

2014 年度宁波市自然科学学术著作出版资助项目

铁矿石品质波动评估中 时间序列预测的应用

Application on Quality Variation Evaluation for
Iron Ore by Time Series Forecasting

应海松 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

2014 年度宁波市自然科学学术著作出版资助项目

铁矿石品质波动评估中 时间序列预测的应用

Application on Quality Variation Evaluation for
Iron Ore by Time Series Forecasting

应海松 编著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2014

内 容 简 介

本书研究了大数据背景下的数据仓库和数据挖掘、小波变换和时间序列预测在铁矿石品位波动中的应用,探讨了铁矿石品质数据库的数据提取、Matlab神经网络工具箱在品位波动评估中的应用、Matlab 小波工具箱与时间序列结合在品位波动评估中的应用、Matlab/Simlink 数学建模在铁矿石取样人工智能化中的应用,讨论了长短期时间序列对铁矿石品位波动预测模型的选择;最终将原先凌乱的、甚至是跨越不同数据库的信息资源进行知识再创造,达到铁矿石品位波动评估的人工智能化;同时也对人工智能技术在该领域应用对节能减排的作用和对港口经济发展的促进进行了探索。

本书可供冶金行业、钢铁企业、检验检疫、矿山采掘、质量控制、人工智能、设备制造、港口管理等领域的研究人员、技术人员、管理人员阅读,也可以作为大专院校冶金、矿业、港口、海事等专业师生的教学参考书以及相关企业工艺流程改进和技术革新的参考材料。

图书在版编目(CIP)数据

铁矿石品质波动评估中时间序列预测的应用/应海松编著. —北京:冶金工业出版社, 2014. 11

ISBN 978-7-5024-6669-5

I. ① 铁… II. ① 应… III. ① 时间序列分析—应用—铁矿石—技术评估 IV. ① TF521

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014) 第 248414 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjcs@cnmp. com. cn

责任编辑 马文欢 李培禄 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6669-5

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2014 年 11 月第 1 版, 2014 年 11 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 12.25 印张; 238 千字; 184 页

46.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

序

铁矿石是一种重要的战略资源，目前中国已经成为世界上最大的铁矿石生产国和进口国。随着我国钢铁生产对进口铁矿石依赖度日益增强，进口铁矿石品质呈现出良莠不齐的现象。为保护国家环境安全及其经济利益，对铁矿石的质量评价就显得尤为重要。

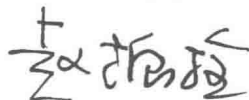
宁波口岸是我国最早进口铁矿石口岸之一，宁波出入境检验检疫局拥有检验检疫系统内第一套自动化机械取制样设施。多年的铁矿石检验经验积累，已经使得宁波出入境检验检疫局在铁矿石检验技术方面趋于领先地位，其精湛的检验技术维护了我国钢铁企业的利益，为我国钢铁经济的持续发展起到了重要作用。

该书著者应海松同志从事检验检疫工作多年，在铁矿石检验领域颇有造诣，曾作为召集人主持制定我国第一项 ISO 铁矿石标准，在国内组织出版过一套铁矿石检验技术丛书，为铁矿石检验技术的发展、学科化建设和我国在铁矿石检验领域的国际地位提升做出了较大的成绩。

该书是人工智能在铁矿石检验领域应用的一次探索，它为铁矿石取制样新的标准制定奠定了理论基础，采用的新技术对节能环保有一定作用，代表了一种发展方向。希望继续努力，尽快进行成果转化，为创新型国家建设贡献自己应尽的一份力量。

宁波出入境检验检疫局

局长



2014 年 10 月

前 言



计算机技术的发展,为利用积累的大数据进行知识再发现创造了条件。数据仓库和数据挖掘是近几年来迅速发展的大数据信息化技术,也是知识再发现的最有效手段。20 世纪国内开始大规模进口铁矿石以来,一些口岸从事进口铁矿石检验的机构也逐渐积累了许多宝贵的品质信息资源,但这些信息资源是凌乱的,甚至是跨越不同数据库的。进口铁矿石品质的数据仓库建设就是利用检验检疫系统的信息优势,通过相关的数据挖掘技术建立进口铁矿石品质信息收集方式,为进口铁矿石检验和国家相关政策法规的出台提供技术支持,为国内钢铁企业了解进口铁矿石的质量特性而有选择性地采购进口铁矿石提供重要的技术参考,为国外供货商改进工艺提高铁矿石质量提供对比数据。

按照 ISO3084 对铁矿石进行品位波动校核是一种常规方法,但该方法需要耗费大量的人力和财力,检验校核相当不经济。本书利用 BP 神经网络和时间序列小波分析预测,采用第四代程序语言 Matlab,利用数据仓库建设历年来积累的检验数据或在线粒度检测的部分数据通过一定的提取方式提取出来作为学习训练样本,建立数学模型,同时通过 Matlab 的命令行方式、GUI 方式和系统仿真对铁矿石的品位波动进行模拟检验。时间序列分析是概率统计学中的一门重要的应用分支,在金融经济、气象水文、信号处理、机械振动等领域广泛应用。本书利用时间序列预测,将某产地某品种进口铁矿石在卸载时的在线粒度检测结果,结合小波分析,分别用三种模型预测其品位波动情况,然后根据预测的品位情况安排取样方案。利用 Matlab 的 Simulink 数学建

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 铁矿石品位波动评定标准简介	2
1.2.1 我国国家标准	2
1.2.2 ISO 标准	3
1.2.3 其他国家及地区标准	3
1.2.4 取样系列标准的关联性	4
1.3 时间序列预测方法简介	5
1.3.1 时间序列预测法步骤	5
1.3.2 时间序列分析基本特征	6
1.3.3 时间序列的分类	7
1.3.4 时间序列的分解	7
1.3.5 平稳与非平稳时间序列	9
1.3.6 时间序列预测	9
1.4 小波分析方法简介	9
1.4.1 傅里叶分析	10
1.4.2 小波分析原理	11
1.4.3 小波分析的种类	12
1.4.4 常用小波函数	14
2 传统铁矿石取样及其品位波动评定方法	15
2.1 铁矿石取样前的准备工作	15
2.1.1 基本要求	15
2.1.2 制定取样流程	15
2.1.3 系统校核	16
2.2 铁矿石取样	16
2.2.1 取样的基本原则	16
2.2.2 份样质量	17

2.2.3	份样个数	18
2.2.4	取样间隔	18
2.3	品位波动评定方法	19
2.3.1	采用交替副样评定品质波动	20
2.3.2	采用变量法评定品质波动	23
3	进口铁矿石品质信息数据仓库建设及其数据挖掘	26
3.1	铁矿石数据仓库建设	26
3.1.1	铁矿石数据仓库建设的意义	26
3.1.2	进口铁矿石品质信息数据仓库基本原理	27
3.2	进口铁矿石品质信息数据挖掘	33
3.2.1	数据挖掘的要求	33
3.2.2	联机分析及其系统模型	34
3.3	进口铁矿石数据仓库建设及数据挖掘实例	38
3.3.1	可利用的数据库资源	39
3.3.2	项目应用举例	53
4	数据提取方式	56
4.1	本地数据库数据提取	56
4.1.1	常用数据库数据提取	56
4.1.2	数据库数据提取操作方式	62
4.2	大宗信息平台数据提取(异地数据提取)	76
4.2.1	界面录入	76
4.2.2	Excel 模版导入	78
4.3	数据仓库增量表数据提取方法	78
4.3.1	使用增量表进行数据提取的框架	79
4.3.2	使用增量表的方法分析	79
4.3.3	使用视图实现增量表轮转法	80
5	基于 BP 神经网络的铁矿石取样品位波动的校核	82
5.1	铁矿石品位差异产生的原因	82
5.1.1	对初采的铁矿石未进行混料加工	82
5.1.2	不同品位矿点出产的铁矿石混装	83
5.1.3	粉块差异大的铁矿石	83
5.1.4	生产时破碎设计不当	83

5.2 神经网络在品位波动确认中的应用	83
5.2.1 基本原理及介绍	83
5.2.2 神经网络的铁矿石确认	84
6 小波时间序列分析铁矿石品位波动预测	91
6.1 概述	91
6.2 Matlab 简介	91
6.2.1 Matlab 产生的背景	91
6.2.2 Matlab 的主要特点	92
6.2.3 Matlab 小波变换工具箱	92
6.3 小波函数的选择及其算法模型	94
6.3.1 小波函数的选择	94
6.3.2 Daubechies 小波函数的算法模型	96
6.4 Matlab 接口	98
6.4.1 Matlab 外部接口实现方式	98
6.4.2 Matlab 程序接口代码	100
6.5 Daubechies 小波滤波技术及算法	100
6.5.1 Daubechies 小波滤波器原理	100
6.5.2 Daubechies 小波滤波器构造算法	102
6.6 长程时间序列分析在品位波动的研究	103
6.6.1 长程时间序列分析基本原理	103
6.6.2 长程时间序列分析品位波动预测应用	109
6.7 短程时间序列分析	115
6.7.1 小波时间序列铁矿石品位波动预测模型选择	115
6.7.2 小波时间序列铁矿石品位波动预测应用及模型改进	116
7 Matlab/Simulink 数学建模在铁矿石取样中的应用	122
7.1 系统仿真数学建模	122
7.1.1 Simulink 系统仿真	122
7.1.2 SimuWave 小波仿真模块	126
7.2 铁矿石取样的系统仿真	131
7.2.1 铁矿石取样实用性滤波器	131
7.2.2 铁矿石取样系统仿真	133
8 矿石卸载取样的节能减排及其港口效益增长	136
8.1 LCA 方法论及其应用	136

8.1.1	概述	136
8.1.2	LCA 方法研究内容	137
8.1.3	LCA 的意义	138
8.2	实验室环境设施建设	139
8.2.1	铁矿石实验室自然环境	139
8.2.2	污染情况及主要环境问题	140
8.2.3	LCA 清单分析	142
8.3	采用人工智能法对港口效益增长的成效	145
8.3.1	宁波港北仑矿石码头介绍	145
8.3.2	对港口 GDP 增长的贡献	146
附录 1	利用 Microsoft VB 数据提取例程	147
附录 2	程序接口相关例程	152
附录 3	C 语言编写 MEX 文件	161
附录 4	C 语言代码源文件 yprime. c 文件, 编译和 连接 yprime. c 成 MEX 文件	174
附录 5	采样测试数据范例	177
附录 6	采样测试数据小波分解后相关参数范例	179
参考文献		182

1 绪 论

时间序列预测是一种重要的数据挖掘技术，该技术因应用于经济学领域而获诺贝尔经济学奖闻名于世。为便于了解时间序列预测、小波分析和铁矿石系列取样标准的基本概念，本章先简单介绍铁矿石品位波动评定标准、时间序列预测方法和小波分析方法，以便为深入阅读其他章节奠定基础。

1.1 研究背景及意义

铁矿石是一种极其重要的战略资源，随着我国经济的快速发展，铁矿石的对外依赖度已超过 50%，目前我国已是国际上最大的铁矿石生产国，同时也是最大的铁矿石进口国。然而，进口铁矿石的质量波动却很不稳定，为此需要准确评估进口铁矿石的质量情况，及时预测铁矿石品位的变化，为铁矿石检验监管人员、贸易人员掌握质量信息、规避贸易风险、出台相关政策提供必要的技术支持，维护我国的利益。品位波动可因矿山矿体、采矿方法、选矿方法、堆积和采取的方法、装及卸的方法、交货批质量的变化而改变，当然也可因铁矿石供应水平的变化而变化^[1]。因此，需要对交货铁矿石的品位波动经常校核。一般矿产品的取样标准（如 ISO3082）都需引用品位波动结果来确定所采取样品的品位是选择“大”“中”还是“小”，不同的选择直接影响采用的代表性样品的质量，也影响工作人员的实际工作量。而几个月或几年等单位时间段内的品质信息的数据量非常大，无法进行人工甄别和评估，也需要研究相关技术提取有价值信息。利用时间序列的小波分析方法建立一定的数学模式来判断各种条件下铁矿石的品位波动，可以将原本需要大量人工辅助的铁矿石品质波动评定，成为只需计算机运算的模拟处理，使品位波动评估大大简单化，并能快速取得结论，大大降低实验成本。作为小波分析的重要组成部分的多分辨分析，为构造小波提供了一种统一框架，并由此衍生出函数（时间序列）分解和重构的快速算法，同时开辟了从函数空间的高度研究函数的多分辨率表示的先河，即将一个函数表示为一个低频率成分与不同分辨率下的高频成分。这种多分辨分析的思想可以用照相机焦距跟景物的局部与全局的关系来解释，当放大焦距时，我们可以拍摄到景物的全局与概貌，当缩小焦距时，我们可拍摄到景物的某些细致的局部。小波分析方法是一种窗口大小固定但其形状可以改变、时间窗和频率窗都可以改变的时频局部化的分析方法，而小波时窗与频窗之间的限定关系，使小波在信号的低频部分具有较

高的频率分辨率和较低的时间分辨率,在信号的高频部分具有较高的时间分辨率和较低的频率分辨率。小波的这种在时频分析方面所具有的自适应性正符合对信号处理的要求。小波变换对不同的频率在时域上的取样步长是调节性的。在低频时小波变换的时间分辨率较差,而频率分辨率较高;在高频时小波变换的时间分辨率较高,而频率分辨率较低。这正符合低频信号变化缓慢而高频信号变化迅速的特点。应用多分辨分析的预测方法是针对非平稳时间序列预测的方法,是通过小波多分辨分析把某些非平稳时间序列分解为若干层近似意义上的平稳时间序列,然后再用自回归模型对每层的单支重构信号进行预测,最后综合每层的预测值可得到时间序列的预测值。利用小波分析的时间序列分析可以改变传统铁矿石品位波动及其铁矿石进口单位时间内的品质情况波动的确认方法(如 ISO3084),通过对现有铁矿石检验各类数据库数据的提取、转换、归一、导入方法的研究,对进口铁矿石品位波动的评估、预测研究,将复杂而杂乱无序数据变为有价值的信息,同时锻炼培养一支能熟练运用化学计量学技术解决铁矿石检验问题的人才队伍。除了人才培养外,本项目将先进的小波分析技术应用于传统的铁矿石检验,提升了铁矿石检验的技术水平。这些研究将为铁矿石取样品位波动确认的人工智能化和绿色环保技术在铁矿石检验中的应用提供必要的技术储备。

1.2 铁矿石品位波动评定标准简介

就铁矿石取样标准而言,一套完整的取样标准应该由机械取样、手工取样,品质波动评定、校核取样精密度、校核取样偏差(包括物理试验用样、直接还原铁、块矿)等组成,我国国家标准、国际标准、其他国家与地区所制定的铁矿石取制样标准都制定了相应的标准系列^[2]。

1.2.1 我国国家标准

早在 1980 年,我国就颁布了国家标准《散装矿石取样制样通则》(GB 2007—1980),1987 年、1988 年又相继出台了《散装矿石取样制样通则—手工取样法》(GB/T 2007.1—1987)及《散装矿石取样制样通则—手工制样法》(GB/T 2007.2—1987)、《铁矿石机械取制样方法》(GB/T 10322—1988)、《铁矿石品质波动评定》(GB/T 2007.3—1987)、《铁矿石校核取样精密度》(GB/T 2007.4—1987)、《铁矿石校核取样误差》(GB/T 2007.5—1987)、《铁矿石(烧结矿、球团矿)物理试验用试样的取样和制样方法》(GB/T 10122—1988)。应该说这些国家标准的制订是等效采用了国际标准,随着 ISO 标准的修订及我国在国际铁矿石贸易中的作用日益增强,也为了使我国国家标准与国际接轨,我国于 2000 年重新修订了铁矿石取制样国家标准,这次修订为等同采用铁矿石国际标准第 3 版,系列标准为:

GB/T 10322.1—2000 《铁矿石—取样和制样方法》;

GB/T 10322.2—2000 《铁矿石—评定品质波动的实验方法》;

GB/T 10322.3—2000 《铁矿石—校核取样精密度的实验方法》;

GB/T 10322.4—2000 《铁矿石—校核取样偏差的实验方法》。

这些国家标准的出台与原先制订的大多数铁矿石取制样国家标准互为独立,但 GB/T 10322.1—2000 是取代 GB/T 10322—1988,也就是说 GB/T 10322.1—2000 包含机械与手工取制样,而且对手工取样的手段作了新的定义。

针对物理试样标准 GB/T 10122—1988 《铁矿石(烧结矿、球团矿)物理试验用试样的取样和制样方法》未变。

1.2.2 ISO 标准

目前,ISO/TC102 发布的最新铁矿石取制样标准系列有:

ISO 3082—2009 《铁矿石—取样和样品制备过程》(Iron ores—Sampling and sample preparation procedures);

ISO 3086—2006 《铁矿石—取样偏差检验的实验法》(Iron ores—Experimental methods for checking the bias of sampling);

ISO 3085—2002 《铁矿石—取样精度检验的实验法》(Iron ores—Experimental methods for checking the precision of sampling);

ISO 3084—1998 《铁矿石—品位波动评定实验》(Iron ores—Experimental methods for evaluation of quality variation);

ISO 10835: 2007 《直接还原铁—取制样—还原球团及块矿》(Direct reduced iron—Sampling and sample preparation—Manual methods for reduced pellets and lump ores)。

1.2.3 其他国家及地区标准

(1) 美国标准: ASTM E 877—1993 《铁矿石和相关材料的取样和试样制备》。

(2) 日本标准: 日本标准原自成体系,但在国际标准制修订活动中一直非常积极,而且对许多 JIS 标准作了转换工作,目前 JIS 标准与 ISO 标准已逐渐趋于一致。但 JIS 根据日本国情,对 ISO 的标准并非完全采纳,而是舍弃与日本国情不相适应的部分。其取样系列标准如下:

JIS M8702—1996 《铁矿石机械取样及试样制备方法》;

JIS M8701—1996 《铁矿石手工取样方法》;

JIS M8703—1996 《铁矿石试样手工制备方法》;

JIS M8100—1992 《散装物料取样方法通则》;

JIS M8702—2002 《铁矿石—取制样方法》。

(3) 英国标准:

BS 5660-1—1987 《铁矿石取样方法》;

BS 5660-2—2001 《份样抽取和制样的机械方法》;

BS 5661—1987 《铁矿石试样的人工制备方法》;

BS 5662-1—1987 《铁矿石取样方法的评定—第 1 部分: 检查质量变化的实验方法》;

BS 5662-2—1987 《铁矿石取样方法的评定—第 2 部分: 检查取样精度的实验方法》;

BS 5662-3—1987 《铁矿石取样方法的评定—第 3 部分: 检查取样偏差的实验方法》;

BS ISO 3085—2002 《铁矿石—取样精度检验的实验法》;

BS ISO 3086—1998 《铁矿石—取样偏差检验的实验法》;

BS ISO 10836—1995 《铁矿石—物理检验用样品制备法和抽样法》。

(4) 法国标准:

NF A20-001—1976 《铁矿石—任意取样—手工法》;

NF A20-003—1977 《铁矿石—取样准备》;

NF A20-004—1975 《铁矿石—鉴定优质矿石试验方法》;

NF A20-005—1975 《铁矿石—取样精度检验的实验法》;

NF A20-006—1975 《铁矿石—取样系统误差的实验法》。

(5) 韩国标准:

KS E3034—1999 《铁矿石—份样取样—手工法》;

KS E3036—1999 《铁矿石—份样取样和制样—机械法》;

KS E3037—1999 《铁矿石—制样—手工法》。

(6) 前苏联标准:

ГОСТ 15054—1980 《铁矿石—精矿、烧结矿和球团矿—化学分析用试样的采取和制备方法及水分含量测定方法》;

ГОСТ 17495—1980 《铁矿石—精矿、烧结矿和球团矿—粒度测定分析试样的采取和制备方法》;

ГОСТ 26136—1984 《铁矿石—精矿、烧结矿和球团矿—物理试验用试样的采取和制备方法》;

ГОСТ 25470—1982 《铁矿石—精矿、烧结矿和球团矿—化学和粒度成分均匀性程度的测定方法》。

对于其他国家及地区取制样标准,除前苏联自成体系外,英国标准、法国标准、日本标准、美国标准、韩国标准等基本上等同或等效采用 ISO 的第 2 版、第 3 版标准,或技术水平与 ISO 第 2 版、第 3 版相当。

1.2.4 取样系列标准的关联性

执行 ISO3082 铁矿石的取样标准需要引用相应的品位波动结果来确定所采取

样品份样数，品位选择的表示方式“大”“中”或“小”，分别代表矿石品位波动是大的、中等的还是小的，不同的品位计算出来的份样数是不一样的，品位波动实验标准为 ISO3084。ISO3085 取样精密度和 ISO3086 取样偏差用于验证机械或手工取样方法、设备的可靠性。

1.3 时间序列预测方法简介

时间序列是按时间次序排列的随机变量，任何时间序列经合理的函数变换后都可以被认为是三个部分叠加而成，这三个部分是趋势项、周期项和随机噪声。时间序列是把这三个部分分解进行分析。时间序列可分为平稳时间序列和非平稳时间序列。时间序列法是一种定量预测方法，亦称简单外延方法，在统计学中作为一种常用的预测手段被广泛应用。时间序列分析在第二次世界大战前应用于经济预测^[7]。二次大战中和战后，在军事科学、空间科学、气象预报和工业自动化等部门的应用更加广泛。时间序列分析（time series analysis）是一种动态数据处理的统计方法。该方法基于随机过程理论和数理统计学方法，研究随机数据序列所遵从的统计规律，以用于解决实际问题。分析时间序列，从中寻找出随时间变化而变化的规律，得出一定的模式，以此模式去预测将来的情况。2003 年，瑞典皇家科学院把诺贝尔经济学奖授予美国经济学家罗伯特·恩格尔和英国经济学家克莱夫·格兰杰，以表彰他们在“分析经济时间数列”研究领域所作出的贡献。其中，格兰杰发现的非稳定（non-stationary）时间序列可以呈现出稳定性，从而可以得出正确的统计推理。他称这是一种协整（co-integration）现象，并提出了根据同趋势（common trends）进行经济时间序列（time series）分析的方式。格兰杰 1934 年生于英国威尔士的斯旺西，1959 年获英国诺丁汉大学博士学位，现为美国圣迭戈加利福尼亚大学荣誉经济学教授。格兰杰的发现对研究财富与消费、汇率与价格以及短期利率与长期利率之间的关系具有非常重要的意义。很多的宏观经济时间序列是非稳定的，比如 GDP，它有一个长期发展变化的趋势而在该趋势中暂时性的扰动又会影响这种长期趋势，非稳定性序列没有明确的趋向，尽管宏观经济序列常常是非稳定的，但以往的研究者只能使用稳定序列方法，会导致根本不相关的变量却显著相关，由于非稳定变量估计会产生非理性的结果，最终产生统计陷阱（statistical pitfalls）。格兰杰的研究成果找到了一种发现隐藏于短期波动下潜在的长期关系的统计分析方法。在 20 世纪 80 年代格兰杰发表的一些论文中，格兰杰发展了一些新概念和统计方法来说明短程和长程趋势。

1.3.1 时间序列预测法步骤

第一步：收集历史资料，加以整理，编成时间序列，并根据时间序列绘成统计图。时间序列分析通常是把各种可能发生作用的因素进行分类，传统的分类方

法是按各种因素的特点或影响效果分为四大类：(1) 长期趋势；(2) 季节变动；(3) 循环变动；(4) 不规则变动。

第二步：分析时间序列。时间序列中每一时期的数值都是许许多多不同的因素同时发生作用后的综合结果。

第三步：求时间序列的长期趋势 (T)、季节变动 (S) 和不规则变动 (I) 的值，并选定近似的数学模式来代表它们。对于数学模式中的诸未知参数，使用合适的技术方法求出其值。

第四步：利用时间序列资料求出长期趋势、季节变动和不规则变动的数学模型后，就可以利用它来预测未来的长期趋势值 T 和季节变动值 S ，在可能的情况下预测不规则变动值 I 。然后用以下模式计算出未来的时间序列的预测值 Y 。如：加法模式 $T + S + I = Y$ ；乘法模式 $T \times S \times I = Y$ 。

如果不规则变动的预测值难以求得，就只求长期趋势和季节变动的预测值，以两者相乘之积或相加之和为时间序列的预测值。如果现象本身没有季节变动或不需预测分季分月的资料，则长期趋势的预测值就是时间序列的预测值，即 $T = Y$ 。但要注意这个预测值只反映现象未来的发展趋势，即使很准确的趋势线在按时间顺序的观察方面所起的作用，本质上也只是一个平均数的作用，实际值将围绕着它上下波动。

1.3.2 时间序列分析基本特征

时间序列分析基本特征是：

(1) 时间序列分析法是根据过去的变化趋势预测未来的发展，它的前提是假定事物的过去延续到未来。时间序列分析，正是根据客观事物发展的连续规律性，运用过去的历史数据，通过统计分析，进一步推测未来的发展趋势。事物的过去会延续到未来这个假设前提包含两层含义：一是不会发生突然的跳跃变化，是以相对小的步伐前进；二是过去和当前的现象可能表明现在和将来活动的发展变化趋向。这就决定了在一般情况下，时间序列分析法对于短、近期预测比较显著，但如延伸到更远的将来，就会出现很大的局限性，导致预测值偏离实际较大而使决策失误。

(2) 时间序列数据变动存在着规律性与不规律性。时间序列中每个观察值的大小，是影响变化的各种不同因素在同一时刻发生作用的综合结果。从这些影响因素发生作用的大小和方向变化的时间特性来看，这些因素造成的时间序列数据的变动分为以下四种类型：

1) 趋势性：某个变量随着时间进展或自变量变化，呈现一种比较缓慢而长期的持续上升、下降、停留的同性质变动趋向，但变动幅度可能不相等。

2) 周期性：某因素由于外部影响随着自然季节的交替出现高峰与低谷的

规律。

3) 随机性: 个别为随机变动, 整体呈统计规律。

4) 综合性: 实际变化情况是几种变动的叠加或组合。预测时设法过滤除去不规则变动, 突出反映趋势性和周期性变动。

1.3.3 时间序列的分类

时间序列预测法可用于短期预测、中期预测和长期预测。根据对资料分析方法的不同, 又可分为: 简单序时平均数法、加权序时平均数法、简单移动平均法、加权移动平均法、趋势预测法、指数平滑法、季节性趋势预测法等。

简单序时平均数法也称算术平均法, 即把若干历史时期的统计数值作为观察值, 求出算术平均数作为下期预测值。这种方法基于下列假设: “过去这样, 今后也将这样”, 把近期和远期数据等同化和平均化, 因此只能适用于事物变化不大的趋势预测。如果事物呈现某种上升或下降的趋势, 就不宜采用此法。

加权序时平均数法就是把各个时期的历史数据按近期和远期影响程度进行加权, 求出平均值, 作为下期预测值。

简单移动平均法就是相继移动计算若干时期的算术平均数作为下期预测值。

加权移动平均法即将简单移动平均数进行加权计算。在确定权数时, 近期观察值的权数应该大些, 远期观察值的权数应该小些。

指数平滑法即根据历史资料的上期实际数和预测值, 用指数加权的办法进行预测。此法实质上是由内加权移动平均法演变而来的一种方法, 优点是只要有上期实际数和上期预测值, 就可计算下期的预测值, 这样可以节省很多数据和处理数据的时间, 减少数据的存储量, 方法简便, 是国外广泛使用的一种短期预测方法。

季节性趋势预测法是根据事物每年重复出现的周期性季节变动指数, 预测其季节性变动趋势。推算季节性指数可采用不同的方法。

1.3.4 时间序列的分解

1.3.4.1 时间序列

按时间次序排列的随机变量序列

$$X_1, X_2, \dots \quad (1-1)$$

称为时间序列。如果用

$$x_1, x_2, \dots, x_n \quad (1-2)$$

分别表示随机变量 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 的观测值, 就称式 1-2 是时间序列式 1-1 的 IV 个观测样本, 这里 n 是观测样本的个数。如果用

$$x_1, x_2, \dots \quad (1-3)$$

表示 $X_1, X_2, \dots$ 的依次观测值, 就称式 1-3 是式 1-1 的一次实现或一条轨道。