



## 第五章 风险与不确定性分析



1

**盈亏平衡分析**

2

**敏感性分析**

3

**风险分析**



# 一、盈亏平衡分析

## 基本假设

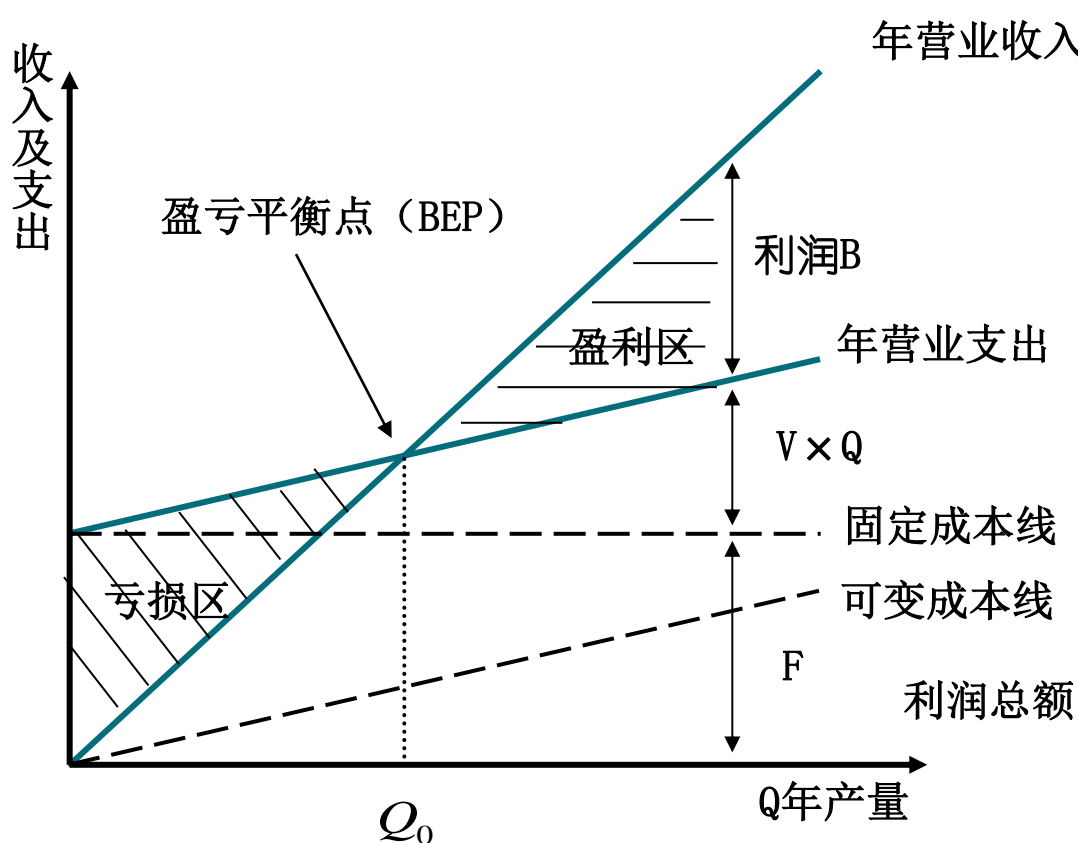
生产能力与市场销售量相等

单位产品的可变成本不随产量变化而变动

单位产品的销售单价不随产量变化而变动

生产的各类产品可以换算为单一产品计算

# 一、盈亏平衡分析



线性盈亏平衡分析图

$$R = P \times Q$$

涨价还是降价?

$$C = V \times Q + F + t \times Q$$

$$= F + Q(V + t)$$

$$B = R - C$$

$$= P \times Q - V \times Q - F - t \times Q$$



# 一、盈亏平衡分析

## 2. 基本公式

营业收入方程：

$$R = P \times Q$$

营业支出方程：  $C = F + V \times Q + t \times Q = F + (V + t) \times Q$

利润总额为B时：  $B = R - C = P \times Q - F - V \times Q - t \times Q = (P - V - t) \times Q - F$

$$(P - V - t) \times Q - F = 0$$

利润总额B为0时：

$$Q = \frac{F}{P - V - t}$$



当B=0时：由上式得到盈亏平衡时的年产量

$$BEP_Q = \frac{F}{P - V - t}$$

涨价还是降价？  
创新为什么很重要。

R—年营业收入

P—单位产品销售价格，定价取决于价格的需求弹性、替代弹性。

Q—项目设计生产能力或年产量

C—年营业支出

V—单位产品变动成本

F—总成本费用中的固定成本

B—年利润总额

t—单位产品营业税金



# 一、盈亏平衡分析

## 3. 盈亏平衡分析的应用（线性盈亏平衡分析）

(1) 平衡点营业收入 
$$BEP_R = P \times \frac{F}{P - V - t}$$

(2) 盈亏平衡点的生产能力利用率

$$BEP_Y = \frac{F}{(P - V - t) Q_0}$$

(3) 经营安全率

$$BEP_S = 1 - BEP_Y$$

经营安全率一般不应小于25%；即平衡点的生产能力利用率一般不应大于75%。



# 一、盈亏平衡分析

## (4) 产品销售价格的盈亏平衡点

$$BEP_P = \frac{F}{Q_0} + V + t$$





# 一、盈亏平衡分析

## 4. 非线性盈亏平衡分析

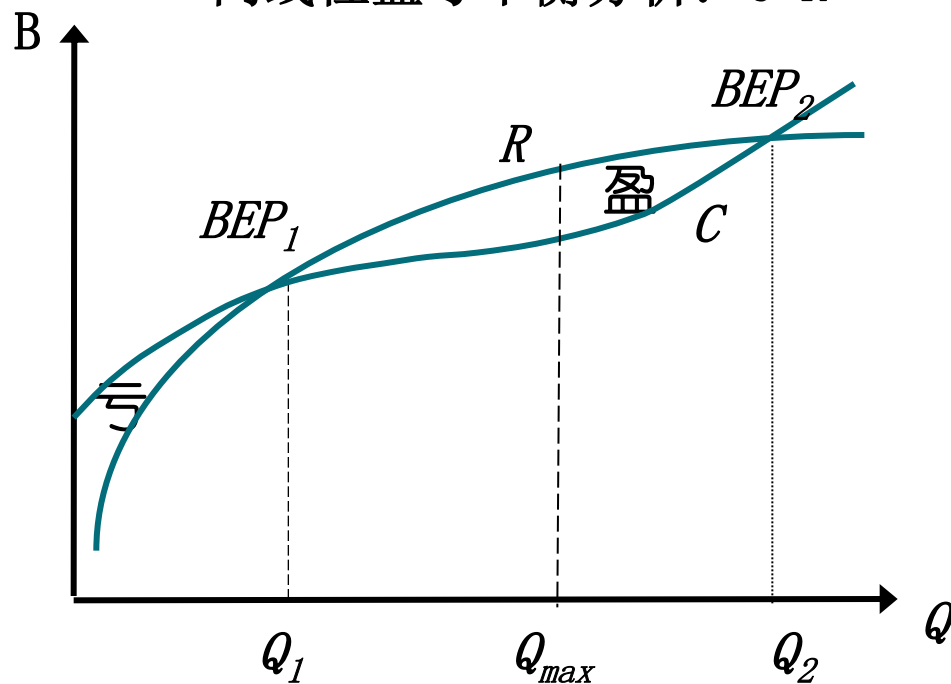
### 4.1 产生原因

在垄断竞争条件下，项目产量增加导致市场上产品价格下降，同时单位产品的成本也会**增加或减少**，则营业收入和成本与产销量间可能是非线性的关系。

# 一、盈亏平衡分析

## 4.2 非线性盈亏平衡分析的原理

同线性盈亏平衡分析： $C=R$



$Q_{max}$ ——最优产量，即企业按此产量组织生产会取得最佳效益 $R_{max}$



# 一、盈亏平衡分析

## 5. 互斥方案的盈亏平衡分析

原理：

对若干互斥方案进行比选时，如有某个共同的不确定性因素影响互斥方案的取舍时，可先求出两两方案的盈亏平衡点（BEP），再根据BEP进行取舍。

# 一、盈亏平衡分析

【例】拟建某项目，有三种技术方案可供采纳，每一方案的产品成本见下表，试比较三个方案的优劣。

解：设 $Q$ 为预计产量，各方案的成本费用方程为：

$$C = VQ + F$$

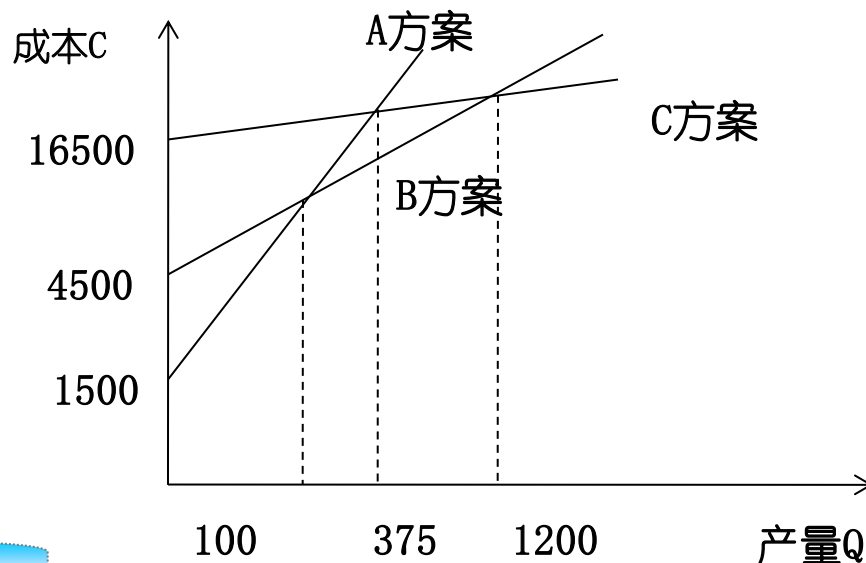
$$C_A = 50Q + 1500 \text{ (件)}$$

$$C_B = 20Q + 4500 \text{ (件)}$$

$$C_C = 10Q + 16500 \text{ (件)}$$

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

- 令 $C_A = C_B$  求得  $Q_{AB} = 100$
- 令 $C_B = C_C$  求得  $Q_{BC} = 1200$
- 令 $C_A = C_C$  求得  $Q_{AC} = 375$



本节结束

1

盈亏平衡分析



2

敏感性分析

3

风险分析

## 二、敏感性分析

### 敏感性 定义

敏感性分析指影响方案的因素中，一个或几个估计值发生变化时，引起方案经济效果的相应变化，以及变化的敏感程度。

### 敏感性分析分类

#### 单因素敏感性分析

每次只变动一个参数而其他参数不变的敏感性分析方法



#### 多因素敏感性分析

同时考虑各种因素可能发生的不同变动幅度的多种组合，分析其对方案经济效果的影响程度。

分析各种变化因素对方案经济效果影响程度的工作称为敏感性分析



## 二、敏感性分析

### 3. 多因素敏感性分析

单因素敏感性分析忽略了因素之间的相关性。实际上，一个因素的变动往往也在伴随着其他因素的变动，多因素敏感性分析考虑了这种相关性，因而能反映几个因素同时变动对项目产生的综合影响。

#### 基本思路

分析各变动因素的各种可能的变动组合，每次改变全部或若干个因素进行敏感性计算。



## 二、敏感性分析

### 4. 三项预测值敏感性分析

多因素敏感性分析要考虑可能发生的多种因素不同变动幅度的多种组合，计算起来要比单因素敏感性分析复杂得多。当分析的不确定因素不超过三个，且指标计算比较简单时，可以采用三项预测值敏感性分析。

#### 基本思路

对技术方案的各种参数分别给出三个预测值（估计值），即悲观的预测值P，最可能的预测值M，乐观的预测值O，根据这三种预测值即可对技术方案进行敏感性分析并作出评价。





## 二、敏感性分析

【例】拟建某项目方案，0年总投资、计算期、年营业收入、年营业支出如下表所示，试就计算期、年营业收入、年营业支出三项因素按最有利、很可能和最不利三种情况，进行净现值敏感性分析。基准收益率为8%。单位：万元。  
当所有因素都按最有利情况发生时，

因素	总投资	计算期	年营业收入	年营业支出
最有利 (O)	15	18	11	2
很可能 (M)	15	10	7	4.3
最不利 (P)	15	8	5	5.7

$$NPV = (11 - 2) \times (P/A, 8\%, 18) - 15 = 9 \times 9.372 - 15 = 69.35$$

$$NPV = (5 - 5.7) \times (P/A, 8\%, 18) - 15 = -0.7 \times 9.372 - 15 = -21.56$$

## 二、敏感性分析

### 各种因素可能状态组合的净现值计算结果

年营业收入	年营业支出								
	O			M			P		
	计算期								
	O	M	P	O	M	P	O	M	P
O	69.35	45.39	36.72	47.79	29.89	23.50	34.67	20.56	15.46
M	31.86	18.55	13.74	10.3	3.12	0.52	-2.82	-6.28	-7.53
P	13.12	5.13	2.24	8.44	-10.30	-10.98	-21.56	-19.70	-19.00

- ①从表中可知，净现值的不确定性很大。
- ②净现值大于零的次数为**19**次，概率为 **$19/27=70\%$** 。
- ③净现值小于零的次数为**8**次，概率为 **$8/27=30\%$** 。
- 不确定分析的结果为该项目比较安全。

1

盈亏平衡分析

2

敏感性分析

3

风险分析

## ※3 风险分析

### 三、风险估计

#### (1) 离散概率分布

当变量可能值为有限个数，这种随机变量称为离散随机变量，其概率密度为间断函数。在此分布下累计概率为： $P = \sum_{i=1}^n p_i = 1$

指标期望值为：

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i$$

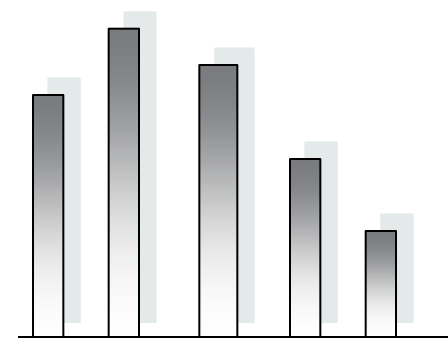
式中： $\bar{x}$ 为指标的期望值； $p_i$ 为第*i*种状态发生的概率； $x_i$ 为第*i*种状态下的指标值； $n$ 为可能的状态数。

指标的方差D为：

$$D = \sum_{i=1}^n P_i (x_i - \bar{x})^2$$

指标的均方差（或标准差） $\sigma$ 为

$$\sigma = \sqrt{D}$$



注：P106 例5-8

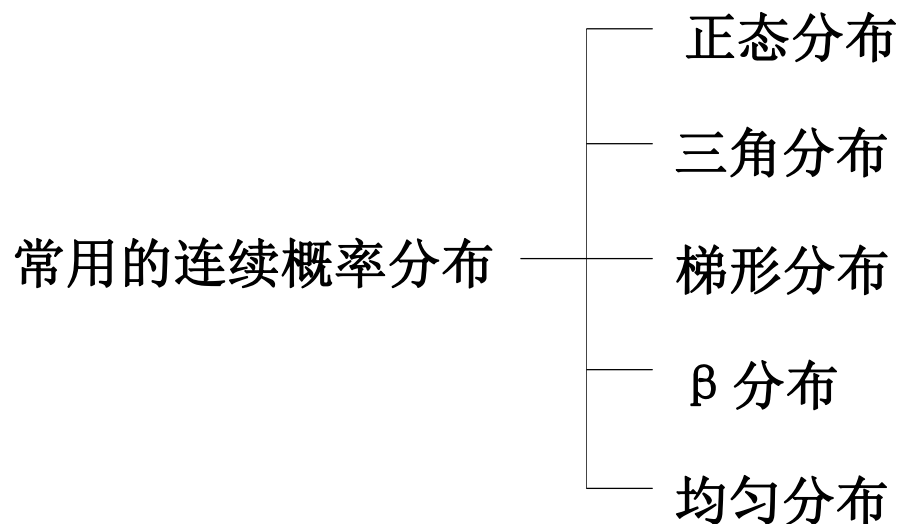


## ※3 风险分析

### 三、风险估计

#### (2) 连续概率分布

当一个变量的取值范围为一个区间，这种变量称为连续变量，其概率密度分布为连续函数。对工程建设项目的投资、工期、收入、成本等因素比较适合于连续概率分布。



## ※3 风险分析

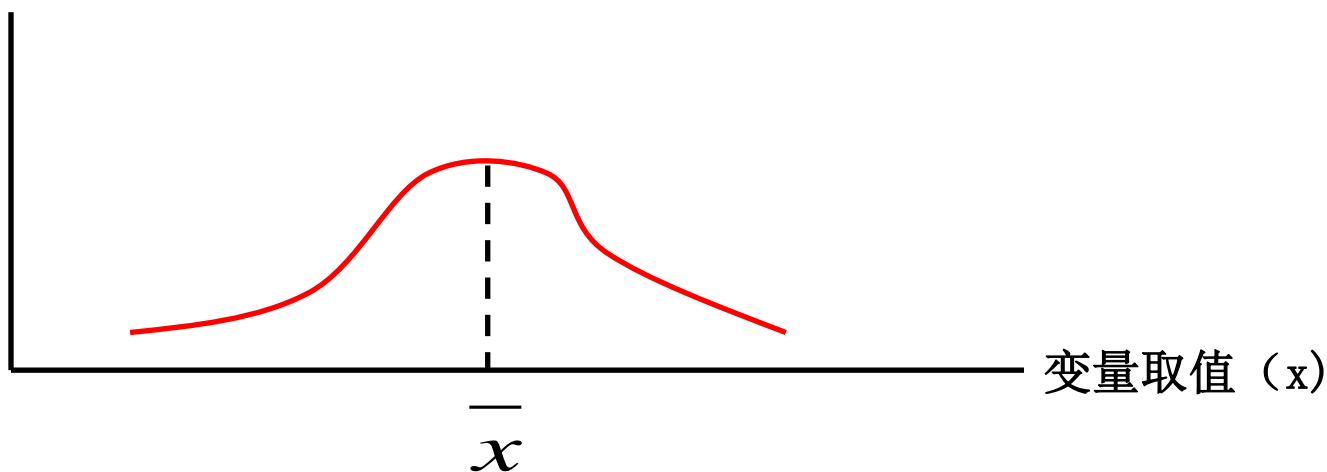
### 三、风险估计

#### ① 正态分布

正态分布是一种最常用的概率分布，特点是密度函数以均值为中心对称分布。

概率密度

正态分布概率密度图



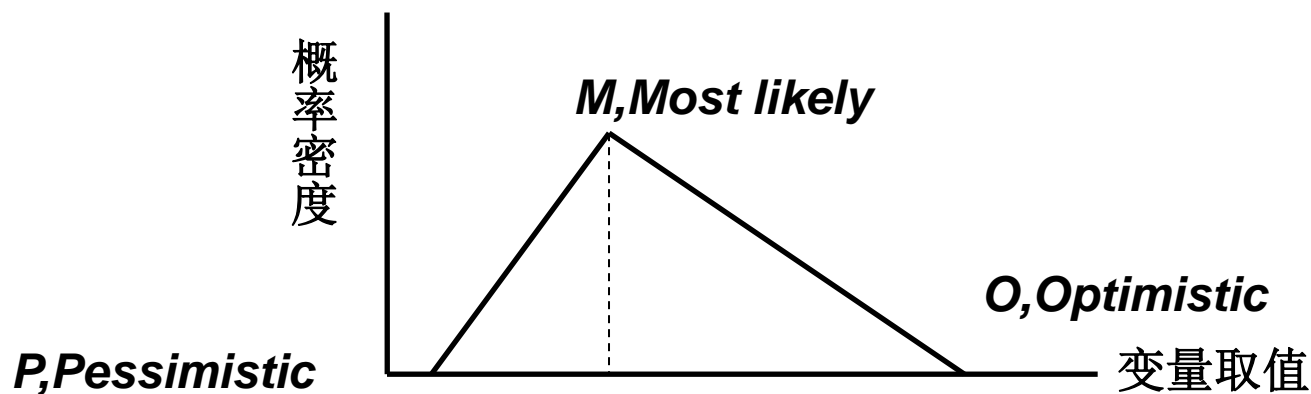
正态分布适用于描述一般经济变量的概率分布，如销售量、售价、产品成本等。

## ※3 风险分析

### 三、风险估计

#### ② 三角分布

三角分布的特点是密度函数由悲观值、最可能值和乐观值构成的对称的或不对称的三角型。



三角分布概率密度图

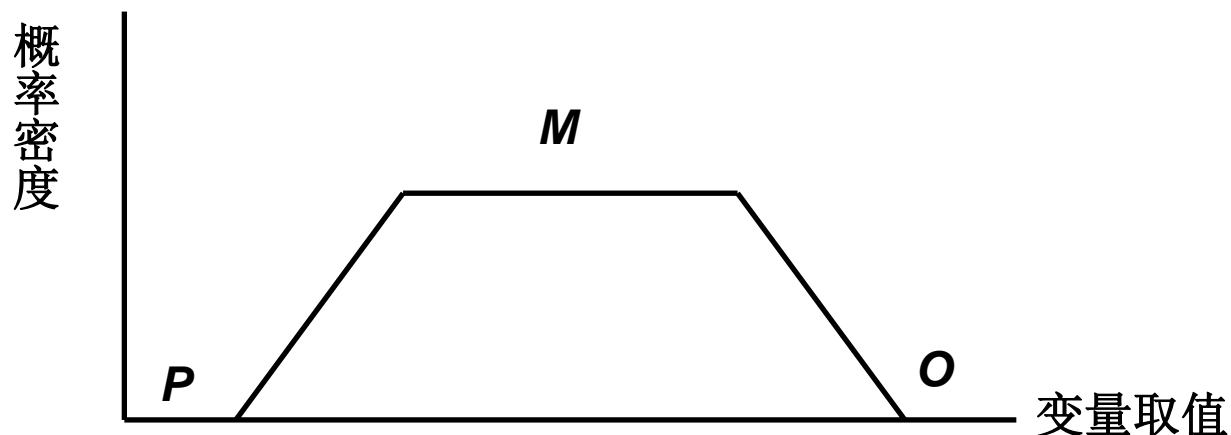
三角分布适用于描述工期、投资等不对称分布的输入变量，也可用于描述产量、成本等对称分布的输入变量

## ※3 风险分析

### 三、风险估计

#### ③ 梯形分布

梯形分布是三角分布的特例，在确定变量的乐观值和悲观值后，对最可能值却难以判定，只能确定一个最可能值的范围，这时可用梯形分布描述，如估计旧设备的处置价。



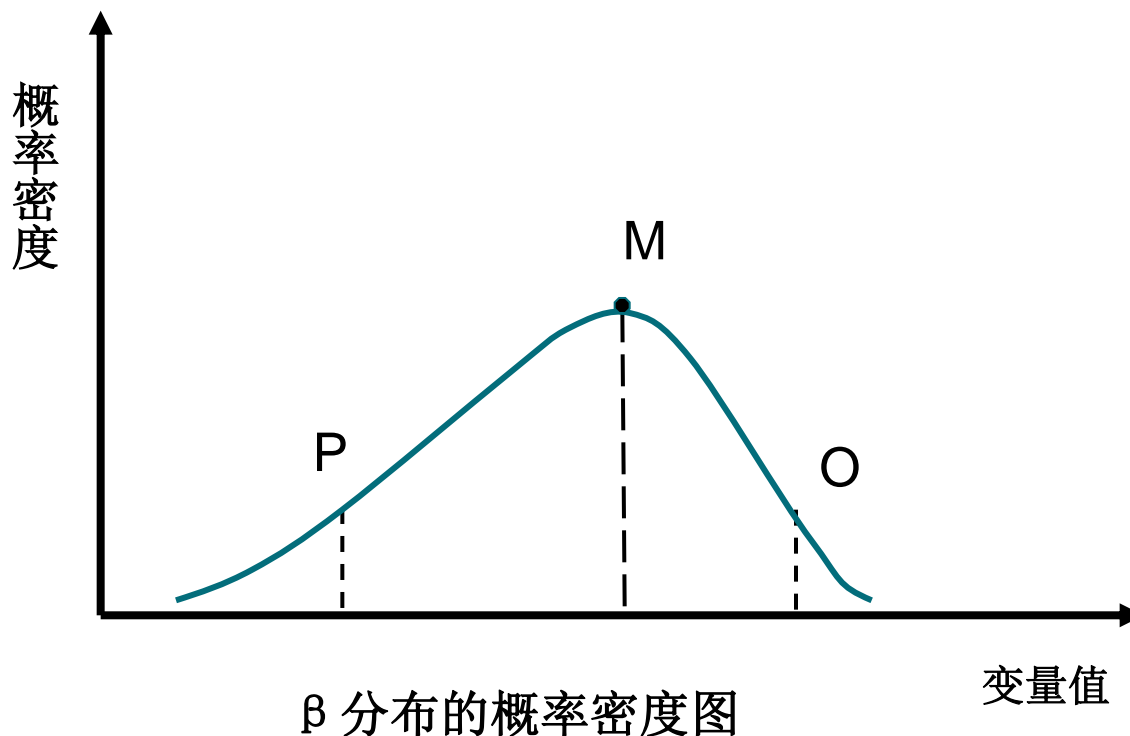
梯形分布概率密度图



## ※3 风险分析

### 三、风险估计

④  $\beta$  分布 对参数作出三种估计值：悲观值P、最可能值M、乐观值O



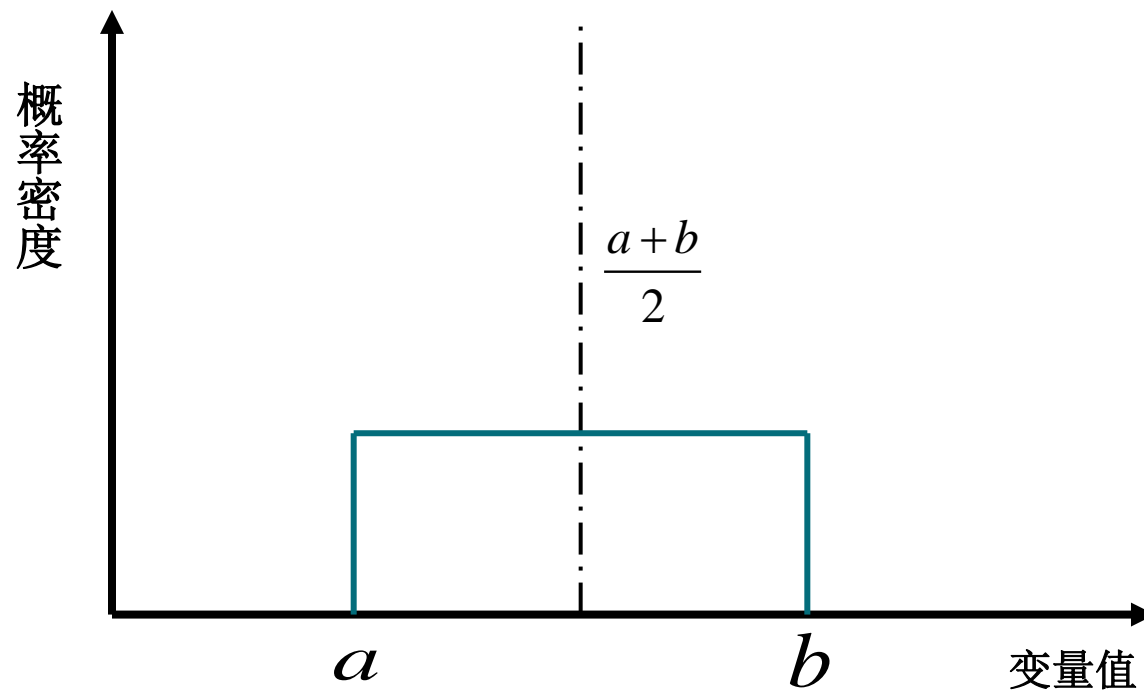
$\beta$  分布适用于描述工期等不对称分布的变量。

## ※3 风险分析

### 三、风险估计

#### ⑤ 均匀分布

$a$ 、 $b$ 分别为指标值的最小值和最大值

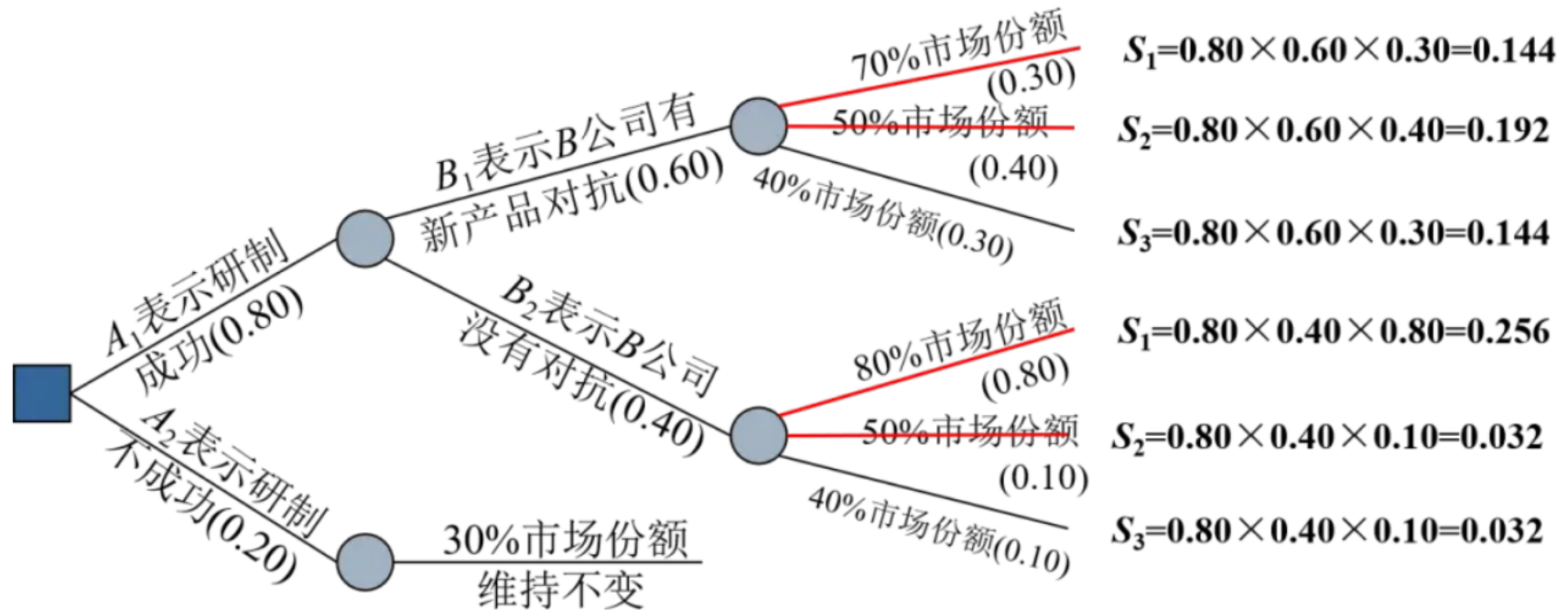


均匀分布概率密度图

# ※3 风险分析

## 三、风险估计

### (3) 概率树分析



## ※3 风险分析

【例】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下表，假定基准收益率为10%，求（1）方案净现值的期望值、方差和标准差；（2）方案净现值大于等于0的概率；（3）方案净现值大于17.5万元的概率。  
单位：万元。

状态	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>
年份	P <sub>1</sub> =0.1	P <sub>1</sub> =0.2	P <sub>1</sub> =0.4	P <sub>1</sub> =0.2	P <sub>1</sub> =0.1
0	-22.5	-22.5	-22.5	-24.75	-27
1	0	0	0	0	0
2~10	2.45	3.93	6.90	7.59	7.79
11	5.45	6.95	9.90	10.59	10.94
NPV	-7.76	0.51	17.10	18.70	17.62

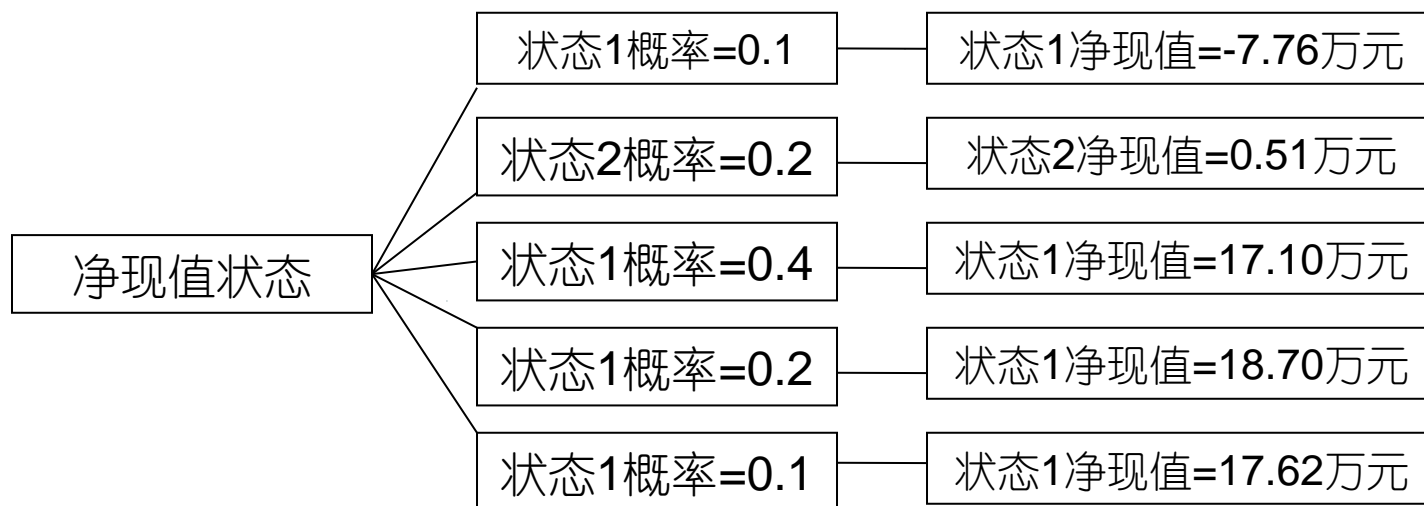
解（1）：方案的期望值= $0.1 \times (-7.76) + 0.2 \times (0.51) + 0.4 \times (17.1) + 0.2 \times (18.7) + 0.1 \times 17.62 = 11.67$

方案的方差= $[(-7.76) - 11.67]^2 \times 0.1 + (0.51 - 11.67)^2 \times 0.2 + (17.1 - 11.67)^2 \times 0.4 + (18.7 - 11.67)^2 \times 0.2 + (17.62 - 11.67)^2 \times 0.1 = 87.88$

方案的均方差=9.37

## ※3 风险分析

解（2）：方案净现值的概率树如下图所示。



$$p(NPV \geq 0) = 0.2 + 0.4 + 0.2 + 0.1 = 0.9$$

解（3）：方案净现值大于17.5万元的概率为

$$p(NPV \geq 17.5) = 0.2 + 0.1 = 0.3$$

【例】某商品住宅小区项目现金流量的估计值如下表1所示，根据经验判断，营业收入和开发成本为离散型随机变量，其值在估计值的基础上可能发生的变化及其概率见表2。试确定该项目净现值大于零及大于或等于3000万元的概率。基准收益率为12%。

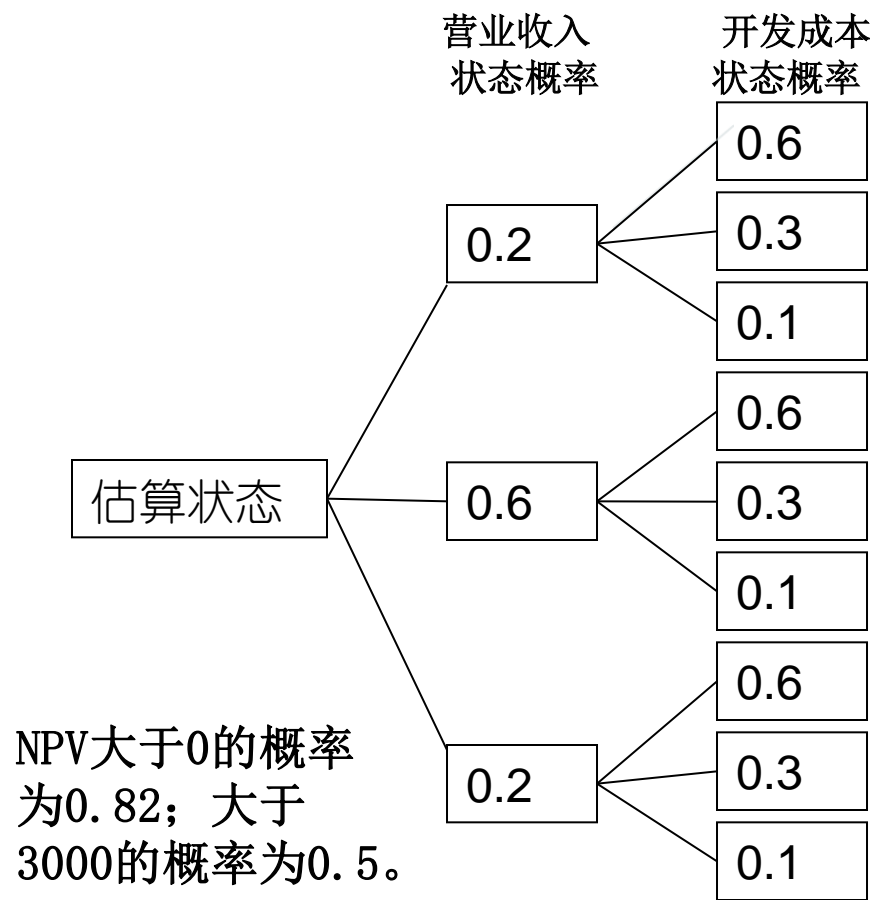
表1                      基本方案的因素估计                      单位：万元

年份	1	2	3
营业收入	857	7143	8800
开发成本	5888	4873	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-5087	1806	7604

表2      不确定因素的变化范围及概率

	-20%	0	+20%
营业收入	0.2	0.6	0.2
开发成本	0.1	0.3	0.6

解：项目净现金流量未来可能发生的9种状态如下图所示。



可能状态 (j)	可能状态 (p <sub>j</sub> )	NPV <sub>j</sub> (万元)	p <sub>j</sub> *NPV <sub>j</sub> (万元)
1	0.12	-2062.87	-247.54
2	0.06	-234.5	-14.07
3	0.02	1593.88	31.88
4	0.36	481.77	173.44
5	0.18	2310.14	415.83
6	0.06	4138.52	248.31
7	0.36	3396.31	1222.67
8	0.06	4854.78	291.29
9	0.02	6683.16	133.66
合计	1.00		2255.47

状态1    NPV= -2062.87

年份	1	2	3
营业收入	$857 \times 0.8 = 685.6$	$7143 \times 0.8 = 5714.4$	$8800 \times 0.8 = 7040$
开发成本	$5888 \times 1.2 = 7065.6$	$4873 \times 1.2 = 5847.6$	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-6436	-597.2	5844

状态2    NPV= -234.5

年份	1	2	3
营业收入	$857 \times 0.8 = 685.6$	$7143 \times 0.8 = 5714.4$	$8800 \times 0.8 = 7040$
开发成本	5888	4873	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-5258.4	377.4	5844



状态3 NPV=1593.88

年份	1	2	3
营业收入	$857 \times 0.8 = 685.6$	$7143 \times 0.8 = 5714.4$	$8800 \times 0.8 = 7040$
开发成本	$5888 \times 0.8 = 4710.4$	$4873 \times 0.8 = 3898.4$	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-4080.8	1352	5844

状态4 NPV=481.77

年份	1	2	3
营业收入	857	7143	8800
开发成本	$5888 \times 1.2 = 7065.6$	$4873 \times 1.2 = 5847.6$	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-6264.6	831.4	7604

状态 5      NPV= 2310.14

年份	1	2	3
营业收入	857	7143	8800
开发成本	5888	4873	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-5087	1806	7604

状态 6      NPV=4138.52

年份	1	2	3
营业收入	857	7143	8800
开发成本	$5888 \times 0.8 = 4710.4$	$4873 \times 0.8 = 3898.4$	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-3909.4	2780.6	7604

状态 7

NPV=3396.31

年份	1	2	3
营业收入	$857 \times 1.2 = 1028.4$	$7143 \times 1.2 = 8571.6$	$8800 \times 1.2 = 10560$
开发成本	$5888 \times 1.2 = 7065.6$	$4873 \times 1.2 = 5847.6$	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-6093.2	2724	9396

状态 8

NPV=4854.78万元

年份	1	2	3
营业收入	$857 \times 1.2 = 1028.4$	$7143 \times 1.2 = 8571.6$	$8800 \times 1.2 = 10560$
开发成本	5888	4873	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-4915.6	3234.6	9396

状态 9      NPV= 6683.16

年份	1	2	3
营业收入	$857 \times 1.2 = 1028.4$	$7143 \times 1.2 = 8571.6$	$8800 \times 1.2 = 10560$
开发成本	$5888 \times 0.8 = 4710.4$	$4873 \times 0.8 = 3898.4$	0
营业税金	56	464	1196
净现金流量	-3738	4209.2	9364