。在炼铁的过程中，除消耗电力外，还需消耗铁矿石、焦炭、冶炼设备等，这些产品在生产过程中，又消耗了电，这就是炼钢对电力的二次间接消耗，这样可以无限制地进行下去。直接消耗与间接消耗之和称炼钢对电的完全消耗。炼钢直接和间接消耗电力情况见图一。



图一 炼钢直接与间接消耗电力示意图