

熊彼特竞争，交叉效应与创新激励^①

蒋军锋^{1,2}，王茜¹

(1. 西安理工大学经济与管理学院，西安 710054；2. 解放军博士后管理信息中心，南京 210002)

摘要：论文引入行业熊彼特竞争，基于技术原创性与市场原创性，纳入技术与市场专业人员努力的交叉效应，研究创新激励合约的时间长度、激励实现的组织形式与创新团队剩余索取权分成系数的选择。研究显示：1) 当不存在委托代理问题时，技术与市场专业人员的整合总是创新团队组织的优化选择；2) 创新团队的组织形式对企业创新对象的复杂性选择与剩余索取权分配不产生影响；3) 行业熊彼特竞争强度、创新原创性与创新激励合约时间长度负相关；4) 交叉效应与技术和市场原创性 3 者的关系决定了最优创新激励的组织形式。研究提高了创新团队管理的可操作性，强化了创新激励对行业竞争的响应性。

关键词：技术 - 市场原创性；交叉效应；创新复杂性；激励刚性；激励扭曲

中图分类号：F273.1；F243.2；F224.11 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-9807(2016)09-0079-15

0 引言

创新激励致力于诱导团队成员的努力行为来控制各类风险以获取创新绩效。外部政治、经济与技术环境、市场结构、消费者偏好与收入、企业动态能力等因素引发的不确定性^[1]，在创新过程中逐步转化为两类风险：1) 技术风险，即产品的技术开发活动不能在预期时间内完成的风险^[2]；2) 市场风险，即产品的市场开拓活动不能获取预期效果的风险^[3]。通常，共同因素的存在会导致两类风险不能完全分离^[4]，这就会导致创新团队中技术与市场人员的努力存在交叉效应：技术人员在应对技术风险时会不可避免地影响新产品的市场风险，而市场人员在应对市场风险时也会影响新产品的技术风险^[5]。交叉效应使得技术/市场人员行为选择和技术/市场风险控制间的关系受到市场/技术人员行为选择的影响，这导致了创新

激励中的两难冲突：不同专业人员究竟应该被整合为同一团队，还是应该分离为不同专业团队？前者有利于消除交叉效应带来的激励扭曲，而后者则利于保持专业人员努力水平的灵活选择以克服激励刚性？进一步，在原创性不同的新产品开发中，纳入不同专业人员的交叉效应，企业应该如何选择创新激励合约的时间长度、激励实现的组织形式与对应的剩余索取权安排，以实现创新过程的风险控制，获取满意的创新绩效？

在委托 - 代理框架下，纳入不同专业人员在创新过程中的交叉效应，本文提供其创新激励优化模型。基于不确定性视角，创新被理解为通过专业人员的努力来控制不确定性因素来降低各类风险事件的发生概率，进而获取收益的过程^[6-8]。专业人员的努力水平选择依赖于实现激励的组织形式^[9-10]，在不同的组织形式下，专业人员行为选

① 收稿日期：2014-05-20；修订日期：2015-02-05。

基金项目：国家自然科学基金资助项目(71172200；71672143；71402137)；教育部人文社会科学一般资助项目(16YJA630020)；陕西省软科学研究计划资助项目(2016KRM033)；陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2015JM7375)；陕西省重点学科建设专项资金资助项目(107-00X901)；西安理工大学青年社会科学学术创新团队资助项目(105-451215007)。

作者简介：蒋军锋(1974-)，男，湖南澧县人，博士，教授，Email: nelsonkiang@gmail.com

② 现实中新产品开发所实现的技术指标和目标技术指标所存在的偏差，也可以采用项目完成的时间偏差来刻画；本文的市场风险仅仅是指产品目标市场开拓与其预期目标的差异；本文视市场对企业新产品的接受程度是这两个风险实现的复合结果。

择与绩效之间关系的一致性和行为选择的灵活性均不同. 组织形式的选择从本质上可以理解为激励所带来的扭曲成本与刚性成本之间的权衡. 如果技术人员与市场人员分享剩余索取权, 则专业人员可以灵活选择努力水平, 从而降低团队激励的刚性成本; 如果技术人员与市场人员共享剩余索取权, 则专业人员行为选择与行为收益之间的一致性更高, 从而降低创新激励的扭曲成本^[11]. 与一般激励问题不同^[12-15], 创造性毁灭与熊彼特竞争对企业创新活动施加了时间窗口要求, 要激励创新团队, 企业需要解决创新激励合约的持续期、创新团队的组织形式和剩余索取权的分配比例问题, 而创新团队则需要解决专业人员努力水平的最优选择^[16].

鉴于此, 论文视创新激励为公司相应外部竞争与内部管理的复合手段, 尝试纳入创新团队专业人员努力的交叉效应, 构建并分析外部竞争与内部管理复合视角下的创新激励模型. 该模型试图扩展创新激励的优化选择问题, 并突出创新激励的两个关键特征. 第1, 创新团队必须拥有的自由裁量权加剧了委托-代理关系中的信息不对称^[17], 提高了创新团队努力的监督成本^[18], 当专业活动对各类风险控制存在交叉效应时, 不同组织形式会扭曲企业对专业人员的激励, 这表明组织形式选择是创新激励中的重要内容^[19]; 第2, 根据 Aghion 和 Howitt^[20]的创造性毁灭模型, 论文模型化了熊彼特竞争强度对企业创新激励和团队行为选择的影响. 总而言之, 模型纳入了行业竞争对创新激励的影响, 尝试为创新团队管理提供可操作的实现方案.

论文在如下几个方面扩展了创新激励的既有理论. 第1, 创新专业团队之间的交叉效应带来了创新团队组织形式选择的必要性, 这扩展了交易费用视角下组织形式选择的理论, 也探讨了委托-代理视角下行为成本与收益不完全一致的情况; 第2, 创新激励作为企业响应外部竞争与内部管理的复合属性, 纳入了行业熊彼特竞争强度的影响, 这扩展了企业创新对象复杂性选择的理论; 第3, 行业竞争强度与创新产品的原创性特征也在一定程度上驱动了复杂创新项目的分阶段融资与实施, 复杂创新项目分阶段融资的出现并不完全是委托代理或者交易费用驱动的结果.

1 模型

1.1 基本环境

成功的外部创新可直接摧毁本企业类似创新的任何商业价值^[20], 这意味着创新激励合约的持续期限是有限的. 在给定行业竞争态势下, 假设行业创新到达时间间隔为负指数过程所控制, 到达的平均时长为 $1/\lambda$, 则到达强度为 λ , 这可以理解为行业内熊彼特竞争强度. 如果企业创新开始时点为 t , 行业内创新到达时点为 ζ , 则企业可以用来从事技术创新的时间段为 $\zeta - t$. 在长度为 T 的时间窗口内, 企业先于行业创新的成功概率为下式所刻画

$$P(T) = \int_t^{t+T} \lambda e^{-\lambda(\zeta-t)} d\zeta \tag{1}$$

定义所需要完成的子项目数目 m 测度了创新的复杂性, 假设各子项目到达强度为 λ 且相互独立, 则创新成功的时间分布应该服从伽玛分布 $Ga(m, \lambda t)$, 于是存在 $F(W_m \leq \tau) = F(A_1(\tau) \geq m)$, 直观来看, 时间段长度与需要完成的子项目数目是等效的, 可将创新激励合约的时长理解为创新对象的复杂性. 因而下文 T 既用来表示创新激励合约的持续期限, 也用来表示创新对象的复杂性.

在行业创新未成功到达, 而企业在时长 ζ 内从事创新的过程中, 各类不确定性因素促使各类技术风险和市场风险事件出现. 假定创新过程中技术与市场风险事件的到达数量仅与时长正相关, 分别为 $\delta d\tau$ 与 $\sigma d\tau$, 则技术风险与市场风险事件为强度分别是 δ 和 σ 的泊松过程所控制. 定义 δ 和 σ 分别为捕捉创新的技术原创性与市场原创性, 两者综合刻画了企业创新类型; 时间段 ζ 为捕捉创新过程或创新激励合约的持续时间, 将创新风险定义为给定时段内市场风险与技术风险的代数和, 表示为

$$R(\zeta) = \int_t^{\zeta} (\delta + \sigma) d\tau \tag{2}$$

根据一般均衡, 在行业层面上创新对应的利润为 0. 基于 Romer^[21]对作为创新回报的准租处理方式, 创新价值依赖于风险事件的到达数目, 则创新的社会定价表示为

$$V(R(\zeta)) = V(\zeta) = \int_t^{\zeta} (\delta + \sigma) v d\tau, \quad (3)$$

$$V'(R) > 0, V''(R) = 0$$

其中 v 为常数, 与创新产品的市场需求规模和知识产权保护强度等有关。

创新过程中, 更早到达的风险事件显然对于创新成功具有更为重要的影响, 将式(3)修正为

$$V(R(\zeta)) = V(\zeta) = \int_t^{\zeta} (\delta + \sigma) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \quad (4)$$

1.2 公司行为

创新团队主要由技术人员与市场人员组成。假设企业中, 两类人员的努力成本函数相同, 数量也相同。根据剩余索取权的分配形式, 将团队组织形式划分为两种: 1) 技术与市场人员组成统一团队, 技术与市场风险的控制绩效无法分离, 企业根据创新风险的整体控制结果统一给予剩余索取权, 称此为整合型 $T \otimes M$ 。所有成员的努力程度都相同, 记为 θ , 该组织形式带来了激励刚性, 即不同专业人员不能独立选择努力程度; 2) 技术人员组成技术团队, 市场人员组成市场团队, 技术与市场风险的控制绩效可以分别观测, 企业根据技术风险与市场风险的控制结果给予对应的剩余索取权, 称此为分工型 $T \oplus M$, 技术人员与市场人员的努力程度分别记为 α 和 β , 该组织形式带来了激励扭曲, 即技术/市场风险的控制结果并不完全是技术/市场人员努力的结果。

如果存在影响技术风险与市场风险到达强度的共有因素, 则技术人员对技术风险的控制也会影响市场风险事件的到达强度, 反之亦然。在技术人员努力水平 α 与市场人员努力水平 β 共同作用下, 技术风险与市场风险事件降低的绩效为

$$\begin{cases} w^T(\alpha, \beta) = \delta(\alpha(t) + \phi\beta(t)) \\ w^M(\alpha, \beta) = \sigma(\beta(t) + \phi\alpha(t)) \end{cases}, \quad (5)$$

$$\exists w(\alpha, \beta) \equiv w^T(\alpha, \beta) + w^M(\alpha, \beta),$$

$$|\phi| \leq 1$$

其中 $w(\alpha, \beta)$ 、 $w^T(\alpha, \beta)$ 和 $w^M(\alpha, \beta)$ 分别为创新团队努力带来的风险控制绩效、技术风险控制绩效与市场风险控制绩效; 参数 ϕ 定义为技术与市场人员努力的交叉效应, 该参数绝对值小于 1 的原因是一般总是依赖于风险控制的专长来定义团队。

创新的社会定价由式(4)决定, 创新团队努力降低了相关风险, 则企业所应获取的准租是

$$\begin{aligned} \pi(R_c(\zeta)) &= \int_t^{\zeta} w(\alpha, \beta) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \\ &= \int_t^{\zeta} (w^T(\alpha, \beta) + w^M(\alpha, \beta)) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)捕捉了如下特点: 1) 专业人员越努力, 则创新的准租越大; 2) 技术原创性或者市场原创性越大, 则创新团队的努力就越重要; 3) 创新团队的前期努力比后期努力更为重要。

基于交叉效应, 两类人员努力程度对团队创新风险控制绩效带来的边际变化分别为

$$\begin{cases} w'_\alpha(\alpha, \beta) = w^T_\alpha(\alpha, \beta) (1 + \phi(T)) \\ w'_\beta(\alpha, \beta) = w^M_\beta(\alpha, \beta) (1 + \phi(M)) \end{cases}, \quad (7)$$

$$\phi(T) = \frac{\phi\sigma}{\delta}, \phi(M) = \frac{\phi\delta}{\sigma}$$

当创新团队组织形式采取 $T \otimes M$ 时, 企业只能将整体创新收益的一定比例 $r(\theta)$ 作为剩余索取权赋予创新团队, 此时创新团队的整体收益为

$$P_G(T \otimes M) = r(\theta) \int_t^{\zeta} w(\alpha, \beta) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \quad (8)$$

在 $T \otimes M$ 形式下, 创新团队中的技术人员与市场人员的努力水平因为共享剩余索取权而没有任何差异, 从而导致的企业创新收益的损失就是该激励在对应组织形式下的激励刚性成本, 这就是所谓的激励刚性, 本文将在第 4 部分给出相关的量化测度。

如果创新团队组织形式采取 $T \oplus M$, 企业则分别按照技术风险与市场风险控制绩效向技术团队与市场团队提供比例分别为 $r(\alpha)$ 和 $r(\beta)$ 的剩余索取权

$$\begin{cases} P_G^\alpha(T \oplus M) = r(\alpha) \int_t^{\zeta} w^T(\alpha, \beta) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \\ P_G^\beta(T \oplus M) = r(\beta) \int_t^{\zeta} w^M(\alpha, \beta) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \end{cases} \quad (9)$$

此时定义

$$P_G(T \oplus M) = P_G^\alpha + P_G^\beta \quad (10)$$

当 $\phi \neq 0$ 时, $T \oplus M$ 形式下, 技术人员与市场人员各自获取的剩余索取权收益并非与自身

努力完全匹配,企业对创新团队的激励存在一定扭曲,因而带来的企业收益的损失就是该激励在对应组织形式下的激励扭曲成本,此现象即为激励扭曲,本文将在第4部分给出相关的定量测度.

1.3 决策目标

企业利润定义为创新承租式(6)减去创新团队的剩余索取权分成.企业决策变量是创新激励合约持续时间(创新对象的复杂性) T ,团队组织形式 F ($T \otimes M$ 或 $T \oplus M$),以及剩余索取权分成 r .考虑到行业中创新随机到达对企业创新收益的影响,企业应该最大化

$$\max_{T, F, r} \left[\int_0^{t+T} \lambda e^{-\lambda(\xi-t)} \times \left(\int_t^\xi w(\alpha, \beta) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau - P_c \right) d\xi \right] \quad (11)$$

考虑 $T \otimes M$ 等同于施加技术与市场人员努力程度相同的约束,结合式(8)、式(11)积分得到

$$\begin{cases} \pi(\theta, \theta) = -2c(\theta) + r(\theta) w(\theta, \theta) A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}, F = T \otimes M \\ \begin{cases} \pi^\alpha(\alpha, \beta) = -c(\alpha) + r(\alpha) w^T(\alpha, \beta) A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \\ \pi^\beta(\alpha, \beta) = -c(\beta) + r(\beta) w^M(\alpha, \beta) A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \end{cases}, F = T \oplus M \end{cases} \quad (15)$$

式中 $\pi(\theta, \theta)$ 、 $\pi^\alpha(\alpha, \beta)$ 和 $\pi^\beta(\alpha, \beta)$ 分别表示 $T \otimes M$ 下整体创新团队的收益、 $T \oplus M$ 下技术团队的收益和市场团队的收益.

创新人员最大化自身效用,绝对风险规避变

$$\begin{cases} U(\theta, \theta) = -2c(\theta) + r(\theta) \frac{2-\rho}{2} w(\alpha, \beta) A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}, F = T \otimes M \\ \begin{cases} U^\alpha(\alpha, \beta) = -c(\alpha) + r(\alpha) \frac{2-\rho}{2} w^T(\alpha, \beta) A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \\ U^\beta(\alpha, \beta) = -c(\beta) + r(\beta) \frac{2-\rho}{2} w^M(\alpha, \beta) A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \end{cases}, F = T \oplus M \end{cases} \quad (16)$$

2 分析

2.1 不存在激励问题下的最优设计

假设创新团队致力于企业利润最大化.除非外部创新成功到达,否则创新企业会坚持到创新成功.在 $T \otimes M$ 下,技术人员与市场人员努

$$\max_{T, F, r} [(1 - r(\theta)) w(\theta, \theta) \times A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}] \quad (12)$$

式中

$$A = (\delta + \sigma) - (\lambda + \delta + \sigma) e^{-\lambda T} + \lambda e^{-(\lambda + \delta + \sigma) T}$$

后文约定使用这个变形(包含附录).

考虑 $T \oplus M$ 则式(11)可以具体化为

$$\max_{r(\alpha), r(\beta)} \{ [(1 - r(\alpha)) w^T(\alpha, \beta) + (1 - r(\beta)) w^M(\alpha, \beta)] \times A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \} \quad (13)$$

为简化起见,假定技术人员与市场人员的努力成本函数为 $c(*) = \frac{b*^2}{2}$,则存在

$$\begin{cases} c(\theta, \theta) = 2c(\theta) = b\theta^2, F = T \otimes M \\ \begin{cases} c(\alpha, \beta) = c(\alpha) + c(\beta) \\ = b \frac{\alpha^2 + \beta^2}{2}, F = T \oplus M \end{cases} \end{cases}, \quad (14)$$

$$c'(*) > 0, c''(*) > 0$$

结合式(9)和式(10),不同组织形式下创新团队的净收益分别为

量为 $\rho > 0$ 效用 $U = E(\pi) - \rho \text{var} \frac{\pi}{2}$.基于模型假定,技术风险与市场风险到达过程服从泊松过程,由此得到

力的目标是

$$\max_{\alpha, \beta} \left[-c(\alpha) - c(\beta) + \int_0^\infty \lambda e^{-\lambda(\xi-t)} \times \left(\int_t^\xi w(\alpha, \beta) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \right) d\xi \right] \quad (17)$$

在 $T \oplus M$ 下,技术与市场人员分别努力使技术风险控制绩效和市场风险控制绩效各自最大化

$$\begin{cases} \max_{\alpha} \left[-c(\alpha) + \int_t^{\infty} \lambda e^{-\lambda(\zeta-t)} \left(\int_t^{\zeta} w^T(\alpha, \beta) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \right) d\zeta \right] \\ \max_{\beta} \left[-c(\beta) + \int_t^{\infty} \lambda e^{-\lambda(\zeta-t)} \left(\int_t^{\zeta} w^M(\alpha, \beta) e^{-(\delta+\sigma)(\tau-t)} v d\tau \right) d\zeta \right] \end{cases} \quad (18)$$

可以导出, $T \otimes M$ 下, 技术与市场人员的最优努力水平满足一阶条件

$$\begin{cases} \alpha = (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \frac{vw_{\alpha}^T(\alpha, \beta)}{b} \\ \quad = \frac{\delta(1 + \phi(T))v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}}{b} \\ \beta = (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \frac{vw_{\beta}^M(\alpha, \beta)}{b} \\ \quad = \frac{\sigma(1 + \phi(M))v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}}{b} \end{cases} \quad (19)$$

而 $T \oplus M$ 下, 技术与市场人员的最优努力水平满足一阶条件

$$\begin{cases} \alpha = (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \frac{vw_{\alpha}^T(\alpha, \beta)}{b} \\ \quad = \frac{\delta v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}}{b} \\ \beta = (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \frac{vw_{\beta}^M(\alpha, \beta)}{b} \\ \quad = \frac{\sigma v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}}{b} \end{cases} \quad (20)$$

可以看到: 1) 无论创新团队组织采取 $T \otimes M$ 形式, 还是 $T \oplus M$ 形式, 只要努力成本不随时间变化, 技术与市场人员的努力程度与创新过程起始时点无关, 且不随创新过程推进而变化, 技术和市场人员努力程度的相对大小, 与企业创新的技术原创性和市场原创性的相对大小完全一致; 2) 当交叉效应不为 0 时, 对企业整体利润而言, $T \otimes M$ 总是比 $T \oplus M$ 更为有利, 其根本原因在于创新团队充分捕捉了自身行为的交叉效应对风险控制的总体影响, 而 $T \oplus M$ 下创新团队行为忽略了自身行为的交叉效应; 3) 当交叉效应为 0 时, 创新团队的两类组织形式并无差异, 这意味着交叉效应引发了组织形式选择的必要性; 当交叉效应为 1 时, 则说明两类专业人员从本质上说是无差异的, 此时 $T \otimes M$ 形式在理论上具有最大的优势. 总而言之, 在不存在委托代理问题时, 组织形式 $T \otimes M$ 总是创新团队的非劣选择; 可以推

断, 专业人员努力行为之间的交叉效应引发了创新团队两类组织形式所对应的企业创新绩效的差异. 因而提出:

定理 1 在创新激励问题不存在时, $T \otimes M$ 形式总是团队组织的非劣选择, 行为者的努力水平总是可以灵活选择, 创新团队的行为成本与行为收益完全一致.

作为定理 1 的逆否命题, 下面定理总是成立.

定理 1^{*} 创新团队组织形式的选择总是由创新激励问题引发.

2.2 带有固定合约时长的创新激励

兼顾企业竞争与内部管理的复合性创新激励, 涉及到创新激励合约的持续期限(创新对象复杂性)、创新团队的组织形式以及利益分割比例的选择, 创新团队需要考虑努力水平的选择. 创新人员一般是企业职员, 因而假定参与约束自动满足, 不考虑其固定工资部分.

如果创新团队采取 $T \otimes M$, 则创新人员对努力程度的决定可以写成

$$\text{s. t. } \max_{\theta} \left[-2c(\theta) + r(\theta) \left(\frac{2-\rho}{2} \right) w(\theta, \theta) \times A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \right] \quad (21)$$

如果创新团队采取 $T \oplus M$, 创新人员对努力程度的决定则可以写成

$$\text{s. t. } \begin{cases} \max_{\alpha} \left[-c(\alpha) + r(\alpha) \left(\frac{2-\rho}{2} \right) w^T(\alpha, \beta) \times A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \right] \\ \max_{\beta} \left[-c(\beta) + r(\beta) \left(\frac{2-\rho}{2} \right) w^M(\alpha, \beta) \times A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \right] \end{cases} \quad (22)$$

上述两种组织形式下, 创新团队的最优努力水平分别满足

$$4c'(\theta) = r(\theta) w_{\theta}(\theta, \theta) (2 - \rho) \times A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \quad (23)$$

$$\begin{cases} 2c'(\alpha) = r(\alpha) w_{\alpha}^T(\alpha, \beta) (2 - \rho) \times \\ \quad A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \\ 2c'(\beta) = r(\beta) w_{\beta}^M(\alpha, \beta) (2 - \rho) \times \\ \quad A(\delta + \sigma)^{-1} v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \end{cases} \quad (24)$$

T ⊗ M 组织形式下, 企业与创新团队的最优选择以及企业最大收益分别为(参见附录 A)

$$\begin{cases} f(T^*, r(\theta^*)) = \frac{27}{1024b} (2 - \rho) \times \\ \quad ((1 + \phi)(\delta + \sigma) v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1})^2 \\ T^* = \arg(4A - 3(\delta + \sigma) = 0) \\ r^*(\theta^*) = 1 - A(\delta + \sigma)^{-1} = 1/4 \\ \theta^* = \frac{3}{64b} (\delta + \sigma) (1 + \phi) (2 - \rho) \times \\ \quad v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \end{cases} \quad (25)$$

T ⊕ M 组织形式下, 企业与创新团队的最优选择以及企业最大收益分别为(类似附录 A)

$$\begin{cases} f(T^*, r(\alpha^*), r(\beta^*)) = \\ \quad \frac{27}{512b} ((\delta + \sigma)^2 - 2(1 - \phi)\delta\sigma) \times \\ \quad (2 - \rho) (v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1})^2 \\ T^* = \arg(4A - 3(\delta + \sigma) = 0) \\ r^*(\alpha^*) = 1 - A(\delta + \sigma)^{-1} = 1/4, \\ r^*(\beta^*) = 1 - A(\delta + \sigma)^{-1} = 1/4 \\ \alpha^* = \frac{3}{32b} \delta (2 - \rho) v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}, \\ \beta^* = \frac{3}{32b} \sigma (2 - \rho) v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \end{cases} \quad (26)$$

根据最优化结果式(25) 和式(26) , 可以得到(详细证明参见附录 B) :

定理 2 企业所在行业中企业之间的熊彼特竞争强度越大(λ 越大) , 企业创新的技术原创性与市场原创性越高, 这会使得企业选择更低的创新复杂性, 创新激励合约时长也会更短.

定理 3 如果风险控制的收益和努力成本

均不随团队组织形式变化, 则创新团队的组织形式不影响企业创新复杂性和创新团队剩余索取权分成系数的最优选择; 但创新团队的组织形式会影响团队努力水平和企业的最后创新收益.

依据定理 3, 企业需要选择合适的创新团队组织形式来最大化自身收益, 这依赖于参数 δ、σ 和 φ 之间的关系. 使得 T ⊗ M 优于 T ⊕ M 的条件是

$$\begin{aligned} & ((1 + \phi)(\delta + \sigma))^2 - \\ & 2((\delta + \sigma)^2 - 2(1 - \phi)\delta\sigma) \geq 0 \end{aligned} \quad (27)$$

由此可以得到

$$\begin{cases} \phi_1 = -((\delta + \sigma)^2 - 2\delta\sigma) - \\ \quad \frac{\sqrt{2(\delta + \sigma)^4 - 8\delta\sigma(\delta + \sigma)^2 + 4(\delta\sigma)^2}}{(\delta + \sigma)^2} \\ \phi_2 = -((\delta + \sigma)^2 - 2\delta\sigma) + \\ \quad \frac{\sqrt{2(\delta + \sigma)^4 - 8\delta\sigma(\delta + \sigma)^2 + 4(\delta\sigma)^2}}{(\delta + \sigma)^2} \end{cases} \quad (28)$$

引入变换 ξ = (δ + σ) 与 ψ = (δ - σ) , 并分别定义为整体创新原创性和技术与市场原创性差异. 这两者与交叉效应 φ 组合变化下的创新团队最优组织形式如图 1 所示: 在曲面或者曲线上方, 组织形式 T ⊗ M 都优于 T ⊕ M .

考虑组织形式 T ⊕ M 占优势的交叉效应区间的大小特征, 由

$$|\phi_1 - \phi_2| = \left(1 + \left(\frac{\psi}{\xi}\right)^4 + 6\left(\frac{\psi}{\xi}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (29)$$

得出: 在整体创新性不变的前提下, 技术与市场原创性差距越大(|δ - σ| 越大) , 意味着组织形式 T ⊕ M 占优的交叉效应区间就越大; 而当技术市场与原创性差距越小(|δ - σ| 越小) , 意味着组织形式 T ⊕ M 占优的交叉效应区间就越小, 与之对应, 则意味着组织形式 T ⊗ M 占优的交叉效应区间就越大.

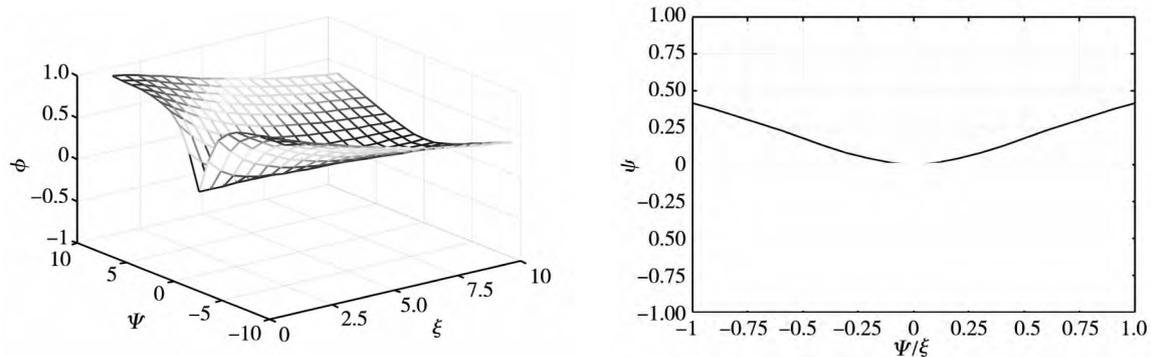


图 1 不同参数组合下的创新激励优化方案

Fig. 1 Optimization scheme of innovation incentive under the different parameter combinations

定义 对企业创新按照 $|\psi/\xi| \leq 1$ 的取值如下进行分类:

$$\psi/\xi = \frac{\delta - \sigma}{\delta + \sigma} = \begin{cases} +1 \\ 0 \\ -1 \end{cases} \quad (*)$$

分别称之为技术型创新, 技术 - 市场联合型创新与市场型创新. 取值在其间的可以参考命名为准技术型创新, 准技术 - 市场联合型创新与准市场型创新. 据此, 提出定理

定理 4 (准) 技术 - 市场联合型创新条件下, 整合型的团队组织形式占优势的交叉效应区间相对较大; 而在(准) 技术型创新或者(准) 市场型创新条件下, 分工型的团队组织形式占优势的

交叉效应区间相对较大.

3 相关讨论

3.1 激励方案的刚性成本与扭曲成本

类似于一阶最优选择, 在委托代理的情形下, 构造理想的组织形式: 1) 相较于 $T \otimes M$ 形式, 企业可以对专业团队施加不同的激励水平, 因而专业团队的努力水平可以灵活选择; 2) 相较于 $T \oplus M$ 形式, 企业可以识别专业团队努力行为带来的所有后果, 团队收益与团队行为后果完全一致. 此时, 激励问题为

$$\max_{T, r(\alpha), r(\beta)} [(1 - r(\alpha)) (\delta\alpha + \phi\sigma\alpha) + (1 - r(\beta)) (\phi\delta\beta + \sigma\beta)] A (\delta + \sigma)^{-1} v (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \quad (30)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \max_{\alpha} \left[-c(\alpha) + r(\alpha) \left(\frac{2-\rho}{2} \right) w^T(\alpha, \beta) (1 + \phi(T)) A (\delta + \sigma)^{-1} v (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \right] \\ \max_{\beta} \left[-c(\beta) + r(\beta) \left(\frac{2-\rho}{2} \right) w^M(\alpha, \beta) (1 + \phi(M)) A (\delta + \sigma)^{-1} v (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \right] \end{cases} \quad (31)$$

可以知道(通过类似附录 A 的过程)

$$\begin{cases} f(T^*, r(\alpha^*), r(\beta^*)) = \frac{27}{512b} ((1 + \phi^2) (\delta + \sigma)^2 - 2(1 - \phi)^2 \delta\sigma) (2 - \rho) (v (\lambda + \delta + \sigma)^{-1})^2 \\ T^* = \arg(4A - 3(\delta + \sigma) = 0) \\ r^*(\alpha^*) = 1 - A (\delta + \sigma)^{-1} = 1/4, r^*(\beta^*) = 1 - A (\delta + \sigma)^{-1} = 1/4 \\ \alpha^* = \frac{3}{32b} \delta (1 + \phi(T)) (2 - \rho) v (\lambda + \delta + \sigma)^{-1}, \beta^* = \frac{3}{32b} \sigma (1 + \phi(M)) (2 - \rho) v (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \end{cases} \quad (32)$$

相较于构造的团队的理想组织形式, $T \otimes M$ 组织形式丧失了激励的灵活性, 定义激励的刚性成本(cost of rigidity) 为理想组织形式与整合型组织形式下企业收益的差距

$$C_r = \frac{27}{1024b} (1 - \phi)^2 (\delta - \sigma)^2 (2 - \rho) \times (v (\lambda + \delta + \sigma)^{-1})^2 \quad (33)$$

进一步, 刚性成本可以变形为

$$C_r = \frac{27}{1024}(2 - \rho) (1 - \phi)^2 \psi^2 \times (\lambda + \xi)^{-2} b^{-1} v^{-2}$$

结合刚性成本对相关参数的求导,可以得到: 1) 当交叉效应为 1 或者创新对象为技术 - 市场联合型创新($\psi/\xi = 0$) 时, $T \otimes M$ 与理想组织形式等效; 2) 技术与市场专业人员努力之间交叉效应的增大, 会导致 $T \otimes M$ 形式与理想组织形式的差距减小; 3) 只要交叉效应不等于 1, 企业的技术与市场原创性差别越大, $T \otimes M$ 形式与理想组织形式的差距越大; 4) 企业创新整体原创性的增大将缩小 $T \otimes M$ 形式下激励的刚性成本. 该结论意味着, 在某种程度上, 随着企业创新原创性程度的增大, 创新团队专业人员的自由裁量权增大的同时带来了更大的委托代理风险, 从而强化了企业控制创新团队的重要性.

而 $T \oplus M$ 与理想形式相比较, 扭曲了行为成本与行为收益之间的一致性, 定义激励的扭曲成本(cost of distortion) 为理想组织形式与分工型组织形式下企业收益的差距, 即

$$C_d = \frac{27}{512b}(\phi^2(\delta^2 + \sigma^2) + 2\phi\delta\sigma) \times (2 - \rho) (v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1})^2 \quad (34)$$

变形为

$$C_d = \frac{27}{1024}(2 - \rho) (\lambda + \xi)^{-2} \times ((\phi^2 - \phi)\psi^2 + (\phi^2 + \phi)\xi^2) b^{-1} v^{-2}$$

结合扭曲成本对相关参数的求导, 可以得到:

1) 当 $\phi = -\frac{\delta\sigma}{\delta^2 + \sigma^2}$ 或者 $\phi = 0$ 成立时, $T \oplus M$ 与理想组织形式等价. 在两者之间, $T \oplus M$ 优于理想组织形式^③. 在取值之外, 扭曲成本大于 0; 2) 当创新对象的技术与市场原创性都不为 0, 两者差别不变, 在 $\phi = -\frac{\delta\sigma}{2(\delta^2 + \sigma^2)}$ 左侧, 交叉效应的增大使得扭曲成本缩小, 在其右侧, 交叉效应的增大则

使得扭曲成本增大; 3) 技术与市场原创性任意一个趋近 0 时, $T \oplus M$ 优于理想组织形式的交叉效应区间就越来越小(即 $\frac{\delta\sigma}{\delta^2 + \sigma^2}$ 趋近于 0), 扭曲成本为正的交叉效应区间就越来越大.

C_r 、 C_d 随 ξ 、 ψ 和 ϕ 的变化如图 2. 统一参数取值 $\rho = 0.75$ 、 $b = 1$ 、 $v = 1$ 、 $\lambda = 1$. 可以看出: 1) 交叉效应的增大, 会一直降低整合型组织激励的刚性成本, 而分工型组织激励的扭曲成本开始也是随之下降, 但到了一定区间就变为上升. 这意味着不同组织的激励效率会随着交叉效应的变动而发生相对优劣的变化; 2) 整体原创性的增大, 会一直降低整合型组织激励的刚性成本, 与之相反, 这个过程会引发分工型组织激励的扭曲成本上升. 这意味着企业创新过程的组织会因为创新对象的原创性的变化而发生变化. 3) 技术与市场两类原创性的差异变化分别引发对应组织形式激励的刚性成本与扭曲成本的“U”型与倒“U”型的变动趋势. 这可以解释现实经验中即便交叉效应与整体原创性完全相同, 两类原创性的差异也会引发企业选择不同的创新过程组织形式来优化创新激励. 这意味着存在如下定理.

定理 5 控制对应条件不变, 企业创新中的交叉效应、创新的整体原创性、技术与市场创新性差异的变化都会引发创新过程组织形式的刚性成本与扭曲成本的相对变化, 从而导致企业创新过程组织优化的必要性.

3.2 产品类型与创新激励

如式(*)所定义, 当企业创新的 δ 远远大于 σ 时, 可以定义为技术型创新, 反之可以定义为市场型创新, 两者均较高时, 则可以定义为技术 - 市场联合型创新^[1 22], 从而可以将所有创新划分为这 3 种类型. 产品类型通过两个途径影响创新激励: 1) 对创新团队组织形式的影响; 2) 对企业创新复杂性的影响.

③ 此处理想组织成为劣解的原因是因为激励中行为者选择目标与企业目标两者之间的不一致引发的, 这样也引发了一个重要问题: 在激励设计中, 更多信息条件下的选择未必具有更高的激励效率.

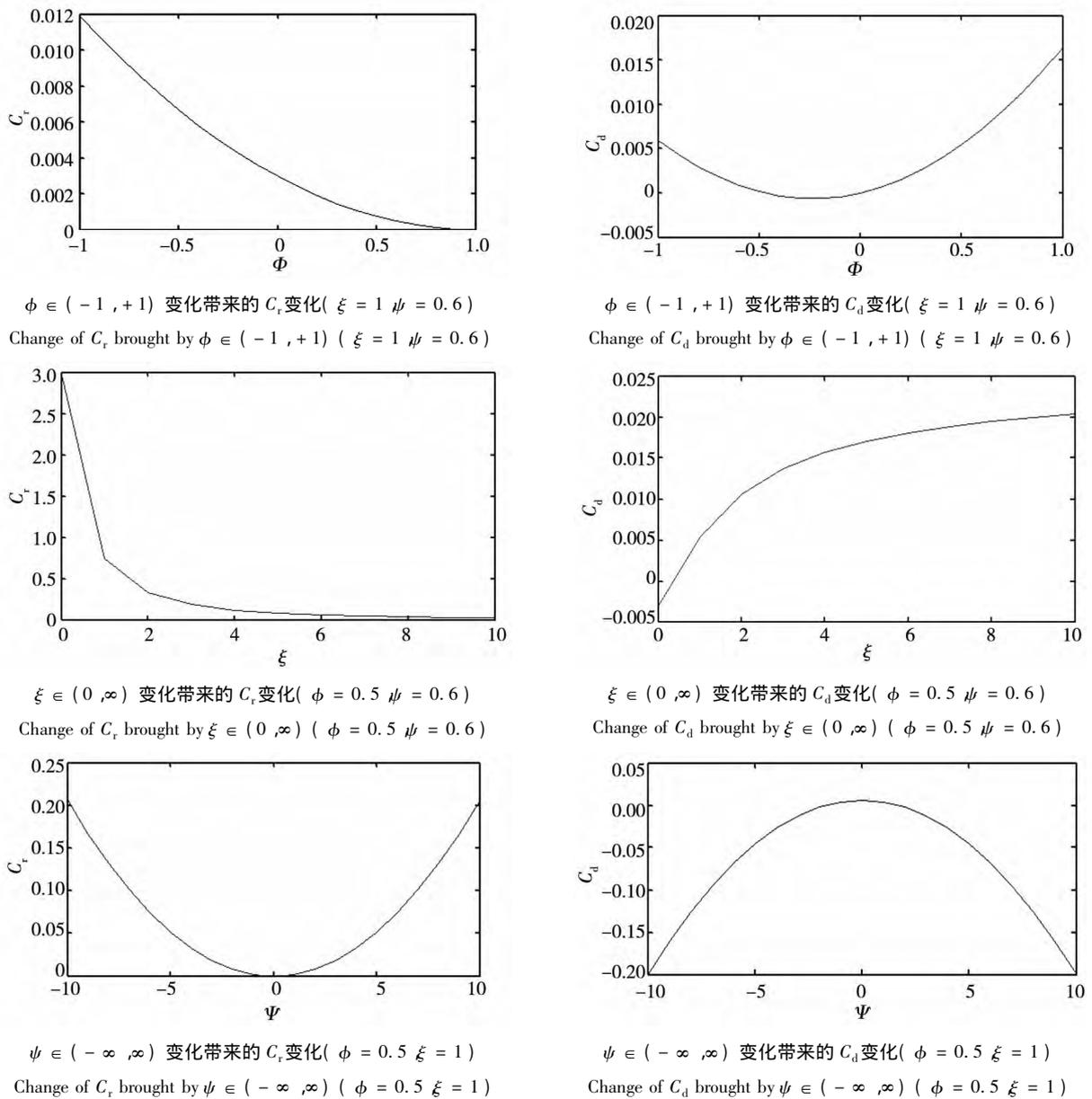


图 2 C_r 、 C_d 随着 ξ 、 ψ 和 ϕ 的变化

Fig. 2 C_r and C_d change with the change of ξ , ψ and ϕ

技术原创性 δ 与市场原创性 σ 以及交叉效应 ϕ 由式(28) 所给出的关系影响创新团队组织形式的选择, 从图 1 中的左图可以看出, 随着技术 - 市场原创性差异的增大, 分工型组织占优的交叉效应区间更大, 这意味着在同样条件下更大的原创性差异会导致企业更倾向于选择分工型组织, 而技术 - 市场联合性的产品对组织形式选择的影响则依赖于交叉效应的大小; 产品类型通过技术与市场原创性影响创新激励合约的持续时间

$T^* = \arg(4A - 3(\delta + \sigma) = 0)$ 如果行业熊彼特竞争强度不变, 企业创新的整体原创性与创新复杂性呈反向关系: 更高程度的原创性, 对创新对象复杂性选择的要求更低, 也就意味着要求创新激励合约的持续时间更短, 这与高风险的分阶段创业投资研究结果一致, 但显然与基于交易成本的分阶段投资的分析是不同的。

需要注意, 如果其它条件给定不变, 创新对象原创性的增大还可通过增大分成系数 r^* 来影

响创新激励. 由附录 A 可知, 企业为创新团队提供的最优激励系数 $r(*) = 1 - A(\delta + \sigma)^{-1}$, 变形得到 $r(*) = \xi^{-1} ((\lambda + \xi) e^{-\lambda T} - \lambda e^{-(\lambda + \xi) T})$, $\xi = (\delta + \sigma)$, 如果给定企业对创新对象复杂性 (创新激励合约持续时间) 的选择为 T , $\partial r(*) / \partial \xi = \lambda e^{-\lambda T} \xi^{-2} ((1 + \xi T) e^{-\xi T} - 1) > 0$, 则原创性与团队分成系数的变化呈正向关系. 另一个与直觉冲突的结果, 是如果行业竞争环境、创新对象的原创性不发生变化, 可以得到 $\partial r(*) / \partial T = \xi^{-1} e^{-\lambda T} \lambda (\lambda + \xi) (e^{-\xi T} - 1) < 0$, 意味着一个更长的创新激励合约时间会导致创新团队更低的剩余索取权分成比例^[14-15], 但这符合经济学中的边际产出递减的原则.

3.3 竞争强度、复杂性与创新激励

企业外部创新到达强度 λ 作为行业熊彼特竞争的直接结果, 通过选择创新对象复杂性来影响创新激励. 由 $T^* = \arg(4A - 3(\delta + \sigma) = 0)$ 可以看到, 在创新对象的整体原创性给定的情况下, 外部创新到达强度影响了企业创新对象复杂性的选择, 同时决定了创新激励的持续时间. 从本质上来说, 外部创新的随机到达创新团队区别于普通团队激励的根本特征, 是为创新行为提供的时间窗口总是有限的. 行业熊彼特竞争强度越高 (λ 越大), 意味着企业倾向于选择更低的创新对象复杂性以赢得创新锦标赛的胜利^[23]; 本文的模型也显示: 竞争强度越高, 意味着企业与创新团队从创新中获取的收益越少; 企业创新的最终收益也受到行业熊彼特竞争强度的影响.

尽管在最优激励设计中, 创新对象复杂性并不能影响企业与创新团队的分成比例, 但在一般情况下, 由 $r(*) = 1 - A(\delta + \sigma)^{-1}$ 可以看到, 企业创新对象越复杂 (通常意味着创新过程需要控制的风险事件的数目越多), 企业创新耗时越长, 创新激励关系持续越久, 通常也就意味着企业为创新团队提供的分成系数越小, 这是一个反直观的结果. 同时, 与企业创新对象的整体原创性对分成系数的影响类似, 在创新对象的复杂性给定的情况下, 分成系数与熊彼特竞争强度

的导数为

$$\begin{aligned} \partial r(*) / \partial \lambda &= \xi^{-1} e^{-\lambda T} ((1 - e^{-\xi T}) (1 - \lambda T) - \xi T) \\ &< \xi^{-1} e^{-\lambda T} ((1 - 1 + \xi T) (1 - \lambda T) - \xi T) \\ &= - \lambda T^2 e^{-\lambda T} < 0 \end{aligned}$$

行业内更高的熊彼特竞争强度导致对创新团队更低的剩余索取权分成比例. 也就是说, 即便创新努力水平与产出线性相关, 但对创新团队而言, 其收益也必定是边际报酬递减的.

4 结束语

论文借助委托代理框架研究了在行业熊彼特竞争下企业对创新对象复杂性、创新团队组织形式与创新团队剩余索取权分成系数的选择. 借助于一般均衡下行业创新零利润原则, 论文建立了创新风险控制与整体创新收益的线性关系. 通过引入创新团队努力成本的凸性假设, 保证了创新激励稳定均衡的存在性与唯一性. 创新团队努力的交叉效应导致创新团队努力成本与团队收益之间的一致性遭到扭曲, 创新激励中组织形式选择的本质是企业特定创新激励方式下刚性成本与扭曲成本之间的权衡, 技术原创性、市场原创性和交叉效应 3 者的关系决定了创新激励的组织形式, 而行业熊彼特竞争强度、创新对象的技术与市场原创性共同决定了企业对创新对象复杂性的选择, 也决定了创新激励合约的持续时间.

研究结果显示, 创新激励受到了企业所在行业的熊彼特竞争强度、创新原创性和专业人员努力水平的交叉效应的影响. 如果不存在委托代理问题, 本文证明了创新团队组织形式的选择是没有必要的, 进而说明团队组织形式的选择是创新激励方案的 1 个维度.

在专业人员努力成本与创新收益函数不随团队组织形式变化的前提下, 创新激励合约时间长度 (创新对象复杂性) 的最优设计与创新的技术原创性、市场原创性和行业熊彼特竞争强度 3 者均呈反向相关: 更为激烈的行业熊彼特竞争强度,

或者更为冒险的技术原创性或者市场原创性,都会导致企业选择更短的激励合约持续期,这也意味着更为简单的创新对象。

整体原创性、两类原创性差异与创新专业人员间的交叉效应这3者共同决定了创新激励的组织形式,行业熊彼特竞争强度对此并无影响:在整体创新原创性不变的情形下,技术与市场原创性的差别越大,分工型组织形式占优的交叉效应区间就越大,而技术与市场原创性的差别越小,整合型组织形式占优的交叉效应区间就越大。

在本文的模型中剩余索取权的最优选择并不受上述因素的影响,但在技术原创性、市场原创性与行业熊彼特竞争强度给定的前提下,激励合约时间越长(创新对象越复杂),创新团队剩余索取权分成比例在持续下降。和通常研究

一样,模型显示:企业创新的技术与市场原创性、行业熊彼特竞争强度、努力成本特征与创新人员的风险规避特征共同通过激励合约的持续时间(创新对象复杂性)、创新团队组织形式和剩余索取权分配比例来影响专业技术人员努力水平的选择。

未来研究需要关注如下几个方面。首先,在创新团队不同组织形式下,风险控制绩效的识别与监督成本一般会发生变化,这会影响到企业创新激励中的绩效监督成本;同时,不同的团队整合形式通常意味着不同的团队规模,而不同规模下的个体机会主义倾向会发生变化,这也会影响到创新激励的有效性。其次,创新激励还依赖于创新团队各专业团队的能力特征,未来研究应该纳入创新团队专业人员的异质性来分析创新团队的激励。

参考文献:

- [1] O'Connor G C, Rice M P. A comprehensive model of uncertainty associated with radical innovation [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2013, 30(S1): 2 - 18.
- [2] Oehmen J, Olechowski A, Kenley C R, et al. Analysis of the effect of risk management practices on the performance of new product development programs [J]. *Technovation*, 2014, 34(8): 441 - 453.
- [3] Slater S F, Mohr J J, Sengupta S. Radical product innovation capability: Literature review, synthesis, and illustrative research propositions [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2014, 31(3): 552 - 566.
- [4] Wu D D, Kefan X, Hua L, et al. Modeling technological innovation risks of an entrepreneurial team using system dynamics: An agent-based perspective [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2010, 77(6): 857 - 869.
- [5] Bloom N, Schankerman M, Van Reenen J. Identifying technology spillovers and product market rivalry [J]. *Econometrica*, 2013, 81(4): 1347 - 1393.
- [6] Candi M, van den Ende J, Gemser G. Organizing innovation projects under technological turbulence [J]. *Technovation*, 2013, 33(4): 133 - 141.
- [7] Dibb S. Managing risks or stifling innovation? Risk, hazard and uncertainty [J]. *International Journal of Agricultural Management*, 2013, 2(3): 125 - 129.
- [8] Carson S J, Wu T, Moore W L. Managing the trade-off between ambiguity and volatility in new product development [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2012, 29(6): 1061 - 1081.
- [9] Parent J D, Sullivan C C, Hardway C, et al. A model and test of individual and organization factors influencing individual adaptation to change [J]. *Organization Management Journal*, 2012, 9(4): 216 - 235.
- [10] Legros P, Newman A F. A price theory of vertical and lateral integration [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2013, 128(2): 725 - 770.
- [11] Hoehn-Weiss M N, Karim S. Unpacking functional alliance portfolios: How signals of viability affect young firms' outcomes

- [J]. *Strategic Management Journal*, 2014, 35(9): 1364 – 1385.
- [12] Oxley J, Pandher G. Equity-based incentives and collaboration in the modern multibusiness firm [J]. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(7): 1379 – 1394.
- [13] Hochman G, Ayal S, Ariely D. Keeping your gains close but your money closer: The prepayment effect in riskless choices [J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2014, 107(11): 582 – 594.
- [14] Stock R M, Totzauer F, Zacharias N A. A closer look at cross-functional R&D cooperation for innovativeness: Innovation-oriented leadership and human resource practices as driving forces [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2014, 31(5): 924 – 938.
- [15] Spulber D F. How do competitive pressures affect incentives to innovate when there is a market for inventions? [J]. *Journal of Political Economy*, 2013, 121(6): 1007 – 1054.
- [16] Yanadori Y, Cui V. Creating incentives for innovation? The relationship between pay dispersion in R&D groups and firm innovation performance [J]. *Strategic Management Journal*, 2013, 34(12): 1502 – 1511.
- [17] 宋庆凤, 王皎云, 石凯. 一个新的模糊免赔契约模型 [J]. *系统工程理论与实践*, 2014, 34(10): 2645 – 2649.
Song Qingfeng, Wang Jiaoyun, Shi Kai. A new fuzzy deductible contract model [J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2014, 34(10): 2645 – 2649. (in Chinese)
- [18] He J, Wang H C. Innovative knowledge assets and economic performance: The asymmetric roles of incentives and monitoring [J]. *Academy of Management Journal*, 2009, 52(5): 919 – 938.
- [19] Fu X. How does openness affect the importance of incentives for innovation? [J]. *Research Policy*, 2012, 41(3): 512 – 523.
- [20] Aghion P, Howitt P. A model of growth creative destruction [J]. *Econometrica*, 1992, 60(2): 323 – 352.
- [21] Romer P M. Endogenous technological change [J]. *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5): 71 – 102.
- [22] Langley A N N, Smallman C, Tsoukas H, et al. Process studies of change in organization and management: Unveiling temporality, activity, and flow [J]. *Academy of Management Journal*, 2013, 56(1): 1 – 13.
- [23] Laffont J J, Rey P, Tirole J. Network competition: II. price discrimination [J]. *The RAND Journal of Economics*, 1998, 29(1): 38 – 56.

Schumpeter competition, cross-effects, and innovation incentives

JIANG Jun-feng^{1,2}, WANG Xi¹

1. School of Economic & Management, Xi'an University of Technology, Xi'an 710054, China;
2. Centre of Post-doctoral Management, P. L. A., Nanjing 210002, China

Abstract: Introducing Schumpeter competition in industry (SCII) and the crossing effect between technological and market professional efforts into our model, the paper studies the simultaneous optimization of the contract duration (complexity of innovation), organizational form and residual claims in order to motivate innovation. The paper finds that integration of technology and market professionals is a prioritized organizational form to motivate teams in the absence of principal-agent problems, and that organizational forms of teams could not exert any impact on either contract duration or residual claims. The study also finds that both the SCII and the originality of innovation are negatively correlated with the contract duration, and that the organizational form of

teams is dependent on the relationship among the crossing effect, technological originality, and market originality. This study improves the actual operability with reference to innovation incentives and strengthens the response to industrial competition.

Key words: technology & market originality; crossing effects; complexity of innovation; incentive rigidity; incentive distortion

附录 A:

T ⊗ M 组织形式下企业的最佳选择与产出:

企业最佳化问题为 (式 (12)) $\max_{r(\theta)} [(1 - r(\theta)) w(\theta, \rho) Av(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} (\delta + \sigma)^{-1}]$; 创新团队的最佳选择为 (式 (23)) $\max_{\theta} \left[-2c(\theta) + r(\theta) \left(\frac{2-\rho}{2} \right) w(\theta, \rho) Av(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} (\delta + \sigma)^{-1} \right]$. 令

$$f(T, r(\theta)) = (1 - r(\theta)) w(\theta, \rho) Av(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} (\delta + \sigma)^{-1} \tag{A-1}$$

视创新团队努力水平 θ 为分成系数与创新产品复杂性的函数, 则有

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial r(\theta)} = \left(-w(\theta, \rho) + (1 - r(\theta)) (\delta + \sigma) (1 + \phi) \frac{d\theta}{dr(\theta)} \right) Av(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} (\delta + \sigma)^{-1} \\ \frac{\partial f}{\partial T} = (1 - r(\theta)) \left(\left((\delta + \sigma) (1 + \phi) \frac{d\theta}{dT} \right) A(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} + w(\theta, \rho) \lambda (e^{-\lambda T} - e^{-(\lambda + \delta + \sigma) T}) \right) v(\delta + \sigma)^{-1} \end{cases} \tag{A-2}$$

目标函数要取得极值, 则必须满足

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial r(\theta)} = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial T} = 0 \end{cases} \tag{A-3}$$

由式 (A-3) 可以导出

$$\begin{cases} -\theta + (1 - r(\theta)) \frac{d\theta}{dr(\theta)} = 0 \\ A(\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \frac{d\theta}{dT} + \theta \lambda (e^{-\lambda T} - e^{-(\lambda + \delta + \sigma) T}) = 0 \end{cases} \tag{A-4}$$

从而存在

$$\frac{dr(\theta)}{1 - r(\theta)} = \frac{d\theta}{\theta} = \frac{-(\lambda + \delta + \sigma) \lambda (e^{-\lambda T} - e^{-(\lambda + \delta + \sigma) T}) dT}{A} \tag{A-5}$$

解关于 T 和 $r(\theta)$ 的微分方程, 得到

$$\ln(1 - r(\theta)) = \ln A + C \tag{A-6}$$

因为复杂性为无穷时, 即 $T \rightarrow \infty$ 时, 创新团队的分成系数 $r(\theta)$ 必然为 0, 由此定解为

$$r(\theta) = 1 - A(\delta + \sigma)^{-1} \tag{A-7}$$

另一方面, 创新团队的最佳化行为必然使得 $4c(\theta) = r(\theta) (1 + \phi) (2 - \rho) Av(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}$ (见式 (23))

如果存在 $c(\theta) = b\theta^2/2$, 则可以导出

$$\begin{cases} \theta^* = \frac{r(\theta) (1 + \phi) (2 - \rho) Av(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}}{4b} \\ \frac{d\theta}{dr(\theta)} = \frac{(1 + \phi) (2 - \rho) Av(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}}{4b} \\ \frac{d\theta}{dT} = \frac{r(\theta) (1 + \phi) (2 - \rho) \lambda (e^{-\lambda T} - e^{-(\lambda + \delta + \sigma) T}) v}{4b} \end{cases} \tag{A-8}$$

从而有

$$\max_{r(\theta)} f(T, r(\theta)) = \frac{(2-\rho)r(\theta)(1-r(\theta))((1+\phi)Av(\lambda+\delta+\sigma)^{-1})^2}{4b} \tag{A-9}$$

由式(A-8)得 $A = (\delta + \sigma)(1 - r(\theta))$ 则

$$\max_{r(\theta)} f(T, r(\theta)) = \frac{(2-\rho)r(\theta)(1-r(\theta))^3((1+\phi)(\delta+\sigma)v(\lambda+\delta+\sigma)^{-1})^2}{4b} \tag{A-10}$$

由于存在 $r(\theta) + (1 - r(\theta)) = 1$ 利用不等式,可得极值条件为

$$\begin{cases} 4A = 3(\delta + \sigma) \\ r(\theta^*) = 1/4 \\ \theta^* = \frac{3(\delta + \sigma)(1 + \phi)(2 - \rho)v(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}}{64b} \end{cases} \tag{A-11}$$

最大值为

$$\max f(T, r(\theta)) = \frac{27(2-\rho)((1+\phi)(\delta+\sigma)v(\lambda+\delta+\sigma)^{-1})^2}{1024b} \tag{A-12}$$

证毕.

附录 B:

外生参数与企业最优激励合约时间长度(创新对象的复杂性) T 之间的关系:

由式(25)、式(26)与式(32)可知最优合约时长必须满足

$$F(T, \lambda, \delta, \sigma) = 3(\delta + \sigma) - 4A = 4(\lambda + \delta + \sigma)e^{-\lambda T^*} - 4\lambda e^{-(\lambda + \delta + \sigma)T^*} - (\delta + \sigma) = 0 \tag{B-1}$$

由用 $F(T, \lambda, \delta, \sigma)$ 乘以 $(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}e^{(\lambda + \delta + \sigma)T^*}$ 最优条件必须满足下面两式

$$e^{(\delta + \sigma)T^*} = (\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \left(\lambda + \frac{(\delta + \sigma)e^{(\lambda + \delta + \sigma)T^*}}{4} \right) \tag{B-2}$$

$$e^{(\lambda + \delta + \sigma)T^*} = 4(\lambda + \delta + \sigma)(\delta + \sigma)^{-1}(e^{(\delta + \sigma)T^*} - \lambda(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}) \tag{B-3}$$

首先证明预备式

$$e^{(\lambda + \delta + \sigma)T^*} > 4 \tag{B-4}$$

由于存在 $e^x > 1 + x, x \neq 0$ (式*) 和 $(\delta + \sigma)T^* \neq 0$ 则存在

$$e^{(\lambda + \delta + \sigma)T^*} > 4(\lambda + \delta + \sigma)(\delta + \sigma)^{-1}(1 + (\delta + \sigma)T^* - \lambda(\lambda + \delta + \sigma)^{-1}) \tag{B-5}$$

可以得到

$$e^{(\lambda + \delta + \sigma)T^*} > 4(1 + (\lambda + \delta + \sigma)T^*) > 4 \tag{B-6}$$

即 $e^{(\lambda + \delta + \sigma)T^*} - 4 > 0$.

利用隐函数求导可以得到

$$\begin{cases} \frac{dT^*}{d\lambda} = ((1 - (\lambda + \delta + \sigma)T^*)e^{(\delta + \sigma)T^*} - (1 - \lambda T^*))(\lambda(\lambda + \delta + \sigma)(e^{(\delta + \sigma)T^*} - 1))^{-1} \\ \frac{dT^*}{d\delta} = -(e^{-\lambda T^*} + \lambda T^* e^{-(\lambda + \delta + \sigma)T^*} - 1/4)(\lambda(\lambda + \delta + \sigma)(e^{-(\lambda + \delta + \sigma)T^*} - e^{-\lambda T^*}))^{-1} \\ \frac{dT^*}{d\sigma} = -(e^{-\lambda T^*} + \lambda T^* e^{-(\lambda + \delta + \sigma)T^*} - 1/4)(\lambda(\lambda + \delta + \sigma)(e^{-(\lambda + \delta + \sigma)T^*} - e^{-\lambda T^*}))^{-1} \\ \frac{dT^*}{d\xi} = -(e^{-\lambda T^*} + \lambda T^* e^{-(\lambda + \xi)T^*} - 1/4)(\lambda(\lambda + \xi)(e^{-(\lambda + \xi)T^*} - e^{-\lambda T^*}))^{-1} \quad \xi = (\delta + \sigma) \end{cases} \tag{B-7}$$

下面给出导数 $\frac{dT^*}{d\lambda}$: 由式(B-7)中第1式可以得到

$$\frac{dT^*}{d\lambda} = (1 - (\lambda + \delta + \sigma)T^*)(e^{(\delta + \sigma)T^*} - 1) - (1 - \lambda T^*)(\lambda(\lambda + \delta + \sigma)(e^{(\delta + \sigma)T^*} - 1))^{-1} \tag{B-8}$$

利用式(B-2)代入 $e^{(\delta + \sigma)T^*}$ 得到

$$\frac{dT^*}{d\lambda} = ((1 - (\lambda + \delta + \sigma)T^*) - (\delta + \sigma)T^* \left((\lambda + \delta + \sigma)^{-1} \left(\lambda + (\delta + \sigma) \frac{e^{(\lambda + \delta + \sigma)T^*}}{4} \right) - 1 \right))(\lambda(\lambda + \delta + \sigma))^{-1} \tag{B-9}$$

变形化简得到

$$\frac{dT^*}{d\lambda} = ((1 - (\lambda + \delta + \sigma) T^*) (e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*} - 4) - 4(\lambda + \delta + \sigma) T^*) (\lambda (e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*} - 4) (\lambda + \delta + \sigma))^{-1} \quad (\text{B-10})$$

考虑式(*) ,注意 ,只在与 $e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*}$ 相乘时使用式(*) ,得到

$$\frac{dT^*}{d\lambda} < (e^{-(\lambda + \delta + \sigma) T^*} e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*} - 4(1 - (\lambda + \delta + \sigma) T^*) - 4(\lambda + \delta + \sigma) T^*) (\lambda (e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*} - 4) (\lambda + \delta + \sigma))^{-1} \quad (\text{B-11})$$

$$\frac{dT^*}{d\lambda} < -3 (\lambda (e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*} - 4) (\lambda + \delta + \sigma))^{-1} \quad (\text{B-12})$$

纳入 $e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*} > 4$ (即式(B-4)) ,可以得到 $\frac{dT^*}{d\lambda} < 0$,因而熊彼特竞争强度的增大 ,意味着企业最优合约时长变短 ,也意味着创新复杂性降低.

下面考虑剩余3个导数式 ,由于3者完全一样 ,只给出1例.

由式(B-7)中第2式可以得到

$$\frac{dT^*}{d\delta} = -(e^{-\lambda T^*} + \lambda T^* e^{-(\lambda + \delta + \sigma) T^*} - 1/4) (\lambda (\lambda + \delta + \sigma) (e^{-(\lambda + \delta + \sigma) T^*} - e^{-\lambda T^*}))^{-1} \quad (\text{B-13})$$

分子分母同乘 $e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*}$,得到

$$\frac{dT^*}{d\delta} = \left(e^{(\delta + \sigma) T^*} + \lambda T^* - \frac{e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*}}{4} \right) (\lambda (\lambda + \delta + \sigma) (e^{(\delta + \sigma) T^*} - 1))^{-1} \quad (\text{B-14})$$

考虑最优性条件的变形式(B-4) ,代入并消掉 $e^{(\lambda + \delta + \sigma) T^*}$,变形得到

$$\frac{dT^*}{d\delta} = (1 + (\delta + \sigma) T^* - e^{(\delta + \sigma) T^*}) ((\delta + \sigma) (\lambda + \delta + \sigma) (e^{(\delta + \sigma) T^*} - 1))^{-1} \quad (\text{B-15})$$

根据式(*) ,易见

$$\frac{dT^*}{d\delta} < (1 + (\delta + \sigma) T^* - 1 - (\delta + \sigma) T^*) ((\delta + \sigma) (\lambda + \delta + \sigma) (e^{(\delta + \sigma) T^*} - 1))^{-1} = 0 \quad (\text{B-16})$$

所以 ,无论是技术、市场还是整体原创性的增大 ,都会导致企业的最优激励合约的时间长度变小 ,创新对象的复杂性变得更低. 证毕.