

杨海明

计量经济  
方法

JILIANG JINGJI FANGFA

YANG HAI MING

# 计量经济方法

杨海明

中国人民大学出版社

# 计量经济方法

杨海明

\*

中国人民大学出版社出版发行

(北京西郊海淀路39号)

丰华印刷厂印刷

新华书店经销

\*

开本：850×1168毫米 32开 印张：10.25

1988年4月第1版 1988年4月第1次印刷

字数：249 000 册数：1—5 000

\*

ISBN 7-300-00196-3

78·65 定价：3.20 元

# 前 言

近年来，由于我国社会主义现代化建设和经济发展的需要，经济工作者越来越感到对经济规律进行定量分析的必要性，迫切需要了解经济中所使用的数量方法。而计量经济方法是对经济进行数量分析不可或缺的方法。它应用性强，既可直接用来构造计量经济模型，又是其它经济分析方法的基础和有效的辅助手段。了解和掌握计量经济方法必将有助于我们加深对经济理论的理解和对经济规律的认识。

鉴于目前国内系统介绍计量经济方法的书很少，为了适应读者的需要，我把几年来为经济分析和预测、数量经济等方面的研究生开设的计量经济学课程的讲稿经过补充整理编成此书。

传统的计量经济学都是以研究线性单一方程和线性联立方程模型为内容的。为了使读者对70年代以后的计量经济学的新发展有所了解，本书介绍了计量经济模型的贝叶斯估计、非线性模型、计量经济模型与时间序列模型的关系以及合理预期下的计量经济模型等方面的内容。

本书可作为数量经济方法专业的研究生、本科高年级学生的教材，以及各财经专业或实际经济工作者的参考书。

我要感谢萨师煊教授和赵树嫖副教授，没有他们的支持和鼓励本书的编写工作是不可能完成的。

由于水平有限，书中一定有不少错误和不足之处，恳请专家和读者批评指正。

1986年5月

# 目 录

第一章 绪 论	1
§ 1.1 什么是计量经济学	1
§ 1.2 计量经济学的历史	2
§ 1.3 计量经济学的内容	8
第二章 线性回归模型	10
§ 2.1 最小二乘估计	11
§ 2.2 极大似然估计	16
§ 2.3 正态变量的二次型	19
§ 2.4 显著性检验	23
§ 2.5 预测	29
第三章 带约束的线性回归模型	33
§ 3.1 等式约束和不等式约束	33
§ 3.2 多重共线性	42
§ 3.3 虚拟变量	62
第四章 广义线性模型	80
§ 4.1 广义最小二乘估计	80
§ 4.2 分布参数的估计	82
§ 4.3 预测	83
§ 4.4 异方差下的估计	84
§ 4.5 异方差的检验	89
§ 4.6 观测值分组模型	91
§ 4.7 SUR模型	95
§ 4.8 随机系数模型	99
§ 4.9 误差项相关	104

第五章 线性单一方程模型的其它问题 .....	108
§ 5.1 渐近分布 .....	108
§ 5.2 随机说明变量 .....	117
§ 5.3 媒介变量 .....	119
§ 5.4 设定误差 .....	121
§ 5.5 代理变量 .....	127
§ 5.6 变量误差 .....	130
第六章 线性联立方程模型与识别 .....	148
§ 6.1 线性联立方程模型 .....	148
§ 6.2 诱导式模型 .....	155
§ 6.3 识别 .....	159
第七章 线性联立方程模型的估计 .....	164
§ 7.1 间接最小二乘估计法 .....	164
§ 7.2 传统的二阶段最小二乘估计法 .....	167
§ 7.3 一般的二阶段最小二乘估计法 .....	173
§ 7.4 有限信息极大似然法 .....	185
§ 7.5 k 组估计法 .....	195
§ 7.6 三阶段最小二乘法 .....	200
§ 7.7 完全信息极大似然法 .....	205
第八章 计量经济模型的贝叶斯估计 .....	209
§ 8.1 贝叶斯估计 .....	211
§ 8.2 线性模型的贝叶斯估计 .....	213
§ 8.3 联立方程模型的诱导式的贝叶斯估计 .....	217
§ 8.4 联立方程模型的结构式的贝叶斯估计 .....	220
第九章 非线性回归模型 .....	225
§ 9.1 非线性单一方程的估计 .....	225
§ 9.2 非线性最小距离估计 .....	232
§ 9.3 算法 .....	236
§ 9.4 非线性联立方程的估计 .....	241
第十章 时间序列分析 .....	251

§ 10.1	时间序列模型 .....	252
§ 10.2	ARMA ( $p$ , $q$ ) 的识别 .....	262
§ 10.3	ARMA 模型的估计 .....	265
§ 10.4	检验 .....	271
§ 10.5	预测 .....	272
第十一章	时间序列模型与计量经济模型的关系 .....	278
§ 11.1	多元 ARMA 模型 .....	278
§ 11.2	ARMA 模型和联立方程模型 .....	280
§ 11.3	内生变量和外生变量的时间序列表示 .....	283
§ 11.4	因果性 .....	285
第十二章	合理预期下的模型 .....	293
§ 12.1	代理变量估计法 .....	294
§ 12.2	系数间存在约束的估计法 .....	300
附 录	.....	308
附 表	.....	315
参考文献	.....	317

# 第一章 绪 论

## § 1.1 什么是计量经济学

计量经济学是用统计方法研究经济规律的科学。计量经济学 (Econometrics) 这个词是在1926年由挪威的经济学家拉纳尔·弗里希 (Ragnar Frisch) 提出来的, 字面的意思是经济的计量 (economic measurement), 所以, 也有人把计量经济学译为经济计量学。

1930年12月29日国际计量经济学会成立。会章说明:“计量经济学会是利用统计学和数学以求得经济理论的进展的国际学会。”

国际计量经济学会的创始人弗里希 (R. Frisch) 于1933年在《计量经济》(Econometrica) 创刊号的发刊词中写道:

“研究经济学的数量方法有几个方面, 不能把其中的任何一个方面当作计量经济学本身。既不能认为计量经济学就是经济统计学; 也不能把计量经济学和所谓的一般经济理论等同起来, 尽管经济理论大部分具有明确的数量性质; 计量经济学也不应看作数学应用于经济的同义语。经验证明, 要真正了解现代经济生活中的数量关系, 统计学、经济理论和数学三种观点的每一种都是必要的, 然而单独一种观点则又是不充分的, 三种观点的结合才是强有力的, 正是这种结合构成了计量经济学。”

第一个把计量经济学介绍到社会主义国家的波兰经济学家奥斯卡·兰格在他的《经济计量学导论》一书中指出:“经济计量学是研究以统计方法测定发生于经济生活中的具体数量的规律的科学。”<sup>①</sup>

<sup>①</sup> 奥斯卡·兰格:《经济计量学导论》,袁镇岳、林克明译,中国社会科学出版社,1980年。



由上可见，计量经济学是一门不同于经济学理论和经济统计学的经济学科。

事实上，经济学理论是以一般的和系统的方法研究经济规律的，虽然经济学理论也揭示经济变量之间的关系，描绘大致的变化趋势，但并不研究经济变量之间的具体的数量关系。经济统计学是以研究经济统计资料的搜集、整理、加工和一般分析为主要内容的，并且没有把经济变量之间的关系具体化。而计量经济学是根据经济学理论，依照经济统计提供的统计资料找出相互依存的变量之间的关系，然后应用计量经济方法建立计量经济模型，估计模型参数，检验有关的假设，并且使用模型进行分析和预测，这样，使经济关系数量化。尽管统计资料难以提供反映经济关系的所有信息，由计量经济模型所得结果只是对经济规律的一种近似，然而，已经提供了反映经济关系的足够量的内容，与有关的经济理论相结合，使我们不仅能够对经济规律的质的规定性进行分析，而且可以从量的规定性，从质与量的结合来把握经济规律，进而为经济决策提供依据。

计量经济学是应用经济学的一个分支，有特定的研究对象和方法，从二次大战后已经形成独立的学科。它具有实用性强，应用广泛的特点，是对经济规律进行数量分析的工具之一。

## § 1.2 计量经济学的历史

首先在西方资本主义社会中发展起来的计量经济学是有其深刻的历史背景的。从19世纪到20世纪初，西方国家的资产阶级极力向外扩张，寻找新的市场，残酷地掠夺经济落后地区和国家的财富。资产阶级为了获取高额利润要求自由发展，随着生产规模的不断扩大，迫切需要了解市场的变化情况，也就是要知道经济变量之间的数量关系。原有的经营管理理论与方法已经不能适应发展的需要。反映这个时期的资产阶级经济理论——**新古典经济学派**，主张政府要采取自由放任的政策。他们反对政府干预经济生活，听任一般消费者和生产者自由行动。他们坚持资本主义制度

能够自动维持经济生活的均衡状态。新古典经济学派的代表人物英国的马歇尔 (A. Marshall) 提出局部均衡理论：市场中一种商品不受其它商品的价格和供求影响，它的价格变动只受其自身的供求影响，而且由供求关系决定均衡价格。为了研究市场就要探索供给和需求曲线的形式。

最早使用计量经济方法的是美国的穆尔 (H. L. Moore)。他曾利用最小二乘法求出劳动需求曲线和农产品需求曲线。1929年他又首先研究了弹性的统计估计问题<sup>①</sup>。虽然当时还没有计量经济学这个名称。后来道格拉斯 (P. H. Douglas) 和柯柏 (C. W. Cobb) 提出了著名的柯柏-道格拉斯生产函数<sup>②</sup>。穆尔的学生舒尔茨 (H. Schultz) 对砂糖和牛肉，食用农产品的需求作了统计分析<sup>③</sup>。和舒尔茨同时代的茹斯 (C. F. Roos) 对汽车和住宅的需求作了市场分析<sup>④</sup>。荷兰著名经济学家丁伯根 (J. Tinbergen) 分析了1919—1932年美国商业循环的数据，所使用的经济变量中包含滞后变量，他构造了美国经济的动态模型<sup>⑤</sup>。

① H. L. Moore (1911): *Laws of wages an Essay in Statistical Economics*, New York.

H. L. Moore (1917): *Forecasting the Yield and Price of Cotton*, New York.

② P. H. Douglas and C. W. Cobb (1928): "A Theory of Production", *American Economic Review*, No. 18.

③ H. Schulz (1924): "The Statistical Measurement of Elasticity of Demand for Beef", *Tournal of Farm Economics*, July.

H. Schulz (1928): *Statistical Laws of Demand and Supply with Special Application to Sugar*, Chicago.

H. Schulz (1938): *Theory and Measurement of Demand*, Chicago.

④ C. F. Roos (1934): *Dynamic Economics, Theoretical and Statistical Studies of Demand, Production and Prices*, Indiana.

⑤ J. Tinbergen (1939): *Statistical Testing of Business-Cycle Theories*, Vol. 2: *Business Cycles in the United States of America, 1919—1932*, Geneva.

以瓦尔拉 (H. E. L. Walras) 为代表的洛桑学派提出一般均衡理论。一般均衡理论分析各种商品的供求关系, 一种商品的价格变动不仅受其本身供求影响, 而且还受其它商品的影响, 一种商品价格与供求的均衡只有在所有商品的价格与供求达到均衡时才能确定。他们认为经济变量之间的相互依赖关系用语言叙述非常烦, 可以用数学语言描述。列昂节夫 (W. W. Leontief) 1931年从一般均衡理论出发开始用“投入产出分析”研究美国的经济结构。最初他利用美国国情普查资料编制了1919—1929年的投入产出表, 分析美国经济结构的数量关系, 从宏观上研究美国经济的均衡问题。列昂节夫于1936年发表了投入产出的第一篇论文《美国经济制度中投入产出的数量关系》。1941年出版了《美国经济结构1919—1929》。第二次世界大战后许多西方资本主义国家对投入产出分析问题进行了大规模的研究。所以, 在早期的计量经济学教科书中大都包括“投入产出分析”内容。

反映这个时期的计量经济学著作有奥·兰格的《经济计量学导论》。

资本主义经济的痼疾——经济危机, 在第一次世界大战前就频繁发生, 但都能在较短时期内由萧条转向复苏。可是, 从1929年10月美国开始的经济大危机持续的时间之长, 波及面之广是前所未有的。到1933年美国失业人数达1400万人, 600万农户面临破产。按马歇尔的理論, 物价下跌商品需求就会增加, 利率下降投资就会上升。然而事实恰恰相反, 失业虽然使需求缩减导致物价下跌, 但并没有使需求恢复到原有水平。而从企业方面来看, 市场仍处于缩小状态, 虽然可以从银行借到低息贷款, 但实际上谁也不愿投资, 因为这样的投资只会增加过剩产品。在这种情况下, 消费需求和投资需求仍处于萎缩状态。价格体系也不能促使经济复苏, “自动调节”资本主义经济运行的“法宝”失灵了, 解救经济危机的灵丹妙药失去了效力, 资产阶级的经济理论陷入难以解脱的困境之中。

1936年凯恩斯发表了《就业、利息和货币通论》一书, 凯

恩斯理论逐渐取代了原有的各种资产阶级经济理论，成为基本的和主导的理论。他认为一个国家不具备未开拓的边疆、殖民地等新兴市场，就不可能保证在自由放任的体制下有什么从萧条自动复苏的能力。凯恩斯用有效需求不足的理论否定新古典经济学的理论，他极力鼓吹政府要干预经济生活，主张靠增加政府开支来弥补有效需求的不足。凯恩斯理论在过去40多年对资本主义国家的经济政策产生了很大影响。凯恩斯以后的资产阶级经济学家认为必须根据经济现实制定政策。

一提到现实的经济，自然要研究国民收入、国民收入增长率、失业率、物价指数等一系列指标。如果政府的经济政策以维持充分就业和稳定物价为基本目标（事实上在西方资本主义社会里是不可能实现的），那么就必须要把握它们之间的因果关系，因此出现了以凯恩斯需求管理政策为指导方针的宏观理论，推动了以此为基础的数量表示方面的研究和实际运用。克莱因(L. Klein)是第一个把凯恩斯理论数量化的经济学家。1950年克莱因完成的两次大战间的模型仅有6个方程，随着电子计算机的发展计量经济模型由简单到复杂，由小型到大型不断发展，1965年的布鲁金斯模型有200多个方程，1980年克莱因领导的连接计划多国模型方程个数已达7000多个。

在研制宏观模型时凯恩斯理论还有一个重要依据是菲利普斯(Phillips)曲线，1958年菲利普斯根据1861—1957年英国统计资料找出失业率和通货膨胀率(物价上涨率)之间的经验公式： $\pi = f(U) + \pi^*$ ，其中 $\pi$ 是通货膨胀率， $U$ 是失业率， $\pi^*$ 是一个常数， $f(U)$ 是 $U$ 的递减函数。这就是说高失业率和通货膨胀率交替出现。如果政府想使失业率下降，只要提高通货膨胀率就行了。然而，到60年代后期，西方经济萧条，出现了高通货膨胀率与高失业率同时发生的滞胀现象。这种现象用凯恩斯理论是无法解释的。

于是以弗里德曼(M. Friedman)为首的货币主义在美国又风行起来。货币主义是从货币数量论出发把通货膨胀看作是纯

粹货币的表现,认为制止通货膨胀的唯一有效方法是限制货币发行数量的增长率,并且提出了自然失业率的概念,自然失业率是指总需求和总供给处于均衡时充分就业状态下的失业率,它不受通货膨胀率的影响。因此他们反对菲利普斯曲线所表述的失业率和通货膨胀率的关系。结果,他们反对凯恩斯主张的政府干预经济的政策。他们强调自由市场经济的自发调节作用,认为这种自发调节可以使经济趋于合理。

在货币学派中有人提倡合理预期形成论,所谓合理预期是指人们预先掌握了所有可能收集到的信息,也就是政府的政策每个人都可以事先完全预见。因此他们认为无论政府制定什么政策都会不起作用,同样认为资本主义经济可以自行调节。他们在建立宏观模型时引入了合理预期变量。在西方围绕合理预期概念至今还有争论,但计量经济学家们已经把这个概念数学化了(详见第十二章)。

通过对资产阶级经济理论的简单回顾,我们可以看到计量经济学是把各种各样的资产阶级的经济理论数量化。但是,在西方直到目前为止影响最大的还是凯恩斯理论,所建立的宏观模型大都是以此为基础的。

计量经济模型实际上是一组方程,模型所使用的数据,至今仍以时间序列数据占压倒多数。其特点是,这些数据不是从实验中得到的结果,用哈维尔默(Haavelmo)的话来说它们只是经济学家被动地观测到的“观测变量”,而且经济变量大都是不独立的。同时,应该利用尽量多的资料来发现事物的规律,但往往在经济分析过程中经济情况会发生很大变化,从而影响分析的准确性。显然,在经济分析中应用统计方法要受到一定的限制,这就为计量经济方法的研究提供了新的课题。1941年哈维尔默发表了以概率论和统计推断为依据的《计量经济学的概率方法》,随之进入一个以方法论研究为主的时期,由当时的一流统计学者瓦尔德(Wald)、库普曼斯(Koopmans)、安德森(Anderson)、鲁宾(Rubin)和沃尔福威茨(Wolfowitz)等人的研究在1950

年前后使计量经济学理论系统化，学科体系基本形成。特别是泰尔（H. Theil）给出了估计联立方程模型二阶段最小二乘法、三阶段最小二乘法和k组估计法（见第七章）。这些方法直到现在仍是估计联立方程模型的有效方法。然而由于模型中的经济变量相互影响，要想进一步推导这些估计量的精确（小样本）分布却异常困难，只能代之而考虑大样本性质：一致性、渐近正态性等（见第七章）。

近年来联立方程模型估计量的小样本分布和它的矩分布的研究取得了重大进展。1974年以前的主要结果可以在贝斯曼的文章中找到<sup>①</sup>。最简单的凯恩斯模型由消费函数和GNP恒等式组成。这个模型由哈维尔默在1947年仔细研究过。60年代末到70年代初，萨瓦（T. Sawa）和马里雅诺（R. S. Mariano）给出了模型只包含两个内生变量的普通最小二乘估计、二阶段最小二乘估计、有限信息极大似然估计的精确分布和矩。贝斯曼等人在1971年推导出包含三个内生变量模型的二阶段最小二乘估计的密度函数。1980年菲利普斯研究了包含任意个内生变量的情形。1985年菲利普斯又得到SUR（seemingly unrelated regression）模型估计的小样本分布<sup>②</sup>（此模型见第四章）。这些内容已超出本书的范围，有兴趣的读者可以参考有关文献。

在60年代以前所有的计量经济模型都是线性的，然而在现实经济生活中经济变量之间的关系不完全是线性的。最著名的例子是不变替代弹性（CES）生产函数，它就是一个非线性函数。因

① R. L. Basmann (1974): "Exact Finite Sample Distribution for Some Econometric Estimators and Test Statistics: A Survey and Appraisal", Chapter 4 of *Frontiers of Quantitative Economics Vol. I*, M. D. Intriligator and D. A. Kendrick, eds, Amsterdam, North-Holland, 209—285.

② P. C. B. Phillips (1980): "The Exact Distribution of Instrumental Variable Estimator in an Equation Containing  $n+1$  Endogenous Variables", *Econometrica*, 48, 861—878.

P. C. B. Phillips (1985): "The Exact Distribution of the SUR Estimator", *Econometrica*, 53, 745—756.

而有必要研究非线性计量经济模型。从60年代末到70年代初，经过詹里奇（R.I.Jennrich）、马林沃德（E.Malinvaud）和阿梅米亚（Amemiya）等人的努力，非线性计量经济方法已成为计量经济学的重要组成部分（见第九章）。

数理统计学中长期存在所谓贝叶斯学派。贝叶斯观点认为未知参数有先验分布，以此为前提根据样本值计算后验分布。在经济分析中不少的时候参数是存在先验信息的，这时把先验信息表示为先验分布就可以使用贝叶斯方法。70年代以来计量经济学者泽尔诺（A.Zellner）等人站在贝叶斯立场上研究经济关系，取得了许多重要的研究成果（见第八章）。

70年代，由鲍克斯-詹金斯广泛普及的自回归-滑动平均（ARMA）模型的时间序列方法（见第十章）在工程技术领域内得到广泛的应用。然而计量经济学家认为自己是依据经济理论构造模型，而时间序列分析方法没有任何经济理论的根据。这些方法变成任何人都可以使用的方法。但是最近十多年的理论发展已经把时间序列分析方法和计量经济方法结合在一起，因此，时间序列分析已成为计量经济分析中的重要方法（见第十一章）。

当前，非线性模型和方法、时间序列方法、贝叶斯方法、合理预期下的计量经济模型、小样本理论等都是计量经济学中十分重要和异常活跃的领域，仍在继续发展，不断取得新的成果。现已取得的成果大多具有实用价值，有些已经应用于具体的经济分析。同时从现实的经济关系中不断地提出许多新的课题，要求计量经济学家们去解决，反过来又促进着计量经济学的发展。

### § 1.3 计量经济学的內容

我们知道计量经济学的理论基础是资产阶级经济学，主要是凯恩斯理论，还有货币主义、合理预期学派等形形色色的资产阶级理论。资产阶级经济学家们根据这些理论选择内生变量和外生变量，确定它们之间的关系并建立经济模型，用计量经济方法估计、检验有关参数，用来对其经济理论进行验证，预测经济未来

的发展趋势，为资产阶级及其政府的具体决策服务。因此，我们必须对其理论基础进行分析和批判，看清其为资产阶级统治辩护的实质。然而计量经济方法本身是统计方法，它并没有阶级性，只要根据正确的经济理论，正确地运用计量经济方法，那么由计量经济模型得到的结果还是有一定价值的。

我们可以以马克思主义经济理论为指导，在对我国经济实际充分了解的基础上，运用计量经济方法建立符合社会主义经济规律、反映实际经济生活的计量经济模型，以揭示社会主义经济规律的量的规定性，为我们进行现实的经济分析和预测，验证、补充和发展经济理论，科学准确地进行经济决策提供有价值的参考依据。

计量经济学不讨论实际测量工作或如何根据经济理论具体构造模型，它是假定在经济理论指导下模型的形式已知时，讨论如何估计和检验参数，或由模型本身引起的一系列涉及统计理论、方法和具体处理办法等问题。换句话说，计量经济学的内容是讨论在经济研究中所使用的统计方法。

大多数计量经济学教科书只包括线性计量经济模型。本书不仅包括线性计量模型，同时还介绍了70年代后发展起来的非线性模型、时间序列分析和合理预期下的计量经济模型等内容。使读者对近年来计量经济学的发展有一定了解，同时为进一步阅读计量经济文献作一些准备。



## 第二章 线性回归模型

我们在考察某个经济系统时，一般地要研究这个系统中各个变量之间的关系。比如研究消费者对某种商品的需求，我们知道通常需求量 $Q$ 取决于消费者的收入 $Y$ 、这种商品的价格 $p_1$ 和其替代商品的价格 $p_2$ 。然而在经济生活中还有很多因素影响需求，在计量经济学中，可用一个随机变量 $u$ 表示。因此，在线性假设下 $Q$ 与 $Y$ 、 $p_1$ 、 $p_2$ 的关系可表示为

$$Q = \beta_0 + \beta_1 Y + \beta_2 p_1 + \beta_3 p_2 + u$$

表示系统的行为或状态的模型如果只包含一个线性方程，我们称之为线性单一方程模型或线性回归模型。

假设线性回归模型为

$$y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{t2} + \cdots + \beta_K X_{tK} + u_t \quad t=1, \dots, n \quad (2.1)$$

式中 $X_{tj}$  ( $j=2, \dots, K$ ) 为自变量或说明变量 (explanatory variables),  $y_t$  为因变量或被说明变量 (explained variables),  $u_t$  为随机误差项。 $y_t$ 、 $X_{tj}$  是可观测的，而 $u_t$  是不可观测的。 $\beta_1, \dots, \beta_K$  和  $u_t$  的分布参数是未知的。(2.1) 用矩阵形式可表示为

$$y = X\beta + u \quad (2.2)$$

其中

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & X_{12} & \cdots & X_{1K} \\ 1 & X_{22} & \cdots & X_{2K} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & X_{n2} & \cdots & X_{nK} \end{bmatrix}$$
$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_K \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} u_1 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}$$