

# 期权定价模型

## 在部分金融工具评估中的应用

主讲人：赵强

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月



## 课程简介

- 本课程介绍了采用期权定价模型的适用前提及适用条件，详细介绍的Black-Scholes模型的种类，包括看涨期权模型、看跌期权模型以及部分奇异期权模型，包括两点式期权模型和障碍式期权模型等，最后本课程介绍了采用Black-Scholes模型评估限制流通股、股份支付、可转债以及优先股等四种常见的金融工具公允价值的实际操作模式及相关案例分析。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 教师简介

# 赵强

- 资深资产评估师

- 北京中同华资产评估有限公司高级合伙人

- 社会兼职：

中国资产评估协会评估准则技术委员会委员、中国资产评估协会无形资产专业委员会委员、中国资产评估协会资深会员；中国人民大学、河北大学、北京工商大学、中央财经大学、首都经济贸易大学、中央财经大学等多所院校评估专业硕士校外导师

- 研究方向：

企业价值评估、无形资产评估、财务报告目的评估等

不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 学习目标

- 1、了解Black-Scholes模型及其适用前提；
- 2、了解Black-Scholes模型及相关参数含义，相关变异模型，包括两点式期权模型、障碍期权模型；
- 3、了解Black-Scholes模型在限制流通股、股份支付、可转债以及优先股公允价值评估中的应用；
- 4、学会通过Black-Scholes模型特征图形及特征函数方式将复杂期权模型进行拆解的方法及技巧；

不做假账  
半路筑基  
二零一四年四月

# 主要内容

一 期权定价模型适用前提

二 期权及Black-Scholes模型介绍

三 限制流通股、股票期权公允价值评估

四 可转债公允价值评估

五 优先股公允价值评估

不做假账  
朱镕基  
二〇一四年四月

# 第一部分

## 期权定价模型 适用前提



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

# 一、预期收益折现理论假设及适用前提

- 1. 收益折现价值理论是建立在资本资产定价模型 (Capital Asset Pricing Model or CAPM) 基础上的:

$$R_e = R_f + \beta \times ERP + R_s \quad (\text{扩展型})$$

式中:  $R_e$  : 股权回报率;

$R_f$  : 无风险回报率;

$\beta$  : 风险系数;

ERP : 股权市场超额回报率;

$R_s$  : 公司特有风险超额回报率;

不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

# 一、预期收益折现理论假设及适用前提

## ●2. 资本资产定价模型假设及适用前提

资本资产定价模型把“有效”的市场作为分析的前提，是建立在马科威茨模型基础上的，其假设前提包括：

- 1) 投资者希望财富越多愈好，效用是财富的函数，财富又是投资收益率的函数，因此可以认为效用为收益率的函数；
- 2) 投资标的的投资收益率的概率分布服从为正态分布；
- 3) 投资风险用投资收益率的方差或标准差标识；
- 4) 影响投资决策的主要因素为期望收益率和风险两项；
- 5) 投资者都遵守效益最大化原则，即同一风险水平下，选择收益率较高的证券；同一收益率水平下，选择风险较低的证券；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

# 一、预期收益折现理论假设及适用前提

## ●2.资本资产定价模型假设及适用前提

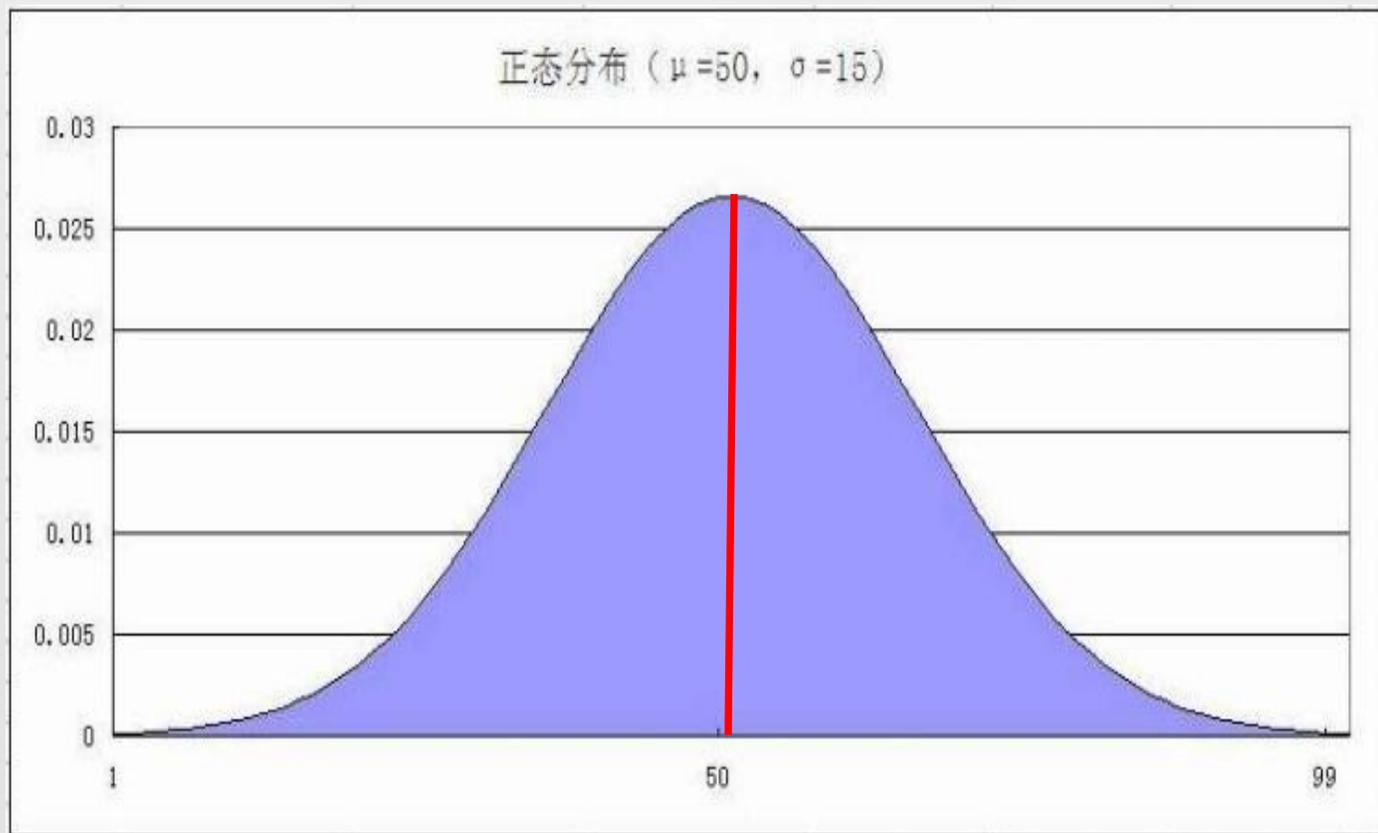
- 6) 可以在无风险收益率的水平下无限制地借入或贷出资金;
- 7) 所有投资者对证券收益率概率分布的看法一致, 因此市场上的效率边界只有一条;
- 8) 所有投资者具有相同的投资期限, 而且只有一期;
- 9) 所有的证券投资可以无限制地细分, 在任何一个投资组合里可以含有非整数股份;
- 10) 买卖证券时没有税负及交易成本;
- 11) 所有投资者可以及时免费获得充分的市场信息;
- 在上述假设前提中最重要的一条是: 投资标的的投资收益率的概率分布服从为正态分布。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

# 一、预期收益折现理论假设及适用前提

- 正态分布函数图形：



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

# 一、预期收益折现理论假设及适用前提

- 3. 由于标的资产投资收益率的概率服从正态分布，因此存在对称中心 $\mu$ ，我们可以预测其均值 $\mu$ ，这种预测属于无偏估计，以方差 $\sigma$ 估计其实现的风险；
  - 对于投资收益率的概率服从正态分布的标的资产，这种估算是最为合理的！！

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、期权定价理论假设及适用前提

- 1. 期权定价理论主要是建立在Black-Scholes模型基础上的，Black-Scholes模型是建立在以下假设基础上的：

- (1) 股票价格是一个随机变量服从对数正态分布；
- (2) 在期权有效期内，无风险利率是恒定的；
- (3) 市场无摩擦，即不存在税收和交易成本，所有证券完全可分割；
- (4) 该期权是欧式期权，即在期权到期前不可实施；
- (5) 不存在无风险套利机会；
- (6) 证券交易是持续的；
- (7) 投资者能够以无风险利率借贷；

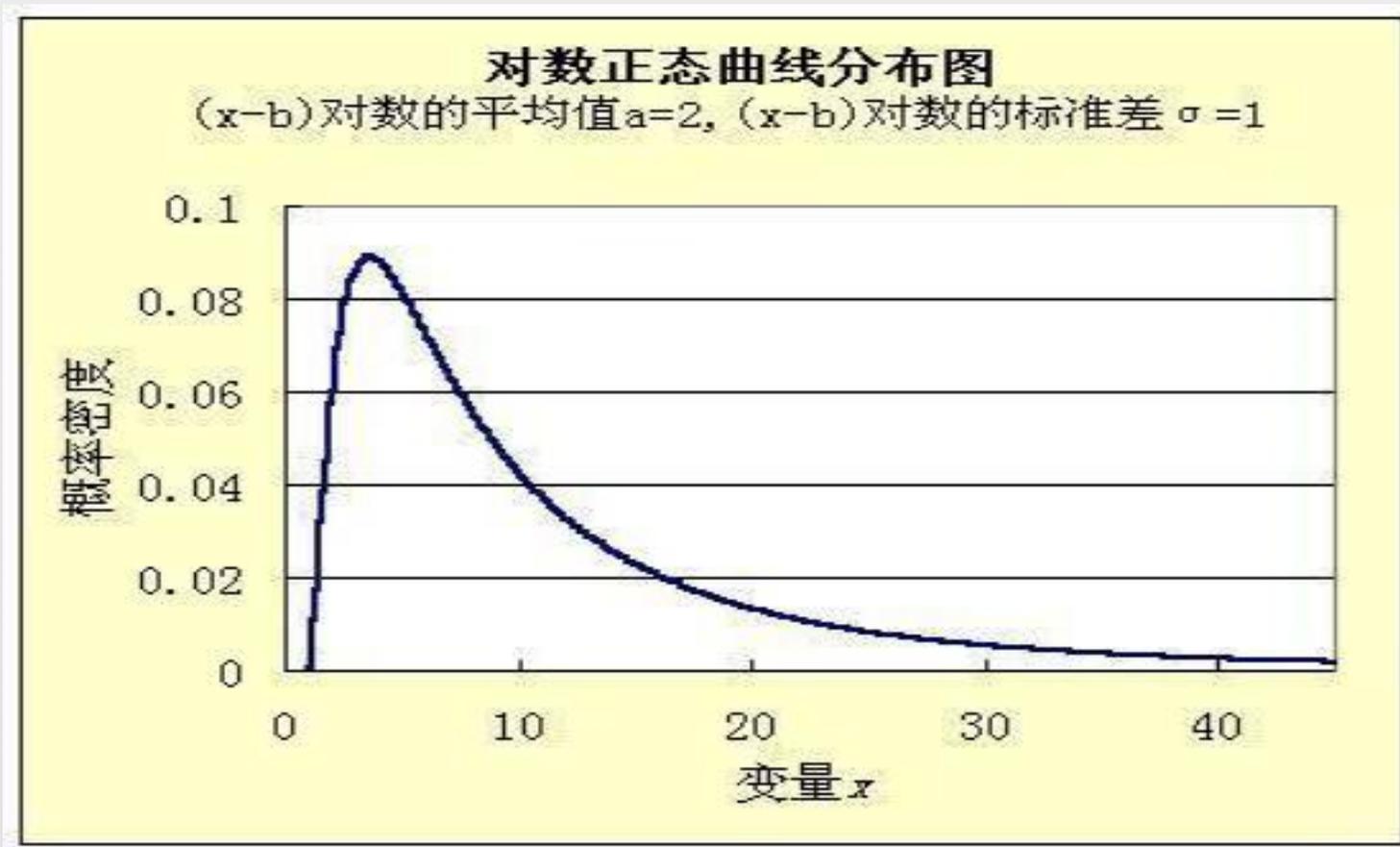
- B-S模型假设股票价格是一个随机变量 $\xi$ ，并且服从一个对数正态分布：

$$f(x) = e^{\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{d_n} e^{-\frac{x^2}{2}} dx\right)}$$

不做假账  
半路基金  
二零一四年四月

## 二、期权定价理论假设及适用前提

- 对数正态函数分布图:



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、期权定价理论假设及适用前提

●2.由于对数正态分布没有对称中心，即预测其均值不是一个无偏估计，也无法采用方差计量其风险，因此对于投资收益率概率不服从正态分布的资产，无法采用预期收益折现理论评估其价值！

- 投资收益率概率服从对数正态分布的资产不能采用收益折现方式估算其价值；
- 投资收益率概率服从其他分布函数的（只要不是正态分布函数），理论上说都是不能采用预期收益折现方式估算其价值，需要采用期权定价理论估算其价值！！

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

### 三、常见的无法采用预期收益折现评估的资产类型说明

- 1. 股票期权：其投资收益率概率服从对数正态分布；
- 2. 或有资产：其投资收益率的概率由两部分组成，其一是从或有演变为确定资产的风险，其二是确定资产的预期收益风险，因此这两部分风险组合在一起，其概率分布不再服从正态分布；
- 3. 在建资产或准备新建资产：在建资产或准备新建的资产与建成资产相比较，其存在一个建设风险，因此如果建成资产的投资收益率概率分布被认定是服从正态分布，则在建资产的投资收益率概率分布一定不服从正态分布；

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

### 三、常见的无法采用预期收益折现评估的资产类型说明

- 4. 涉及预期汇率的评估（汇率掉期合约等）：汇率的变化涉及两种货币，这种资产收益率概率一定不能服从正态分布，因此不能采用预期收益折现方式评估；
- 5. 优先股：优先股的投资收益率概率分布也是不能服从正态分布的，因此原则上也是不能简单采用预期收益折现方式评估其价值。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## ■ 四、几种资产是否可以采用预期收益折现方式评估的讨论

1. 初创时期的企业价值;
2. 已经完成注册、审批程序, 但是尚未投入使用的无形资产。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 第二部分

# 期权及Black-Scholes 模型介绍



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

# 一、期权 (Option)的概念

- 期权属于金融衍生产品的范畴，它与期货、掉期等共同组成当今社会上主要的金融衍生产品；
- 期权是一种选择权，期权持有者拥有在约定期限以约定价格（或称敲定价格）向期权提供者购买或售出某种资产（基础资产）的权利，而且期权持有者可以选择执行或不执行这种权利；
- 期权是可以买或卖基础资产的一种权利，期权的价值不是基础资产的价值；
- 期权一般分为看涨期权和看跌期权。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 二、看涨期权

- 看涨期权实际就是当标的资产的价格 $S_T$ 高于约定的行权价 $X$ 时，期权拥有人就会行权，按行权价 $X$ 买入标的资产，这时由于 $S_T \geq X$ ，因此期权拥有者可以获利 $S_T - X$ ，反之当标的资产价格 $S_T < X$ 时，权利人不会行权，这时期权价值就是0，上述情况可以用以下函数表述：

$$F(S_T) = \begin{cases} S_T - X & S_T \geq X \\ 0 & S_T < X \end{cases}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 二、看涨期权

- 如果设 $S_T$ 是股票在T时刻的价值，则看涨期权的价格应该可以用下列函数表述：

$$F(S_T) = \begin{cases} S_T - X & S_T \geq X \\ 0 & S_T < X \end{cases}$$

- 如果 $S_T$ 是一个随机变量，满足 $S_T \geq X$ 的概率为P，则满足 $S_T < X$ 的概率就是1-P，这样投资者获利的数学期望值就是：

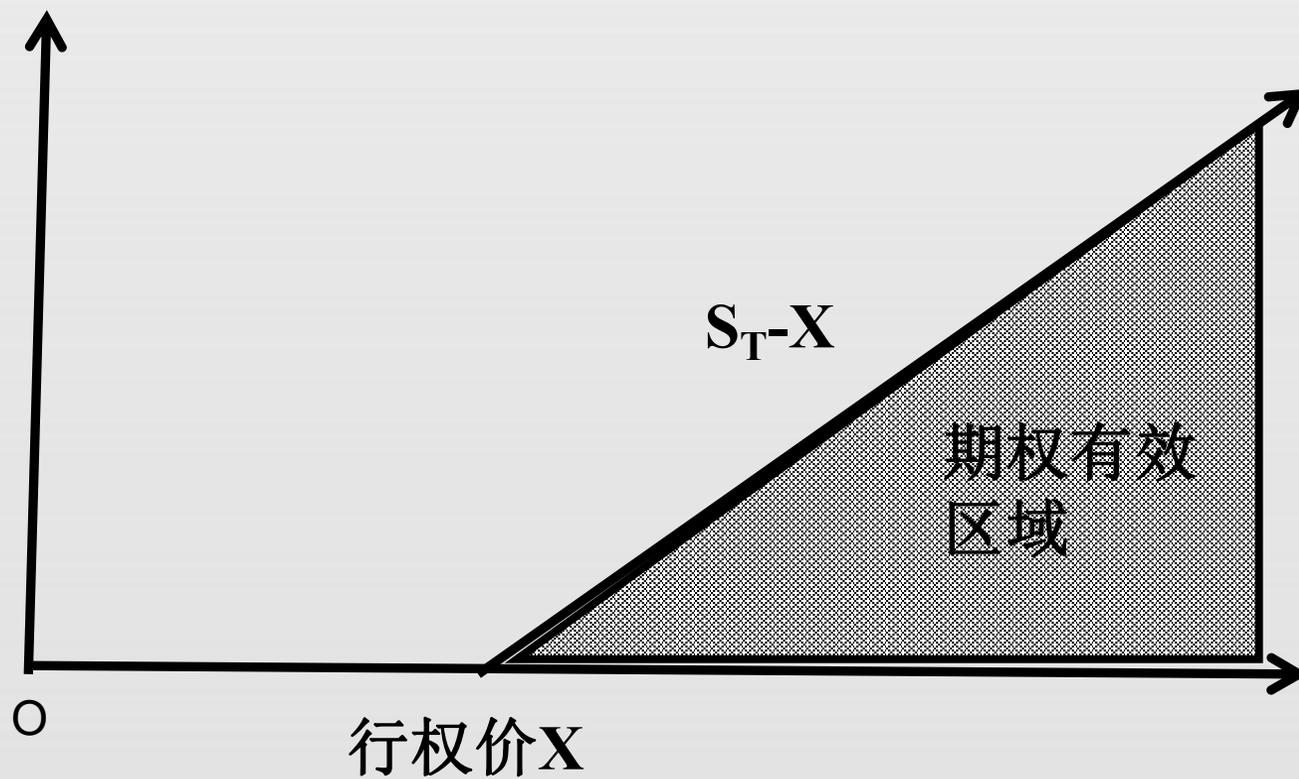
$$E(S_T) = (S_T - X) \times P + 0 \times (1 - P)$$

这就是看涨期权C的价值估算

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 二、看涨期权

- 看涨期权函数曲线



不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

### 三、看跌期权

- 看跌期权实际就是当标的资产的价格 $S_T$ 低于约定的行权价 $X$ 时，期权拥有人就会行权，按行权价 $X$ 卖出标的资产，这时由于 $S_T \leq X$ ，因此期权拥有者按 $X$ 价卖出标的资产，还可以按 $S_T$ 再买回标的资产，这样就可以获利 $X - S_T$ ，反之当标的资产价格 $S_T > X$ 时，权利人不会行权，这时期权价值就是0，上述情况可以用以下函数表述：

$$F(S_T) = \begin{cases} X - S_T & S_T \leq X \\ 0 & S_T > X \end{cases}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、看跌期权

- 对于看跌期权P:

$$F(S_T) = \begin{cases} 0 & S_T \geq X \\ X - S_T & S_T < X \end{cases}$$

- 如果满足 $S_T < X$  的概率为 $P$ , 则满足 $S_T \geq X$ 的概率就是 $1 - P$ , 这样投资者获利的数学期望值就是:

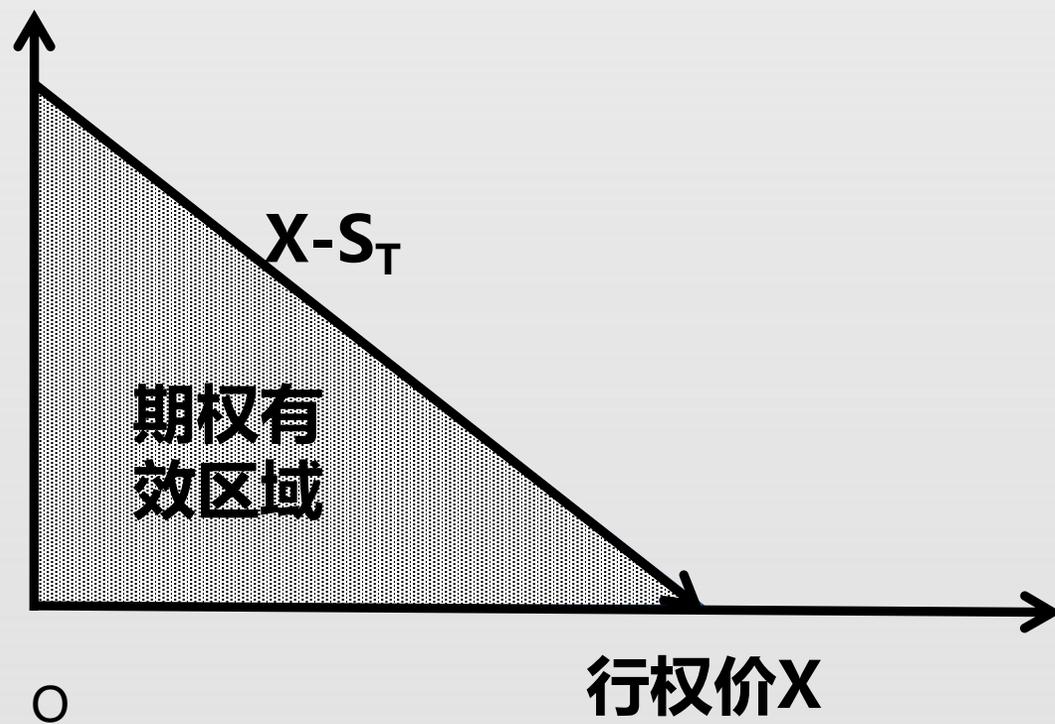
$$E(S_T) = (X - S_T) \times P + 0 \times (1 - P)$$

这就是看跌期权P的价值估算。

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、看跌期权

- 看跌期权函数曲线：



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 四、两点式期权 (Binary Option)

- 所谓两点式期权就是具有不连续收益的期权，典型的例子就是现金或无值 (Cash-or-Nothing) 期权

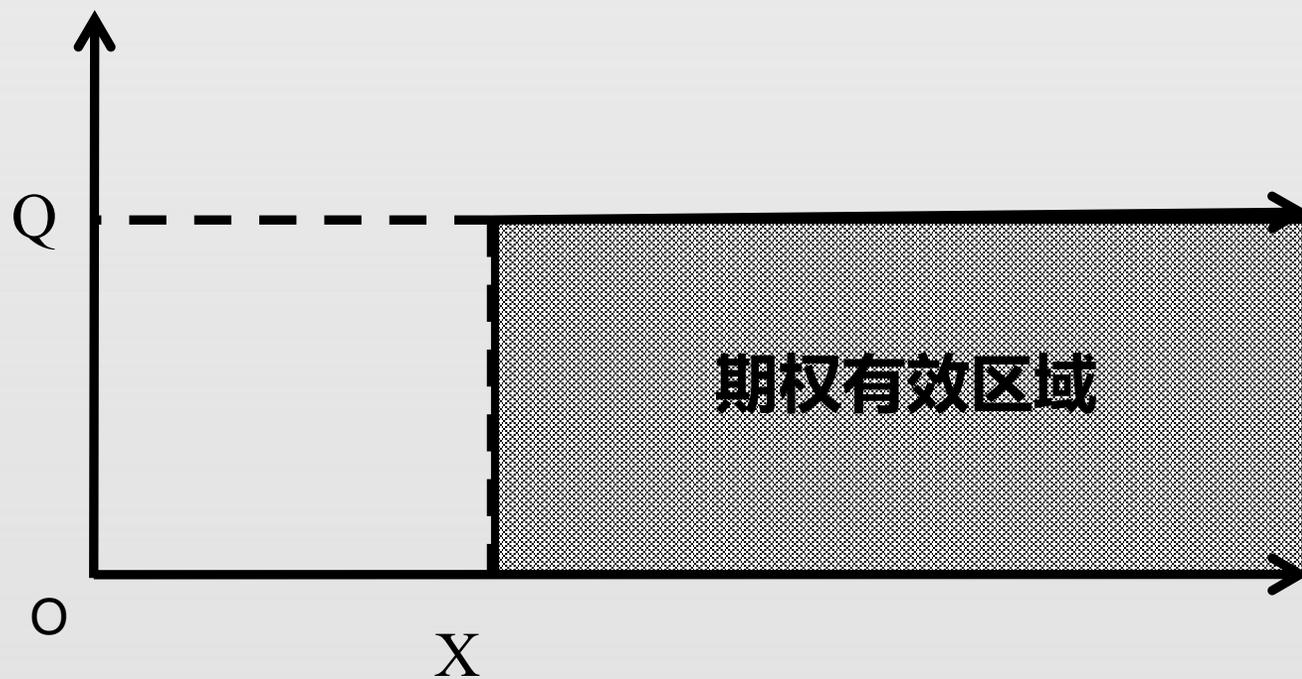
- 现金或无值 (Cash-or-Nothing) 看涨期权，当标的资产价格低于执行价时该期权价值为0，当标的资产价格高于执行价时，期权价值为给定值Q；

$$F(S_T) = \begin{cases} 0 & S_T < X \\ Q & S_T \geq X \end{cases}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、两点式期权 (Binary Option)

- 现金或无值 (Cash-or-Nothing) 看涨期权的图形:



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、两点式期权 (Binary Option)

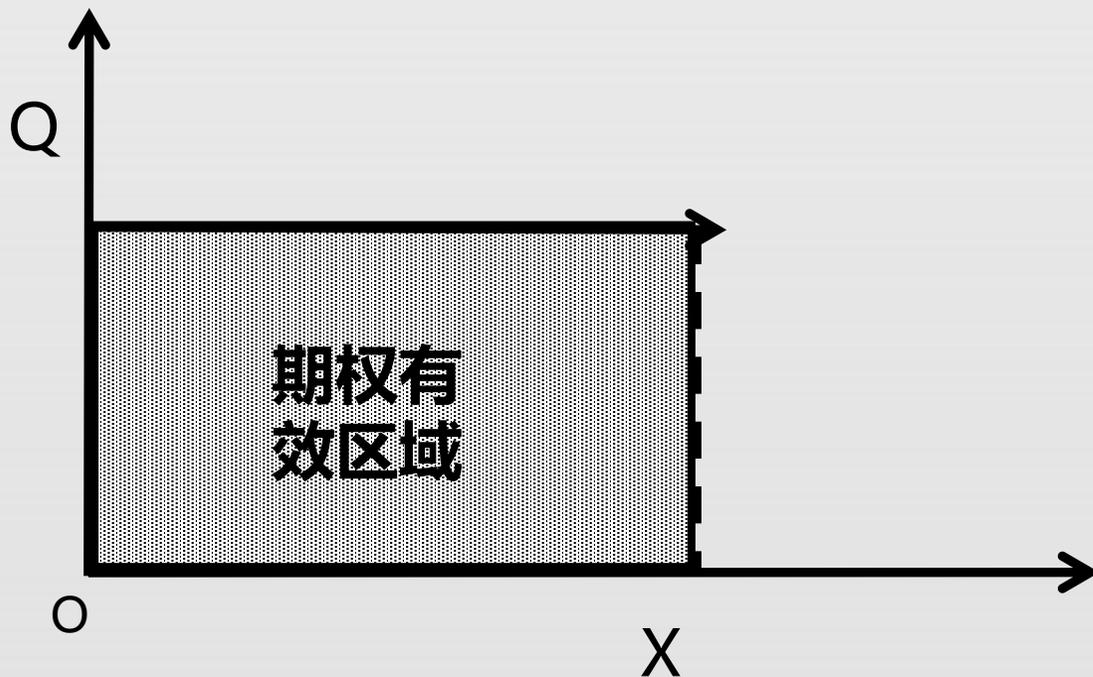
- 现金或无值 (Cash-or-Nothing) 看跌期权, 当标的资产价格低于执行价时该期权价值为C, 当标的资产价格高于执行价时, 期权价值为设定值0;

$$F(S_T) = \begin{cases} C & S_T \leq X \\ 0 & S_T > X \end{cases}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 四、两点式期权 (Binary Option)

- 现金或无值 (Cash-or-Nothing) 看跌期权的图形:



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 四、两点式期权 (Binary Option)

- 在B-S看涨期权模型中:

$$C_0 = S_0 N(d_1) - Xe^{-rT} N(d_2)$$

- 标的资产价格高于执行价的概率为 $N(d_2)$ , 因此当标的资产低于执行价时现金或无值 (Cash-or-Nothing Call) 看涨期权价值为0, 当标的资产价值高于执行价时, 该期权价值为:

$$C = Xe^{-rT} N(d_2)$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、两点式期权 (Binary Option)

- 在B-S看跌期权模型中:

$$P_0 = Xe^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

- 当标的资产高于执行价时, 现金或无值 (Cash-or-Nothing Put) 看跌期权价值为0, 当标的资产价值低于执行价时, 该期权价值为P:

$$P = Xe^{-rT} N(-d_2)$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 所谓障碍式期权就是期权还受标的资产价格在一段特定时间区间是否达到某个特定水平，这个特定水平被称之为门槛事件；
  - 障碍式期权也有称之为敲出期权 (Knock-out Option) 和敲入期权 (Knock-in Option) ；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 1. 上升敲入看涨期权 (Up-and-In Call) : 该期权含义就是当标的资产价格上升到一个障碍水平H时, 期权才开始生效;

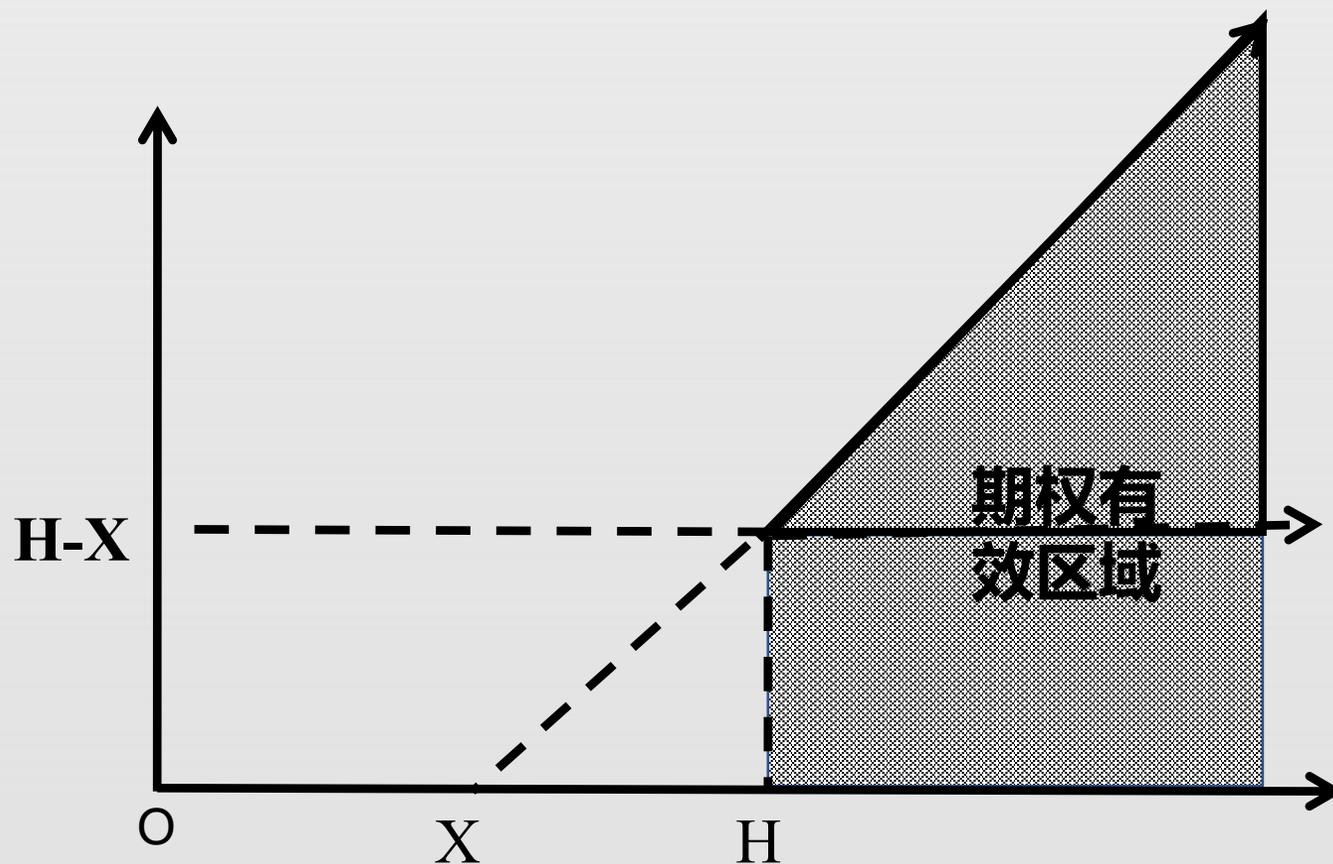
➤ 上升敲入看涨期权 (Up-and-In Call) 的特征函数表述:

$$F(S_T) = \begin{cases} S_T - X & S_T \geq H \\ 0 & X \leq S_T < H \\ 0 & S_T < X \end{cases}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

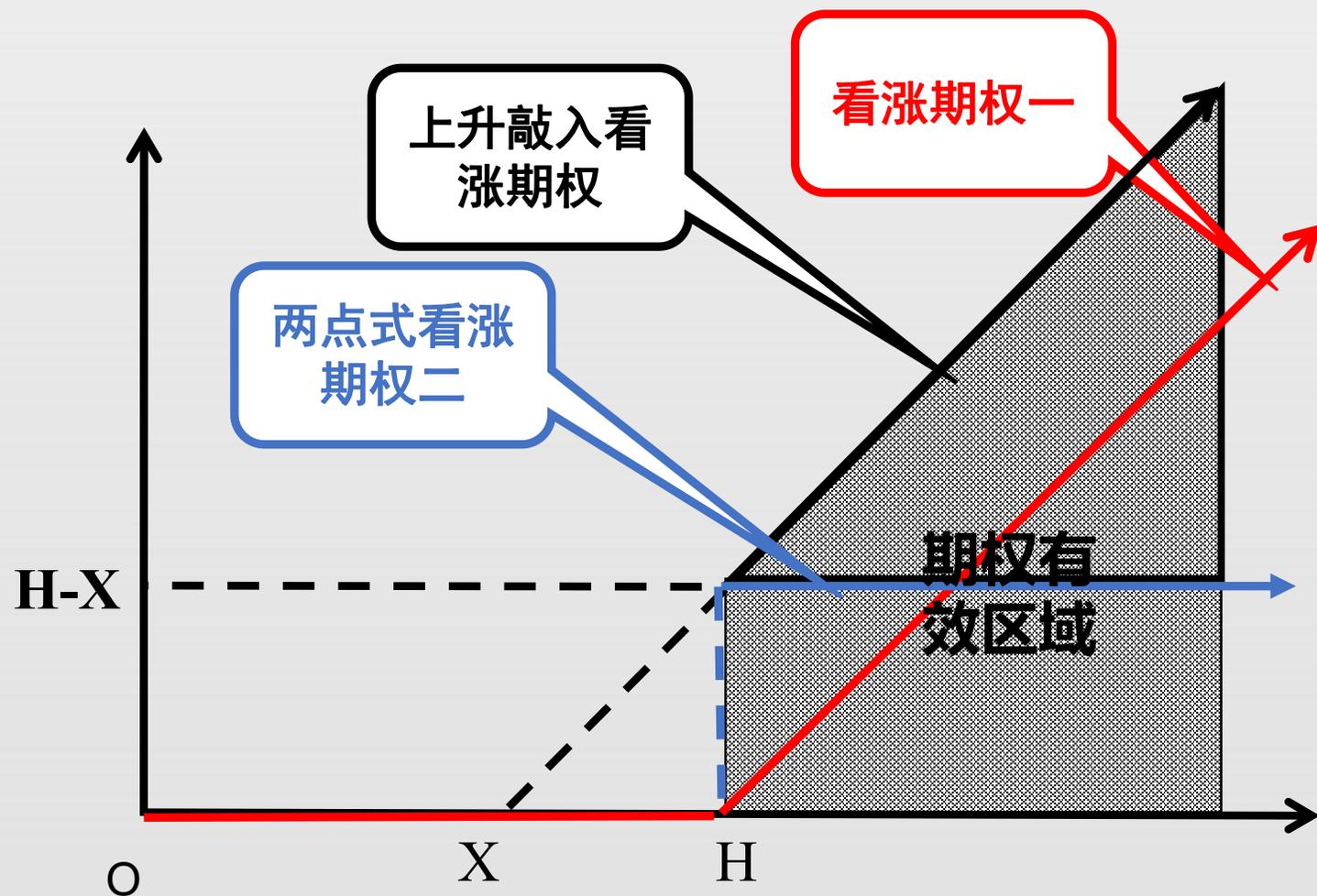
## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上升敲入看涨期权 (Up-and-In Call) 的图形:



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)



不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上升敲入看涨期权实质分析:

- 这类期权可以分解为一个初始值为 $S_0$ , 行权价为 $H$ 的看涨期权一, 加一个初始值为 $S_0$ , 行权价为 $H$ , 固定收益值为 $H-X$ 的两点式看涨期权二;

**上升敲入看涨期权价值 = 看涨期权一的价值 + 两点式看涨期权二的价值**

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上升敲入看涨期权  $C_{U1}$  = 看涨期权  $C_1$  的价值 + 两点式看涨期权  $C_2$  的价值

➤ 看涨期权  $C_1$  是初始值  $S_0$ ，行权价为  $H$  的看涨期权

$$C_1 = S_0 N(d_1) - H e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 两点式看涨期权C2是初始值 $S_0$ ，行权价为 $H$ ，固定收益值为 $H-X$ 的两点式看涨期权；

$$C_2 = (H-X) e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上升敲入看涨期权价值  $C_{U1}$  = 看涨期权  $C_1$  的价值 + 两点式看涨期权  $C_2$  的价值

$$= C_1 + C_2$$

$$= S_0 N(d_1) - H e^{-rT} N(d_2) + (H - X) e^{-rT} N(d_2)$$

$$= S_0 N(d_1) - \cancel{H e^{-rT} N(d_2)} + \cancel{H e^{-rT} N(d_2)} - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$= S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

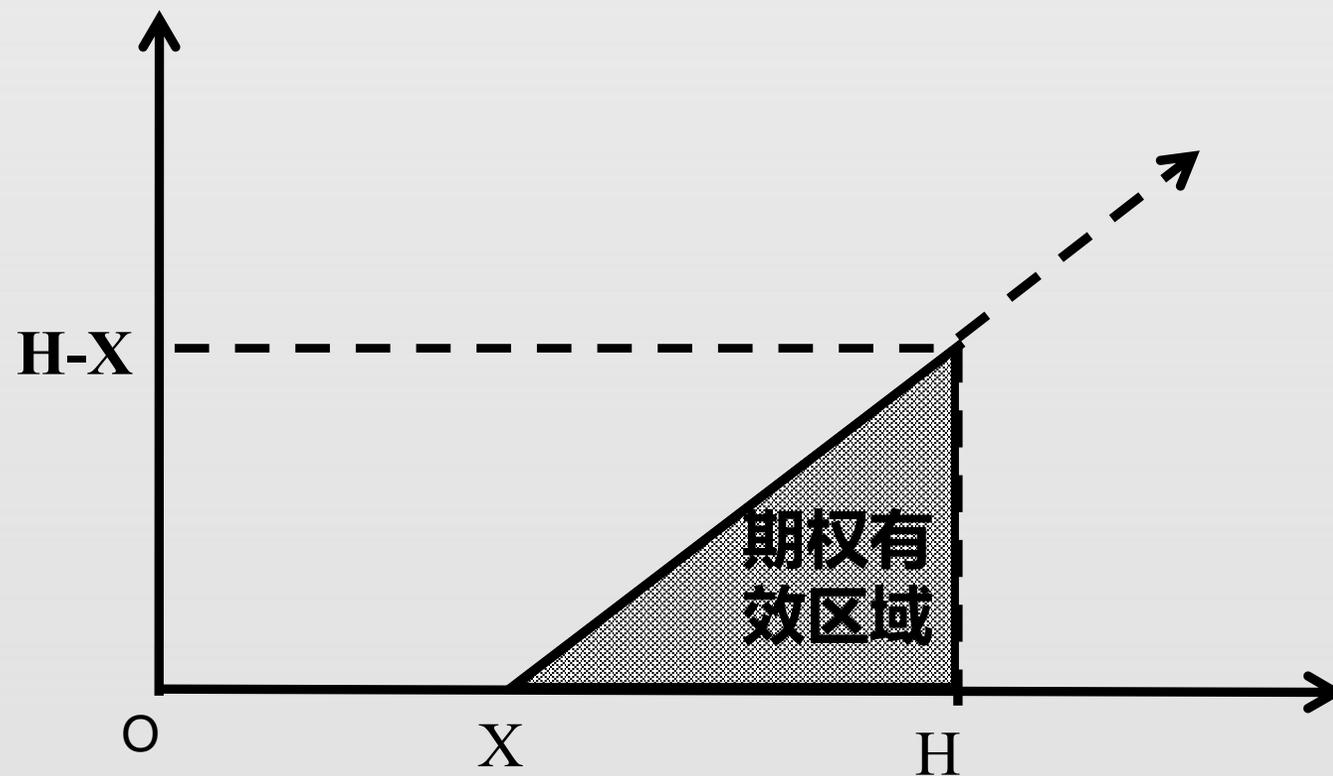
- 2. 上升敲出看涨期权 (Up-and-Out Call) : 该期权是当标的资产上升到一定水平H时, 期权自动消失;
  - 上升敲出看涨期权 (Up-and-Out Call)的特征函数表述:

$$F(S_T) = \begin{cases} 0 & S_T \geq H \\ S_T - X & X \leq S_T < H \\ 0 & S_T < X \end{cases}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

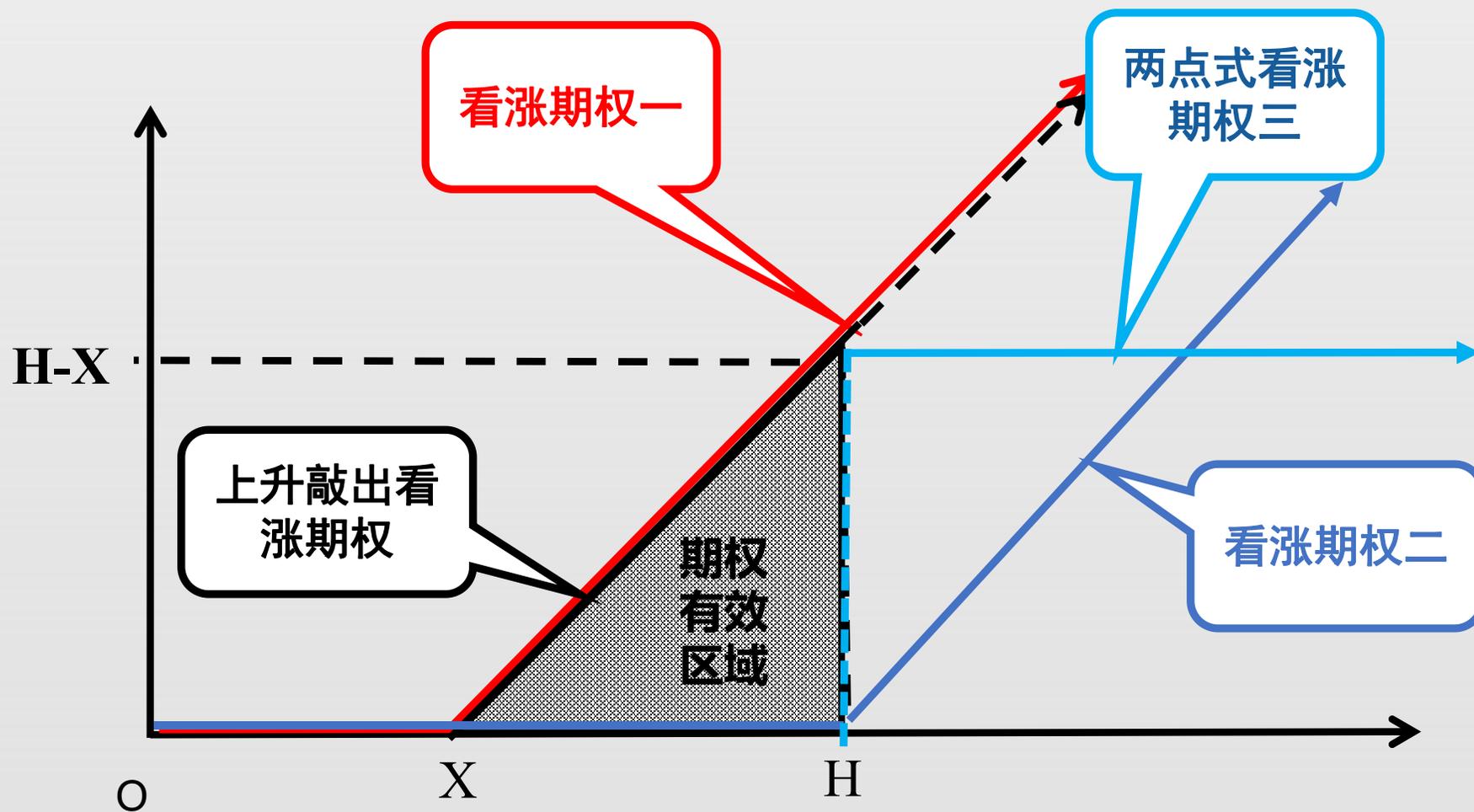
## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上升敲出看涨期权 (Up-and-Out Call) 图形:



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)



不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上升敲出看涨期权实质分析：
  - 这类期权可以分解为一个初始值为 $S_0$ ，行权价为 $X$ 的看涨期权一，减去一个初始值为 $S_0$ ，行权价为 $H$ 的看涨期权二，再减去一个初始值 $S_0$ ，行权价为 $H$ ，固定收益为 $H-X$ 的两点式看涨期权三；

上升敲出看涨期权期权价值 = 看涨期权一的价值  
- 看涨期权二的价值 - 两点式看涨期权三的价值

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上述看涨期权二的价值 + 两点式看涨期权三的价值正好等于上升敲入看涨期权价值 $C_{UI}$

因此：

上升敲出看涨期权的价值 $C_{UO}$  = 普通看涨期权的价值 $C$  - 上升敲入看涨期权 $C_{UI}$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 普通看涨期权C是初始值 $S_0$ ，行权价为 $X$ 的看涨期权；

$$C = S_0 N(d_3) - X e^{-rT} N(d_4)$$

$$d_3 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_4 = d_3 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上升敲入看涨期权  $C_{UI}$ :

$$C_{UI} = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 上升敲出看涨期权  $C_{UO}$ :

$$C_{UO} = C - C_{UI} = S_0 N(d_3) - Xe^{-rT} N(d_4) - S_0 N(d_1) + Xe^{-rT} N(d_2)$$

$$= S_0 [N(d_3) - N(d_1)] - Xe^{-rT} [N(d_4) - N(d_2)]$$

$$d_3 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_4 = d_3 - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 3. 下降敲出看跌期权 (Down-and-Out Put): 该期权是当标的资产价格下降到一定水平H时, 期权自动消失;

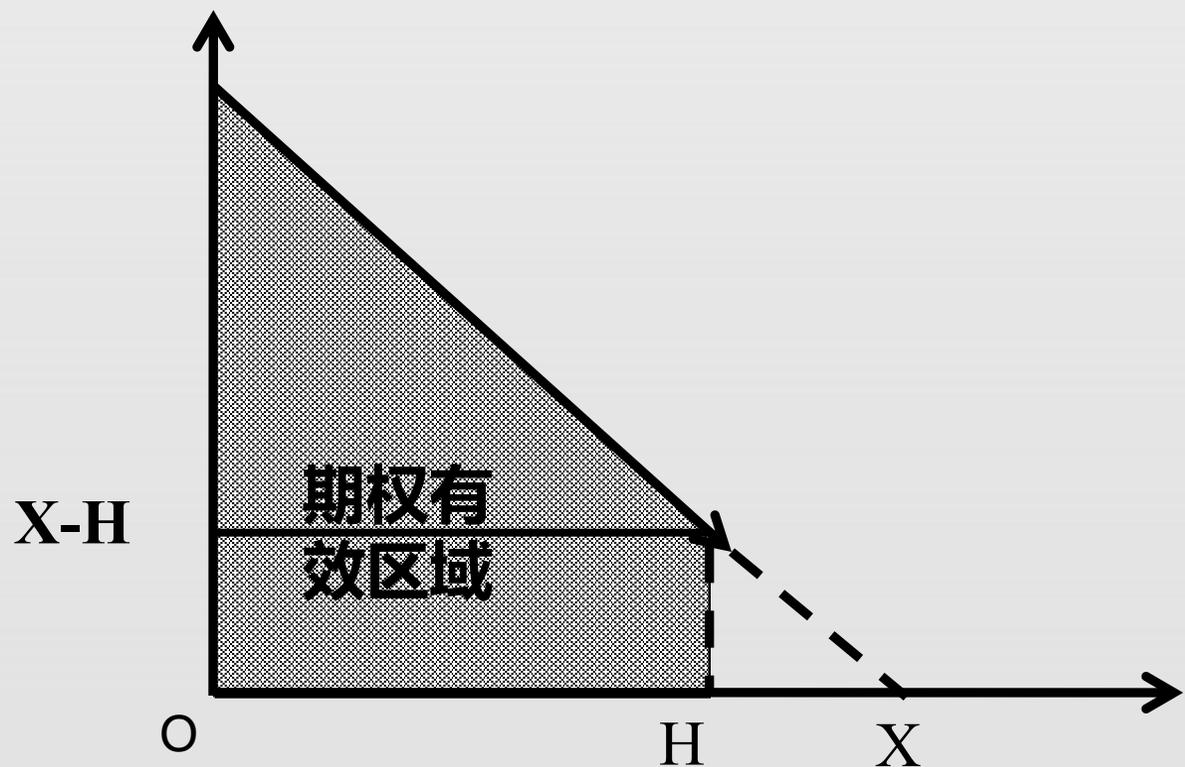
➤ 下降敲出看跌期权 (Down-and-Out Put)的特征函数表述:

$$F(S_T) = \begin{cases} X - S_T & S_T < H \\ 0 & H \leq S_T < X \\ 0 & S_T < X \end{cases}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

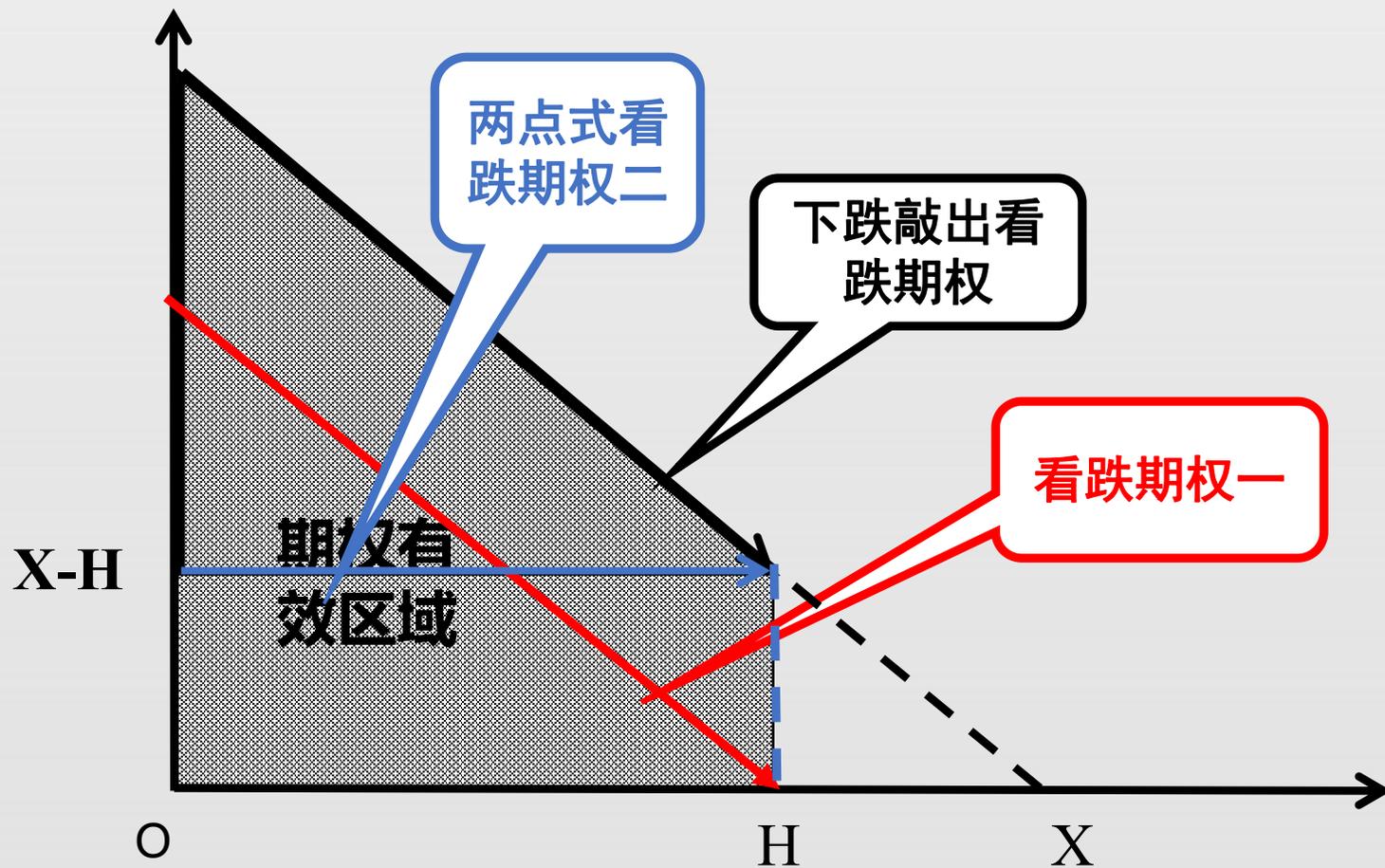
## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 下降敲出看跌期权 (Down-and-Out Put) 的图形:



不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)



不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 下跌敲出看跌期权实质分析：

- 这类期权可以分解为一个初始值为 $S_0$ ，行权价为 $H$ 的看跌期权一价值，加上一个初始值为 $S_0$ ，行权价为 $H$ ，固定收益值为 $X-H$ 的两点式看跌期权二的价值；

下跌敲入看跌期权价值 = 看跌期权一的价值 +  
两点式看跌期权二的价值

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 下跌敲出看跌期权价值  $P_{DO} =$  看跌期权  $P_1$  的价值 + 两点式看跌期权  $P_2$  的价值;
  - 看跌期权  $P_1$  是初始值为  $S_0$ , 行权价为  $H$  的看跌期权价值;

$$P_1 = He^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 看跌期权二  $P_2$  是一个初始值为  $S_0$ ，行权价为  $H$ ，固定收益值为  $X-H$  的两点式看跌期权的价值；

$$P_2 = (X-H) e^{-rT} N(-d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 下跌敲出看跌期权价值  $P_{DO} = P_1 + P_2$

$$= He^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1) + (X-H)e^{-rT}N(-d_2)$$

$$= \cancel{He^{-rT}N(-d_2)} - S_0N(-d_1) + Xe^{-rT}N(-d_2) - \cancel{He^{-rT}N(-d_2)}$$

$$= Xe^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 4. 下跌敲入看跌期权 (Down-and- In Put) : 该期权是当资产标的资产价格下降到一定水平H时期权才开始生效;

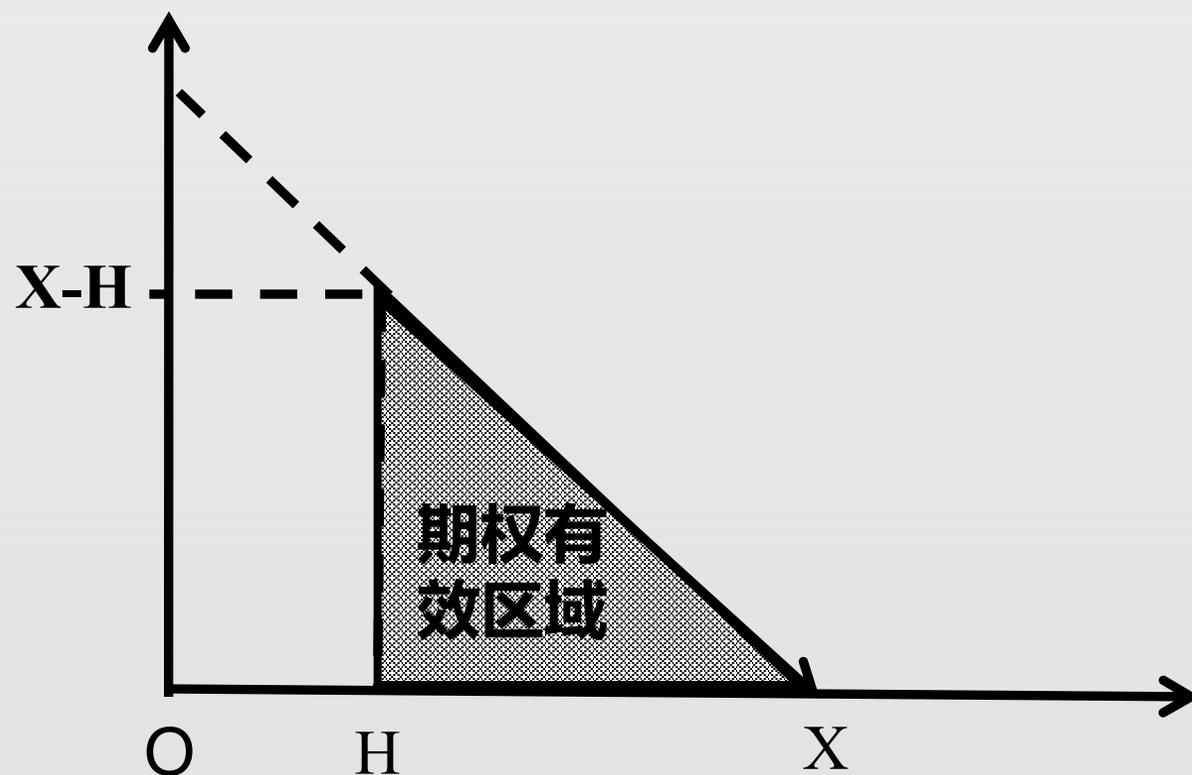
➤ 下跌敲入看跌期权 (Down-and- In Put) 的特征函数表述:

$$F(S_T) = \begin{cases} 0 & S_T < H \\ X - S_T & H \leq S_T < X \\ 0 & S_T > X \end{cases}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

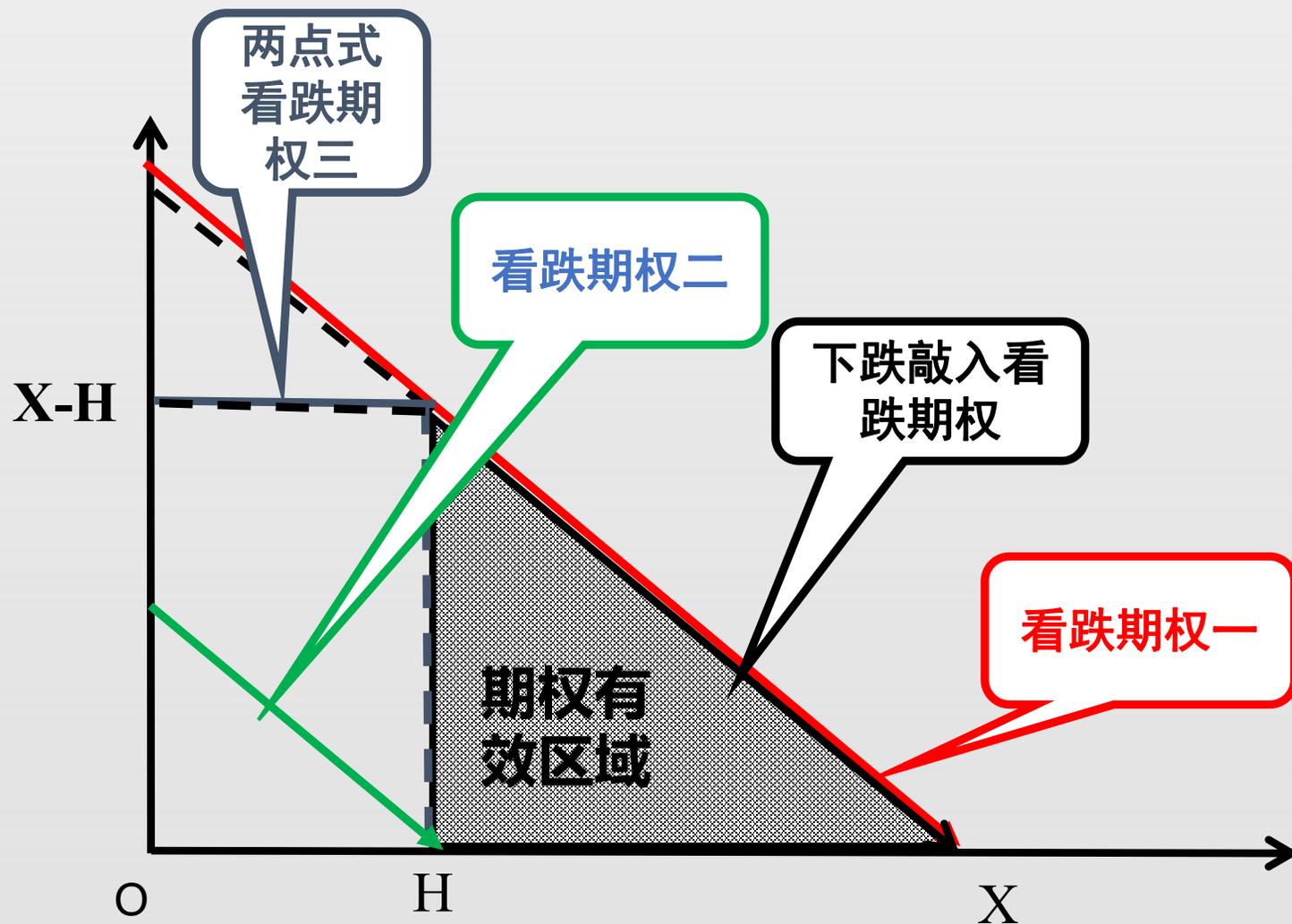
## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 下跌敲入看跌期权 (Down-and-In Put) 的图形:



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)



不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 下跌敲入看跌期权实质分析:

- 这类期权可以分解为一个初始值为 $S_0$ , 行权价为 $X$ 的看跌期权一, 减去一个初始值为 $S_0$ , 行权价为 $H$ 的看跌期权二, 再减去一个初始值为 $S_0$ , 行权价为 $H$ , 固定收益值为 $X-H$ 的两点式看跌期权三的价值;

**下跌敲入看跌期权价值 = 看跌期权一的价值 - 看跌期权二的价值 - 两点式看跌期权三的价值**

- 上式中看跌期权二的价值 + 两点式看跌期权三的价值正好等于下跌敲出看跌期权 $P_{DO}$ 的价值;

因此:

**下降敲入看跌期权的价值 $P_{DI}$  = 普通看跌期权 $P$  - 下降敲出看跌期权 $P_{DO}$**

不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

- 下降敲入看跌期权  $P_{DI} =$  普通看跌期权  $P$  - 下降敲出看跌期权  $P_{DO}$ ;

➤ 普通看跌期权  $P$  是一个初始值为  $S_0$ , 行权价为  $X$  的看跌期权;

$$P = Xe^{-rT}N(-d_4) - S_0N(-d_3)$$

$$d_3 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_4 = d_3 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

➤ 下跌敲出看跌期权价值  $P_{DO}$  的价值;

$$P_{DO} = Xe^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇一四年四月

## 五、障碍式期权 (Barrier Option)

➤ 下降敲入看跌期权  $P_{DI}$ ;

$$P_{DI} = P - P_{DO} = Xe^{-rT}N(-d_4) - S_0N(-d_3) - Xe^{-rT}N(-d_2) + S_0N(-d_1)$$
$$= Xe^{-rT}[N(-d_4) - N(-d_2)] - S_0[N(-d_3) - N(-d_1)]$$

$$d_3 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_4 = d_3 - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 波动率是期权基础资产的价格波动率；
- 波动率一般有两个估算途径：
  - 采用历史数据估算；
  - 采用隐含方式估算；
- 采用股票历史数据估算 $\sigma$ 的计算方法：
  - 采用与期权到期时间T相同年限的股票历史数据计算；
  - 每期数据采用 $\ln(S_{t+1}/S_t)$  ( $t=1,2,3,\dots,n$ )
  - 估算历史数据的标准差

不做假账  
半路基金  
二〇一四年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 采用历史数据法估算 $\sigma$ 的方法：
  - 1) 采用标的股票历史数据估算 $\sigma$ ；
    - 采用该种方式估算 $\sigma$ 暗含一个假设，该股票的历史价格波动率与未来波动率一致；
  - 2) 采用对比公司或行业多个股票历史数据估算 $\sigma$ ；
    - 采用该种方式的理由是由于股票波动是随机的，因此对于某个特定股票的预期波动率与其历史数据之间不应该是一致的，因此最好采用该股票所在行业的多个对比股票或全部股票的波动率方差平均值估算；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 采用可比公司或行业多个股票计算股票波动率 $\sigma$ 时需要考虑采用股票的复权价格，不应该采用股票的除权价；
- 需要适当考虑科创板、创业板、主板和中小板之间可能存在的每日涨跌幅限制，也需要考虑ST公司与一般公司之间的涨跌幅限制差异；

不做假账  
朱镕基  
二〇一四年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 采用Wind内部函数提出股票交易数数据:

s\_dq\_open(wind代码,交易日期,复权方式)

复权方式:

1- 不复权

2- 后复权

3- 前复权

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

开盘价

公式:

Wind代码:

交易日期:

复权方式:

启用键盘精灵

提示: 输入以字母开头的字符串类型参数值时, 请添加半角双引号用以区分单元格地址引用。

**【函数名称】**  
开盘价

**【函数格式】**  
s\_dq\_open(wind代码,交易日期,复权方式)

**【参数描述】**  
WindCode: 证券Wind代码或交易代码。  
date: 交易日, 如不设置则默认为本机的系统日期。  
Type: 复权方式  
1- 不复权  
2- 后复权  
3- 前复权

**【释义】**  
证券在指定交易日的开盘价。注: A股、基金、权证等以人民币交易的品种单位为人民币, 上证B股单位为美元, 深证B股单位为港元。

**【算法】**

确定 取消

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 在Wind数据浏览器中提出股票交易数据时，在复权方式选项中选择“后复权”

W 参数编辑器 - 收盘价

交易日期

最新收盘日  1年前  
 前一交易日  2年前  
 1周前  本年初  
 1月前  本月初  
 3月前  本周一  
 6月前  上市首日

2019-06-29

复权方式

后复权

确定(O) 取消(C)

不做假账  
朱路基  
二〇二〇年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 采用隐含法估算 $\sigma$ ，一般都采用彭博数据，目前国内尚没有相关机构提供相关数据；
  - 所谓隐含法就是向相关专业人员进行股票期权询价，采用专业认定的期权价格反算股票的波动率；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 不同口径财务参数波动率 $\sigma$ 的估算：
  - 财务参数一般可以分为三个层级：
    - 股权口径层级；
    - 全投资口径层级；
    - 销售收入口径层级。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 股权口径的波动率 $\sigma_{\text{equity}}$ 的估算；
  - 股权口径 $\sigma_{\text{equity}}$ 可以根据股票市场的股价计算；
  - 全投资口径（如：EV）的波动率 $\sigma_{\text{EV}}$ 和销售收入的波动率 $\sigma_{\text{Revenue}}$ 可以先估算股权口径的波动率 $\sigma_{\text{equity}}$ ，再将 $\sigma_{\text{equity}}$ 调整为EV的 $\sigma_{\text{EV}}$ 和销售收入的 $\sigma_{\text{Revenue}}$ ；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- EBITDA的波动率估算公式:

$$\sigma_{EV} = \frac{\sigma_{Equity}}{\left[1 + \frac{D}{E}(1 - T)\right]}$$

➤其中： $\sigma_{Equity}$ :标的资产股权波动率;

$\sigma_{EV}$ : 标的资产EV波动率;

D: 标的资产债权市场价值;

E: 标的资产股权市场价值;

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

- 销售收入的波动率估算公式：

$$\sigma_{\text{Revenue}} = \frac{\sigma_{EV}}{\left(1 + \frac{\text{固定成本}}{\text{变动成本}}\right)}$$

其中：

$\sigma_{\text{Revenue}}$ ：标的资产销售收入波动率；

$\sigma_{EV}$ ：标的资产EV波动率；

固定成本：标的资产声场经营的固定成本；

变动成本：标的资产生产经营的变动成本；

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

## 六、波动率 $\sigma$ 的估算

$\sigma_{\text{Equity}}$ 、 $\sigma_{\text{EV}}$ 和 $\sigma_{\text{Revenue}}$ 估算案例

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 七、无风险收益率 $r$ 的估算

- 无风险收益率需要取国债到期收益率估算；
- 无风险收益率需要选择剩余期限略高于期权期限的国债计算到期收益率；
  - 债权的投资风险实际由违约风险是市场风险两部分组成，国债的违约风险可以忽略，但是市场利率波动风险并不能忽略；
  - 选择剩余年限略高于期权年限，就是考虑上述市场利率波动风险；

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

## 八、B-S模型中无风险收益率r、期权到期时间T和波动率σ三个参数估算应该相互匹配

- 如果r是采用年收益率，则T需要按年计算，σ也需要估算其年度波动率；
- 如果r是采用月度收益率，则T需要按月计算，σ也需要估算其月度波动率；
- 实际中多采用年度为时间单位计算r、T和σ。

$$\sigma_{\text{年}} = \sigma_{\text{月}} \times \sqrt{12} = \sigma_{\text{周}} \times \sqrt{52} = \sigma_{\text{天}} \times \sqrt{252}$$

不做假账  
半路基  
二零一四年四月

## 九、B-S模型中折现近似计算介绍

- 通常折现公式为：

$$\frac{1}{(1+r)^n}$$

- 但是在或有对价评估中，特别是采用B-S模型时经常会采用如下近似折现计算方式：

$$\frac{1}{(1+r)^n} \approx e^{-nr}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇四年四月

## 九、B-S模型中折现近似计算介绍

- 根据指数函数 $e^{-x}$ 的泰勒展开式可以得到

$$e^{-x} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} (-x)^{n-1} = 1 - x + O(x^2)$$

$$\approx 1 - x$$

- 在根据函数 $\frac{1}{1+x}$ 的泰勒展开式, 可以得到:

$$\frac{1}{1+x} = \sum_{n=1}^{\infty} (-x)^{n-1} = 1 - x + O(x^2)$$

$$\approx 1 - x$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇四年四月

## 九、B-S模型中折现近似计算介绍

- 因此可以得到：

$$\frac{1}{(1+x)} \approx e^{-x},$$

$$\text{因此 } \frac{1}{(1+r)^n} \approx (e^{-r})^n = e^{-nr}$$

- 由于B-S模型是假设随机变量服从指数正态分布的，因此采用上述折现计算方式正好与指数函数一致；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 九、B-S模型中折现近似计算介绍

### • B-S模型

看涨期权C:

$$C = S_0 N(d_1) - Xe^{-rT} N(d_2)$$

看跌期权P:

$$P = Xe^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

式中的 $e^{-rT}$ 实质就是折现系数，相当于：

$$\frac{1}{(1+r)^T} \approx e^{-rT}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

# 第三部分

## 限制流通股、股票期权

## 公允价值评估



不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

# 一、限制流通股公允价值评估

- 1、限制流通股公允价值评估一般多用于企业金融资产中存在的具有限制性的上市公司股票的公允价值计量；
  - 采用期权估价方式估算缺少流通性折扣最早出现在1993年，David B.H. Chaffe, III 建议采用对冲交易手段作为缺少流通折扣的估算模式；
  - 1995年，Francis Longstaff 发表了一个研究，采用的对冲交易策略是利用一个回望式看跌期权（Look-back Put）

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

# 一、限制流通股公允价值评估（续）

## ● 2、采用B-S模型估算限制流通价值的思路分析

- 设股票现实价格为 $S$ ；限制期为 $T$ 年后的股票价格为 $X$ ，如果投资者仅单买股票：
  - 当限制期 $T$ 年后，股票价格 $X \geq S$ 时，可以认为这个 $T$ 年的限制期对于投资者没有损失，不论股票是否存在限制， $T$ 年后全部盈利 $X - S$ ；
  - 当限制期 $T$ 年后，股票价格 $X < S$ 时，可以认为这个 $T$ 年限制使得投资限制流通股票的投资者损失 $S - X$ ；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- 如果投资者在投资买股票的同时又购买了一个期限为 $T$ ，并且在期限 $T$ 届满后的卖出股票行权价为股票初始价 $S$ 的卖期权（看跌期权）：
  - 当限制期 $T$ 年后，股票价格 $X \geq S$ 时，股票投资盈利 $X - S$ ，投资者不会行权，期权价值为 $0$ ；
  - 当限制期 $T$ 年后，股票价格 $X < S$ 时，股票投资损失 $S - X$ ，但投资者拥有一个行权价为 $S$ 卖期权，因此仍然可以以 $S$ 的价格卖出股票，因此期权的价值为 $S - X$ ，也就是可以对冲股票投资的损失。
- 结论：如果限制股票投资者在买股票的同时，再买一个相应卖期权，就可以有效对冲股票限制可能造成的损失。

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

# 一、限制流通股公允价值评估（续）

## ● 3、采用B-S模型估算限制流通股价值案例

### ➤ B-S模型选择：

- 最好应该选择含分红派息法B-S模型；
- 选择行权日为限制期结束时的欧式期权；

$$C_1 = S_0 e^{-\delta T} N(d_1) - X e^{-r T} N(d_2)$$

### ➤ 各类参数的估算：

- S：标的股票现实价值，取评估基准日标的股票的收盘价（或均价）；
- X：标的股票行权价，限制期结束日股票的期望价格，可以选择按无风险收益率计算的标的股票现价的按限制期计算的到期日终值，即  $S (1+r)^T$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- $T$ : 期权到期日，选择限制股票的限制期；
- $r$ : 无风险收益率，取与剩余年限与股票限制匹配的国债到期收益率的平均值；
- $\sigma$ : 股票波动率，采用历史数据法估算，选择与标的股票位于同一行业的可比上市公司的历史数据，历史数据年度与限制期相同，采用后复权价；
- $\delta$ : 标的股票的股息率，采用标的股票历史年份派现金红利数据计算年平均股息率，历史数据年份采用向前推的年份与限制期年份长度一致，如果标的股票没有足够的上市历史，则或可以采用行业可比上市公司的平均年股息率替代；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

# 一、限制流通股公允价值评估（续）

## 采用B-S模型估算限制流通股价值案例

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- 4、2017年9月4号，中国证券投资基金业协会制定并发布了《证券投资基金投资流通受限股票估值指引（试行）》；
  - 该《指引》规定：流通受限股票按以下公式确定估值日该流通受限股票的价值：

$$FV = S \times (1 - LoMD)$$

其中：

FV：估值日该流通受限股票的价值

S：估值日在证券交易所上市交易的同一股票的公允价值

LoMD：该流通受限股票剩余限售期对应的流动性折扣；

不做假账  
半路基金  
二零一四年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- 采用看跌期权计算该流通受限股票对应的流动性折扣；

$$\text{LoMD} = P/S,$$

P：是估值日平均价格亚式看跌期权

的价值；  
其中P：

$$P = Se^{-qT} \left[ N\left(\frac{v\sqrt{T}}{2}\right) - N\left(-\frac{v\sqrt{T}}{2}\right) \right]$$

$$v\sqrt{T} = \left\{ \sigma^2 T + \ln[2(e^{\sigma^2 T} - \sigma^2 T - 1)] - 2 \ln(e^{\sigma^2 T} - 1) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- S: 估值日在证券交易所上市交易的同一股票的公允价值;
- T: 剩余限售期, 以年为单位表示;
- $\sigma$ : 股票在剩余限售期内的股价的预期年化波动率;
- q: 股票预期年化股利收益率;
- N: 标准正态分布的累积分布函数;

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- 如果设 $S(t)$  是服从对数正太分布的随机变量,  
 $X$ 为行权价, 则欧式看涨期权的收益表达式为:

$$C_{\text{欧式期权}} = \text{Max}(S(t)-X,0)$$

- 平均价格亚式看涨期权的收益表达式为:

$$A(t) = \frac{1}{t} \int_0^t S(\tau) d\tau$$

$$C_{\text{亚式平均价格期权}} = \text{Max}(A(t)-X,0)$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- 平均行权价亚式看涨期权的收益表达式为：

$$A(t) = \frac{1}{t} \int_0^t S(\tau) d\tau$$

$$C_{\text{亚式平均执行价格期权}} = \text{Max}(S(t) - A(t), 0)$$

- 采用期权定价方式估算股票缺少流动折扣率的原则是采用对冲原理，利用有限制的股票投资加一个期权投资的方式来等效一个没有限制的股票投资；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- 按照上述原理，则采用不同期权得到的投资组合和回报保证如下：
  - 采用欧式期权：采用一个股票限制期末一个行权价为股票初始值 $S_0$ 终值的看跌期权作为有限制期与没有限制期股票价值的差额，其作用是保证在股票限制末，投资者可以得到一个不低于股票初始值的投资回报；
  - 采用平均价格亚式期权：采用一个股票限制期末一个行权价为 $S_0$ 终值的看跌期权，但是其作用是保证在股票限制期末，股票在整个限制期内波动的平均值不低于 $S_0$ 的终值，但是并不保证此时股票的价值不低于初始值；
  - 采用平均执行价格亚式期权：采用一个股票限制期末一个行权价为股票在波动期内价格的平均值（不是 $S_0$ 终值）的看跌期权，其作用是可以在股票限制期末，可以得到一个不低于股票在整个限制期内波动的平均值的保证；
  - 《指引》采用算术平均价格亚式期权估算股票缺少流动折扣率，采用这种方式不能有效对冲股票限制期内的投资风险，因此这种估算缺少流动折扣的方式有商榷的空间；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 一、限制流通股公允价值评估（续）

- 采用平均行权价格亚式期权可以保证股票限制未可以获得限制期内，不低于股票平均价格的投资回报，这种折扣或许可以更好的反映标的股票持有者在未来一个时期内的持有的价值，但不能有效地反映基准日的时点对冲价值；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估

- 1、股票期权作为一种管理层激励的一种手段越来越多地被上市公司所采用；
  - 按照相关会计准则的要求，企业实施股权（票）激励，需要按公允价值计量；
  - 实施股权（票）激励的企业每年至少需要将其正在实施的股权（票）激励的期权的公允价值评估出来，为财务报告目的服务；
  - 期权的公允价值评估的基准日选择需要根据需要与企业或审计人员协商后确定；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

### ● 2、股票期权激励的概念

- 所谓股票激励期权通常是上市公司的董事会以决议的方式确定无偿授予公司高级管理人员一个购买股票的权利，该权利规定授权人可以在一个特定时间内，在一定的条件下，以某一个特定的价格购买公司若干股股票；
- 上市公司仅仅是授权公司高管可以以约定的价格购买股票，也就是授权仅是可以购买股票的权力，并不是授给公司高管股票；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

### ● 案例一、

#### 1) 案例情况介绍：

- ABC公司董事会决定对公司高管给予40万份股票期权激励；
- 股票期权的授予日为：2011年X月28日；
- 股票期权行权价格为16.85元；但是股票期权有效期内发生资本公积转增股本、派发股票红利、股份拆细或缩股、配股、派息等事宜，行权价格将做相应的调整；
- 行权安排：本计划授予的股票期权自本期激励计划授予日起满12个月后；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

### ● 2) 模型选择

- 股票激励期权的模型是看涨期权，通常包括两种：
- 不含分红派息模型：

$$C_0 = S_0 N(d_1) - Xe^{-rT} N(d_2)$$

- 含分红派息模型：

$$C_1 = S_0 e^{-\delta T} N(d_1) - Xe^{-rT} N(d_2)$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- 根据案例介绍，本次授予的期权是要考虑分红派息问题的，因此应该选择含有分红派息的模型：

$$C_1 = S_0 e^{-\delta T} N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

### ● 3) 参数取值估算：

- S：现实股票价格，取评估基准日ABC公司的股票均价15.1元/股；
- X：行权价格，根据ABC公司2011年X月28日的关于股票期权授予相关事项的公告，股票期权的行权价格为16.85元；
- T：股权有效期，选择行权日距基准日的期间，按年计算，本次评估为一年（12个月）；
- r：连续复利计算的年无风险收益率，在Wind数据中选择剩余年限为1-2年内的国债年到期收益率平均值为3.579%；

不做假账  
朱路基  
二〇一一年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- $\sigma$ ：股票波动率，选取Wind行业中可选消费-耐用消费品与服装-家庭耐用消费品-家用器具与特殊消费品行业中的上市公司作为对比公司，取其基准日前股价并计算1年（12个月）的股票波动率为32.933%，并以此作为期权的预期波动率；
- $\delta$ ：连续复利计算的股息率，ABC公司于2007年上市，截止评估基准日共进行两次分红，通过计算其历史平均分红率为0.530%，以此作为未来股息收益率；

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

### 股票期权公允价值评估案例

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

### • 股权期权评估案例二：

#### ➤ 1) 案例情况介绍：

AAA公司与公司管理层签订的激励协议约定：

- 在授予日AAA公司的股权公允价值为 $S_0=2$ 元/股；
- 自授予日2X19年9月30日起36个月内，如果AAA公司（标的公司）完成A轮融资且A轮融资估值不低于4元/股，标的公司将授予管理层1,000万股用于股权激励，授予价格为3.0元/股；
- 自授予日2X19年9月30日起36个月内，如果AAA公司（标的公司）完成A轮融资且A轮融资估值不低于6元/股，标的公司将授予管理层2,000万股用于股权激励，授予价格为4.5元/股；

不做假账  
朱露基  
二〇一四年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

### ➤ 2) 条款分析:

这是一个授予企业高管的期权激励，在授予日之后36个月（3年）内，如果标的企业A轮融资估值达到高于4元/股，但是低于6元/股，则管理层可以按照3.0元/股的价格购买标的公司1,000万股股权，即管理层可以得到收益  $(X-3.0)$ （元/股） $\times 1,000$ 万股的收益；如果第一轮融资估值高于6元/股，则管理层可以按照4.5元/股购买公司股份2,000万股，即管理层可以获得收益  $(X-4.5)$  元/股 $\times 2,000$ 万股的收益；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

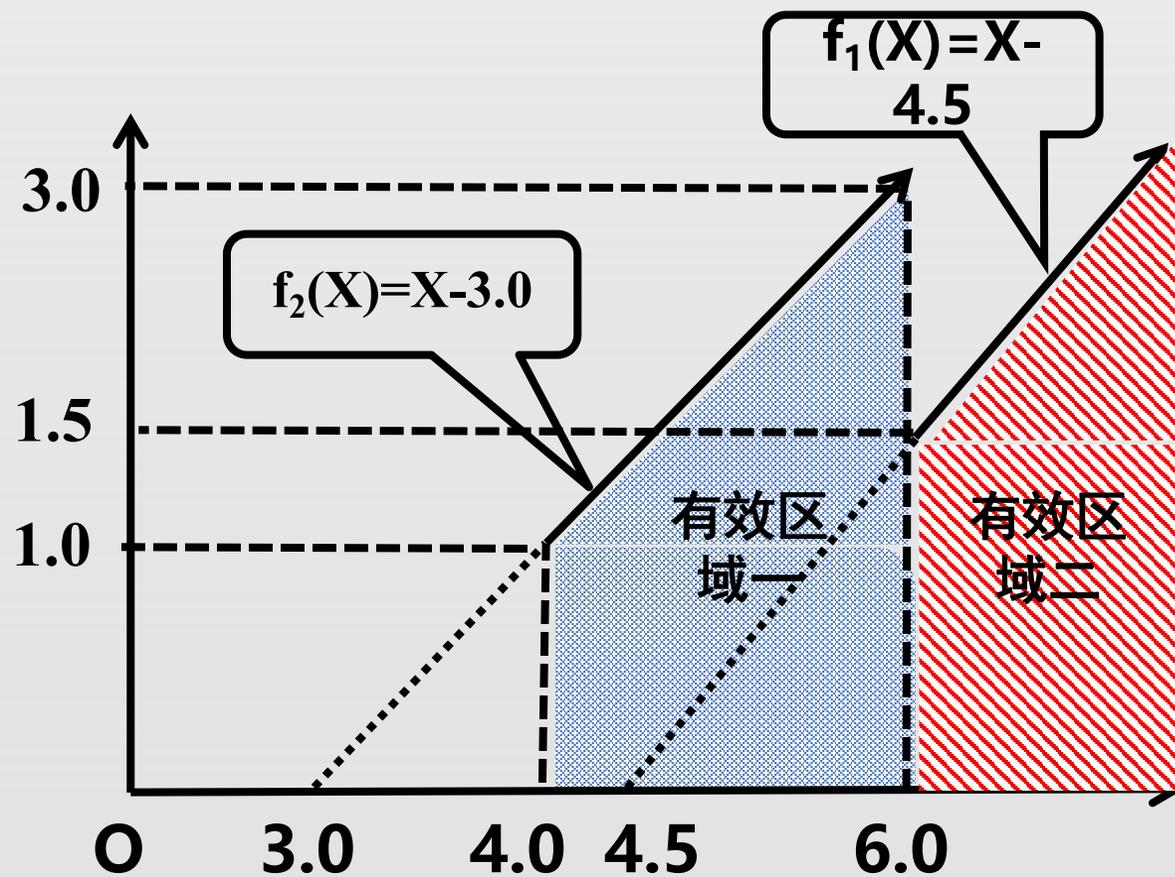
- 按照每股收益口径，其特征函数可以表述如下：

$$F(X) = \begin{cases} X-4.5 & X \geq 6.0 \\ X-3.0 & 4.0 \leq X < 6.0 \\ 0 & X < 4.0 \end{cases}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- 上述特征函数的图形如下：



不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

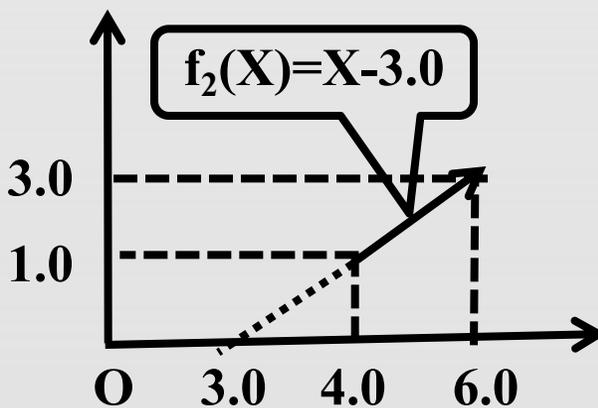
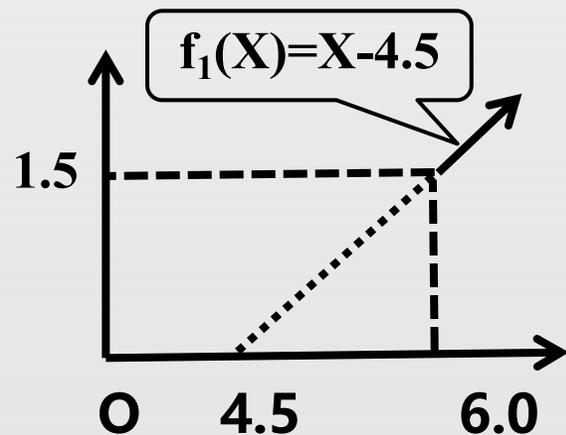
## 二、股票期权公允价值评估（续）

- 上述特征函数可以拆分为以下两个函数之和：

$$f_1(X) = \begin{cases} X-4.5 & X \geq 6.0 \\ 0 & X < 6.0 \end{cases}$$

和

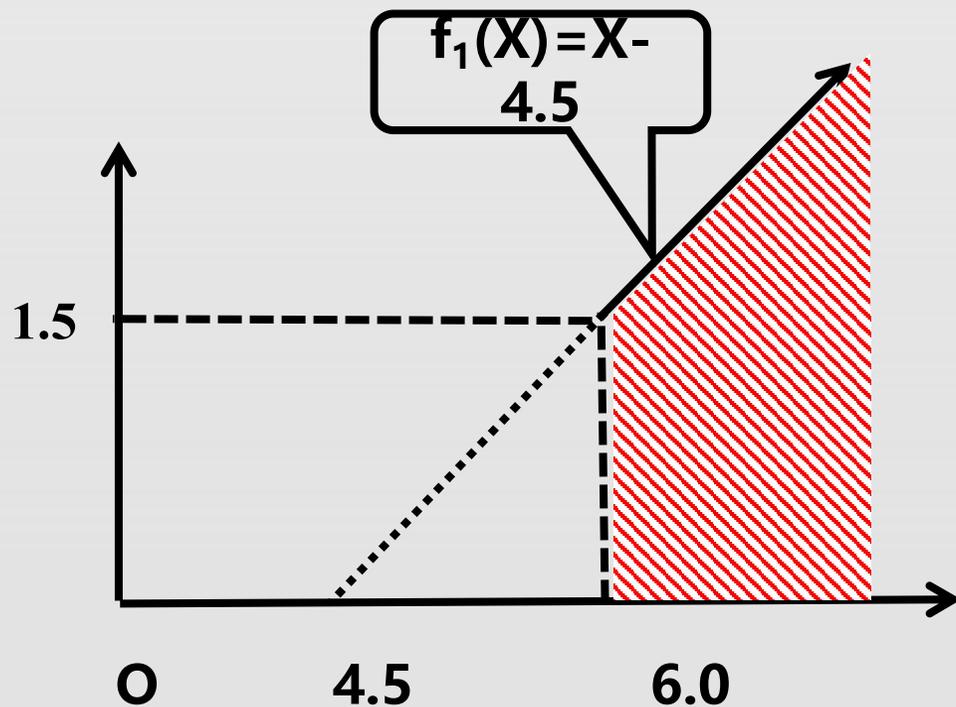
$$f_2(X) = \begin{cases} 0 & X \geq 6.0 \\ X-3.0 & 4.0 \leq X < 6.0 \\ 0 & X < 4.0 \end{cases}$$



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- 特征函数 $f_1(X)$  对应一个初始值 $S_0=2$ 元/股，行权价为 $X=4.5$ 元/股，障碍值 $H=6$ 元/股的上升敲入看涨期权 $C_{UI}$ ;



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- 上升敲入看涨期权：

$$C_{UI} = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$S_0=2$ 元/股， $X=4.5$ 元/股， $H=6$ 元/股，

$r = 3.42\%$ ， $\sigma=32.1\%$ ； $T=3$ （年）；

$C_{UI}=2 \times N(-1.5134) - 4.5 \times e^{-3.42\% \times 3} \times N(-2.0694)$   
 $=0.0520$ 元/股；

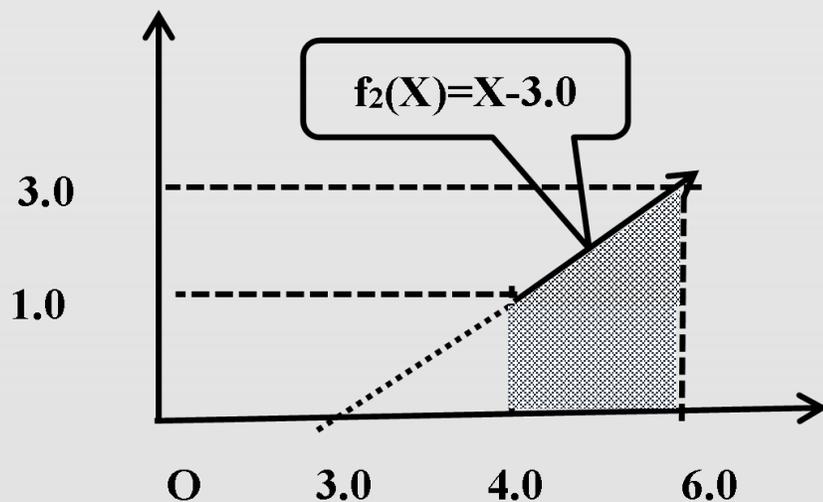
2,000万股的激励成本=104.0(万元)

不做假账  
朱镕基  
二〇〇四年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- 特征函数 $f_2(X)$ 可以进一步拆分为以下两个函数 $f_{21}(X)$ 和 $f_{22}(X)$ 之差：

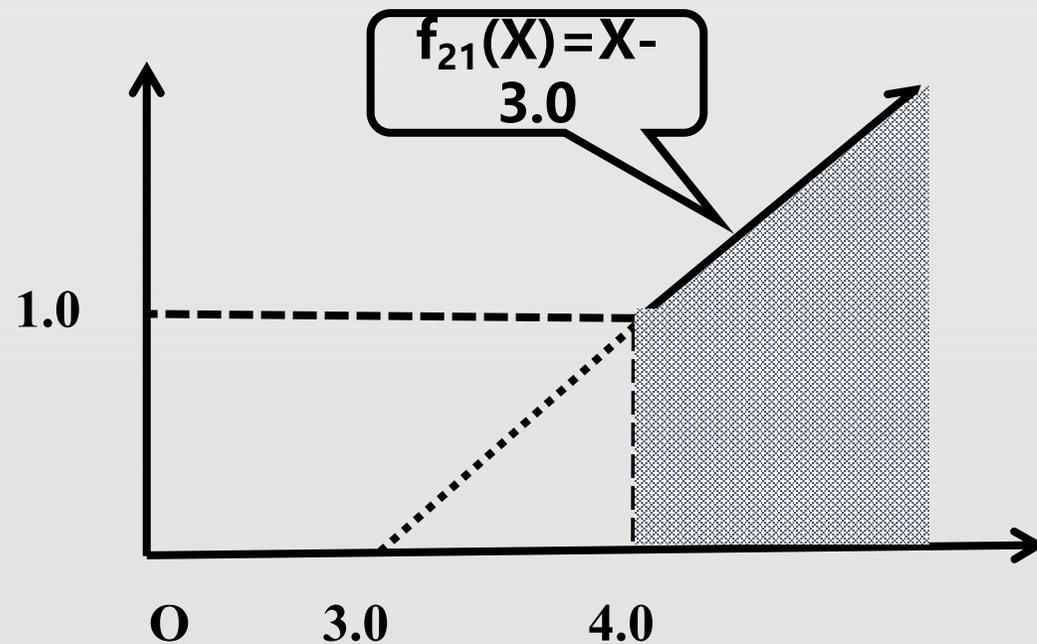
$$f_2(X) = \begin{cases} 0 & X \geq 6.0 \\ X-3.0 & 4.0 \leq X < 6.0 \\ 0 & X < 4.0 \end{cases}$$



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

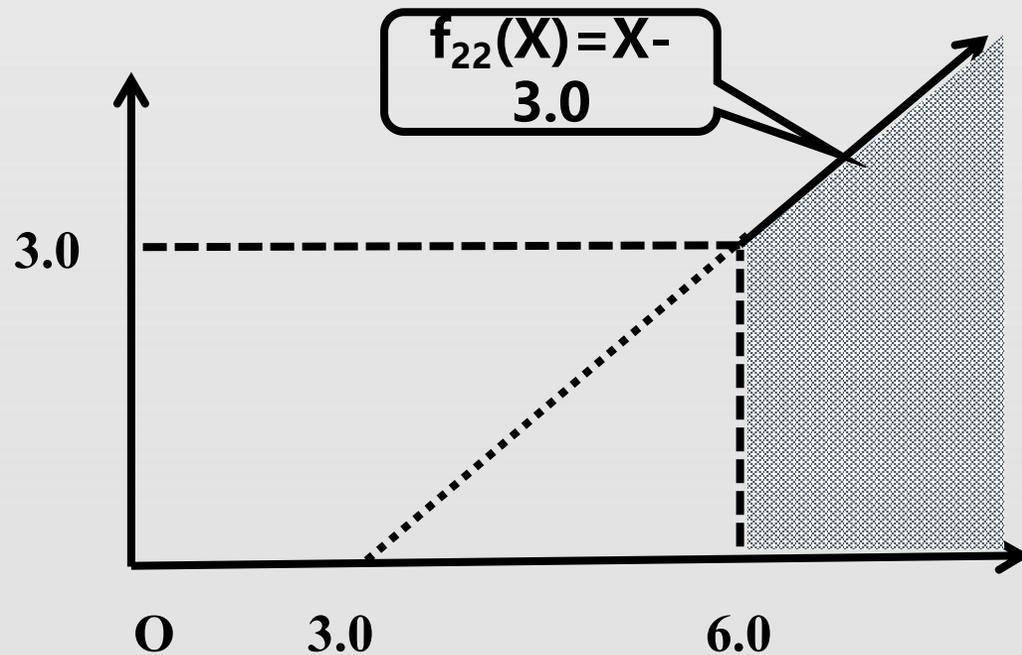
$$f_{21}(X) = \begin{cases} X-3.0 & X \geq 4.0 \\ 0 & 3.0 \leq X < 4.0 \\ 0 & X < 3.0 \end{cases}$$



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

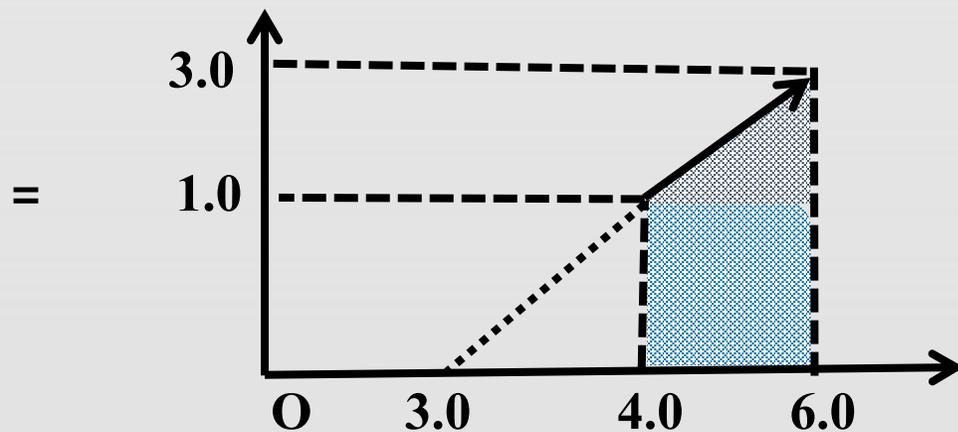
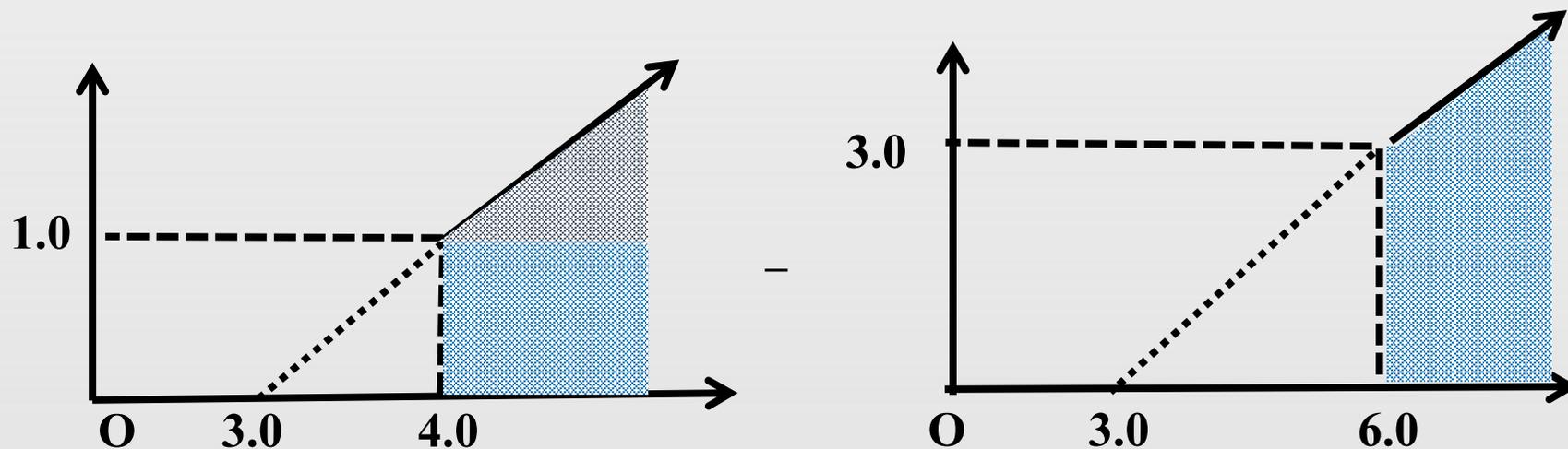
$$f_{22}(X) = \begin{cases} X-3.0 & X \geq 6.0 \\ 0 & 3.0 \leq X < 6.0 \\ 0 & X < 3.0 \end{cases}$$



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

$$f_2(X) = f_{21}(X) - f_{22}(X)$$

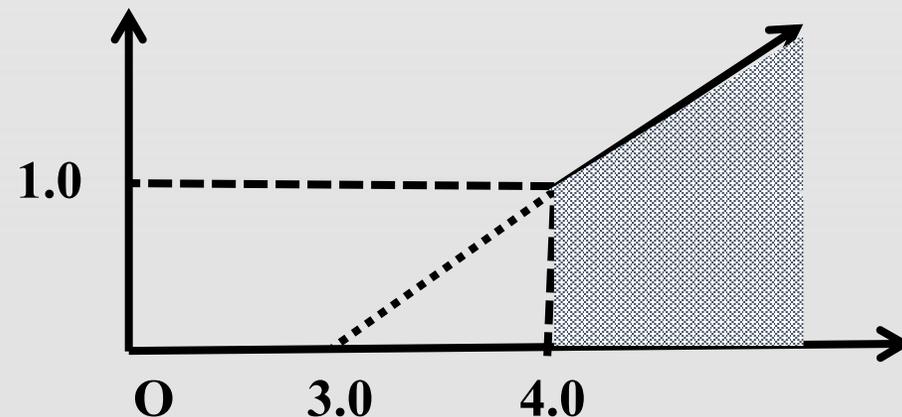


不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- $f_{21}(X)$  对应于一个初始值  $S_0=2$  元/股，行权价  $X=3$  元/股，障碍值  $H=4$  元/股的上升敲入看涨期权  $C_{UI}^1$ ；

$$f_{21}(X) = \begin{cases} X-3.0 & X \geq 4.0 \\ 0 & 3.0 \leq X < 4.0 \\ 0 & X < 3.0 \end{cases}$$



不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

$$C_{UI}^1 = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$S_0=2$ 元/股,  $X=3.0$ 元/股,  $H=4$ 元/股,  $r = 3.42\%$ ,

$\sigma=32.1\%$ ;  $T=3$  (年) ;

$$C_{UI}^1 = 2 \times N(-0.7842) - 3.0 \times e^{-3.42\% \times 3} \times N(-1.3402)$$

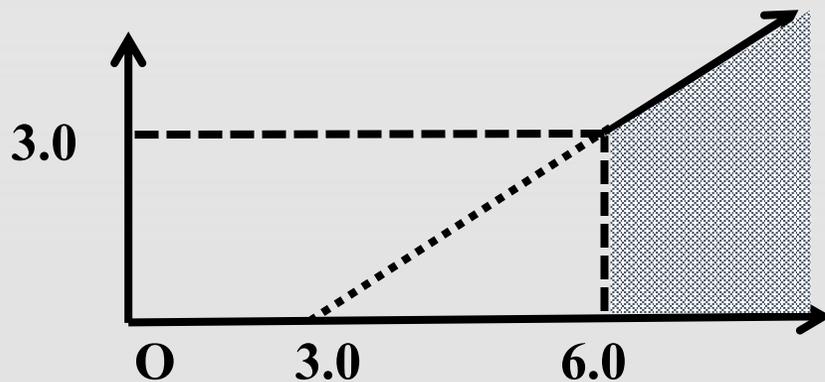
$=0.1890$ 元/股;

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- $f_{22}(X)$  对应于一个初始值  $S_0=2$  元/股，行权价  $X=3$  元/股，障碍值  $H=6$  元/股的上升敲入看涨期权  $C_{UI}^2$ ；

$$f_{22}(X) = \begin{cases} X-3.0 & X \geq 6.0 \\ 0 & 3.0 \leq X < 6.0 \\ 0 & X < 3.0 \end{cases}$$



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

$$C_{UI}^2 = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$S_0=2$ 元/股,  $X=3.0$ 元/股,  $H=6$ 元/股,  $r = 3.42\%$ ,

$\sigma=32.1\%$ ;  $T=3$  (年) ;

$$\begin{aligned} C_{UI}^2 &= 2 \times N(-1.5134) - 3.0 \times e^{-3.42\% \times 3} \times N(-2.0694) \\ &= 0.0780 \text{元/股;} \end{aligned}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- $f_2(X)$ 对应的期权价值：

$$f_2(X) = f_{21}(X) - f_{22}(X)$$

$$C = C_{UI}^1 - C_{UI}^2$$

$$= 0.1890 - 0.0780 = 0.1110(\text{元/股})$$

$$1,000\text{万股的成本} = 0.1110 \times 2,000 = 111.0(\text{万元})$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、股票期权公允价值评估（续）

- 特征函数F(X)对应的全部期权的价值：

$$F(X) = \begin{cases} X-4.5 & X \geq 6.0 \\ X-3.0 & 4.0 \leq X < 6.0 \\ 0 & X < 4.0 \end{cases}$$

$$F(X) = f_1(X) + f_2(X)$$

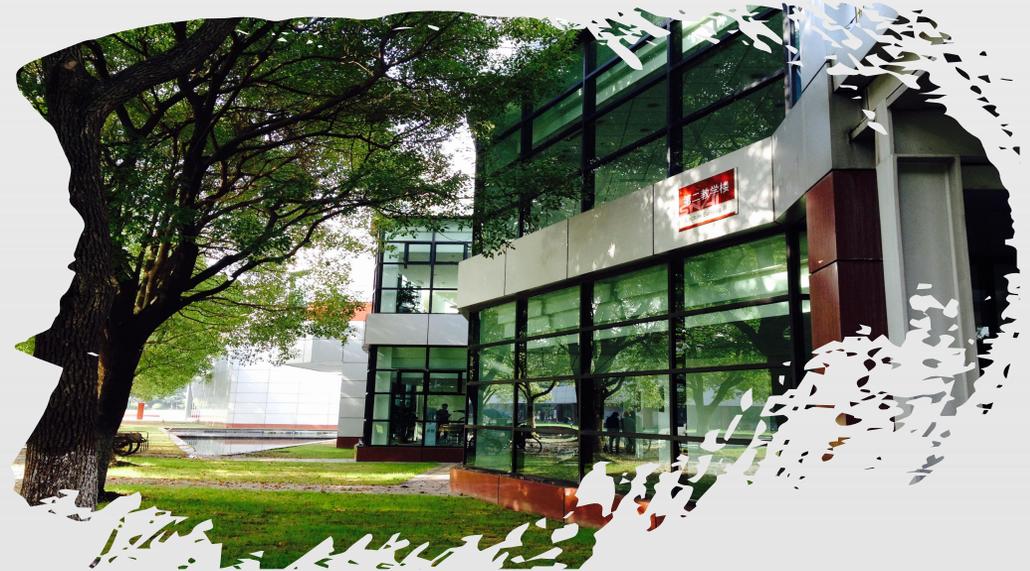
全部期权激励的成本

$$= 104.0 + 111.0 = 215.0 \text{ (万元)}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

# 第四部分

# 可转债公允价值评估



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

# 一、可转债的概念

1. 可转债的定义：可转债是可转换公司债的简称，是一种可以在特定时间、按特定条件转换为发债公司普通股权的特殊企业债；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

# 一、可转债的概念

2. 可转债的特性：可转换债兼有债权和股权的特征，具有以下三个特点：

- 债权性：与其他债权一样，可转换债权也有规定的利率和期限，投资者可以选择持有债权到期，收取本息；
- 股权性：可转换债权在转换成股权之前是纯粹的债权，但转换成股权之后，原债权人就由债权人变成了公司的股东，可参与企业的经营决策和红利分配，这也一定程度上会影响公司的股本结构；
- 可转换性：可转换性是可转换债权的重要标志，债权人可以按约定的条件将债权转换成股权，也可以不转换。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 一、可转债的概念

- 转股权是投资者享有的一般债权所没有的选择权，可转换债权在发行时就明确约定，债权人可按照发行时约定的价格将债权转换成公司的普通股；
- 如果债权人不想转换，则可以继续持有债权，直到偿还期满时收取本金和利息，或者在流通市场出售变现；

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

# 一、可转债的概念

- 如果持有人看好发债公司股权增值潜力，在宽限期之后可以行使转换权，按照预定转换价格将债权转换为股权，发债公司不得拒绝；
- 正因为具有可转换性，可转换债权利率一般低于普通公司债权利率，企业发行可转换债权可以降低筹资成本；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 一、可转债的概念

3. 可转债中的赎回条款：有些可转债在发行时附带有发行方的回购条款，即规定在债权到期之前，发行人可以（但不是必须）按照约定的价格回购全部或部分可转债；

- 附带有回购条款的可转债通常被称为附有赎回条款的可转债；
- 附带赎回条款的可转债实际就是债权发行人有可以提前偿还债务的权利；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 二、可转债市场价值（公允价值）的评估方法

- 可转债与普通债相比其主要差异就是附带一定的转换条款，这些条款赋予债权人一定的权力，并且没有义务，因此是一种“多头”权利的概念，也就是期权的概念；
- 也有一些可转债附带有赎回条款，这些条款是赋予债务人一定的权利，也就是提前偿还的权利，这对于债权人来说是一种义务，并且没有权利，因此是一种“空头”义务，也就是期权的义务承担者；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 二、可转债市场价值（公允价值）的评估方法

- 根据上述分析，我们可以得到如下可转债市场价值（公允价值）的评估基本公式（思路）：

可转换债的价值 = 普通债权的价值 + 转换为股权的期权价值 + 赎回义务承担的负债价值

- 由于赎回义务负债与对应的期权权利价值是相对应的，因此上述计算公式可以改写为：

可转换债的价值 = 普通债权的价值 + 转换为股权的期权价值 - 赎回期权的价值 !!!

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、可转换债权评估案例一

- 某银行2008年发行可转换债权，其基本条款如下：
  - 票面价值 100元/张，发行期限5年（2008年1月1日到2012年12月31日）；
  - 票面利率1.5%，发行当日起每12个月支付利息一次；
  - 可以转换股权价格为9.35元/股，可转换日期为发行6个月月开始，直至到期日；
  - 赎回价格为111元/张，可赎回时间为发行后6个月开始，直至到期日；
  - 发行当日的股权价格为9.6元/股；
  - 无风险收益率按3%计算，市场同类债权的期望回报率为5%；该银行股票价格年波动率25%，债权价格年波动率为5%。

不做假账  
牛路基  
二〇一〇年四月

## 三、可转换债权评估案例一

### • 估算该可转债的市场价值（公允价值）

➤ 根据可转债的估算公式：

可转换债的价值 = 普通债权的价值  $V_1$  + 转换为股权的期权价值  $V_2$  - 赎回期权价值  $V_3$

➤ 我们需要分别估算将上述普通债权的公允价值  $V_1$ ，可转换期权的价值  $V_2$  以及可赎回的期权价值  $V_3$ ；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、可转换债权评估案例一

#### 1. 估算普通债权 $V_1$ 的价值

- 将上述债权作为一个普通的债权，估算其市场价值；
- 该债权是一个票面利率为1.5%，剩余期限为5年，单利，每年末支付一次利息，期末还本的债权；

$$\begin{aligned} \text{Value } (V_1) &= \frac{I_1}{(1+r)} + \frac{I_2}{(1+r)^2} + \frac{I_3}{(1+r)^3} + \frac{I_4}{(1+r)^4} + \frac{I_5}{(1+r)^5} + \frac{P}{(1+r)^5} \\ &= \frac{100 \times 1.5\%}{(1+5\%)} + \frac{100 \times 1.5\%}{(1+5\%)^2} + \frac{100 \times 1.5\%}{(1+5\%)^3} + \frac{100 \times 1.5\%}{(1+5\%)^4} + \frac{100 \times 1.5\%}{(1+5\%)^5} + \frac{100}{(1+5\%)^5} \\ &= \frac{1.5}{(1+5\%)} + \frac{1.5}{(1+5\%)^2} + \frac{1.5}{(1+5\%)^3} + \frac{1.5}{(1+5\%)^4} + \frac{1.5}{(1+5\%)^5} + \frac{100}{(1+5\%)^5} \\ &= 84.85(\text{元}) \end{aligned}$$

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

### 三、可转换债权评估案例一

#### 2. 可转换期权的价值 $V_2$ 的估算:

- $V_2$ 的价值可以采用Black-Scholes模型估算, 这是一个看涨期权, 基础资产 (Underlying Asset) 是该银行的股票 (股权):

$$C = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

在上式中:

$S_0 = 9.6$ 元/股,  $r = 3\%$ ,  $T = 5$ 年,  $X = 9.35$ 元/股)

$\sigma = 25\%$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} =$$
$$\frac{\ln(9.6 / 9.35) + (3\% + 25\%^2 / 2) \times 5}{25\% \times \sqrt{5}} = 0.5950$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T} = 0.5950 - 25\% \sqrt{5} = 0.0360$$

不做假账  
半路基金  
二零一四年四月

### 三、可转换债权评估案例一

• 期权C的价值为：

$$\begin{aligned} C &= S_0 N(d_1) - Xe^{-rT} N(d_2) \\ &= 9.6 \times N(0.5950) - 9.35 \times e^{-3\% \times 5} \times N(0.0360) \\ &= 2.8118(\text{元}) \end{aligned}$$

• 债权转换率 =  $100/9.35 = 10.6952$

因此债权的转换期权的价值为：

$$V_2 = 10.6952 \times 2.8118 = 30.07 \text{ (元)}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 三、可转换债权评估案例一

### 3. 赎回期权 $V_3$ 的价值估算:

- $V_3$ 的价值可以采用Black-Scholes模型估算, 是一个看跌期权, 基础资产 (Underlying Asset) 是该银行的债券;

$$P = Xe^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1)$$

在上式中:

$S_0 = 84.85 + 30.07 = 114.92$ (元/张),  $r = 3\%$ ,  $T = 5$ 年,  
 $X = 111$  (元/张),  $\sigma = 5\%$ ;

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} =$$

$$\frac{\ln(114.92 / 111) + (3\% + 5\%^2 / 2) \times 5}{5\% \times \sqrt{5}} = 1.7080$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T} = 1.7080 - 5\% \sqrt{5} = 1.5962$$

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

### 三、可转换债权评估案例一

- 期权P的价值为：

$$\begin{aligned}V_3 = P &= Xe^{-rT}N(-d_2) - SN(-d_1) \\ &= 19.62 \text{ (元)}\end{aligned}$$

因此赎回期权的价值 $V_3 = 19.62$

- 该笔可转债的公允价值为：

$$\begin{aligned}V &= V_1 + V_2 - V_3 = 84.85 + 30.07 - 19.62 \\ &= 95.30 \text{ (元)}\end{aligned}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

- 某银行2008年发行可转换债权，其基本条款如下：
  - 票面价值 100元/张，发行期限5年（2008年1月1日到2012年12月31日；
  - 票面利率1.5%，发行当日起每12个月支付利息一次；
  - 可以转换股权价格为9.35元/股，可转换日期为发行6个月后开始，直至到期日；

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

- 赎回触发条件：当股价超过12元/股，债券发行人可以将未转股的债权，按照赎回价格111元/张赎回，可赎回时间为发行后6个月开始，直至到期日；
- 发行当日的股权价格为9.6元/股；
- 无风险收益率按3%计算，市场同类债权的期望回报率5%；该银行股票价格年波动率25%。

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

### 案例分析：

- 该案例与案例一对比，其主要差异是赎回条款的差异，案例一的赎回是根据债券的市场价格的高低变化决定触发赎回的条件，因此将其作为一个独立的期权（看跌期权） $V_3$ ，案例二的赎回条款的触发条件与股票价格波动挂钩，不是由债券价格决定，因此不能将其作为一个独立的期权 $V_3$ 处理，需要将其与转换期权 $V_2$ 合并处理；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

- 根据可转债的相关规定，我们可以用以下函数描述：

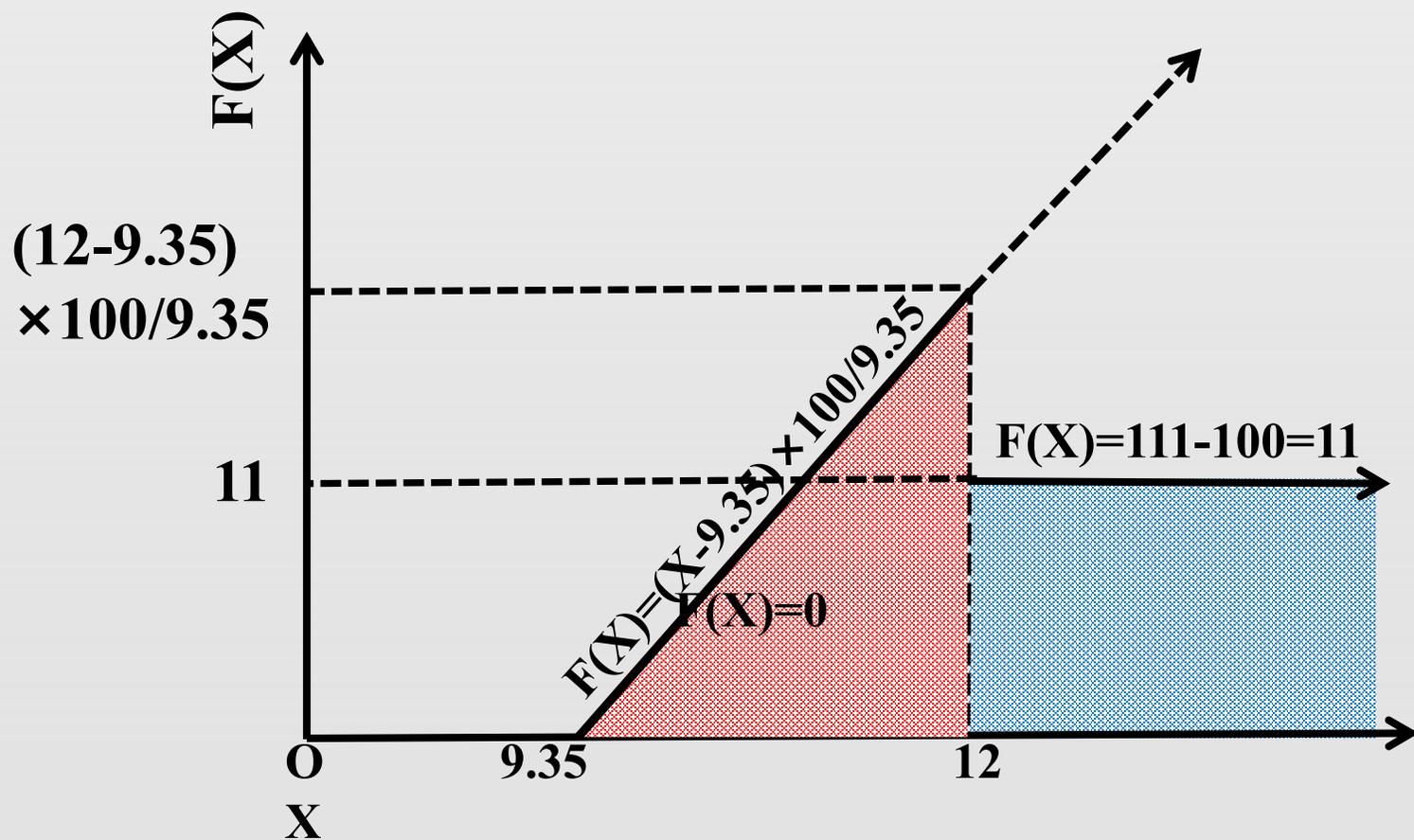
$$F(X) = \begin{cases} 0 & X \leq 9.35 \\ (X - 9.35) \times 100 / 9.35 & 9.35 \leq X \leq 12 \\ 111 - 100 & X > 12 \end{cases}$$

上述函数可以拆分为以下函数：

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

- 上述函数的图形：

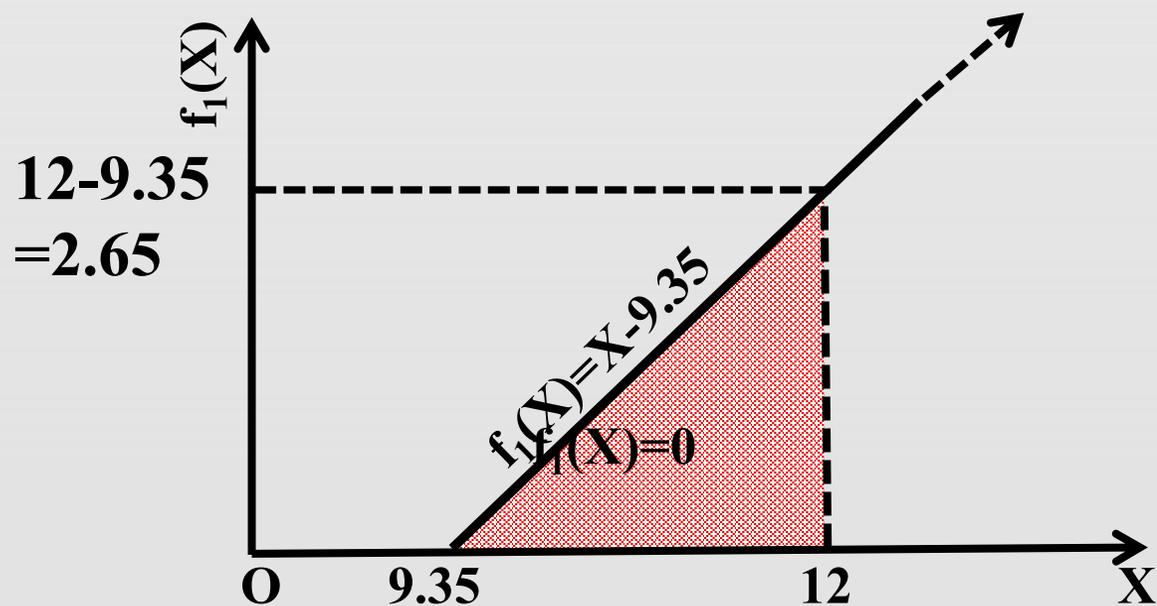


不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

• 函数 $f_1(x)$ :

$$f_1(X) = \begin{cases} 0 & X \leq 9.35 \\ X - 9.35 & 9.35 < X \leq 12 \end{cases}$$

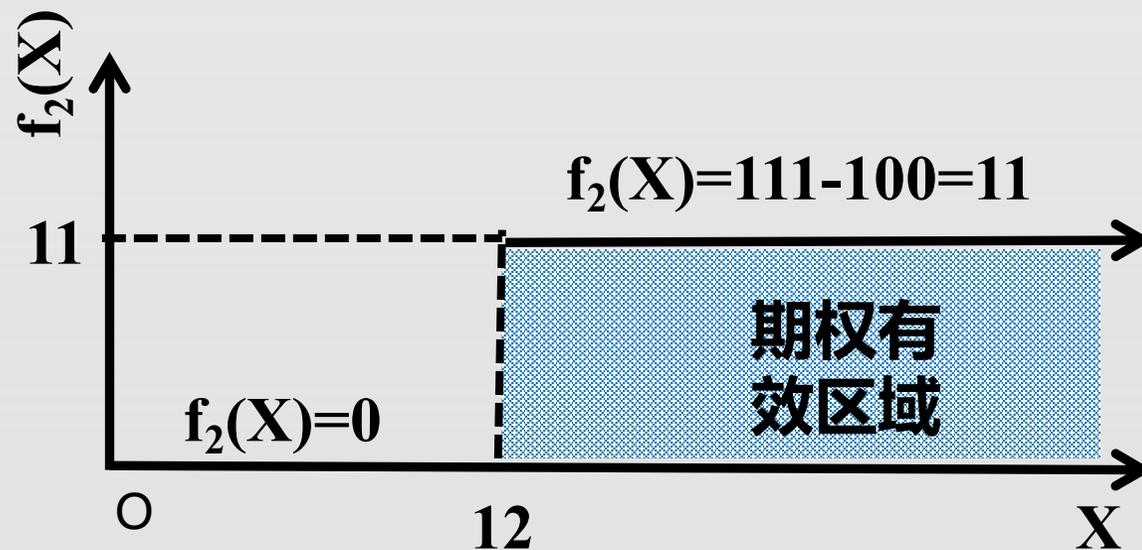


不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

• 函数 $f_2(x)$ :

$$f_2(X) = \begin{cases} 0 & X \leq 12 \\ 111 - 100 = 11 & X > 12 \end{cases}$$



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

- 我们最终可以得到:

$$F(X) = 100/9.35 \times f_1(X) + f_2(X)$$

对应 $F(X)$ 的期权就是我们需要估算的转换期权 $V_2$ 的价值:

- 其中:

- $f_1(X)$ 对应一个初始股价 $S_0=9.6$ 元/股, 行权价 $X=9.35$ 元/股, 障碍值 $H=12$ 元/股的上升敲出看涨期权 (Up-and-Out Call) ;

- $f_2(X)$ 对应一个初始股价 $S_0=9.6$ 元/股, 行权价 $X=12$ 元/股, 固定收益为11元的两点式看涨期权;

不做假账  
半路基金  
二零一四年四月

## 四、可转债评估案例二

- 案例二可转债的公允价值：

$V = \text{普通债权的价值 } V_1 + \text{转换为股权的期权价值 } V_2$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 四、可转债评估案例二

- 转换期权 $V_2$ 的价值:

$$\begin{aligned} V_2 &= 100/9.35 \times \text{上升敲出看涨期权 } C_{UO} + \text{两点} \\ &\quad \text{式看涨期权 (Cash-or-Nothing Call) } C_1 \\ &= 2.0 + 3.226 \\ &= 5.23 \text{元} \end{aligned}$$

- 该笔可转债的公允价值为:

$$V = V_1 + V_2 = 84.85 + 5.23 = 90.08 \text{ (元)}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、可转债评估案例二

100/9.35×上升敲出看涨期权 $C_{UO}$

$$=10.696 \times (S_0[N(d_3)-N(d_1)] - Xe^{-rT}[N(d_4)-N(d_2)])=2.0$$

其中： $S_0=9.6$ 元/股， $r=3\%$ ， $T=5$ 年， $X=9.35$ 元/股，

$H=12$ 元/股， $\sigma=25\%$

$$d_3 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\left(\frac{9.6}{9.35}\right) + \left(3\% + \frac{25\%^2}{2}\right) \times 5}{25\% \times \sqrt{5}} = 0.5950$$

$$d_4 = d_3 - \sigma\sqrt{T} = 0.0360$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\left(\frac{9.6}{12}\right) + \left(3\% + \frac{25\%^2}{2}\right) \times 5}{25\% \times \sqrt{5}} = 0.1487$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0.1487 - 25\% \times \sqrt{5} = -0.4104$$

不做假账  
半路基金  
2018年4月

## 四、可转债评估案例二

两点式看涨期权 (Cash-or-Nothing Call)  $C_1$

$$=(111-100)e^{-rT}N(d_2)$$

$S_0=9.6$ 元/股,  $r=3\%$ ,  $T=5$ 年,  $X=12$ 元/股,

$\sigma=25\%$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\left(\frac{9.6}{12}\right) + \left(3\% + \frac{25\%^2}{2}\right) \times 5}{25\% \times \sqrt{5}} = 0.1487$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0.1487 - 25\% \times \sqrt{5} = -0.4104$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

# 第五部分

# 优先股公允价值评估



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

# 一、优先股的概念

■优先股的定义：优先股是公司在筹集资金时，给予投资者某些优先权的股票，这种优先权主要表现在两个方面：

- 有固定的股息，不随公司业绩好坏而波动，并且可以先于普通股股东领取股息；
- 当公司破产清算时，优先股股东对公司剩余财产有先于普通股股东的要求权；

不做假账  
牛路基  
二〇一四年四月

# 一、优先股的概念

- 但优先股一般不参加公司的红利分配，持股人亦无表决权，不能借助表决权参加公司的经营管理；
- 优先股与普通股相比较，收益和决策参与权有限，但承担的风险也相应地减少。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 二、优先股的评估方法

1. **优先股评估思路**：因为优先股也是股权，因此优先股的评估基本思路如下：

- 先评估全部股东的权益价值，即包括优先股的价值和普通股的价值之和；

股权权益价值=企业整体价值-债权价值；

- 再根据优先股比普通股在获利权利或获利优先权方面的差异将全部股东权益的价值在优先股与普通股之间进行分配（不是简单的按股比分配）；

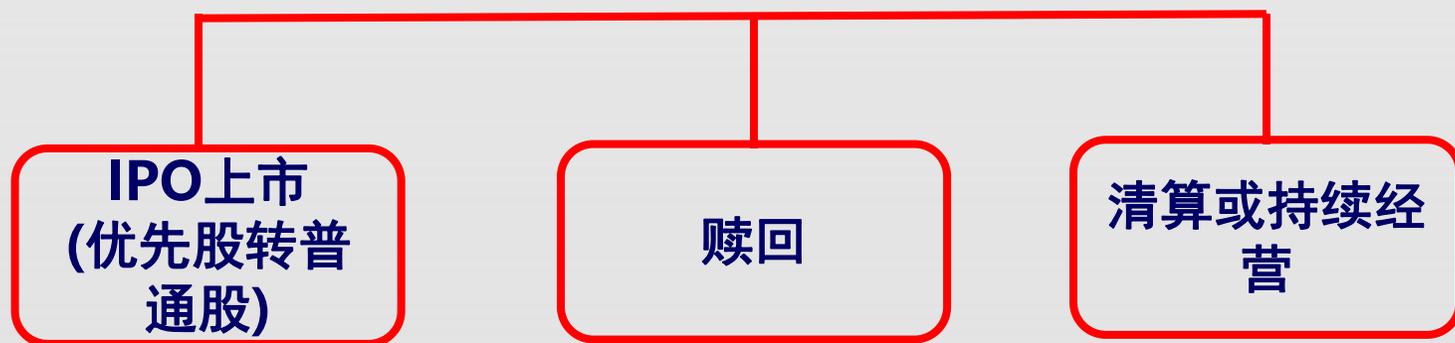
不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、优先股的评估方法

### 2. 优先股评估具体操作方式：

- (1) 情景分析方式：

主要分析企业未来发展可能出现的在不同情景，目前的惯例是将标的企业未来发展分为以下情景：



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 二、优先股的评估方法

- 分析确定上述各种情形发生的概率（可能性）；
- 计算每种情况下普通股和优先股的价值分配；
- 将每种情景下计算的优先股价值进行概率加权平均；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 二、优先股的评估方法

- (2) 期权定价方式:

在每种情景下，将企业的普通股价值看作对股东全部权益价值的看涨期权（Call Option）；

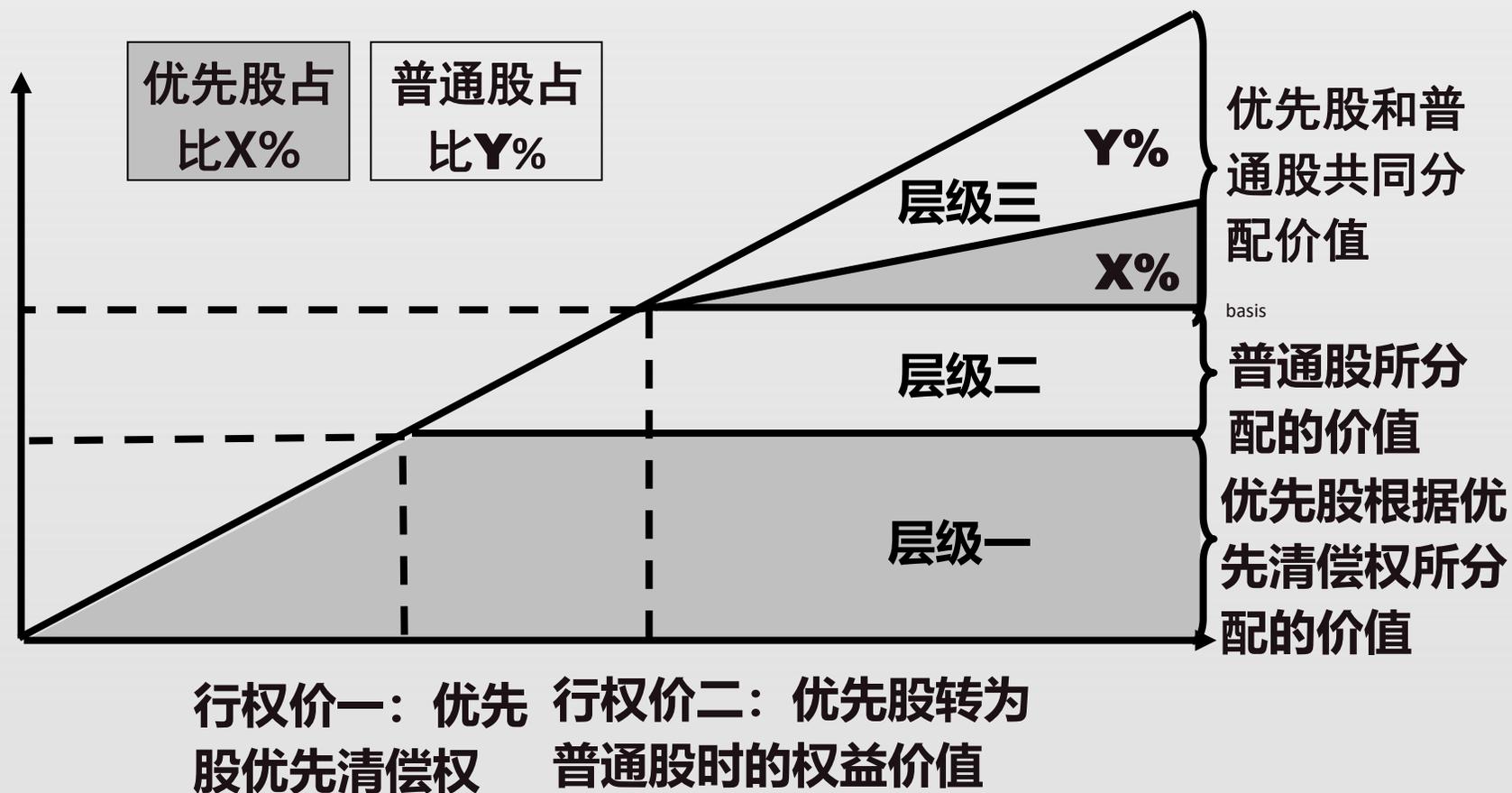
➤将优先股的优先清偿权价格作为看涨期权的行权价格；

- “看涨期权”实际给予普通股持有者在公司股权整体价值达到该行权价格后获得公司权益价值的权利，如果优先股行使优先清偿权后已经没有价值分配给普通股，普通股的价值也就没有了价值；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

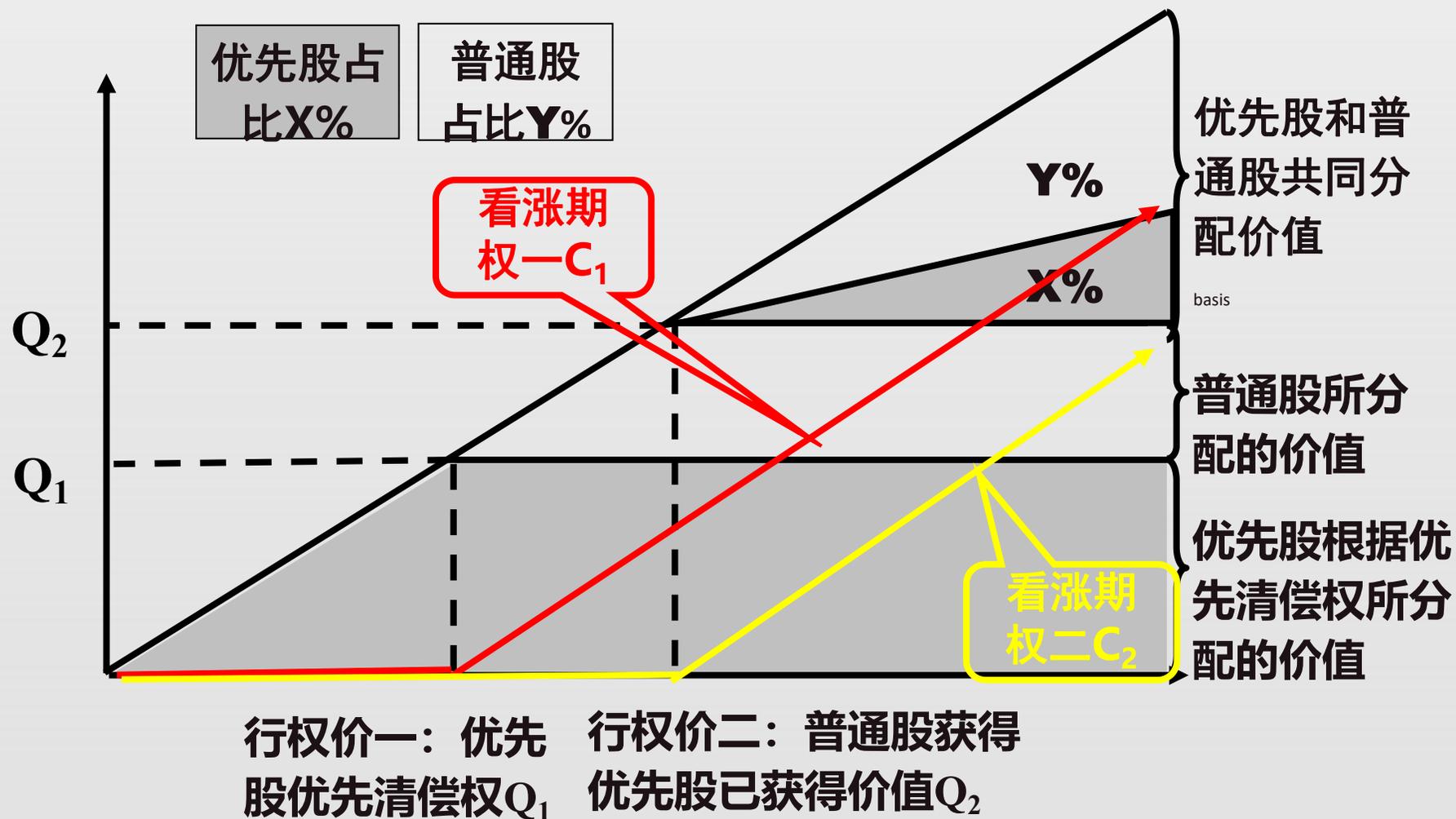
## 二、优先股的评估方法

◆ 普通股&优先股价值分配图（参与分配型优先股）：



不做假账  
半路基金  
二〇一四年四月

## 二、优先股的评估方法



不做假账  
朱镕基  
二〇一四年四月

## 二、优先股的评估方法

- (3) 期权 $C_1$ 的主要参数确定;
  - $S_0$ : 期权基础资产初始值, 截止计量日标的资产的全部股权价值 (优先股+普通股);
    - 股权价值=企业整体价值-负息负债价值
  - 行权价 $X$ : 优先股原始投资值+计量日之前应发未发的股息、红利的累计额 $Q_1$ ;
  - 期权有效期 $T$ : 评估基准日距离情景发生剩余年限 (年);
  - 波动率 $\sigma$ : 基础资产股权波动率, 可以选择可比公司计算波动率替代。

不做假账  
半路筑基  
二零一四年四月

## 二、优先股的评估方法

- (4) 期权 $C_2$ 的主要参数确定;
  - $S_0$ : 期权基础资产初始值, 截止计量日标的资产的全部股权价值 (优先股+普通股);
    - 股权价值=企业整体价值-负息负债价值
  - 行权价 $X$ : 优先股在获得原始投资值+计量日之前应发未发的股息、红利累计额后, 标的资产股东全部权益增加额将应该分配给普通股股东, 直到普通股股东每股获得的权益与优先股持平, 看涨期权 $C_2$ 行权价就是可以弥补使普通股股东每股享有的权益与优先股股东一致时的标的企业股东全部权益的价值 $Q_2$ ;
  - 期权有效期 $T$ : 评估基准日距离情景发生剩余年限 (年);
  - 波动率 $\sigma$ : 基础资产股权波动率, 可以选择可比公司计算波动率替代;

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 三、优先股评估案例分析

### 1. 案例背景介绍:

- 优先股投资协议中的主要条款:

(1) 原标的企业注册资本1,200万元, 优先股投资者投资额600万元, 投资后全部注册资本合计1,800万元, 优先股股东持股比例为33%, 普通股股东持股比例67%;

(2) 赎回安排: 优先股股东有要求标的企业按照以下价格回购优先股的权利:

$$\text{赎回价} = A \times (1 + 25\% \times N) - B$$

不做假账  
半路基金  
二〇一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

•其中：

A：为赎回优先股股东原始投价值总额；

N：为自本协议签署日至赎回完成日的天数  
除以365所得到的的数额；

B：优先股投资者从公司实际已获得的分红。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

### 三、优先股评估案例分析

(3) 清算优先安排：若公司发生任何清算、解散或终止情形，公司的财产按照以下顺序分配：

- 支付清算费用、职工工资、社会保险、相关税费和偿还公司债务；
- 优先偿还优先股的初始投资额以及应该支付未付的股息；

(4) 截止计量日公司尚未宣布发放股息。

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

# 三、优先股评估案例分析

## 2. 情景分析：

- 标的企业未来发展可能出现三种情景：
  - **IPO上市**：未来公司发展利好，可以获批IPO上市，此时全部的优先股都需要转为普通股，此时，普通股继续存在，优先股不再存在；
  - **优先股赎回**：未来公司发展不如预期，或触发协议规定，则可能优先股股东要求公司通过回购赎回优先股，赎回后普通股继续存在，优先股不再存在；

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

## 三、优先股评估案例分析

### ➤ 公司清算或持续经营：

- › 如果出现公司无法正常经营，则可能出现清算，优先股股东行使优先清偿权；
- › 如果公司持续经营，则优先股具有优先收益权并且是参与性优先股；
- › 无论清算或者持续经营，优先股都会与普通股同时存在。

不做假账  
朱镕基  
二〇〇一年四月

### 三、优先股评估案例分析

- 管理层对优先股投资日后五年内发生以上三种情景的概率如下：

三种情景发生的概率分析表

序号	情景	发生概率
1	IPO上市	70%
2	赎回	20%
3	清算或持续经营	10%

不做假账  
朱镕基  
二〇一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

相关参数			
单位：人民币万元			
项 目	IPO上市 (转换)	赎 回	清算或持续经营
优先股投资日	2018/10/7	2018/10/7	2018/10/7
评估基准日	2019/6/30	2019/6/30	2019/6/30
预计情景发生时间	2023/10/8	2023/10/8	2023/10/8
评估基准日距离情景发生剩余年限（年）	4.28	4.28	4.28
评估基准日标的资产全部股权价值	2,400	2,400	2,400
已宣布但未支付股利	0.00	0.00	0.00
标的资产股权波动率	48.0%	48.0%	48.0%
无风险收益率	4.01%	4.01%	4.01%

不做假账  
半路基金  
2018年4月

### 三、优先股评估案例分析

#### (1) 获批IPO上市（转换）情景：

- 如果标的企业可以在投资日后未来5年内成功上市，则全部优先股都需要转为普通股，因此在这种情景下，优先股与普通股每股价值一致；

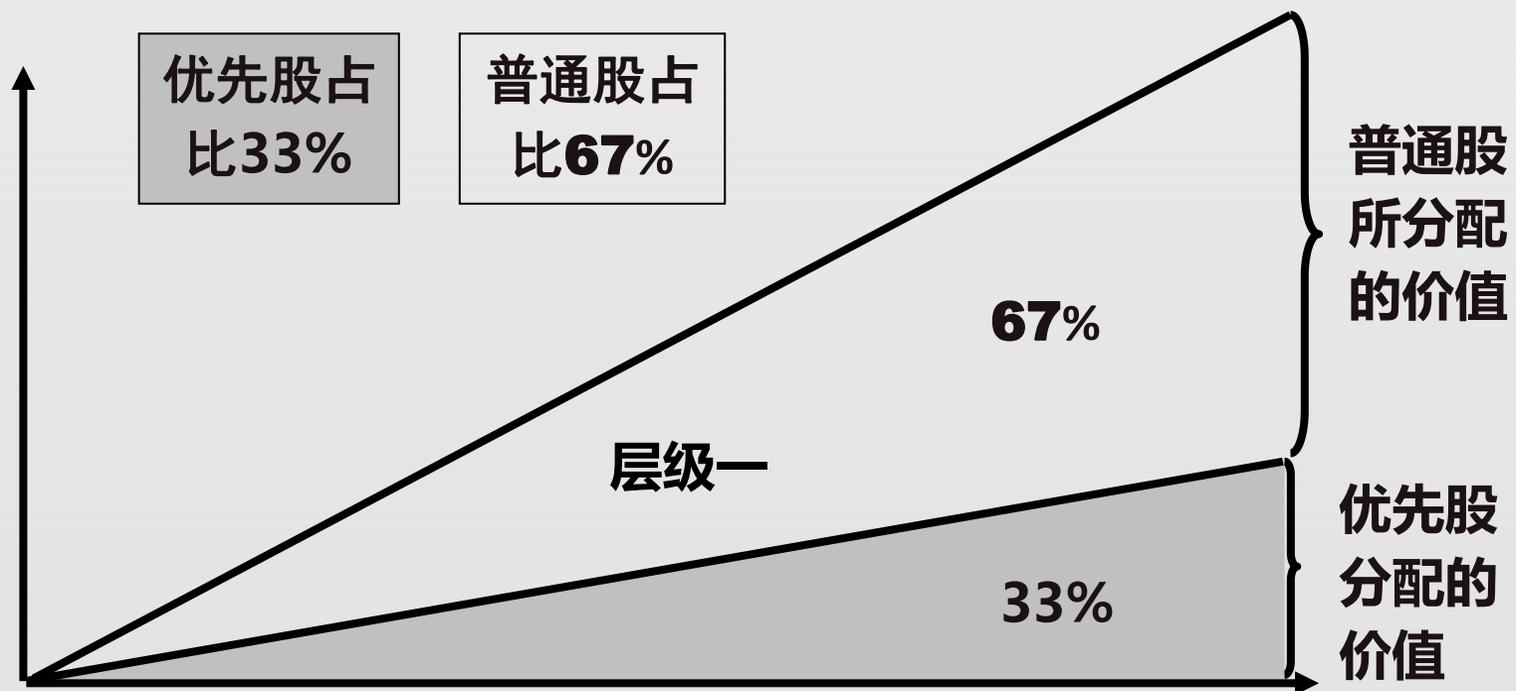
单位：万元

IPO上市 (转换)	行权价	看涨期权 价值	期权增量 价值	普通股价 值	优先股 价值	合计
层级一	0	2,400	2,400	67.0%	33.0%	100%
合计				1,608	792	2,400

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

- 图示IPO上市（转换）情景：



不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 三、优先股评估案例分析

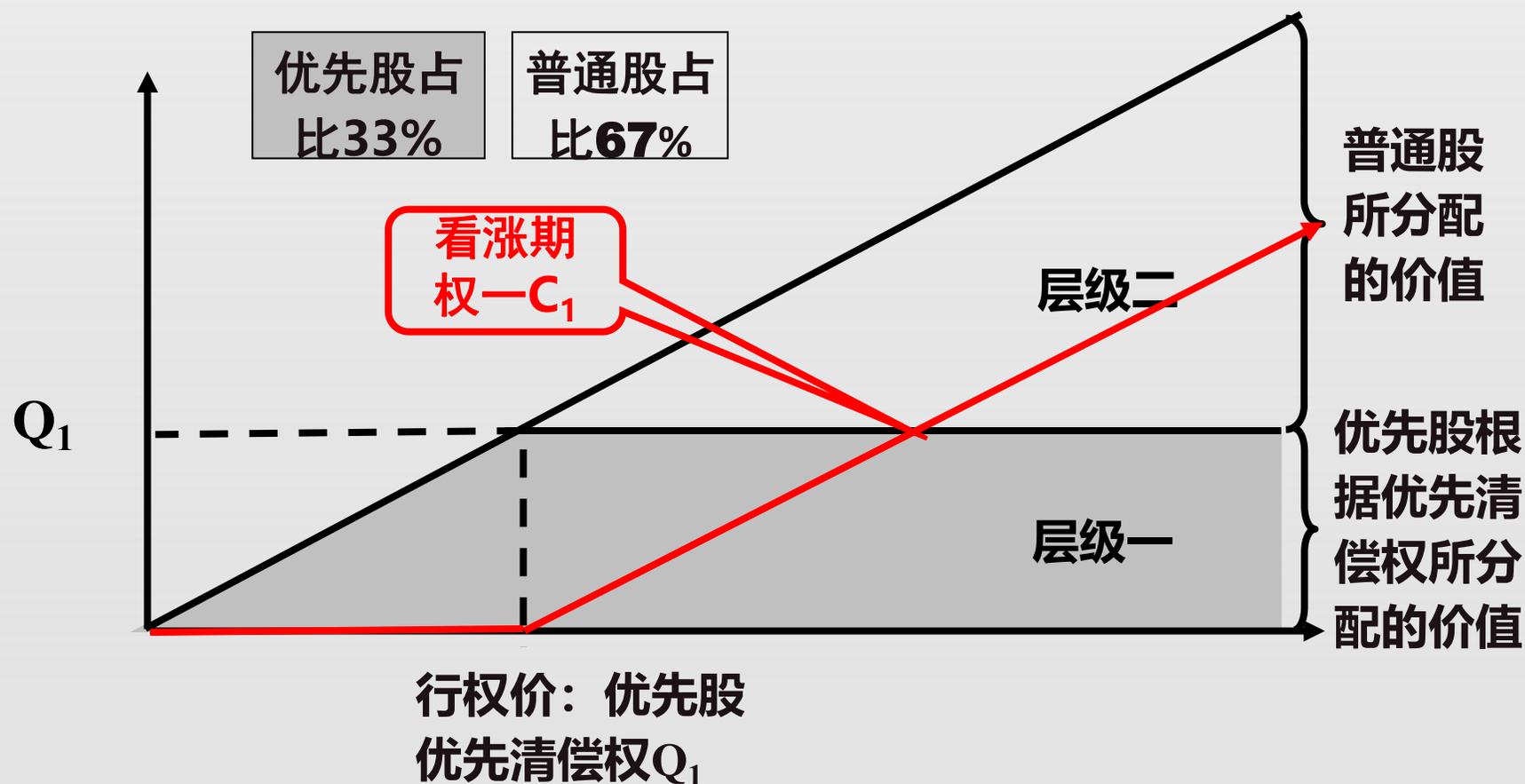
### (2) 赎回情景：

- 如果标的企业在投资日后未来5年时间内发生赎回情景，则可能出现以下情况：
  - 当标的资产的全部股权（普通股+优先股）价值不足以赎回优先股的全部价值，此时普通股没有价值分配，全部权益价值全部分配给优先股；
  - 当标的资产全部股权（普通股+优先股）价值可以足够赎回优先股价值，超出优先股赎回价格后的剩余价值全部归普通股股东享有；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

- 图示赎回情景：



不做假账  
半路基金  
二零一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

- 赎回情景优先股价值计算表：

单位：万元

赎回	行权价	看涨期权价值	期权增量价值	普通股价值	优先股价值	合计
层级一	0.0	2,400.0	937.7	0.0%	100.0%	100%
层级二 (看涨期权C <sub>1</sub> )	1,350.0	1,462.3	1,462.3	100.0%	0.0%	100%
合计				1,462.3	937.7	2,400.0

不做假账  
半路基金  
二零一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

- 看涨期权 $C_1$ 各主要参数计算说明;
  - 初始值 $S_0=2,400$ 万元;
  - 行权价 $X=600 \times (1+25\% \times 5) = 1,350$ 万元
  - 无风险收益率 $r=4.01\%$
  - 波动率 $\sigma=48.0\%$ ;
- 层级一期权增量价值 $2,400-1,462.3=937.7$ 万元;
- 普通股股权价值  
 $=937.7 \times 0\% + 1,462.3 \times 100\% = 1,462.3$  (万元) ;
- 优先股股权价值  
 $=937.7 \times 100\% + 1,462.3 \times 0\% = 937.7$  (万元)

不做假账  
半路基金  
二〇一四年四月

## 三、优先股评估案例分析

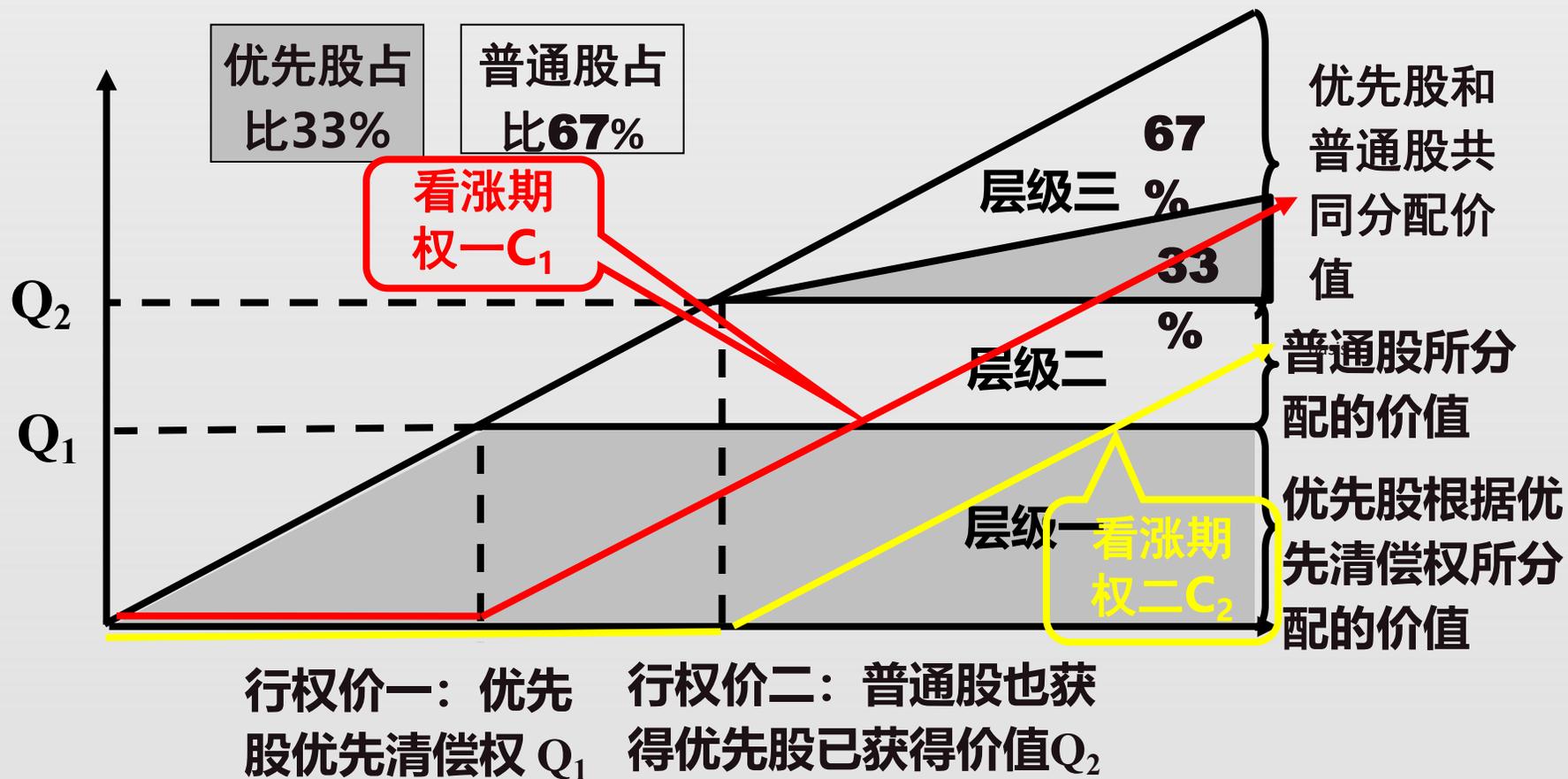
### (3) 清算或持续经营情景：

- 如果标的企业在投资日后未来5年时间内发生清算或持续经营情景，则可能出现以下情况：
  - 当标的资产的全部股权（普通股+优先股）价值不高于优先股的初始投资额+累计股息的价值，此时普通股没有价值分配，全部权益价值都需要分配给优先股；
  - 当标的资产的全部股权（普通股+优先股）价值超过优先股初始投资额+累计股息，则超过部分应该全部归普通股股东享有，直到普通股的每股价值与优先股等同；
  - 当标的资产全部股权权益价值（普通股+优先股）在普通股与优先股之间进行分配后，使得普通股每股价值与优先股一致后，超出的股权权益价值需要按照普通股与优先股的比进行价值分配。

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

- 图示清算或持续经营情景：



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

• 清算或持续经营情景优先股价值计算表：

单位：万元

清算或持续经营	行权价	看涨期权价值	期权增量价值	普通股价值	优先股价值	合计
层级一	0.0	2,400.0	937.7	0.0%	100.0%	100%
层级二（看涨期权C <sub>1</sub> ）	1,350.0	1,462.3	800.6	100.0%	0.0%	100%
层级三（看涨期权C <sub>2</sub> ）	4,050.0	661.8	661.8	67.0%	33.0%	100%
合计				1,243.9	1,156.1	2,400

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

### 三、优先股评估案例分析

- 看涨期权 $C_2$ 各主要参数计算说明;
  - 初始值 $S_0=2,400$ 万元;
  - 行权价 $X=1,800 \times (1 + 25\% \times 5)=4,050$ 万元;
  - 无风险收益率 $r=4.01\%$ , 波动率 $\sigma=48.0\%$ ;
- 层级二期权增量价值为 $C_1$ 价值 $1,462.3 - C_2$ 价值 $661.8 = 800.6$ 万元;

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

### 三、优先股评估案例分析

- 普通股股权价值

$$\begin{aligned} &= 937.7 \times 0\% + 1,462.3 \times 100\% + 661.8 \times 67\% \\ &= 1,243.9 \text{ (万元)} ; \end{aligned}$$

- 优先股股权价值

$$\begin{aligned} &= 937.7 \times 100\% + 1,462.3 \times 0\% + 661.8 \times 33\% \\ &= 1,156.1 \text{ (万元)} ; \end{aligned}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

### 三、优先股评估案例分析

#### (4) 优先股公允价值确定：

优先股公允价值评估计算表

序号	情景	发生概率	优先股价值
1	IPO上市（转换）	70%	792.0
2	赎回	20%	937.7
3	清算或持续经营	10%	1,156.1
4	优先股公允价值 (概率平均值)	<b>100%</b>	<b>857.6</b>

单位：万元

➤ 按股比计算的优先股公允价值 =  $2,400 \times 33\% = 792$ 万元

不做假账  
半路基金  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

- ◆采用期权定价方式估算优先股公允价值的核心思想：将企业的普通股价值看作对股东全部权益（普通股+优先股）价值的看涨期权（Call Option），将优先股的优先清偿权价格作为看涨期权的行权价格；

- 设 $F(X)$ 为普通股期权的特征函数

不做假账  
半路基  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

### ◆1. IPO上市（转换）情景：

- 当IPO情景发生时，优先股会全部转为普通股，普通股会按照约定股比享受权益，也就是但全部股权（普通股+优先股）X的值从0开始增加时，普通股股东的权益用函数表述为：

$$F(X) = 67\%X$$

此时，普通股股东权益不构成期权；

$$\text{普通股权益} = 2400 \times 67\% = 1608(\text{万元})$$

$$\text{优先股权益} = 2400 - 1608 = 792(\text{万元})$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

### ◆ 2. 赎回情景：

- 当赎回情景发生时，优先股需要赎回，此时如果全部股权（普通股+优先股） $X$ 从0开始增加时，当 $X < Q_1 = 1350$ 时，股东全部权益 $X$ 都要优先给优先股，此时普通股股东的权益为0，当 $X \geq Q_1 = 1350$ 时，超过部分才会给普通股股东，这个用数学函数表述为：

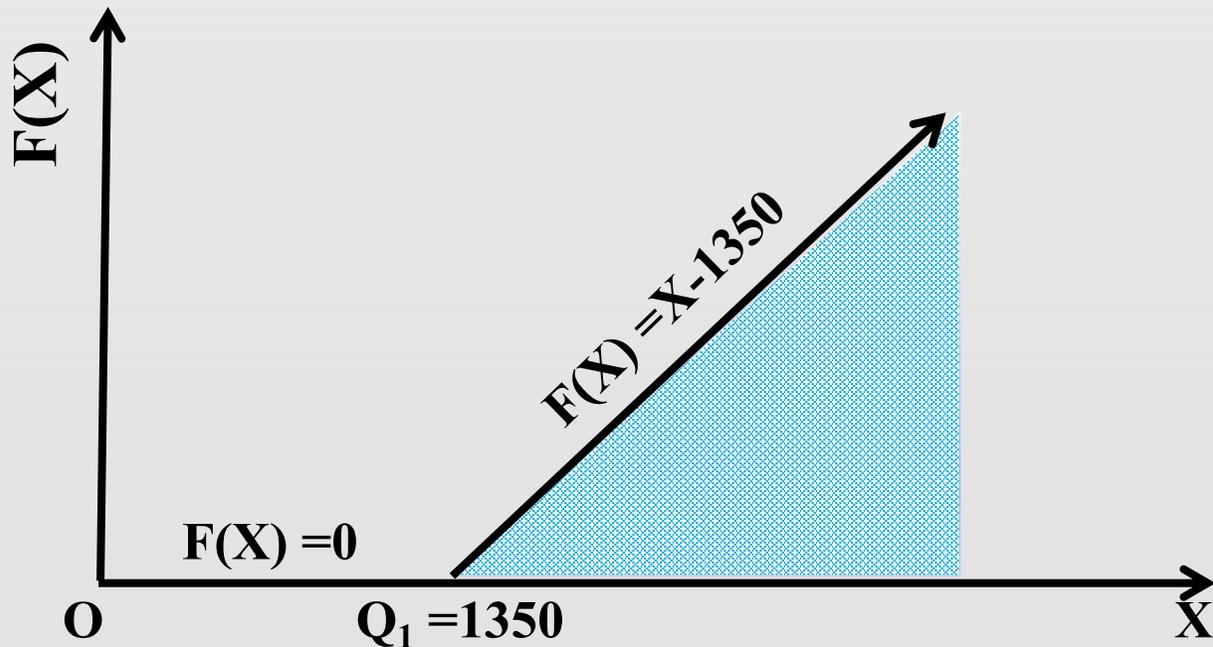
$$F(X) = \begin{cases} 0 & X < Q_1 = 1350 \\ X - Q_1 & X \geq Q_1 = 1350 \end{cases}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

•  $F(X)$ 的图像:

➤ 这是一个初始值 $S_0$ , 行权价为 $Q_1=1350$ 的看涨期权



不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

- 普通股权益价值：

$$\begin{aligned} \text{看涨期权 } C &= S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2) \\ &= 2400 N(d_1) - 1350 e^{-4.01\% \times 4.28} N(d_2) \\ &= 1462.6 (\text{万元}) \end{aligned}$$

普通股 = 1462.6 (万元)，优先股 = 2400 - 1462.6 = 937.4 (万元)

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{2400}{1350}\right) + \left(4.01\% + \frac{48\%^2}{2}\right) 4.28}{48\% \sqrt{4.28}}, \quad d_2 = d_1 - 48\% \sqrt{4.28}$$

不做假账  
半路基金  
二零一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

### ◆ 3. 清算或持续经营情景：

- 此时如果全部股权（普通股+优先股） $X$ 从0开始增加时，当 $X \leq Q_1 = 1350$ 时，股东全部权益 $X$ 都要优先给优先股股东，此时普通股股东的权益为0，当 $Q_2 = 4050 \geq X > Q_1 = 1350$ 时，全部权益应该全部分给普通股股东，当 $X > Q_2 = 4050$ ，超过部分会按照股比分配普通股股东和优先股股东；

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

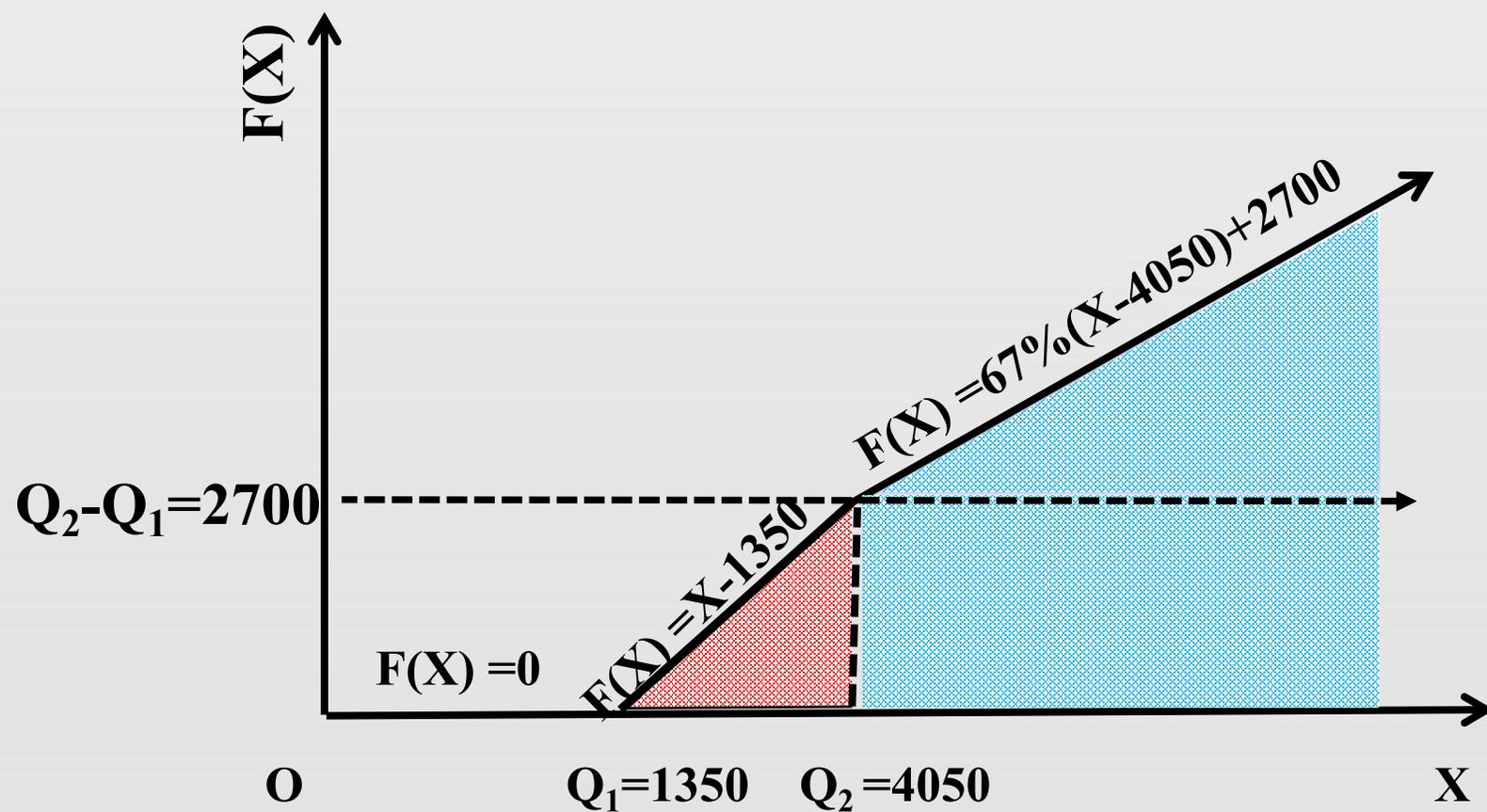
## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

- 当采用特征函数方式描述：

$$F(X) = \begin{cases} 0 & X \leq Q_1 = 1350 \\ X - 1350 & Q_1 = 1350 < X \leq Q_2 = 4050 \\ 67\%(X - 4050) + 4050 - 1350 & X > Q_2 = 4050 \end{cases}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值



不做假账  
朱镕基  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

• 特征函数F(X)的拆分：

$$F(X) = \begin{cases} 0 & X \leq Q_1 = 1350 \\ X - 1350 & Q_1 = 1350 < X \leq Q_2 = 4050 \\ 67\%(X - 4050) + 2700 & X > Q_2 = 4050 \end{cases}$$

$$f_1(X) = \begin{cases} 0 & X \leq 1350 \\ X - 1350 & 1350 < X \leq 4050 \\ 0 & X > 4050 \end{cases}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

$$f_2(X) = \begin{cases} 0 & X \leq 4050 \\ X-4050 & X > 4050 \end{cases}$$

$$f_3(X) = \begin{cases} 0 & X \leq 4050 \\ 4050-1350 & X > 4050 \end{cases}$$

$$F(X) = f_1(X) + 67\%f_2(X) + f_3(X)$$

不做假账  
朱镕基  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

- $f_1(X)$ : 对应一个初始  $S_0=2400$ ，行权价为  $Q_1=1350$ ，障碍值为  $Q_2=4050$  的上升敲出看涨期权 (Up-and-Out Call)  $C_{uo}$ ;
- $f_2(X)$ : 对应一个初始  $S_0=2400$ ，行权价为  $Q_2=4050$  的看涨期权  $C_1$ ;
- $f_3(X)$ : 对应一个初始  $S_0=2400$ ，行权价为  $Q_2=4050$ ，固定收益为  $Q_2-Q_1=2700$  的两点式看涨期权  $C_2$ ;

不做假账  
半路基金  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

- $f_1(X)$ : 对应上升敲出看涨期权  $C_{uo}$  (Up-and-Out Call) ;

$$C_{uo} = 2400[N(d_3)-N(d_1)] - 1350e^{-4.01\% \times 4.28}[N(d_4)-N(d_2)] = 351.3(\text{万元})$$

$$d_3 = \frac{\ln\left(\frac{2400}{1350}\right) + \left(4.01\% + \frac{48\%^2}{2}\right)4.28}{48\% \sqrt{4.28}}, \quad d_4 = d_3 - 48\% \sqrt{4.28}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{2400}{4050}\right) + \left(4.01\% + \frac{48\%^2}{2}\right)4.28}{48\% \sqrt{4.28}}, \quad d_2 = d_1 - 48\% \sqrt{4.28}$$

不做假账  
半路基金  
二零一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

- $f_2(X)$ : 对应看涨期权  $C_1$ ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 2400 N(d_1) - 4050 e^{-4.01\% \times 4.28} N(d_2) \\ &= 662.2(\text{万元}) \end{aligned}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{2400}{4050}\right) + \left(4.01\% + \frac{48\%^2}{2}\right)4.28}{48\% \sqrt{4.28}}, \quad d_2 = d_1 - 48\% \sqrt{4.28}$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

- $f_3(X)$ : 对应一个固定收益为  $Q_2 - Q_1 = 2700$  的两点式看涨期权  $C_2$ ;

$$\begin{aligned} C_2 &= (4050 - 1350)e^{-4.01\% \times 4.28} N(d_2) \\ &= 449.1 \text{ (万元)} \end{aligned}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{2400}{4050}\right) + \left(4.01\% + \frac{48\%^2}{2}\right)4.28}{48\% \sqrt{4.28}}, \quad d_2 = d_1 - 48\% \sqrt{4.28}$$

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

- 因此，在清算或持续经营情景下：

$$\begin{aligned} \text{普通股股东权益价值} &= C_{u_0} + 67\%C_1 + C_2 \\ &= 351.3 + 67\% \times 662.2 + 449.1 = 1244.1 (\text{万元}); \end{aligned}$$

$$\text{优先股的价值} = 2400 - 1244.1 = 1155.9 (\text{万元});$$

不做假账  
朱镕基  
二〇〇二年四月

## 四、采用期权特征函数方式分析、估算优先股公允价值

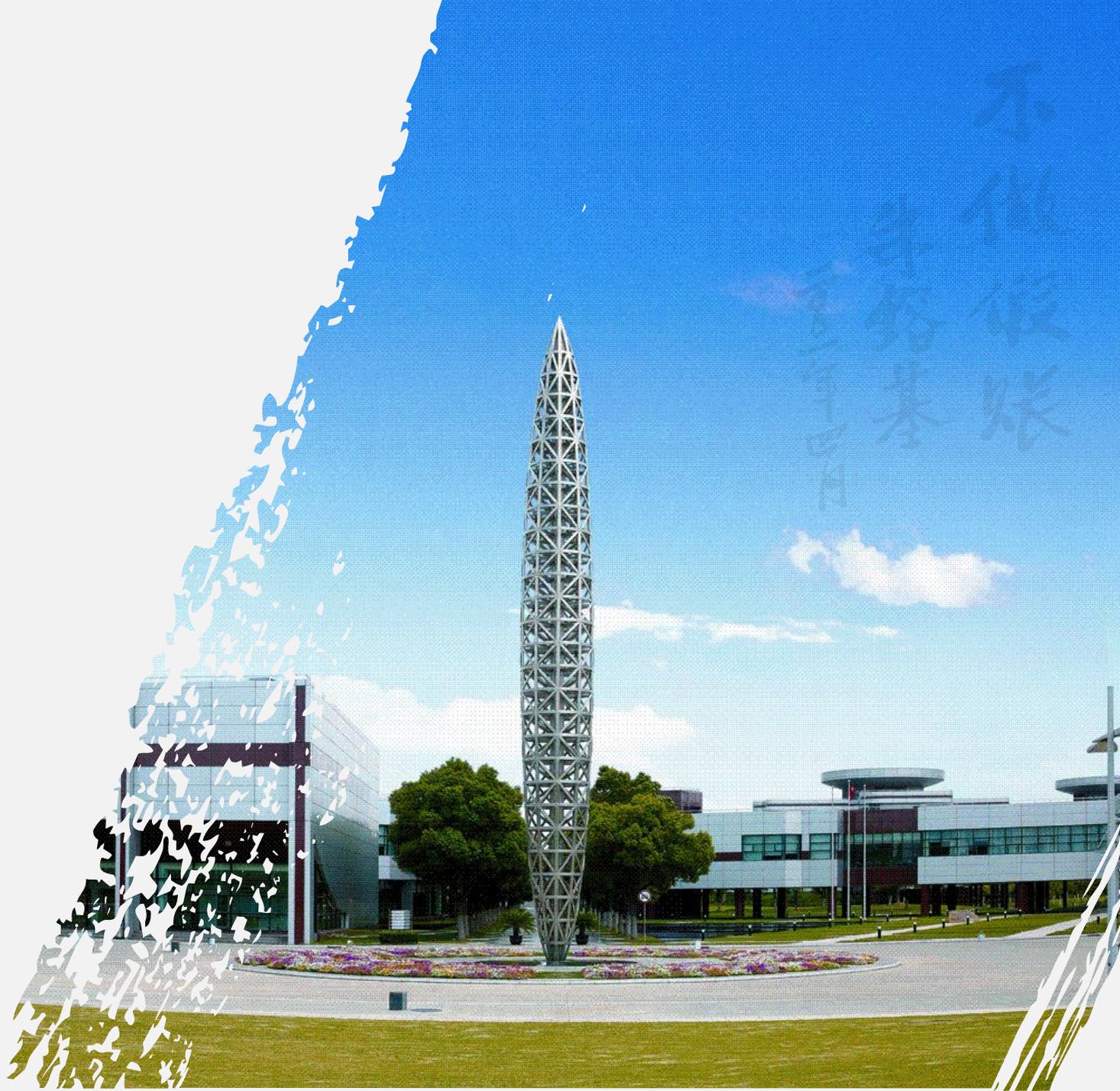
- 优先股对价值：

优先股公允价值评估计算表			
序号	情景	发生概率	优先股价值
1	IPO上市（转换）	70%	792.0
2	赎回	20%	937.4
3	清算或持续经营	10%	1,155.9
4	优先股公允价值 （概率平均值）	100%	<b>857.5</b>

单位：万元

不做假账  
朱路基  
二〇一四年四月

谢谢!



不做假账  
李锐基  
宣年四月