

技术矩阵水平与经济均衡增长

周 振 华

我国的经济增长经常处于较大的波动状态，难以进入持续稳定的高速增长轨道，除了体制因素外，在很大程度上与产业关联的技术矩阵低水平有关。本文想从这一角度探讨技术矩阵水平与经济均衡增长的关系，予以理论上的说明。

一、技术矩阵水平的内涵及其度量

技术矩阵是产业结构关联中的投入系数总合的数学形式，它反映了产业间全部的投入产出的生产技术联系。

我们知道，产业间的投入产出联系是通过中间产品的运动实现的，即通过中间产品的使用使产业间发生相应的生产技术联系。因而，中间产品的投入系数就成为反映国民经济各部门之间生产技术联系水平的度量指标。投入系数是指生产 j 部门的单位产品所需投入的 i 部门

的产品数量，也称为直接消耗系数，其计算公式为：
$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}, (i, j = 1, 2, \dots, n).$$

这里， X_{ij} 是投入产出表中第 i 行第 j 列的元素，表示投入 j 部门的 i 部门产品数量， X_j 为投入产出表第 j 列的总计数，表示 j 部门的总产出。所有部门投入系数的总合就构成一个技术矩阵 A 。

由于投入系数反映了生产 j 部门的单位产品所消耗的 i 部门的产品数量，因而投入系数越高，意味着单位产品的物耗越大；反之亦然。在其他条件不变的情况下，生产单位产品的物耗大小是由其生产技术水平决定的。通常，生产技术水平越高，单位产品的物耗越小。因此，

生产技术水平与投入系数成反向变动，与消耗产出效率系数（即投入系数的倒数 $\frac{1}{a_{ij}}$ ）

成正向变动。这里所讲的生产技术水平是广义的，包括装备水平、工艺水平、劳动者素质、管理水平等。

可见，技术矩阵水平的内涵就是生产单位产品的物耗水平，或者说是每一投入要素的产出效率水平。单位产品的物耗水平只能就同一产品进行比较，以确定其高低，不同产品生产的中间消耗定额是不同的，不能进行简单的比较。

技术矩阵水平的确定取决于各部门的生产技术过程及其水平。然而，在现实经济中，每一部门内又有不止一种可能的生产技术过程及其水平来生产同一种产品，因而我们首先要考察部门内的技术结构。设第 j 个部门有 m_j （ $m_j \geq 1$ ）种可能的生产技术来生产其产品，该产业部门的第 q_j 种生产技术水平可以由一个 n 维列向量 $a_j(q_j)$ （ $1 \leq q_j \leq m_j$ ）来表示，此列向量第 i 个元素可以表示为 $a_{ij}(q_j)$ （ $i = 1, 2, \dots, n$ ）。我们把生产 j 产品的 m_j 种技术及其水平的组合定义为产品技术结构（或部门内技术结构）。

与此不同。技术矩阵A作为投入系数的总合，实质上是社会在各产业部门的一种技术结构，即部门技术结构。在这一技术结构中，必须设定每一产业部门已选定一种特定的生产技术过程及其水平，即对所对的 $j = 1, \dots, n, m_j = 1$ 恒成立。通常，每一部门所选定的往往是多数企业所采用，从而具有平均水平的生产技术。因此，矩阵A的技术总体水平就是各部门特定技术水平的总和，它可以由部门技术水平的加权平均值给出：

$$G_A = \sum P_j G_j \quad (1)$$

式中， G_A 为技术矩阵水平， P_j 是j部门平均技术水平的权数， G_j 是j部门的特定技术水平，即部门内的平均水平。从公式(1)中可以看到，技术矩阵水平取决于两个因素：(1)每一部门的平均技术水平；(2)具有较高技术水平的部门所占的比重。每一部门的技术水平提高和较高技术水平部门比重增大，都将提高技术矩阵的技术水平。

二、我国技术矩阵水平的国际比较

为了判断一国技术矩阵水平的高低，通常需要进行国际比较，分析其中间投入的总耗用情况。然而，比较各国中间投入的总耗用必须以价值形式来核算，这会受到价格不可比性的影响。除此之外，由于不同产品的中间投入消耗量是不同的，从而各部门净产值——总产值的比率不一样，最终需求构成的差异势必会影响其中间投入总耗用水平。

但这些方面的缺陷可以通过某种技术性处理得到相应弥补。对价格进行调整，在一定程度上可降低各国价格不可比性的影响。最终需求构成差异的影响则可以通过模拟试验予以消除，其具体方法是：把A国的列昂节夫逆矩阵乘以B国的最终需求向量，即 $(I - A^A)^{-1} F^B$ ，以求出新的总产值向量 Q^a 。然后从 Q^a 中减去B国的原始最终需求向量 F^B ，求出试验后的中间需求向量 N^a ，即：

$$\begin{aligned} N^a &= Q^a - F^B \\ &= (I - A^A)^{-1} F^B - F^B \end{aligned} \quad (2)$$

公式(2)表示了投入—产出系数的效应，因为在 Q^a 中（从B国的角度来看）最终需求是不变的，而投入—产出系数是发生变化的（被A国的所取代）。为了估计这一效应（即中间需求因试验而发生的变化幅度），可以用B国的原始中间需求向量除以 N^a ，并以百分数表示如下：

$$\left(\frac{N^a}{N^B} - 1 \right) \times 100$$

世界银行曾以此方法估计了我国中间投入使用的效率，并与印度和日本进行比较。结果表明，我国若生产与印度相同的最终需求向量，所需投入的中间产品耗用比其多34%。我国若生产与日本相同的最终需求向量，所需投入的中间产品耗用比其多27%（以我国1981年的水平与日本1965年水平相比）。

当然，这种比较也许掺杂着一定的水份，不是十分精确，但其基本结论还是比较正确的。为了进一步证实这一基本结论，我们不妨对某些主要材料的消耗进行一番国际比较，以作为佐证。表1对某些材料的使用进行了国际性比较。在(A)中，我国每美元国内生产总值的能源（初级能源）、钢材和货运的消耗都大大高于别国。在能源消耗方面，远远高于印度，超过南朝鲜的1倍以上，几乎是日本的6倍。在钢材消耗方面，比印度高30%，比南朝

表 1

材料使用的国际性比较

	中国	印度	南朝鲜	巴西	日本	法国	西德	美国	英国
A. 每美元国内生产总值的消耗									
能源(公斤标准煤/美元,1980年)	2.90	1.77	1.12	0.68	0.51	0.45	0.49	1.05	0.57
钢材(公吨/百万美元,1981年) ^a	127.30	98.40	113.80	57.10	63.00	30.90	43.70	44.80	30.00
货运(1980/1981年) ^c	3.10	1.67	0.47	1.40	0.41	—	—	1.80	—
B. 每美元主要工业产值的消耗									
能源(百万吨标准煤/十亿1980年美元) ^d	1.06	0.99	0.48	0.32	0.30	0.30	0.26	0.47	0.23
钢材(公吨/百万美元) ^e	353	379	291	103	146	88	95	132	91
货运(1980/1981年) ^f	6.74	6.43	1.22	4.12	1.00	—	—	5.32	—
C. 具体产品每单位产量的能源消耗									
钢材(克卡/吨粗钢) ^g	9.10	11.0	—	5.7	4.5	5.7	5.2	6.2	6.4
货车运输,1930年 ^h (1,000千卡/100 实际有效负载吨公里)	113					49		35	

鲜高10%，比日本高一倍。在货运消耗方面，几乎是印度的2倍，比美国几乎多1倍，比巴西多1倍以上，超过日本7倍。如果扣除部分并不反映效率低下的原因，例如工业比重奇高的国内生产总值的结构，从每美元主要工业产值的同种材料消耗来看，虽然其差距有所缩小，但在很多情况下仍反差较大。在能源方面，与印度相似，但仍然是南朝鲜和美国的2倍，几乎是日本的4倍。在钢材方面，略低于印度，却超过日本的2倍，几乎是联邦德国的4倍，货运方面也是如此。如果说上述这两种比较尚有某些缺陷的话，那末表中C部分按实物比较具体产品每单位产量的能源消耗，则完全说明了使用效率低下是我国材料高消耗的根源之一。在钢材生产方面，单位产量的能耗虽低于印度，但明显高于其他国家。在货运方面，我国的能耗是法国的2倍多一点，约是美国的3倍。

总之，通过上面的国际性比较，我们可以看到，我国的技术矩阵水平是相对低下的，与别国有较大差距。更值得注意的是，与别国进行比较的1981年的技术矩阵水平是我国历史上达到的较高水平，1983年的技术矩阵水平反而有所下降。从结构完全消耗产出率指数〔注〕来看，1981年大约为0.235，1983年为0.165左右，能源完全消耗产出率指数、原材料完全消耗产出率指数和交通运输完全消耗产出率指数均是1983年低于1981年。1983年以后的情况也有类似倾向。1987年若与1980年相比，煤炭、建材、纺织工业的单位产品综合电耗分别上升了15%、10%和6.5%，生产每吨石油消耗的原油上升了66%，1988年41项重点产品的能耗指标有25项回升，回升面占61%。

在总体的单位产品物耗居高不下，相当一部分反而有所上升的状态下，还表现出同一行业中物耗水平的强烈反差，即先进与落后之间的巨大差距，例如每吨钢综合能耗最低水平为1000万千瓦，而最高水平达1800万千瓦，高出80%。这一格局也从侧面反映了我国单位产品的高物耗主要是由于其使用效率的低下。

三、技术矩阵水平决定经济均衡增长速度

那么技术矩阵水平与经济增长有何关系，它将对经济增长产生什么影响？这里首先要明确的是，经济增长有两种形式，一是均衡增长；二是非均衡增长。我们现在提出的实现国民经济持续、稳定、协调的发展，显然是追求经济均衡增长，而经济均衡增长则与技术矩阵水平有关，其增长速度是由技术矩阵水平决定的。

经济均衡增长的含义，可以用著名的“大道定理”予以说明。早在50年代末，美国经济学家多夫曼、萨缪尔森和索洛在研究中发现，当规划期相当长时，其中有一段是经济均衡增长

期。也就是说，在期间 $T_1 \leq t \leq T_2$ ，经济系统以 $\frac{1}{\rho}$ 的增长率均衡增长。这一段路径就称为

经济均衡增长途径。70年代由筑井甚吉等人对此给出了数学上的证明，被确认为一个定理，即大道定理。

这一定理形象地说明，从A地到B地的距离甚远时，其最快的路线往往不是那种穿街走巷的最短路线，而是先绕到A地附近的“高速公路”上，沿着高速公路一直行驶到B地附近，再离开高速公路转向通往目的地的路线。这被证明是长期经济增长最快捷、最经济的方法。

从长期经济增长过程来看，我们所要寻求的正是这种经济均衡增长路径，而这一路径也被证明是存在的。所以，一个至关重要的问题就是这一均衡增长路径的速度，即经济均衡增长的增长率。如果有较高的增长率，我们就可以保证在均衡增长的前提下，实现小康水平的战略目标。

那么经济均衡增长的速度是由何种变量决定的呢？各种研究表明，它是由产业关联的技术矩阵水平决定的。只要我们知道了由社会经济关系决定的产业关联的技术矩阵水平，就可以通过非负矩阵的弗罗比尼斯特征根和相应的特征向量得到经济均衡增长的增长率和均衡增长的产出结构。

假定技术矩阵A是不可约的矩阵，即部门之间存在互相消耗其产品的技术联结关系。设中间使用率 $\lambda_i(x)$ 为：

$$\lambda_i(x) = \frac{W_i}{X_i} \quad (3)$$

式中， W_i 是第i种产品的中间使用量； X_i 是第i种产品的总产量。由于产品的性质不同，其中间使用率的大小也不一样，但在不可约的A矩阵中，尽管各部门的中间使用率不同，都大于零。

中间使用率公式告诉我们， λ 值的大小与中间使用量和总产量有关。假定第i种产品的中间使用量已定，那么其产量变化， λ 值也就不同。如果我们进一步定义最低中间使用率 $\lambda_i(x) = \min \lambda_i(x)$ ，那么

$$\begin{aligned} W &= AX, \\ AX &\geq \lambda(X) \cdot X \end{aligned} \quad (4)$$

显然， $\lambda(X) > 0$ 。这样，我们可以提出一个问题：是否存在一个 $\lambda(X) > 0$ ， $X > 0$ 使上式成为一个等式？这意味着调整各产品的产量，使其都具有相同的中间使用率。如果这样，经调整的产量向量就为Z，等式得以成立，即

$$AZ = \lambda Z \quad (5)$$

式中, λ 称为A的特征值, 相应的Z称为 λ 的特征向量。对于不可约的非负矩阵A, 弗罗比尼斯证明:

- (1) 存在具有最大绝对值的正特征根, 即弗罗比尼斯特征根;
- (2) 存在唯一的正的特征向量, 即弗罗比尼斯特征向量。

这一定理表明, 使公式(5)成立的 λ 与Z是存在的, 它们正是弗罗比尼斯特征根和特征向量。 λ 作为A的弗罗比尼斯特征根是所有产品的共同的中间使用率, 而Z则是作为这种共同的中间使用率 λ 的产量向量。

为了进一步说明问题, 我们引入列昂节夫逆阵 $(I - A)^{-1}$ 。这一逆阵具有对角占优性质, 它的所有对角线元素为正, 而非对角线元素为零或负。数学上可以证明, 如果 λ 是A的特征根, 则 $1 - \lambda$ 是矩阵 $(I - A)$ 的特征根。由于我们假定 A^{-1} (表示产出的技术结构)

存在, 所以它对应于 λ 的特征根为 $\frac{1}{\lambda}$ 。

由于逆阵中的负元素表示投入, 而正元素表示产出(扣除生产消耗后), 因而 $(I - A)X$ 是最终使用的产品。如果这些产品再投入生产, 意味着生产规模的扩大, 如果这些产品投入仍按照原先的技术矩阵A, 那么其产量应增加为 $A^{-1}(I - A)X$ 。这样, 如果我们把产量事先调整到Z, 并把 $(I - A)Z$ 再投入下一年的生产, 则产量增量应为:

$$A^{-1}(I - A)Z \quad (6)$$

因 A^{-1} 对应于 λ 的特征根为 $\frac{1}{\lambda}$, 而 $(I - A)$ 的对应的特征根为 $1 - \lambda$, 故公式(6)可转换为:

$$\left(\frac{1}{\lambda} - 1\right)Z \quad (7)$$

从上式中可以得知, 其产量为 $\frac{1}{\lambda}Z$ 。如果我们再将最终产品投入生产, 则再下一年的

产量为 $\frac{1}{\lambda^2}Z$, 以此类推, t年的产量将是 $\frac{1}{\lambda^t}Z$ 。

这一结果表明, 在技术矩阵A不变的情况下, 如果把产量调整到Z, 则以后各年各产业部门将以同样的比率增长, 即诺依曼的均衡增长, 其增长率为 $\frac{1}{\lambda} - 1$ 。这一增长率就是在

“高速公路”上均衡增长的最高速度。至此, 我们可以看到, 经济均衡增长的增长率 g 与技术矩阵A的密切关系。由于

$$g = \frac{1}{\lambda} - 1 \quad \text{或} \quad \lambda = \frac{1}{g + 1}$$

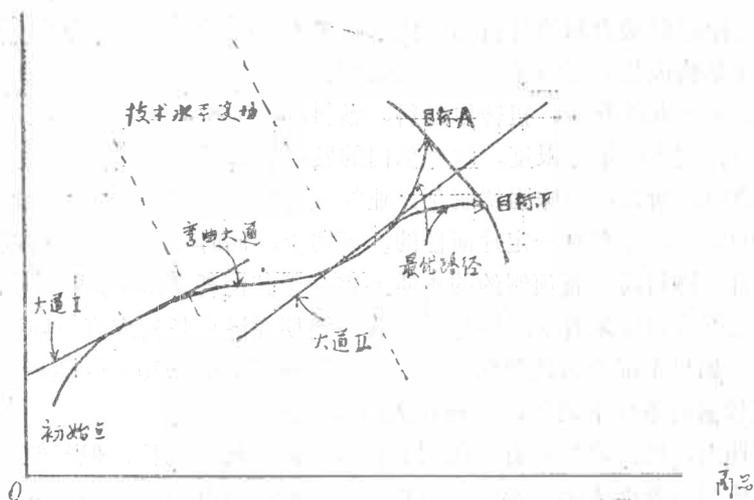
而 λ 则是技术矩阵A的弗罗比尼斯特征根, 所以经济均衡增长的速度是由结构关联的技术矩阵水平决定的, 均衡增长的产业结构(产品结构)也是由其决定的。技术矩阵水平是经济均衡增长速度快慢的决定性变量。

既然技术矩阵的水平决定了经济均衡增长的速度，那么要想加快经济均衡增长的速度，就必须首先提高技术矩阵的水平。如果试图在原有技术矩阵状况下追求更高的经济增长速度，这种高速度是不可能长久维持下去的。这也就是说，经济高速增长要靠技术矩阵水平的不断提高来支撑。

前面的分析已经表明，技术矩阵水平取决于：（1）每一部门的技术水平；（2）具有较高技术水平的部门所占的比重。因而，技术矩阵水平的提高实际上就是各部门的技术进步以及先进技术在更大范围的扩展。当各部门的平均技术水平提高以及具有较高技术水平的部门增加时，技术矩阵水平便相应上升了。

当技术矩阵水平发生变化时，经济均衡增长的途径也将转移。这种大道转移意味着经济均衡增长的变速，即更高的增长率。若设 A 代表旧技术水平的投入产出系数矩阵， A^N 代表可行的新技术水平的相应的矩阵。同样，设 X 和 X^N 分别为两种技术水平下的产出向量。由于在既定投入要素的条件下，产出水平是技术水平的函数，所以 $X < X^N$ 。通过寻找 A 和 A^N 的弗罗比尼斯特征根 λ 和 λ^N 及其相应的特征向量 Z 和 Z^N ，我们将看到在这两种均衡增长率中， $g^N > g$ 。

那么在技术矩阵水平变化过程中，均衡增长途径又是如何随之转移的呢？这被称为弯曲大道问题。为了论述简便，我们只是选择在两部门的情况下来分析大道转换问题（见图1）。



旧的技术水平决定了大道 I，新的技术水平则决定了大道 II，从大道 I 转向大道 II 的途径就是弯曲大道。这一弯曲大道实际上反映了旧生产技术向新技术的转换。从整个过程来说，最优路径将首先从初始点靠近由旧技术水平所决定的大道 I，并保持在这条大道上发展。随着技术水平的变化，最优增长路径将离开大道 I，转移到业已转换了的技术水平所决定的均衡增长路径——大道 II 的领域内。到规划期末期，最优路径才离开大道 II 指向目标函数规定的方向。

可见，经济均衡增长的最优途径并不是固定在原有大道上的，而是要转移到新的大道上，这样才能保证有更快的经济均衡增长速度。大道的转换是实现经济增长加速的前提。然而，大道转换则是技术矩阵水平变化的结果。实践证明，与向大道轨迹平稳过渡相一致的经济

增长速度,只有依靠经济内含发展,也就是依靠加快科技进步以及在此基础上提高社会劳动生产率才能达到。

四、我国经济增长的真正障碍:高物耗

目前,我国理论界对经济增长的研究,往往把注意力集中在结构性瓶颈制约上,试图通过解决结构性瓶颈实现国民经济持续、稳定、协调的发展。确实,结构性瓶颈制约在我国经济生活中比较严重,导致了经济增长较大的波动,解决结构性瓶颈制约对经济增长有重大意义。然而,对我国经济增长构成真正障碍的,还是产业关联的技术矩阵低水平,即高物耗。

与国际水平相比,我国能源、原材料等基础产业的产值和投资所占比重不算过低。例如,全世界冶金、电力、煤炭、石油工业以及煤气、自来水等基础设施占工业比重均为22%,其中发展中国家约为45%(因中东地区产油量大),发达国家约为19%,欧洲共同体国家约为18%,苏联东欧国家约为16%,我国约为18%。问题在于,我们对其利用的消耗大、效益差,从而使能源和原材料的供应仍然显得十分紧张,成为国民经济发展的瓶颈制约。事实上,产业结构发展趋势还将使这些部门在工业中所占的比重进一步下降。据我国一些专家预测,燃料动力工业占工业的比重将由1980年的12.8%下降到2000年的9.8%,原材料工业比重将由1980年的9.5%下降到2000年的6.9%。但如果继续保持高物耗的现状,那么燃料动力工业的比重还要保持11.6—11.8%,原材料工业比重还要保持8.7—8.8%,才能保证国民经济的协调平衡。这种燃料动力和原材料部门比重高居不下的结果,直接削弱了产业结构转换能力,影响了产业结构成长对经济增长作用的效应。

因此,加强瓶颈产业的发展,扭转原材料、燃料动力的严重短缺状况,对于促进经济增长是有一定限度的。超出一定的限度,这些部门的发展将降低产业结构高级化程度,从而对经济增长产生负效应。所以,一味强调瓶颈产业的大力发展,似乎唯有这样才能保证经济长期稳定高速增长的观点,是存在一定片面性的。事实上,同时从产业结构高级化的角度考虑问题,目前原材料、燃料动力瓶颈制约的本质要害在于其消耗高水平,而不是其本身供应不足(从其占工业比重的角度来看)。因此,对我国长期经济增长构成真正障碍的东西,是结构关联水平低下。如果不能有效地降低生产过程中原材料、燃料动力的使用消耗,我国的经济增长将始终在较紧的条件下运行,出现较大的起伏波动。

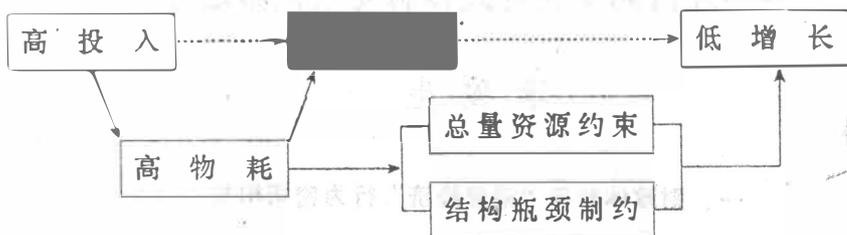
因为,在短期内,经济高增长有可能用高投入、高物耗来支撑,但不能持久,一旦超过某种临界点,经济增长便会大幅度滑坡。所以在一个较长时期内,我们完全可以感受到高物耗对经济均衡增长的制约。这种制约主要是通过总量和结构两方面表现出来的。

(一)总量制约。在相对低下的技术矩阵水平下,生产越发展,消耗越增加,两者同步增长,但可使用的生产资源则是有限的(即稀缺性),若不改变生产可能性曲线的位置,即向右上方移动,经济增长将受到可用资源的总量制约。从我国情况来看,虽然资源较丰富,但地面自然资源和地下矿产资源的人均占有量都很低,因而低水平的开发利用效益将形成对国民经济持续增长的极大约束。

(二)结构制约。在高物耗情况下,那些提供中间产品的基础产业往往难以适应加工产业的需求,形成短线制约。例如,从单耗上看,美国每吨钢所支持的国民生产总值高达2.2万美元,日本1.7万美元,苏联也在1万美元以上,我国仅0.6万美元。每吨标准煤所支撑的国民生产总值,美国为1200美元,日本为2700美元,苏联为1000美元,我国仅400美元。当

然，由于国情、汇率、进出口量等因素不同，不完全可比，但它大致上可以反映我国的高物耗很容易导致或加剧产业结构失衡，难以支撑经济持续、稳定、协调的发展。

经验表明，高物耗下的经济增长不可能是持续稳定的经济增长，而是大起大落的经济增长，其具体过程如图 2 所示：



根据我国的经济发展战略目标的要求（到本世纪末实现国民生产总值翻两番），如果考虑社会总供给与社会总需求相平衡，兼顾国家建设与人民生活的统筹安排以及消费结构、产业结构、投资结构的相互协调，我国一些学者利用大道模型测量，到2000年我国社会总产值预计达到4.37万亿元（1980年不变价，下同），工农业总产值达到3.535万亿元，国民收入1.68万亿元。但如果各部门物耗维持在1983年的水平上，到2000年社会总产值大约只能达到3.11万亿元，工农业总产值大约只能达到2.52万亿元，国民收入大约只能达到1.11万亿元，分别比预期方案低22%、16%和34%。这表明，要实现我国经济发展战略目标，必须转换技术矩阵，选择新的大道（即大道弯曲），否则战略目标是难以实现的。从这一意义上讲，提高技术矩阵水平，降低生产过程中的物质消耗，是使国民经济持续、稳定、高速度增长而又不过度紧张的关键所在。

〔注〕结构完全消耗产出率指数计算公式为：
$$G^* = \sum_{i=1}^n \frac{W_j \cdot Y^*}{\sum_{i=1}^n b_{ij} \cdot C}$$
 式中， W_j 为第j部门的权数， b_{ij} 为完全消耗系数， C^* 为完全消耗额， Y 为总产值。

（上接第9页）在这方面，深化改革的基本思路是，在坚持增强企业活力的同时，重点建立、完善有利于资源优化配置和要素合理流动的经济运行机制。具体说，一是应强化计划机制，加快建立健全宏观间接调控体系，制定适合我国长远经济发展的产业政策，为宏观间接调控提供依据。同时，协调配套地抓紧进行计划、财政、税收、物资、信贷、国有资产管理等方面的改革。二是应打破地区封锁，建立统一完备的市场体系。在拆除地方行政壁垒、冲破地方市场割据的同时，培育和发展要素市场，并逐步造就产权市场，以推动资源的合理流动，促进资产存量的调整。三是应有计划推行价格改革，逐步理顺价格体系。必须结合治理整顿，抓紧当前总供求矛盾缓和的有利时机，有计划地向长期扭曲的价格结构开刀，以利于正确引导要素流动，实现产业结构的均衡化。四是应进一步深化企业改革，完善企业经营机制。在完善企业承包经营责任制的基础上，继续推进和深化企业改革，使企业在从行政机构附属物向相对独立的商品生产经营者转化过程中，逐步硬化预算约束，增强对宏观调控及市场信号的反应能力，为要素流动和资源优化配置的顺利实现提供可靠的微观基础。只有搞好上述配套改革，才能为产业结构的均衡化提供良好的体制环境，产业结构均衡化的成本才能得到有效控制。