

# 期权方法在专利开发中的应用

范利民, 唐元虎, 范前进

(上海交通大学安泰管理学院, 上海 200052)

**摘要:** 分析了专利的性质, 引入了专利的期权概念, 利用随机微分过程的方法, 在前人的研究基础上讨论了三种专利开发的期权: 研究期权, 专利申请期权和开发期权. 指出专利开发的时机选择, 开发的初期投入, 竞争对手进入的概率等是影响专利开发各阶段的最主要因素.

**关键词:** 期权; 专利; 创新; 投资; 价值

**中图分类号:** TH165

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-9807(2004)05-0056-05

## 0 引言

没有申请专利情况下, 每一项技术创新都有着公共物品的性质. 可以将专利看作是一项创新者和社会之间的合约. 通过申请专利, 专利的持有者披露了关于专利的信息给竞争者, 信息披露在减少研究的重复方面有着重要的社会价值<sup>[1]</sup>. 作为交换, 社会为专利的保护提供了可选择的范围. 这样, 专利发明人通过与社会的套利交易创造了一项技术专利商业化之前的延迟期权价值. 实践中, 特别在新市场中, 经常可以看到企业获得专利之后等到市场成熟才开发产品. 因此, 可以认为专利是一项商业化的期权, 持有者可以在一定的时间后才执行它, 即开发产品<sup>[2]</sup>.

随着人们对专利性质的进一步的了解, 许多学者对影响专利的各个因素做了许多探索性的研究. Nordhaus 首次系统地研究了专利范围的作用问题, 认为专利范围的大小在保持创新的激励方面有着相当的重要性<sup>[3]</sup>. Matutes 等进一步阐述了专利保护的最佳时间长度和范围问题, 认为创新带来的利润是专利范围(专利的保护程度)的凹函数, 创新者的激励由专利范围和有效长度(专利的有效期)决定<sup>[4]</sup>.

这些成果为后人的研究工作提供了许多有益

的线索. 但是仍存在不足. 首先, Nordhaus 等对这些影响因素的讨论还只是描述性和假设性的, 并没有从定量的方面进行准确说明; 其次, 他们还忽略了其他的一些影响专利的因素. 因此, 他们的结论是不全面的.

为了更清楚地揭示出专利期权的真正含义, 本文将建立模型来说明. 首先, 将投资项目视为序列的, 即每一次决策的先后实施构成了一未来期权的序列<sup>[5]</sup>. 其次, 将每一步决策看作改变了经济条件, 例如, 市场结构等. 对于一项未被激活的专利, 以其固有价值作为期权的价值. 专利范围的宽窄和有效长度决定了模仿成本的高低, 专利发明人对专利宽度和有效长度做出适当的选择, 使企业的利润最大化<sup>[6]</sup>.

固定的申请费用、专利申请的时间选择是最优化问题的其他影响因素<sup>[7]</sup>. 专利持有者可以尽快提交专利申请、披露信息使他人对专利的模仿代价更为昂贵; 或者迟一些提交申请, 可以增加竞争对手的进入而没有任何有用的知识溢出. 专利给了创新者时间, 处理关于市场条件的变化趋势和与需求相联系的外生的不确定性方面的信息, 以便做出引入新产品的正确决策.

本文借助数理模型对影响专利的各个因素进行详细讨论, 以求获得更完整、全面的结论. 首先,

收稿日期: 2002-07-04; 修订日期: 2004-07-26.

基金项目: 上海市科学技术发展基金软科学资助项目(016921018).

作者简介: 范利民(1971—), 男, 湖南人, 博士生.

建立期权的时间序列模型,引入与专利期权有关的一些概念;其次,提出产品开发期权的概念,讨论开发产品的有利条件;再次,通过对专利开发成功后是否申请的分析,引出专利的申请期权;最后,详细讨论了何时执行研究项目的问题,得出研究期权的一些重要结论.

## 1 序列创新模型

假设付出一研究成本  $R > 0$ , 公司获得了一项专利期权. 当然, 在使用这项专利的合适时机之前, 这项创新的价值必须足够高, 因为申请专利是昂贵的<sup>[8]</sup>. 因此, 可引入专利成本  $P > 0$ , 它包括在整个预期的专利保护期内最初的和更新的费用的总和, 以及应用专利的成本<sup>[9]</sup> (Ilkka Rahnasto).

通过减少潜在竞争者的威胁, 专利申请提供了创新者项目方案和开发产品的期权. 这需要进一步的投资, 即开发成本  $D$ . 在最初阶段, 没有研究上的付出, 创新者获得了一项投资机会. 这个机会潜在的租金(利润)的期望现值为  $V$ , 服从于随机微分过程

$$dV = \mu V dt + V dz - V dh, V > 0, b < 1 \quad (1)$$

并且满足如下假设:

**假设 1** 漂移是正的常数, 并且,  $\mu V > 0$ . 本文讨论经济价值是正的期望值的项目. 参数  $\mu$  代表创新者对未来市场情况的评价.

**假设 2** 微分  $dz$  代表一维纳过程的增量,  $\sigma^2 dz^2 > 0$ , 是它的无限小方差;  $h$  是一个泊松过程, 这个过程以  $1 - dh$  的概率  $dh = 0$ , 以  $dh > 0$  的概率  $dh = u < 1$ ; 以概率  $p > 0$  消除状态变量  $V$  的障碍  $b$ .  $b$  可以理解为获得一项创新, 需要建立一有研究实验室的公司, 付出一定的沉没成本, 否则这项创意就没有任何经济价值. 首先对式 (1) 付出一项沉没成本, 就以一概率  $P(R)$  ( $R$  为上面所提及的研究成本,  $P(R) > 0, P(R) < 0$ ) 将式 (1) 改变为一相似过程而没有任何障碍. 其次,  $V$  受到突然贬值的约束, 因为存在外来竞争者的专利申请的申请风险. 因此, 可以认为, 这种风险的概率是  $dt$ . 其含意为研究期权仅可在一段有限的时间内存在.  $dh = 0$  意味着没有竞争的专利出现, 因此, 它的概率就是  $1 - dt$ . 第三,  $V$  取决于产业特定的风险(随机价格) 和市场结构, 为此, 引入了

$dt$ , 即竞争者进入的概率.

假设一潜在的模仿者以概率  $x$  在创新者成功后进入该领域的研究. 以  $x$  表示模仿者后创新的投资. 假定成功的时间  $t_0$  的概率服从指数分布, 即  $Pr(t_0 < t) = 1 - e^{-(x)t}$ , 将  $x$  定义为危害函数(可二阶微分),  $x > 0, x < 0$ , 给定的模仿者成功的条件概率是  $x$  的函数.

在模型中, 将创新和模仿的价值看作是由伴随着产业保护程度的冲击的市场结构所决定的. 因此, 模仿者的期望利润由下式给出 ( $F$  上标表示跟随者)

$$E[F^F] = m \int_0^{\infty} [e^{-(x+r)t} (x) V^F - x] dt \quad (2)$$

$V^F$  是模仿者成功后的利润的期望值. 一般地, 有  $d/dV^F > 0$ , 因为价值越大, 危害越大, 即越想模仿. 假设有两企业生产同样的商品并在同一随机市场上竞争, 各自的利润为  $\pi_i = (p - c) q_i, i = 1, 2$ . 随机漂移变量  $a$  服从一几何布朗运动,  $d = \mu dt + \sigma dz$ , 市场需求为  $p = a - (q_1 + q_2), a > 0$ . 以  $q_i$  表示各个企业的产量,  $c$  表示每个产品的单位成本. 没有创新时的古诺竞争导致产出  $q_1 = q_2 = (1/3)(a - c)$ . 这样, 每个企业的利润为  $\pi_i = q_i^2$ . 假设在创新发生之前没有任何市场活动, 创新使成本减少到  $c - \Delta c$  ( $\Delta c > 0$ ). 假如模仿成功, 模仿者的产品成本将减为  $c - \Delta c$  (一般地, 有  $\Delta c > 0$ ). 由此, 可以引入期权: 创新者获得一专利, 它的保护范围为  $w \in [0, 1], w = 1$  相应于完全的专利保护. 不难得出, 模仿者的产品成本为  $c - (1 - w) \Delta c$ . 两个厂商之间的古诺竞争导致了非均衡的产出:  $q_1 = (1/3)[2a - (1 - w) \Delta c], q_2 = (1/3)[2(1 - w) \Delta c - a]$  ( $a = c$ ). 分别以  $\pi(w)$  和  $F(w)$  表示创新者和模仿者的利润. 成功的模仿者的价值由下式给出

$$V_s^F = E_s \int_s^{\infty} e^{-r(t-s)} F_i(w) dt \quad (3)$$

使模仿的期望利润最大化引起的投资为  $x(w)$ , 危害率为  $p(w)$ . 一般地, 有  $p(w) < 0$ , 即保护程度越高, 对创新者的危害越小.

在没有专利保护的情况下, 预期的竞争者进入的时间为  $1/p$ , 如果企业申请了专利保护, 预期的垄断的持续时间将为  $1/p$  (即专利的有效期).

产品投入市场以后,创新者面临市场需求和竞争者进入时间上的不确定性<sup>[10]</sup>.应该考虑的是专利范围如何影响产品投入市场以后的项目价值,假设静态的专利的有效期限足够长,以至于专利肯定会在它到期前被发明出来<sup>[11]</sup>.这样,假设模仿者付出一定成本后也掌握了该专利技术并且在时刻  $s > T$  将其产品投入市场.对于给定的  $s$ ,在时刻  $T$  时利润的期望现值由下式给出<sup>[12]</sup>

$$V_T(s) = E_T \int_T^s e^{-r(t-T)} \pi(1) dt + E_T \int_s^{\infty} e^{-r(t-T)} \pi(w) dt = \frac{\pi(1)}{r-\mu} - \left[ \frac{\pi(1) - \pi(w)}{r-\mu} \right] E_T [e^{-r(s-T)}]$$

不难看出,  $w = 1$  时,创新者其实就是一垄断者,因为竞争性的市场进入是随机的.以  $\mu_p$  表示专利在下一时间段  $dt$  中被发明出来的概率,在时间  $T$  获得的是短期垄断利润 ( $w = 1$ ),竞争者随机进入后项目的价值变为

$$V_T(w) = E_T \int_T^s e^{-p(s-T)} \mu_p V_T(s) ds = \left( \frac{1}{r-\mu} \right) \left[ \pi(1) - \left( \frac{\mu_p}{p+\mu} \right) (\pi(1) - \pi(w)) \right] \quad (4)$$

这里:  $\mu_p = \mu_p(w)$ ;  $e^{-p(s-T)}$  是到时刻  $s$  为止时专利未被发明出来的概率.在理性定价下,专利的价值将等于项目价值,甚至在研究投资刚被实施时就立即被资本化.即任何愿意从创新者手里获得创新的人将不得不付出资本的价格(假设这样的话).资本化还意味着潜在的购买者可望获得专利的市场回报率  $r$ .在竞争者进入以后,创新者的项目价值为  $V_T(0) = \frac{\pi(1)}{r-\mu} \cdot \left( 1 - \frac{\mu_p}{p+\mu} \right)$ ,即对手的进入将使最初的创新变得无利可图.这样,在时刻  $T$ ,资本化效应,即专利的价值,可通过有专利保护和缺少专利保护的项目价值的差别来表示

$$= V_T(w) - V_T(0) = \frac{1}{(r-\mu)} \cdot \left[ \pi(1) \left( \frac{1}{p+\mu} - \frac{\mu_p}{p+\mu} \right) + \pi(w) \frac{\mu_p}{p+\mu} \right] \quad (5)$$

因为  $\mu_p > 0$ ,专利保护将使创新者的投资项目更有价值.专利持有者项目的价值在竞争者进入时,为

$$dV = \mu V dt + V dz - V d \quad (6)$$

变量  $V$  服从泊松分布:  $dV = 0$ , 概率为  $1 - \mu_p dt$ ;  $dV = \mu_p(w) < \mu$ , 概率为  $\mu_p dt > 0$ .

$\mu - \mu_p(w)$  取决于专利范围  $w$ .令  $\mu - \mu_p(w) = \mu(w)$ ,当  $\mu(w) > 0$  时,一些竞争者在专利申请之前进入该产品市场,创新企业将会放弃它的项目,则创新者的利润为  $w = 0$  时的利润.这样,有  $\mu(0) = 0$ .当完全保护时,  $\mu(1) = 1$ .显然,  $\mu(w)$  是  $w$  的增函数.即  $\mu'(w) = -\mu_p'(w) > 0$ .

条件合适的话,创新者会自己立即进行昂贵的产品开发.在模型中,将讨论如下三种期权:  $F_R$ ,从事一昂贵的研究项目的期权(最佳的执行日期  $t^*$ );  $F_p$ ,专利申请的期权(最佳的执行日期  $t^*$ );  $F_D$ ,承担一昂贵开发投资的期权(最佳执行日期  $T^*$ ).

## 2 创新产品的开发期权

在最后一阶段,商业化创新的期权期望值受到决策日期的约束.创新者对最优决策日期的选择使得项目价值不存在无风险套利机会.最佳的执行开发期权的价值由下式给出

$$F_D(V) = \max\{0, \min\{V_T - D, E[(V_T - D)e^{-rT}]\}\} \quad (7)$$

式(7)意味着最优的商业化时的项目价值是  $V_T^*$ .在  $V < V_T^*$  时,期权的价值必须满足贝尔曼形式的无套利的条件

$$rF_D(V) = (1/dt) E[dF_D] \quad (8)$$

式(8)左边表示持有期权所需要的回报,右边表示所提供的每一单位时间期权的增值的期望回报(在商业化以前所缺少的现金流).利用依藤引理展开  $dF_D$ ,并将状态变量  $V$  和式(6)中的  $dV$  代入,有

$$E[dF_D] = (1/2) \sigma^2 V^2 F_D'' dt + \mu V F_D' dt - \mu_p [F_D(V) - F_D(\mu(w)V)] dt \quad (9)$$

用式(9)代替式(8),不难得出一个关于期权价值  $F_D(V)$  的二阶方程

$$(1/2) \sigma^2 V^2 F_D'' + \mu V F_D' - (r + \mu_p) F_D + \mu_p F_D(\mu(w)V) = 0 \quad (10)$$

在  $V < V_T^*$  时,  $F_D(V)$  只含关于  $V$  的幂项

$$F_D(V) = \tau V \quad (11)$$

式中,  $\tau$  是阈值的函数, 即项目所要求的最低回报的函数. 通过替换, 不难看出, 方程(10) 可由式(11) 满足, 如果  $\tau$  是如下非线性方程的正数解

$$(w) \quad (1/2)^2 (\tau - 1) + \mu - (r + \rho) + \rho (w) = 0 \quad (12)$$

为了决定两个未知的函数  $T^*$  和  $\tau$ , 所有的套利机会都必须消除. 因此,  $F_D$  必须满足“价值匹配”和“套利消失”条件

$$F_D(V_T^*) + D = V_T^* \quad (13a)$$

$$F_D'(V_T^*) = 1 \quad (13b)$$

从字面上看, 方程(13a) 需要创新者付出沉没成本  $D$  和放弃期权价值  $F_D(T^*)$ , 来获得现值  $V_T^*$ . 边际套利机会由方程(13b) 消除了. 将方程(11) 代入方程(13a) 和(13b), 可以得到阈值和系数的如下结果

$$V_T^* = D / (\tau - 1) \quad (14)$$

$$\tau = (V_T^* - D) / (V_T^*) \quad (15)$$

### 3 专利申请的期权

专利仅是企业知识产权保护的一项政策工具. 企业也可选择技术保密来保护自己的创新成果. 通过对专利申请期权的讨论, 可以确定企业究竟是选择技术保密还是申请专利.

在最后阶段, 企业保持着将创新申请专利的期权. 因为这阶段没有现金流产生, 为了消除无风险套利机会, 专利期权  $F_P$  的价值, 必须满足如下微分方程

$$(1/2) \sigma^2 V^2 F_P''(V) + \mu V F_P'(V) - (r + \rho) F_P(V) = 0 \quad (16)$$

类似于“价值匹配”和“套利消失”条件, 最优的专利决策的边界条件为

$$F_P(V^*) + P = F_D(V^*) \quad (17a)$$

$$F_P'(V^*) = F_D'(V^*) \quad (17b)$$

同样, 方程(16) 的解有如下形式

$$F_P(V) = \tau V \quad (18)$$

这里,  $\tau > 0$ , 且  $V^* > 0$ . 因为  $\tau$  是以下二次方程的正数解

$$(1/2) \sigma^2 (\tau - 1) + \mu - (r + \rho) = 0 \quad (19)$$

从方程(14) 可以得到  $F_D(V^*) = \tau(V^*)$ . 当  $V = V^*$  时, 如果  $V^* < V_T^*$ , 创新者仅获得开发的期权, 因为开发产品比申请专利更为有利; 当  $V^* > V_T^*$  时,  $F_D(V^*) = V^* - D$ , 专利申请期权和开发期权均为正值, 则企业先申请专利, 然后再开发产品.

### 4 研究期权

研究的主要经济意图是为了获得有价值的市场机会的期权, 如果一个企业自己不去研究, 这个机会只能存在一段时间, 因为其他的企业可能先研究成功. 在方程(1) 中, 研究期权  $F_R = \tau V$ , 受到约束:  $V = b$ ,  $F_R(V) = 0$ . 这表明, 如果  $\tau = 0$ , 研究期权将变得毫无价值. 当企业自己付出一定的投资后, 该企业就能以一正的概率  $P(R)$ , 判断出项目是有价值的, 这样, 该企业将以概率  $P(R)$  把这项创新申请专利; 以  $1 - P(R)$  的概率该企业判断项目是无价值的. 这样, 最初的投资可以视为信息披露所创造的一专利期权. 显然,  $P(R) > 0$  ( $P(R) > 0, P(R) < 0$ ). 与平衡条件相联系的价值匹配条件是  $R = P F_P(V_i^*)$ , 即项目成本和期望的回报必须相等. 通过这个等式, 可以求出项目所需要的最小价值  $V_i^*$ , 高于  $V_i^*$  的项目价值将使最初的研究投资变得有利可图. 从方程(18) 得出  $F_P(V_i^*) = [P / (\tau - 1)] (V_i^* / V^*)$ . 当  $V_i^* / V^* > 1$  时, 研究期权的价值比申请专利的价值更大, 企业将会尽快申请专利. 将  $F_P(V_i^*)$  的表达式代入  $R = P F_P(V_i^*)$ , 得到

$$\left(\frac{V_i^*}{V^*}\right) = \left(\frac{R}{P}\right) \left(\frac{1}{\tau - 1}\right) \left(\frac{1}{P}\right) \quad (20)$$

用研究成本与成功的概率的比率  $R/P$  来衡量项目的难度, 可以从式(20) 得出结论:

如果研究项目不太难, 或者专利申请费用相对昂贵, 在研究阶段结束之后企业倾向于推迟对专利的申请.

### 5 结 论

期权方法是一种广泛应用于评估投资项目的方 法. 在专利开发中, 存在许多不确定的因素, 如果仅

凭定性的主观判断,则容易失去一些有潜力的项目.因此,本文从定量分析入手,建立模型,详细讨论了专利开发中的三种期权:研究期权,专利申请期权,开发期权.利用上述的期权方法,可以比较清楚地判

断一个企业在各种情况下应如何分别做出研究投资、申请专利还是开发产品的选择.因此,本文所述的期权方法可以作为企业 R & D 投资决策的一种比较有效的辅助工具.

### 参 考 文 献:

- [1]Areeda P, Kaplow L. Antitrust Analysis. Problems, Text, Cases[M]. Boston: Little Brown Company, 1988.
- [2]Barzel Y. Optimal timing of innovations[J]. Rev. Economic Studies, 1968, 50: 348—355.
- [3]Nordhaus W. The optimal life of the patent: Reply[J]. Am. Economic Rev, 1972, 62: 428—431.
- [4]Bryson B. Made In America[M]. London: Reed Consumer Book Ltd., 1995.
- [5]Dasgupta P, Gilbert R, Stiglitz J. Invention and innovation under alternative market structures: The case of natural resources[J]. Rev. Economic Studies, 1982, 49: 567—582.
- [6]Pindyck A K, Dixit. Option approach to capital investments[J]. Harvard Business Review, 1995 (May-June): 105—115.
- [7]Waterson M. The economics of product patents[J]. Am. Economic Rev., 1990, 80: 860—869.
- [8]Gallini N, Karp L. Sales and consumer lock-in[J]. Economica, 1989, 56: 279—294.
- [9]Gilbert R, Shapiro C. Optimal patent length and breadth[J]. RAND J. Economics 21, 1990, (1): 106—112.
- [10]Kamien M I, Schwarz N I.. Timing of innovations under rivalry[J]. Econometrica, 1972, 40: 43—60.
- [11]Klemperer P. How broad should the scope of a patent be?[J]. RAND J. Economics 21, 1990, (3): 113—130.
- [12]Loury G C. Market structure and innovation[J]. Q. J. Economics, 1979, 93: 395—410.

## Application of option approach in patent development

FAN Li-min, TANG Yuan-hu, FAN Qian-jin

Aetna School of Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200052, China

**Abstract:** In this paper, the properties of patent is analyzed and the concept of patent option is introduced. Subsequently, method of stochastic differential process is used to discuss three options of patent based on the previous studies: research option, patent applying option, developing option. Concluded in the paper is that patent development timing, the initial investment, the probability of competition entry are the most important factors that influence each phase of patent development.

**Key words:** option; patent; innovation; investment; value