

北京大学数学教学系列丛书

# 应用时间序列分析

何书元 编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

《北京大学数学教学系列丛书》编委会

名誉主编 姜伯驹

主 编 张继平

副 主 编 李 忠

编 委: (按姓氏笔画为序)

王长平 刘张炬 陈大岳 何书元

张平文 郑志明

编委会秘书: 方新贵

责任编辑: 刘 勇

## 内容简介

本书是高等院校应用时间序列分析课程的教材，较系统讲授应用时间序列分析的基本理论、方法及其应用。目的是使学生对时间序列的内容和方法有基本的了解，能够用时间序列基本方法处理简单的时间序列数据。全书共分九章，内容主要包括：时间序列的分解、平稳序列、线性平稳序列、ARMA 模型、时间序列的预报、潜周期模型、加窗谱估计和多维平稳序列介绍。每节配有适量习题和部分计算机作业。

本书可作为理工科高年级课程或其他学科研究生课程的教材或教学参考书。也可以作为应用工作者的参考书。学习本书的先修课程是高等数学和概率统计。

## 作者简介

何书元 博士、北京大学数学科学学院教授，从事应用随机过程、时间序列分析和概率极限定理的教学和科研工作。主讲课程有概率论、概率统计、应用随机过程、应用时间序列分析和极限定理等。兼任教育部数学与统计学教学指导委员会委员、全国统计教材编委会委员。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

应用时间序列分析 / 何书元编著. — 北京: 北京大学出版社,  
2003.9

(北京大学数学教学系列丛书)

ISBN 978-7-301-06347-7

I. 应… II. 何… III. 时间序列分析 — 高等学校 — 教材  
IV. O211.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 166895 号

**书 名:** 应用时间序列分析

**著作责任者:** 何书元 编著

**责任编辑:** 刘 勇

**标准书号:** ISBN 978-7-301-06347-7/O · 0569

**出版者:** 北京大学出版社

**地 址:** 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

**网 址:** <http://cbs.pku.edu.cn>

**电 话:** 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752021

**电子信箱:** zpup@pup.pku.edu.cn

**印 刷 者:** 北京大学印刷厂

**发 行 者:** 北京大学出版社

**经 销 者:** 新华书店

890 mm × 1240 mm A5 9.75 印张 270 千字

2008 年 11 月第 1 版 2009 年 8 月第 5 次印刷

**印 数:** 16001—20000 册

**定 价:** 16.00 元

# 前 言

时间序列分析是概率统计学科中应用性较强的一个分支,在金融经济、气象水文、信号处理、机械振动等众多领域有广泛的应用.本书以时间序列的线性模型和平稳序列的谱分析为主线,介绍时间序列的基本知识和常用的建模和预测方法.在内容上强调平稳序列的频率特性,注重解释模型和功率谱的统计含义.为了解估计方法的可使用性,本书还就估计方法作了随机模拟计算,顺便介绍了随机模拟的基本方法.

时间序列分析已经有完整的理论系统,许多理论结果对于应用有重要的指导意义,但是部分定理的证明又涉及到更多的预备知识.由于本书以介绍基本的应用理论和方法为主,所以在叙述上就避重就轻,将部分定理的证明在书中略去,将需要泛函分析和条件数学期望作为基础的内容打上\*号,供读者选择使用.不带\*号的内容是本书的基本内容.

作者从80年代末开始在北京大学讲授应用时间序列分析课程,备课时曾以安鸿志的应用时间序列分析和P.J. Brockwell与R.A. Davis所著的Time Series: Theory and Methods为参考书.本书的写作也参考了以上两本书的部分内容.

作者长期从事时间序列分析方面的应用和研究工作,在地震预测、气象和金融数据分析、时间序列的不完全观测和异常值处理等方面都做过实际项目,特别对潜周期模型的参数估计和应用、对时间序列的频谱特性有较深体会.多年来,北京大学的时间序列分析讨论班在江泽培教授的带领下得到了许多研究成果.其中的部分结果在理论和应用上具有特色,借此机会作者也将部分适用的内容介绍出来,借以表达对江泽培先生的感谢.本书作为讲义在2002年秋使用时,姬志成等同学对讲义进行了认真的校对,作者对他们表示衷心的感谢.

由于本人水平有限和时间仓促，书中难免不妥之处，希望读者不吝指教。

何书元  
北京海淀蓝旗营  
2003年2月

# 目 录

## 第一章 时间序列

- §1.1 时间序列的分解 ..... (1)
- §1.2 平稳序列 ..... (15)
- §1.3 线性平稳序列和线性滤波 ..... (24)
- §1.4 正态时间序列和随机变量的收敛性 ..... (32)
- §1.5 严平稳序列及其遍历性 ..... (37)
- §1.6\* Hilbert 空间中的平稳序列 ..... (40)
- §1.7 平稳序列的谱函数 ..... (49)
- §1.8\* 离散谱序列及其周期性 ..... (53)

## 第二章 自回归模型

- §2.1 推移算子和常系数差分方程 ..... (60)
- §2.2 自回归模型及其平稳性 ..... (66)
- §2.3  $AR(p)$  序列的谱密度和 Yule-Walker 方程 ..... (73)
- §2.4 平稳序列的偏相关系数和 Levinson 递推公式 ..... (86)
- §2.5  $AR(p)$  序列举例 ..... (91)

## 第三章 滑动平均模型与自回归滑动平均模型

- §3.1 滑动平均模型 ..... (98)
- §3.2 自回归滑动平均 ( $ARMA$ ) 模型 ..... (108)
- §3.3\* 广义  $ARMA$  模型和  $ARIMA(p, d, q)$  模型介绍 ..... (119)

## 第四章 均值和自协方差函数的估计

- §4.1. 均值的估计 ..... (133)
- §4.2 自协方差函数的估计 ..... (142)
- §4.3. 白噪声检验 ..... (155)

## 第五章 时间序列的预报

- §5.1 最佳线性预测的基本性质 ..... (161)

---

§5.2 非决定性平稳序列及其 Wold 表示 .....	(175)
§5.3 时间序列的递推预测 .....	(189)
§5.4 $ARMA(p, q)$ 序列的递推预测 .....	(193)
<b>第六章 ARMA 模型的参数估计</b>	
§6.1 $AR(p)$ 模型的参数估计 .....	(207)
§6.2 $MA(q)$ 模型的参数估计 .....	(226)
§6.3 $ARMA(p, q)$ 模型的参数估计 .....	(239)
§6.4* 求和 $ARIMA(p, d, q)$ 模型及季节 $ARMA$ 模型的参数估计 (251)	
<b>第七章 潜周期模型的参数估计</b>	
§7.1 潜周期模型的参数估计 .....	(256)
§7.2* 混合自回归潜周期模型的参数估计 .....	(273)
§7.3* 二维随机场的潜周期模型及其估计 .....	(280)
<b>第八章 时间序列的谱估计</b>	
§8.1* 平稳序列的谱表示 .....	(285)
§8.2 平稳序列的周期图 .....	(301)
§8.3 加窗谱估计 .....	(307)
§8.4 加窗谱估计的比较 .....	(317)
<b>第九章 多维平稳序列介绍</b>	
§9.1 多维平稳序列 .....	(327)
§9.2 多维平稳序列的均值和自协方差函数的估计 .....	(331)
§9.3 多维 $AR(p)$ 序列 .....	(334)
§9.4 多维平稳序列的谱分析 .....	(340)
附录 A 部分定理证明 .....	(350)
附录 B 时间序列数据 .....	(353)
部分习题答案和提示 .....	(359)
索引 .....	(363)
符号说明 .....	(369)
参考文献 .....	(371)