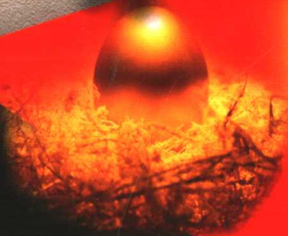
王莲芬
蔡海鸥 编著
孙宏才

投资决策量化方法



在市场经济下，投资已经成为一种日常的经济行为，这就需要人们对投资的基本概念、原理和方法、投资的基本品种、投资的风险与收益有一个全面的了解。本书从教育角度出发，应用定量的以及定量与定性相结合的方法讨论投资决策问题，使投资行为站在坚实而严密的数学理论基础上，从而使人们投资行为更理性化，投资的结果有更高的效率。

海洋出版社

投资决策量化方法

王莲芬　蔡海鸥　孙宏才　编著

海洋出版社

2006年·北京

图书在版编目(CIP)数据

投资决策量化方法/王莲芬,蔡海鸥,孙宏才编著.
北京:海洋出版社,2006.3
ISBN 7-5027-6557-3

Ⅰ.投… Ⅱ.①王... ②蔡... ③孙... Ⅲ.投资—经济决策 Ⅳ.F830.59

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 020677 号

责任编辑:白 燕
责任印制:严国晋

海洋出版社 **出版发行**
http://www.oceanpress.com.cn
(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)
北京海洋印刷厂印刷 新华书店北京发行所经销
2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷
开本:850mm×1168mm 1/32 印张:10.375
字数:257 千字 印数:1~2500 册
定价:28.00 元

前　　言

在市场经济下，投资已经成为人们一种日常的经济行为。这就需要人们对投资的基本概念、原理和方法、投资的基本品种、投资的风险与收益有一个全面的了解。本书从教育角度出发，应用定量的以及定量与定性相结合的方法讨论投资决策问题，使投资行为建立在坚实而严密的数学理论基础上，从而使人们投资行为更理性化，投资的结果有更高的效率。

本书共分 8 章，着重阐述投资决策的数学原理和各种定量与定性相结合的实用决策方法。第 1 章介绍投资分析的基本概念，以金融性投资为主，介绍货币的有效运营和使用价值。第 2 章介绍数学规划以及在投资决策中的应用，主要以资金预算为研究对象，提供可以量化投资效果的线性规划方法。第 3 章、第 4 章和第 5 章介绍风险决策原理和常见的决策方法，如决策中的博弈原理和股票投资。第 6 章，介绍一个非常实用的投资决策——项目评估直接法。第 7 章，介绍一种定量与定性相结合很有效的决策方法，非常适合宏观决策和领导决策。第 8 章介绍最优化中常见的决策方法——多目标决策。

本书既有完整的数学理论基础，同时又尽量用简明易懂的语言，深入浅出地进行论述,并有较多的应用实例。它既可作为大学数学专业、金融专业和经济专业的本科生及研究生的一本跨学科的教材，也可以作为金融机构和经济研究部门工作人员以及对投资原理感兴趣的读者的参考书。

作　者

2005 年 10 月

目 次

第 1 章　投资分析基础

1.1　投资的意义

随着我国市场经济的发展与完善，各种投资工具纷纷亮相，众多投资工具在当今社会中扮演了一个相当重要的角色，参与投资的单位与个人也越来越多。例如一家合资公司投资数亿元建造一个商场，希望从商场经营中获利。一个工薪族将部分收入储蓄在银行里，而银行又将存款贷给这家公司修建商场，于是这位工薪族就成为商场的间接投资者。一对年轻夫妇将大量物力财力花费在培养子女上，可以称为智力投资。由此可知，投资包含非常广泛的对象。

投资的最广泛定义是：牺牲目前的确定的事物或消费以换取未来不确定的事物或消费。从广义上看，储蓄、投资股票、购买彩票等都可看成投资，它们之间的区别在于风险大小。储蓄可以说是一种放弃消费的行为，一般而言比较消极，其未来报酬是确定的。投资者则是投入金钱以赚取金融收益，具有较积极的争取未来报酬的意向。一般，投资者能在理性地衡量风险与收益的关系后，牺牲目前的利益以期在将来获取更大的利益。投机者则试图利用暂不为人所知或别人不懂的信息，尤其是通过市场波动及买卖差价牟利。投机者承担的风险相对要大得多。投资与投机的区别有时十分微妙，其界限往往只是一线之隔。例如在股票市场飚涨时期，原先买入股票准备长期持有的投资人，可能因差价的诱惑而短期进出，变成了投机客。而在股票市场暴跌，进入空头时期，一些原本短线进出的投机人

会因为股票被套牢而不得不长期持有，反而变成投资了。对当前我国的股票持有者而言，往往是投资、投机两者兼而有之。至于购买彩票，则是对不确定的未来打赌，其所冒的风险远远超过其预期报酬所应承担的风险。本书所涉及的投资活动，无论是单位的或者个人的，均属于理性的投资活动。

投资又可区分为实质性投资与金融性投资，实质性投资包括购买房地产、共建商场、工厂等，金融性投资则包括购买股票、债券、期货选择权等，这两种投资是相辅相成互相促进的。例如工薪族为购买住房而存款或进行其他金融性投资，房地产公司则向银行贷款修建住房，它们的资金来源有可能就是尚未有能力购房的存款人，这样金融投资促进了实质性投资，而实质性投资的进行又可能增发新股，从而为金融性投资创造新的条件。

投资是一门科学，也是一门艺术。投资的收获从个人看是金钱和心理上的双重收获。虽然熟悉投资理论的人不一定能投资得好，但懂得一些投资知识，特别是一些量化方法就会减少盲目性，增加投资成功的可能性。

1.2 货币的时间价值

在确定投资决策时需要考虑众多因素，其中一个最重要因素就是经济效益。任何投资都需要有回报，而经济效益就是最重要的回报。

人们常说“时间就是金钱”，其实金钱本身的价值也与时间有密切关系。同样是 1 元，10 年前的 1 元和今天的 1 元，以及 10 年后的 1 元其价值是不同的，它们是不同的商品。如果按年利率 10%计算，20 年后的 1 元其价值只相当于今天的 0.15 元。由此可见，货币具有时间价值，不同时期的货币是不能直接相

加的，也不能直接用票面进行比较的。

投资是现在的或即将到来的收入与当前的支出的交换，这种交换是否有效益就必须考虑货币的时间效应，为此就需要考察项目的投资方式。所谓投资方式这里是指先期资金流量分布方式。举例来说，假设我们对某项目的投资有三种方式可供选择。该项目的使用寿命为 5 年，一次投资总费用均为 10 000 元，并且均可获得总毛利 20 000 元，但这 20 000 元在时间上有不同分布，如表 1.1 所示。那么哪一种方式最好呢？要回答这一问题就要了解影响货币时间价值的重要因素——利率。利率反映了不同时间的货币之间的兑换关系，从而也反映了货币的时间价值。

表 1.1　不同投资方案的毛利分布

年度	方案Ⅰ毛利	方案Ⅱ毛利	方案Ⅲ毛利
1	6 000	1 000	0
2	5 000	9 000	0
3	4 000	2 000	4 000
4	3 000	2 000	6 000
5	2 000	6 000	10 000
总毛利	20 000	20 000	20 000

1.2.1　利息与利率

我们已经知道，不同时间投入(或获得)等量货币，其实际价值是不同的，而利息和利率就是影响或表征货币的时间价值的重要因素。

利息可以从双重意义上理解。它既可以是使用资本的报酬，又可以是投资所得的利润。国家在实行拨改贷政策后，无论是国有的还是私人投资，在作经济评价时都得按借贷方进行研究，利息就起了更广泛的作用。

利息的计算标准是利率。利率的大小是由投资过程中货币数额的增长规律决定的。在实际生活中存在着各种名目的利率，

诸如实际利率、名义利率、税前利率、税后利率、长短期利率等，要根据具体情形确定使用类别。

利率是单位货币的平均增长速度。下面分别考虑时间离散取值和连续取值两种情形进行计算。

(1) 时间离散取值

取 t =0，1，2，…(一般按年计)作为时间单位，t 时刻的投资货币额为 $P(t)$，经 j 时段投资其货币额成为 $P(t+j)$，那么 j 时段货币的平均增长速度为

$$v=\frac{P(t+j)-P(t)}{j}$$

平均利率 i 为

$$i=\frac{v}{P(t)}$$

在单位段时间内，若投资环境变化不大，i 可看做常数，那么

$$i=\frac{P(t+1)-P(t)}{P(t)} \tag{1.1}$$

得到

$$P(t+1)=P(t)(1+i) \tag{1.2}$$

即 1 元本金过一年后成为 $(1+i)$ 元。

(2) 时间连续取值

设 t 为连续变量，那么 t 时刻货币的增长速度为

$$v(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{P(t+\Delta t)-P(t)}{\Delta t}=P'(t)$$

于是

$$i=\frac{P'(t)}{P(t)}=\frac{\mathrm{d}\ln P(t)}{\mathrm{d}t} \tag{1.3}$$

若在 t 到 $t+1$ 时间内仍把 i 看做常数，那么

即
$$P(t)=\mathrm{e}^{it}\,\mathrm{e}^{c} \tag{1.4}$$
$$P(t+1)=\mathrm{e}^{i}\;P(t) \tag{1.5}$$

公式(1.2)和式(1.5)分别为离散时间与连续时间 $P(t)$到 $P(t+1)$的转换公式，当时间范围不长利率又不大时，两者计算结果相差不大，故如不特别规定，以下均按离散时间进行讨论。

不同的投资方式可以有不同的利率，向国家存款或贷款也有利率与利息，国家银行利率高低取决于国家投资的综合效果。此外，利率的大小还要受金融市场上资金供应状况的影响，当供大于求时，利率下降，反之利率上升。利率还与市场物价稳定与否、投资所承担的风险大小以及通货膨胀等各种社会因素有关。

当利率确定后，在一定时间(称为利期内)利息与利率的关系为

利率＝(所得利息额/贷出资金额)×100%

1.2.2　单利与复利

在考虑多期存贷款时，计息方式分为单利与复利两种。计息期又分为按年、按季、按月计息各种方式。我国的个人储蓄以月利率计算。计息方式为单利。在项目投资中当还贷时间较长时多用复利计算。单利和复利计息方式有很大差别，例如 1 元本金，年利率为8%，若按复利计息，30 年后可得本利和 10.06 元，而若按单利计息本利和仅为 3.4 元。

以下为叙述简明起见，用下面各个符号表示指定的含义：

i：每个计息周期的利率；

n：计息期内的计息周期数；

P：本金的现时金额或称现值；

F：从现在起经过 n 个计息周期后的本利和；

I：期末利息值。

(1) 单利

如果计息时只用本金计算利息，不计先期周期中累加的利息，每期结尾支付一次利息。这种计息方式称为单利。所以，单利计息时要付出的利息与借入本金的时间长度成正比，其计息和最终本利和公式为

$$I=P \times n \times i \tag{1.6}$$

$$F=P(1+n\times i)=P+I \tag{1.7}$$

例如，某人以单利方式借入资金 10 000 元，规定年利率为 8%，那么第一年末应归还的利息与本金和为

$I=10\ 000\times1\times0.08=800$ 元；

$F=10\ 000\times(1+0.08\times1)=10.800$ 元。

若上述问题中资金借期为 4 年，每年偿还利息，最后偿还利息和本金，则前 3 年末各偿还利息 800 元，第 4 年末偿还本利和 10 800 元。

(2) 复利

如果每期期末结束时并不支付利息，而是由本金再加上先期利期中累计利息总额之和进行下一期计息，亦即本期利息转为下期的本金。这种计息方式称为复利。复利计算公式为

$$\text{第}\,n\,\text{期末本利和}\,F_n = P(1+i)^n \tag{1.8}$$

$$n\,\text{期末总复利息}\,I_n = P[(1+i)^n-1] \tag{1.9}$$

$$\text{本金}\,P = F_n[\frac{1}{(1+i)^n}] \tag{1.10}$$

例如上例中若借期为 4 年，那么第 4 年末偿还的本利和为 $F_4=10\ 000\times(1+0.08)^4=13\ 604.89$ 元。

1.2.3　名义利率与实际利率

前面给出的利息计算公式一直把计息期按一年来考虑。但实际上计息期可以规定为半年、3 个月或一个月等不同周期。在这种情形下，若我们说年利率为 6%，每半年计息一次，则 6%的年利率实际上是一种“名义利率”，真正有效的是：计息期为 6 个月，利率为 3%。在借贷款业务中常规定一年进行几次利息支付和结账，这些利息还可以再生息。在实际中为了便于计算比较，常需将不同计息期的各项资金，全部转化为相同计息期的实际利率。

假设一年的计息期数为 n，计息期的名义(年)利率为 i'，实际年利率为 i，那么由一年后本利和相同的原则，即

$$P(1+\frac{i'}{n})^n=P(1+i) \tag{1.11}$$

可以得到实际

$$i=[(1+\frac{i'}{n})^n-1]\times 100\% \tag{1.12}$$

例如，贷款 10 000 元年利率为 8%，那么按年计息得到的一年后的本利和为

$$F_1=10\,000(1+0.08)=10\,800\text{ 元}$$

若按月计息，实际年利率应为

$$i=[(i+\frac{0.08}{12})^{12}-1]\times 100\%=8.3\%$$

年末本利和为 10 000(1＋0.083)＝10 830 元。

由此可见当名义利率相同时，不同的计息期实际利率是不同的。由于每期利息还可存入生息，故计息期越短，实际年利率越大。

又例如，银行 3 年期(即计息周期为 3 年)的名义年利率若为 8%，那么实际年利率 i'为

$$P(1+i')^3=P(1+3\times 0.08)$$

得到 $i'=7.43\%$，计息期越长实际年利率越低。

1.2.4 现金流量图

在考察不同投资方案的经济效果时，需要对各种不同支付形式计算利息。为便于研究，通常用现金流量图表示各个方案的现金流出入情形。现金流量图是由一条标有时间尺度的横线和若干条表示现金流量的纵向线段组成。每期收入(现金增加)用画在该期末尾的向上线段表示，其箭头向上。每期支出(现金

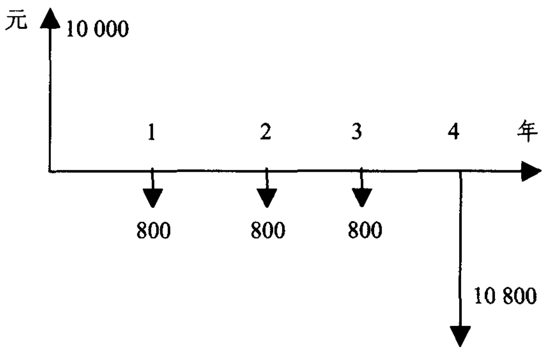


图 1.1　现金流量图

减少)则用带向下箭头的有向线段表示。有向线段长度与现金数量成正比。例如借款 10 000 元，借期 4 年，年利率为 8%，每年偿还利息，第 4 年末偿还本金和利息的现金流量图如图 1.1 所示。

1.3 不同支付形式的现值计算

不同时期的货币由于具有不同的价值，因而不能直接相加

或相减，要进行计算就要把不同时期的货币都换算成现在值，即现值。这里的现值是指做决策的时刻，通常是指投资开始的时刻。那么什么叫做现值呢？现值是指不同时期的货币的价值用现在的 1 元作单位来度量。现值也称净现值(NPV)。下一年 1 元的现值为 $\frac{1}{1+i}$ 元，上一年 1 元的现值为$(1+i)$元。下面对资金的不同支付方式，按复利来计算现值。

1.3.1　一次支付本利和系数与现值系数

设一次投资 P，年利率为 I，n 年后本利和为

$$F=P(1+i)^n \tag{1.13}$$

系数

$$\frac{F}{P}=(1+i)^n=(\frac{F}{P};\ i;\ n) \tag{1.14}$$

称为一次支付本利和系数(或复利系数)，见表 1.2。

若已知 n 年后资本的本利和为 F，则此本利和的现值为

$$P=F[\frac{1}{(1+i)^n}] \tag{1.15}$$

系数

$$\frac{P}{F}=\frac{1}{(1+i)^n}=(\frac{P}{F};\ i;\ n) \tag{1.16}$$

称为本利和的现值系数(见表 1.3，它是表 1.2 的倒数)。

例如，以年复利率 7%投资 10 000 元，到第 4 年末的本利和为 $F=10\,000(1+0.07)^4=13\,110$ 元，反之若要在四年后得到资金 13 110 元，当年复利率为 7%，现在必须投资 $P=\frac{13100}{(1+i)^4}$ $=10\,000$ 元。

表 1.2　本利和系数 $F/P=(F/P;\ i;\ n)$(即 1 元本利和)(复利下)

利率 i / 周期 n	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	12%	14%	15%	16%
1	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.120	1.140	1.150	1.160
2	1.020	1.040	1.061	1.082	1.102	1.124	1.145	1.116	1.186	1.210	1.254	1.300	1.322	1.346
3	1.030	1.061	1.093	1.125	1.158	1.191	1.225	1.260	1.295	1.331	1.405	1.482	1.521	1.561
4	1.041	1.082	1.126	1.170	1.216	1.262	1.311	1.360	1.412	1.464	1.574	1.689	1.749	1.811
5	1.051	1.104	1.159	1.217	1.276	1.338	1.403	1.469	1.539	1.611	1.762	1.925	2.011	2.100
6	1.062	1.126	1.194	1.265	1.340	1.419	1.501	1.587	1.677	1.772	1.974	2.195	2.313	2.436
7	1.072	1.149	1.230	1.316	1.407	1.504	1.606	1.714	1.828	1.949	2.211	2.502	2.660	2.826
8	1.083	1.172	1.267	1.369	1.477	1.594	1.718	1.851	1.993	2.144	2.476	2.853	3.059	3.278
9	1.094	1.195	1.344	1.423	1.551	1.689	1.838	1.999	2.172	2.358	2.773	3.252	3.518	3.803
10	1.105	1.219	1.384	1.480	1.629	1.791	1.967	2.159	2.367	2.594	3.106	3.707	4.046	4.411
11	1.116	1.243	1.326	1.539	1.710	1.898	2.105	2.332	2.580	2.853	3.479	4.226	4.652	5.117
12	1.127	1.268	1.426	1.601	1.796	2.012	2.252	2.518	2.813	3.138	3.896	4.818	5.350	5.926
13	1.138	1.294	1.469	1.665	1.886	2.133	2.410	2.720	3.066	3.452	4.363	5.492	6.153	6.886
14	1.149	1.319	1.513	1.732	1.980	2.261	2.579	2.937	3.342	3.797	4.887	6.261	7.076	7.988
15	1.161	1.346	1.558	1.801	2.079	2.397	2.759	3.172	3.642	4.177	5.474	7.138	8.137	9.266
16	1.173	1.373	1.605	1.873	2.183	2.540	2.952	3.426	3.970	4.595	6.130	8.137	9.358	10.748
17	1.184	1.400	1.653	1.948	2.292	2.693	3.159	3.700	4.328	5.054	6.866	9.276	10.761	12.468
18	1.196	1.428	1.702	2.026	2.407	2.854	3.380	3.996	4.717	5.560	7.690	10.576	12.375	14.463
19	1.208	1.457	1.754	2.107	2.527	3.026	3.617	4.316	5.142	6.116	8.613	12.056	14.232	16.777
20	1.220	1.486	1.906	2.191	2.653	3.207	3.870	4.661	5.604	6.728	9.646	13.743	16.367	19.461
25	1.282	1.641	2.094	2.666	3.386	4.292	5.247	6.848	8.623	10.835	17.000	26.462	32.919	40.874
30	1.348	1.811	2.427	3.243	4.322	5.743	7.612	10.063	13.268	17.449	29.960	50.950	66.212	85.850