

能源需求预测 及相关因素的分析

杨波

一般而言,国民经济的发展和能源需求之间存在着正向相关关系,即国民经济发展时,能源需求上升;国民经济衰退时,能源需求下降。但是,近十几年来的统计资料表明,发达国家的经济增长速度和能源需求同步增长的状况明显改变,二者的对应关系已经打破,出现了国民生产总值和能源需求相分离的趋势。以美国为例,1973年至1986年国民生产总值增加了约40%,而能源消费变化仅为1%。特别是石油消费有更大的减少,1977年石油消费达24亿桶,而1985年降到11.7亿桶。西欧各国的国民生产总值和能源消费之间也出现了同样的变化趋势。

这种经济增长和能源需求相分离的趋势,近年来引起了许多国家的经济学家们的重视,他们为此进行了大量的统计和分析,并提出了一些深刻的见解。有些经济学家甚至作出了经济增长和能源消费之间不存在稳定联系的结论。其主要论点是:如果持久的经济增长需要持久的能源消费的增长,那么停止能源消费的增长或限制供应就必然带来经济的零增长和负增长,显然这与实际值不相符。

那么,能源需求和经济增长之间是否存在相关性?影响一定时期能源需求的因素是什么?要回答上述问题,必须对能源需求的内涵及其相关因素进行深入地分析和探讨。

能源需求是指一个国家一定时期内,国民经济各部门能源消费量的总和。它包含两层含义:一是一个国家在一定时期内能源需求的总量。各种能源需求量可换算成统一的单位(如千瓦时等)加总求和。二是能源需求的结构,即各种能源需求在能源需求总量中所占的比重。影响能源需求的因素是多方面的。

一、国民经济发展对能源需求的影响

能源是国民经济发展的动力和基础。因此,能源消费和经济增长之间存在着内在的、必然的联系。

在过去相当长的一段时间里,许多国家国民经济的经济增长速度和能源消费的增长速度是同步的,有些国家国民经济的经济增长速度还稍低于能源消费的增长速度。

1962年~1972年部分国家和地区经济
增长速度和能源消费弹性系数

	美国	加拿大	西德	法国	意大利	日本	台湾
经济增长速度	3.9	5.5	4.5	5.5	6.4	10.3	10.6
能源弹性系数	1.10	1.20	1.02	1.02	1.76	1.14	0.99

资料来源: 顾培亮 《能源系统决策》,第42页。

但是,如前所述近十几年来,能源消费的弹性系数却呈下降趋势。表示能源消费和经济增长之间相互关系的常用参数为能源消费弹性系数,即:

能源消费弹性系数 = $\frac{\text{能源消费增长率}}{\text{国民经济增长率}}$ 。单位国民生产总值能源消费(单位能耗)对能源消费的弹性系数有极大的影响。

设: E为能源消费总量, G为国民生产总值, K_1 为能源消费弹性系数。有:

$$K_1 = \frac{dE/E}{dG/G} \quad (1)$$

如: Q为单位国民生产总值的能源耗费, 又有: $E = Q \cdot G$ (2)

将(2)代入(1), 得:

$$K_1 = \frac{\frac{QdG + G \cdot dQ}{Q \cdot G}}{dG/G} = \frac{dG/G + dQ/Q}{dG/G}$$

$$= 1 + \frac{dQ/Q}{dG/G} \quad (3)$$

从(3)式分析可得:当单位能耗不变,即 $dQ=0$ 时, $K_1=1$;当单位能耗增加,即 $dQ>0$ 时, $K_1>1$;当单位能耗下降,即 $dQ<0$ 时, $K_1<1$ 。

由此可见,单位国民生产总值能源消耗变化的趋向和幅度直接影响到能源消费弹性系数变化的趋向和幅度。据资料统计,美国从1973年石油危机后,采取了各种政策措施以降低能源消耗,到1986年,每美元国民生产总值所耗费的能源比1973年降低了1/4多,从而使这一段时间内的能源消费弹性系数大大下降。

因此,决定能源需求的一个重要因素是单位能耗,而单位能耗的大小又受制于经济发展的水平。当一国的经济发展建立在高技术水平上时,其单位能耗会呈下降趋势;而当一国经济发展缓慢、技术水平很低时,其单位能耗必将呈上升趋势。所以,能源需求总量和国民经济发展之间是密切相关的。

但是这种相关性不是单向的静态相关,即不是同方向同比例的变化,而是多向的动态相关。在不同的国家或同一国家的不同发展阶段上,二者呈现出不同的相关关系,也许是正向相关,也许是一一对应的线性相关,甚至还可能出现逆向相关,这取决于一国经济发展的水平和生产技术的先进程度。如果因为二者增长量的分离和能源消费弹性系数的下降,就简单地作出二者无内在联系的结论,则是十分片面的。恰恰相反,能源消费弹性系数的变化正是反映了二者的动态相关性。

二、经济结构的变化对能源需求的影响

影响能源需求量的另一个因素是一个国家或地区的经济结构。由于经济结构的差异,各部门、各行业在国民经济中所占的比重是不相同的,而各部门、各行业又由于生产的性质不同,对能源的依赖程度也不同,从而造成了单位国民生产总值能源消费的极大差别,最终必然引起能源需求总量的差别。

1978年我国各部门能耗表

	全国 总计	产 业（工农业）					劳 务			民 用	其 它
		工 业			农业 小计	工农业 合 计	交 通 运输业	建筑 商业	劳务 合计		
		重工业	轻工业	小计							
商品能耗（万吨标准煤）	56760	30551	5726	36277	2722	38999	2878	4000	6878	5069	5814
能耗百分率（%）	100	53.8	10.1	63.9	4.8	68.7	5.1	7.0	12.1	8.9	10.3
GNP（亿元）	3402	981	608	1589	1211	2800	133	469	602		
GNP能耗（吨标准煤／万元）	16.7	31.1	9.4	22.8	2.3	13.9	21.6	8.5	11.4		
GNP电耗（度/万元）	7345	15466	5304	11577	2017	7442	1714	1902	1860		

资料来源:《能源技术与经济异论》第11页。

从表中可以明显地看出:第一,工业部门的耗能量远远高于农业和其它部门的耗能量,经济结构中工业的比重高,那么耗能量必然高。第二,在工业部门内部,重工业的耗能量高于轻工业,经济结构中重工业的比重高,那么耗能量必然高。第三,其他资料表明(资料略)在重工业内部,不同的行业其单位能耗量相差也是十分悬殊的。化肥农药工业和水泥制品工业耗能最高,亿元产值耗能量分别为19.92万吨和14.57万吨;黑色金属、基本化学原料、建材等工业次之,亿元产值耗能量为8~9万

吨;而机械工业、有色金属工业等部门的耗能量则较低。因此,经济结构是否先进、合理,是影响一个国家能源需求量的又一重要因素。发达国家近十几年来能源消费弹性系数的下降,除了前面所述的单位能耗降低的原因外,还缘于经济结构的变化。新产业革命的结果,使耗能高的工业,如钢铁、化工、造纸、橡胶等由兴盛走向衰落,而节能的、知识密集且价值极高的工业,如电子工业、计算机、光导纤维、生物工程、新型材料等发展迅猛,发达国家的经济结构因此出现较大的变化,由耗能型转

变为节能型, 逐步地趋向合理化、先进化。

为了更清晰地揭示经济结构对能源需求的影响, 仍采用上述量化的分析方法作以下分析。很显然, 由于经济结构的变化, 使各部门的比重发生变化, 从而引起单位国民生产总值能源消耗的变化, 其主要影响因素有:

某个部门的能耗量占总能耗量的比例, 表示为 E_i/E ,

某个部门的单位国民生产总值能耗, 表示为 Q_i ;

某个部门的国民生产总值占全部国民生产总值的比例, 表示为 G_i/G 。

首先假定 Q_i 不变, 讨论 i 部门 G_i 的变化:

即: $G_i \rightarrow G_i + dG_i$ 时,

有: $dQ = dG_i/G_i \cdot E_i/E \cdot Q$

然后假定 G_i 不变, 讨论 i 部门 Q_i 的变化:

即: $Q_i \rightarrow Q_i + dQ_i$ 时,

有: $dQ = dQ_i/Q_i \cdot E_i/E \cdot Q$

将国民经济各部门的能耗比重、产值比重和单位能耗变化等因素都考虑进去, 就有:

$$dQ/Q = \sum_{i=1}^n (dG_i/G_i + dQ_i/Q_i) E_i/E \quad (4)$$

从 (4) 式中可以看出, 影响单位国民生产总值能耗的各因素及其相互之间的关系:

如果各部门的产值比重不变, 即各 $dG_i/G_i = 0$, 那么有: $dQ/Q = \sum_{i=1}^n dQ_i/Q_i \cdot E_i/E$ 。显然, dQ/Q 决定于各个部门的单位国民生产总值能耗和各部门的能耗比重。

如果各部门的单位国民生产总值能耗不变, 即各 $dQ_i/Q_i = 0$, 那么有: $dQ/Q = \sum_{i=1}^n dG_i/G_i \cdot E_i/E$ 。显然, dQ/Q 决定于各部门的产值比重和能耗比重。

将 (4) 式代入前面的 (3) 式中, 可得:

$$K_1 = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (dG_i/G_i + dQ_i/Q_i) E_i/E}{dG/G} \quad (5)$$

此式清楚地表明了国民经济的发展、经济结构的比重、单位国民生产总值能耗的变化对能源需求的影响, 同时也明确地反映出了决定能源消费弹性系数的各种相关因素及其它它们之间的相互关系。

据资料统计, 1980年上半年, 我国单位产值能耗增长率 dQ/Q 共下降了 8.8%, 其因素为: 由于重工业比重从 58.4:41.6 下降为 54.5:45.5, 使 dQ/Q 下降了 4.8%; 由于产品结构改善使 dQ/Q 下降 1.2%; 由于技术管理改善, 使 dQ/Q 下降了 2.8%。

三、能源价格对能源需求的影响

一般而言, 商品的需求量和商品的价格是呈逆向变化的。当某种商品的价格上升时, 商品的需求量下降; 当价格下降时, 商品的需求量又将上升。能源商品价格的变化对能源需求量也产生同样的影响。我们以国际市场石油价格的变化对能源需求量的影响为例。石油作为现代经济的支柱, 在世界能源经济中扮演着主要角色。而 70 年代以来, 国际市场石油价格的几次大幅度暴涨暴跌, 引起了世界能源需求量的巨大波动, 同时也造成了 20 年来世界经济的起伏。1973 年第一次石油危机爆发, 石油价格上涨 3 倍多, 给整个资本主义世界带来了强大的冲击。而 1978 年两伊战争的爆发导致了国际性的第二次石油危机, 国际油价由每桶 11 美元左右, 暴涨至每桶 34~40 美元, 这使得许多国家不得不缩减石油的进口量, 减少石油的消费 (见下表)。

	石油消费 (百万吨)			变化率 (%)
	1973 年	1983 年	变化	
北美洲	901.7	773.1	-128.6	-14.3
英国	113.2	72.5	-40.7	-36.0
西欧 (总计)	748.9	586.6	-162.3	-21.7
日本	269.1	207.2	-61.9	-23.0
西方世界总计	2330.1	2148.6	-181.5	-7.8

资料来源: 英国石油公司《世界能源统计评论》。

1978 年的第二次石油危机, 导致了 1980 年至 1982 年资本主义世界的经济停滞。经济的停滞又使石油需求量下降, 国际市场出现了供过于求的情况。1983 年石油价格开始大幅度下跌, 到 1986 年跌至每桶 15 美元。石油价格的下跌, 致使世界石油消耗量上升, 1988 年为 30.2 亿吨, 达 1979 年以来的最高记录, 这支撑了世界经济的发展。1988 年美国经济增长率为 3.8%, 日本为 5.5%, 整个发达国家平均为 4.0%, 也创造了 1979 年以来的最高记录。

当然,在不同的时期,不同的条件下,能源商品价格的变化幅度引起能源需求量的变化程度是不一样的,即能源需求的价格弹性系数不同。

设: K_2 为能源需求的价格弹性系数, E 为能源消费量, P 为能源价格, 有:

$$K_2 = -\frac{dE/E}{dP/P} \quad (6)$$

一般而言, 能源作为经济发展的基本动力和源泉是必不可少的, 其价格弹性系数应较小。但是, 由于以下几方面的原因, 却造成了能源需求价格弹性系数的较大变化。

第一, 由于经济的发展和技术的进步, 使一定量的能源可以发挥更大的效率, 从而降低了能源的消耗。

第二, 能源和资本、劳动之间具有一定的替代关系。当能源价格提高时, 可以增加资本和劳动的投入来减少能源的消耗; 反之, 则可增加能源的消耗。

第三, 能源价格的变化会引起产品结构的相应变化, 而产品结构的变化又反过来影响能源的消费。在廉价能源时代, 能源密集型产品和高能耗产品发展迅速。而能源价格上涨后, 取而代之的必然是适应新的价格体系和消费者需求的节能型产品, 进而形成新的省能型产品消费结构。

第四, 能源价格的变化影响经济的发展速度, 而经济发展的速度反过来又会制约能源的需求量, 从而影响能源价格。世界两次能源危机后, 经济发展明显减缓, 能源需求也随之减少。

此外, 各国经济政策的制定和执行, 也将限制或扩大价格波动对能源需求量的影响。

正因为以上几方面的原因, 致使能源需求的价格弹性系数发生变化, 变化的大小取决于以上几方面因素的组合效应。

以上分析了影响能源消费量的几方面因素, 当然, 除此之外还有许多, 如人口的变化、气候条件和资源条件等等, 都将对能源需求产生影响。不过从目前国内外研究情况看, 一般认为在既定的经济条件下, 影响一国能源需求的主要因素是国民经济

的发展和能源价格, 其它因素影响较小。

在以上分析的基础上, 依据非线性模型的Cobb—Dogglass生产函数, 可得出一般能源需求的预测模型, 即:

$$E = AG^\alpha P^\beta \quad (7)$$

式中 E 为能源需求量, G 为国民生产总值, P 为能源价格。

因为:

$$\frac{dE}{dG} \cdot \frac{G}{E} = \alpha AG^{\alpha-1} P^\beta \cdot \frac{G}{AG^\alpha P^\beta} = \alpha$$

所以, α 为能源消费弹性系数。

同理, 有:

$$\frac{dE}{dP} \cdot \frac{P}{E} = \beta AG^\alpha P^{\beta-1} \cdot \frac{P}{AG^\alpha P^\beta} = \beta$$

所以, β 为能源价格弹性系数。

由此可知:

$$\alpha = K_1, \quad \beta = K_2$$

将其代入 (7) 式中, 得:

$$E = AG^{K_1} P^{K_2}$$

在拥有历史统计数据的基础上, 加以回归分析和计算, 可求出 K_1 和 K_2 , 然后进行未来能源需求的预测。

这一能源需求预测模型反映了一定时期一国民生产总值和能源价格的变化对能源需求量的影响。如果弹性系数 K_1 或 K_2 越大, 说明 E 对 G 和 P 的反应越灵敏; 如果弹性系数 K_1 或 K_2 越小, 则说明 E 对 G 和 P 的反应越小; 如果弹性系数 K_1 或 K_2 为零, 则说明 E 对 G 和 P 的变化无反应。

能源需求预测是一个极为复杂的问题, 涉及到许多相关因素, 而且这些相关因素间又具有交叉性和互补性, 所以, 在实际工作中还需做更进一步的研究和探讨。

注释:

①《世界第13届能源会议论文选译》, 第215页。

(责任编辑 王雪松)