

动态经济系统的 分析与控制

邹至庄 著



友誼出版公司

动态经济系统的 分析与控制

邹至庄著

友谊出版公司

一九八三年·北京

动态经济系统的分析与控制

*

友谊出版公司出版
新华书店北京发行所发行
中国建筑工业出版社印刷厂

*

开本：850×1168毫米1/32·印张 $10\frac{1}{2}$ 字数245,000
1983年11月第1版 1983年12月北京第1次印刷

书号13309·2 定价1.80元

内 容 简 介

经济控制论是一门新的应用学科，它已为欧美国家解决大规模的复杂的社会经济系统的模型、预测、决策与控制提供了行之有效的新技术。

本书是美国著名经济学家邹至庄教授为大学高年级学生和研究生撰写的经济控制论教材。全书分为两大部分共十二章。第一篇介绍动态经济系统的分析，包括分析线性确定性系统、线性随机系统（时域法与频域法）宏观经济模型非稳态与非线性模型。第二篇介绍动态经济系统的控制，包括上述系统、非线性系统、宏观经济政策的最优控制及其算法。

本书以强调控制论方法与原理在经济学中的实际应用性为其特点，对于主要内容的叙述引用了实例说明，每章后附练习题。

本书可作为大专院校经济，管理科学，系统工程等专业的教学参考书，也可供从事研究与应用经济控制论、经济数学方法，从事研究与制订国民经济计划，宏观经济政策的读者参考。

邹至庄 (G. C. CHOW) 先生简历

邹至庄先生是美籍华人学者，现任美国普林斯顿大学政治经济学教授、经济计量学研究室主任。邹先生在康奈尔大学获得经济学工士学位，在芝加哥大学获得经济学硕士和博士学位，并先后执教于哥伦比亚、康奈尔、哈佛大学和麻省理工学院。他是国际商用机器公司(IBM)研究中心经济模型的主持者之一。

邹教授是经济计量学会、美国统计协会、美国经济协会和数理统计学会的会员，曾任国际经济动力学和控制理论学会的第一任会长，现任IBM和台湾当局的顾问，美国经济学联合会关于美中经济学交流方面的主席。

邹教授曾于1980年受中国社会科学院邀请来华讲学，1982年再次来华，曾访问过中山大学、武汉大学、华中工学院、南开大学和北京大学。

邹教授的主要著作有《美国汽车需求》、《耐用消费品研究》、《动态经济系统的分析与控制》、《运用控制论方法进行经济计量分析》及《经济计量学》等。

出版者

1983年8月

序 言

本书提出一套分析随机动态经济模型特征的技术，以及应用这些技术确定定量的经济政策之方法。它用若干实例来说明这些技术和方法以及它们的应用，特别是在第五章和第九章。它的内容自然分为两部分，第一篇是动态经济系统的分析，第二篇是上述系统所应用的控制技术。

我写这本书主要是给研究生用的，也能供大学高年级学生用，他们预备的知识应当包括一门计量经济方法的课程，要有Johnston的《计量经济方法》的第二篇那样的水平。为了掌握这些教科书所论述的计量经济内容，需要具有广泛而足够的矩阵代数知识。本书也可更多的内容被包括进来，它是大学高年级学生一个学期的理论所不能完成的。跳过打星号的各节对本书的连贯性没有什么影响，为了对分析和控制这两个有关的课题有个基本的了解，必须读一至四章和第七章没有星号的各节（第八章的第一节和第二节可以代替第七章的第四节和第六节）。

读者可以从目录中观察到本书的组织逻辑。第一篇包括六章。在引言（第一章）之后，讨论分析确定性系统的（第二章）和随机系统的（第三章和第四章）方法。在第五章中论述了应用问题，第六章涉及了非线性模型和非稳态模型的分析问题。论述最优控制方法的第二篇之开头两章，即第七、八章两章，介绍了根据具有已知参数的线性模型获得最佳政策的两种基本方法。第九章讨论对经济政策问题的应用。第十章和第十一章是应用具有未知参数的线性模型问题之推广，而第十二章提出了控制非线性系统的方法。除了一至四章和第七章（或者选择

第八章第一节和第二节)等核心章节外,关于应用方面的第五章和第九章值得推荐给所有的读者。剩下的各章,即论述动态规划的第八章,有关非线性系统的第六章和第十二章,以及论述未知线性系统控制技术第十章和第十一章,是可以自由选择的。对于学习第十二章是不需要先学第十章和第十一章的,但第十章却是学习第十一章所必须具备的。第六章和第十二章用到的数学比第八章(除第八章第一节和第二节外)第十章和第十一章稍低一些。

本书所涉及的各种问题仅限于能够用离散时间系数来处理的课题。处理连续时间动态系统的数学方法各式各样,而且更加困难。离散时间模型方法不但是更有用的(因计量经济模型原要用这种形式),而且对于掌握分析和控制原理也是基本的,又没有在读者的数学素养方面提出不合理的要求。

读者应当了解本书所关注的主要是方法。读者不要以为只是阅读本书而不实际进行至少一项实质性的应用,就能掌握把这些方法应用于实际经济问题的学问和技巧;就如学习计量经济学教科书不是一个合格的计量经济学家的充分条件一样。然而,通晓本书中所讨论的方法对于应用这些方法却是必须的一步。这些方法也将能使无意地成为实践者的读者去理解别人的著作。以这些方法为基础的著作在经济学文献中的重要性正在与日俱增。

我要向 Andrew B. Abel, Bay C. Fair 和 R. E. Quandt 表示我真诚的谢意。他们阅读了全部手稿,并向我提出了他们有价值的评论。Ade 还准备了本书的索引。Stephen M. Goldfeld, A. C. Harberger 和 Edwin S. Mills 阅读了部分手稿并对它的发展提出了意见。对在课堂上使用过各种不同形式的讲义稿,并提出了一些问题的同学们也应得到我深深的感谢。Betty Kaminski 愉快而有效率地完成了大部分手稿的打字, Diana Ha-

uver和Grace Lilley也分担了她的工作。

本书中所报导的许多研究成果是国家科学基金会为普林斯顿大学的计量经济研究计划提供的,对此,我表示感谢。本著作的部分内容是在IBM研究中心完成并发表过的,该中心曾为我提供十分适宜的环境。我也感谢Amevican Economic Review, Annals of Economic and Social Measurement, International Economic Review, Journol of the American Statistical Association, Quarterly Journal of Economics 以及 Review of Economics and Statistics 许可利用其各期杂志上发表的材料。

G. C. CHOW

新泽西州, 普格斯頓

1974年9月

译 序

系统科学和系统工程的研究对象是软系统，例如社会经济系统（宏观的和微观的），能源系统，人口系统，环境保护系统等等，而其中经济系统是中心问题。

在人们的生产活动，日常生活以及征服宇宙空间等等的实践中，控制理论和技术都扮演着很重要的角色，并获得了极大的成功。同时，这种理论和技术本身也随之发展到一个崭新的阶段。我想，在目前的基础上，控制理论要想产生新的突破和飞跃，必须寻求比宇航系统更复杂更困难的实践领域。不难发现，我们周围的社会经济系统便是这种进一步应用和发展控制理论的理想领域之一。

近几年来，特别是进入八十年代以后，我们可爱的祖国正处在经济建设的转折与振兴时期，举国上下已形成为实现“四化”而竟能献智，竭力尽忠的伟大潮流。我决心以有生之年，不遗余力地投入这个洪流中去，为实现中华民族今后二十年的宏观目标再奔驰千里。

以上便是我最近几年集中研究经济系统的原因。

我在研究经济系统时，首先学习了邹至庄教授的这本书，它是我的启蒙教材，使我收获良多，得益非浅。

我认为本书的突出特点是着眼于应用。书中对基本理论，方法及其应用均以实例来说明，便于初学者领会和掌握。

对于原来学自动控制的读者，本书不但对控制概念的叙述符合一般习惯，而且与经济概念的结合也很自然，因而易读易懂，颇受欢迎。对于学经济，特别是学经济计划 and 管理的读者，

本书对其数学素养，要求也不太苛刻，只要具有一般微积分，矩阵代数知识和控制理论基础就够了。甚至也可以不管数学推导，只注意结论或直接应用某些方法的结果（比如，最优控制算法等）也是行得通的。

当然，本书是作者对美国经济进行研究和实践的经验总结，我们阅读和引用时决不可生吞活剥，是需要下功夫研读的。本书的内容哪些是可以直接吸收的，哪些是经过改造就可以利用的，哪些是确实不适合我国情况的……我想，读者是可以辨明的。

我认为，本书不失为一部颇有学术价值的经济控制论专著。翻译得也很好，文字流畅，值得一读。我特别向从事系统工程、自动控制，应用数学，经济等等领域的理论研究或实际工作的同志推荐此书。

张钟俊

1983年5月

译者说明

1980年，邹至庄教授来华介绍动态经济系统的最优控制技术，当时我们意识到最优控制技术对计划经济的管理具有重要意义，将这本书译成中文，不但有利于译者进一步熟悉这套技术，而且能促使更多的读者了解这种技术，这对于建立适合我国特点的“经济控制论”和“四化”建设，都是一件有益的事。

我们首先选择这一本书，是因为这本书原来是经济计量专业高年级学生和研究生教材，作为教材，它有系统化的特点，因此它便于广大读者自学，同时又能为读者进一步了解这方面的内容打下基础。例如，具备这本书所介绍的基本知识，可以进一步了解作者1981年发表的《运用控制方法进行经济计量分析》一书内容，以及青木正直等教授的其他专著。

本书翻译工作由复旦大学管理科学系司春林同志和西安无线电研究所候先荣同志共同承担。其中第二、三、四、五、七、八、九共七章由司春林同志翻译的，其余五章及前言是由候先荣同志翻译的。

在翻译过程中得到邹至庄教授的关心和合作，译稿承蒙上海社科院钱志坚研究员和北京控制与电子技术研究所邱邦清同志校阅，中国科学院学部委员张钟俊教授为译稿写了序，又承蒙著名经济学家许涤新推荐出版。在出版过程中，吉林省社科院经济研究所周豹荣等同志给予了许多帮助。译者谨在此向他们表示衷心地感谢。

译者

1983年6月

目 录

邹至庄(G . C . CHOW) 先生简历·····	(1)
序言·····	(2)
译序·····	(5)
译者说明·····	(7)
第一篇 动态经济系统的分析 ·····	(1)
第一章 随机动态经济学问题 ·····	(1)
第一节 这本经济著作的主要内容·····	(1)
第二节 怎样使用本书·····	(5)
第三节 静态和动态·····	(6)
第四节 比较静态和比较动态·····	(9)
第五节 随机动态和比较随机动态·····	(11)
第六节 在宏观经济系统中起作用的力·····	(13)
第七节 随机系统的最优控制·····	(14)
第八节 本书各章提要·····	(15)
第二章 线性确定性系统分析 ·····	(18)
第一节 一阶齐次线性差分方程·····	(19)
第二节 高阶多变量齐次线性系统·····	(20)
第三节 齐次线性系统解的特征·····	(22)
第四节 利用标准变量说明解的特征·····	(24)
第五节 复根的情况·····	(25)
第六节 关于余弦函数的注解·····	(28)
第七节 解的数值计算·····	(29)
第八节 含有复根的数字例子·····	(30)

第三章 线性随机系统分析: 时域法	(36)
第一节 引言	(36)
第二节 一阶线性随机差分方程	(38)
第三节 协方差平稳时间序列和自协方差函数	(40)
第四节* 平均过渡之间的期望时间和极大值之间的期望时间	(42)
第五节 线性随机差分方程系统	(47)
第六节 随机差分方程组的自协方差矩阵	(49)
第七节 借助于标准变量的自协方差矩阵	(53)
第八节 随机和非随机时间序列之间的关系	(54)
第九节 自协方差函数的周期性	(55)
第十节 一个数字例子	(56)
第十一节 自相关残差的处理	(59)
第四章 线性随机系统分析: 频域法	(62)
第一节 通过自协方差函数导出谱密度函数	(63)
第二节 二变量系统的谱密度函数	(67)
第三节 用互相关函数导出互谱密度函数	(69)
第四节 时间序列数据的周期分量分解	(73)
第五节 理论上的时间序列的周期分量分解	(75)
第六节* 两种谱密度定义的等价性	(77)
第七节* 互谱密度的第二种定义	(80)
第八节 收益和相干性	(83)
第九节 随机差分方程组的谱密度矩阵	(83)
第十节* 用标准变量表示的谱密度矩阵	(85)
第十一节* 关于谱分析的注解	(88)
第五章 一个简单的宏观经济模型的动态分析	(94)
第一节 随机动态经济分析	(94)
第二节 三个重要的宏观经济假设	(97)

第三节	一个简单的宏观经济模型·····	(99)
第四节	一阶差分 and 稳定性·····	(103)
第五节	均值路径与乘数·····	(105)
第六节	系统的自协方差性质·····	(107)
第七节	个别时间序列谱的性质·····	(111)
第八节	互谱密度的性质·····	(114)
第九节	经济含义·····	(118)
第六章	非稳态模型与非线性模型的分析·····	(121)
第一节*	扩张性一阶自回归分析·····	(121)
第二节*	扩张性线性系统的动态特性·····	(124)
第三节*	绝对值大于1的复根情况·····	(129)
第四节	非线性系统的线性化·····	(131)
第五节*	未线性化模型的谱特性·····	(133)
第六节	解非线性结构方程的两种方法·····	(135)
第七节	动态特性的随机模拟·····	(137)
第八节*	缓慢变化的谱密度·····	(139)
第九节	结束语·····	(143)
第二篇	动态经济系统的控制·····	(146)
第七章	已知线性系统的最优控制: 拉格朗日乘数·····	(146)
第一节	随机动态分析与最优控制的关系·····	(147)
第二节	线性系统和二次型福利函数的控制问题·····	(149)
第三节	把最优控制问题分解为两部分·····	(153)
第四节	确定性控制问题的拉格朗日乘数解法·····	(154)
第五节	数学规划和极小值原理的作用·····	(157)
第六节	随机控制问题的拉格朗日乘数解法·····	(160)
第七节	联合解和最小期望损失·····	(163)
第八节	稳态解·····	(167)
第九节	对有关的数量经济政策研究的简短评论·····	(170)

第八章 已知线性系统的最优控制: 动态规划·····	(174)
第一节 线性——二次控制问题的动态规划解法·····	(174)
第二节 随机性控制问题和确定性控制问题·····	(178)
第三节* 有观测误差的控制问题·····	(180)
第四节* Kalman滤波·····	(185)
第五节* Kalman滤波在经济上的若干应用·····	(191)
第六节 动态规划解的解释·····	(195)
第七节* 动态规划在微观经济学中的应用·····	(196)
第九章 宏观经济政策最优控制的若干问题·····	(204)
第一节 设计政策目标和经济计量模型·····	(204)
第二节 最优政策的本质·····	(209)
第三节 期望福利损失的计算·····	(214)
第四节 福利得失的测定·····	(216)
第五节 最优控制政策的收益·····	(219)
第六节 货币工具对财政工具的相对有效性·····	(223)
第七节 评价历史上的政策·····	(224)
第八节 关于其它的应用·····	(226)
第十章 无学习功能的未知线性系统的控制·····	(229)
第一节 介绍一个标量变量实例·····	(229)
第二节 随机参数线性系统的最优控制·····	(230)
第三节 通过简化式参数计算条件期望·····	(234)
第四节* 用贝叶斯方法求简化式的均值 和协方差矩阵·····	(238)
第五节* 一种近似解法·····	(246)
第六节 与必然等价解比较·····	(250)
第十一章 有学习功能的未知线性系统的控制·····	(258)
第一节 动态规划法的重述·····	(259)
第二节 方法表述·····	(261)

第三节	与其他两种近似法比较·····	(266)
第四节	方法的两种简化形式·····	(270)
第五节	单方程模型的控制解·····	(271)
第六节	两个方程模型的控制解·····	(276)
第十二章	非线性系统的控制·····	(285)
第一节	用拉格朗日乘数法解确定性控制问题·····	(285)
第二节	把确定性问题作为极小问题来求解·····	(292)
第三节	求确定性控制问题开环解的梯度法·····	(293)
第四节	利用线性反馈控制方程来控制非线性随机系统·····	(296)
第五节	用开环策略控制非线性随机系统·····	(302)
第六节	用重新估计出一个线性模型的办法来求线性反馈控制方程·····	(305)
第七节	结束语·····	(306)
参考文献	·····	(311)

第一篇 动态经济系统的分析

第一章 随机动态经济学问题

第一节 这本经济著作的主要内容

自从四十年代末期以来，对宏观经济相互依赖关系系统的估计方法的研究和应用这种方法建立国民经济的计量经济模型，已有了很大进步。这些计量经济模型的主要用途是什么呢？提供经济预测，解释经济问题的动态行为，帮助制订更好的数量经济政策。本书涉及到第二和第三种用途。

本书的主要内容，除了从事计量经济学本身的发展外，还对宏观经济理论和政策进行了探讨。宏观经济理论最近几年来已变得愈来愈量化了，稳妥的宏观经济政策必须建立在对定量的经济关系的知识以及利用这些知识以达到预定目标的方法。此外，本书也是一般经济分析的自然发展，以较简单的静态确定型到更复杂的、能被用来了解与控制变化着的经济的动态随机型。从静态经济学到动态经济学以及从确定性经济学到随机性经济学的发展，需要进一步加以说明。

大部分经济理论，特别是微观经济理论，但也包括较小范围的宏观经济理论，都是静态的。给定外生变量（但没有指明各变量是如何随时间而发展）和参数的值，静态理论就能确定某些内生变量的值。用数学形式表示的理论叫做模型；例如，一个简单的静态理论或宏观经济模型由两个方程组成：