

# 大型水利水电工程信息共享机制研究

李 芳,章恒全

(河海大学商学院,江苏 南京 211100)

**摘要:**针对大型水利水电工程建设中的信息共享问题,从供应商和工程总承包商的角度出发,建立供应商和总承包商信息共享演化博弈模型,并进行数值仿真。Matlab 仿真结果表明:博弈主体都选择进行信息共享的演化结果受可共享信息量、信息收益系数、“搭便车”收益系数、信息共享成本系数影响;且业主单位可以通过奖惩措施使得博弈主体都选择进行信息共享决策,从而提高工程建设效率,缩短工期,降低工程建设成本。

**关键词:**大型水利水电工程;信息共享;演化博弈;供应商;总承包商

**中图分类号:**TV512

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-9511(2017)01-0055-06

大型水利水电工程建设程序复杂,涉及多个参与方,规模较大,施工时信息在传递过程中流失严重,信息的管理水平很低,这些均会造成工程建设出现工期延误、成本过高等问题,因此,大型水利水电工程信息共享机制的建立非常重要。

信息共享可以使工程各参与方及时获得有效的信息,从而采取一些措施规避风险,使工程顺利且高质量地完成。大型水利水电工程建设信息共享参与方主要有业主、设计单位、总承包商、材料供应商等,本文主要针对总承包商和供应商。

在水利水电工程项目实际建设过程中,供应商和总承包商之间对信息共享的需求非常强烈。供应商需要根据总承包商的信息确认设备、原材料等的需求量、需求时间,从而组织生产和运输,以免造成可能的供应商库存成本;总承包商需要发布准确的材料需求量信息给供应商,以免供应商多送产生总承包商库存费用、少送造成工期延误等问题,同时需要准确把握供应商提供施工所用材料的运输信息以组织施工。供应商和总承包商的信息共享可以极大地提高工程建设质量和效率,避免工期延误、库存成本增加、施工材料不到位等问题。基于此,本文围绕供应商和总承包商两个博弈主体对大型水利水电工程的信息共享问题进行研究,建立信息共享演化博弈模型,分析影响信息共享的因素,以及业主参与下博弈双方信息共享的策略选择。

目前,国内外学者对水利水电工程信息共享问题已进行了很多研究。Barlish 等<sup>[1]</sup>对如何衡量建筑信息模型 BIM 优势进行了研究。BIM 是以建筑工程数据为基础建立的建筑信息模型,BIM 将建筑工程全生命周期中的所有信息集成,允许所有工程参与方共享和使用信息。BIM 的研究使得工程各参与方有效协同工作,对各参与方利益相对起到一定的改善作用。Singh 等<sup>[2]</sup>基于 BIM 开发出了相应需求的理论框架。Anumba 等<sup>[3]</sup>针对建筑领域施工协调问题,构建了一个互联网协同工作环境。张志伟等<sup>[4]</sup>提出一种信息模型构建方法,这种方法能够满足水利水电工程实际需求,对信息模型标准化非常有利。杜成波<sup>[5]</sup>对水利水电工程信息共享问题进行研究,其理论体系和方法对促进水利水电工程信息共享意义重大。冯晓苏等<sup>[6-7]</sup>构建了水利水电工程信息模型,并研究其实际应用,对提高工程建设效率有很大作用。

演化博弈最早出现在生物学,由 Maynard<sup>[8]</sup>提出,现已广泛应用于多个领域。郭本海等<sup>[9]</sup>将演化博弈运用在县域间土地供给竞合关系中,研究了不同情形下演化稳定策略的走势。单英华等<sup>[10]</sup>对建筑供应链方面的知识共享问题进行了研究,构建演化博弈模型,对建筑工业化知识创新意义重大。时茜茜等<sup>[11]</sup>构建的演化博弈模型对重大工程关键部件供应商合作具有重大意义,并将业主方考虑到模

作者简介:李芳(1992—),女,硕士研究生,主要从事管理科学与工程研究。E-mail:630688361@qq.com

通信作者:章恒全(1957—),男,教授,主要从事工程管理和项目管理、投资管理研究。E-mail:hqzhang630@163.com

型中,有效解决了供应商合作问题。李志刚等<sup>[12]</sup>在研究矿产行业信息共享问题时,将演化博弈、监督博弈等方法运用在模型构建中,将矿产行业信息化发展落到实处。

综上,国内外学者对 BIM 的研究已经很多,但因水利水电工程系统复杂,BIM 并不适用。目前,国内学者针对水利水电工程信息模型的研究不多,大多借鉴 BIM,且很多研究只停留在水利部门办公信息化方面,对施工过程中的信息共享研究少之又少。基于此,本文利用演化博弈方法构建大型水利水电工程建设过程中供应商和总承包商之间的信息共享演化博弈模型,分析业主奖惩制度下供应商和总承包商的策略选择趋势,并利用 Matlab7.0 进行数值仿真,分析博弈方信息共享策略选择和影响信息共享因素间的关系。

## 1 基本假设与模型建立

### 1.1 博弈方与策略假设

在大型水利水电工程建设施工阶段,极易出现施工材料未到现场,造成工期不断延迟,施工效率低下等问题。为解决这些问题,需对施工阶段总承包商和供应商的信息共享问题进行研究。本文的博弈主体为供应商和总承包商。基于博弈主体有限理性前提,双方都追求自身利益最大化。

在该博弈模型中,供应商和总承包商的策略集为(共享,不共享)。供应商的信息共享主要体现在:共享有关施工材料的规格、数量、价格、已有库存量、预计交货日期、物流在途、货损等信息,以方便总承包商组织安排订货和施工。总承包商的信息共享内容有:施工进度、详细的订货信息、订货数量、施工材料存储条件等,方便供应商合理安排施工材料的生产和运输。信息共享可以使供应商节约库存成本、运输成本,尽可能进行精益生产等,同时可以使总承包商缩短工期,提高施工效率,从而获得更高的收益。但信息共享需要信息系统的支撑,需要信息管理人才来运营,这意味着双方都需要投入资金才能使信息共享成为现实。另外,当供应商选择信息共享,总承包商选择信息不共享,此时,供应商未获取信息,因而没有收益,总承包商因获得供应商共享的信息,进而得到收益,即为“搭便车”效应。反之,当只有总承包商共享信息时,供应商会获取“搭便车”收益。

### 1.2 得益假设

**假设 1** 供应商和总承包商信息均不共享时,双方分别所获期望收益为  $B_1, B_2$ , 且  $B_1 > 0, B_2 > 0$ 。

**假设 2** 信息共享时,供应商的可共享信息量

为  $Q_1$ , 总承包商的可共享信息量为  $Q_2$ , 信息量共享越多,对方可获收益也越多; $\alpha_1$  表示供应商信息收益系数, $\alpha_2$  表示总承包商信息收益系数,信息收益系数即博弈方对彼此共享信息的吸收能力; $\beta_1$  为供应商信息共享“搭便车”收益系数, $\beta_2$  表示总承包商信息共享“搭便车”收益系数; $\lambda_1$  为供应商信息共享成本系数, $\lambda_2$  为总承包商信息共享成本系数,表示博弈方每单位共享信息所耗费的成本。其中, $\alpha_1 > \beta_1, \alpha_2 > \beta_2, \alpha_i$  多出  $\beta_i (i = 1, 2)$  的部分为双方都进行信息共享时,由于信息的融合所产生的“1+1>2”效果的那部分信息所产生价值。

**假设 3** 在长期博弈过程中,供应商进行信息共享的概率为  $x$ , 总承包商进行信息共享的概率为  $y$ 。

### 1.3 博弈模型的构建

根据以上假设,博弈主体支付矩阵<sup>[13]</sup>见表 1。

表 1 供应商和总承包商信息共享博弈支付矩阵

供应商	总承包商	
	共享( $y$ )	不共享( $1-y$ )
共享( $x$ )	$(B_1 + \alpha_1 Q_2 - \lambda_1 Q_1, B_2 + \alpha_2 Q_1 - \lambda_2 Q_2)$	$(B_1 - \lambda_1 Q_1, B_2 + \beta_2 Q_1)$
不共享( $1-x$ )	$(B_1 + \beta_1 Q_2, B_2 - \lambda_2 Q_2)$	$(B_1, B_2)$

### 1.4 演化博弈分析

由表 1 可得,供应商信息共享期望收益为  $U_{1x} = y(B_1 + \alpha_1 Q_2 - \lambda_1 Q_1) + (1 - y)(B_1 - \lambda_1 Q_1)$  (1)

信息不共享期望收益为

$$U_{1n} = y(B_1 + \beta_1 Q_2) + (1 - y)B_1 \quad (2)$$

平均期望收益为

$$U_1 = xU_{1x} + (1 - x)U_{1n} \quad (3)$$

进而可得,供应商复制动态方程为

$$F_x = \frac{dx}{dt} = x(U_{1x} - U_1) = x(1 - x)[y(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1] \quad (4)$$

同理,总承包商复制动态方程如下:

$$F_y = \frac{dy}{dt} = y(U_{2y} - U_2) = y(1 - y)[x(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2] \quad (5)$$

式(4)和式(5)即为演化博弈动力学方程式。

对式(4)和式(5)分析可得,(0,0)、(0,1)、(1,0)、(1,1)、 $(x^*, y^*)$  为系统平衡点,其中  $x^* = \frac{\lambda_2 Q_2}{(\alpha_2 - \beta_2) Q_1}, y^* = \frac{\lambda_1 Q_1}{(\alpha_1 - \beta_1) Q_2}$ , 且系统演化均衡策略是确定的,分别为(0,0)、(1,1)。

上述 5 个系统平衡点未必都是演化稳定点,其稳定性可以根据 Friedman 的雅克比矩阵局部稳定

性<sup>[9]</sup>进行分析,由式(4)和式(5)可得

$$J = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_x}{\partial x} & \frac{\partial F_x}{\partial y} \\ \frac{\partial F_y}{\partial x} & \frac{\partial F_y}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中:

$$a_{11} = (1 - 2x)[y(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1]$$

$$a_{12} = x(1 - x)(\alpha_1 - \beta_1)Q_2$$

$$a_{21} = y(1 - y)(\alpha_2 - \beta_2)Q_1$$

$$a_{22} = (1 - 2y)[x(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2]$$

将平衡点的数值代入后若满足以下条件:

$$\text{Tr}(J) = a_{11} + a_{22} < 0$$

$$\text{Det}(J) = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} > 0$$

则认为该系统平衡点具有局部稳定性,其为演化稳定策略 ESS。

因为  $0 \leq x^* = \frac{\lambda_2 Q_2}{(\alpha_2 - \beta_2) Q_1} \leq 1$ , 所以  $0 \leq \lambda_2 Q_2 \leq (\alpha_2 - \beta_2) Q_1$ , 同理  $0 \leq \lambda_1 Q_1 \leq (\alpha_1 - \beta_1) Q_2$ 。

由表 2 可知,该博弈模型的稳定点为(0,0), (1,1), 即供应商和总承包商经过长期博弈后 ESS 为:双方都信息共享,或双方都信息不共享。图 1 显示了供应商和总承包商信息共享博弈结果的走向。

表 2 系统(4)(5)平衡点局部稳定性

平衡点	Tr(J)	Det(J)	局部稳定性
(0,0)	-	+	ESS
(0,1)	+	+	不稳定
(1,0)	+	+	不稳定
(1,1)	-	+	ESS
(x*, y*)	0	-	鞍点

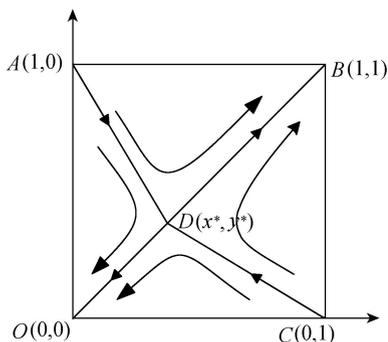


图 1 供应商和总承包商信息共享演化博弈相位图

由图 1 可见,供应商和总承包商博弈的最终策略选择是要么双方都进行信息共享,要么双方都不进行信息共享,即达到演化均衡状态  $O(0,0)$  或者  $B(1,1)$ 。系统的初始状态决定了系统的最终收敛点。当初始状态在图 1 中的四边形  $OADC$  内时,系统不断向  $O(0,0)$  点趋近,即双方都选择信息不共享;而当在图 1 中的四边形  $ABCD$  内时,系统将不断向  $B(1,1)$  点趋近,即双方都选择信息共享。据此,

可以用四边形  $OADC$  和  $ABCD$  的面积大小来表示演化策略的最终确定。 $ABCD$  面积大小可以表示信息共享的概率,通过分析影响其面积大小的因素得出大型水利水电工程施工阶段供应商和总承包商信息共享的影响因素。

四边形  $ABCD$  的面积为

$$S_{ABCD} = 1 - \frac{\lambda_1 Q_1}{2(\alpha_1 - \beta_1) Q_2} - \frac{\lambda_2 Q_2}{2(\alpha_2 - \beta_2) Q_1} \quad (7)$$

由式(7)可得,影响四边形  $ABCD$  面积的因素有  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ , 通过对这些因素逐一进行分析,可以得出如下结论。

**结论 1** 在一定限制条件下,供应商和总承包商合作的概率随可共享信息量的增大而增大。

**证明** 对式(7)中的  $Q_i (i=1,2)$  求一阶偏导得

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial Q_1} = -\frac{\lambda_1}{2(\alpha_1 - \beta_1) Q_2} + \frac{\lambda_2 Q_2}{2(\alpha_2 - \beta_2) Q_1^2}$$

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial Q_2} = \frac{\lambda_1 Q_1}{2(\alpha_1 - \beta_1) Q_2^2} - \frac{\lambda_2}{2(\alpha_2 - \beta_2) Q_1}$$

解得当  $Q_1 < Q_2 \sqrt{\frac{\lambda_2(\alpha_1 - \beta_1)}{\lambda_1(\alpha_2 - \beta_2)}}$  时  $\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial Q_1} > 0$ , 信息共享

概率是  $Q_1$  的单调增函数。同理当  $Q_2 <$

$Q_1 \sqrt{\frac{\lambda_1(\alpha_2 - \beta_2)}{\lambda_2(\alpha_1 - \beta_1)}}$  时  $\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial Q_2} > 0$ , 信息共享概率是  $Q_2$  的

单调增函数。因此可知可共享信息量对信息共享概率的影响是由双方的可共享信息量共同决定的,在一定的限制条件下,信息共享概率会随可共享信息量的增大而增大。

**结论 2** 当供应商和总承包商都选择信息共享时,信息收益系数越大,信息共享的概率越大。

**证明** 对式(7)中的  $\alpha_i (i=1,2)$  求一阶偏导得

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \alpha_1} = \frac{\lambda_1 Q_1}{2(\alpha_1 - \beta_1)^2 Q_2} > 0$$

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \alpha_2} = \frac{\lambda_2 Q_2}{2(\alpha_2 - \beta_2)^2 Q_1} > 0$$

因此,四边形  $ABCD$  的面积随着  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  的增大而增大,即信息共享的概率随着信息收益系数的增大而增大,演化均衡随信息收益系数的增大逐渐收敛于  $B(1,1)$ 。

**结论 3** 当单方信息共享时,“搭便车”收益系数越大,信息共享概率越小。

**证明** 对式(7)中的  $\beta_i (i=1,2)$  求一阶偏导,可得

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \beta_1} = -\frac{\lambda_1 Q_1}{2(\alpha_1 - \beta_1)^2 Q_2} < 0$$

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \beta_2} = -\frac{\lambda_2 Q_2}{2(\alpha_2 - \beta_2)^2 Q_1} < 0$$

由此可得, 四边形  $ABCD$  的面积随  $\beta_i$  单调递减, 即随着“搭便车”收益系数的增大, 双方信息共享的概率越小, 演化均衡随  $\beta_i$  增大最终将收敛于  $O(0,0)$ 。

**结论 4** 信息共享概率随信息共享成本系数单调递减。

**证明** 对式(7)中的  $\lambda_i (i=1,2)$  求一阶偏导得

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \lambda_1} = -\frac{Q_1}{2(\alpha_1 - \beta_1)Q_2} < 0$$

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \lambda_2} = -\frac{Q_2}{2(\alpha_2 - \beta_2)Q_1} < 0$$

因此, 四边形  $ABCD$  的面积随  $\lambda_i$  单调递减, 即随着信息共享成本系数的增大, 双方进行信息共享的概率越小, 演化均衡随信息共享成本系数的增大最终收敛于  $O(0,0)$ 。

## 2 业主奖惩制度下的演化博弈模型

在大型水利水电工程的建设过程中, 业主方更希望项目可以尽早且高质量完成, 但因其系统庞大且复杂等特点, 工程的参与方之间沟通比较困难, 沟通的成本也很高, 因此工程参与方不愿花费较高的成本来进行信息系统的构建。业主方需要采取一些奖惩措施以解决博弈方不愿意进行信息共享的问题。业主可以通过对信息共享方进行奖励、对信息不共享方进行惩罚使得博弈模型的演化均衡最终趋近于  $(1,1)$ 。

假设业主监督情形下, 业主的监察概率为  $P$ , 对博弈双方的奖惩额度为  $F$ , 可以得到表 3 的博弈支付矩阵。

表 3 业主方奖惩制度下博弈支付矩阵

供应商	总承包商	
	共享( $y$ )	不共享( $1-y$ )
共享( $x$ )	$(B_1 + \alpha_1 Q_2 - \lambda_1 Q_1 + PF, B_2 + \alpha_2 Q_1 - \lambda_2 Q_2 + PF)$	$(B_1 - \lambda_1 Q_1 + PF, B_2 + \beta_2 Q_1 - PF)$
不共享( $1-x$ )	$(B_1 + \beta_1 Q_2 - PF, B_2 - \lambda_2 Q_2 + PF)$	$(B_1 - PF, B_2 - PF)$

此时, 动力学方程为

$$\begin{cases} F_x = \frac{dx}{dt} = x(1-x)[y(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1 + 2PF] \\ F_y = \frac{dy}{dt} = y(1-y)[x(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2 + 2PF] \end{cases} \quad (8)$$

表 4 系统(8)平衡点分析

平衡点	$Tr(J)$	$Det(J)$
$(0,0)$	$-(\lambda_1 Q_1 - 2PF) - (\lambda_2 Q_2 - 2PF)$	$(\lambda_1 Q_1 - 2PF)(\lambda_2 Q_2 - 2PF)$
$(0,1)$	$[(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1 + 2PF] + (\lambda_2 Q_2 - 2PF)$	$[(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1 + 2PF](\lambda_2 Q_2 - 2PF)$
$(1,0)$	$(\lambda_1 Q_1 - 2PF) + [(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2 + 2PF]$	$(\lambda_1 Q_1 - 2PF)[(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2 + 2PF]$
$(1,1)$	$-(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1 + 2PF - [(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2 + 2PF]$	$[(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1 + 2PF][(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2 + 2PF]$

$$x^{**} = \frac{\lambda_2 Q_2 - 2PF}{(\alpha_2 - \beta_2)Q_1} \quad y^{**} = \frac{\lambda_1 Q_1 - 2PF}{(\alpha_1 - \beta_1)Q_2}$$

系统的平衡点为  $(0,0)$ 、 $(0,1)$ 、 $(1,0)$ 、 $(1,1)$ 。当且仅当  $2PF > \max\{\lambda_1 Q_1, \lambda_2 Q_2\}$  时, 系统只存在唯一演化均衡点  $(1,1)$ 。

**证明** 由表 4 可知,  $(1,1)$  是唯一的 ESS 的充要条件是:

$$Tr(J) = a_{11} + a_{22} < 0$$

$$Det(J) = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} > 0$$

$$\text{即} \quad -[(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1 + 2PF] - [(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2 + 2PF] < 0$$

$$\text{且} \quad [(\alpha_1 - \beta_1)Q_2 - \lambda_1 Q_1 + 2PF][(\alpha_2 - \beta_2)Q_1 - \lambda_2 Q_2 + 2PF] > 0$$

$$\text{同时} \quad -(\lambda_1 Q_1 - 2PF) - (-\lambda_2 Q_2 - 2PF) > 0$$

$$\text{且} \quad (\lambda_1 Q_1 - 2PF)(-\lambda_2 Q_2 - 2PF) > 0$$

$$\text{则} \quad 2PF > \max\{\lambda_1 Q_1 - (\alpha_1 - \beta_1)Q_2, \lambda_2 Q_2 - (\alpha_2 - \beta_2)Q_1\} > 0$$

$$2PF > \max\{\lambda_1 Q_1, \lambda_2 Q_2\} > 0$$

$$\text{因此} \quad 2PF > \max\{\lambda_1 Q_1, \lambda_2 Q_2\}$$

## 3 Matlab 数值仿真

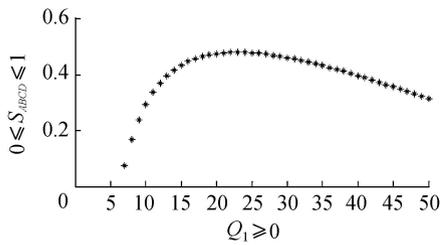
由以上分析可知, 决定大型水利水电工程建设过程中供应商和总承包商信息共享决策的影响因素有双方的可共享信息量、信息共享时双方的信息收益系数、单方进行信息共享时的“搭便车”收益系数、双方信息共享成本系数, 以及业主监督情况下的监察概率和奖惩额度。从业主不参与、业主奖惩制度两个角度, 利用 Matlab7.0 仿真研究各因素对演化结果的影响。

### 3.1 业主不参与

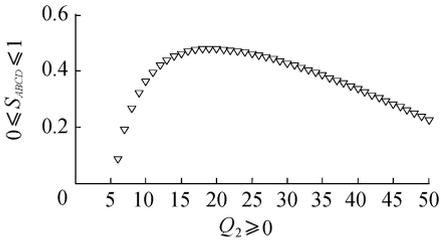
假设  $Q_1 = 20$ 、 $Q_2 = 22$ 、 $\alpha_1 = 1.4$ 、 $\alpha_2 = 1.8$ 、 $\beta_1 = 0.4$ 、 $\beta_2 = 0.5$ 、 $\lambda_1 = 0.5$ 、 $\lambda_2 = 0.7$ 、 $P = 0$ 、 $F = 20$ 。将上述假设值带入式(8), 进行仿真可得。

#### 3.1.1 共享模式下, $Q_1$ 和 $Q_2$ 对演化结果的影响

由图 2(a)可知, 当总承包商的可共享信息量一定时, 信息共享概率随供应商可共享信息量的增大先增大后减小。由结论 1 的分析可知, 供应商和总承包商的可共享信息量有一定的比例关系, 这意味着当总承包商的可共享信息量一定时, 供应商的共享信息量并不是越多越好。因为从供应商的角度来



(a) 业主不参与,  $Q_2$  一定时,  $Q_1$  对信息共享概率的影响



(b) 业主不参与,  $Q_1$  一定时,  $Q_2$  对信息共享概率的影响

图2  $Q_1$ 、 $Q_2$  对信息共享概率的影响

说,当其共享信息量超过一定值时,共享概率会越来越小。这是因为总承包商的信息共享量是一定的,供应商因此所获的收益也是一定的,当供应商的共享信息量超过一定值时,供应商的信息共享成本会超过其所获取的收益,此时随着供应商可共享信息量的增多,供应商将停止信息共享。对于图2(b),当总承包商的信息共享成本超过因为供应商信息共享所获取的收益时,随着总承包商共享信息量的增加,共享概率会减小,总承包商不愿意再进行信息共享。只有双方的可共享信息量同比例增加时,双方才会一直愿意进行信息共享,这也是对大型水利水电工程建设最有利的一种状态。

### 3.1.2 共享模式下, $\alpha_1$ 和 $\alpha_2$ 对演化结果的影响

假设大型水利水电工程建设过程中,供应商和总承包商都进行信息共享,设其他假设值不变,令  $\alpha_1$  在区间  $[1, 3]$  内变动,  $\alpha_2$  在  $[1.5, 3.5]$  内变动,进行 Matlab 数值仿真可得图3。分析图3可知,信息共享概率随信息收益系数  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  的增大而增大,即信息收益系数越大,供应商和总承包商因为信息共享所获的收益也越大,从而双方合作进行信息共享的概率也越大。

### 3.1.3 单方信息共享时, $\beta_1$ 和 $\beta_2$ 对演化结果的影响

当只有一方进行信息共享时,设其他假设值不变,令  $\beta_1$  在区间  $[0.1, 0.8]$  内变动,  $\beta_2$  在  $[0.4, 1.1]$  内变动,进行 Matlab 数值仿真可得图4。分析图4可知,信息共享概率随“搭便车”收益系数  $\beta_1$ 、 $\beta_2$  的增大而减小,即“搭便车”所获的收益越大,博弈方将选择“搭便车”,而不进行信息共享,最终双方都信息不共享。

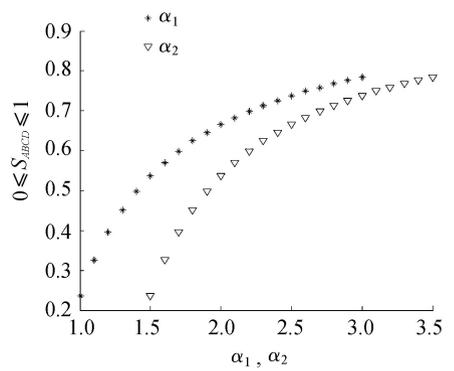


图3  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  对信息共享概率的影响

由于信息不对称,在大型水利水电工程建设过程中,会存在“搭便车”行为。这种收益的存在使得“搭便车”博弈方不愿意为信息共享投入成本,且“搭便车”收益越大,信息共享的概率越小。

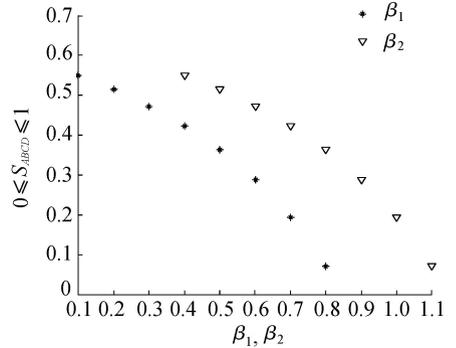


图4 只有一方信息共享时,  $\beta_1$  和  $\beta_2$  对信息共享概率的影响

### 3.1.4 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 对演化结果的影响

信息共享必然伴随着成本的产生,假设  $\lambda_1$  在区间  $[0.1, 0.9]$  内变动,  $\lambda_2$  在  $[0.5, 1.3]$  内变动,其余假设值不变,进行 Matlab 仿真可得图5。分析图5可知,  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  增大,  $ABCD$  面积减小,即信息共享成本系数越大,博弈方愿意进行信息共享的概率越小。信息共享成本系数的增大使得博弈方所获的收益越来越小,甚至出现负收益,这势必会削弱博弈方进行信息共享的积极性。

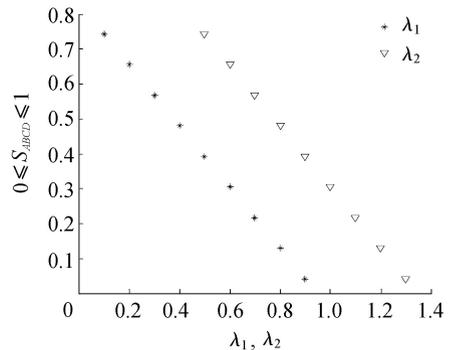


图5  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  对信息共享概率的影响

### 3.2 业主参与

为了使博弈双方都进行信息共享,业主对供应商和总承包商实施奖励和惩罚措施。设其他假设值不变,由表4的分析可知,当 $PF > 7.7$ 时,供应商和总承包商信息共享演化博弈模型存在唯一演化均衡点(1,1),即信息共享概率趋近于1。已知 $0 \leq P \leq 1$ ,令 $F$ 在区间 $[0,8]$ 内变动,进行Matlab仿真可得到图6。分析图6发现,当 $P$ 和 $F$ 都很大时, $PF$ 才有可能超过7.7,信息共享的概率才会趋近于1。当 $P$ 很大,而 $F$ 很小时,信息共享的概率很小,说明业主的监督起不到作用,博弈主体宁愿支付惩罚金额也不愿意信息共享。

在实际的水利水电工程建设过程中,业主为了使工程尽快高质的完工,对供应商和总承包商的奖惩力度一定不能太小。当惩罚力度太小时,供应商和总承包商不进行信息共享所获取的利润远远大于政府的惩罚,而进行信息共享会承担来自对手博弈方的机会主义行为风险,还要投入大量的信息共享成本,这种无法保证自身利益的措施最终会使得博弈方都不进行信息共享。

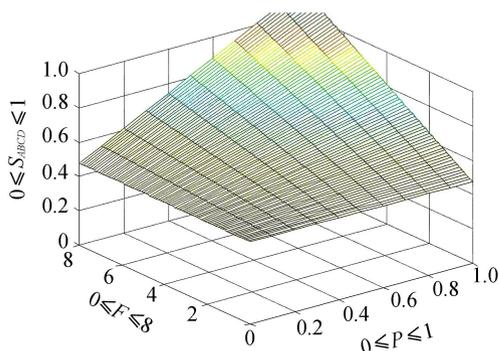


图6 业主 $P$ 和 $F$ 对信息共享概率的影响

## 4 结语

信息共享的需求存在于大型水利水电工程各个参与方。设计单位和业主之间、总承包商和设计单位之间、业主和总承包商之间、供应商和总承包商之间等都需要信息共享的支撑。各参与方之间由于信息不对称所造成的成本、风险可以通过信息共享解决。

本文通过构建供应商和总承包商信息共享演化博弈模型分析影响信息共享的主要因素,仿真得到以下结论:可共享信息量、信息收益系数、“搭便车”收益系数、信息共享成本系数这些因素的变化会影响博弈主体信息共享的策略选择。博弈双方的可共享信息量以一定的比例增长才会使得信息共享的概率增长,一方的可共享信息量和另一方的可共享信息量存在一定的比例关系;信息共享概率随信息收

益系数单调递增,随“搭便车”收益系数单调递减,随信息共享成本系数单调递减。

为使大型水利水电工程尽快完工,提高工程建设效率,业主可以采取一些奖惩措施使得供应商和总承包商都选择进行信息共享策略,对不进行信息共享的博弈方进行惩罚,对进行信息共享的博弈方进行奖励。同时,业主方要注意奖惩力度,这非常关键。因为当奖惩力度很小时,博弈主体根本不在乎这些奖惩收益,依然会选择信息不共享策略,但当惩罚力度很大时,也可能会造成供应商和总承包商畏惧惩罚而不得不艰难运营,奖励力度很大时,业主方可能无力承担,因此,业主方的奖励和惩罚要适度。

### 参考文献:

- [1] BARLISH K, SULLIVAN K. How to measure the benefits of BIM: a case study approach [J]. Automation in Construction, 2012, 24(6): 149-159.
- [2] SINGH V, GU N, WANG X. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform [J]. Automation in Construction, 2011, 20(2): 134-144.
- [3] ANUMBA C J, UGWU O O, NEWNHAM L, et al. A multi-agent system for distributed collaborative design [J]. Logistics Information Management, 2001, 14(5/6): 355-367.
- [4] 张志伟, 冯奕, 尹习双. 水电工程信息模型创建方法研究 [J]. 四川水力发电, 2016, 35(1): 74-77.
- [5] 杜成波. 水利水电工程信息模型研究及应用 [D]. 天津: 天津大学, 2014.
- [6] 冯晓苏. 水利水电工程信息模型研究及应用 [J]. 科技展望, 2016(21): 98.
- [7] 赵继伟, 魏群, 张国新. 水利工程信息模型的构建及其应用 [J]. 水利水电技术, 2016, 47(4): 29-33.
- [8] MAYNARD S J. The theory of games and the evolution of animal conflicts [J]. Journal of Theoretical Biology, 1974, 47(1): 209-221.
- [9] 郭本海, 李军强, 刘思峰. 县域间土地供给竞合关系演化博弈模型 [J]. 中国管理科学, 2015, 23(12): 77-85.
- [10] 单英华, 李忠富. 面向建筑工业化的建筑供应链知识共享演化博弈 [J]. 工程管理学报, 2015, 29(2): 1-5.
- [11] 时茜茜, 朱建波, 盛昭瀚, 等. 重大工程关键部件供应商合作机制研究 [J]. 软科学, 2015, 29(11): 124-129.
- [12] 李志刚, 周威. 政府监督下的矿产资源企业信息共享博弈机制研究 [J]. 中国管理科学, 2015, 23(S1): 199-203.
- [13] 谢识予. 经济博弈论 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2002: 237.

(收稿日期: 2016-09-16 编辑: 胡新宇)