



中国科学院数学与系统科学研究院

Academy of Mathematics and Systems Science  
Chinese Academy of Sciences

# 第一章 导论

洪永淼

中国科学院数学与系统科学研究院

中国科学院大学经济与管理学院

Copyright © 2024 by Professor Hong Yongmiao, All rights reserved. Requests for permission should be mailed to: [yhmhong@amss.ac.cn](mailto:yhmhong@amss.ac.cn)

1. 版权归作者洪永淼教授所有；
2. 不得移除作者署名，否则将视为侵权；
3. 对于不遵守此声明或者其他违法使用本文内容者，作者依法保留追究权等。
4. 发现课件错误请联系作者 [yhmhong@amss.ac.cn](mailto:yhmhong@amss.ac.cn)

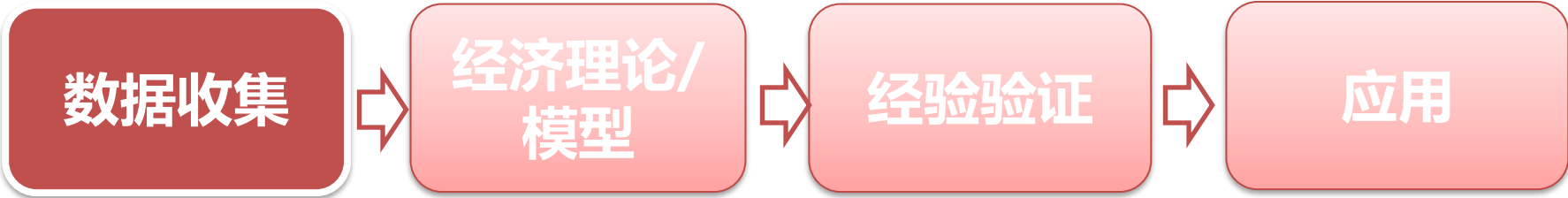
## 第一节 现代经济学研究的基本方法论

## 第二节 计量经济学的作用

## 第三节 代表性实例

## 第四节 概率论与统计学的作用

# 步骤1：数据收集和归纳经验典型特征事实



- 数据收集:

	调查		实验经济学
	田野调查		大数据

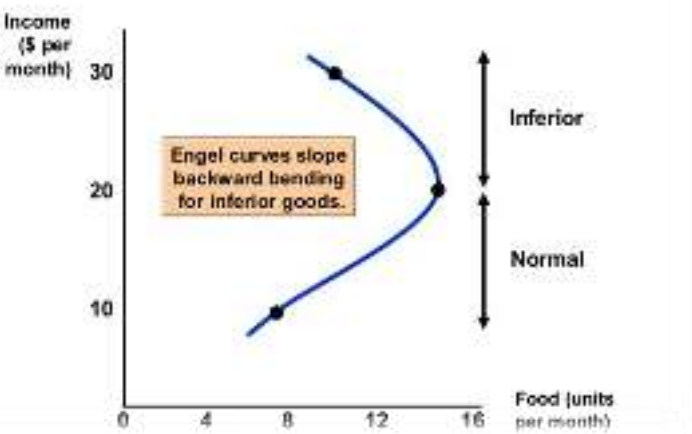
- 所谓典型特征事实通常是从观测到的经济数据归纳而得。

# 步骤 1: 数据收集和归纳经验典型特征事实

## 例 1: 微观经济学中的恩格尔曲线 (Engel curve)

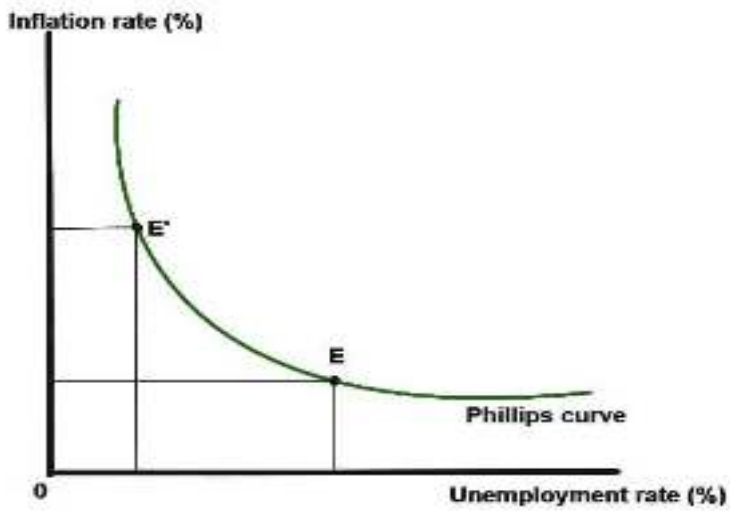
消费者在**食品**上的**支出比例**会随着其**收入**的变化而变化。

Engel Curves



## 例 2: 宏观经济学中的菲利普斯曲线 (Phillips curve)

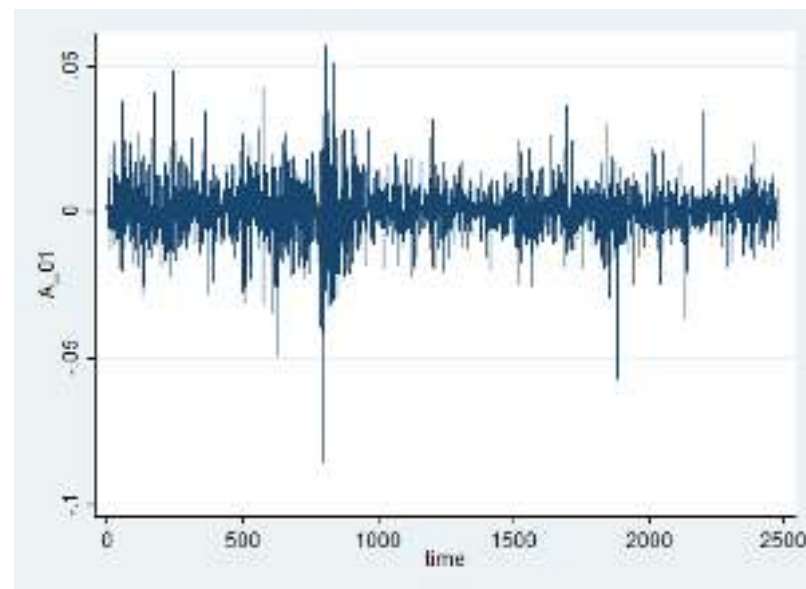
描述宏观经济中**通货膨胀率**和**失业率**之间的**负相关性**。



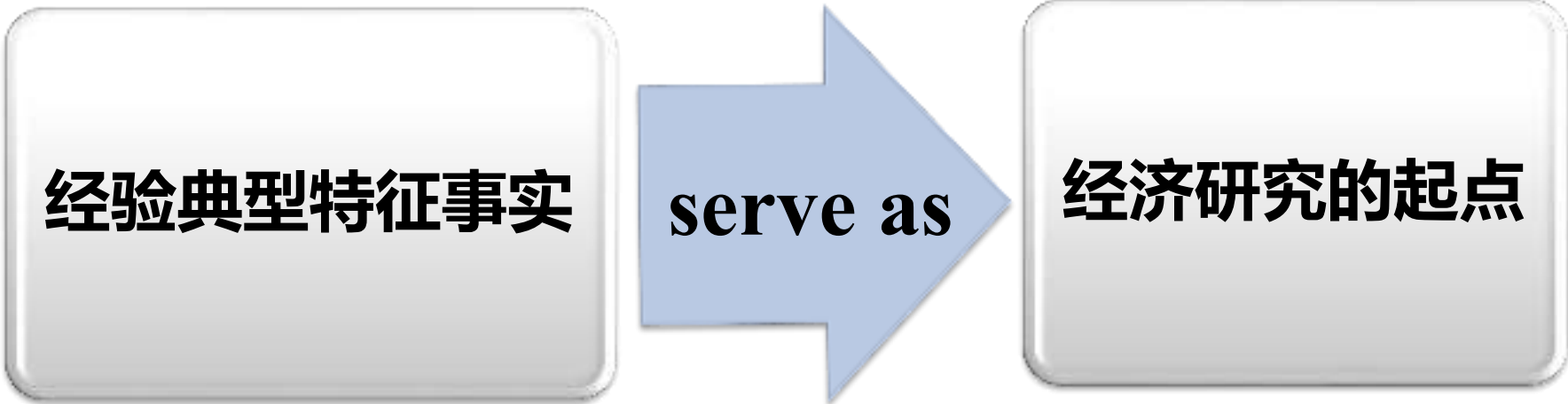
## 步骤 1：数据收集和归纳经验典型特征事实

### 例 3：金融学中的波动聚类 (volatility clustering)

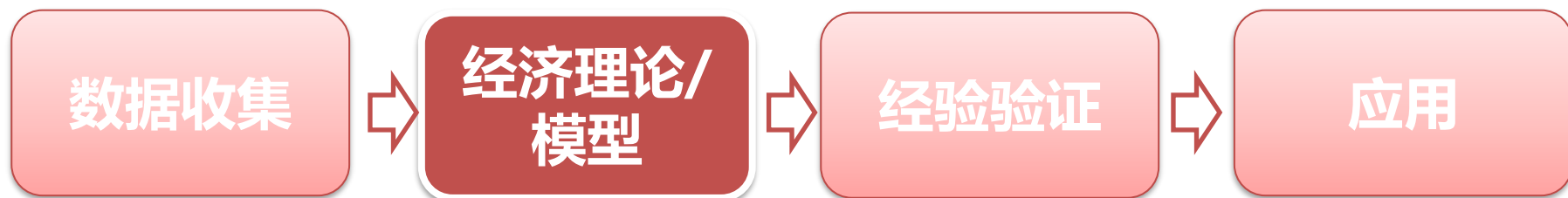
今天一个较大的波动倾向于伴随明天一个较大的波动，今天一个较小的波动倾向于伴随明天一个较小的波动，并且这两种波动随时间**交替出现**。



# 步骤 1：数据收集和归纳经验典型特征事实

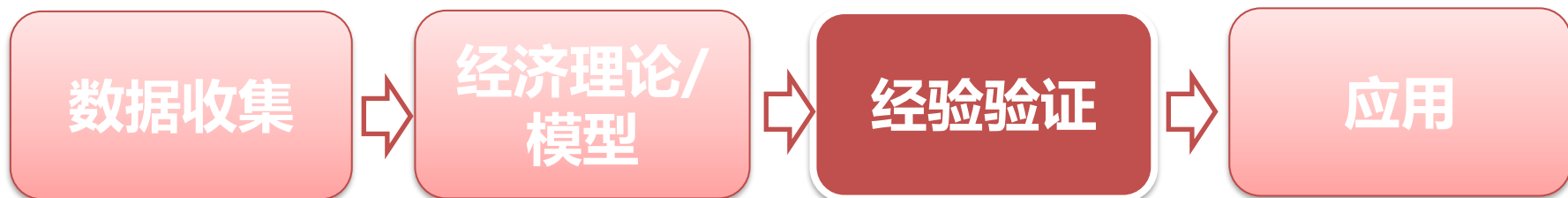


## 步骤 2: 构建经济理论或经济模型



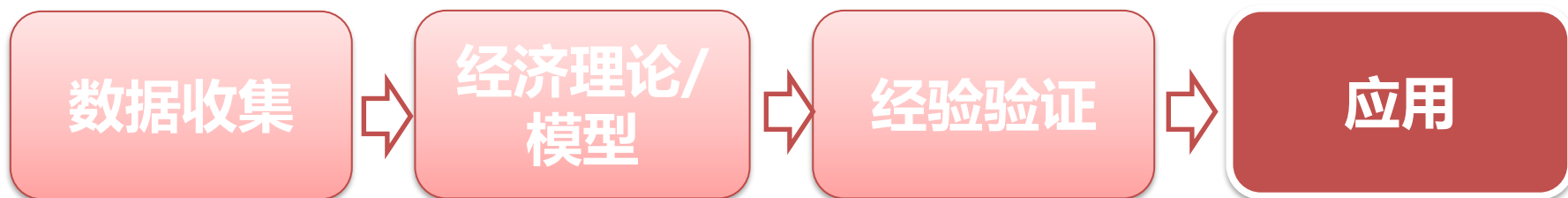
- 发现典型特征事实之后, 经济学家开始构建经济理论或经济模型以解释这些事实, 这通常需要设定一个描述**经济理论的数学模型**。
  - ✓ 例如, 宏观经济学中的理性预期理论——**欧拉方程**。

## 步骤 3: 经济模型的经验验证 (empirical verification)



- 关键是将数理模型转化为**可检验的计量经济学模型**。通常需要：
  - ✘ 假设一些函数形式（其中包含某些未知的模型参数）
  - ✘ 利用观测数据估计这些未知模型参数
  - ✘ 并检验该计量经济学模型是否适合
- 一个适合的计量经济学模型至少应该与经验特征事实相一致。

## 步骤 4: 应用



计量经济学模型通过了经验验证，可用于：

- ※ 解释经验典型特征事实
- ※ 检验经济理论或经济假说
- ※ 预测经济的未来发展趋势
- ※ 评估政策，提供政策建议

- **统计学**是一门关于数据的方法论科学，它是关于数据的搜集、整理、加工、表示、刻画以及分析的一般方法论。

➤ **描述统计学**：数据搜集、整理、加工、表示、刻画和分析等，包括概括性的数据处理与分析。

serve as

数据  
收集

➤ **推断统计学**：基于样本信息，对产生样本数据的母体或系统进行推断的方法论科学。

serve as

经验  
验证

第一节 现代经济学研究的基本方法论

**第二节 计量经济学的作用**

第三节 代表性实例

第四节 概率论与统计学的作用

## 现代计量经济学的基本公理

### 公理 A

任何经济系统可视为服从一定**概率法则**的随机系统。

### 公理 B

任何经济现象通常以数据的形式呈现或者可用数据描述，这些经济观测数据可视为上述**随机数据生成过程**的一个实现。

- 两个公理凸显了概率论与数理统计学在经济实证研究中的重要作用。
  - a) 概率论是描述经济系统不确定性的最佳**数学工具**。
  - b) 现代统计学是一门基于观测数据进行分析与推断的方法论科学，提供了一个研究不确定性现象的**逻辑框架**。
  - c) 概率论与数理统计学为研究不确定性现象提供**数学模型**。



Robert Lucas 指出，在动态经济系统中引入**随机因素**能够为研究动态经济演变规律提供新的启示。

- 公理 A 和 B 的另一个重要含义是：经济分析需要有**随机思维**与**统计思维**。
  - ✓ 例如，需要认识到经济关系是**随机变量**之间的关系，因而经济行为的结果一般是无法完全准确预知的。
  - ✓ 此外，任何经济观测数据作为经济随机系统的一个**偶然实现**，会受到抽样变化的影响，这给经济运行规律的推断带来了一定程度的不确定性。

- 随机经济系统的概率法则描述了大量不确定经济现象的平均行为，如
  - ✓ 市场（需求、供给和价格）的不确定性
  - ✓ 政策的不确定性
- 描述随机经济系统运行特征的概率法则可视为 **“经济运行规律”**



- 经济统计分析包括**经济统计学**和**计量经济学**。
  - **经济统计学**：是对经济系统中各个主体、各个部门、各种变量和各种经济现象进行数量描述的一门学科。
    - ✓ 本质是经济测度学，具有统计学和经济学双重学科属性
    - ✓ 揭示经验典型特征事实
  - **计量经济学**：是经济统计学、经济理论（包括数理经济学）与数理统计学三者的有机结合，是一门交叉学科。



Goldberger (1964) 指出：“计量经济学可以定义为这样的社会科学：它把经济理论、数学和统计推断作为工具，应用于经济现象的分析”。

### 计量经济学的目标

- ✘ 从经济观测数据推断经济系统的运行规律，并将推断出的概率规律用于经济应用。
- ✘ 例如，经济理论通常采取对概率规律施加某些限制的形式，因此，可以通过检验这些限制的**有效性**来检验经济理论或经济假设。

- **概率和统计的工具和方法**将为计量经济学提供操作原则。例如，

模型设定

参数估计

假设检验

模型验证

- 计量经济学**不是简单**地将数学统计的一般理论应用于经济数据。



“计量经济学不是经济统计学，也不等同于一般的经济理论，尽管这些理论中有一部分具有数量特征；同时，计量经济学也不是数学在经济学中的应用；实践证明，统计学、经济理论、数学这三个要素是真正理解现代经济生活中数量关系的必要条件，但不是充分条件。只有三个要素互相结合，才能发挥各自的威力，才构成了计量经济学。”



Ragnar Frisch (1933)

**第一节 现代经济学研究的基本方法论**

**第二节 计量经济学的作用**

**第三节 代表性实例**

**第四节 概率论与统计学的作用**

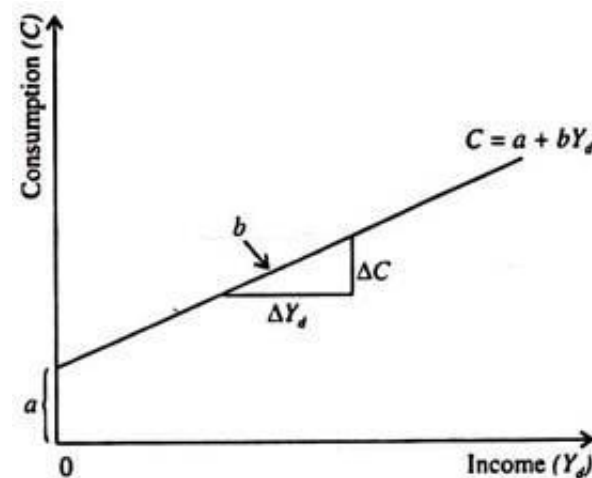
# 例1: 凯恩斯模型、乘数效应和政策建议

## 最简单的凯恩斯模型

$$\begin{cases} Y_t = C_t + I_t + G_t \\ C_t = \alpha + \beta Y_t + \varepsilon_t \end{cases}$$

其中:

- $Y_t$  是总收入
- $C_t$  是私人消费
- $\varepsilon_t$  是随机扰动项
- $I_t$  是私人投资
- $G_t$  是政府支出



# 例1 (Cont.): 凯恩斯模型、乘数效应和政策建议

- 参数  $\alpha$  和  $\beta$  的经济学含义:
  - ❖  $\alpha$  是生存消费水平
  - ❖  $\beta$  是边际消费倾向



MPC  
Formula

=



Change in Consumer Spending

---

Change in Income



- 政府支出的**收入乘数**取决于**边际消费倾向**  $\beta$

$$\frac{\partial Y_t}{\partial G_t} = \frac{1}{1 - \beta}$$

## 例2：理性预期和动态资产定价模型

假设一个代表性经济人具有固定相对风险厌恶的效用函数 (constant relative risk aversion utility), 其终生加权效用为

$$\begin{aligned} U &= \sum_{t=0}^n \beta^t u(C_t) \\ &= \sum_{t=0}^n \beta^t \frac{C_t^\gamma - 1}{\gamma} \end{aligned}$$

其中:

- $\beta > 0$  是时间贴现因子
- $\gamma \geq 0$  是风险厌恶参数
- $u(\cdot)$  是每个时期的即时效用函数
- $C_t$  是第  $t$  期的消费

## 例2 (Cont.): 理性预期和动态资产定价模型

- 经济人的**优化问题**是选择各期的消费  $\{C_t\}$  以最大化其预期效用

$$\max_{\{C_t\}} E(U)$$

- 给定预算约束

$$C_t + P_t q_t \leq W_t + P_t q_{t-1}$$

其中:

- $q_t$  是第  $t$  期购买的资产量
- $W_t$  是第  $t$  期经济人的收入

## 例2 (Cont.): 理性预期和动态资产定价模型

- 定义跨期边际替代率 (marginal rate of intertemporal substitution) 为

$$\text{MRS}_{t+1}(\theta) = \frac{\frac{\partial u(C_{t+1})}{\partial C_{t+1}}}{\frac{\partial u(C_t)}{\partial C_t}} = \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{\gamma-1}$$

其中**模型参数向量**  $\theta = (\beta, \gamma)'$ .

- 上述优化问题的**一阶条件**为

$$E[\beta \text{MRS}_{t+1}(\theta) R_{t+1} \mid I_t] = 1$$

这个一阶条件通常称为经济系统的**欧拉方程**。

## 例2 (Cont.): 理性预期和动态资产定价模型

### ◆ 问题

如何估计这一非线性模型呢?

如何检验理性预期模型的有效性呢?

- 需要使用广义矩估计法 (GMM) (see Hansen 1982).

ECONOMETRICA: JUL, 1982, VOLUME 50, ISSUE 4

### Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators

[https://doi.org/0012-9682\(198207\)50:4<1029:LSPOGM>2.0.CO;2-0](https://doi.org/0012-9682(198207)50:4<1029:LSPOGM>2.0.CO;2-0)

p. 1029-1054

Lars Peter Hansen

This paper studies estimators that make sample analogues of population orthogonality conditions close to zero. Strong consistency and asymptotic normality of such estimators is established under the assumption that the observable variables are stationary and ergodic. Since many linear and nonlinear econometric estimators reside within the class of estimators studied in this paper, a convenient summary of the large sample properties of these estimators, including some whose large sample properties have not heretofore been discussed, is provided.

## 例3：生产函数和规模报酬不变假说

生产函数:

$$Y_i = \exp(\varepsilon_i)F(L_i, K_i)$$

其中:

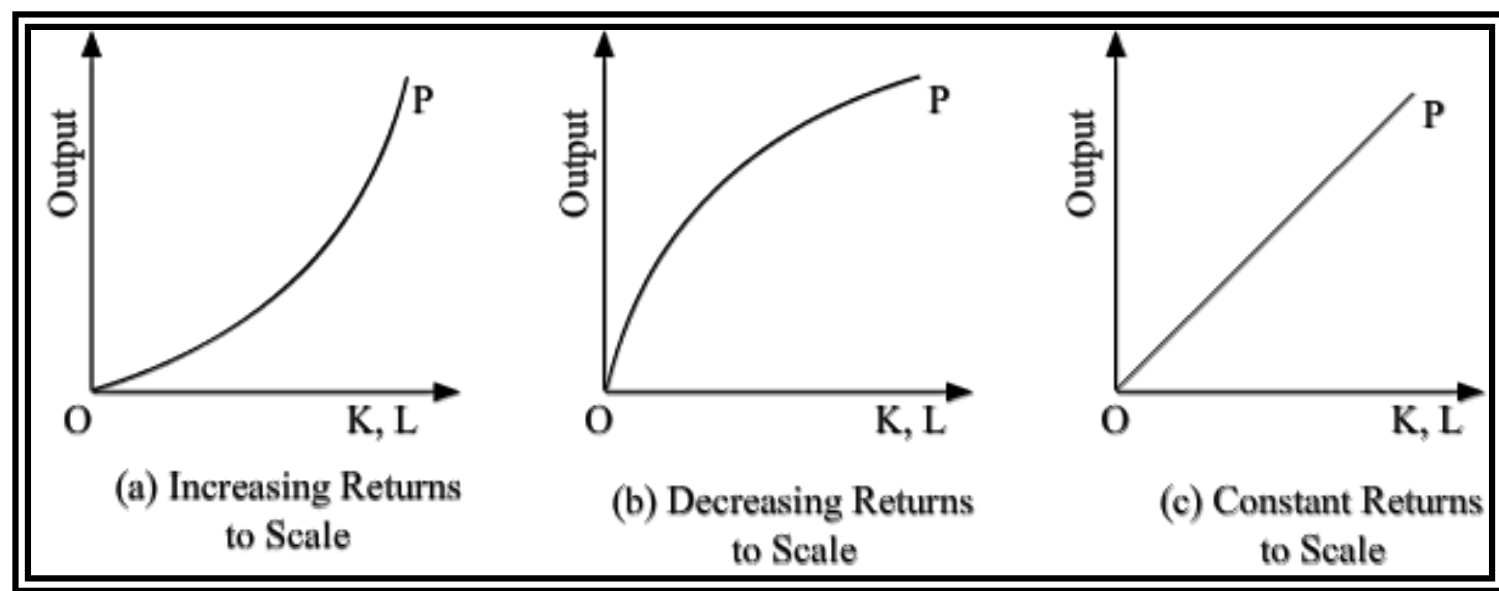
- $Y_i$  = 企业  $i$  的产出
- $L_i$  = 企业  $i$  的劳动力
- $K_i$  = 企业  $i$  的投入资本
- $\varepsilon_i$  = 随机因素

比如, 如果  $Y_i$  是一种农产品,  $\varepsilon_i$  可表示天气等不确定性因素

# 例3 (Cont.): 生产函数和规模报酬不变假说

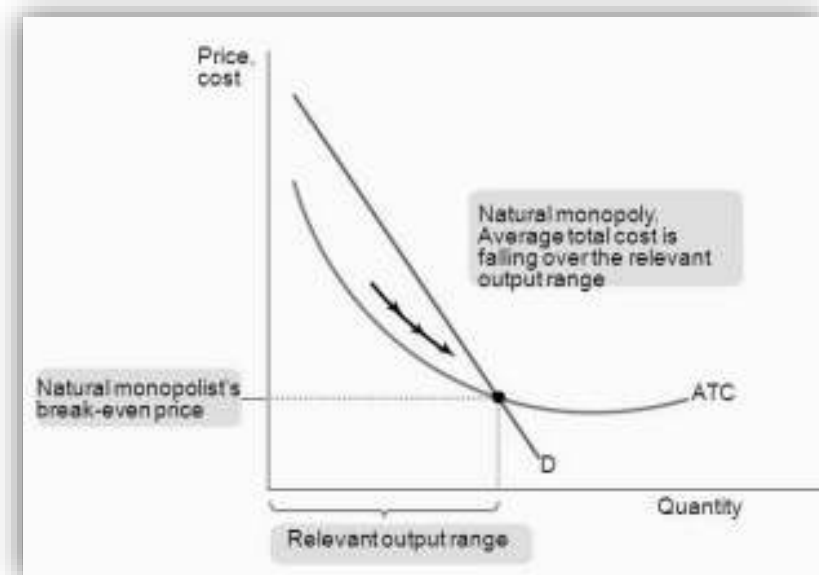
- 一个重要的经济假说是生产技术表现出**规模报酬不变** (Constant returns to scale, CRS):

对于所有的  $\lambda > 0, \lambda F(L_i, K_i) = F(\lambda L_i, \lambda K_i)$



## 例3 (Cont.): 生产函数和规模报酬不变假说

- 规模报酬不变是竞争性市场经济长期均衡存在的必要条件。
- 如果某一行业不满足规模报酬不变, 而是表现出规模报酬递增, 则该行业会产生**自然垄断**。



## 例3 (Cont.): 生产函数和规模报酬不变假说

## 检验规模报酬不变假说的方法

- 通常假设**柯布-道格拉斯生产函数**:

$$Y_i \equiv F(L_i, K_i) = A \exp(\varepsilon_i) L_i^\alpha K_i^\beta$$

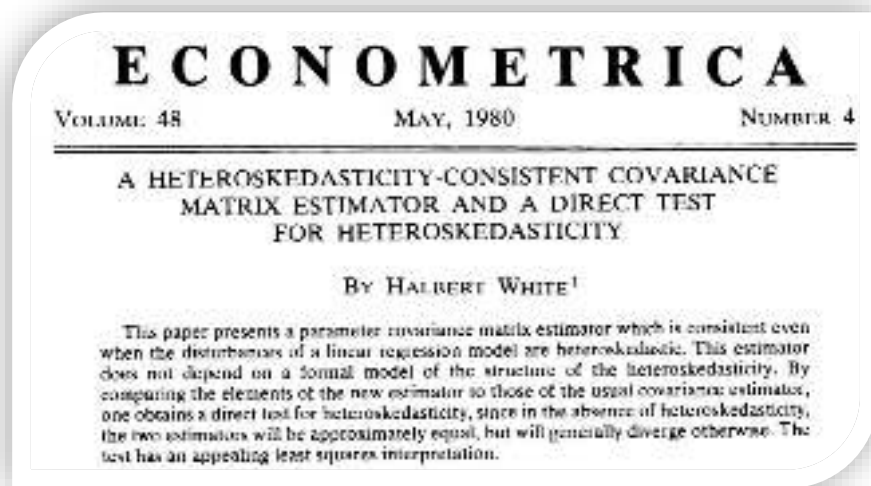
- 不变规模报酬变成对参数  $(\alpha, \beta)$  的一个**限制条件**

$$H_0: \alpha + \beta = 1$$

- 如果  $\alpha + \beta > 1$ , 则生产技术表现出**规模报酬递增**。

## 例3 (Cont.): 生产函数和规模报酬不变假说

- 对单个参数假设检验常用  **$t$ -检验** 方法。但是, 很多截面经济数据往往具有**条件异方差性**。
  - ✓ 如企业越大, 产出波动也越大
- 因此,  $t$ -检验不再适用, 需要采用 White (1980) 提出的**异方差一致性检验**方法 (heteroskedasticity consistent test procedure)。



## 例4: 转型经济的经济改革效果

考虑一个扩展的柯布-道格拉斯生产函数（取对数后）

$$\ln Y_{it} = \ln A_{it} + \alpha \ln L_{it} + \beta \ln K_{it} + \gamma \text{Bonus}_{it} + \delta \text{Contract}_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中：

- $i$  代表企业,  $i \in \{1, \dots, N\}$
- $t$  代表年份,  $t \in \{1, \dots, T\}$
- $\text{Bonus}_{it}$  是企业  $i$  的奖金占工资总额的比例
- $\text{Contract}_{it}$  是企业  $i$  签订固定期限合同的工人占该企业总职工人数的比例

## 例4 (Cont.): 转型经济的经济改革效果

- 20世纪80年代，**发放奖金**和**签订固定期限合同**是中国国有企业的两项主要激励措施。改革之前，中国国有企业采用**固定工资制**和**终身聘任制**。
- 为了检验这些激励改革的效果，可以检验以下的参数假设

$$H_0: \gamma = \delta = 0$$



## 例4 (Cont.): 转型经济的经济改革效果

- 这里, 可能存在从产出  $Y_{it}$  到奖金  $Bonus_{it}$  的**逆向因果关系**: 即不管工人的努力程度如何, 生产效益高的企业可能会发放更高的奖金:

$$Bonus_{it} = a_i + b_t + c \ln Y_{it} + v_{it}$$

- 这个逆向因果关系使得奖金变量和随机扰动项之间存在**相关性**, 从而导致 OLS 不是奖金参数的一致估计, 乃至通常的  $t$ -检验或  $F$ -检验的失效。
- 因此, 需要使用**工具变量法**, 它能有效将产出对奖金的影响分离出来, 从而得到奖金参数的一致估计量。

## 例4 (Cont.): 转型经济的经济改革效果

- 在评估经济改革的效果时，已将经济假设转化为了**参数假设**

$$H_0: \gamma = \delta = 0$$

- 如果原假设未被拒绝，不能断定经济改革没有效果，只能说没有发现拒绝改革无效这一经济假设的证据。

因为扩展的生产函数中，改革变量被设定成**线性可加**的，这仅是检验改革成效的一种可能方法。

## 例5：有效市场假说与金融市场收益率的可预测性

弱式有效市场假说 (Efficient Market Hypothesis, EMH) 认为股票收益的历史信息不能预测未来的股票收益, 即

$$E(Y_t | I_{t-1}) = E(Y_t)$$

其中:

- $Y_t$  是第  $t$  期的资产收益率,
- $I_{t-1}$  是第  $t - 1$  期可获得的信息。

## 例5 (Cont.): 有效市场假说与金融市场收益率的可预测性

- 当 EMH 成立时, 过去的股票收益信息对未来的股票收益没有预测能力。
- EMH 的一个**重要含义**: 共同基金经理相对于普通投资者没有信息优势。

### ◆ 问题

如何检验 EMH?

## 例5 (Cont.): 有效市场假说与金融市场收益率的可预测性

- 检验 EMH 的一个简单方法是考虑以下**自回归模型**:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^p \alpha_j Y_{t-j} + \varepsilon_t$$

其中:

- $p$  是事先设定的最大滞后阶数
- $\varepsilon_t$  是随机扰动项

CONTINUE

## 例5 (Cont.): 有效市场假说与金融市场收益率的可预测性

- EMH 意味着

$$\mathbf{H}_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \cdots = \alpha_p = 0$$

任何斜率系数  $\alpha_j \neq 0$ ,  $1 \leq j \leq p$  都是拒绝 EMH 的证据。因此, 可以通过检验  $\alpha_j$  是否**联合为零**来检验 EMH 是否成立。

- 当存在条件同方差, 可以使用传统的  $F$ -检验统计量。然而, EMH 可能与波动率聚类 (即  $\text{var}(\varepsilon_t | I_{t-1})$  是**时变**的) 并存, 这意味着  $F$ -检验无法使用。此时, 必须使用具有自回归条件异方差稳健性的检验方法。

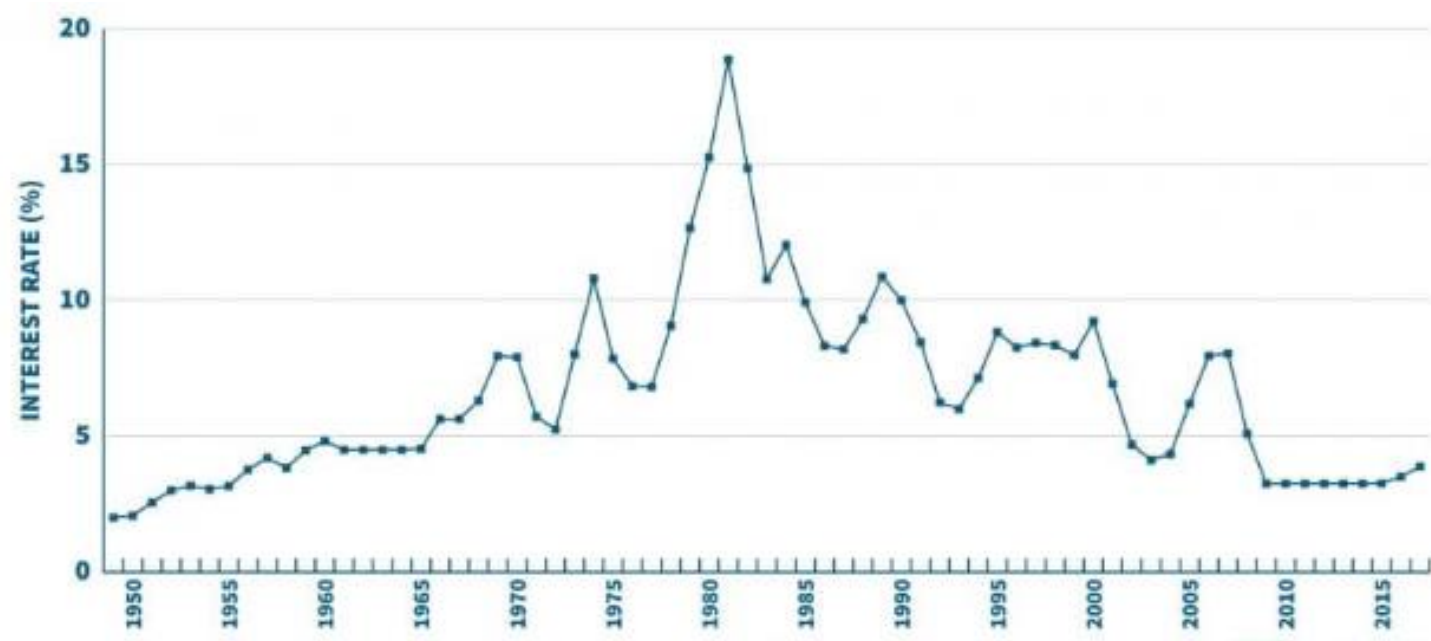
CONTINUE

## 例5 (Cont.): 有效市场假说与金融市场收益率的可预测性

- 当拒绝斜率系数  $\alpha_j$  联合为零的原假设  $H_0$  时, 有证据表明 EMH 不成立。
- 然而, 当无法拒绝  $H_0$  时, 只能说**没有发现拒绝 EMH 的证据**, 不能下结论说市场是有效的。
  - ✓ 原因是, 线性模型  $AR(p)$  仅是检验 EMH 的众多可能形式中的一种。

# 例6：波动聚类 和 ARCH 模型

20 世纪 70 年代以来，石油危机、浮动汇率制度和美国的高利率政策等重大经济事件加剧了世界经济的不确定性。



## 例6 (Cont.): 波动聚类 and ARCH 模型

- 波动性**是测度金融不确定性和风险的一个重要工具, 对研究金融市场之间的信息流动、波动性溢出、金融传染、期权定价以及风险价值等都非常重要。



- 给定第  $t - 1$  期的历史信息  $I_{t-1}$ , 波动率可用资产收益率  $Y_t$  的**条件方差**来测度:

$$\begin{aligned}\sigma_t^2 &\equiv \text{var}(Y_t \mid I_{t-1}) \\ &= E\{[Y_t - E(Y_t \mid I_{t-1})]^2 \mid I_{t-1}\}\end{aligned}$$

## 例6 (Cont.): 波动聚类 and ARCH 模型

- 条件方差建模的一个例子是 Engle (1982) 提出的自回归条件异方差 (autoregressive conditional heteroskedasticity, ARCH) 模型。

**ARCH( $q$ ) 模型**

$$Y_t = \mu_t + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t Z_t$$

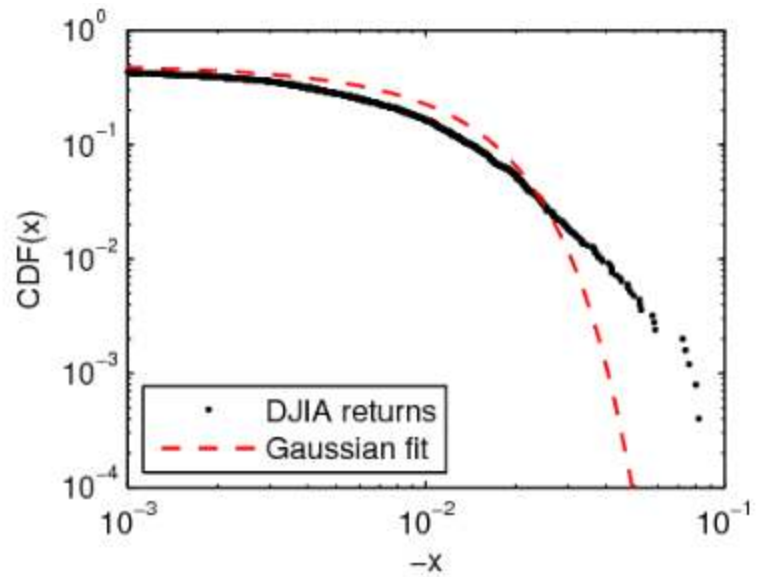
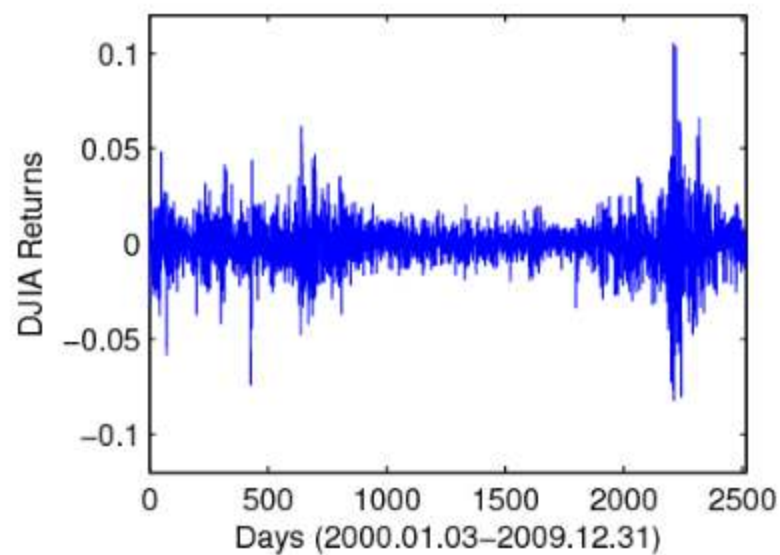
$$\mu_t = E(Y_t | I_{t-1})$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2$$

$$\{z_t\} \sim i.i.d(0,1)$$

# 例6 (Cont.): 波动聚类 和 ARCH 模型

- ARCH( $q$ ) 可以解释金融市场波动聚类这一经验典型特征事实。
- 它还能解释资产收益的非高斯**厚尾分布**特征。



## 例6 (Cont.): 波动聚类 and ARCH 模型

## ◆ 问题

如何估计波动模型?

- 由于  $Y_t$  的条件概率分布是未知的, 因此, 最大似然估计法 (MLE) 不能使用。
- 可以**假设**  $\{z_t\}$  是  $i.i.d. N(0,1)$  或服从其他合理形式的分布。在这一假设下, 可以获得给定  $I_{t-1}$  下  $Y_t$  的**条件概率分布**, 从而可以利用 MLE 方法来估计模型参数。
- ✓ 当然, 由于  $\{z_t\}$  的条件分布可能错误设定, 此时估计量的渐近方差要大于  $z_t$  分布已知时利用 MLE 方法得到的估计量的渐近方差。

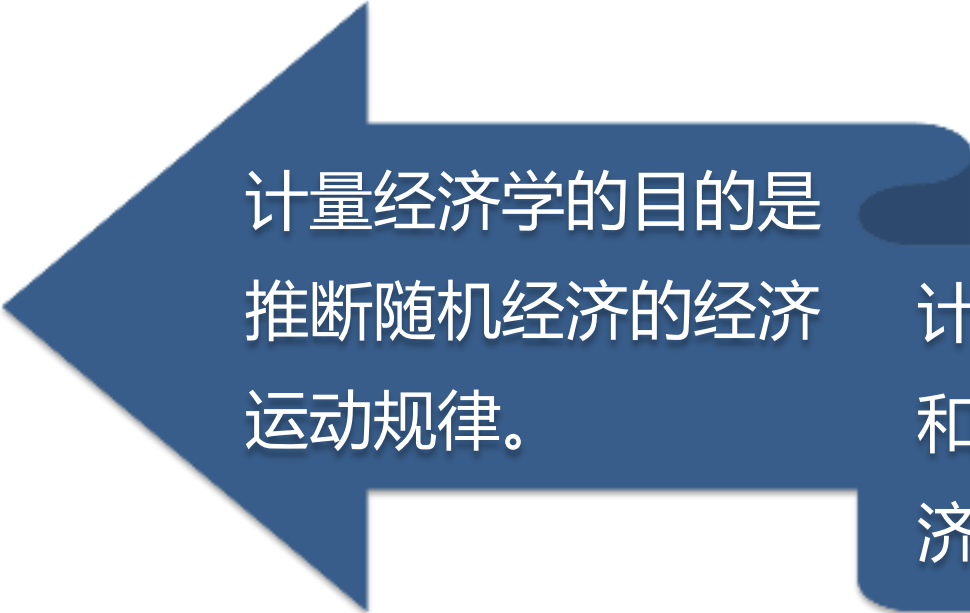
**第一节 现代经济学研究的基本方法论**

**第二节 计量经济学的作用**

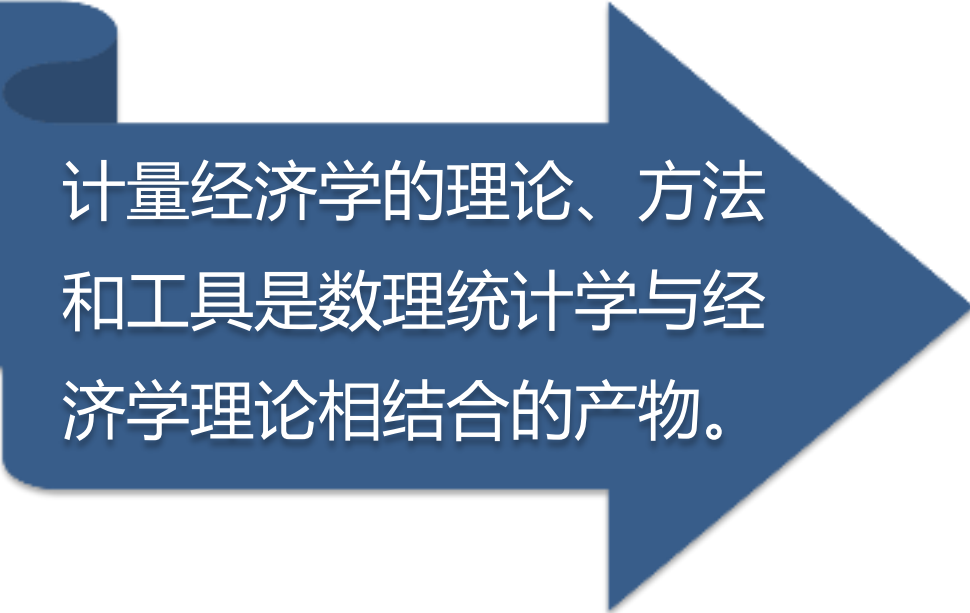
**第三节 代表性实例**

**第四节 概率论与统计学的作用**

计量经济学是**统计建模**和**经济观测数据推断**与**经济理论**的结合。



计量经济学的目的是推断随机经济的经济运动规律。



计量经济学的理论、方法和工具是数理统计学与经济学理论相结合的产物。

- **概率论**提供了数理统计的运作规则和理解。
- 事实上，作为描述不确定性的最佳**数学工具**，概率论一直是宏观经济学、微观经济学和金融学非常有用的分析工具。
- 概率论与统计学共同为计量经济学提供了基础。具体来说，它们提供了理解计量经济学所需的数理统计概念、工具和方法。

## 现代统计学通常

假设一个数理  
概率模型产生  
一个**观测数据**

假设概率模型  
往往包含一些  
**未知参数**

根据观测数据，  
**开发**估计未知参  
数和统计假设的  
方法

对于这样的统计分析，需要了解各种重要的概念和工具，例如：

均值

方差

分位数

条件均值

条件方差

条件分位数

相关性

样本和数据

最大似然估计

矩估计法

$t$ -分布

$F$ -分布

收敛概念

大数定律

中心极限定理

与其他概率论/统计学课程不同的是，本课程将从**经济角度**出发，提供数理统计工具和方法的直观解释和潜在应用。



e.g.

如何用累积概率分布来刻画收入不平等？洛伦兹曲线！

e.g.

为什么均值和方差在经济分析中很重要？

e.g.

大数定律的经济解释是什么？

e.g.

模型错误设定的经济影响是什么？模型风险！

- 大数据包含结构化数据和非结构化数据。大数据分析的一个新兴领域是**数据科学**，它采用不同的方法（如统计、机器学习等）来分析数据。
- 统计学仍然是分析数据（包括大数据）的重要方法。

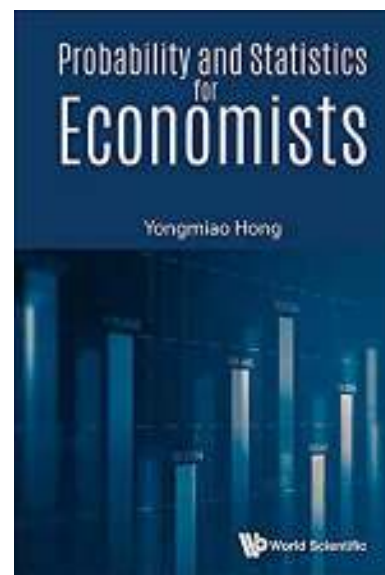


# 教材与网站

## ※ 教材



概率论与统计学  
中国统计出版社,2017



**Probability and Statistics for Economists**  
World Scientific Publishing Company (November 2, 2017)

## ※ 课程在线学习网址:

<https://probability.xmu.edu.cn/main.htm>



中国科学院数学与系统科学研究院

Academy of Mathematics and Systems Science

Chinese Academy of Sciences

**Thank You !**