



中国人民大学经济学系列教材

# 高级计量经济学 ——理论与方法

赵国庆 著

Advanced Econometrics

 中国人民大学出版社



中国人民大学经济学系列教材

# 高级计量经济学 ——理论与方法

赵国庆 著

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

高级计量经济学：理论与方法/赵国庆著. —北京：中国人民大学出版社，2013  
中国人民大学经济学系列教材  
ISBN 978-7-300-18338-1

I. ①高… II. ①赵… III. ①计量经济学-高等学校-教材 IV. ①F224.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 257280 号



中国人民大学经济学系列教材  
高级计量经济学——理论与方法  
赵国庆 著  
Gaoji Jiliang Jingjixue

---

出版发行	中国人民大学出版社	邮政编码	100080
社 址	北京中关村大街 31 号		
电 话	010-62511242 (总编室)		010-62511398 (质管部)
	010-82501766 (邮购部)		010-62514148 (门市部)
	010-62515195 (发行公司)		010-62515275 (盗版举报)
网 址	<a href="http://www.crup.com.cn">http://www.crup.com.cn</a>		
	<a href="http://www.ttrnet.com">http://www.ttrnet.com</a> (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	北京密兴印刷有限公司		
规 格	185 mm×260 mm 16 开本	版 次	2014 年 1 月第 1 版
印 张	18.5 插页 1	印 次	2014 年 1 月第 1 次印刷
字 数	427 000	定 价	33.00 元

---

版权所有 侵权必究

印装差错 负责调换

# 中国人民大学经济学系列教材

## 编辑委员会

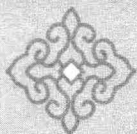
学术顾问：卫兴华 林 岗 杜厚文 胡乃武 吴易风

主 编 杨瑞龙

副主编 高德步 黄卫平 张 宇

编 委 (按姓氏音序排名)

陈享光	陈彦斌	方福前	顾海兵
郭 杰	韩小明	韩玉军	侯景新
黄泰岩	雷 达	李义平	刘凤良
刘 瑞	刘元春	卢 荻	邱海平
孙久文	王晋斌	吴汉洪	姚开建
赵国庆	郑超愚	郑新业	周业安



## 作者简介

赵国庆，中国人民大学经济学院教授、博士生导师，日本京都大学经济学博士。主要研究方向为计量经济理论与应用。

在 *International Journal of Production Economics*、*Japanese Economic Review*、*China & World Economy*、《经济学季刊》、《金融研究》、《数量经济 & 技术经济研究》、《统计研究》等国内外专业杂志发表论文 50 余篇。负责和承担过国家省部委等多个科研项目。浙江大学、华侨大学兼职教授，日本关西学院大学客座教授，中国数量经济学会学术委员会副主任。



# 迎接中国经济学时代的到来 (总序)

自改革开放以来,伴随着经济体制的深刻变化和经济的快速发展,我国的经济学研究<sub>与</sub>教学也呈现出了前所未有的繁荣局面,各种中外文版的经济学教材也层出不穷。怎样在新时期编写出一套在马克思主义经济学的指导下,既与国际接轨,又具有中国特色、中国气派、中国风格的经济学教材体系是摆在我们面前的一项重要任务。

伴随着改革开放而处于不断创新中的经济学研究与教学无论在基本理论分析框架还是在经济学分析范式方面都发生了深刻的变化。首先是经济学摆脱了传统政治经济学分析范式的束缚,从只关注生产关系到同时十分关注资源配置,不断通过理论创新推动马克思主义经济学的中国化;其次是经济学从封闭式的一枝独秀到开放性的百家争鸣;再次是经济学界从纯理论推导到十分重视理论联系实际,勇于直面经济改革与发展中遇到的重大问题,并力图运用现代经济学分析方法对这些重大问题给予实事求是的解释,进而提出各种政策建议,服务于改革开放与经济实践的<sub>实</sub>践;最后是从单调的分析方法到多元化的分析方法。经济学界开始把规范分析与实证分析相结合、把定性分析与定量分析相结合、把静态分析与动态分析相结合。

时代的变迁赋予经济学创新的动力和平台。我们可以从我国经济学在最近三十多年的发展轨迹中感悟到如何始终保持经济学旺盛生命力的真谛。

第一,理论是灰色的,生命之树常青。所谓理论是指人们由实践概括出来的关于自然界和人类社会的知识的系统的结论,它对人们未来的实践活动具有重要的借鉴与参考价值,但由于实践本身是不断变化的,如果把已有的理论奉为放之四海而皆准的真理,不敢越雷池一步,那就难免要犯错误。毛泽东曾说过,真正的理论在世界上只有一种,就是从客观实际抽出来又在客观实际中得到证明的理论,没有任何别的东西可以称得起我们所说的理论。也就是说,真正有生命力的理论并不是指那种从书本到书本、从概念到概念的纯

粹思辨逻辑，而是指那种源于实践又回到实践最后被实践证明是正确的理论结晶。因此，概括自改革开放以来经济学发展的最大特点，那就是从过去的教条主义束缚中解脱出来，开始走向社会，走向实践，以问题为导向，采用实证分析方法，回答改革开放中出现的重点与疑难问题，从而推动经济学的创新。

第二，无论是照搬照抄马克思主义经典作家的个别“结论”还是西方经济学的定理都是危险的。把马克思主义经济学教条化是过去长期形成的学风，研究者遵循的是从书本到书本、从概念到概念的分析方法，只关注研究的结论与马克思主义经典作家所说的话是否一致，从而导致理论的僵化。但近年来另一个值得注意的倾向是把西方主流经济学教条化，言必称斯密、凯恩斯、科斯等，当实践与所谓“标准”的经济学不一致时，就断言实践错了，应按照主流经济学的逻辑来设计改革路径。其实，把马克思主义经济学或者西方经济学教条化，都会导致中国经济学的发展走入死胡同。我们常常看到在有关中国问题的研究中出现了一些伪命题，其原因在于理论忽视了所探讨问题的复杂性。因此，为了准确揭示我国的经济运行特点，就需要坚持马克思主义经济学的基本立场、观点与方法，推进马克思主义经济学的中国化进程，在吸收西方经济学的过程中注意中国的国情。概言之，就是要坚持实事求是，理论联系实际学风。

第三，推进了中国经济学研究范式和教学模式的创新。理论的生命力在于创新，但创新并非贴标签，也不是故意的标新立异，更不是胡思乱想，而是跳出原有的思维定式，突破原有的理论框框和教条，立足现实，面向实际，解放思想，通过对现象的深入剖析来检验和发展现有的理论。如果现有的理论不足以回答现象所隐含的问题，就需要我们反思理论本身。中国改革开放的伟大实践为经济学理论的发展提出了前所未有的机遇和挑战。在这种情况下，总结中国经济改革和经济发展的经验，从理论上科学地回答新的历史阶段提出的一系列新问题，推动经济学理论的创新和发展，努力建设和发展具有中国特色、中国风格、中国气派的中国经济学的理论体系与教材体系，对于我国经济学学科的建设工作具有重大意义。

第四，迎接中国经济学时代的到来。改革开放的实践所提出的很多疑难问题显然无法从现成的理论著作中找到一劳永逸的解决方案。同时，我们也无法利用现有的理论分析框架清晰地具有鲜明中国特色的改革道路、开放道路与发展模式中概括与提炼出一般的经济学理论体系。因此，无论是为了解决实际问题，还是为了实现理论创新，都首先必须直面中国的现实。改革开放以来，中国的经济改革与经济发展取得了举世瞩目的伟大成就，“中国模式”、“中国经验”、“中国道路”正在受到全世界日益广泛的关注。中国改革开放的伟大实践对经济学理论的发展提出了前所未有的机遇和挑战。总结中国经济改革和经济发展的经验，从理论上科学地回答新的历史阶段提出的一系列新问题，推动经济学理论的创新和发展是我们这一代经济学者应担负的历史使命。

坚持直面现实的研究态度和方法所强调的是，当理论与实践相冲突时，让理论服从现实，而不是让现实适应理论。直面现实式的研究并非不要理论，而是从我国经济改革和经济发展中出现的特殊现象入手，通过对现象的深入剖析来检验现有的理论。如果现有的理论不足以回答所隐含的问题，那就需要我们反思理论本身，直至根据现实修正理论。经济学的理论和教材一旦脱离现时代的经济改革与发展的实践，就成为无本之木、无源之水，

甚至有可能成为阻碍生产力发展的因素。理论联系实际应该是适应时代要求的经济学创新的基本原则。为此，一方面，应反对脱离实际的理论，这会导致“老八股”式的空泛经济学；另一方面，也应排斥完全抛弃理论的经验主义，那会导致公说公有理、婆说婆有理的实用主义经济学。

直面现实的经济学分析方法要求实现经济学的现代化。学术界对经济学的现代化有不同的看法。一种极端的看法是，经济学的大厦只有一座，那就是以个体主义成本收益分析为主线的西方主流经济学。我国经济学家所做的工作就是为这座大厦添砖加瓦，实现经济学的“国际化”，不存在一个具有独立理论体系的“中国经济学”。这种把“全盘西化”等同于国际化的看法我们是不能苟同的。国际化并非经济学现代化的全部内容，特别是不等于照搬照抄西方经济学。例如，一个发展中国家到底应该选择什么样的改革发展道路才能摆脱贫困走上富裕之路，信奉新自由主义的学者提出了私有产权条件下资本与市场全面开放的“华盛顿共识”。随着我国改革开放所取得的成就日益被国际社会所公认，作为直接挑战“华盛顿共识”并建立在中国经验基础上的“北京共识”愈益被国内外学术界所广泛关注。我国学者所做的研究证明，一个国家的改革和发展模式必须依据本国的国情自主地探索与选择，任何照搬照抄外国经验或书本上的教条的做法都是注定要失败的；强调发展的包容性、兼容性，把市场机制的调节作用与政府的宏观调控结合起来，有效地处理好公平与效率之间的关系、经济高速增长与社会全面发展之间的关系；强调以人为本的发展目标与统筹兼顾的发展手段，避免发展中的严重两极分化，追求共同富裕等。这些研究成果突破了新古典主义的教条。当然，如果把中国经济学看成与已有的任何经济学流派没有血脉关系、纯粹以我国的经济运行为研究对象、完全由自己独创的理论体系，那么这样理解中国经济学则有些偏窄。任何学术流派的产生和发展总是站在前人的肩膀之上的，人们对前人丰富思想的继承和发展不仅可使后人少走许多弯路，而且使学术思想具有可交流性。这种从中国国情出发来吸收与消化西方经济学的有用成分，创立一个在马克思主义经济学的指导下，既符合国际的学术规范、又能解决中国问题的经济学，我们称之为经济学的本土化，它也构成经济学现代化的重要内容。

所谓中国经济学，实际上就是在马克思主义经济学的指导下，在充分吸收现有经济学分析体系中有价值的思想与分析方法的基础上，根据我国改革和发展中面临的实际问题，拓宽现有理论的某些假设条件，或者通过案例分析、计量检验等来检验现有经济学的某些结论和基本原理，进而使这种经过修正和发展的经济学流派打上鲜明的中国烙印，甚至创立具有中国风格和气派的经济学分析体系。我国正在进行的改革开放实践为中国经济学的诞生和发展提供了大量的案例和取之不尽的研究素材，世界上越来越多的经济学家关注和研究中国的经济问题，原因就在于此。我国经济学国际化与本土化的交互作用所推进的现代化过程将催生出中国经济学。

最近十年来，中国人民大学经济学院以“985”项目与“211”工程建设为契机，围绕中国经济学理论体系、教材体系与教学体系的建设这一核心，全面推进教学、科研，以及学科建设、队伍建设和人才培养工作，努力建设世界一流的有中国特色的经济学学科体系与教学体系。“中国经济学”建设计划的主要内容有，中国经济学的本科生与研究生的系列教材、“中国经济学”学术专著系列丛书、中国经济学系列精品课程建设计划、以《政

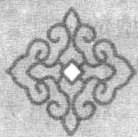


治经济学评论》、《西方经济学评论》、《开放经济学评论》等为主体的“中国经济学”学术期刊计划、中国宏观经济分析与预测报告의定期发布以及中英文报告的出版、以“世纪精英论坛”、“人大经济讲堂”、“经济学院学术沙龙”、“研究生学术论坛”等品牌学术活动为主要内容的中国经济学系列学术讲座计划、面向全球招收硕士研究生的“中国经济”全英文硕士项目、中国经济学研究全球战略合作伙伴计划、中国经济学数据库建设与经济实验室建设计划等。

本次推出的经济学类（涵盖各个经济学专业的广义经济学）本科生与研究生教材系列就是中国经济学学科建设的成果之一，内容主要涉及中国人民大学经济学院涉及各个专业的经济学本科生及硕士研究生培养计划中的学科基础课、专业课以及主要选修课的课程，其中有一些教材已经出版了多年，这次进行了重新修订，有的则是完全重新编写。本次教材的编写者以中青年教师为主，他们大部分是在我国改革开放的大潮中成长起来的新生代经济学家，他们既系统地接受了马克思主义经济学的教育，又系统地了解现代西方经济学，并对我国改革开放与经济实践的实践有切身的经历与体会，新生代经济学家的迅速成长让我们看到了中国经济学的未来发展希望。当然，编写出一套中国经济学的系列教材并非一件容易的事情，尽管我们的每个编写者都很努力，但由于主客观原因，还是有不少不成熟的地方，我们恳切地希望得到来自我们的同行以及实际部门的指正，以便我们在今后的教材修订和教学实践中不断改进与提高，为推动中国经济学的发展做出我们的贡献。

**杨瑞龙**

2011年7月于中国人民大学明德楼



# 引 言

构造计量经济模型是研究经济现象的重要方法，它使人们能够客观地把握经济现象背后的形成机制，其主要目的在于经济理论的数量化研究。近年来计算机技术的日益更新和计量软件的多样化发展也给计量经济分析方法的利用与普及提供了强有力的技术支撑。《高级计量经济学——理论与方法》一书旨在提升读者的计量经济分析技术，使读者掌握现代计量经济分析的理论与方法。众所周知，计量经济相关习题的求解与估算对于理解计量经济学的内涵是必不可少的重要环节，基于这样的考虑，本书每章都配备了大量的习题，并给出详细解答与提示，对于一些实际经济应用问题同时给出了 EViews 软件的输出结果和相关程序。希望通过对实际问题的分析与计算培养读者对计量经济学的理解力，使读者能够更好地运用计量经济方法解决实际经济问题，在此基础上，达到对经济变化趋势进行预测和政策评价之目的。

本书共由 8 章构成。第 1 章讨论最小二乘估计量的性质，主要包括多元线性回归模型的参数估计、估计结果的评价指标及检验等内容。本章也对最小二乘估计量的有限样本与大样本性质做了细致的讨论。第 2 章为误差项存在的诸问题，主要分析误差项之间不相关及方差一定的经典假设条件不成立时，最小二乘估计量存在的问题，本章给出误差序列相关与异方差性的检验法，同时讨论如何选择更有效的估计方法对模型进行估计。本章最后讨论了误差项的 ARCH 效应与正态性检验。第 3 章为变量误差与模型设定，主要讨论变量观测数据存在的多重共线性、测量误差以及回归模型的设定问题，包括多重共线性的判断尺度及相关处理对策、IV 估计量、非线性方程的 Box-Cox 变换及考察回归方程设定形式的检验 Reset。第 4 章为线性模型的扩展。本章将扩展前面有关线性模型的讨论，主要包括线性约束下的参数估计、模型中虚拟变量的使用、经济结构变化的检验、分布滞后变量对模型的影响及广义矩估计法等内容。第 5 章为联立方程组模型的估计。一般经济变量

之间都存在着相互依存关系。对这种依存关系的处理，要借助于联立方程组模型。本章主要包括联立方程组模型的概念和形式、最小二乘估计的问题点、模型的识别与两阶段最小二乘估计等内容。第 6 章为模型估计方法的扩展，讨论近年来实证分析经常使用的一些模型估计与检验方法。第一，介绍被解释变量只取 1 与 0 数值的二元选择模型的估计；第二，给出被解释变量只取正值的模型估计；第三，给出面板数据模型的推断方法；第四，讨论模型系统包含多个回归方程的 SUR 模型的估计方法。在本章最后部分，将给出大样本下的三个经典检验统计量：LR, Wald 和 LM 检验。第 7 章为平稳时间序列分析基础。本章基于 Box—Jenkins 法，讨论平稳时间序列的建模过程，主要内容包括时间序列的基本概念、自回归和移动平均模型的估计方法、模型的识别与诊断等内容。第 8 章为非平稳时间序列分析。主要内容如下：第一，时间序列的单位根检验，包括模型的设定、ADF 检验与 DF—GLS 检验；第二，向量自回归与误差修正模型分析，包括协整的概念、协整向量的估计与检验；第三，时间序列的因果性分析，包括 Granger 因果性的定义及检验方法；第四，实证案例分析，利用误差修正模型研究中国粮食价格指数与城市居民消费者价格指数之间的因果关系。本书的附录 A 主要介绍 EViews 软件包的一些基本功能，附录 B 为相关统计表。

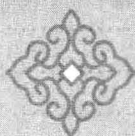
在本书定稿的过程中，中国人民大学信息学院范红岗博士、中国社会科学院亚太与全球战略研究院张中元博士、中国人民大学经济学院数量经济学专业博士生邬琼、李本钊等参与了部分工作，值此书付梓之际，向他们表示感谢。

本书是中国人民大学经济学院第二批立项的经济学系列教材，在本书的写作过程中始终得到学院的关心与支持，中国人民大学出版社王美玲编辑也为本书的出版付出了辛勤的劳动，在此表示由衷的感谢。

最后是关于书名的一点解释。国际上通用的计量经济学教材与著作，从斯坦福大学荣誉教授雨宫健先生 (Takeshi AMEMIYA) 的《高级计量经济学》(Advanced Econometrics) 的大作出版以来，很难再见到以“高级计量经济学”为书名的教材与著作，而作者在日本京都大学留学的导师森栋公夫教授 (Kimio MORIMUNE, 日本经济学会会长, Econometric Society Fellow) 也曾是雨宫健先生的学生。这里本书命名为《高级计量经济学》，主要是为了区分作者在中国人民大学出版社的另外两本教材：《计量经济学》与《应用计量经济学》。上述三本书按难易程度排序为：《高级计量经济学》、《计量经济学》、《应用计量经济学》。另外，考虑到本书包含了作者多年对计量经济学的研究与教学的心得，书中的案例也多为作者长期教学实践与发表论文的总结，特别是每章配备的大量习题及解答，也是作者多年教学实践的总结，故本教材以著作的形式出版，请读者见谅。

赵国庆

2013 年 12 月



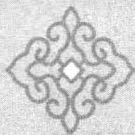
# 目 录

<b>第 1 章 最小二乘估计量的性质</b> .....	1
1.1 模型的假定 .....	1
1.2 参数的最小二乘估计 .....	2
1.3 最小二乘估计量的性质 .....	4
1.4 $X$ 为随机矩阵时 OLS 估计量的性质 .....	8
1.5 模型的离差形式与选择准则 .....	12
1.6 参数估计的分布性质 .....	18
1.7 假设检验与置信区间 .....	20
1.8 最小二乘估计量的大样本性质 .....	29
本章附录 .....	34
习题一 .....	39
习题解答与提示 .....	41
<b>第 2 章 误差项存在的诸问题</b> .....	46
2.1 广义最小二乘估计 .....	46
2.2 序列相关 .....	50
2.3 异方差性 .....	66
2.4 误差项的其他诊断检验 .....	72
本章附录 .....	74
习题二 .....	75
习题解答与提示 .....	76

<b>第 3 章 变量误差与模型设定</b>	83
3.1 多重共线性	83
3.2 测量误差与工具变量法	90
3.3 Box-Cox 变换	93
3.4 Reset 检验	95
本章附录	96
习题三	97
习题解答与提示	97
<b>第 4 章 线性模型的扩展</b>	101
4.1 线性约束下的参数估计	101
4.2 虚拟变量的使用	103
4.3 结构变化的检验	107
4.4 分布滞后模型	110
4.5 广义矩估计	121
习题四	125
习题解答与提示	127
<b>第 5 章 联立方程组模型的估计</b>	132
5.1 联立方程组模型的结构式与简化式	132
5.2 联立方程组模型估计的偏误	133
5.3 间接最小二乘法	134
5.4 识别条件	134
5.5 两阶段最小二乘估计	140
5.6 模拟分析	143
习题五	144
习题解答与提示	145
<b>第 6 章 估计方法的扩展</b>	150
6.1 离散选择模型	150
6.2 受限因变量模型	157
6.3 面板数据分析	163
6.4 动态面板数据模型的 GMM 估计	170
6.5 SUR 模型	173
6.6 大样本下的检验统计量	176
本章附录	181
习题六	183
习题解答与提示	183
<b>第 7 章 平稳时间序列分析基础</b>	191
7.1 经济时间序列的基本概念	191
7.2 自回归模型及性质	192

7.3	偏自相关函数 .....	196
7.4	移动平均模型及性质 .....	198
7.5	自回归移动平均模型及性质 .....	201
7.6	自回归模型的估计 .....	203
7.7	移动平均与自回归移动平均模型的估计 .....	205
7.8	平稳时间序列的建模过程 .....	206
	习题七 .....	213
	习题解答与提示 .....	215
<b>第8章</b>	<b>非平稳时间序列分析 .....</b>	<b>218</b>
8.1	非平稳性分析 .....	218
8.2	向量自回归与误差修正模型 .....	223
8.3	协整矩阵的秩检验 .....	226
8.4	Granger 因果性与协整关系 .....	229
8.5	通货膨胀预期与 Granger 因果性的实证分析 .....	232
	本章附表 .....	237
	本章附录 .....	241
	习题八 .....	243
	习题解答与提示 .....	244
<b>本书附录 A</b>	<b>EViews 软件使用手册 .....</b>	<b>249</b>
<b>本书附录 B</b>	<b>统计表 .....</b>	<b>264</b>
	参考文献 .....	276





## 最小二乘估计量的性质

本章讨论包含  $k$  个变量的多元线性回归模型，主要包括模型的参数估计、估计结果的评价指标及检验等内容。本章给出最小二乘估计量（OLS）的有限样本性质（小样本性质），同时讨论 OLS 估计量的大样本性质。当样本容量  $n$  充分大时，研究 OLS 估计量的渐近性质，相应的渐近结果可以反映有限样本下估计量的特性，可以看成是有限样本性质的一种近似。

### 1.1 模型的假定

假设根据经济理论，变量  $Y_t$  依赖于  $k$  个变量  $X_{it}$  ( $i=1, 2, \dots, k$ )，且  $Y_t$  和  $X_{it}$  之间有如下的线性关系成立：

$$Y_t = \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + u_t, t=1, 2, \dots, n \quad (1-1)$$

例如，在分析居民消费时，通过对不同家庭的抽样调查，收集消费支出、收入、金融资产等数据，此时  $Y_t$  表示消费， $X_{it}$  表示收入、金融资产等变量。式 (1-1) 包含  $k$  个解释变量，一般  $k$  小于 10，很多情况下是小于 5 的。 $Y_t$  与  $X_{it}$  分别称为被解释变量和解释变量， $\beta_i$  称为回归系数。模型 (1-1) 中的  $u_t$  为随机误差项，可以认为是关于  $Y_t$  的变化不能由  $X_{it}$  解释的部分，或者说没有在模型中明确表示的所有影响  $Y_t$  因素的总和。通常把  $X_{1t}$  作为常数项，即  $X_{1t}=1$ 。

如果引进向量和矩阵符号，可以把式 (1-1) 写成如下矩阵表达形式：

$$Y = X\beta + U \quad (1-2)$$



式中：

$$Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix}, \beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & X_{21} & \cdots & X_{k1} \\ 1 & X_{22} & \cdots & X_{k2} \\ & & \vdots & \\ 1 & X_{2n} & \cdots & X_{kn} \end{bmatrix}, U = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}$$

为使模型 (1—2) 中参数的估计量具有良好的统计性质，有必要对模型作如下假定：

- (1)  $E(U) = 0$ ;
- (2)  $E(UU^T) = \sigma^2 I$ ，式中  $I$  为  $n$  阶单位矩阵；
- (3)  $X$  为非随机矩阵；
- (4)  $r(X) = k (k < n)$ ；
- (5)  $U \sim N(0, \sigma^2 I)$ 。

假定 (1) 与假定 (3) 意味着被解释变量  $Y$  的数学期望等于  $X\beta$ 。假定 (2) 意味着误差项  $u_t$  的方差和时间  $t$  无关，即  $\text{var}(u_t) = \sigma^2$ ，且不同时点的误差项之间不相关，即  $E(u_t, u_s) = 0 (t \neq s; t, s = 1, 2, \dots, n)$ 。如果把模型 (1—1) 看成消费函数，假定 (2) 成立，则意味着无论收入高低，消费的变动幅度（分散程度的水平）保持不变，且不同收入对应的误差之间互不相关。假定 (3) 表明解释变量  $X_{it} (i = 2, \dots, k, t = 1, 2, \dots, n)$  为确定性变量。假定 (4) 表明矩阵  $X$  为列满秩矩阵，即由  $X$  的列向量形成的向量组是线性无关的，这一条件保证了回归模型参数最小二乘估计的存在性。假定 (5) 是模型检验的需要，由于误差项代表模型中没有出现的所有影响被解释变量因素的总和，中心极限定理保证了随机误差向量  $U$  服从多元正态分布这一假定的合理性。

## 1.2 参数的最小二乘估计

### 1.2.1 包含三变量时的最小二乘法

假设被解释变量  $Y_t$  和解释变量  $X_t, Z_t$  之间有如下的关系成立：

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \gamma Z_t + u_t \quad (t = 1, 2, \dots, n) \quad (1-3)$$

为简便起见，下面本书统一用  $\sum$  代替  $\sum_{t=1}^n$ ，表示对变量从  $t=1$  到  $t=n$  求和。考虑如下的残差平方和：

$$Q = \sum \{Y_t - (\hat{\alpha} + \hat{\beta}X_t + \hat{\gamma}Z_t)\}^2 \quad (1-4)$$

式中  $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\gamma}$  分别为参数  $\alpha, \beta, \gamma$  的估计，最小二乘法 (ordinary least squares, OLS) 的含义是：求出参数估计量  $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\gamma}$ ，使残差平方和  $Q$  达到最小值。式 (1—4) 的最小值存在的一阶条件 (first order conditions, FOC) 为：

$$\frac{\partial Q}{\partial \hat{\alpha}} = 0, \frac{\partial Q}{\partial \hat{\beta}} = 0, \frac{\partial Q}{\partial \hat{\gamma}} = 0 \quad (1-5)$$