

第四讲：

风险分析和实物期权

武汉大学本科金融工程专业2022春公司金融

授课人：刘岩

本讲内容

- 敏感性分析
- 盈亏平衡分析
- Monte Carlo 模拟
- 实物期权

- BDM 第 8、21 章，RWJ 第 7 章

投资项目的风险：确定性 NPV 法则的缺陷

- NPV 准则：以恰当的资金成本（市场利率）来衡量投资项目整个周期内的折现收益与成本
- 但到目前为止，我们讨论 NPV 都是假设未来的（财务）现金流是确定的
- 现实中的投资项目面临非常多的不确定性：
 1. 市场不确定性 \Rightarrow 销售收入风险
 2. 供应链不确定性 \Rightarrow 销售成本风险
 3. 管理不确定性 \Rightarrow 管理费用风险
 4. 营运资本不确定性
 5. 资产残值不确定性
 6. 机会成本不确定性
- 这些不确定因素都会影响项目 NPV

敏感性分析 (sensitivity analysis)

- 财务现金流的计算依赖于一系列的参数假设，特别是对于未来各期相关收入、成本的假设
- 这些假设很有可能与实际情况相出入，从而影响各期现金流的计算，并最终影响 NPV 的计算
- 敏感性分析用来分析 NPV 对各个参数假设的敏感性：
 1. 销售收入
 2. 经营成本
 3. 固定资本投资
 4. 营运资本投资.....

芯片投资项目（单位：亿）

	第1年	第2-6年
收入		6000
变动成本		3000
固定成本		1900
折旧		300
税前利润		800
税收 ($\tau_c = 25\%$)		200
净利润		600
现金流入		900
初始投资	-1500	

$$NPV = -1500 + \sum_{t=1}^5 \frac{900}{1.15^t} = -1500 + 900A_{0.15}^5 = 1517$$

收入和成本的基准假设

- 收入：
 1. 单价 $P = 2000$ 元
 2. 市场容量 10亿片
 3. 市场份额 30%；年销量 $Y = 3$ 亿片
- 成本：
 1. 单位变动成本 C 每片1000元
 2. 固定成本 $FC = 1900$ 亿
- 有折旧，但没有利息支出——完全权益融资

各变量的三种估计

变量	悲观估计	正常估计	乐观估计
市场容量 (亿片)	5	10	20
市场份额	20%	30%	50%
销售单价 (元/片)	1900	2000	2200
变动成本 (元/片)	1200	1000	800
固定成本 (亿)	2000	1900	1850
初始投资 (亿)	1900	1500	1000

敏感性分析：对每个变量的三种估计，分别计算对应的NPV，同时假定其他变量处于正常估计值

敏感性分析示例：各变量变动时的NPV

出现变化的变量	悲观估计	正常估计	乐观估计
市场容量	-1802 ^[1]	1517	8154
市场份额	-696 ^[1]	1517	5492
销售单价	853	1517	2844
变动成本	189	1517	2844
固定成本	1295	1517	1628
初始投资	1208	1517	1903

[1] 这里假设了该项目上的亏损带来了**节税效应**

场景分析 (scenario analysis)

- 敏感性分析的用处：
 1. 确定基本的 NPV 计算是否可靠
 2. 提示哪些变量需要进一步仔细分析
- 敏感性分析的不足：
 1. 对各个变量的悲观预期可能存在“乐观”估计
 2. 只是单独考虑各个变量的变动对 NPV 的影响，而没有考虑到可能的联合影响
- 场景分析能克服第二个不足在上例中，考虑如下极端情况：市场容量7000，市场份额20%；可能的原因包括设计失误（发热过量，易起火）、新技术替代

场景分析示例

	第1年	第2-6年
收入		2800
变动成本		1400
固定成本		1900
折旧		300
税前利润		-800
税收（节税效应）		200
净利润		-600
现金流入		-300
初始投资	-1500	

$$NPV = -1500 - \sum_{t=1}^5 \frac{300}{1.15^t} = -1500 - 300A_{0.15}^5 = -2506$$

盈亏平衡分析：会计利润视角

- 敏感性分析及其衍生的场景分析都致力于分析多种因素对投资项目 NPV 的影响
- 有一类不确定性受到特别关注，即销售量可以通过实现盈亏平衡的销售量来评估项目风险
- 首先关注会计利润下的盈亏平衡点：使得会计利润为 0 的销售量，表达式为

$$S^A = \frac{FC + Dep}{P - C}$$

其中 FC 为（年）固定成本， Dep 为（年）折旧， P 为单位售价， C 为单位变动成本

- 在芯片的例子中， $S^A = 2.2$ 亿

盈亏平衡点：NPV 视角

- 用芯片的例子（单位：亿元）
- 首先计算初始投资的等价年均成本 (equivalent annual cost, EAC): $EAC = \frac{Inv}{A_{0.15}^5} = \frac{1500}{3.352} = 447.5$
- 税后年现金成本：
 $447.5 + 1791 \times 0.66 - 300 \times 0.34 = 1797.5$
- NPV 意义下的盈亏平衡点 S^{NPV}
$$\frac{EAC + FC \times (1 - t_c) - Dep \times t_c}{(P - C) \times (1 - t_c)} = \frac{1797.5}{0.75} = 2397$$

NPV盈亏平衡点

- 给定初始投资 Inv ，折现率 r ，投资期限 T
- 之后每期现金流：

$$\begin{aligned} CF &= (P - C)S - FC - [(P - C)S - FC - Dep]t_c \\ &= (P - C)S(1 - t_c) - FC(1 - t_c) + Dep \cdot t_c \end{aligned}$$

- NPV 盈亏平衡点： S^{NPV} 满足如下方程

$$Inv = \sum_{t=1}^T \frac{CF(S)}{(1+r)^t} = A_r^T \cdot CF(S)$$

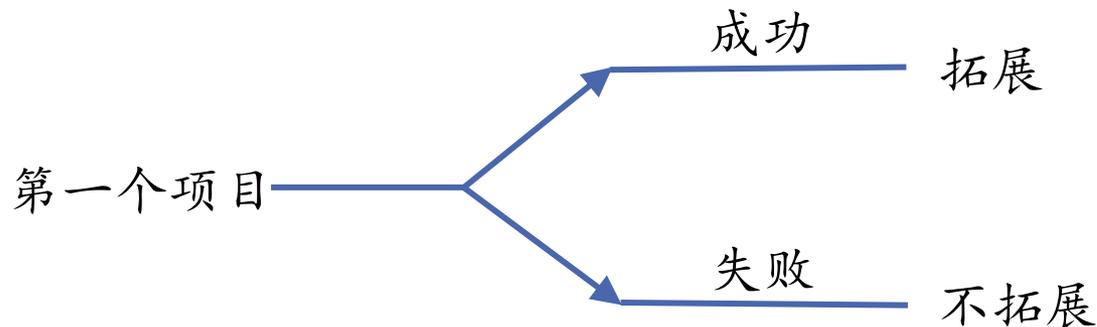
- 定义 $EAC = Inv/A_r^T$ ，则 $CF(S^{NPV}) = EAC$

实物期权 (real options)

- 实物期权可以理解为**实物投资选择权**，区别于作为证券的金融期权 (financial options)
- 实物期权法衡量投资项目：作为基准 NPV 法的重要补充
- 基准 NPV 法假设一旦投资开始，企业中途不对项目进行任何改变；但现实中，企业总可以对正在进行的投资项目进行改变，最常见的类型为拓展 (expand)、放弃 (abandon) 或择时 (timing)

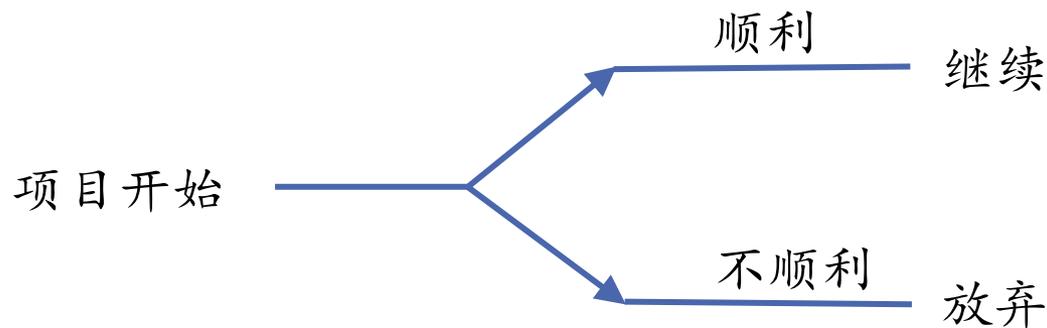
拓展期权示例（单位：亿）

- 项目：初期投资 12，折现率 20%，平均现金流为 2 的（税后）永续现金流， $NPV = -12 + 2/0.2 = -2$
- 实际情况：该项目以 50% 的概率现金流（永续）为 3，50% 为 1；两种情况分别的 NPV 为 3 和 -7
- 并且，若发现现金流为 3，则可以立即扩大规模
- 若可扩大 10 倍投资， $NPV = 0.5 \times 10 \times 3 + 0.5 \times (-7) = 11.5$



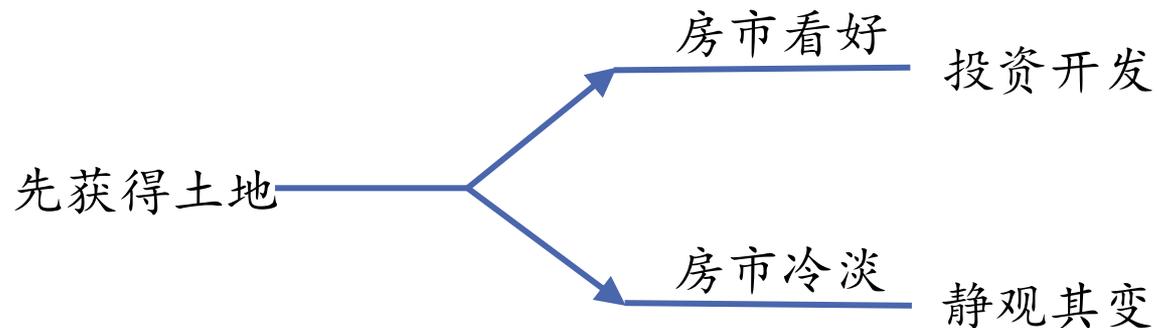
放弃期权示例

- 延续上例，但每年现金流（永续）可能是 6 或 -2，对应的 NPV 为 18 或 -22，平均 NPV 为 -2
- 如果企业可以中途放弃该项目，那么情况就不一样了
- 当企业发现现金流为 6 时，就继续进行；当发现现金流为 -2 时，只进行一年就放弃对应的 NPV 为
$$0.5 \times 18 + 0.5 \times (-12 - 2/1.2) = 2.17$$



择时期权

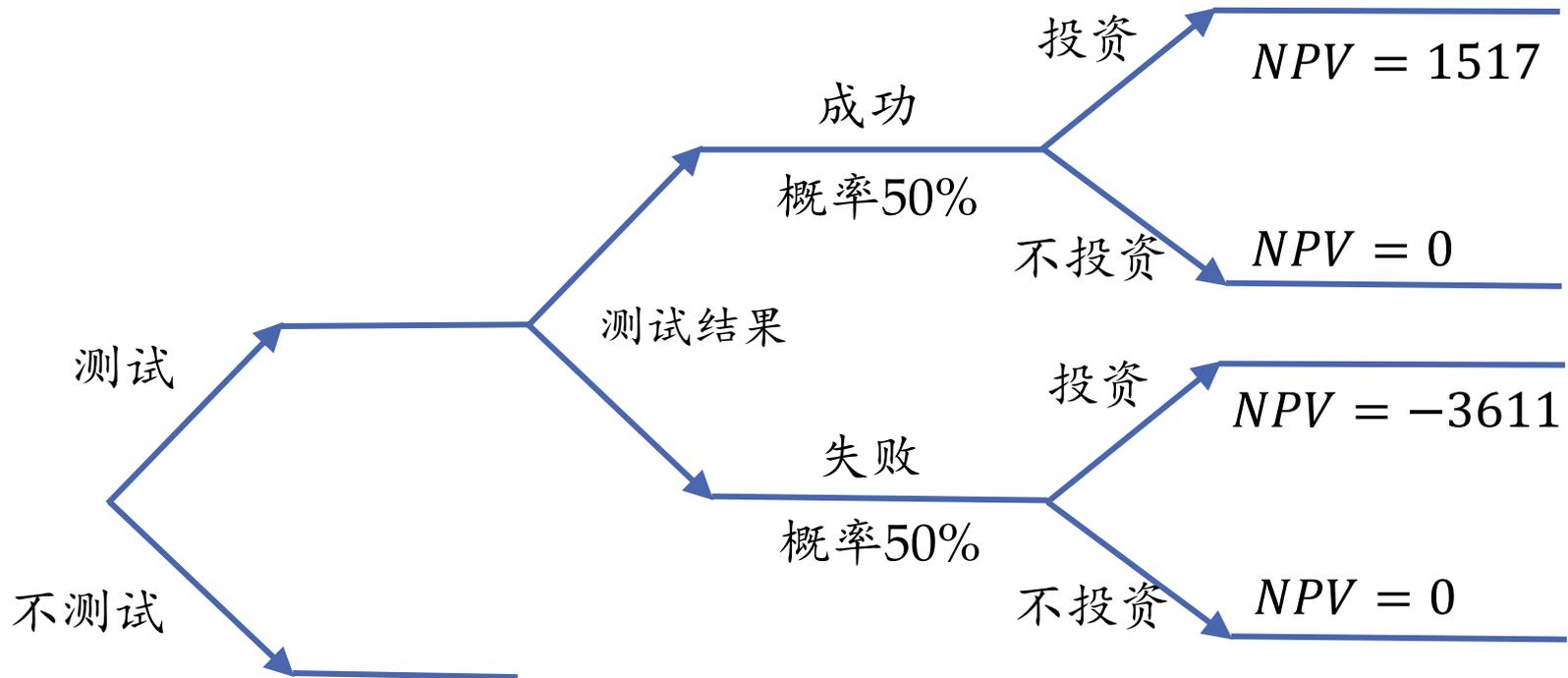
- 还有很多时候，可以先对一些资产进行投资（如土地），再考虑是否要利用这些资产进行进一步的投资
- 很多地产商的囤地行为就是这么一个思路；更广义来说，所以资产市场上的投机性行为都是基于这么一个思路：买低卖高；留得青山在不怕没柴烧



决策树 (decision tree)

- 前面所讲的三种实物期权都可以归纳到**决策树**这一个框架中
- 决策树：给定一系列经济事件（如项目成功与否）变化的时间顺序，以及每个事件结点上经济决策人（企业）可以进行的选择，从而一步步推断什么样的决策是最优的
- 例如前面分析的对芯片的投资，一般说来这类投资都有一个试验性投资阶段，再根据试验结果决定是否进一步大规模生产

决策树举例：芯片项目



选择测试后的期望 NPV 为 $0.5 \times 1517 + 0.5 \times 0 = 758.5$
如果测试本身成本为 100，则整个项目最初的 NPV 为 $-100 + 758.5/1.15 = 559.5$ ，故应该选择进行投资

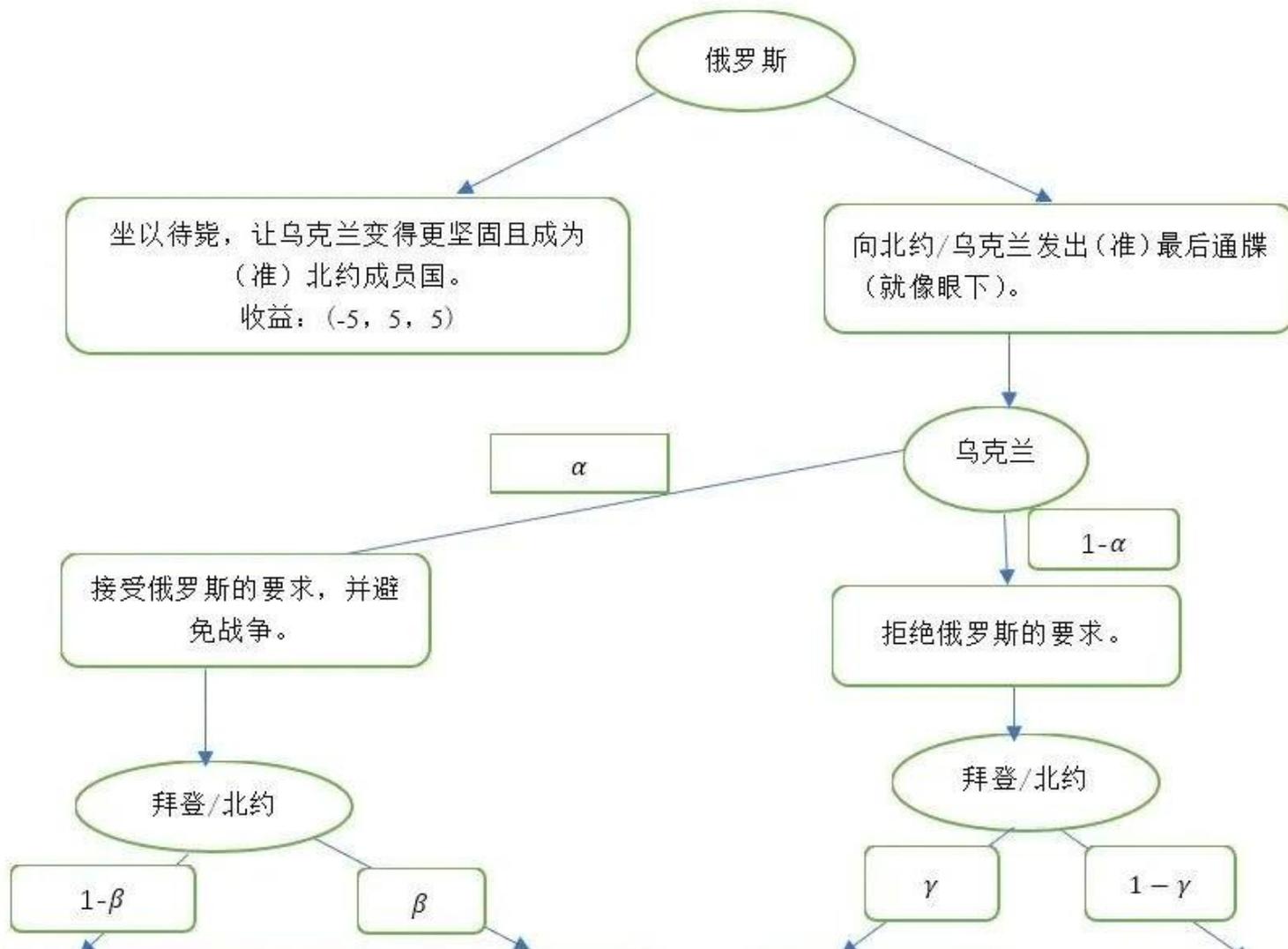
决策树的分析

- 倒推法 (backward induction)
- 从最后可能出现的结果出发，分析每一个结果对应的收益
- 在决策结点选择收益更高的决策
- 回溯到初始结点，则可以知道每个时点、每个决策结点处的最优选择
- 难点：需要仔细分析未来可能发生的各种状况 (contingency)，从现在设想未来

决策树的例子：英国留学生要不要回国避难



俄乌战争的例子



俄乌战争的例子

