

## 附录 1 理论模型

本文将构建一个基于两企业利润最大化的简单模型，从理论上解释融资约束、创新能力对企业研发、协同研发的影响。假设某企业  $j = \{1, 2\}$  希望引入新的产品以获得更多利润。它能够通过一定的研发投入  $I_j$ ，以影响研发成功概率  $p_j$ ，此时企业的创新能力  $C_j$  会对研发支出起到加成的作用。具体而言，可以假设

$$p_j = kC_j I_j \quad (1)$$

其中  $k \in (0, 1)$  是一个常数。为了满足概率的正则性，可以假设创新能力就是企业中高素质人才占比，而研发投入为研发支出密度。如果新产品研发成功，则企业获得一个未来现金流的现值  $V$  作为企业的预期收益。为了简化模型，这里假设该收益  $V$  是外生给定的，而且为完全信息。而企业的研发投入会受到一定程度的融资约束，具体表现为研发资金的成本是边际递增的。因此企业  $j$  的目标函数为

$$\max_{I_j} \Pi_j^{(u)} = p_j V - \frac{\phi}{2} I_j^2 - K \quad (2)$$

其中  $\phi$ 、 $K$  为常数， $\phi > 0$  在某种程度上衡量了企业所面临的融资约束程度，而固定成本  $K > 0$  则在某种程度上衡量了企业是否研发的“门槛值”：如果净利润无法弥补这部分成本，那么企业将不选择研发。因此将(1)式代入(2)式，并求解一阶条件得：

$$I_j = \frac{kC_j}{\phi} V \quad (3)$$

从上式可以看到，当企业融资约束越宽松，创新能力越强时，则企业的研发投入也会越多。将(3)式代入(2)式可以知道，企业选择参与研发，其充分必要条件为在研发活动中获得的期望净利润应当大于进入门槛  $K$ ，也即

$$\frac{k^2 C_j^2 V^2}{2\phi^2} > K \quad (4)$$

和(3)式一样，(4)式表明当企业的融资约束越宽松，创新能力越强时选择研发的可能性就越强，基于以上观察我们提出假说 1：

**假说 1a：**其它条件相同时，企业融资约束越宽松，则企业越倾向于参与研发；

**假说 1b：**其它条件相同时，企业创新能力越强，则企业越倾向于参与研发。

现在进一步考虑两个企业协同研发的情形。假设两个企业协同研发一个新产品项目，为了简化模型，假设双方约定新产品如果研发成功则共享该项目的现金流。由上可知，新产品研发成功的概率  $P$  为

$$P = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \quad (5)$$

因此每个企业的利润最大化问题变成

$$\max_{I_j} \Pi_j^{(c)} = \frac{1}{2} P V - \frac{\phi}{2} I_j^2 - K - H(C_j) \quad (6)$$

和自行研发不同的是，选择协同研发的企业  $j$  除了进入门槛  $K$  以外，还将面对额外的“外部

性成本”。外部性成本  $H(C_j)$  满足  $H'(\cdot) > 0$ ，刻画的是企业专有能力的强弱。如果企业的专有能力强，那么外部性成本就会越低。例如，企业  $j$  在与其他企业合作研发时会使用到自身积累的专有技术，但是在合作过程中其专有技术或多或少会被合作企业所掌握，从而产生正外部性。这种外部性会减少企业的竞争优势，从而降低未来的收益。假如企业  $j$  能够利用各种措施（例如专利保护等）保护自己的技术不被其他企业利用，那么这种外部性成本就能降低。

求解该模型，我们定义  $\tilde{V} = V/2$ ，同时将(5)式代入(6)式中，并求一阶条件得到

$$(1 - kC_{-j}I_{-j})kC_j\tilde{V} = \phi I_j \quad (7)$$

其中(7)式是企业  $j$  的最优反应函数，故对于  $j = \{1, 2\}$  均成立。因此联立两个方程可以得到显式解：

$$I_j = \frac{kC_j\tilde{V}(k^2C_{-j}^2\tilde{V} - \phi)}{k^4C_j^2C_{-j}^2\tilde{V}^2 - \phi^2}, j = 1, 2 \quad (8)$$

从(8)式中可以知道，企业  $j$  是否参与协同研发取决于两个条件：条件一，双方在全力投资时（即  $I_j = I_{-j} = 1$ ）均获得成功的期望收益是否大于融资的边际成本，即  $k^2C_jC_{-j}\tilde{V} > \phi$  是否成立；条件二，企业  $j$  从合作伙伴处获得的期望收益是否大于融资的边际成本，即  $k^2C_{-j}^2\tilde{V} \geq \phi$  是否成立。除此以外，还要看参与协同研发的净利润是否大于门槛成本和外部性成本之和。

根据后向归纳法，本文首先考察企业参与协同研发后所获的净利润。如果至少有一家企业愿意选择协同（即保证至少有一个企业  $I \geq 0$ ），那么必须满足条件一（ $k^2C_jC_{-j}\tilde{V} > \phi$ ）。这个条件保证了新产品的引入可以弥补融资的外在成本，因此协同研发在整体上是利可图的。不妨设  $C_j > C_{-j}$ ，此时一定有  $k^2C_j^2\tilde{V} > \phi$ ，然而条件二（ $k^2C_{-j}^2\tilde{V} \geq \phi$ ）并不一定能由上面的条件得到保证。事实上，如果合作企业的创新能力不足（例如没有什么特别的专有技术），那么条件二可能不被满足，导致企业利润最大化问题并没有内点解。因此这时候创新能力相对更强的企业便不会选择协同研发。

进一步假设两家企业均选择协同研发，也即满足  $k^2C_{-j}^2\tilde{V} \geq \phi$ 。我们可以利用(8)式对融资约束系数  $\phi$  进行求导：

$$\frac{\partial I_j}{\partial \phi} = -\frac{kC_j\tilde{V}}{(k^2C_j^2C_{-j}^2\tilde{V}^2 - \phi^2)^2}(\phi^2 - 2k^2C_{-j}^2\tilde{V}\phi + k^4C_j^2C_{-j}^2\tilde{V}^2) \quad (9)$$

显然，当  $C_j > C_{-j}$  时，融资约束越大，则企业  $j$  的研发投资越小，因此融资约束对于创新型企业造成的负面影响更强。另一方面，我们对自身创新能力  $C_j$  求导得到

$$\frac{\partial I_j}{\partial C_j} = -\frac{(kC_{-j}^2\tilde{V} - \phi)\tilde{V}(k^2C_j^2C_{-j}^2\tilde{V}^2 + \phi^2)}{(k^2C_j^2C_{-j}^2\tilde{V}^2 - \phi^2)^2} < 0 \quad (10)$$

因此，企业自身的创新能力越弱，它用于协同研发的投入就会越多，从而弥补其研发上的劣势。直觉上，该模型发现企业是否愿意参与协同研发取决于其从合作伙伴获得的收益大小。我们可以看到从合作企业处获得的外部性越大，则企业协同研发投资越多。而吸收能力与双方企业的创新都是正相关，与前人的研究一致：自身创新能力强，那么对于新技术的吸收能力也会更强。

回到企业  $j$  是否参与协同研发的问题上，我们需要比较参与协同研发的净利润与不参与之间的大小关系。由于最终表达式相对复杂，我们转而考察在最优投资水平下的比较静态：

$$\frac{d\Pi_j^{(c)}}{dC_j} = \frac{\partial\Pi_j^{(c)}}{\partial I_j} \frac{\partial I_j}{\partial C_j} + \frac{\partial\Pi_j^{(c)}}{\partial I_{-j}} \frac{\partial I_{-j}}{\partial C_j} + \frac{\partial\Pi_j^{(c)}}{\partial C_j} - \frac{\partial H}{\partial C_j} \quad (11)$$

由一阶条件可以知道  $\partial\Pi_j^{(c)}/\partial I_j = 0$ ，直接对(6)求导知道  $\partial\Pi_j^{(c)}/\partial C_j > 0$  以及  $\partial\Pi_j^{(c)}/\partial I_{-j} > 0$ ，同时有

$$\frac{\partial I_j}{\partial C_{-j}} = \frac{2\phi k^3 C_j^2 \tilde{V}^2 (kC_{-j}^2 \tilde{V} - \phi)}{(k^4 C_j^2 C_{-j}^2 \tilde{V}^2 - \phi^2)} > 0 \quad (12)$$

因此(11)式最终的符号取决于边际外部性成本  $\partial H/\partial C_j$ 。如果企业专有技术不足（尤其是本文样本中的小企业，能动用的专有措施较少），那么企业的专有技术越多，就越容易被其他企业模仿，因此  $\partial H/\partial C_j > 0$ 。如果企业的外部性成本  $H(C_j)$  足够大，导致净利润甚至无法弥补创新所需要的成本，那么随着企业创新能力的增加，企业就越不愿意参与协同研发。相反，创新能力弱的企业，其所面临的外部性成本相对较低，使得其更倾向于参与协同研发。

综上所述，本文提出另外两个假说：

**假说 2a：** 其它条件相同时，企业融资约束越宽松，则企业越倾向于参与协同研发；

**假说 2b：** 其它条件相同时，企业创新能力越弱，则企业越倾向于参与协同研发。