

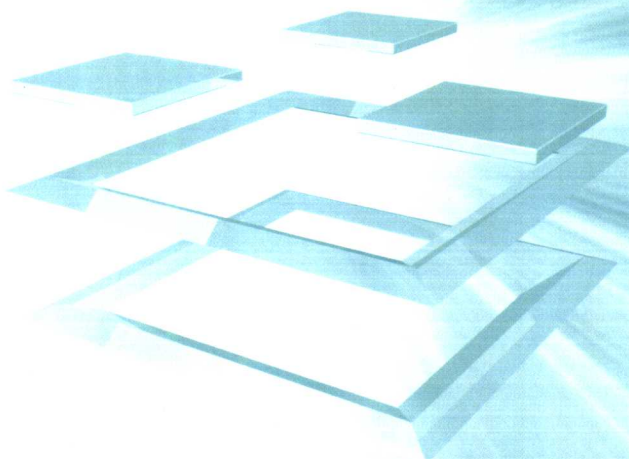
经·济·与·管·理·类·统·计·学·系·列·教·材

教育部高等学校统计学专业
教学指导分委员会推荐用书



应用时间序列分析

王振龙 胡永宏 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

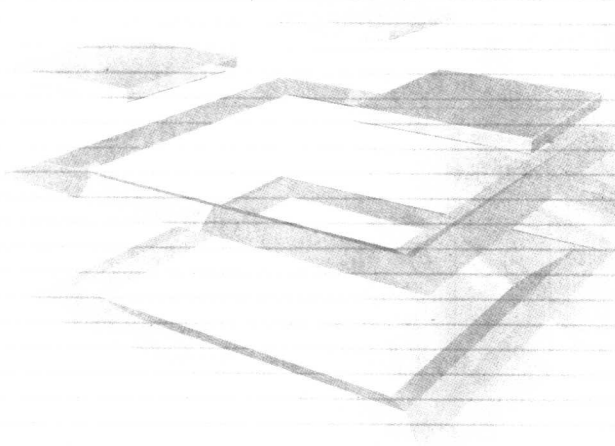
经·济·与·管·理·类·统·计·学·系·列·教·材

教育部高等学校统计学专业
教学指导分委员会推荐用书



应用时间序列分析

王振龙 胡永宏 主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是根据教育部统计学教学指导分委员会新制定的《统计学专业教学规范(授经济学学位)》所设计的课程体系和教学内容编写的。本书遵循“通俗、易懂、实用”的原则,试图借助计算机的存储功能和计算功能来抽象掉时序分析方法的深奥数学理论和复杂运算,从而使具有一般数学知识的读者可轻松掌握和运用时间序列分析方法。在阐述中,尽可能回避严格的数学推导和证明,而从系统运动的惯性(即记忆性)加以解释和展开,或者说,本书把时序分析看作是一种统计分析工具,而不是数学的一个分支理论。全书分10章系统地介绍了时间序列分析的基本理论、基本思想、基本方法及其应用,各章均附有思考与练习,书后还附有例题用的数据。本书配有教学光盘,光盘中备有例题的SAS程序、PowerPoint教学课件和部分思考与练习答案,便于教师组织教学和学生进行学习。

本书主要是作为经济与管理类统计学专业本科生的基础教材,也可用作经济与管理类研究生的教学参考书。对于自学时间序列分析方法的读者来说,更是一本必备的入门教材。

图书在版编目(CIP)数据

应用时间序列分析/王振龙,胡永宏主编。—北京:科学出版社,2007

(经济与管理类统计学系列教材)

ISBN 978-7-03-018885-4

I. 应… II. ①王…②胡… 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057787号

责任编辑:林 建 贾瑞娜/责任校对:邹慧卿

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年5月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年5月第一次印刷 印张:16 1/2

印数:1 4 000 字数:306 000

定价:22.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<明辉>)

经济与管理类统计学系列教材编委会

主任

曾五一 教育部高等学校统计学专业教学指导分委员会副主任委员、厦门大学教授、博导

委员(按姓氏笔画排序)

王艳明 山东工商学院教授

王振龙 教育部高等学校统计学专业教学指导分委员会委员、西安财经学院教授

朱建平 厦门大学教授、博导

刘建平 暨南大学教授、博导

刘 洪 中南财经政法大学教授

许 鹏 湖南大学教授、博导

李金昌 浙江工商大学教授、博导

李宝瑜 山西财经大学教授、博导

杨 灿 厦门大学教授、博导

肖红叶 教育部高等学校经济学类学科教学指导委员会委员、天津财经大学教授、博导

张润楚 教育部高等学校统计学专业教学指导分委员会委员、南开大学教授、博导

茹诗松 华东师范大学教授、博导

杭 斌 山西财经大学教授、博导

罗良清 教育部高等学校经济学类学科教学指导委员会委员、江西财经大学教授、博导

周恒彤 天津财经大学教授、博导

庞 皓 国家级教学名师、西南财经大学教授、博导

郑 明 教育部高等学校统计学专业教学指导分委员会委员、复旦大学教授、博导

徐国祥 上海财经大学教授、博导

蒋 萍 东北财经大学教授、博导

雷钦礼 暨南大学教授、博导

黎 实 西南财经大学教授、博导

总 序

统计学是有关如何测定、收集和分析反映客观总体数量的数据，以便给出正确认识的方法论科学。随着社会经济的发展和科学技术的进步，统计应用的领域越来越广，统计已经成为人们认识世界不可或缺的重要工具。

现代统计学可以分为两大类：一类是以抽象的数量为研究对象，研究一般的收集数据、分析数据方法的理论统计学；另一类是以各个不同领域的具体数量为研究对象的应用统计学。前一类统计学具有通用方法论的理学性质，其特点是计量不计质；后一类统计学则与各不同领域的实质性学科有着非常密切的联系，是有具体对象的方法论，因而具有复合性学科和边缘学科的性质。所谓应用，既包括一般统计方法的应用，也包括各自领域实质性科学理论的应用。经济与管理统计学是以社会经济数量为对象的应用统计学。要在经济和管理领域应用统计方法，必须解决如何科学地测定经济现象即如何科学地设置指标的问题，这就离不开对有关经济现象的质的研究。要对经济和管理问题进行统计分析，也必须以有关经济和管理的理论为指导。因此，经济与管理统计学的特点是在质与量的紧密联系中，研究事物的数量特征和数量表现。不仅如此，由于社会经济现象所具有的复杂性和特殊性，经济与管理统计学除了要应用一般的统计方法外，还需要研究自己独特的方法，如核算的方法、综合评价的方法等。

从历史和现状看，我国统计学专业的办学也有两种模式：一是强调各类统计学所具有的共性。这种模式主要培养学生掌握通用的统计方法和理论。它肯定统计学的“理学性质”，按照理学类学科的特点设置课程，概率论和各种数理统计方法等通用的统计方法论在课程中占有较大分量。其培养目标是有良好的数学基础、熟练掌握统计学基本理论与各种方法，同时有一定的专门领域的知识，能够适应各个不同领域的统计工作和统计研究的统计人才。二是强调各类统计学的个

性,对于经济与管理类统计学来说,就是强调其与经济学和管理学等其他学科的密切联系,按照经济与管理类学科的特点设置课程,除统计学本身的专业课外,经济管理类的课程占相当大的比重。其培养目标是所谓的“复合型人才”,即具有坚实的经济与管理理论功底;既懂数理统计方法,又懂经济统计方法,并能熟练掌握现代计算手段的经济与管理统计人才。这种人才既是统计人才又是经济管理人才,不仅能胜任基层企事业单位和政府部门的日常统计业务,而且能从事市场调查、经济预测、信息分析和其他经济管理工作。上述两种办学模式,各有特色,同时也各有一定的社会需求。从我国的国情看,现阶段后一种模式培养的人才市场需求要更大一些。应该根据“百花齐放,百家争鸣”的方针,允许多种办学模式同时并存,由各院校根据自己的特色和市场对有关人才需求的大小,自主选择合适的办学模式。

为了更好地满足 21 世纪对统计人才的需要,无论是理学类统计学专业还是经济管理类统计学专业都有一个如何面向未来、面向世界、加强自身建设、更好地与国际接轨的问题。但是,这两类专业的培养目标不同,知识体系也有相当大的差异,难以完全统一或互相取代。2003 年 11 月,教育部高等学校统计学专业教学指导分委员会在厦门召开年会,会上各方面的专家达成共识,为了促进统计学的学科建设和发展,有必要按授予学位的不同,分别制定指导性的教学规范。2004 年 1 月,全国经济与管理类统计学专业的部分专家和学者在天津财经学院讨论了《统计学专业教学规范(授经济学学士学位)》征求意见稿,对初稿进行修改与补充,又经过教育部高等学校统计学专业教学指导分委员会研究和审定,最终形成了正式的教学规范(以下简称新规范),并已上报国家教育部。

根据新规范的设计,经济管理类统计学专业应开设的统计学专业主干课程包括以下 10 门:①统计学导论;②数理统计学;③应用多元统计分析;④应用时间序列分析;⑤应用抽样技术;⑥计量经济学;⑦国民经济统计学;⑧企业经营统计学;⑨证券投资分析;⑩货币与金融统计学。为了进一步提高统计教材的质量,更好地满足 21 世纪培养经济管理类统计人才的需要,我们成立了经济与管理类统计学系列教材编委会,组织全国高校同行分工协作,根据新规范设计的课程体系和教学内容,编辑出版一套经济与管理类统计学系列教材。本系列教材比较适合作为高等院校经济与管理类统计学专业的教材,其中《统计学导论》和《计量经济学》还可作为一般经济与管理类专业的核心课程教材。

参加本系列教材建设的有厦门大学、西南财经大学、天津财经大学、上海财经大学、浙江工商大学、山西财经大学、湖南大学、西安财经学院、南开大学、东北财经大学、中南财经政法大学、暨南大学、华东师范大学、江西财经大学、山东工商学院、复旦大学等 10 多所院校的教师。本系列教材实行主编负责制,担任主编和主审的老师都是曾经主编和出版过相关统计教材的国内知名教授,不

仅具有在第一线教学的经验,而且对相关学科的发展趋势和学科前沿也比较熟悉。本系列教材的编写,力求体现以下五个特点。

(一) 与时俱进,构建与培养目标相适应的教学内容体系

教材建设的关键在于构建与培养目标相适应的教学内容体系。为此,要根据时代的发展,不断补充和引进新的教学内容。作为 21 世纪经济与管理类统计专业的教材,不能只是简单地向理学类统计专业的教学内容靠拢,而应该根据自身的特点,努力贯彻“少而精”和“学以致用”的原则。在大胆吸收国外优秀教材特点的基础上,对原有的体系重新进行整理和完善,既适当增加一些在经济社会分析中有良好应用前景的数理统计理论与方法的内容,又适当增补经济社会统计方面的最新进展。同时删除过时的和不再适用的内容。尽可能做到既反映本门学科的先进水平,又比较简明易懂、便于教学。

(二) 统筹兼顾,防止低水平重复,发挥系列教材的整体功能

适应未来需要的经济管理类统计人才必须掌握多方面的知识和能力,各种知识是相互联系的,各门课程在内容上难免有所交叉。为了提高学习的效率,更好地发挥系列教材的整体功能,在编写本系列教材的过程中,我们作了必要的协调和适当的分工,尽可能做到统筹兼顾,防止低水平重复。同时,各本教材采用相同的版式、体例和统一规范的学术用语。

(三) 与计算机结合,培养学生的动手能力

为了提高学生运用统计方法解决实际问题的能力,本系列教材的编写注意与计算机的紧密结合。本系列教材中统计方法类的教材均根据教材的内容,结合常用的计算机统计软件,并给出相应的案例和数据。从而使学生不仅可以从中学习统计学理论和方法,而且可以上机操作,培养实际动手的能力。

(四) 编写体例新颖,提高学生学习的兴趣和效率

为了便于师生教学互动,提高学生学习的兴趣和学习效率,本系列教材在编写体例上也作了一些新的尝试。各章开篇有内容要点和教学要求提示,章末附有小结,对有关教学内容和计算公式作扼要的总结。教材中尽可能使用我国的真实数据作为案例。各教材的“思考与练习”不设一般常见的名词解释型的简答题和论述题,而是通过判断题、选择题、计算题和有趣味的思考题,来帮助学生掌握有关概念和计算方法。为便于学生自学,同时又为其留有独立思考和独立完成作业的余地,各教材均给出编号为奇数的习题的详解。

(五) 配套出版教学课件和光盘，便于教师组织教学

本系列教材在出版纸质出版物的同时配套出版相应的光盘。内容包括：用 PowerPoint 制作的教学课件，教材中有关案例的数据，常用的统计表，编号为奇数的习题的详解等。

经济与管理类统计学专业系列教材的建设是一个复杂艰巨的系统工程，完成这一工程需要全国统计教育工作者的共同努力。感谢参与本系列教材编写的全国各高校的专家和学者，感谢为本系列教材的出版提供帮助的科学出版社的领导和编辑。衷心祝愿大家的辛勤劳动能够结出丰硕的果实，能够为我国统计学的普及和提高作出更大的贡献。

曾五一

2005年8月于厦门

前 言

《应用时间序列分析》是教育部统计学教学指导分委员会新制定的《统计学专业教学规范（授经济学学位）》所设计的经济与管理类统计学专业 10 门主干课程之一。本书是根据新规范设计的课程体系和教学内容规划编写的《经济与管理类统计学系列教材》之一。因此，本书主要是作为经济与管理类统计学专业本科生的基础教材而编写的，也可用作经济与管理类研究生的教学参考书。

基于上述定位，考虑到课程体系中各门课程之间部分内容的交叉和重复，本教材中关于确定性时间序列分析的内容没有作详细介绍，这里要特别强调的是应完整地理解和掌握时间序列分析的思想和各种方法的分析思路，要把确定性时间序列分析方法和随机时间序列分析方法结合起来学习和应用。

另外，时间序列分析方法发展很快，近几年来理论研究工作者和实际应用工作者提出了不少新方法和新模型，但是考虑到本科生教材对“基本理论、基本方法、基本技术”的要求，本教材虽然不可能对这些新方法和新模型进行深入的介绍但也尽量予以涉及，以开阔学生眼界与思路。

本书遵循“通俗、易懂、实用”的原则，试图借助计算机的存储功能和计算功能来抽象掉时序分析方法的深奥数学理论和复杂运算，从而使具有一般数学知识的读者可轻松掌握和运用时间序列分析方法。在阐述中，尽可能回避严格的数学推导和证明，而从系统运动的惯性（即记忆性）加以解释和展开，或者说，本书把时序分析看作是一种统计分析工具，而不是数学的一个分支理论。对于“工具”来说，使用者只要知道其特性、功能和使用方法以及使用过程中应注意的有关事项就足矣，至于其制造原理及工序过程，熟悉当然更好，不了解也无关乎其使用。鉴于这样的认识，全书没有使用深奥的定理，因而也就无需定理的证明。模型的形成来自于对系统记忆性的长短及其特性的剖析，一些数学推导也只涉及

高等数学、线性代数和概率论与数理统计的一般知识。

当然，说本书强调应用，仅仅是相对于数学定理的推证而言，在阐述中仍力图做到理论严谨、逻辑严密，以形成相应于读者认知结构的时间序列分析理论和方法体系。不过，这仅是我们的愿望而已，由于才疏学浅，水平有限，书中一定会有错误和不妥之处，尤其是为了尽量避免使用数学语言和定理及其证明手段，在用描述性语言和系统机理表述模型结构及其原理和特性时，可能从数学的角度来看会有不准确、不严格之处，恳请读者批评指正。

本书计算由 SAS 软件完成，为了方便读者学习与使用，本书配备的教学光盘中给出了书中例题的 SAS 数据和 SAS 程序以及各章奇数号思考与练习的参考答案，同时给出了各章的 PowerPoint 教学课件，以方便教师授课。

参加本书编写的有西安财经学院王振龙教授（第一、二、三章），中央财经大学统计学院胡永宏副教授（第四、五、八章），西南财经大学统计学院谢小燕教授（第七、九章），江西财经大学统计学院罗良清教授和万兆泉副教授（第六、十章）。全书由王振龙和胡永宏同志担任主编，负责全书的设计、修改、总纂和定稿等工作。

在本书的编写过程中，编者参考了国内外大量的相关文献资料，除在书中提到的主要参考文献外，还参阅和吸收了许多同仁的文献和资料，恕不一一列举，这里一并致谢！

本书的出版得到科学出版社和诸位编者所在单位的大力支持，在此我们对所有为本书的编写和出版作出贡献的单位和个人致以真诚的感谢！

王振龙

2006年10月于西安

目 录

总序 前言

第一章

绪论	1
第一节 时间序列分析的一般问题	1
第二节 时间序列的建立	8
第三节 确定性时序分析方法概述	13
第四节 随机时序分析的几个基本概念	19
本章小结	27
思考与练习	27

第二章

平稳时间序列模型	28
第一节 一阶自回归模型	28
第二节 一般自回归模型	32
第三节 移动平均模型	34
第四节 自回归移动平均模型	36
本章小结	40

思考与练习	41
-------------	----

第三章

ARMA 模型的特性	42
第一节 格林函数和平稳性	42
第二节 逆函数和可逆性	65
第三节 自协方差函数	71
第四节 自谱	79
本章小结	86
思考与练习	86

第四章

平稳时间序列模型的建立	88
第一节 模型识别	89
第二节 模型定阶	92
第三节 模型参数估计	98
第四节 模型的适应性检验	101
第五节 Pandit-Wu 建模方法	104
第六节 建模实例	106
本章小结	111
思考与练习	111

第五章

平稳时间序列预测	113
第一节 条件期望预测	114
第二节 预测的三种形式	114
第三节 预测值的适时修正	122
本章小结	124
思考与练习	124

第六章

	趋势模型	126
第一节	趋势性时间序列的重要特征.....	126
第二节	随机时间序列的趋势性检验.....	128
第三节	平稳化方法.....	131
第四节	趋势模型.....	133
本章小结	.....	140
思考与练习	.....	140

第七章

	季节模型	142
第一节	季节时间序列的重要特征.....	142
第二节	季节性时间序列模型.....	144
第三节	季节性检验.....	146
第四节	季节时间序列模型的建立.....	157
第五节	X-11 方法简介	159
本章小结	.....	173
思考与练习	.....	175

第八章

	条件异方差模型	177
第一节	条件异方差模型.....	178
第二节	条件异方差模型的建立.....	182
第三节	几种扩展模型.....	191
本章小结	.....	196
思考与练习	.....	197

第九章

	传递函数模型	198
第一节	模型简介.....	198
第二节	传递函数模型的识别.....	202
第三节	传递函数的拟合与检验.....	212
第四节	干预模型.....	217
	本章小结.....	224
	思考与练习.....	225

第十章

	异常值分析	227
第一节	含异常值的 ARIMA 模型	228
第二节	异常值的检测.....	230
第三节	异常值分析的实例.....	233
	本章小结.....	234
	思考与练习.....	234

	参考文献	235
--	-------------------	-----

附录

附录 A	X-11 报表与说明	236
附录 B	数据资料.....	239
附录 C	统计表.....	246

第一章

绪 论

本章介绍时间序列分析的基本思想、基本概念以及确定性时间序列分析的基本方法,使学生对时间序列分析方法在整体上有个初步了解,为学习和掌握运用时间序列分析方法认识问题的思路奠定基础。具体要求:①理解时间序列的特征;②掌握时间序列预处理的基本方法;③了解时间序列分析的基本思想;④熟悉确定性时间序列分析方法;⑤掌握随机时间序列分析中的基本概念的含义。

人们的一切活动,其根本目的无不在于认识和改造客观世界。时间序列分析不仅可以从数量上揭示某一现象的发展变化规律或从动态的角度刻画某一现象与其他现象之间的内在关系及其变化规律性,达到认识客观世界之目的,而且运用时间序列模型还可以预测和控制现象的未来行为,修正或重新设计系统以达到利用和改造客观之目的。从统计学的内容来看,统计所研究和处理的是一批有“实际背景”的数据,尽管数据的背景和类型各不相同,但从数据的形成来看,无非是横剖面数据和纵剖面数据两类(或者叫作静态数据和动态数据)。横剖面数据是由若干相关现象在某一时点上所处的状态组成的,它反映一定时间、地点等客观条件下诸相关现象之间存在的内在数值联系。研究这种数据结构的统计方法是多元统计分析。纵剖面数据是由某一现象或若干现象在不同时刻上的状态所形成的数据,它反映的是现象以及现象之间关系的发展变化规律性。研究这种数据的统计方法就是时间序列分析。由此足以看出时间序列分析的重要性及其应用的广泛性。

第一节 时间序列分析的一般问题

一、时间序列的含义

从统计意义上讲,所谓时间序列就是将某一个指标在不同时间上的不同数值,

按照时间的先后顺序排列而成的数列。这种数列由于受到各种偶然因素的影响,往往表现出某种随机性,彼此之间存在着统计上的依赖关系。如表 1.1 中列出的是某企业 1998~2002 年各月销售额数据(单位:百万元),按时间顺序排成一个数列就是一个时间序列。相对于时间的数据图如图 1.1 所示。

表 1.1 某企业 1998~2002 年各月销售额数据(单位:百万元)

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1998	67.68	68.83	62.67	63.16	61.96	68.44	72.08	68.76	70.98	71.81	68.36	62.73
1999	69.59	75.00	70.08	68.14	68.97	77.88	77.40	78.73	78.40	80.69	72.46	73.21
2000	78.21	82.27	77.18	75.03	77.68	80.97	85.07	88.33	83.34	85.70	80.50	77.18
2001	86.72	90.20	85.22	80.38	82.78	90.55	92.07	92.74	91.77	92.96	89.69	83.62
2002	94.28	98.89	91.09	93.84	94.17	103.06	102.29	102.31	100.15	101.03	101.27	97.94

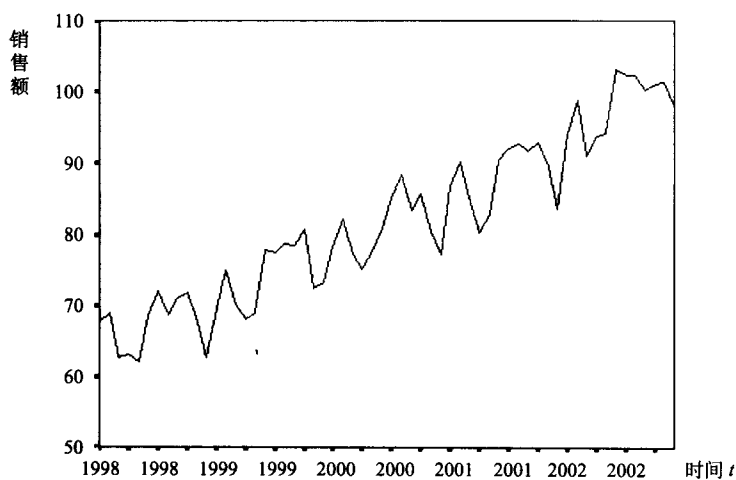


图 1.1 销售额数据图

值得注意的是,时间顺序中的“时间”也可以具有不同的物理意义,如长度、温度、速度等。

从数学意义上讲,如果我们对某一过程中的某一个变量或一组变量 $X(t)$ 进行观察测量,在一系列时刻 t_1, t_2, \dots, t_N (t 为自变量,且 $t_1 < t_2 < \dots < t_N$) 得到的离散有序数集合 $X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_i}, \dots, X_{t_N}$ 称为离散数字时间序列,即随机过程的一次样本实现。设 $X(t; t \in T)$ 是一个随机过程, X_{t_i} ($i=1, 2, \dots$) 是在时刻 i 对过程 $X(t)$ 的观察值,则 X_{t_i} ($i=1, 2, \dots$) 称为一次样本实现,也就是一个时间序列。

从系统意义上看,时间序列就是某一系统在不同时间(地点、条件等)的响应。

这个定义从系统运行的观点出发,不仅指出时间序列是按一定顺序排列而成的;这里的“一定顺序”既可以是时间顺序,也可以是具有各种不同意义的物理量,如代表温度、速度或其他单调递增地取值的物理量。可见,时间序列只强调顺序的重要性,而并非强调必须以时间顺序排列。例如,材料裂纹长度与其承受的压力有关,将材料裂纹长度按其所受压力周期数排列如下:

10.98 11.08 11.24 11.33 11.46 11.51 ...

共 90 个数据,这也是一个时间序列,其数据图见图 1.2。

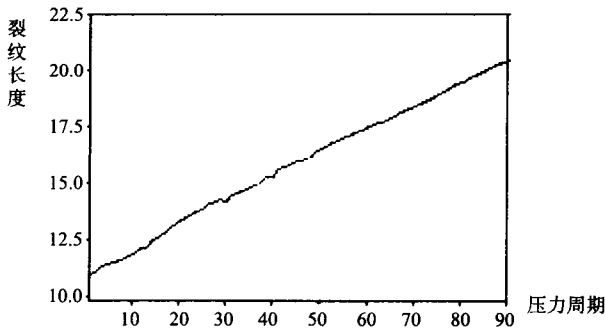


图 1.2 材料裂纹长度数据图

时间序列是所研究系统的历史行为的客观记录,因而它包含了系统结构特征及其运行规律。所以我们可以通过对时间序列的研究来认识所研究系统的结构特征(如周期波动的周期、振幅、趋势的种类等);揭示其运行规律,进而用以预测、控制其未来行为;修正和重新设计系统(如改变其周期、参数),使之按照新的结构运行。

综上所述,时间序列具有如下特点:首先,序列中的数据或数据点的位置依赖于时间,即数据的取值依赖于时间的变化,但不一定是时间 t 的严格函数。其次,每一时刻上的取值或数据点的位置具有一定的随机性,不可能完全准确地用历史值预测。再次,前后时刻(不一定是相邻时刻)的数值或数据点的位置有一定的相关性,这种相关性就是系统的动态规律性。最后,从整体上看,时间序列往往呈现某种趋势性或出现周期性变化的现象。

二、时间序列的主要分类

时间序列根据所研究的依据不同,可有不同的分类。

(1)按所研究的对象的多少分,有一元时间序列和多元时间序列。表 1.1 中,我们所研究的只是某企业月销售额数据这一数列,即为一元时间序列。但是,如果我们所研究的对象不仅仅是这一数列,而是多个变量,如是按年、月顺序排列的气