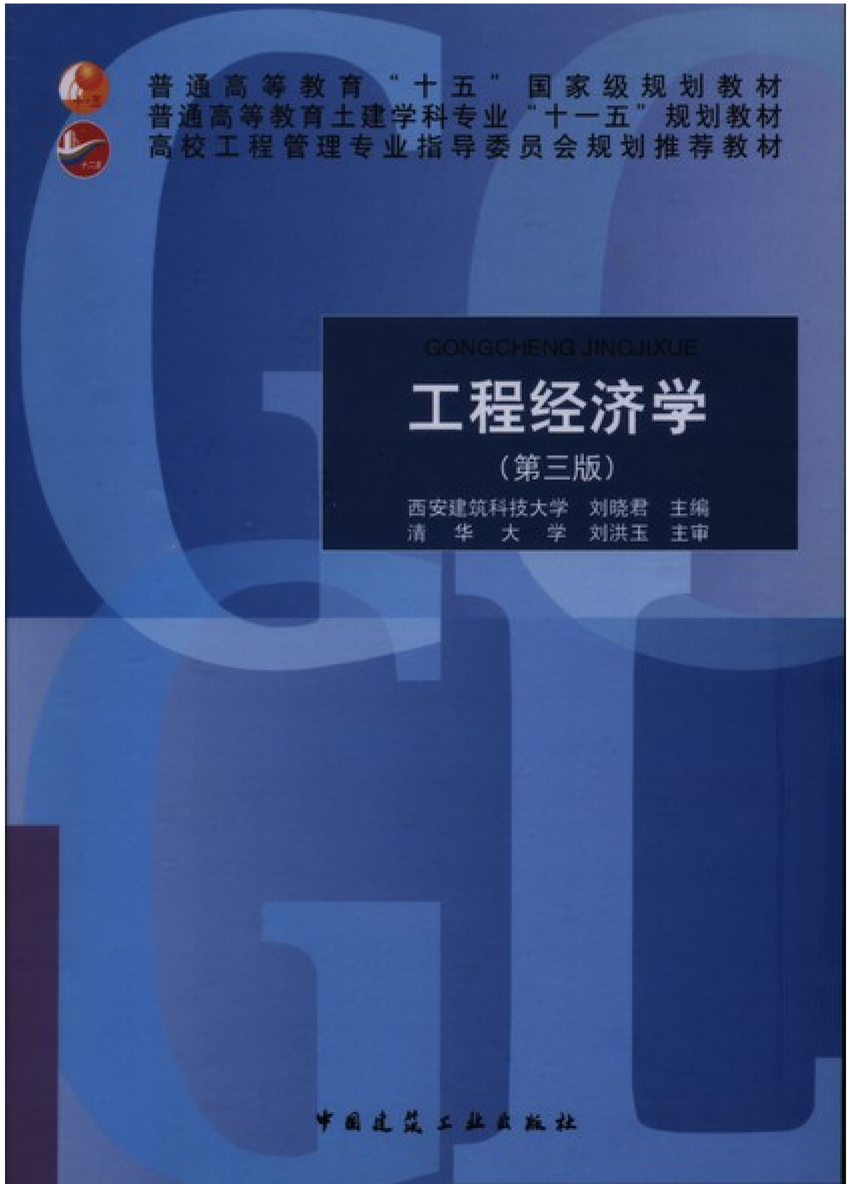
建工学院工程管理

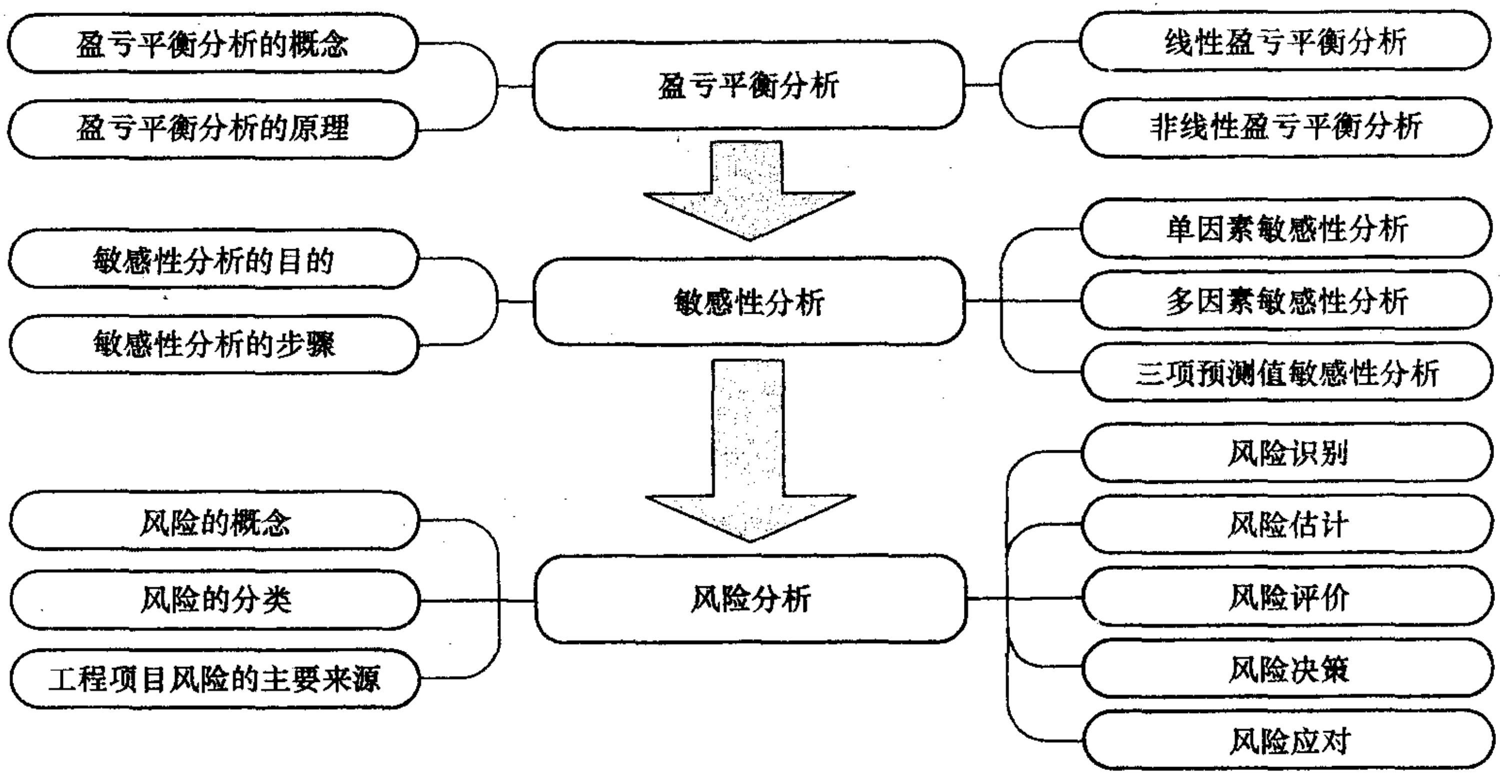


5 工程项目风险与不确定性分析

本章概要

- 通过本章学习，了解不确定分析主要意义，掌握工程项目不确定分析的盈亏平衡分析、敏感性分析和概率分析等三种分析方法。
- 盈亏平衡分析是通过计算项目达产年的盈亏平衡点(BEP)，分析项目成本与收入的平衡关系，判断项目对产出品数量变化的适应能力和抗风险能力。
- 敏感性分析是通过分析不确定性因素发生增减变化，对经济评价指标的影响，计算敏感度系数和临界点，找出敏感因素。
- 概率分析是应用概率的统计方法，确定风险因素的概率分布，计算项目评价指标相应的概率分布或累计概率、期望值、标准差，以此进行风险分析，制定应对风险的措施。

本章知识结构图



盈亏平衡分析的概念
盈亏平衡分析的原理
盈亏平衡分析
线性盈亏平衡分析
非线性盈亏平衡分析
敏感性分析的目的
敏感性分析的步骤
敏感性分析
单因素敏感性分析
多因素敏感性分析
三项预测值敏感性分析
风险的概念
风险的分类
工程项目风险的主要来源
风险分析
风险识别
风险估计
风险评价
风险决策
风险应对

5 工程项目风险与不确定性分析

产生不确定性或风险的原因：

(1) 项目数据的统计偏差
(2) 通货膨胀和物价的变动
(3) 技术进步和生产工艺的变革
(4) 市场情况的变化
(5) 国家宏观经济政策、法规的变化

第 5 章工程项目不确定性分析

不确定性分析：

是指分析和研究对拟建项目具有较大影响的不确定性因素，计算基本变量的增减变化引起项目经济效果评价指标的变化，找出最敏感的因素及其临界点，预测项目可能承担的风险，使项目的投资决策建立在稳妥的基础上

§5-1 盈亏平衡分析

§ 5-1盈亏平衡分析

- 盈亏平衡分析是在一定市场、生产能力及经营管理条件下，通过对产品产量、成本、利润等相互关系的分析，判断企业对市场需求变化适应能力的一种不确定性分析方法。

- 盈亏平衡点是根据项目正常生产年份的产品产量、固定成本、可变成本、产品价格和销售税金及附加等数据计算的收入等于总成本的临界点。

§5-1盈亏平衡分析

一、单方案线性盈亏平衡分析

（一）线性盈亏平衡分析的基本假设

1. 产品的产量等于销售量
2. 项目正常生产年份的总成本可划分为固定成本和可变成本，总成本是产量的线性函数
3. 项目计算期内，产品市场价格、生产工艺、技术装备、管理水平等保持不变，销售收入与产量呈线性关系
4. 只生产单一产品，或生产多种产品可以换算为单一产品

（二）线性盈亏平衡分析基本公式

年营业收入方程： $R=P \cdot Q$

年总成本费用方程： $C=F+V \cdot Q+T \cdot Q$

年利润方程： $B=R-C=(P-V-T) \cdot Q-F$

式中 R— 年总营业收入；

P— 单位产品销售价格；

Q— 项目设计生产能力或年产量；

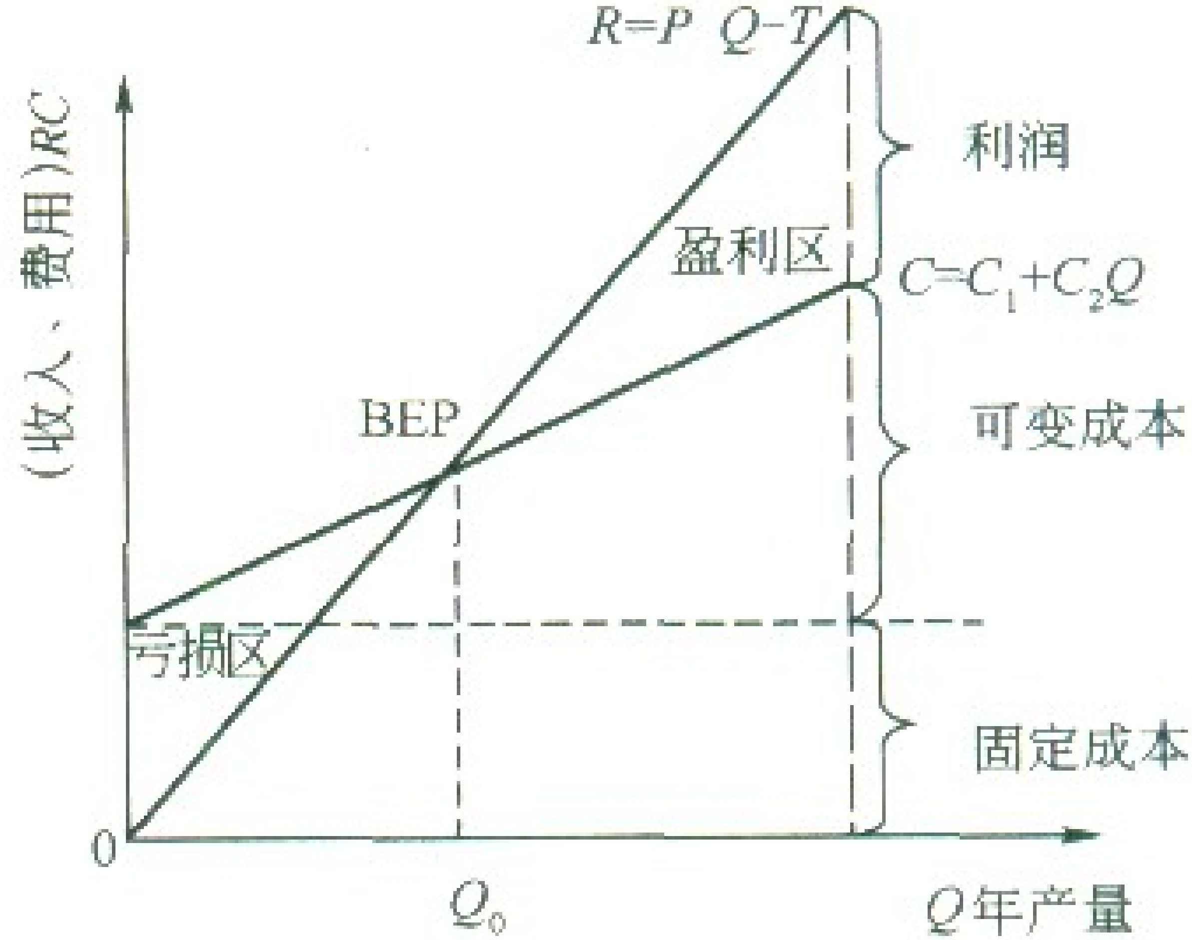
C 一年总成本费用；

F 一年总成本中的固定成本；

V 一单位产品变动成本；

T 一单位产品营业税金及附加；

B— 年利润。



线性盈亏平衡分析图

（二）线性盈亏平衡分析基本公式

年产量的盈亏平衡点： $BEP_Q = \dfrac{F}{P - V - T}$

营业收入的盈亏平衡点：$BEP_R = P \cdot (\dfrac{F}{P - V - T})$

盈亏平衡点的生产能力利用率 :$BEP_Y = \dfrac{BEP_Q}{Q} = \dfrac{F}{(P - V - T) \times Q}$

产品销售价格的盈亏平衡点： $BEP_P = \dfrac{F}{Q} + V + T$

单位产品变动成本的盈亏平衡点：$BEP_V = P - T - \dfrac{F}{Q}$

举例

例题，某厂建设方案预计单位产品变动成本 60 元，售价 150 元，年固定成本 120 万元．问该厂盈亏平衡时的年产量和年销售收入是多少？若年产量达到 30000 件，则盈亏平衡时的生产能力利用率是多少？每年可获利多少？

若再扩建一条生产线，每年增加固定成本 40 万元，可降低单位变动成本 30 元，市场产品售价下降 10%，问该扩建方案是否可行？营业税金及附加忽略不计。

举例（续）

(1) 求盈亏平衡时年产量

$$BEP_Q = \frac{F}{P-V-T} = \frac{1200000}{150-60-0} = 1333(\text{件})$$

(2) 求盈亏平衡时的年销售收入

$$BEP_P = \frac{P \cdot F}{P-V-T} = \frac{150 \times 1200000}{150-60-0} = 200(\text{万元})$$

(3) 求盈亏平衡时生产能力利用率

$$BEP_Y = \frac{BEP_Q}{Q} = \frac{F}{(P-V-T)\times Q} = \frac{1200000}{(150-60-0)\times 30000} = 44.4\%$$

(4) 达到设计生产能力每年可获利

$$B = (150-60-0)\times 30000 - 1200000 = 150(\text{万元})$$

举例(续)

(5) 扩建方案分析

市场价格降低10%后，单位产品售价P=135元/件

减少30元后，变动成本V=30元/件

年固定成本F=120+40=160万元

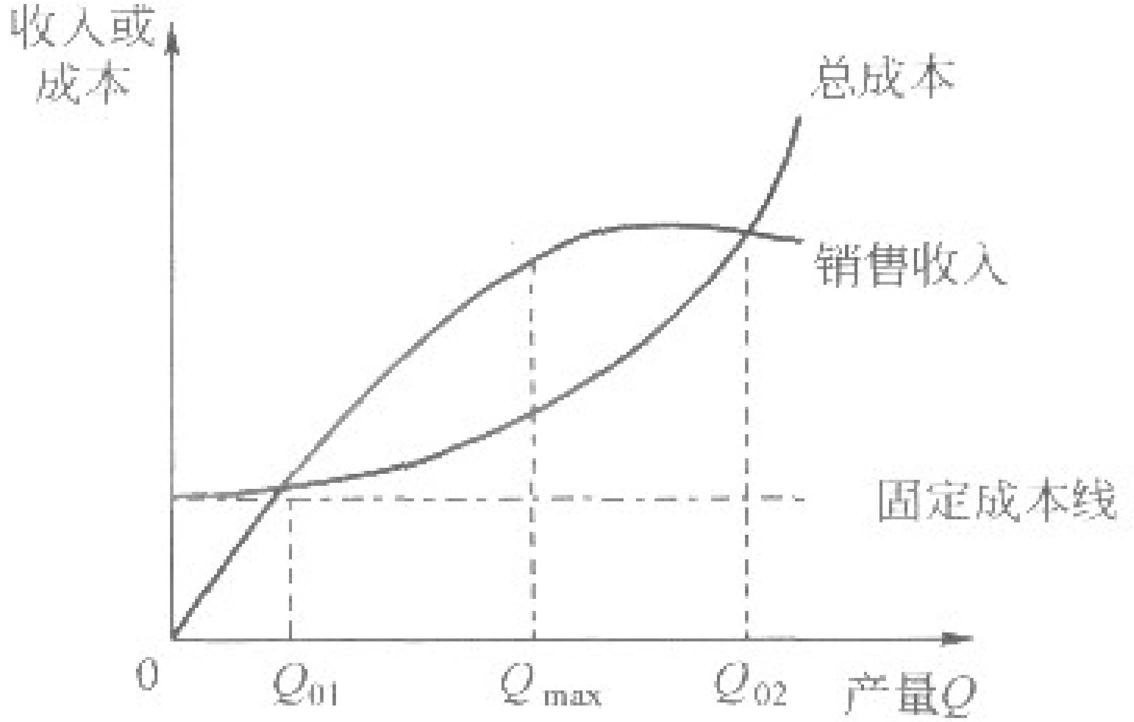
扩建后盈利B1=R-C=30000×(135-30)-1600000=155万元

扩建后比扩建前每年增加利润=155-150=5万元

扩建方案可行

§ 5-1盈亏平衡分析

二、非线性盈亏平衡分析



二、非线性盈亏平衡分析

【例 5-2] 某项目投产以后，它的年固定成本为 66000 元，单位产品变动成本为 28 元，由于原材料整批购买，每多生产一件产品，单位变动成本可降低 0.001 元；售价为 55 元，销量每增加一件产品，售价下降 0.0035 元。

试求盈亏平衡点及最大利润时的销售量。

举例

【解】产品售价 =(55-0.00035Q)

单位产品变动成本 =(28-0.001Q)

(1) 求盈亏平衡点的产量

C(Q)=66000+(28-0.001Q)Q=66000+28Q-0.001Q2

R(Q)=55Q-0.0035Q2

根据盈亏平衡原理：　C(Q)=R(Q)

$$66000+28Q-0.001Q^2=55Q-0.0035Q^2 \qquad 0.0025Q^2-27Q+66000=0$$

$$Q_1=\frac{27-\sqrt{27^2-4\times 0.0025\times 66000}}{2\times 0.0025}=3470(\text{件})$$

$$Q_2=\frac{27+\sqrt{27^2-4\times 0.0025\times 66000}}{2\times 0.0025}=7060(\text{件})$$

举例（续）

（2）求最大利润时的产量 Qmax

由 B=R-C 得

$$B = 0.0025Q^2 - 27Q + 66000$$

令 $B'(Q)=0$ 得：$-0.005Q+27=0$

$Q=5400$（件）

$B''(Q)=-0.005<0$ $Q_{max}=5400$（件）

利润最大时的产量为 5400 件

三、互斥方案的盈亏平衡分析

基本过程：

(1) 确定比较各方案优劣的指标

(2) 各方案的指标值随不确定性因素变化的函数关系

(3) 绘制盈亏平衡分析图，各方案的指标随不确定性因素变化曲线的交点即为方案之间的盈亏平衡点

(4) 根据指标值的最大化（如收益等）或最小化（如费用等）的目标，确定不确定性因素变化的各区域的最优方案的选择

三、互斥方案的盈亏平衡分析

例题，拟建某工程项目，有三种技术方案可供采纳，每一方案的产品成本表，试比较三个方案。

成本数据表

方案	A	B	C
产品可变成本（元/件）	50	20	10
产品固定成本（元）	1500	4500	16500

举例

【解】设 Q 为预计产量，各方案成本费用方程为：

$$C=VQ+F$$

CA=50Q+1500（件）

CB=20Q+4500（件）

CC=10Q+16500（件）

令 CA=CB　　　QAB=100

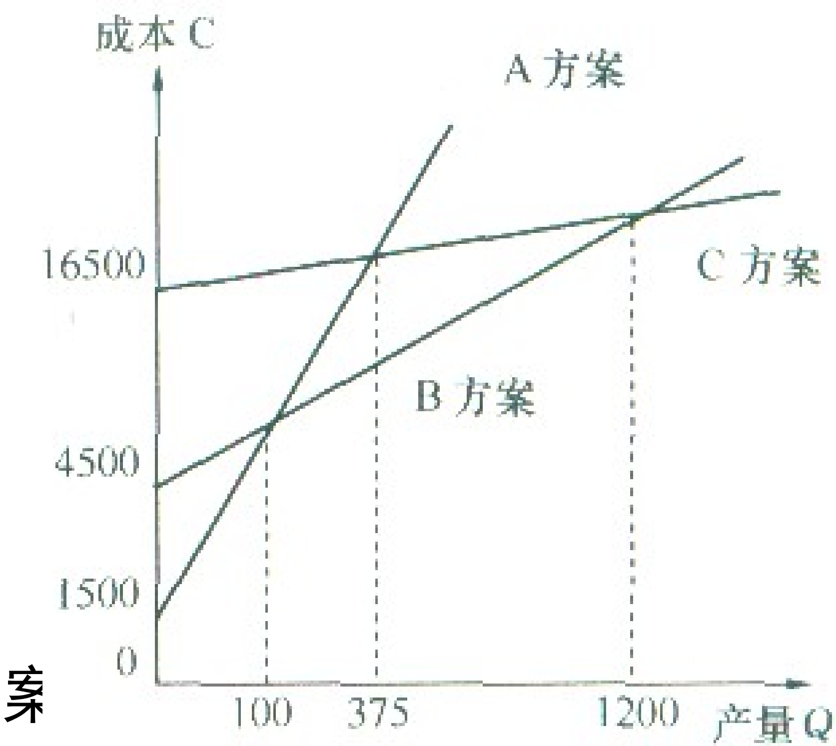
令 CB=CC　　　QBC=1200

令 CA=CC　　　QAC=375

产量小于 **100 件**时，A 方案优

产量为 **100～1200 件**时，B 方案

产量大于 **1200 件**时，C 方案优



§ 5-1盈亏平衡分析

盈亏平衡分析法缺点：

1. 是建立在产量等于销售量的基础之上的，即产品能全部销售完而无积压
2. 所用的一些数据是以类似工厂正常生产年份的历史数据修正得出的，其精确程度是不高的

因此，盈亏平衡分析法适用于现有项目短期分析

§ 5-2 敏感性分析

§5-2敏感性分析

- 敏感性分析是分析各种不确定性因素在一定幅度变化时，对方案经济效果的影响程度。
- 如果引起的变化幅度很大，说明方案经济效果对这个变动的因素是敏感的；如果引起的变动幅度很小，就说明方案经济效果对它是不敏感的。
- 通过敏感性分析，可以找出敏感因素，分析经济效果对该因素的敏感程度，分析该因素达到临界值时项目的承受能力。
- 敏感性分析：单因素敏感性分析和多因素敏感性分析

§5-2敏感性分析

一、敏感性分析一般程序

(1) 选定需要分析的不确定因素
(2) 确定进行敏感性分析的经济评价指标
(3) 计算因不确定因素变动引起的评价指标的变动值
(4) 计算敏感度系数并对敏感因素进行排序
(5) 计算变动因素的临界点

二、单因素敏感性分析

【例 5-5 】设某项目基本方案的基本数据估算值如表，试进行敏感性分析（基准收益率 i_c=8 %）。

基本方案的基本数据估算表

因素	建设投资 I（万元）	年营业收入 R（万元）	年经营成本 C（万元）	期末残值 L（万元）	寿命 n（年）
估算值	1500	600	250	200	6

【解】

(1) 以年营业收入 R 、年经营成本 C 和建设投资 I 为拟分析的不确定因素

(2) 选择内部收益率为评价指标

(3) 作出本方案现金流量表如表所示

举例（续）

基本方案的现金流量表　　单位：万元

年份	1	2	3	4	5	6
1. 年现金流入		600	600	600	600	600
1.1 年营业收入		600	600	600	600	600
1.2 期末残值回收						200
2. 现金流出	1500	250	250	250	250	250
2.1 建设投资	1500					
2.2 年经营成本		250	250	250	250	250
3. 净现金流量	-1500	350	350	350	350	350

$$-1500\times(1+IRR)^{-1}+(600-250)\times\sum_{t=2}^{5}(1+IRR)^{-t}+(600-250+200)\times(1+IRR)^{-6}=0$$

举例（续）

$$-1500\times(1+IRR)^{-1}+(600-250)\times\sum_{t=2}^{5}(1+IRR)^{-t}+(600-250+200)\times(1+IRR)^{-6}=0$$

采用试算法得：

NPV(i=8%)=31.08（万元）>0

NPV(i=9%)=-7.92（万元）<0

采用线性内插法可求得：

$$IRR=8\%+\frac{31.08}{31.08+7.92}(9\%-8\%)=8.79\%$$

举例（续）

(4) 计算营业收入、经营成本和建设投资变化对内部收益率的影响

因素变化对内部收益率的影响　　表 5-4

内部收益率% 变化率 / 不确定因素	−10%	−5%	基本方案	+5%	+10%
营业收入	3.01	5.94	8.79	11.58	14.30
经营成本	11.12	9.96	8.79	7.61	6.42
建设投资	12.70	10.67	8.79	7.06	5.45

举例（续）

(5) 计算方案对各因素的敏感度

$$\beta = \frac{\text{评价指标变化的幅度(\%)}}{\text{不确定因素变化的幅度(\%)}}$$

$$\text{年营业收入平均敏感度} = \frac{(14.30-3.01)\div 8.79}{20\%} = 6.42$$

$$\text{年营业成本平均敏感度} = \frac{\left|6.42-11.12\right|\div 8.79}{20\%} = 2.67$$

$$\text{建设投资平均敏感度} = \frac{\left|5.45-12.70\right|\div 8.79}{20\%} = 4.12$$

内部收益率对年营业收入变化的反应最为敏感

三、双因素敏感性分析

【例 5-6 】某项目有关数据如表所示。如果可变因素为初始投资与年收入，并考虑它们同时发生变化，试通过净年值指标对该项目进行敏感性分析。

数据表

指标	初始投资	寿命	年收入	年支出	残值	折现率
估计值	10000 元	5 年	5000 元	2200 元	2000 元	8%

【解】令 x 和 y 分别为初始投资和年收入变化百分数

$$NAV=-10000(1+x)(A/P,8\%,5)+5000(1+y)-2200+2000(A/F,8\%,5)\geqslant 0$$

$$636.32-2504x+5000y\geqslant 0$$

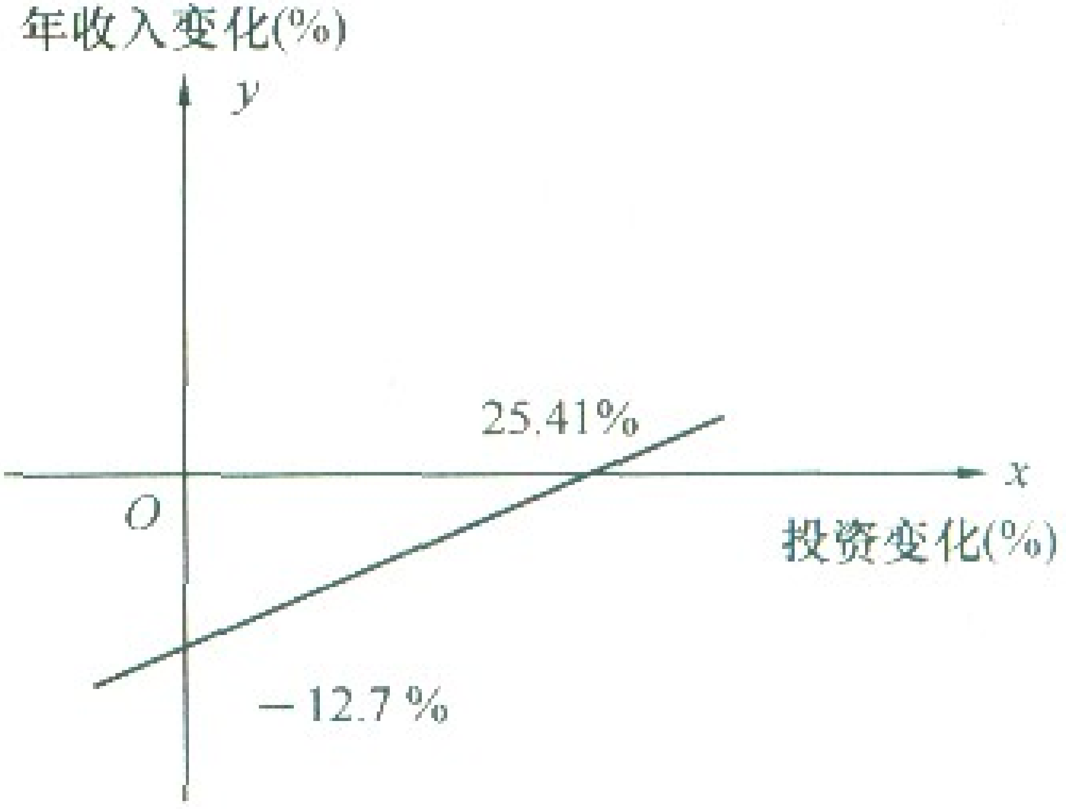


图 5-6　双因素变化敏感性分析图

§ 5-3 风险分析

§ 5-3 风险分析

一、风险的概念

1. 风险的概念

风险，是相对于预期目标而言，经济主体遭受损失的不确定性。

风险是可测定的不确定性

2. 风险管理

风险识别 → 风险估计 → 风险评价 → 风险决策 →

风险应对

§5-3风险分析

二、概率分析

（一）基本概念

概率分析是利用概率研究和预测不确定因素对项目经济评价指标影响的一种定量分析方法。

具体讲：

通过研究各种不确定因素发生变动的概率分布及其对方案经济效果的影响，对方案的净现金流及经济效果评价指标做出某种概率描述，对方案的风险情况做出比较准确的判断。

§ 5-3风险分析

（二）概率分析一般步骤

(1) 选择需分析的不确定因素并确定其可能变动范围

(2) 预测各不确定因素发生变化的概率，每个不确定因素可能发生变化的概率之和等于 1

(3) 分别求出各不确定因素发生变化时，各状态发生的概率和相应状态下净现值，计算净现值的期望值

(4) 求出净现值大于或等于零的累计概率

(5) 对概率分析结果做出说明

举例

【例 5-9 】某项目的技术方案在其寿命期内可能出现的五种状态的净现金流量及其发生的概率见表，假定各年份净现金流量之间互不相关，基准折现率为 10 %，求 (1) 方案净现值的期望值、方差、均方差； (2) 方案净现值大于等于零的概率；(3) 方案净现值大于 1750 万元的概率。

不同状态概率及净现金流量　　单位：百万元

年度末	S1	S2	S3	S4	S5
	P1=0. 1	P2=0. 2	P3=0. 4	P4=0. 2	P5=0. 1
0	-22. 5	-22. 5	-22. 5	-24. 5	-27
1	0	0	0	0	0
2-10	2. 45	3. 93	6. 90	7. 59	7. 79
11	5. 45	6. 93	9. 90	10. 59	10. 94
NPV	-7. 76	0. 51	17. 10	18. 70	17. 62

举例(续)

解:(1) 对于状态S1 ,净现值计算

NPV(1)=-22.5+2.45(P/A,10 %,9)(P/F,10 %,1)+5.45(P/F,10 %,11)

=-22.5+2.45×5.759×0.9091+5.45×0.3505=-7.76(百万元)

E(NPV)=∑NPV(j)×Pj

=0.1×(-7.76)+0.2×0.51+0.4×17.1+0.2×18.7+0.1×17.62

=11.67(百万元)

D(NPV)=∑[NPV(j)-E(NPV)]2×Pj

=[(-7.76)-11.67]2×0.1+(0.51-11.67)2×0.2+(17.1-11.67)2×0.4+(18.7-11.67)2×0.2+(17.62-11.67)2×0.1

=87.87

$$\sigma(NPV)=\sqrt{D(NPV)}=9.37(\text{百万元})$$

举例（续）

(2) 方案净现值大于等于零的概率为：

P(NPV≥0)=0.2+0.4+0.2+0.1=0.9

(3) 方案净现值大于等于 17.5 百万元的概率为：

P(NPV≥17.5 百万元)=0.2+0.1=0.3

例题，设在例 5-9 中方案净现值服从均值 11.67 百万元、均方差为 9.37 百万元的正态分布，试求（1）方案净现值大于等于零的概率；（2）方案净现值大于 1750 万元的概率。

解：任何一个服从一般正态分布随机变量 X～N（μ，σ2）转换成标准正态分布 N（0，1），转换公式为：

$$Z=\frac{X-\mu}{\sigma}$$

Z 是一个服从标准正态分布随机变量，即 Z～（0，1）

$$P(a\le X\le b)=\phi(\frac{b-\mu}{\sigma})-\phi(\frac{a-\mu}{\sigma})$$

$$P(X\le x)=\phi(\frac{x-\mu}{\sigma})$$

举例（续）

对于服从标准正态分布的随机变量Z，设其分布函数为φ(Z)，则标准正态变量在任何一个区间上概率表示为：

(1) P(a≤Z≤b)=φ(b)-φ(a)　　**(3)** P(Z＜-a)=φ(-a)

(2) P(|Z|≤a)=2φ(a)-1　　**(4)** (-Z)=1-φ(Z)

$$P(NPV \geq 0) = 1 - P(NPV < 0) = 1 - \Phi(\frac{0 - 11.67}{9.37})$$

$$= 1 - [1 - \Phi(1.25)] = 0.8944$$

$$P(NPV \geq 17.5) = 1 - P(NPV < 17.5) = 1 - \Phi(\frac{17.5 - 11.67}{9.37})$$

$$= 1 - \Phi(0.62) = 0.2676$$

谢谢同学们！

The End

建工学院工程管理