

工程项目供应链的委托 - 代理模型分析

吴育华, 张庆民

(天津大学管理学院, 天津 300072)

[摘要] 从委托代理理论出发,对基于集成化供应链的委托 - 代理模型的一般形式进行讨论。在此基础上,结合工程项目集成化供应链中委托方和代理方的特点构建了工程项目供应链单期委托 - 代理模型和多阶段工程项目供应链声誉模型。

[关键词] 委托 - 代理模型;激励模型;声誉模型;随机行走

[中图分类号] F224.3;C931 [文献标识码] A [文章编号] 1009 - 1742(2008)05 - 0075 - 04

1 前言

在工程项目实施中,设备供应商是一个相当重要的环节。设备供应商的供货时间、设备质量直接影响到工程项目的工期和质量,而他对项目管理方的技术支持、维修服务、信息共享支持也是保障工程项目顺利进行所必不可少的。从委托 - 代理理论的角度看,这里的设备供应商拥有私人信息,是代理方;而工程项目管理方处于信息劣势,是委托方。在工程项目管理中,由于各种委托 - 代理关系和契约安排的大量存在(如业主和承包商、承包商和分包商、施工方和供应方等),代理人的“偷懒”行为将会对项目的效益产生直接影响,严重时甚至会影响到工程的顺利实施。笔者以工程项目集成化供应链中的设备供应商和项目管理方为例构建委托 - 代理模型,在一定的条件下,该模型也可以很容易的推广至供应链中的其他企业。

2 委托代理模型的一般形式

各种委托 - 代理模型在本质上均试图分析和考察不对称信息契约下委托人对于代理人的最优激励机制设计问题。先给出委托 - 代理的一般模型^[1]。假设如下:

1) A 表示代理人所有可选择行动的集合, $a \in A$ 表示代理人的一个特定行动。

2) θ 是不受代理人和委托人控制的外生随机变量,又称为“自然状态”, θ 的分布函数和密度函数分别为 $G(\theta)$ 和 $g(\theta)$ 。

3) 在代理人选择行动 a 后,根据假设 2 外生变量 θ 知, a 和 θ 共同决定一个可观测的结果 $x(a, \theta)$ 和一个货币收入 $\pi(a, \theta)$ 。其中 $\pi(a, \theta)$ 的直接所有权属于委托人。

4) 委托人和代理人的 $v - N - M$ 期望效用因数分别为 $V(\pi - s(x))$ 和 $U(s(x)) - c(a)$ 。

委托人和代理人的利益冲突来自 $\partial \pi / \partial a > 0$ 和 $c' > 0$ 。 $\partial \pi / \partial a > 0$ 意味着委托人希望代理人多努力,而 $c' > 0$ 意味着代理人希望少努力。因此,除非委托人能对代理人提供足够的激励,否则,代理人不会如委托人希望的那样努力工作。

委托人的问题是设计一个激励合同 $s(x)$, 根据观测到的 x 对代理人进行奖惩。最优的委托 - 代理模型即委托人对代理人的转移支付 $s(x)$ 能够实现最大的激励效果。

委托人的效用可以用式(P)表示:

$$\int v(\pi(a, \theta) - s(x(a, \theta)))g(\theta)d(\theta) \quad (P)$$

委托人的问题就是选择 a 和 $s(x)$ 以最大化上述期望效用函数。因此,委托代理模型可以表示为

[收稿日期] 2005 - 09 - 07;修回日期 2007 - 11 - 08

[作者简介] 吴育华(1944 -),男,上海市人,天津大学教授,博士生导师

$$\begin{aligned} & \max_{a, s(x)} \int v(\pi(a, \theta) - s(x(a, \theta)))g\theta d(\theta) \\ & s. t. \int u(s(x(a, \theta)))g(\theta)d\theta - c(a) \geq \bar{u} \quad (\text{IR}) \\ & \int u(s(x(a, \theta)))g(\theta)d\theta - c(a) \\ & \geq \int u(s(x(a', \theta)))g(\theta)d\theta - c(a'), \forall a' \in A \quad (\text{IC}) \end{aligned}$$

上述模型中(IR),(IC)是委托人面临的来自代理人的两个约束条件。其中:

第一个约束(IR)是参与约束(participation constraint)。其约束条件意味着代理人从接受合同中得到的期望效用不能小于不接受合同时能得到的最大期望效用(\bar{u})。

第二个约束(IC)是代理人的激励相容约束(incentive compatibility constraint)。其约束条件意味着:给定委托人不能观测到代理人的行动 a 和自然状态 θ ,在任何的激励合同下,代理人总是选择使自己的期望效用最大化的行动 a 。

上述模型可以转换如下^[1]:

$$\begin{aligned} & \max_{a, s(x)} \int v(\pi - s(x))f(x, \pi, a) dx \\ & s. t. \int u(s(x))f(x, \pi, a) dx - c(a) \geq \bar{u} \quad (\text{IR}) \\ & \int u(s(x))f(x, \pi, a) dx - c(a) \\ & \geq \int u(s(x))f(x, \pi, a') dx - c(a'), \forall a' \in A \quad (\text{IC}) \end{aligned}$$

假定产出是可观测变量,并且只有 π 是可观测的,因此 $x = \pi$ 。此时,委托人对代理人的奖惩只能根据观测的产出 π 做出,模型可以写为

$$\begin{aligned} & \max_{a, s(\pi)} \int v(\pi - s(\pi))f(\pi, a) d\pi \\ & s. t. \int u(s(\pi))f(\pi, a) d\pi - c(a) \geq \bar{u} \quad (\text{IR}) \\ & \int u(s(\pi))f(\pi, a) d\pi - c(a) \\ & \geq \int u(s(\pi))f(\pi, a') d\pi - c(a'), \forall a' \in A \quad (\text{IC}) \end{aligned}$$

3 工程项目供应链单期委托-代理模型

结合工程项目集成化供应链中委托方和代理方的特点,在上述委托-代理一般模型的基础上设定如下:

a 为代理方的合作努力程度,即设备供应商在该工程项目上投入的时间、精力、金钱和资源,是设备供应商的私人信息,不被委托方(即工程项目管

理方)所知。

$c(a)$ 是努力的负效用,指代理人的付出,是严格递增的凸函数。

π 为代理方合作努力的效果,即供货时间、设备质量、技术支持、维修服务等方面的综合表现, π 对委托方来说是可以观测的,属于共同知识。

θ 为供应商资质的好坏(实际指供应商自身能力,经验,信誉等综合因素),显然 θ 和产出 π 相关。

给定 a , π 是 θ 的严格增函数,定义有合作函数如下:

$$\pi = a + \theta + u$$

u 是外生的随机变量,表示技术或市场存在的不确定性, $E(u) = 0$ 。 θ 和 u 是正态独立分布的,令 θ 和 u 的方差分别为 σ_θ^2 和 σ_u^2 。

假定委托人和代理人均是风险中性的,并且贴现率为1。

s 表示委托方给代理方直接和潜在的效益之和(如设备的销售收入、设备的订金等)。

代理方效用函数如下:

$$U = s - c(a)$$

在上述假定下,如果委托方可以与代理方签订一个显性激励合同:

$$s = \pi - y$$

其中 y 为委托方的保留效用(投资其他项目所获收益),不依赖 π 。根据帕雷托一阶最优条件,代理人的最优努力水平的一阶条件为

$$\begin{aligned} U'(a) &= [\pi - y - c(a)]'_a \\ &= [a + \theta + u - y - c(a)]'_a = 0 \end{aligned}$$

即 $c'(a) = 1$

这意味着代理人承担全部风险,此时代理人的边际努力成本等于边际期望收益。

但是事实上,由于 π 中包含了太多无法完全证实的主观标准,因而在合同中将 s 与 π 联系起来是不可行的,考虑更为一般的情况,代理人只能拿固定收入 s^* ,给定这一分配机制,根据激励相容约束^[2]:

$$s^* - c(a) \geq s^* - c(a'), \quad \forall a' \in A \quad (\text{IC})$$

可以判断代理人的行为

(IC)求一阶条件,得

$$U' = (s^* - c(a))' = c'(a) = 0$$

由前假定, $c(a)$ 严格递增的凸函数,再由成本函数的性质,付出的最小值为零,且当付出为零时,收益及其收益的一阶导数均为零,然后随着成本的增加,一阶导数越来越大。所以只能有:

$$a = 0$$

这意味着在委托人和代理人进行单期合作的条件下,如果对代理人实行固定工资制,他将不会有任何努力工作的积极性。由此可以看出,在传统的工程项目供应链体系中由于供应链企业间的合作是短期和不稳定的,企业间也没有进行合作的积极性,这将降低供应链的总体效益。

4 供应链声誉模型

以下建立一个多阶段工程项目供应链委托-代理声誉模型,考察由于集成化管理导致的合作期限延长会对工程项目供应链委托-代理关系中的激励机制造成何种影响。

考察两个合作阶段的情况^[3],假设 $t = 1, 2$ 则 a_t 为代理方的努力程度,是设备供应商的私人信息;

π_t 为代理方合作努力的效果,属于共同信息;

θ 为供应商资质的好坏,与时间无关;

u_t 是外生的随机变量。

假定 u_1 和 u_2 独立, $\text{cov}(u_1, u_2) = 0$

$$\pi_t = a_t + \theta_t + u_t, t = 1, 2 \quad (1)$$

根据均衡市场的假设,委托人为代理人的努力 a_t 而支付的成本也就是代理人的收入 s_t 应该等于他的期望收入 $E(\pi)$ 。根据不完全信息动态博弈中贝叶斯均衡的思想可以知道:

第一阶段

$$S_1 = E(\pi_1) = E(a_1) = \bar{a}_1$$

其中 \bar{a}_1 代表具有理性预期 (rational expectation) 的市场对于代理人工作努力程度的期望值,即代理人的 a_1 的先验期望^[4]。

第二阶段

委托人根据贝叶斯原则,运用观测到的第一期产出 π_1 修正对 π_2 的期望,此时

$$S_2 = E(\pi_2 | \pi_1)$$

将式(1)代入得,

$$E(\pi_2 | \pi_1) = E(a_2 + \theta + u_2 | \pi_1)$$

由于 a_2 为代理人的私人信息,与第一期委托人的货币收入 π_1 无关, u_2 为第二期的随机变量,同样与第一期委托人的货币收入 π_1 无关,所以有

$$\begin{aligned} E(\pi_2 | \pi_1) &= E(a_2 | \pi_1) + E(\theta | \pi_1) + E(u_2 | \pi_1) \\ &= E(\theta | \pi_1) \end{aligned} \quad (2)$$

直观上讲,就是委托人根据代理人在第一阶段的产出,修正对其资质的先验判断,然后根据修正后

的代理人类型估计代理人在第二期的产出。令

$$\tau = \frac{\text{var}(\theta)}{\text{var}(\theta) + \text{var}(u_1)} = \frac{\sigma_\theta^2}{\sigma_\theta^2 + \sigma_u^2} \quad (3)$$

即 τ 为 π_2 方差, π_1 方差的比率。 σ_θ^2 越大 τ 越大,根据理性预期公式,将第二期供应商的资质水平 θ 看作是先验期望值 $E(\theta)$ 和观测值 $\pi_1 - \bar{a}_1$ 的加权平均:

$$E(\theta | \pi_1) = (1 - \tau)E(\theta) + \tau(\pi_1 - \bar{a}_1) = \tau(\pi_1 - \bar{a}_1)$$

委托人根据观测到的信息修正对代理人能力的判断。事前有关能力的不确定性越大,修正则越多。因为 τ 反映 π_1 包含的有关 θ 的信息: τ 越大则 π_1 包含的信息量越多。特别的,如果没有事前的不确定性 ($\sigma_\theta^2 = 0$), $\tau = 0$, 委托人将不修正其对 θ 的判断。另一方面如果事前的不确定性非常大 ($\sigma_\theta^2 \rightarrow \infty$), 或者如果没有外生的不确定性 ($\sigma_u^2 = 0$), 委托人将完全根据观测到的 π_1 修正对 θ 的判断。一般来说 τ 介于 0 与 1 之间。

给定 $\tau > 0$, 均衡激励意味着时期 1 的产出越高, 时期 2 代理人的收入越高。将 $c(\bar{a}_1)$, $c(a_2)$ 代入, 代理人的效用函数为^[5]。

$$U = c(\bar{a}_1) + \tau \times (a_1 + \theta_1 + u_1 - \bar{a}_1) - c(a_2) \quad (4)$$

代理人最优化的一阶条件为:

$$U'_{\bar{a}_1} = [c(\bar{a}_1) + \tau \times (a_1 + \theta_1 + u_1 - \bar{a}_1) - c(a_2)]'_{\bar{a}_1} = 0$$

由于 \bar{a}_1 取决于市场的总体状况, $c(a_2)$ 为第二阶段代理人的私人信息, 与 \bar{a}_1 无关, 同样的, $\pi_1 = a_1 + \theta_1 + u_1$ 与 \bar{a}_1 无关, 所以:

$$\begin{aligned} U'_{\bar{a}_1} &= [c(\bar{a}_1) + \tau(-\bar{a}_1)]'_{\bar{a}_1} = 0 \\ c'(a) &= \tau \end{aligned}$$

尽管代理人的最优工作努力没有对称信息下那么大 (满足 $c'(a) = 1$), 出于声誉的考虑, 代理人在时期 1 的努力水平严格大于 0 (这在单阶段模型中是不可能的, 除非显性激励合同是可行的), τ 越大, 声誉效用越强。

上述模型假定合作只持续两个时期。但上述结果很容易一般化。一般的, 如果合作持续 T 期, 那么, 除最后一期的努力 a_T 为零外, 所有 $T-1$ 期之前的努力均为正。并且, 容易推断努力随剩余合作期的减少而递减, 即

$$a_1 > a_2 > \dots > a_{T-1} > a_T$$

因为越接近合作结束, 努力的声誉效应越小 (时期 1 的努力 a_1 影响所有以后 $(T-1)$ 期的收入, 但时期 $(T-1)$ 的努力 a_{T-1} , 只影响 s_T)。相应的如果合作期 T 足够长, 代理人在相当长的一段时间内

都有很强的积极性进行合作。

进一步可以证明,如果代理人资质 θ 服从随机行走(random walk)^[6]。当 $T \rightarrow \infty$ 时,稳态的一阶条件满足:

$$c'(a) = \beta = \frac{\delta \tau}{1 - (1 - \tau)\delta}$$

$c'(a)$ 的极限将收敛于一方差比率定值 β , 它与两阶段中 τ 的含义类似, 表示代理人努力水平的影响在总的变动因素中的比重, δ 为贴现因子, 通常为 1 与存款利率的差值, 是长期修正系数。当 $\delta = 1$, 如果代理人对未来不贴现, 则不存在显性的激励合同。

5 结语

笔者设计的委托-代理模型将原有只考虑一期委托代理关系的情况, 扩展到两期甚至无限期, 并成功的推导出进行工程项目委托代理模型设计的过程, 从长远角度以及短期利益考虑所对应的不同结果。进一步分析发现, 如果供应链企业间的合作关系持续时间短而且不稳定性大, 各企业就只注重各

自的短期利益而没有兴趣合作, 最终降低了整个工程项目供应链的效率。进一步的若将集成化的管理思想应用于工程项目供应链, 设定供应链企业间的合作有无限期, 就能够使供应链企业间结成战略合作伙伴关系, 而这种长期稳定的关系又能对企业间的合作进行有效的激励, 从而提高整个供应链的效率。

参考文献

- [1] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海人民出版社, 1996
- [2] 庞素琳, 姚洪珠, 黎荣舟. 不完全信息下的信贷风险决策模型[J]. 暨南大学学报: 自然科学与医学版, 2001, 22(5): 22 - 27
- [3] 肖条军, 盛昭瀚. 两阶段基于信号博弈的声誉模型[J]. 管理科学学报, 2003, 6(1): 27 - 31
- [4] 危慧惠. 理性预期和适应性预期股价模型的比较研究, 技术经济管理研究, 2004(6): 45 - 46
- [5] 朱东平. 混合所有制下企业内部的激励最佳激励机制[J]. 学术月刊, 1994(9): 17 - 21
- [6] 张连顺, 张春平, 王新宇, 等. 生物组织中光传输的随机行走模型[J]. 南开大学学报: 自然科学版. 2002, 35(3): 126 - 128

Analysis on the principle-agent model in construction project supply chain

Wu Yuhua , Zhang Qingmin

(Management School of Tianjin University, Tianjin 300072, China)

[Abstract] General form of principle-agent model in integrated supply chain has been discussed from principle-agent Theories. Based on the above model, construction project supply chain one-period principle-agent model and multi-period construction project supply chain reputation model have been built with the characters of principle and agent of construction project integrated supply chain.

[Key words] principle-agent model; incentive compatibility; reputation model; random walk