

- 当代财经管理名著译库
- DSGE经典译丛

张同斌 译

[西] 阿方索·诺瓦莱斯 (Alfonso Novales) 著
埃丝特·费尔南德斯 (Esther Fernández)
杰斯·鲁伊斯 (Jesús Ruiz)

经济增长

理论和数值求解方法

Economic Growth

Theory and Numerical Solution Methods

(第二版)

(Second Edition)



东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

- 当代财经管理名著译库
- DSGE经典译丛

张同斌 译

[西] 阿方索·诺瓦莱斯 (Alfonso Novales) 著
埃丝特·费尔南德斯 (Esther Fernández)
杰斯·鲁伊斯 (Jesús Ruiz)

经济增长

理论和数值求解方法

Economic Growth

Theory and Numerical Solution Methods

(第二版)

(Second Edition)

 东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press

大连

辽宁省版权局著作权合同登记号：06-2016-182

Translation from the English language edition: *Economic Growth*, by Alfonso Novales, Ester Fernández and Jesús Ruiz. Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014. Springer-Verlag Berlin Heidelberg is part of Springer Science+Business Media.

All Rights Reserved.

图书在版编目 (CIP) 数据

经济增长：理论和数值求解方法 / (西) 阿方索·诺瓦莱斯 (Alfonso Novales) 等著；张同斌译. —大连：东北财经大学出版社，2019.1

(DSGE经典译丛)

ISBN 978-7-5654-3351-1

I. 经… II. ①阿… ②张… III. 经济增长理论-研究 IV. F061.2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第255400号

东北财经大学出版社出版发行

大连市黑石礁尖山街217号 邮政编码 116025

网 址：<http://www.dufep.cn>

读者信箱：dufep@dufe.edu.cn

大连永盛印业有限公司印刷

幅面尺寸：185mm×260mm 字数：556千字 印张：25.5

2019年1月第1版

2019年1月第1次印刷

责任编辑：李 季 王 玲

责任校对：田 杰

封面设计：冀贵收

版式设计：钟福建

定价：82.00元

教学支持 售后服务 联系电话：(0411) 84710309

版权所有 侵权必究 举报电话：(0411) 84710523

如有印装质量问题，请联系营销部：(0411) 84710711

《DSGE 经典译丛》编委会

卡志村	蔡松峰	戴瀚程	段鹏飞	范英	冯文成	郭长林
何晖	黄涛	李冰	李虹	刘宇	潘珊	王博
王克	王文甫	吴振宇	向国成	徐占东	许志伟	杨波
闫先东	张同斌					

本书得到

辽宁省高等学校创新人才支持计划（编号：WR2016014）和
国家自然科学基金项目（项目号：71303035）资助

作者简介

Alfonso Novales 是西班牙马德里康普顿斯大学数量经济系经济学教授，他分别于明尼苏达大学、巴斯克大学获得经济学博士与数学博士学位，毕业后，在纽约州立大学石溪分校担任助理教授。他还曾担任西班牙经济学会会长和 Fundación de Estudios de Economía Aplicada (FEDEA) 主席。在 *Econometrica*, *Journal of Economic Dynamics and Control*, *Journal of Macroeconomics*, *International Journal of Forecasting*, *Journal of Forecasting*, *Journal of Time Series Analysis*, *Journal of Banking and Finance*, *Economic Modelling*, *Computational Economics*, *Journal of International Financial Institutions*, *Markets and Money*, *International Journal of Money and Finance*, *Applied Financial Economics*, *Applied Economics Letters*, *International Journal of Finance* 等杂志上发表了多篇学术论文，参与撰写了多本宏观经济学与计量经济学著作，他还是西班牙 McGrawHill 出版的 *Econometria* 和 *Estadística y Econometría* 两本教材的作者。他的研究方向包括经济政策评价和金融计量经济学等。



Esther Fernández 是西班牙马德里康普顿斯大学数量经济系经济学副教授，她的博士学位论文被评为 1999 年马德里康普顿斯大学优秀经济学博士论文。她的研究方向包括货币理论、经济增长和环境经济学，她在 *Journal of Economic Dynamics and Control*, *Energy Policy*, *Economic Modelling* 以及西班牙一些学术杂志上发表了多篇论文。



Jesús Ruiz 也是西班牙马德里康普顿斯大学数量经济系经济学副教授，他于 1997 年在马德里康普顿斯大学获得经济学博士学位。在 *Journal of Economic Dynamics and Control*, *Energy Journal*, *Energy Policy*, *International Review of Economic and Finance*, *Economic Modelling*, *Applied Financial Economics*, *Spanish Economic Review* 和其他西班牙杂志上发表学术论文。他参与撰写了《可计算经济学》教材的部分章节，研究方向包括采用动态宏观经济模型进行经济政策评价、环境经济学等。



译者序

经济增长一直是世界各国经济研究中十分重要的内容，有关经济增长的理论模型也层出不穷，如新古典增长模型、内生增长模型等。这些模型具有诸多优点，它们将微观经济与宏观经济进行了有效结合，从微观层面的家庭、企业等经济主体构建模型，以分析宏观层面的政策变动导致的经济产出与社会福利变动。同时，这些模型具有理论上的严谨性和灵活性，模型设定的过程本身就是理论框架的构建过程，且在模型的设定过程中，可以加入各类因素，如市场摩擦、非完全理性预期等。随着理论模型的进展与完善，数值模拟已经成为理论模型求解与经济增长研究中不可或缺的工具。

在阅读文献和学习模型的过程中，我通读了《经济增长：理论和数值求解方法》（*Economic Growth Theory and Numerical Solution Methods*）一书，发现该书对于经济增长研究的理论框架与模拟方法的设定形式、求解算法论述得十分清楚，特别是，该书提供了所有相关模型的程序，并结合 Excel 和 MATLAB 实现了模型的模拟，将知识清晰易懂地展现给读者。该书的结构为：第1章为引言；第2章介绍并给出了具有恒定储蓄率的新古典增长模型；第3章和第4章介绍了最优增长问题，给出了确定性的连续和离散时间模型；第5章给出了多种模型的数值解求法；第6章和第7章说明了连续和离散时间的内生增长模型以及扩展的内生增长模型；第8章和第9章介绍了货币外生增长模型，进行了转移动态的分析。全书由浅入深，结构合理，论述清晰，对于经济增长的研究具有很大帮助。

在本书的翻译过程中，首先要感谢东北财经大学出版社的李季老师，感谢她卓有成效的工作。我的硕士研究生王树贞、刘琳、张敏晗和我进行了全书的翻译工作，硕士研究生刘俸奇、马晴晴、刘巧红和我本人进行了全书的校对。此外，作者十分感谢辽宁省高等学校创新人才支持计划（编号：WR2016014）和国家自然科学基金青年项目（项目号：71303035）的资助。

由于本人和学生的能力所限，书中部分内容的翻译可能不尽如人意。虽然我们对经济增长相关理论的研究和学习还不够深入，但我们确信本书中有关经济增长理论与模拟方法的清晰描述，可以使得读者能够全面了解经济增长理论的基本知识，有助于其经济增长等相关问题的学习和研究。最后，在全书翻译过程中出现的错误和问题，恳请专家和读者批评指正，烦请您将意见发送至我的邮箱 econometricsdufe@163.com，我们将进一步学习和改进，谢谢。

张同斌

2018年秋于大连

第二版前言

中央银行、政府经济咨询部门对动态、随机、一般均衡模型的依赖性逐渐增强。动态随机一般均衡模型基于经济中不同主体的优化行为，可以预测不同的经济政策对于整体经济的影响。写作本书的目的就是让读者理解这些模型背后的理论，以及研究政策效应所必需的数值解法。

本书以适宜难度介绍模型构建、模拟和政策评价的有关内容，试图包括外生和内生的、非货币与货币随机增长模型。在所有的模型中，经济主体都在不确定情形下求解动态最优化问题。例如，新凯恩斯宏观经济中市场出清的一般均衡模型、包含摩擦与价格黏性的垄断竞争模型等。本书中所有的模型都假定存在一个代表性的主体，不存在异质性。

理论模型往往缺少解析解，因此通过数值求解的统计性质描述宏观经济的特征已经成为常态，例如主要变量间的相关系数矩阵、估计回归方程和冲击响应函数等。本书具有双重作用：一是提供一个线索，将文献中零散的模型加以整合；二是提供不同模型的数值模拟程序。与其他介绍经济增长的书不同，本书既没有从 frequentist 的角度，也没有从 Bayesian 方法视角讨论这些模型的估计方法，这些需要另外的一本书去论述。

对于每一个模型，我们给出了模型的结构，关注于每个主体的信息集、目标函数和约束等，然后分析了均衡的条件，描述了实现数值模拟的方法。在一些例子中，Excel 文件可以用于一个简单的均衡求解，读者可以掌握数值模拟方法的细节。在全部的例子中，Matlab 文件则可以用于任意的求解过程。

数值求解可以用于解释每个模型的理论特征，讨论模型中的经济政策效应。在本书的每一章中，都包括“数值练习”一节，用以讨论给定的模型或特定政策效应的特征。当模型由外生转变为内生、非货币转换为货币模型时，用于进行数值求解的程序也变得复杂。由于这些程序不需要数学编程的基础，读者可以尝试学习如何撰写这些程序。

我们收到了许多有关本书第一版的评价，大多来自科研机构，还有中央银行。其均指出本书中的主题与一些著名经济学杂志、中央银行或国际经济组织（OECD、IMF、世界银行）的报告紧密相关。读者会发现，理解这些模型的表述以及求解方法，将有助于他们在模型中加入一些政策设定，并求解更为复杂的模型。在本书第二版出版之际，我们要感谢所有的读者，感谢他们的耐心和反馈。

与第一版相比，本文第二版修正了部分印刷和排版的错误。另外，还改进了符号表示方法。由于技术因素，本书中程序的网址也发生了变化，Excel 工作表和 Matlab 程序

的下载网址变动为：<https://www.ucm.es/fundamentos-analisis-economico2/growth-textbook>。

Alfonso Novales Esther Fernández Jesús Ruiz
于 Pozuelo de Alarcón
西班牙 马德里

第一版前言

将经济理论与数值求解相结合

包含经济主体最优化的动态、随机模型已经成为世界范围内中央银行和政府部门从事政策设定、政策评价的标准工具，这些模型也通常作为预测的参考。动态随机模型可以包含新凯恩斯宏观经济学中的一般均衡假定，包含现代经济周期理论、各类市场摩擦模型、设定价格刚性或垄断竞争形式等。实际上，上述模型均是现代经济增长理论的特殊情形，而本书中的理论和计算方法将成为该领域研究的起点。

本书将确定性和随机性、外生与内生增长模型的理论，与进行数值模拟的计算方法进行有效结合，即本书不仅提供了求解不同模型的解析方法和数值方法，并将求解算法应用于 Excel 和 Matlab 文件且进行了举例说明，这些文件用于解释理论结果，也可以模拟经济政策效应。本书中所涵盖的理论问题包括竞争性均衡的非有效性、李嘉图理论、动态拉弗曲线、通货膨胀的福利损失、价格水平的名义不确定性、内生增长模型的局部不稳定性等。在可能的条件下，把理论层面的解析与数值方面的求解相结合，将回答一系列不能应用解析法求解的问题，这也成为本书的一个创新。

有关读者

本书的读者对象是经济学高年级的本科生、研究生以及从事各类动态随机增长模型研究的研究者。如前所述，本书中的许多应用对于年轻的研究者而言是值得关注的。本书详细进行了模型的解析，而且不要求读者具有经济增长的知识背景。模型的软件程序也采用统一的符号表示，这使得程序文件对理论的描述变得简单易懂。由于本书包含了一些较为复杂的模型，程序也随之变得繁琐，但读者可以从第 1 章的简单程序开始顺利地过渡到内生增长模型中更为复杂的，或者用于分析货币经济学的程序等，并且不要求读者具有程序设计的基础。

本书是一个完整的体系，即可以用于讲授理论的进展，也可以用于同时处理计算问题。程序的结构、程序的结果均在每章的数值练习部分进行描述和说明，这些练习部分应该作为学习过程中不可或缺的一部分，根据程序文件的引导，读者可以形成和分析自己独特的問題。

主要思想

外生和内生增长模型是本书的主线，并且重点为财政和货币政策分析模型。一般而言，本书首先介绍模型的结构，接着描述模型的均衡条件。描述均衡条件时，着重强调横截性条件以保证隐含解的稳定性。稳定性是本书的一个重要内容，也是构建不同模型求解算法的核心问题。

尽管本书并不是一本关于经济政策的教材，但其大多数模型都纳入了不同的扭曲性

或非扭曲性税收，以分析一系列政策问题。此外，非货币增长模型中的财政政策在第2~4章（外生增长模型）和第6~7章（内生增长模型）中介绍，本书第一部分刻画了动态增长模型中可能的动态拉弗曲线效应，以及在人力资本累积模型中的财政政策效应等问题。第8~9章重点分析包含财政政策变量和参数的货币经济学，这为讨论财政与货币政策的相互作用以及它们之间的协调性提供了可能。每一个模型均以稳态特征分析为起点，进而描述了不同政策干预的长期效应。稳态条件则以线性或近似对数线性的方式呈现，并且每个例子中每种政策设定下都将一般求解方法具体化以计算数值解序列。我们特别关注于刻画给定的政策干预效应在不同稳态间的转换特征。大部分模型均以连续或离散时间的方式呈现，以便读者熟悉两种形式。有时，一个模型可能采用两种不同的方法进行求解，使得读者更好地理解模型求解技术。

本书各章中“数值练习”的一节讨论了每个具体模型的数值解法，包含了一些政策实验的评价。大多数问题，例如技术扩散模型、不确定性熊彼特模型数值解法的细节，目前为止均是在论文中出现，在教材中则是首次出现。

内容概述

本书引言部分介绍了用于政策分析的理性预期增长模型，以及进行数值求解的必备知识。第2章以连续时间与离散时间两种形式，描述了一个具有不变储蓄率的新古典Solow-Swan增长模型。第3章介绍了连续时间的最优增长模型，具体分析了一个最优稳态的存在性并描述了稳态条件，展示了仁慈的中央计划者问题中产生的资源配置与竞争性均衡机制之间的关系。此外，还分析了政府的作用，引入了财政政策，构建了包含税收的竞争均衡经济体，并解释了李嘉图理论。第4章表述了离散时间形式下的上述问题，引入了数值求解以用于政策评价，同时考虑了模型的确定的和随机性两种形式。

第5章专注于求解方法，以及在扭曲性与非扭曲性税收两种情形下，该方法在求解最优增长模型中的应用。这一章包括一些线性求解方法，以及一些线性与非线性近似，例如线性二次近似、待定系数方法、状态空间模型、基于特征根-特征向量的分解方法，和一些非线性模型，例如参数化期望方法、一类投影方法等。并且，特别强调了求解方法在保证隐含解稳定性时的条件。

第6章引入了一些连续和离散时间形式的内生增长模型，包含财政政策工具的确定的和随机性AK模型是分析和扩展的基础，紧接着讨论了动态拉弗曲线的可能性。此外，还介绍了一个更为广义的重要转换模型，AK模型是其一种特殊形式。第7章主要是扩展的内生增长模型，包括具有不同产品部门的随机经济体、技术扩散、熊彼特增长、人力资本累积等细节与求解方法。第8~9章主要是货币经济学中的增长问题。第8章引入了基本的Sidrauski模型并讨论了该类模型实际研究中的一些建模问题，稳态下货币政策与财政政策的相互关系等，重点是描述财政与货币政策的可行组合，以及合适政策目标的选择。同时，还引入了最优通胀率的概念，讨论了在存在和不存在扭曲性税收情形下财政与货币政策的搭配问题，检验了内生劳动供给下非中性货币政策的条件。最后，本章还描述了有关最优货币政策选择的拉姆齐问题。第9章刻画了确定性和随机性货币经济学的转移动态特征并说明了其数值求解方法，描述了货币当局采用名义利率还是货币增长率作为货币政策控制变量时的细节，重点在于关注货币政策的具体设定导致

名义不确定性上升的可能性。本章最后介绍了一个在实际政策制定中应用日益广泛的新凯恩斯货币主义模型，并详细分析了其均衡条件以及数值求解方法。

更为详细的概述见本书第1章第1.5节。

软件

如前所述，本书还提供了一系列 Matlab 和 Excel 文件用于理论分析，其中，Excel 文件可用于计算一个给定模型的简单实现，这在确定性经济中已经足够了。Matlab 文件可以用于同样的分析。特别是，在随机经济体研究中，通过大量数据实现对于给定统计量的概率分布描述在 Excel 中变得不可能，只有 Matlab 程序才能顺利实现。所有的 Matlab 和 Excel 文件可以从我们的网站上下载：<https://www.ucm.es/fundamentos-analisis-economi-co2/growth-textbook>。

先驱与致谢

多年来，我们受益于多本有关经济增长与动态一般均衡经济的教科书[Barro and Sala-i-Martin (2003), Aghion and Howitt (1999), Stokey and Lucas (1989), Blanchard and Fisher (1998), Lucas (1987), Sargent (1987), Ljungqvist and Sargent (2004), Hansen and Sargent (2005), Cooley (1995), Turnovsky (2000), Walsh (1998)]。当然，文责自负。

通过在外生增长与内生增长的非货币与货币模型分析中将理论与计算分析相结合，我们致力于对浩瀚的经济增长文献做出一点贡献。尽管我们在第5章对不同的求解方法进行了详细讨论，本书还是重点使用了 Blanchard and Kahn (1980) 方法的变形，部分上应用了 Ireland (2004)[<http://www2.bc.edu/~irelandp/programs.html>]的研究。近期有关动态经济计算方法的教材[Judd (1998), Heer and Maussner (2005), Marimon and Scott eds. (1997), de Jong and Dave (2007), Miranda and Fackler (2002), McCandless (2008)]也提供了参考和模型求解的其他方法。

在明尼苏达大学研究生项目中，将动态模型应用于时间序列分析，或者采用实际数据检验模型的思想是传统且十分重要的，这也深刻地影响了本书的写作。于我们而言，尤为重要是 Stephen Turnovsky, Tom Sargent, Christopher Sims 的教学。在学习过程中，我们知道，经济学的进展应来源于理论模型与实际数据的反复检验，即任何现代经济（模型）都应有统计含义。

本书此前在西班牙马德里康普顿斯大学、日本横滨大学、日本东京的庆应义塾大学高年级本科生与研究生经济学、数理金融学的课程上作为教材使用。我们感谢参与初稿撰写的学生，感谢他们的耐心参与。感谢 Yoshiaki Sakai 和 Yatsuo Maeda 与我们的讨论。此外，还要特别感谢我们的同事和朋友 Emilio Domínguez, Javier Pérez, Gustavo Marrero 有益且有启发性的讨论。最后，最真挚的谢意给予我们的家庭，感谢在本书长期的创作过程中他们给予的理解。

Alfonso Novales Esther Fernández Jesús Ruiz

于 Pozuelo de Alarcón

西班牙 马德里

目录

第1章 引 言	1
1.1 时间序列的相关概念	2
1.2 宏观经济模型	9
1.3 为什么经济增长模型十分有趣	19
1.4 数值求解方法	27
1.5 本书概要	32
第2章 恒定储蓄率的新古典增长模型	38
2.1 引言	38
2.2 规模报酬和持续增长	38
2.3 索洛-斯旺的新古典增长模型	42
2.4 求解连续时间的索洛-斯旺模型	55
2.5 确定性离散时间索洛-斯旺模型	61
2.6 随机离散时间的索洛-斯旺模型	68
2.7 练习	70
第3章 最优增长：连续时间分析	73
3.1 连续时间 Cass-Koopmans 模型	73
3.2 稳定性和收敛性	83
3.3 将中央计划者模型解释为竞争均衡经济	90
3.4 存在政府的竞争均衡	94
3.5 存在政府的均衡效率	99
3.6 李嘉图学说	104
3.7 附录	106
3.8 练习	109
第4章 最优增长：离散时间分析	111
4.1 离散时间确定性 Cass-Koopmans 模型	111
4.2 Cass-Koopmans 模型中的财政政策	120
4.3 附录	131
4.4 练习	136
第5章 数值求解方法	140
5.1 数值解与模拟分析	140
5.2 简单增长模型的解析解	141

5.3	求解简单随机计划者问题	145
5.4	求解含税的随机代表性个体问题	160
5.5	非线性数值求解方法	169
5.6	附录: 求解完全折旧的计划者问题	179
5.7	练习	180
第6章	内生增长模型	183
6.1	AK模型	183
6.2	离散模型	187
6.3	AK模型的稳定性	190
6.4	政策参数暂时变化的影响	193
6.5	动态拉弗曲线	195
6.6	求解随机离散AK模型	199
6.7	具有生产性公共支出的内生增长模型: Barro模型	203
6.8	内生增长的转移动态: Jones和Manuelli模型	205
6.9	随机的Jones和Manuelli模型	209
6.10	练习	216
第7章	扩展的内生增长模型	218
7.1	引言	218
7.2	生产者产品的多样性	219
7.3	技术扩散与增长	231
7.4	熊彼特增长	238
7.5	具有人力资本积累的内生增长	245
7.6	练习	268
第8章	货币经济增长: 货币政策的稳态分析	270
8.1	引言	270
8.2	货币经济的最优增长: Sidrauski模型	271
8.3	稳态政策分析	277
8.4	两个建模问题: 名义债券和实际余额时期	282
8.5	消费税和所得税下的货币政策分析	286
8.6	内生劳动供给下的货币政策	290
8.7	扭曲税和内生劳动下的最优货币政策	295
8.8	练习	300
第9章	货币经济的转移动态: 数值解	304
9.1	引言	304
9.2	公共债务的稳定性	305
9.3	货币政策的替代策略: 控制名义利率与控制货币增长	306
9.4	货币当局选择货币增长的确定性货币模型	307
9.5	货币当局选择名义利率的确定性货币模型	314

9.6	政策干预的过渡效应	317
9.7	随机形式的货币模型	323
9.8	新凯恩斯主义货币模型	337
9.9	附录：对数线性近似	351
9.10	练习	352
第 10 章	数学附录	356
10.1	连续时间内的确定性控制问题	356
10.2	离散时间下的确定性控制问题	359
10.3	一阶微分方程	360
10.4	矩阵代数	363
10.5	有关复数的一些笔记	368
10.6	具有复数根的动态双方程的求解方法	369
索引		372

引言

本书根据增长理论和数值方法充分描述了大多数增长模型的特性。在引言中，我们描述不同增长模型的主要特征及其在政策分析方面的应用，全世界主要的经济金融机构也越来越依赖于这些模型进行预测和政策评估。特别是，在微观基础上形成的增长模型使我们能够解决一系列更为广泛的政策性问题，而不是局限于传统的动态模型的框架中。如下所述，本文对基本的增长模型进行了扩展。其具体包括：(a) 储蓄率不变的新古典增长模型；(b) 最优增长模型；(c) 数值解方法；(d) 内生增长模型；(e) 货币增长模型。本书对每一个模型都进行了理论的讨论，尤其是描述了均衡解的特性以及在财政政策上的使用，同时用专门的一章描述了货币政策。此外，本书提供了所有相关模型的求解算法，并且结合 Excel 工作表和 Matlab 程序来实现这些算法。在数值练习章节中，将会对这些程序的运行结果进行评述，同时在程序可能改进的地方给出一些提示。本书尽可能将知识清晰易懂地展现给那些没有学过经济增长以及数学软件的学生。在本书的分析中，我们使用统一的符号，使读者更加容易了解程序的结构并且尽快学会怎样将其应用于其他设定和理论假设情形。

经济增长模型包含很多具体的假设，这些假设关于偏好、技术、随机性和政府的政策规则等，同时也包括描述不同主体在每一时期所做的决策和在他们做决策时所掌握的信息之间的联系。在不确定的情形下，经济主体对未来的预期明显影响着他们的行为。增长模型并没有特定的假设解释为何期望可以影响个体的决策。相反，为每个个体设定的优化问题的解决方案导致了相异个体具有不同的决策规则，它们以一种非常具体的方式包含未来变量函数的期望。如果在模型中假设理性预期，预期将会是内生变量，与模型结构完全一致，并且包含经济主体对可能发生的政策变化的预期。只有这样，诺贝尔奖获得者卢卡斯才认为这些模型能够经受住传统的经济政策评价方法的批判，并在过去的几十年内已经产生了深远的影响。如下文所述，这就是在中央银行的研究部门以及主要的国际经济组织运用这些模型去预测和评估各种政策的原因。

另一个问题是，根据随机控制问题整合而成的增长模型不具有解析解，所以应该采用数值模拟的方法进行求解。例如，蒙特卡洛 (Monte Carlo) 方法在随机增长模型中的

应用。该模型的数值解以人工生成的时间序列的形式出现，可以用标准统计和计量经济学工具进行分析，将其结果与实际经济中相应的时间序列数据相比较，这是本章讨论的主要问题，并且之后会逐渐在本书中展开。第1.1节基于简单的时间序列模型复习了相关统计概念；第1.2节介绍了简单的动态宏观模型，以及一些新增的概念和贯穿全文的模拟方法；第1.3节介绍了增长模型的主要特征，并与传统动态宏观模型进行了比较。通过关注模型处理传统政策评估批判的方法，这一小节描述了增长模型的优点与各种不同的形式；第1.4节解释了获得增长模型数值解的必要性、它们的用途，以及这种方法如何改变我们所提出的政策问题的类型和我们得到的答案的类型。引言的最后是本书的概要，其中包括对引言提到的问题的处理。

1.1 时间序列的相关概念

在经济学中充满了有关重要变量动态性质的评论。例如，我们或许会说通货膨胀是持续的，总消费和GNP经历周期性的波动，工作时间与生产效率之间相互独立。就这些变量的时间序列表示形式而言，其有着直接的意义。有时，我们会更加具体，当我们说股票交易回报率为白噪声序列时，就意味着它们不可预测。这种不可预测性来自于预测白噪声的过程，不论未来时间多久，都是一样的。白噪声过程均值的预测值将会在资产回报问题中被假设为0。如果收益率采取对数形式，例如市场价格对数的一阶差分，那么价格自身将会遵循随机游走过程。这些特性并不能独立讨论，因为它们仅仅是股票市场价格描述的两种不同形式，在某种程度上，我们或许可以说经济有可能像前一年那样重复它的增长形式，当然这包含假设每年的GNP增长服从随机游走过程，它的最优预测为最后一期的观测值。另外，实际工资增长或者通胀的高持续性表现为在一阶自回归模型中自回归系数接近1。在本节中，我们简要复习随机过程的基本概念，这些概念经常用于表示经济变量的特征。

1.1.1 简单的随机过程

随机过程是指以时间为序的一系列随机变量值，在随机过程中，每一个随机变量在给定的时间 t 都有对应的概率分布。这些分布可以是不同的，且在随机过程中任意两个随机变量可能表现出某种类型的相关性或独立性。

白噪声过程为：

$$y_t = \varepsilon_t, t = 1, 2, 3, \dots$$

其中， $\varepsilon_t, t = 1, 2, \dots$ 是一个独立同分布、均值为零的序列，为此过程的新息。白噪声过程有时还假设 ε_t 服从正态分布，数学期望为零，方差为常数，即 $\text{Var}(y_t) = \sigma_\varepsilon^2$ 。更为一般地，我们考虑带有常数项的白噪声过程，即在随机过程中包含一个常数项：

$$y_t = a + \varepsilon_t, t = 1, 2, 3, \dots$$

其中，白噪声的数学期望为 $E(y_t) = a$ ，方差为 $\text{Var}(y_t) = \sigma_\varepsilon^2$ 。

带有漂移项的白噪声的未来值为： $y_{t+1} = a + \varepsilon_{t+1}$ 。因此，如果要根据时刻 t 所得的信