

经济学与管理学实验教学系列教材

# 金融工程

## 实验教程

■ 主 编 胡利琴



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

金融工程实验教程/胡利琴主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2008. 7  
经济学与管理学实验教学系列教材  
ISBN 978-7-307-06274-0

I. 金… II. 胡… III. 金融学—高等学校—教材 IV. F830

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 081364 号

责任编辑:唐 伟      责任校对:王 建      版式设计:马 佳

---

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: wdp4@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 湖北省荆州市今印印务有限公司

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 12.75 字数: 227 千字 插页: 1

版次: 2008 年 7 月第 1 版      2008 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-06274-0/F · 1161      定价: 22.00 元

---

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

# 总 序

现代实验教学是将专业理论知识、信息技术和操作技能等融于一体的教学，是经济学与管理学新发展的主要内容，其既对已有的经济学和管理学教学体系、教学内容、教学方法、教学手段、教学条件、教学管理等提出了新的要求，也对从事经济学和管理学教育的教师和管理者提出了新的要求。

限于条件、学科发展、硬件与软件设施以及人们对经济学与管理学教学内容和方式认识的局限，过去经济学与管理学的教学长期偏重于理论教学，实验教学基本上处于可有可无的境地。随着经济与管理实践不断发展，随着经济发展方式的变化，随着经济学和管理学学科的进一步发展，随着实验教学硬件与软件设施的不断改善，更由于人们对经济学与管理学教学内容和方式认识的转变，以计算机为物质基础、以现代信息技术和经济学与管理学专业软件为支撑、以现代模拟教学为主要方式的经济学与管理学实验教学已经被认为是经济学与管理学的重要教学内容和方式。推进经济学与管理学的实验教学，达到理论教学与实验教学并重已经成为经济学与管理学专业教育的重要方向。实验教学已经成为培养宽口径、厚基础、高素质、强能力的具有创新、创造和创业精神和能力的高层次复合型的经济学和管理学专业人才的必不可少的重要环节。为了进一步促进经济学与管理学实验教学，我们决定推出经济学与管理学实验教学系列教材。

编写本系列教材的宗旨是要推动经济学与管理学的实验教学，提高经济学与管理学的实验教学水平，完善经济学与管理学的实验教学体系，培养和提高学生的实践能力，促进经济学与管理学学科专业的发展。

我们将以本科各专业课程教学计划为基本依据，根据实验教学需要和人才培养需要，以实验教学系列教材的形式分批推出实验教学教材，最终形成体系比较完整的适应实验教学和人才培养需要的具有学院学科专业特色和优势的系列教材。

实验教学教材的编写还没有现成的模式可以借鉴，编写实验教学教材对我们而言是一个尝试，一方面，我们希望本系列教材对国内经济学与管理学实验

教学教材的编写起到抛砖引玉的作用，尤其是希望得到从事经济学与管理学教育的人士的指教；另一方面，也希望通过本系列教材的编写积累经验，探索出实验教学教材编写的可行模式。

**陈继勇**

2008 年春于珞珈山

# 前 言

风险管理是各经济主体参与金融活动时的重要内容。随着布雷顿森林体系的崩溃和金融管制的逐步放松,特别是20世纪80年代后金融危机频繁发生,国际银行业重新认识到资本对风险防范的重要意义,巴塞尔委员会于1988年颁布了“巴塞尔协议”,强调资本缓冲风险的本质,在风险与资本之间建立明确的关系,银行开始步入以资本管理作为核心的新型风险管理阶段。

20世纪90年代以后,随着银行经营环境的变化,银行股东不再一味追求红利收益,而是更看重资本增值,评级机构也从纯粹的债项评级转向对银行全面财务状况的评级,这些促使银行开始考虑资本的成本与收益,即将资本管理纳入决策过程当中,但是资本的计量仍然以监管资本为主。近些年随着银行经营环境的变化、信息技术和风险量化技术的提高,巴塞尔委员会提出了更灵活、更具有风险敏感性的新资本监管框架,鼓励银行自主开发内部模型,资本管理也开始全面渗透到银行经营管理的各个环节,由半主动的管理方式转向积极主动的全面风险管理模式。因此,寻求全面、有效的风险度量内部模型对于提高银行的风险管理能力至关重要。

目前,风险度量方面的理论已日趋成熟,如何运用这些理论指导风险管理实践,对于金融专业的学生尽快融入社会具有重要的意义。本书立足于风险度量的基本理论,采用案例的方式,清晰地讲解各理论的实现过程,从而训练学生的实践操作能力。

本书的特点在于:

以巴塞尔协议的指导思想为线索,全面介绍了市场风险、信用风险和操作风险的度量思想和过程;各类风险的度量依照基本思想——步骤——案例的思路进行展开,较好地展示了风险度量的实验过程,便于学生理解和掌握;书中案例的实现采用了Eviews,VBA,Splus,Matlab等多种软件,便于学生选择性地学习和运用;结合众多方法和案例,突出了操作风险的介绍,这有助于提高学生分析复杂风险的能力。

本书可作为大学金融本科专业《金融实验》课程的教材,也可作为风险管理

者的操作参考手册。

在本书的编写中,龚晨晨、刘谦、卢丽红、陈云帆、王碧君、张海龙同学参与了部分数据的收集和资料汇编工作。

本书由于编写时间仓促,难免会有疏漏和不当之处,望广大读者不吝指正。

编者

2008年4月

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第一章 金融风险的传统度量方法.....        | 1   |
| 第一节 传统风险度量方法概述.....         | 1   |
| 第二节 波动性风险度量法.....           | 3   |
| 第三节 灵敏度测量方法 .....           | 20  |
| 第二章 金融风险的现代度量方法 .....       | 28  |
| 第一节 现代风险度量方法概述 .....        | 28  |
| 第二节 Var 风险度量法 .....         | 31  |
| 第三节 ES 风险度量法 .....          | 46  |
| 第三章 交易账户市场风险度量 .....        | 56  |
| 第一节 债券市场风险度量 .....          | 56  |
| 第二节 外汇资产市场风险的度量 .....       | 62  |
| 第三节 股票资产市场风险的度量 .....       | 69  |
| 第四章 非交易账户市场风险度量 .....       | 83  |
| 第一节 非交易账户市场风险度量方法概述 .....   | 83  |
| 第二节 利率敏感性缺口法 .....          | 85  |
| 第三节 持续期缺口法 .....            | 91  |
| 第四节 期权调整差价模型 .....          | 98  |
| 第五章 信用风险的度量.....            | 108 |
| 第一节 信用风险度量概述.....           | 108 |
| 第二节 KMV 模型 .....            | 111 |
| 第三节 Credit Metrics 模型 ..... | 123 |
| 第四节 组合信用风险的度量.....          | 130 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第六章 操作风险度量初级法</b> ..... | 137 |
| 第一节 操作风险度量概述.....          | 137 |
| 第二节 基本指标法.....             | 144 |
| 第三节 标准法.....               | 148 |
| 第四节 评级法.....               | 156 |
| <b>第七章 操作风险度量高级法</b> ..... | 162 |
| 第一节 高级法概述.....             | 162 |
| 第二节 损失分布法.....             | 163 |
| 第三节 极值理论.....              | 174 |
| 第四节 记分卡法.....              | 183 |
| 第五节 贝叶斯网络.....             | 188 |
| <b>参考文献</b> .....          | 194 |

# 第一章

## 金融风险的傳統度量方法

本章主要内容:

- ◆ 传统风险度量方法概述
- ◆ 波动性风险度量法
- ◆ 灵敏度测量方法

金融风险是与金融活动相伴随的,是每个投资者和消费者均需面临的重大问题,也是各经济实体(尤其是金融机构)生存和发展的关键问题。长期以来,人们设计了各种不同的风险指标来反映金融风险的大小。归纳起来,金融风险度量的主要方法包括两大类:以波动性方法、灵敏度分析为代表的传统风险度量方法;以风险价值方法(Value at Risk,即 Var 方法,下同)和一致性风险度量方法为代表的现代风险度量方法。本章以传统风险度量方法为主,首先对各类相关方法进行综述,再重点介绍波动性方法和灵敏度方法。通过本章的学习,读者能够理解传统风险度量模型的数学含义,熟悉它们的原理和分析方法,能使用波动性方法和灵敏度方法对一般的金融风险进行简单的测度。

### 第一节 传统风险度量方法概述

最初的金融市场风险度量方法非常简单,认为某一资产组合的市场风险就是该资产组合的整个价值,如证券组合的价值是人民币 1 000 万元,则其风险也是人民币 1 000 万元,因为在市场交易中它可能全部损失。这种方法被称为名义量法。名义量法认为进入交易的资产组合都处于风险之中。但现实中只有极少情况下,整个资产组合可能会全部损失,多数情况下只是部分处于风险状态。因此,名义量法是一种粗略的估计方法,无法满足日趋复杂和竞争激烈的金融管理风险的要求。为了更精确地反映资产组合的真实风险状况,人们针对风险不确定性和系统性的特点,开发了波动性、贝塔等风险度量方法。本节将对常用的

波动性方法和灵敏度方法进行简单的回顾。

## 一、波动性方法

波动性方法反映的是收益的不确定性,常用概率论中的方差来体现,该方法最早是由 Markowitz 于 1952 年提出的。Markowitz 用证券投资收益率的均值来计量投资收益,以方差来计量投资风险,并第一次将数理统计和线性规划应用于投资组合选择的问题上,提出了较完整的理论框架和算法模型,创立了著名的均值-方差理论。假设组合中包括  $n$  种资产,其中各资产的投资比例用向量  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  表示,满足  $\sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0 (i = 1, 2, \dots, n)$ ; 相应的收益率向量为  $(r_1, r_2, \dots, r_n)^T$ , 预期收益率向量  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)^T$ , 此时组合投资的收益率  $R = x_1 r_1 + x_2 r_2 + \dots + x_n r_n$ ,  $R$  为随机变量,其数学期望  $E(R)$  为组合证券投资的期望收益率,方差  $\text{Var}(R)$  为组合证券投资的风险。方差体现了整个资产组合收益的波动,为了更清晰地反映风险的系统性特点,Sharpe (1964)、Treynor (1961) & Lintner (1965) 给出了 Markowitz 均值-方差模型的均衡版本,即资本资产定价模型(Capital Asset Pricing Model, 简称 CAPM)。CAPM 主要描述了证券市场中资产的预期收益率与风险之间的关系,其基本形式为:

$$R_i = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (1.1)$$

其中,  $R_i$  代表某种资产的预期收益率,  $R_m$  代表“市场组合”的预期收益率,  $R_f$  代表无风险收益率,  $(R_m - R_f)$  代表了市场风险溢价,  $\beta = \text{cov}(R_i, R_m) / \text{Var}(R_m)$  为第  $i$  种证券系统风险的测度,代表当“市场组合”发生变动时,某项资产的变动敏感程度。

方差法由于简便易算、容易使用和研究理论比较成熟,成为了一种极具影响力的经典的金融风险度量方法。方差法从一定程度上反映了收益的波动性,但是应用的前提要求收益的一阶矩、二阶矩均存在,且将收益与损失均等起来。大量实证研究表明,金融风险具有“尖峰厚尾性”,方差可能不存在,且未必能反映分布的尾部特征。此外,风险往往侧重于下端损失部分,而方差将收益的波动也纳入进来,未能突出损失的风险。

针对方差度量法的缺陷,下半方差法(Lower Semivariance)被用来对方差法进行修正。对于任一资产组合  $X$ , 其下半方差定义为:

$$\text{ISV}(X) = E[\min(0, X - EX)]^2 \quad (1.2)$$

可以看到,当资产收益分布是对称分布时,LSV 与方差法无本质区别。但是当资产收益分布非对称时,该方法与方差法完全不同。

1975 年之前,主要运用以半方差为基础的投资组合理论及其对应的运算规则来衡量风险。直到下偏矩模型理论架构被提出,损失风险才有较正式的数学定义,即可以用下式表示下偏矩(Lower Partial Moment):

$$\text{LPM}_{(\alpha,v)}(X) = E[\max(0, v - X)]^\alpha \quad (1.3)$$

$v$  代表目标收益率,不同的  $\alpha$  反映了不同的风险状况。 $\alpha$  取不同值时的下偏矩 LPM 有不同含义:当  $\alpha=0$  时,下偏矩 LPM 为低于目标收益率的概率;当  $\alpha=1$  时,下偏矩 LPM 为单位偏差的均值;当  $\alpha=2$  时,下偏矩 LPM 是偏差平方的概率加权,也称为目标半方差。下偏矩方法的优点是能够反映投资者对正负偏差不一致的真实感受。

方差、半(下)方差、下偏矩 LPM 等风险敏感性度量指标只能描述收益的不确定性,即偏离期望收益的程度,并不能确切指明资产组合损失的大小。所以,它们只是在一定程度上反映风险的特征,难以全面、综合地度量风险,因此只适用于特定的金融工具或在特定的范围内使用。

## 二、灵敏度方法

灵敏度方法被用于度量资产组合价值对市场因子的敏感性。市场的部分金融产品的定价依赖于市场因子,甚至可表示为市场因子的函数,例如债券与市场利率,股票与股票指数都呈现出这种确定性或强相关性。由于市场因子的个数有限且信息容易获得,投资者可根据市场因子的变化来衡量金融资产或组合的价值变化,从而用这种变化来量化风险。

针对不同类型的金融资产产生了不同形式的灵敏度,如针对债券等利率性金融产品的久期和凸性,针对股票的  $\beta$ ,针对衍生金融工具的 Delta、Gamma、Vega 等,其本质是度量一种资产组合价值随某一市场因子变化而变化的程度。

该类方法的优点在于概念上简明直观和使用上操作简单,可用于简单市场环境下的风险度量或者作为复杂金融环境下的前台业务。但随着金融市场的规模增大及交易方式的动态性和复杂性的增加,灵敏度方法的缺陷也越来越明显,如只能度量单一资产的风险,无法度量交易中极为普遍的由类型不同的资产构成的组合的风险,因而也不可能考虑到组合的风险分散化效应。

## 第二节 波动性风险度量法

本节主要介绍波动率度量方法,即采用方差来度量金融风险。方差的计算

离不开历史数据,这些历史数据主要表现为金融资产的价格序列 $\{p_t\}$ 或收益率序列 $\{r_t\}$ 。由于投资者更看重投资收益率,且收益率序列比价格序列有着更加良好的统计特性,因此在金融序列的波动性研究中多以收益率序列为研究对象。下面首先介绍收益率序列的常用统计量,再分别介绍移动平均法和自回归条件异方差模型在方差度量中的应用。

## 一、收益率序列的统计特征

如果把收益率看做一个随机变量,则其期望与方差的定义如下:

$$E(r) = \sum r_i p_{r_i} \text{ 或 } E(r) = \int_{-\infty}^{+\infty} rf(r) dr \quad (1.4)$$

$$D(r) = \sum [r_i - E(r)]^2 P_{r_i} \text{ 或 } D(r) = \int_{-\infty}^{+\infty} [r_i - E(r)]^2 f(r) dr \quad (1.5)$$

从定义可以看出,期望和方差由收益率这一随机变量的概率分布惟一确定。但要得到收益率这一随机变量的分布函数往往很困难。在大多数情况下,往往通过历史收益率的直方图或核估计方法来确定概率结构,从而假定收益率服从某一分布,然后根据分布的性质来估计方差。例如 Markowitz 的投资组合理论就是在回报服从正态分布这一假设下对方差进行估计的。

如果考虑到时间因素,把收益率按时间顺序排成一系列即为时间序列,任一时间序列都可以假定是由某一随机过程生成的。其中,每一个收益率都可看做一个随机变量。如果收益率时间序列的每一个随机变量都是独立同分布的,即收益率序列的每一个数据都被认为来自相同的分布且它们之间是相互独立的,则认为该收益率序列的分布为无条件分布,其方差的值可以用简单平均移动模型来估计。否则收益率为条件分布,这意味着隐含了时间的相关性,存在异方差现象,资产收益率的联合概率分布函数更难确定,需要用随机方程去刻画动态波动特征,方差的估计也要用到较为复杂的自回归条件异方差模型。

## 二、均值-方差理论

### (一) 基本理论模型

Markowitz 认为,投资者大多是风险厌恶者,他们总是在一定的预期收益及风险水平上选择投资方法。理性的投资者总是希望在已知风险条件下获得最大的期望收益,或者在已知期望收益的条件下,使投资风险最小。在考察了多种风险测度方法后,Markowitz 在他的分析中采用方差作为风险测度工具,于是

Markowitz 的均值-方差模型诞生了。

Markowitz 的均值-方差模型与其他经济模型一样,建立在一系列严格假设条件之上:

(1) 证券市场是有效的,证券的价格反映了证券的内在经济价值,每个投资者都能掌握充分的信息。

(2) 证券投资者的目标是:在一定风险水平上收益最大,或者在即定收益水平上风险最低。

(3) 证券投资者以期望收益率和收益率的方差作为选择投资方案的依据。

(4) 各种证券的收益率之间有一定的相关性,它们之间的相关程度可用收益率之间的协方差来度量。

(5) 每种证券的收益率都服从正态分布。

(6) 投资的收益率是该投资结果的恰当概括,投资者能够了解各种可能的收益率的概率分布。

(7) 投资者对风险的估计是与可见的收益率的变化相对称的。

(8) 证券具有完全的流动性,即其供求有无限的弹性,从而证券的买卖将不影响其市场价格和预期收益率,投资者可根据其需要自由地选择证券组合,并且在一期投资的期末,为了使下一期投资的效用最大化,可以修正证券组合。

(9) 税收和交易成本均忽略不计。

基于以上的假设前提,Markowitz 确立了证券组合预期收益、风险的计算方法 and 有效边界理论,建立了资产优化配置的均值-方差模型:

$$\text{目标函数:} \quad \min \sigma^2(R_p) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n x_j x_k \text{cov}(R_j, R_k) \quad (1.6)$$

$$\text{限制条件:} \quad R_p = \sum x_j R_j$$

$$\sum x_j = 1 (\text{允许卖空}) \text{ 或 } \sum x_j = 1, x_j > 0, (\text{不允许卖空}) \quad (1.7)$$

其中,  $R_p$  为组合的收益;  $R_j$  为第  $j$  只股票的收益;  $X_j, X_k$  为证券  $j, k$  的投资比例;  $\sigma^2(R_p)$  为组合投资方差(组合总风险);  $\text{cov}(R_j, R_k)$  为两个证券收益之间的协方差。

上式的统计学意义是:投资者可预先确定一个期望收益,通过上式可确定投资者在每个投资项目上的投资比例,以使其总投资风险最小。下面以某实例来说明该方法的实现过程。

## (二) 实例分析

### 1. 样本选择与数据定义

#### (1) 股票样本的选择

选取上证 180 指数中的两支样本股作为实证研究的样本股。上证 180 指数是从上证指数成分股中选取规模和成交金额排名靠前的股票为样本,因其成分股数量适中,成交活跃,流动性好,规模较大,更适合作为金融衍生工具基础的投资指数。上证 180 指数成分股上市公司净利润总额占上海市场所有上市公司净利润总额的 60%,平均每股收益较市场平均高出 38%,对上海股票市场流通市值和成交金额的覆盖率均达到 25%,与上证综指的相关性达到 97%,具有较好的市场代表性。

本书所选取的两支样本股为方正科技(股票代码 600601)和火箭股份(股票代码 600879),分别属于电子计算机制造业和专用设备制造业。

利用 Markowitz 均值-方差模型,本书选取 2006 年 1 月 1 日至 2008 年 1 月 1 日作为证券组合研究分析的样本区间。在所选取的样本时限中,共需计算 24 个月的收益率。

## (2) 数据获取

第一步:计算股票在样本区间内的月收益率。

计算公式为:  $R_{it} = [P_{it} - P_{i(t-1)}] / P_{i(t-1)}$  ( $i = 1, 2; t = 1, 2, 3, \dots, 24$ ) (1.8)

其中,  $R_{it}$  为第  $i$  支股票第  $t$  个月内的月收益率;  $P_{it}$  为第  $i$  支股票第  $t$  个月的收盘价;  $P_{i(t-1)}$  为第  $i$  支股票第  $t-1$  个月的收盘价。计算结果如图 1-1 所示。



|    | A        | B           | C           |
|----|----------|-------------|-------------|
|    | 时间       | 方正科技月收益率(%) | 火箭股份月收益率(%) |
| 1  |          |             |             |
| 2  | 2006年1月  | 6.875       | 14.4424     |
| 3  | 2006年2月  | -1.1696     | -36.8211    |
| 4  | 2006年3月  | -5.6213     | 20.7333     |
| 5  | 2006年4月  | 4.0752      | 17.6963     |
| 6  | 2006年5月  | 11.1446     | 25.8897     |
| 7  | 2006年6月  | 8.4011      | -4.6643     |
| 8  | 2006年7月  | -9          | -15.7153    |
| 9  | 2006年8月  | -2.7473     | 5.9807      |
| 10 | 2006年9月  | 2.8249      | 17.1784     |
| 11 | 2006年10月 | -3.022      | -0.0708     |
| 12 | 2006年11月 | 4.5326      | 6.0241      |
| 13 | 2006年12月 | 13.5501     | 2.8743      |
| 14 | 2007年1月  | 39.0625     | 21.7674     |
| 15 | 2007年2月  | 10.1124     | -0.3202     |
| 16 | 2007年3月  | 18.1973     | 5.2998      |
| 17 | 2007年4月  | 61.8705     | 24.9619     |
| 18 | 2007年5月  | 22.4889     | 5.1668      |
| 19 | 2007年6月  | -11.9739    | 2.8627      |
| 20 | 2007年7月  | -29.1838    | 19.481      |
| 21 | 2007年8月  | 1.0477      | -2.5811     |
| 22 | 2007年9月  | -4.8387     | -9.5961     |
| 23 | 2007年10月 | -16.707     | -9.8642     |
| 24 | 2007年11月 | -5.3779     | -9.6352     |
| 25 | 2007年12月 | 16.8971     | 21.2813     |

数据来源: 锐思数据 <http://www.resset.cn>

图 1-1 样本数据的月收益率

第二步:计算股票的平均月收益率和标准差。

计算股票在样本时限内各自的平均月收益率。平均月收益率一般采用几何算术平均法、简单算术平均法、价值加权法来计算,本文采用简单算术平均法计算股票在样本时限内各自的平均月收益率。公式为:

$$R_i = \sum_{t=1}^N R_{it} / N \quad (1.9)$$

其中, $R_i$ 为第*i*支股票的平均月收益率; $R_{it}$ 为第*i*支股票第*t*个月内的月收益率; $N$ 为月数, $N=24$ 。

股票在样本时限内收益率的标准差为:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{t=1}^N (R_{it} - R_i)^2 / N} \quad (1.10)$$

其中, $\sigma_i$ 为第*i*支股票在样本时限内收益率的标准差; $N$ 为月数, $N=24$ 。

根据公式(1.9)和公式(1.10)可得出两只股票在样本时限内各自的平均月收益率和标准差,如表 1-1 所示。

表 1-1 股票样本平均月收益率和标准差

| 股票名称 | 平均月收益率(%) | 标准差(%) |
|------|-----------|--------|
| 方正科技 | 5.47667   | 18.4   |
| 火箭股份 | 5.0988    | 15.15  |

第三步:计算股票月收益率之间的协方差,计算公式为:

$$\text{cov}(R_i, R_j) = \sum_{t=1}^N (R_{it} - R_i)(R_{jt} - R_j) / N \quad (1.11)$$

其中, $R_{it}, R_{jt}$ 为第*i*支,第*j*支股票在第*t*个月的月收益率; $R_i, R_j$ 为第*i*支,第*j*支股票的平均月收益率; $N$ 为月数, $N=24$ 。

根据公式(1.11)得到这两只股票的协方差为 0.3959。

## 2. 投资组合的收益与风险的算法

各投资组合的收益的计算公式:

$$R_p = \sum_{i=1}^n W_i R_i \quad (1.12)$$

其中, $R_p$ 为投资组合的平均月收益率; $R_i$ 为投资组合内第*i*支股票的平均月收益率; $W_i$ 为投资组合内第*i*支股票的权重。假设各资产在组合中的持有比例相同,即  $W_i = 1/n$ ,于是成立:

$$R_p = \sum_{i=1}^n R_i / n \quad (1.13)$$

$$= \frac{1}{2} (5.47667\% + 5.0988\%) = 5.2877\%$$

各投资组合风险的计算公式:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n W_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i W_j \text{cov}(R_i, R_j)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{cov}(R_i, R_j)} / n \quad (1.14)$$

其中,  $\sigma_p$  为投资组合的标准差;  $\sigma_i$  为投资组合内第  $i$  支股票月收益率的标准差;  $\text{cov}(R_i, R_j)$  为投资组合内第  $i$  支股票与第  $j$  支股票月收益率的协方差;  $n$  为投资组合内的股票数目。

在本例中, 取  $n=2$ , 则有:

$$\sigma_p = \sqrt{18.4^2 + 15.15^2 + 18.4 + 2 \times 0.3959 + 15.15/2} = 12.2722$$

### 三、波动性的测量方法

#### (一) 移动平均方法

移动平均方法是金融预测中最为常用的一种技术。其基本原理是, 首先选取一定长度的历史数据窗口, 计算其算术平均, 然后保持数据长度不变, 更新历史数据窗口 (一般一次更新一个), 再计算其算术平均。这样得到的平均值可以用于波动性和相关性的估计和预测。其中, 方差是用平方回报的移动平均作为估计, 协方差则是用回报向量积的移动平均作为估计。

##### 1. 简单移动平均方法(EQMA)

###### (1) 基本理论

波动性的估计和预测最早采用简单移动平均方法, 也称样本方差法。假定产生收益序列的随机过程是正态分布或独立同分布的, 并且在计算中采用等权重的移动平均, 也就是在计算算数平均时对数据采用相同的权重。

对于收益率序列  $\{r_t, t=1, 2, 3, \dots, n\}$ , 则回报方差的计算公式如下:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2 \quad (1.15)$$

其中, 由于假定  $\bar{r}=0$  能得到更好的估计效果, 实际应用中往往假定  $\bar{r}=0$ 。由于不需要估计平均回报率, 方差估计式中的自由度就变为了  $n$ , 此时方差的计算公式为:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i^2 \quad (1.16)$$

若  $x_i, y_i$  是两个回报序列, 则它们的相关系数的估计公式为:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i^2}} \quad (1.17)$$

在实践中, 如果能获得较长一段时期的历史数据, 通常用该方法对方差和相关性进行估计。

### (2) 简单移动平均方法(EQMA)的缺陷

简单移动平均方法采用等权重的移动平均, 在应用中存在许多缺陷。市场中的一个极端事件, 不管它发生在昨天还是发生在很长一段时间以前, 简单移动平均都认为它对当前的估计是同等重要的。这样, 仅仅某一天的一个不正常的回报(极端事件)就会对波动性的估计产生长时间的影响, 其后  $n$  天的波动性估计都会持续在高水平上, 而实际上波动性可能很早就恢复了正常水平。简单移动平均方法中, 所有的变动都只在于样本的不同: 越小的样本容量产生越不精确的估计, 越多的样本得到越精确的估计。因此, 短期的移动平均将比长期的移动平均得到更易变动的估计。但是, 无论移动平均的时期取得多长, 都只是在估计同一件事: 回报时间序列的无条件波动性。对整个回报序列来说, 它都只是一个数——一个常数。因此,  $n$  期简单移动平均模型中随着时间的不同而产生的变动实际上都是由于抽样误差导致的, 模型中再没有其他任何因素会导致估计值的变动。

### (3) 简单移动平均方法的应用实例

第一步: 计算各个序列的方差。

选取 2005 年 7 月 22 日到 2006 年 9 月 29 日的同业拆借利率和人民币对美元的汇率作为分析样本。具体数据如表 1-2 所示。

在 Eviews 窗口中使用函数 @ Var, 易计算两个随机样本的方差分别为:

$$\sigma_e^2 = 0.239778, \sigma_b^2 = 0.006642$$

第二步: 计算样本的相关系数。

在 Eviews 窗口中使用函数 @ cor, 易计算两个随机样本的相关系数为 -0.75。

在 Eviews 窗口中使用函数 @ cov, 易计算两个随机样本的协方差为 -0.029943。