国民经济统计学
（国民经济核算教程）

第4章 投入产出核算

厦门大学 杨灿 主编/主讲

本 章 要 目

§4.1 产业关联与投入产出表

一、投入产出法及其产生和发展

（一）产业关联性与投入产出核算

- 生产过程从**产出**看，各部门相互提供产品；
- 生产过程从**投入**看，各部门相互消耗产品。

由此形成**部门间的技术经济联系**。它受客观条件制约，具有一定的**数量界限和规律**，需要制订和运用专门的投入产出方法来加以研究。

投入产出核算：以国民经济**产品部门**分类为基础，通过专门的**平衡表**和**消耗系数**描述部门间错综复杂的投入产出数量关系，并利用数学方法建立**经济模型**，进行相应的经济分析和预测。——又称：投入产出法、部门联系平衡法、产业关联分析法、投入产出经济学。

（二）投入产出法的起源、产生和发展

法国重农学者魁奈：经济表；

马克思：社会再生产理论，两大部类比例关系；

瓦尔拉斯：一般均衡理论模型，多部门间的比例关系；

1920年代，前苏中央统计局：社会产品棋盘式平衡表；

1930年代，瓦西里•列昂节夫：投入产出表和模型；

二战后，投入产出法广泛应用于各国经济管理实践，形成现代经济分析技术的一个重要分支（投入产出经济学）。

在SNA和MPS中，投入产出核算均构成其重要部分。

中国：试编1973年投入产出表，1981年正式编制；新国民核算制度规定：自1987年起，全国每隔五年(逢二逢七年份)编制新的“基准表”(专门调查)，其间第三年编制“延长表”(局部修订)。各省（市）类此。

二、投入产出法的部门分类

（一）产品部门及其特征

基本特征：

1．产出的同质性：一个部门只能生产同一种类的产品。

- 如果一个部门除了主要产品之外，还生产其他次要产品，就必须把后者划归到将其作为主要产品来生产的相应部门。例如：林场生产林木、木材和木制家具。

2．投入的同质性：一个部门只能以相同或相似的投入结构和生产工艺生产同一种类的产品。

- 如果在生产同类产品的过程中使用了两种不同的投入结构或生产工艺，也应该把有关生产活动分别划归到不同产品部门。例如：火力发电 与 水力发电。

（二）产品部门与产业部门的关系

- 相似之处：都是从生产的角度进行的部门分类，都要适当考虑各部门在投入和产出两方面的同质性，具有相同或相近的分析目的和分析要求。
- 不同之处：产业部门并非完全满足同质性要求的“纯部门”；只有产品部门才是真正的纯部门。
- 国民核算需要将产品部门、产业部门和机构部门等分类有机结合，分别应用于不同研究领域。

（三）产品部门划分的方式

- 在进行产品部门分类时，也可参照“产业部门”分类标准中有关部门的名称来确定产品部门，并根据分析需要和核算条件确定产品部门划分的详略程度。
- 但仍应注意到，“产品部门”与“产业部门”是两种既相似、又不同的部门分类方法。

注　意

①对于投入结构和生产工艺的区分不是绝对的，而是相对的。例如，电力生产部门：水电、火电、核电、风电、油电……，这些子部门可分也可合，可细也可粗。

②产品部门分得越细，其同质性越好；但实际划分时应兼顾需要与可能。例如，中国2017年投入产出表共划分149个二级部门，42个一级部门；公布资料时更简化。

③在现实经济生活中，产品部门无法直接观察到；但它仍然是一种合理抽象，其资料可用适当方法推算出来。基本过程为：

实际投入产出资料→产业部门资料→产品部门资料

三、投入产出表的种类和结构

（一）投入产出表及其种类

投入产出表(部门联系平衡表)：以产品部门分类为基础的棋盘式平衡表；用于反映国民经济各部门的投入和产出、投入的来源和产出的去向，也即部门与部门之间相互提供、相互消耗产品的错综复杂的技术经济关系。

- 按计量单位分：价值型和实物型；
- 按表式结构分：对称型(纯部门)和U-V型；
- 按资料范围分：全国表、地区表和企业表，区域间表；
- 按时间期限分，静态表和动态表；
- 按考察领域分：产品表、固定资产表、能源表、人口表、教育表、环境污染表，等等；
- 按进口品处理方式分：竞争型和非竞争型表。

本章主要考察：关于**产品流量**的**竞争型**、**价值型**、**对称型**、**全国**、**静态**投入产出表。如：**P.103, 表4-1**

（二）投入产出表的四大象限

暂不考虑作为合计数的“总投入”行、“总产出”列以及生产部门的“小计”栏，可将投入产出表划分为四大象限，分别表达特定的经济内容。

Ⅰ. 中间流量（X）	Ⅱ. 最终产品（f）
Ⅲ. 最初投入（y）	（Ⅳ）

表 4-1　全国价值型投入产出表

		投入部门（中间产品）					最终产品	总产出
		部门 1	部门 2	$\cdots$	部门 n	小计		
产出部门（中间产品）	部门 1	x_{11}	x_{12}	$\cdots$	x_{1n}	$\sum x_{1j}$	f_1	q_1
	部门 2	x_{21}	x_{22}	$\cdots$	x_{2n}	$\sum x_{2j}$	f_2	q_2
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	部门 n	x_{n1}	x_{n2}	$\cdots$	x_{nn}	$\sum x_{nj}$	f_n	q_n
	小计	$\sum x_{i1}$	$\sum x_{i2}$	$\cdots$	$\sum x_{in}$	$\sum\sum x_{ij}$	$\sum f_i$	$\sum q_i$
最初投入	固定资产折旧	d_1	d_2	$\cdots$	d_n	$\sum d_j$		
	雇员报酬	v_1	v_2	$\cdots$	v_n	$\sum v_j$		
	生产税净额	s_1	s_2	$\cdots$	s_n	$\sum s_j$		
	营业盈余	m_1	m_2	$\cdots$	m_n	$\sum m_j$		
	增加值	y_1	y_2	$\cdots$	y_n	$\sum y_j$		
总投入		q_1	q_2	$\cdots$	q_n	$\sum q_j$		

第Ⅰ象限(中间产品或中间消耗)： 核心。反映各部门之间相互提供、相互消耗产品的技术经济联系。

特点：

- 横行标题和纵栏标题是名称、排序相同的产品部门，具有严整的棋盘式结构；
- 横行～提供中间产品的部门(产出部门)；纵栏～消耗中间产品的部门(投入部门)；表中每项数据都具有“产出”与“消耗”的双重涵义。
- 该象限的所有n^2 个数据组成“**中间流量矩阵**”：(横向-中间产品、纵向-中间消耗)

$$\mathbf{X}=(x_{ij})_{n\times n}\quad,\quad x_{ij}\geq 0$$

第Ⅱ象限(最终产品或最终使用)： 反映各部门提供最终产品的数量和构成情况（可以细分为消费、投资和净出口）。其数据组成“**最终产品列向量**”：

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

第Ⅲ象限(最初投入或增加值)： 反映各部门的最初投入数量及其构成（可以细分）。其数据组成“**最初投入(增加值)行向量**”：

$$\mathbf{y}'=(y_1,y_2,\cdots,y_n)$$

第Ⅳ象限： 空白（留待后续的金融投入产出核算、国民核算矩阵、SAM等适当开发）。

（三）投入产出表的两个方向

横表（Ⅰ＋Ⅱ）：反映各部门的**产出及其使用去向**，即“**产品分配**”过程；

竖表（Ⅰ＋Ⅲ）：反映各部门的**投入及其提供来源**，即“**价值形成**”过程。

“横表”和“竖表”各自存在一定的平衡关系，彼此之间又在总量上相互制约，构成投入产出表建模分析的基础框架。

四、投入产出表的平衡关系

投入产出表的基本平衡关系有如下三种。

（一）各行(横表)的平衡——**产品平衡方程**：

中间产品＋最终产品＝总产出

$$\mathbf{X i}+\mathbf{f}=\mathbf{q}\ ,\quad \mathbf{i}=(1,1,\cdots,1)'$$

（二）各列(竖表)的平衡——**价值平衡方程**：

中间投入＋最初投入＝总投入

$$\mathbf{i}'\mathbf{X}+\mathbf{y}'=\mathbf{q}'\ ,\quad \mathbf{X}'\mathbf{i}+\mathbf{y}=\mathbf{q}$$

（三）各行列(横表和竖表)的对应平衡

从投入产出表各对应行列的角度看，有：

某部门总产出＝该部门总投入

$$\sum_{j=1}^{n} x_{kj} + f_k = q_k = \sum_{i=1}^{n} x_{ik} + y_k \ , \ k = 1,2,\cdots,n$$

$$\mathbf{X\,i} + \mathbf{f} = \mathbf{q} = \mathbf{X'\,i} + \mathbf{y}$$

这表明：“产品平衡方程”与“价值平衡方程”既相对独立，又相互制约。

注意：

- 每个部门所提供的中间产品价值与其消耗的中间产品价值通常不等，即

$$\sum_{j=1}^{n} x_{kj} \neq \sum_{i=1}^{n} x_{ik} \quad , \quad k = 1,2,\cdots,n$$

- 每个部门所提供的最终产品价值与其创造的增加值通常也不等，即：

$$f_k \neq y_k \quad , \quad k = 1,2,\cdots,n$$

但从投入产出表所有行、列的角度看，则有：

- 所有部门的总产出＝所有部门的总投入，即

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}x_{ij}+\sum_{i=1}^{n}f_i=\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}x_{ij}+\sum_{j=1}^{n}y_j$$

- 所有部门的中间产品＝所有部门的中间消耗，即

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}x_{ij}$$

从而有：

$$\sum_{i=1}^{n}f_i=\sum_{j=1}^{n}y_j$$

即：所有部门提供的最终产品＝所有部门创造的增加值

（支出法GDP）（生产法或收入法GDP）

§4.2　技术经济系数和投入产出模型

一、几种中间消耗概念

（一）**直接消耗**：在某种产品的生产过程中，对有关产品的第一轮消耗。

（二）**间接消耗**：通过被消耗品的媒介关系而形成的对有关产品的消耗。

（三）**完全消耗**：对某种产品的**直接消耗**与**所有各次间接消耗**之总和。

（各种消耗都可计算相应的系数）

间接消耗的特征：

①**传递性。**不是直接观察到的第一次消耗，而是通过被消耗品的传递关系形成的消耗。

②**层次性。**根据传递环节的不同而有不同的层次。

③**无限性。**社会生产的循环过程无始无终，间接消耗的传递关系永无止境。

④**收敛性。**在极限意义上，间接消耗的不断传递过程本身是收敛的。因此，就有可能计算出全部间接消耗。

注意两点：

- 完全消耗总是大于直接消耗；
- 当一个部门对某种产品没有直接消耗时，却仍然对它有间接消耗，因而完全消耗通常不为零。

二、直接消耗系数和增加值系数

（一）直接消耗系数(投入系数) a_{ij}：j 部门每生产一单位产出对 i 部门产出的直接消耗量。计算公式为：

$$a_{ij} \equiv \frac{x_{ij}}{q_j} \qquad i, j = 1, 2, \cdots, n$$

所有 n^2 个直接消耗系数组成“直接消耗系数(投入系数)矩阵”：

$$\mathbf{A} = (a_{ij})_{n \times n} \equiv \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1^{-1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & q_2^{-1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & q_n^{-1} \end{pmatrix} = \mathbf{X}\hat{\mathbf{q}}^{-1}$$

直接消耗系数的**取值范围**：

$$（1）\ 0 \le a_{ij} < 1\ ；（2）\ 0 < \sum_{i=1}^{n} a_{ij} < 1$$

直接消耗系数的**作用**：

（1）反映部门间直接的技术经济联系；

（2）构成中间产品（消耗）与总产出之间的媒介；

（3）计算完全消耗系数（和其他系数）的基础。

以上讨论的是“**价值型**直接消耗系数”，与之对应的还有“**实物型**直接消耗系数”(P. 108)。

（二）最初投入系数和增加值系数：各部门每生产一单位产出所需的有关最初投入，或所创造的增加值数量。计算公式分别为：

固定资产折旧系数：$\bar{d}_j \equiv \dfrac{d_j}{q_j}$ ， $j = 1, 2, \cdots, n$

劳动者报酬系数：$\bar{v}_j \equiv \dfrac{v_j}{q_j}$ ， $j = 1, 2, \cdots, n$

生产税系数：$\bar{s}_j \equiv \dfrac{s_j}{q_j}$ ， $j = 1, 2, \cdots, n$

营业盈余系数：$\bar{m}_j \equiv \dfrac{m_j}{q_j}$ ， $j = 1, 2, \cdots, n$

增加值系数：$\bar{y}_j \equiv \dfrac{y_j}{q_j}$ ， $j = 1, 2, \cdots, n$

各种最初投入系数的矩阵表示和运算：

$$\mathbf{A}_y=\begin{pmatrix}\bar{d}_1 & \bar{d}_2 & \cdots & \bar{d}_n\\ \bar{v}_1 & \bar{v}_2 & \cdots & \bar{v}_n\\ \bar{s}_1 & \bar{s}_2 & \cdots & \bar{s}_n\\ \bar{m}_1 & \bar{m}_2 & \cdots & \bar{m}_n\end{pmatrix}$$

$$\equiv\begin{pmatrix}d_1 & d_2 & \cdots & d_n\\ v_1 & v_2 & \cdots & v_n\\ s_1 & s_2 & \cdots & s_n\\ m_1 & m_2 & \cdots & m_n\end{pmatrix}\begin{pmatrix}q_1^{-1} & 0 & \cdots & 0\\ 0 & q_2^{-1} & \cdots & 0\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ 0 & 0 & \cdots & q_n^{-1}\end{pmatrix}=\mathbf{Y}\hat{\mathbf{q}}^{-1}$$

$$\bar{\mathbf{y}}'=(\bar{y}_1,\bar{y}_2,\cdots,\bar{y}_n)\equiv\mathbf{y}'\hat{\mathbf{q}}^{-1}$$

$$\Rightarrow\quad \bar{\mathbf{y}}=(\bar{y}_1,\bar{y}_2,\cdots,\bar{y}_n)'\equiv\hat{\mathbf{q}}^{-1}\mathbf{y}$$

增加值系数与各种最初投入系数之间是加总关系：

$$\bar{y}_j = \bar{d}_j + \bar{v}_j + \bar{s}_j + \bar{m}_j$$

增加值系数与直接消耗系数之间是互补关系：

$$\bar{y}_j + \sum_{i=1}^{n} a_{ij} = 1 \quad , \qquad \bar{y}_j = 1 - \sum_{i=1}^{n} a_{ij}$$

或： $$\bar{y}_j + a_{\bullet j} = 1 \quad , \qquad \bar{y}_j = 1 - a_{\bullet j}$$

定义： j 部门的“中间消耗(中间投入)系数”为：

$$a_{\bullet j} \equiv \sum_{i=1}^{n} a_{ij} = 1 - \bar{y}_j$$

该系数在投入产出建模分析中具有重要作用。

比较：直接消耗系数a_{ij}与 中间消耗系数$a_{\cdot j}$的区别和联系。

三、完全消耗系数和完全需求系数

（一）完全消耗系数

1. 完全消耗系数的定义：*j*部门每生产一单位**最终产品**对*i*部门产品的**完全消耗量**，包括直接消耗和各次间接消耗。其**理论公式**为(说明)：

$$\bar{l}_{ij} \equiv \frac{\text{完全消耗量}}{\text{最终产品量}} = \text{直接消耗系数} a_{ij} + \text{间接消耗系数}$$

注意：

- 完全消耗系数从另一角度反映了生产过程的技术经济联系，它与直接消耗系数的分析意义不同；
- 完全消耗系数通常需要运用矩阵代数方法从整体上加以计算（直接运用理论公式计算单个系数较困难）。

2．完全消耗系数 $\overline{l_{ij}}$ 的计算

设：j 部门对有关各部门的直接消耗系数为 $a_{kj}(k=1,2,\cdots,n)$，k 部门对 i 部门的直接消耗系数为 a_{ik}，则 j 部门生产单位最终产品对 i 部门的第一次间接消耗(系数)为：

$$\sum_{k=1}^{n} a_{kj} a_{ik}$$

再设：k 部门对各有关部门的直接消耗系数为 $a_{sk}(s=1,2,\cdots,n)$，s 部门对 i 部门的直接消耗系数为 a_{is} 则 j 部门生产单位最终产品对 i 部门的第二次间接消耗(系数)为：

$$\sum_{s=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} a_{kj} a_{sk} a_{is} = \sum_{k,s=1}^{n} a_{kj} a_{sk} a_{is}$$

依此类推，j部门对i部门的完全消耗系数为：

$$\bar{l}_{ij}=a_{ij}+\sum_{k=1}^{n}a_{kj}a_{ik}+\sum_{k,s=1}^{n}a_{kj}a_{sk}a_{is}+\cdots+\sum_{k,s,\cdots,z=1}^{n}a_{kj}a_{sk}\cdots a_{iz}+\cdots$$

引入完全消耗系数矩阵符号 $\bar{\mathbf{L}}=(\bar{l}_{ij})_{n\times n}$ ，上式可表为：

$$\bar{\mathbf{L}}=\mathbf{A}+(\mathbf{A}^2+\mathbf{A}^3+\cdots+\mathbf{A}^t+\cdots)$$

括号中的部分代表“**间接消耗系数矩阵**”。上式是否收敛？该问题的经济性质以及由此决定的A取值特点保证其收敛性。且数学上可以推得：

$$(\mathbf{I}-\mathbf{A})\bar{\mathbf{L}}=(\mathbf{I}-\mathbf{A})(\mathbf{A}+\mathbf{A}^2+\cdots+\mathbf{A}^t+\cdots)=\mathbf{A}$$

$$\bar{\mathbf{L}}=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}+(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}(\mathbf{I}-\mathbf{A})-\mathbf{I}$$

$$=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}-\mathbf{I}$$

也即有：

$$(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}-\mathbf{I}=\bar{\mathbf{L}}$$

$$(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}=\bar{\mathbf{L}}+\mathbf{I}$$

式中，

$(\mathbf{I}-\mathbf{A})$ 为 **Leontief**（列昂节夫）矩阵

$\mathbf{L}\equiv(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$ 为 **Leontief** 逆阵（完全需求系数矩阵）

$\bar{\mathbf{L}}\equiv\mathbf{L}-\mathbf{I}=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}-\mathbf{I}$ 为完全消耗系数矩阵

举例：直接消耗系数和完全消耗系数的计算（**P.110-111**）

3. 完全消耗系数的经济解释（P.111-112）

依据完全消耗系数的定义（理论公式）计算：

$$\bar{l}_{12}=\frac{258}{1000}=0.258\text{，}\quad \bar{l}_{22}=\frac{171}{1000}=0.171\text{，}\quad \bar{l}_{32}=\frac{468}{1000}=0.468$$

这与矩阵求逆的结果相同，从而验证了：完全消耗系数是生产一单位最终产品对有关产品的完全消耗量。

（二）完全需求系数：列昂节夫逆矩阵中的每个元素，即

$$\mathbf{L}=(l_{ij})_{n\times n}=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}=\bar{\mathbf{L}}+\mathbf{I}$$

表明：j部门生产单位最终产品对i部门产品的完全需求量。

完全需求系数 与 完全消耗系数 之间的关系：

$$l_{ij}=\begin{cases}\bar{l}_{ii}+1, & i=j\ (\text{完全消耗＋初始需求})\\ \bar{l}_{ij}\ , & i\neq j\ (\text{完全消耗})\end{cases}$$

直观解释：某部门对本部门的完全需求系数等于完全消耗系数加1，某部门对其他部门的完全需求系数等于完全消耗系数。

可见，两个“完全”系数矩阵**仅主对角线上的元素相差1单位**（对本部门最终产品的初始需求），其他元素则相等。

四、投入产出基本模型

根据投入产出表的平衡关系和技术经济系数，可以建立各种投入产出模型。其中，最基本的是以下“行模型”和“列模型”。

（一）投入产出行模型：由横表导出

$$
\begin{cases}
(a_{11}q_1 + a_{12}q_2 + \cdots + a_{1n}q_n) + f_1 = q_1 \\
(a_{21}q_1 + a_{22}q_2 + \cdots + a_{2n}q_n) + f_2 = q_2 \\
\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
(a_{n1}q_1 + a_{n2}q_2 + \cdots + a_{nn}q_n) + f_n = q_n
\end{cases}
$$

写成矩阵形式：

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{Aq} + \mathbf{f} = \mathbf{q}$$

整理后得到**行模型（产品流量模型）**：

$$\mathbf{f} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{q} \quad \Leftrightarrow \quad \mathbf{q} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} = \mathbf{Lf}$$

该模型用于考察**总产出与最终产品、中间产品之间的数量平衡关系**。据此，可以由总产出推算最终产品，或者，由最终产品推算总产出。

依据直接消耗系数的定义，还可建立**中间流量(中间产品或中间消耗)模型**：

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{q}}$$

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & q_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & q_n \end{pmatrix}$$

（二）投入产出列模型：由竖表导出

$$\begin{cases} (a_{11}+a_{21}+\cdots+a_{n1})q_1+y_1=q_1 \\ (a_{12}+a_{22}+\cdots+a_{n2})q_2+y_2=q_2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ (a_{1n}+a_{2n}+\cdots+a_{nn})q_n+y_n=q_n \end{cases}$$

写成矩阵形式：

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{n} a_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sum_{i=1}^{n} a_{i2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sum_{i=1}^{n} a_{in} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix}$$

引入“中间投入系数对角阵”：

$$\boldsymbol{\Lambda}=\begin{pmatrix} a_{\bullet 1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{\bullet 2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{\bullet n} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{n} a_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sum_{i=1}^{n} a_{i2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sum_{i=1}^{n} a_{in} \end{pmatrix}$$

整理后得到**列模型（价值形成模型）**：

$$\mathbf{y}=(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Lambda})\mathbf{q} \quad \Leftrightarrow \quad \mathbf{q}=(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Lambda})^{-1}\mathbf{y}$$

该模型用于考察**总投入(产出)与中间投入、最初投入(增加值)之间的数量平衡关系**。据此，可以由总投入(产出)推算最初投入(增加值)，反之亦然。

§4.3 投入产出表的编制和修订方法

一、两个分析假定和两种编表方法

（一）投入产出分析的两个基本假定

- **同质性：** 各部门以特定的投入结构和工艺技术生产特定的产品（且不同产品不能相互替代），即要求具备按纯部门(产品部门)划分的各种投入和产出资料。
- **比例性：** 各(产品)部门的投入与产出之间成一定比例(技术经济系数)，存在较稳定的线性函数关系。

两个假定的关系： “同质性”是“比例性”的基础，“比例性”是“同质性”的归宿。

（二）纯部门投入产出表的两种编制方法

1. 直接分解编表法

基本思路：全面调查搜集各企业、部门的投入产出资料，将其按纯部门的要求逐一分解，再由综合部门将分解后的数据汇编成标准形式的投入产出表。

2. 间接推导编表法

基本思路：以国民经济核算中各产业部门的实际投入产出资料为基础，建立专门的U-V型投入产出表；依据该表的平衡关系(填充部分数据)，引入适当的工艺技术假定，运用数学方法推算出符合分析要求的投入产出表。

二、用间接推导法编制投入产出表（U-V表法）

（一）U-V型投入产出表的结构

产业部门的投入产出资料具有以下特点：

- 对于各产业部门的产出，能够确定其产品种类和各类产品的数量，但是无法确知这些产品的使用去向。
- 对于各产业部门的投入，能够确定其具体种类(是中间投入还是最初投入，是使用何种产品进行的中间投入，或使用何种要素进行的最初投入等)，但难以明确区分这些投入分别被用于哪些产品的生产，有关的中间投入又是由哪些部门提供的。

据此，可用两张表描述国民经济各产业部门已知的投入和产出核算资料，并据以合编U-V型投入产出表。

1. **投入表**：主要反映各**产业部门**的各种**投入流量**，包括**中间投入**和**最初投入**。***已知***：哪个产业投入什么；***未知***：来自哪个产业，用于生产哪种产品。

投　入　表

		产业部门				中间产品
		1	2	$\cdots$	m	
产品部门	1	u_{11}	u_{12}	$\cdots$	u_{1m}	$\sum u_{1j}$
	2	u_{21}	u_{22}	$\cdots$	u_{2m}	$\sum u_{2j}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
	n	u_{n1}	u_{n2}	$\cdots$	u_{nm}	$\sum u_{nj}$
最初投入		z_1	z_2	$\cdots$	z_m	
总投入		g_1	g_2	$\cdots$	g_m	

2．**产出表**：主要反映各**产业部门**所提供的各种**产品流量**。已知：哪个产业生产什么；未知：它们生产的是中间产品还是最终产品，中间产品又用于生产什么。

产 出 表

		产品部门				总产出
		1	2	$\cdots$	n	
产业部门	1	v_{11}	v_{12}	$\cdots$	v_{1n}	g_1
	2	v_{21}	v_{22}	$\cdots$	v_{2n}	g_2
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
	m	v_{m1}	v_{m2}	$\cdots$	v_{mn}	g_m
总产出		q_1	q_2	$\cdots$	q_n	
最终产品		f_1	f_2	$\cdots$	f_n	

3．**U-V型投入产出表**：投入表与产出表的有机组合。

U－V 型投入产出表

		产品部门				产业部门				最终产品	总产出
		1	2	⋯	n	1	2	⋯	m		
产品部门	1					u_{11}	u_{12}	⋯	u_{1m}	f_1	q_1
	2		（X）			u_{21}	u_{22}	⋯	u_{2m}	f_2	q_2
	⋮					⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
	n					u_{n1}	u_{n2}	⋯	u_{nm}	f_n	q_n
产业部门	1	v_{11}	v_{12}	⋯	v_{1n}						g_1
	2	v_{21}	v_{22}	⋯	v_{2n}						g_2
	⋮	⋮	⋮	⋱	⋮						⋮
	m	v_{m1}	v_{m2}	⋯	v_{mn}						g_m
最初投入			（y′）			z_1	z_2	⋯	z_m		
总投入		q_1	q_2	⋯	q_n	g_1	g_2	⋯	g_m		

结构特征：U 表和V 表是其核心部分

U 表 = 消耗矩阵，是“产品 × 部门”型的；

V 表 = 制造(生产)矩阵，是“部门 × 产品”型的；

表中其他数据均可由这两个矩阵直接或间接推算出来。

杨灿主编：国民经济核算教程(第五版)，中国统计出版社，2019

在U-V型投入产出表中，若能推导出**纯部门**的中间流量矩阵 **X** 和最初投入向量 **y**，就可得到标准投入产出表。为此需要：

- 考察U-V型投入产出表的平衡结构，制定相应的技术经济系数；
- 引入技术（工艺）假定，推导纯部门(对称型)投入产出表。

（二）U-V型表的平衡关系和分析系数

1. U-V型投入产出表的平衡关系

(1)产品供给方程：

$$q_j = \sum_{i=1}^{m} v_{ij} \ , \quad j = 1,2,\cdots,n$$

表明 j 产品由哪些产业部门生产提供，分别提供多少。

(2)产品分配方程：

$$q_i = \sum_{j=1}^{m} u_{ij} + f_i \ , \quad i = 1,2,\cdots,n$$

表明 i 产品被各产业部门分别消耗多少，最终使用多少。

以上两组关于“产品部门”的方程可统一表述为：

$$\mathbf{q} = \mathbf{V}'\mathbf{i} = \mathbf{U}\mathbf{i} + \mathbf{f}$$

(3) 部门产出方程：

$$g_i = \sum_{j=1}^{n} v_{ij} \quad , \qquad i = 1, 2, \cdots, m$$

表明 *i* 产业部门的产品结构和规模。

(4) 部门投入方程：

$$g_j = \sum_{i=1}^{n} u_{ij} + z_j \ , \quad j = 1, 2, \cdots, m$$

表明 *j* 产业部门的中间消耗结构和最初投入情况。

以上两组关于“产业部门”的方程可统一表述：

$$\mathbf{g} = \mathbf{V}\mathbf{i} = \mathbf{U}'\mathbf{i} + \mathbf{z}$$

2. U-V型投入产出表的分析系数

(1)产业部门的“**混合消耗系数(部门消耗系数)**”，表明 j 部门每生产一单位“混合产品”对 i 产品的直接消耗量：

$$c_{ij} = \frac{u_{ij}}{g_j} , \quad \begin{array}{l} i = 1,2,\cdots,n \\ j = 1,2,\cdots,m \end{array}$$

$$\mathbf{C} = (c_{ij})_{n\times m} = \mathbf{U}\,\hat{\mathbf{g}}^{-1}$$

注意区分：“混合消耗系数”与“直接消耗系数”

（产业部门）　（产品部门）

(2)产业部门的“**生产构成系数**”，表明 j 部门的总产出中 i 产品所占的比重：

$$d_{ij}=\frac{v_{ji}}{g_j}\quad,\quad \begin{array}{l} i=1,2,\cdots,n \\ j=1,2,\cdots,m \end{array}$$

$$\mathbf{D}=(d_{ij})_{n\times m}=\mathbf{V}'\hat{\mathbf{g}}^{-1}$$

(3)产业部门的“**市场份额系数**”，表明 j 产品的总供给中 i 部门占有的份额：

$$e_{ij}=\frac{v_{ij}}{q_j}\quad,\quad \begin{array}{l} i=1,2,\cdots,m \\ j=1,2,\cdots,n \end{array}$$

$$\mathbf{E}=(e_{ij})_{m\times n}=\mathbf{V}\hat{\mathbf{q}}^{-1}$$

以上三种系数既可用于投入(C)、产出(D)和市场结构(E)的技术经济分析，也可用于编表推算。

(三) 技术假定和(纯部门表的) 推导方法

1. 两种技术假定（工艺假定）

问题：怎样将各产业部门的投入转移到相应的产品部门?

(1)**产品技术假定**：不同部门**生产同一产品**消耗结构相同。

(2)**部门技术假定**：**同一部门生产**不同产品消耗结构相同。

实际情况是，许多生产过程较为符合产品技术假定：

- 汽车工业生产飞机引擎与飞机工业生产同一产品;
- 钢铁部门生产焦炭与炼焦部门生产焦炭。

但也有一些产品的生产过程更为符合部门技术假定：

- 炼焦部门在生产焦炭过程中连带生产煤气

（在此，煤气与焦炭的实际消耗结构基本相同）

2. 运用“产品技术假定”推导纯部门投入产出表

记 j 部门生产一单位 k 产品对 i 产品的直接消耗量为 $a_{ik}^{(j)}$，则 j 部门生产各种产品时对 i 产品的全部直接消耗为：

$$u_{ij}=\sum_{k=1}^{n}a_{ik}^{(j)}v_{jk}$$

j 部门对 i 产品的混合消耗系数就应为：

$$c_{ij}=\frac{u_{ij}}{g_j}=\frac{\sum_{k=1}^{n}a_{ik}^{(j)}v_{jk}}{g_j}=\sum_{k=1}^{n}a_{ik}^{(j)}d_{kj}$$

若对于k 产品成立“产品技术假定”，也即有：

$$a_{ik}^{(1)}=a_{ik}^{(2)}=\cdots=a_{ik}^{(m)}=a_{ik}$$

代入上式得：

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^{n} a_{ik}^{(j)} d_{kj} = \sum_{k=1}^{n} a_{ik} d_{kj}$$

$$\mathbf{C} = \mathbf{AD} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{A} = \mathbf{CD}^{-1}$$

也即：在产品技术假定下，产业部门的混合消耗系数是有关产品的直接消耗系数按其生产构成加权的平均数。

【结论】依产品技术假定，当产业部门的“混合消耗系数”和“生产构成系数”已知，且D矩阵为可逆方阵时，可推导纯部门表：

$$\begin{cases} \mathbf{A} = \mathbf{CD}^{-1} = \mathbf{U}\hat{\mathbf{g}}^{-1} \cdot \hat{\mathbf{g}}(\mathbf{V}')^{-1} = \mathbf{U}(\mathbf{V}')^{-1} \\ \mathbf{X} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{q}} = \mathbf{U}(\mathbf{V}')^{-1}\hat{\mathbf{q}} \\ \mathbf{y} = \mathbf{q} - \mathbf{X}'\mathbf{i} \\ \bar{\mathbf{y}} = \hat{\mathbf{q}}^{-1}\mathbf{y} \end{cases}$$

3. 运用“部门技术假定”推导纯部门投入产出表

记 k 部门生产一单位 j 产品对 i 产品的直接消耗量为 $a_{ij}^{(k)}$，

则所有部门生产 j 产品时对 i 产品的全部直接消耗为：

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^{m} a_{ij}^{(k)} v_{kj}$$

从而，第j个产品部门对第i种产品的直接消耗系数为：

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{q_j} = \frac{\sum_{k=1}^{m} a_{ij}^{(k)} v_{kj}}{q_j} = \sum_{k=1}^{m} a_{ij}^{(k)} e_{kj}$$

若对于k产业成立“部门技术假定”，也即有：

$$a_{i1}^{(k)} = a_{i2}^{(k)} = \cdots = a_{in}^{(k)} = c_{ik}$$

代入上式得：

$$a_{ij}=\sum_{k=1}^{m}a_{ij}^{(k)}e_{kj}=\sum_{k=1}^{m}c_{ik}e_{kj}$$

$$\mathbf{A}=\mathbf{CE}$$

也即：在部门技术假定下，产品部门的直接消耗系数是有关产业的混合消耗系数按其市场份额加权的平均数。

【结论】依部门技术假定，当产业部门的“混合消耗系数”和“市场份额系数”已知(无论是否为方阵或可逆)，可推导纯部门表：

$$\begin{cases}\mathbf{A}=\mathbf{CE}=\mathbf{U}\hat{\mathbf{g}}^{-1}\cdot\mathbf{V}\hat{\mathbf{q}}^{-1}\\ \mathbf{X}=\mathbf{A}\hat{\mathbf{q}}=\mathbf{U}\hat{\mathbf{g}}^{-1}\mathbf{V}\\ \mathbf{y}=\mathbf{q}-\mathbf{X}'\mathbf{i}\\ \bar{\mathbf{y}}=\hat{\mathbf{q}}^{-1}\mathbf{y}\end{cases}$$

若将以上结果**组装**成如下的“纯部门投入产出表”，即可进行标准的投入产出分析：

	产品部门	最终产品	总产出
产品部门	X	f	q
增 加 值	y'		
总 投 入	q'		

U-V表法的举例。资料：P.122，表4-7

4．两种技术假定的结合运用——混合技术假定

- 现实中，不可能全部产品的生产都符合一种技术假定，也不可能两种假定同时成立，须区别对待。
- 若误用技术假定，就会导致推算失真，严重时出现：

  负消耗——推算的消耗出现负数，通常是**误用产品技术假定**所致。（对炼焦厂生产的煤气误用产品技术假定）

  多消耗——推算出某部门不该有的直接消耗，通常是**误用部门技术假定**所致。（对水电、火电误用部门技术假定）

解决途径：

（1）细化分类单位，增加部门数目，提高产业同质性；

（2）两种假定结合运用——“混合技术假定”（**P.124-125**）

三、投入产出表的修订方法*

（一）重点系数修订法

（二）**RAS**法（和改进的**RAS**法）

（三）其他修订方法

该部分请参阅教材：P.125-130

§4.4 投入产出法的应用和拓展

一、研究产业结构及其关联程度

（一）最终需求及其变化对各部门产出和投入结构的影响（阅读教材，P.130-131）

1．分析最终需求及其变化对国民经济各部门产出结构的影响

2．分析最终需求及其变化对国民经济各部门的投入结构的影响

（二）产业关联效应的测度和分析（P.131-134）

1．产业关联测度和关键产业甄别

考虑：一个部门对多个部门的完全关联。

完全需求系数分析表

		消耗部门			行和
		1	$\cdots$	n	
被消耗部门	1	$l_{11}=1+\bar{l}_{11}$	$\cdots$	$l_{1n}=\bar{l}_{1n}$	$\sum_{j=1}^{n} l_{1j}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
	n	$l_{n1}=\bar{l}_{n1}$	$\cdots$	$l_{nn}=1+\bar{l}_{nn}$	$\sum_{j=1}^{n} l_{nj}$
列和		$\sum_{i=1}^{n} l_{i1}$	$\cdots$	$\sum_{i=1}^{n} l_{in}$	$\frac{1}{n}\cdot\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} l_{ij}$

列和：某部门新增一单位最终产品引起的对各部门完全需求之和。表明该部门通过需求拉动影响国民经济各部门的力度。

行和：各部门新增一单位最终产品引起的对某部门完全需求之和。表明该部门感应国民经济各部门影响的强度。

为便于比较，需要设计标准化的分析指标。先将各行和（列和）加以平均：

$$\frac{1}{n}\cdot\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}l_{ij}=\frac{1}{n}\cdot\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}l_{ij}=\frac{1}{n}\mathbf{i}'\mathbf{L}\mathbf{i}$$

以此为基础，可确定两个产业关联分析指标。

（1）影响力系数。依据“列和”数据确定：

$$\boldsymbol{\gamma}=(\gamma_1,\cdots,\gamma_n)'=\frac{\mathbf{L'i}}{\frac{1}{n}\mathbf{i'Li}}\;;\quad \gamma_j=\frac{\sum_{i=1}^{n}l_{ij}}{\frac{1}{n}\cdot\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}l_{ij}}\;,\quad j=1,\cdots,n$$

表示某部门对国民经济各部门的需求拉动强度。当系数大于（小于）1时，其影响力超过（低于）各部门平均水平。

（2）感应度系数。依据“行和”数据确定：

$$\boldsymbol{\delta}=(\delta_1,\cdots,\delta_n)'=\frac{\mathbf{Li}}{\frac{1}{n}\mathbf{i'Li}}\;;\quad \delta_i=\frac{\sum_{j=1}^{n}l_{ij}}{\frac{1}{n}\cdot\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}l_{ij}}\;,\quad i=1,\cdots,n$$

表示某部门感应到的国民经济各部门的需求拉动强度。当系数大于（小于）1时，其感应度超过（低于）部门平均水平。

2．产业关联系数的应用问题*

二、编制和修订宏观经济计划（自阅）

（一）编制和安排宏观经济计划

（二）检验或修订宏观经济计划

三、研究价格水平及其变动影响*（阅读）

（一）价格测算模型的建立

（二）价格测算模型的应用

1．最初投入变动对价格的影响分析

2．产品价格变动的波及影响分析

【本章要点】

- 投入产出法的基本概念和要点
- 投入产出核算的部门分类方法
- 投入产出表的种类、结构和平衡关系
- 各种技术经济系数及其分析作用
- 对称型投入产出表的编制原理(两种方法)
- 投入产出分析的基本方法

第4章　完