

高等院校“十三五”经济管理实验实训教材

# 应用时间序列分析实验教程

Application of time series analysis experiment tutorial

主 编 郭亚帆 毛志勇 米国芳  
副主编 于 扬 海小辉 陈志芳



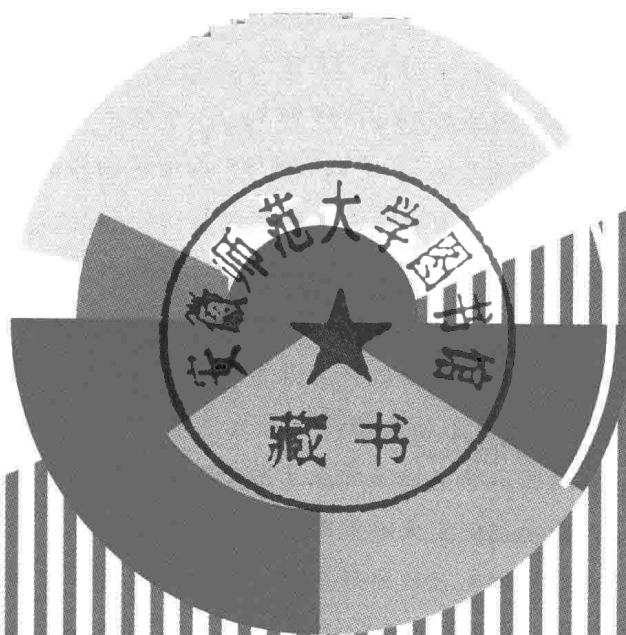
经济管理出版社  
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

高等院校“十三五”  
经济管理实验实训教材

# 应用时间序列分析实验教程

Application of time series analysis experiment tutorial

主 编 郭亚帆 毛志勇 米国芳  
副主编 于 扬 海小辉 陈志芳



经济管理出版社  
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

## 图书在版编目 (CIP) 数据

应用时间序列分析实验教程/郭亚帆, 毛志勇, 米国芳主编. —北京: 经济管理出版社, 2017.7  
ISBN 978-7-5096-5239-8

I. ①应… II. ①郭… ②毛… ③米… III. ①时间序列分析—实验—教材  
IV. ①0211.61-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 168398 号

组稿编辑: 王光艳

责任编辑: 许 兵

责任印制: 司东翔

责任校对: 赵天宇

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: [www.E-mp.com.cn](http://www.E-mp.com.cn)

电 话: (010) 51915602

印 刷: 玉田县昊达印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 720mm × 1000mm/16

印 张: 16

字 数: 278 千字

版 次: 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5096-5239-8

定 价: 58.00 元

·版权所有 翻印必究·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

# 前言

所谓时间序列就是按照时间的顺序将一组有序的随机变量记录下来。对时间序列进行观察、研究，寻找其变化、发展的规律，预测其将来的走势就是时间序列分析。在日常生产、生活实践中，时间序列随处可见，因此时间序列分析有着非常广泛的应用领域。

作为数理统计学的一个分支，时间序列分析遵循数理统计学的基本原理，即利用样本观察值信息估计和推断总体的性质。但是由于时间的不可重复性，使得在任意一个时刻，我们只能得到时间序列的一个样本观察值，这也是时间序列数据区别于截面数据的特殊性所在。正是由于时间序列数据的这种特殊结构，导致对其分析就需要一套特殊的、自成体系的方法。

随着计算机技术的飞速发展，许多软件可以用于时间序列分析。为了使初学者掌握和运用时间序列分析的基本方法，熟悉借助于 EViews 软件建立和应用时间序列模型的基本技能，我们编写了这本大学本科生学习时间序列的入门实验教程。本教程主要适用于统计学、应用经济学等相关专业本科生时间序列分析实验课辅助教学以及学生自学使用。因此，本教程在内容上既包含时间序列基本理论（实验原理），也包括相关知识点的实验案例（教学案例），同时在每一章也提供了综合案例和供学生课后练习使用的练习案例。

本教程主要内容包括六章：第一章为导言。主要介绍时间序列的基本概念以及 EViews 软件基本操作指南。第二章为时间序列的预处理。包括时间序列平稳性检验以及纯随机性检验的 EViews 实现方式。第三章为平稳时间序列分析。包括 ARMA 模型的建立、参数估计、模型及参数的显著性检验以及预测等过程的软件实现方式。第四章为非平稳时间序列的确定性分析。介绍了提取非平稳时间

序列确定性信息的系列方法,如移动平均法、指数平滑法以及季节指数法等。第五章为非平稳时间序列的随机分析。将差分运算与 ARMA 模型建立结合起来,介绍提取非平稳时间序列信息更加充分的 ARIMA 模型的建立过程。第六章为多元时间序列建模与分析。包括时间序列平稳性检验的单位根方法、协整检验以及误差修正模型的构建等内容。

本书第一章和第五章由米国芳和毛志勇编写,第二章和第三章由郭亚帆和陈志芳编写,第四章由海小辉编写,第六章由于扬编写。各章内容都经过反复讨论和多次修改,最后由郭亚帆负责统稿。

本书的编写得到了内蒙古财经大学教务处以及统计与数学学院各位领导和老师的大力支持与帮助。

基于教学需要,本书中的大多数教学案例来源于王燕的《应用时间序列分析(第三版)》,由中国人民大学出版社出版。在此对该书作者王燕老师以及中国人民大学出版社表示最衷心的感谢。

由于编者学识和水平有限,书中难免有不足、疏漏及不妥之处,欢迎国内外同行以及广大读者批评指正。

编者

2017年1月

于内蒙古财经大学统计与数学学院

# 目 录

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第一章 导言 .....              | 001 |
| 第一节 实验原理 .....            | 001 |
| 一、时间序列分析的起源 .....         | 001 |
| 二、时间序列分析的定义 .....         | 002 |
| 三、时序分析方法 .....            | 002 |
| 第二节 实验软件 .....            | 004 |
| 一、EViews 简介 .....         | 004 |
| 二、EViews 8.0 的启动和退出 ..... | 005 |
| 三、EViews 8.0 主窗口简介 .....  | 005 |
| 四、工作文件 .....              | 008 |
| 五、对象的建立和对象窗口 .....        | 012 |
| 第二章 时间序列的预处理 .....        | 015 |
| 第一节 实验原理 .....            | 015 |
| 一、平稳性检验 .....             | 016 |
| 二、纯随机性检验 .....            | 020 |
| 第二节 教学案例 .....            | 022 |
| 一、平衡性检验 .....             | 022 |
| 二、纯随机性检验 .....            | 032 |
| 第三节 综合案例 .....            | 033 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 第四节  练习案例 .....                 | 038        |
| <b>第三章  平稳时间序列分析 .....</b>      | <b>041</b> |
| 第一节  实验原理 .....                 | 041        |
| 一、方法性工具 .....                   | 042        |
| 二、ARMA 模型的性质 .....              | 044        |
| 三、平稳时间序列建模 .....                | 058        |
| 第二节  教学案例 .....                 | 063        |
| 一、模型识别 .....                    | 063        |
| 二、参数估计 .....                    | 071        |
| 三、模型检验 .....                    | 073        |
| 四、模型优化 .....                    | 078        |
| 五、模型预测 .....                    | 082        |
| 第三节  综合案例 .....                 | 084        |
| 第四节  练习案例 .....                 | 095        |
| <b>第四章  非平稳时间序列的确定性分析 .....</b> | <b>099</b> |
| 第一节  实验原理 .....                 | 099        |
| 一、时间序列的分解 .....                 | 099        |
| 二、确定性因素分解 .....                 | 101        |
| 三、趋势分析 .....                    | 101        |
| 四、季节效应分析 .....                  | 104        |
| 五、综合分析 .....                    | 105        |
| 六、X-11 过程 .....                 | 105        |
| 第二节  教学案例 .....                 | 106        |
| 一、趋势分析 .....                    | 106        |
| 二、平滑法 .....                     | 118        |
| 三、季节效应分析 .....                  | 122        |
| 四、X-11 过程 .....                 | 127        |
| 第三节  综合案例 .....                 | 133        |
| 第四节  练习案例 .....                 | 146        |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第五章 非平稳时间序列的随机分析</b> | 149 |
| 第一节 实验原理                | 149 |
| 一、差分运算                  | 150 |
| 二、ARIMA 模型              | 152 |
| 三、残差自回归模型               | 157 |
| 四、异方差的性质                | 159 |
| 五、方差齐性变换                | 161 |
| 第二节 教学案例                | 162 |
| 一、差分运算                  | 162 |
| 二、ARIMA 模型建模            | 167 |
| 三、残差自回归模型的构建            | 185 |
| 四、异方差性                  | 190 |
| 第三节 综合案例                | 194 |
| 第四节 练习案例                | 209 |
| <b>第六章 多元时间序列建模与分析</b>  | 213 |
| 第一节 实验原理                | 213 |
| 一、单整的概念                 | 214 |
| 二、时间序列的单位根检验            | 214 |
| 三、协整的概念                 | 216 |
| 四、协整检验                  | 217 |
| 五、误差修正模型                | 218 |
| 第二节 教学案例                | 219 |
| 第三节 综合案例                | 231 |
| 第四节 练习案例                | 246 |
| <b>参考文献</b>             | 249 |

# || 第一章 ||

## 导 言



### 实验目的

通过本章内容的学习和实验，使学生了解时间序列的历史渊源、时间序列的定义和时间序列分析方法；掌握时间序列的定义、时域分析方法以及 EViews 8.0 统计软件的基础性操作，为后续时间序列建模和案例操作奠定基础。

## 第一节 实验原理

时间序列就是按照时间的顺序把随机事件变化发展的过程记录下来所形成的序列。序列值之间一般会存在着不同程度的相关关系，而且这种相关关系具有某种统计规律，时间序列分析的任务就是寻找这种统计规律，并拟合出适当的数学模型来描述这种规律，进而利用这个拟合模型预测序列未来的走势。

### 一、时间序列分析的起源

时间序列分析是现代计量经济学的一个分支。事实上，最早的时间序列分析可以追溯到 7000 年前的古埃及。当时的古埃及人把尼罗河涨落的情况逐天记录下来，就构成所谓的时间序列。通过对这个时间序列的长期观察，他们发现尼罗河的涨落非常有规律。由于掌握了尼罗河泛滥的规律，据此可以合理安排农业生产活动，在增产增收的同时也解放了大批农业劳动力去从事非农产业，使古埃及的农业得到迅速发展，从而创造了其灿烂的史前文明。

正如古埃及人一样,按照时间顺序将随机事件发展变化的过程记录下来就构成一个时间序列。对时间序列进行观察、研究,寻找其发展变化的规律,预测其将来的走势就是时间序列分析。

## 二、时间序列分析的定义

### (一) 基本概念

#### 1. 随机序列 (随机事件的时间序列)

按时间的顺序排列的一组随机变量:  $X_1, X_2, \dots, X_t, \dots$ , 简记作  $\{X_t, t \in T\}$  或  $\{X_t\}$ 。

#### 2. 观察值序列

随机序列的  $n$  个有序观察值称为长度为  $n$  的观察值序列:  $x_1, x_2, \dots, x_n$  或  $\{x_t, t=1, 2, \dots, n\}$ 。

### (二) 随机序列和观察值序列的关系

观察值序列  $\{x_t\}$  是随机序列  $\{X_t\}$  的一个实现。

我们研究的目的是想揭示随机序列  $\{X_t\}$  的性质。

但实现的手段只能通过观察值序列  $\{x_t\}$  的性质进行推断。

二者的关系其实就是统计学中“总体”和“样本”的关系。

## 三、时序分析方法

### (一) 描述性时序分析

通过直观的数据比较或绘图观测,寻找序列中蕴含的发展规律,这种分析方法就称为描述性时序分析,如古埃及人发现尼罗河泛滥的规律就靠这种方法。而在天文、物理、海洋学等自然科学领域,这种简单的描述性时序分析方法也常常能使人们发现意想不到的规律。例如,19世纪中后叶,德国药剂师、业余天文学家施瓦贝就是运用这种方法,经过几十年不断的观察、记录,发现了太阳黑子的活动具有11年左右的周期。

描述性时序分析方法具有操作简单、直观有效的特点，它通常是人们进行统计时序分析的第一步。

## (二) 统计时序分析

随着研究领域的不断拓宽，人们发现单纯的描述性时间序列分析具有很大的局限性。从 20 世纪 20 年代开始，学术界利用数理统计学原理分析时间序列。研究的重心从对序列表面现象的总结转移到分析序列值内在的相关关系上，即统计时序分析。

### 1. 频域分析方法（频谱分析或谱分析）

(1) 原理。假设任何一种无趋势的时间序列都可以分解成若干不同频率的周期波动。因此可以通过对不同已知频率变动的分解及合成来分析其规律。

(2) 发展历程。富里埃（频率）——傅立叶（正弦、余弦）——Burg（最大熵谱估计）。

(3) 特点。分析过程复杂，研究人员要有很强的数学基础，分析结果抽象，不易于进行直观解释。

### 2. 时域分析方法

(1) 原理。从序列自相关的角度揭示时间序列的发展规律。

(2) 基本思想。事件的发展通常都有一定的惯性，这种惯性用统计学的语言来描述就是序列值之间存在着一定的相关关系，而这种相关关系通常都具有某种统计规律。我们分析的重点就是寻找这种统计规律，并拟合出适当的数学模型来描述这种规律，进而利用这个拟合模型预测序列未来的走势。

(3) 分析步骤。

第一步：考察观察值序列的特征。

第二步：根据序列的特征选择适当的拟合模型。

第三步：根据序列的观察值数据确定模型的口径，即估计模型的参数。

第四步：检验和优化模型。

第五步：利用拟合好的模型来推断序列其他的统计性质并预测序列将来的走势。

(4) 特点。理论基础扎实、操作步骤规范、分析结果易于解释。

(5) 发展历程。1927 年，Yule (AR) —Walker (MA、ARMA)，奠定了时域分析方法的基础。1970 年，Box、Jenkins 联合出版 *Time Series Analysis Forecast-*

ing and Control 一书,系统阐述了对 ARIMA 模型的识别、估计、检验及预测的原理及方法,称为经典时间序列分析方法,是时域分析方法的核心内容(但仅限于单变量、同方差、线性场合)。

(6) 异方差场合。ARCH、GARCH、EARCH、IARCH 这些模型是 ARIMA 模型的很好补充,比传统的方差齐性模型能够更好地刻画金融市场风险的变化过程。Engle 因此获 2003 年诺贝尔经济学奖。

(7) 多变量场合。1987 年,Granger 提出了“协整”的概念,极大地促进了多变量时间序列分析方法的发展,与 Engle 一起获得了 2003 年诺贝尔经济学奖。

(8) 非线性场合。在 20 世纪 70 年代末以前,时间序列的研究局限于线性模型,但有很多现象(如考试成绩和复习时间等)用线性时间序列建模的效果都不理想,于是科学界开始寻求非线性模型。20 世纪 80 年代初,文献中出现了许多非线性时间序列模型,其中香港大学的汤家豪教授于 1978 年提出的门限自回归模型是其中最早和最成功的模型,该研究成果在专著 *Nonlinear Times Series* (1990) 中有集中表述。门限自回归模型也成为目前分析非线性时间序列的最经典模型。

## 第二节 实验软件

常用的时间序列分析软件有 S-plus、Matlab、Gauss、TSP、EViews 和 SAS 等。我们在本书中介绍和使用的软件是 EViews 8.0。

### 一、EViews 简介

EViews 全称 Econometrics Views,是美国 QMS 公司推出的基于 Windows 平台的专门从事数据分析、回归分析和预测的计算机软件,EViews 软件具有操作简便、界面友好、功能强大等特点,在科学数据分析与评价、经济预测、金融分析等领域具有广泛的应用。

EViews 的前身是 1981 年发行的 Micro TSP (时间序列分析软件包)。自 1994

年至今, OMS (Quantitative Micro Software) 公司先后推出了 EViews 1.0 版、EViews 2.0 版、EViews 3.0 版、EViews 3.1 版、EViews 4.0 版、EViews 5.0 版、EViews 5.1 版、EViews 6.0 版、EViews 7.0 版、EViews 8.0 版以及 EViews 9.0 版。EViews 1.0 版、EViews 2.0 版可以在 Windows 3.1 及以上版本的操作系统中运行, 而 EViews 3.0 以上版本只能在 Windows 95 及以上版本的操作系统中运行。

EViews 3.1 以上版本功能强大, 能够对包括时间序列在内的多种类型的数据进行分析, 包括数据的描述统计、回归分析、动态回归模型、分布滞后模型、VAR 模型、ARCH/GARCH 模型、时间序列模型、多元时间序列模型以及编程与模拟等分析模块。

## 二、EViews 8.0 的启动和退出

### 1. EViews 8.0 的启动

在 Windows 平台, 有以下几种启动 EViews 的方法: ①单击任务栏中的开始按钮, 然后选择程序中的 EViews 8 进入 EViews 程序组, 再选择 EViews 8 的程序符号; ②双击桌面上的 EViews 8 图标; ③双击 EViews 的 workfile 或 database 文件名称。

### 2. EViews 8.0 的退出

有多种方式可以退出 EViews 8.0: ①在菜单栏中依次选择 File/Exit 退出; ②按组合键 ALT+F4; ③点击 EViews 8.0 窗口右上角的关闭 “” 按钮; ④双击窗口左上角的 EViews 8.0 图标。

## 三、EViews 8.0 主窗口简介

启动 EViews 8.0, 系统进入如图 1-1 所示的 EViews 主窗口, 看到该窗口, 就表示 EViews 已经成功启动。

EViews 窗口有标题栏、菜单栏、命令窗口、工作区和状态栏五个部分。如图 1-1 所示。

### 1. 标题栏

标题栏位于主窗口最上方。可以单击 EViews 8.0 窗口的任何位置, 激活 EViews 8.0 窗口。当 EViews 8.0 窗口被激活时, 窗口标题栏的颜色呈现蓝色, 当

其他应用程序窗口处于活动状态时,标题栏的颜色呈灰色。可以单击 EViews 8.0 工作区窗口的任何位置使 EViews 8.0 工作区窗口呈激活状态。标题栏最右端的三个按钮为控制按钮,依次表示窗口“最小化”“最大化”及“关闭”。

## 2. 菜单栏

菜单栏上共包括 10 个菜单,从左向右依次为“File”“Edit”“Objects”“View”“Proc”“Quick”“Options”“Add-ins”“Window”及“Help”,单击每个菜单后会出现一个下拉菜单,单击下拉菜单中的子菜单可以直接访问。菜单中黑色菜单为可操作项,灰色菜单为不可操作项。各菜单的具体内容和操作方法在本书以后的章节中详细介绍,在此不再详细论述。

“File”菜单为用户提供有关文件(工作文件、数据库文件、EViews 程序等)的常规选项,如“New”(文件建立)、“Open”(打开)、“Save/Save As...”(保存/另存为)、“Close”(关闭)、“Import”(导入数据)、“Export”(导出数据)、“Print”(打印)、“Print setup”(打印设置)、“Run”(运行程序)、“Exit”(退出 EViews 软件)以及显示最近打开的 EViews 文件等。

“Edit”菜单选项包括“Undo”(撤销)、“Cut”(剪切)、“Copy”(拷贝)、“Paste/Paste Special”(粘贴)、“Delete”(删除)、“Find”(查找)、“Replace”(替换)、“Next”(下一个)、“Insert Text File”(插入文本文件)。

“Objects”为用户提供了有关 EViews 对象的各种基本操作。包括“New Objects”(建立新对象)、“Fetch From DB”(从数据库提取新对象)、“Store to DB”(存储到数据库)、“Copy Object”(复制对象)、“Name”(命名)、“Delete”(删除)、“Freeze output”(冻结对象)、“Print”(打印)、“View Options”(查看选项)等。

“View”的下拉菜单和实现的功能随窗口的不同而发生改变,主要涉及对象的多种查看方式,该菜单在未建立工作文件之前无选项可选。

“Proc”的下拉菜单和实现的功能随窗口的不同而不同,其主要功能为变量的运算过程,该菜单在未建立工作文件之前无选项可选。

“Quick”为用户提供快速统计分析过程,如“Generate Series”(生成新序列)、“Graph”(创建图形)、“Series Statistics/Group Statistics”(给出序列和序列组的描述性统计)、“Estimate Equation”(估计方程)、“Estimate VAR”(估计 VAR 模型)等。

“Options”为用户提供系统参数的设定选项。

“Window”在使用 EViews 的过程中将会有多个子窗口,该菜单为用户提供

各种子窗口的切换和关闭功能。

“Help” 帮助：为用户提供索引方式和目录方式的帮助功能。



图 1-1 EViews 8.0 主窗口

### 3. 命令窗口

命令窗口用于在命令操作方式下输入相应的命令，用户只需把 EViews 8.0 的相应命令输入该窗口，按“Enter”键即可执行该命令。此外，该命令窗口支持 Windows 下的复制、剪切和粘贴功能，因此可以在命令窗口、其他的 EViews 文本窗口及其他的 Windows 窗口之间进行相应的文本转换。可通过单击窗口的任何位置确定命令窗口当前处于活动状态，然后从主菜单上选择 File/Save As，这样命令窗口中的内容就被直接保存到一个文本文件中。

### 4. 工作区

工作区用于显示 EViews 的各个子窗口，当存在多个子窗口时，这些子窗口会相互重叠，且当前活动窗口位于最上方。当用户需要激活其他子窗口时，可单击该窗口的标题栏或该窗口的任何可见部分使该窗口处于最上方。此外，还可通过单击菜单、选择需要的窗口名称来直接选择窗口；可通过单击标题栏并拖拽窗口实现移动窗口的功能；可通过单击窗口右端底部的角落并拖拽改变窗口的大小。

## 5. 状态栏

状态栏显示目前 EViews 的工作状态和 EViews 默认的数据文件保存路径等。状态栏被分为四部分：最左边部分显示 EViews 的工作状态，通过单击状态线最左边的方块可清除这些状态信息；“Path” 部分用于显示 EViews 默认的数据文件保存路径；“DB” 栏显示当前数据库的名称；“WF” 用于显示当前活动工作文件名称。

# 四、工作文件

用户使用 EViews 进行数据的分析和处理要在特定的工作文件（Workfile）中进行，因此，在具体数据录入、分析和处理之前需要先建立一个工作文件。该工作文件的作用在于存储分析数据和分析结果。如果不对工作文件进行保存，关闭计算机后工作文件中的信息将丢失。

## 1. 建立工作文件

选择主菜单 File/New/workfile，屏幕会弹出如图 1-2 所示的对话框。用户需要在对话框中进行选项设置。

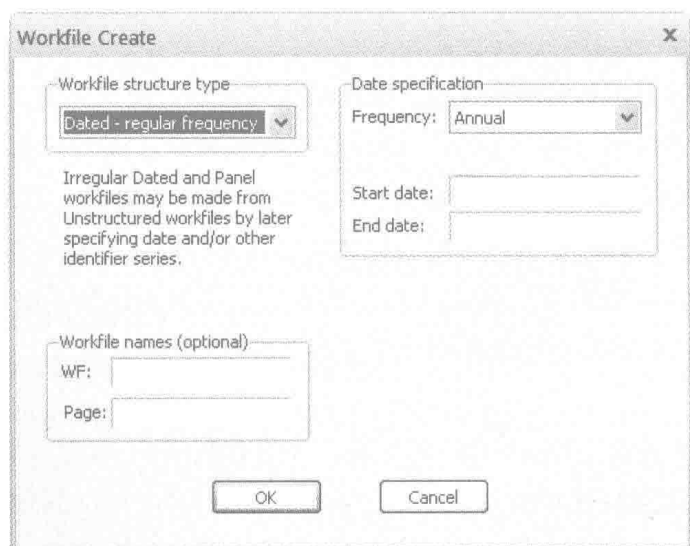


图 1-2 工作文件创建

该对话框中有三个区域，分别是“Workfile structure type”（工作文件结构类型）、“Date specification”（日期设定）和“Names”（命名）。

“Workfile structure type”区域可设定该工作文件的结构类型。包括三种：“Unstructured/Undated”（未限定结构/未限定日期），用于建立截面数据类型的工作文件；“Dated-regular frequency”（日期—固定频率），用于建立时间序列类型的工作文件；“Balanced panel”（平衡面板），用于建立面板数据类型的工作文件，如图 1-3 所示。系统在默认状态下是“Dated-regular frequency”。

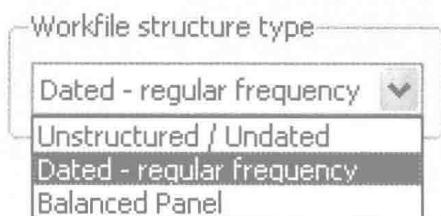


图 1-3 工作文件结构类型

当工作文件的类型选择“Unstructured/Undated”（未限定结构/未限定日期）时，将弹出如图 1-4 所示的界面。在“Data range”（数据范围）中输入观测值的个数，使用默认的整数标识码：1, 2, 3……如所分析的数据是 30 个样本，那么在空白处输入“30”，然后单击“OK”按钮就建立了一个工作文件。

当文件的工作类型选择“Dated-regular frequency”（日期—固定频率）时，将弹出如图 1-5 所示的界面。“Frequency”表示数据的频率，可选的频率有 8 个，即“Annual”（年度的）、“Semi-annual”（半年度）、“Quarterly”（季度）、“Monthly”（月度）、“Weekly”（星期）、“Daily-5 day week、Daily-7 day week”（日，每周 5 天或每周 7 天）、“Integer date”（整序数），用户可根据研究的时间序列进行相应的设置。“Start date”（起始日期）和“End date”（终止日期）用于设置时间的跨度，年度数据输入格式为“四位数年份”；半年度数据输入格式为“四位数年份：半年度（1 或 2）”，“1”表示上半年，“2”表示下半年，如“2014: 1”代表 2014 年上半年；季度数据输入格式为“四位数年份：季度（1, 2, 3, 4）”，如“2014: 3”，表示 2014 年第三季度；月度数据输入格式为“四位数年份：月度（1, 2, …, 12）”，如“2014: 6”，表示 2014 年 6 月；星期类型和日类型的起止时间按照“月/日/年”的格式输入。例如，建立一个 1978~2015 年的工作文件时，“Frequency”（频率）设定为“Annual”，在“Start date”中输入“1978”，在“End date”输入“2015”。

当文件的工作类型选择“Balanced panel”时，将弹出如图 1-6 所示的界面。