

doi: 10.3969/j.issn.1007-7375.2023.04.007

不同公平参照点下总承包工程供应链收益共享契约设计

吴绍艳, 于 蕾, 邓斌超, 张励行

(天津理工大学 管理学院, 天津 300384)

摘要: 为了解决因收益分配不公带来的双边道德风险问题, 分别构建多重公平参照点下总承包商和分包商之间的项目优化收益分配模型。运用Stackelberg博弈论方法, 通过逆向推理求解与算例验证, 分析分包商具有不同公平关切程度和议价能力时, 绝对公平与相对公平两类参照点对最优收益分配系数、双方各自最优努力水平以及供应链整体收益的影响。研究发现, 分包商公平关切程度较高时, 在相对公平关切模型下能够获得更高收益分配系数。无论在何种公平关切模型下, 收益分配系数增加幅度均应逐渐降低; 当分包商兼具较高议价能力和较高公平关切程度时, 采用相对公平关切模型可更有效激励分包商提高努力水平; 工程供应链整体收益在总承包商和分包商双方议价能力相当时达到最优。

关键词: 工程供应链; 收益分配; 多重参照点; 公平关切; 议价能力

中图分类号: F224; F284

文献标志码: A

文章编号: 1007-7375(2023)04-0052-10

Profit-sharing Contracts Designing of General Contracting Construction Supply Chains under Different Fair Reference Points

WU Shaoyan, YU Lei, DENG Binchao, ZHANG Lixing

(School of management, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)

Abstract: To solve the bilateral moral hazard problem caused by unfair distribution of profits, the models to optimize the distribution of project profits are established for a general contractor and for subcontractors, respectively, under multiple fair reference points. The Stackelberg game theory method is used to solve the problem through reverse reasoning and a numerical example is used to verify its effectiveness. This study analyzes the impact of absolute and relative fair reference points on the optimal profit distribution coefficient, the optimal effort of each party, and the overall profit of the supply chain, when subcontractors have different fairness concerns and bargaining power. Results show that: first, when subcontractors have a higher degree of fairness concern, they can obtain a higher profit distribution coefficient with the relative fairness concern model; second, the increase of profit distribution coefficient is gradually reduced with both fairness concern models; third, when subcontractors have both high bargaining power and a high degree of fairness concern, using the relative fairness concern model can more effectively motivate subcontractors to improve their efforts; finally, the overall benefits of a construction supply chain reach the optimal level when the bargaining power of the general contractor is equal to that of subcontractors.

Key words: construction supply chain; profit distribution; multiple reference points; fairness concern; bargaining power

工程总承包项目往往规模巨大、工艺复杂^[1], 涉及供应链节点企业众多, 供应链的高效运作有赖于上下游充分实现知识共享和合作^[2]。在工程总承包项目实施过程中, 利用收益共享契约激励分包商

最大程度地进行项目优化以提升项目绩效, 是总承包优势能否得以充分发挥以及双方合作共赢的关键^[3]。而项目优化不仅和工作努力水平相关, 还与支付成本密切相关^[4], 这些投入和隐性因素难以观测和监

收稿日期: 2022-07-04

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金资助项目(72101179)

作者简介: 吴绍艳(1979—), 女, 山东省人, 副教授, 博士, 主要研究方向为公共项目治理、工程供应链管理。

通讯作者: 张励行(1993—), 女, 江西省人, 硕士研究生, 主要研究方向为工程供应链管理。E-mail: 13163090837@163.com

督, 易滋生双边道德风险问题^[5], 致使总承包商和分包商常常陷入因不公平收益分配引致的再谈判甚至纠纷。且基于行为经济学研究, 参与方在收益分配过程中具有公平关切倾向^[6-7], 即各参与方不仅关注自身所分收益的多寡, 也会关注分配是否公平。主体或组织的公平感往往依赖于他们选取的参照点^[8], 公平关切的来源会进一步影响其公平关切程度和双方收益分配的结果, 如Hart等^[9]提出契约参照点理论, 指出当行为主体得到契约规定的应得权利或公平对待时, 将愿意提供积极行为。

目前工程供应链有关组织公平关切行为模型的研究中, 关于公平与否的判定标准主要集中在两类参照点: 1) 围绕绝对公平关切, 即以对方利润为参照点, 如吕俊娜等^[10]、赵政等^[11]分别考虑分包商与设计方的公平关切行为倾向, 以总承包商与施工方利润作为参考点构建双方合作收益分配模型。2) 围绕相对公平关切, 即以决策双方Nash讨价还价均衡解为参照点, 如Jiang等^[12]用Nash讨价还价模型刻画工程供应链中决策主体的相对公平感知, 探讨公平关切对于供应链决策与利润的影响。然而上述研究均在单一公平参照点假设下展开, 在许多情况下, 衡量收益分配公平性的参照点并不是唯一的^[13], 也可能在同一时间点上存在多个参照点^[14]。因此, 不同公平参照点下收益共享契约的激励效果是否存在异质性值得进一步研究。同时鉴于工程供应链中总承包商和分包商之间权力地位不对称的情形极为突出^[15], 有必要综合考量公平关切程度和议价能力对不同契约激励效果的双重影响。

基于此, 本文针对工程供应链中总承包商与分包商的项目优化收益分配问题, 选择以下两类公平参照点进行收益共享契约的优化设计: 1) 考虑绝对公平的参照点, 即总承包商的收益; 2) 考虑相对公平的参照点, 即总承包商与分包商的Nash讨价还价解。通过讨论绝对公平和相对公平参照点下的作用效应, 探究公平关切程度和议价能力双重要素对收益分配系数和双方努力水平的交互影响, 从而为总承包商合理设计激励契约提供理论指导。

1 基本问题描述与模型建立

某项目采用工程总承包模式, 工程总承包合同的计价方式为固定总价加奖励。总承包商通过优化

设计、改进施工方案、提出合理化建议等举措能够有效降低投资或缩短工期, 实现项目优化, 进而获得项目优化收益奖励。总承包商额外奖励的获得通常有赖于与分包商的合作, 此时总承包商如何有效激励分包商进行项目优化的收益分配模型为两阶段博弈模型: 第1阶段为项目签约阶段, 拟签订的分包合同中总承包商设定一个双方都愿意接受的收益分配系数; 第2阶段为项目履约阶段, 双方根据已经确定的收益分配系数, 选择各自在项目优化中的努力水平。参照管百海等^[16]和张云等^[17]的部分参数假设, 具体信息描述如下。

1) 业主与总承包商签订固定总价加项目优化收益合同, 即工程总承包项目的合同价表示为 $S = P + B$ 。其中, S 表示合同总价; P 表示固定合同价; B 表示总承包商获得的项目优化收益分配额。

2) 总承包商在固定合同价基础上, 将从业主处获得的项目优化收益按一定比例分享给分包商, 即分包工程的结算价格 R 可以表示为 $R = P_1 + \lambda B$ 。其中, P_1 表示总承包商与分包商签约的分包合同价; λ 表示分包商的收益分配系数, $0 \leq \lambda \leq 1$ 。

3) 总承包商获得项目优化收益分配额 B 与项目优化实现程度 β 相关, 即 $B = \beta\theta P$ 。其中, $\beta = (A_1 a_1 + A_2 a_2 + \xi)/2$, $0 \leq \beta \leq 1$ 。 A_1 、 A_2 分别为分包商、总承包商的效率系数, $0 \leq A_1 \leq 1$, $0 \leq A_2 \leq 1$; a_1 、 a_2 分别是分包商、总承包商为项目优化付出的努力水平, $0 \leq a_1 \leq 1$, $0 \leq a_2 \leq 1$; θP 表示通过项目优化可以获得的最大合作收益, θ ($0 \leq \theta \leq 1$) 可以通过统计分析得到; ξ 表示外生不确定性对项目优化实现程度的影响, 服从正态分布, 且满足 $E(\xi) = 0$, $E(\xi^2) = \sigma^2$ 。

4) 工程总承包项目总共花费的正常成本 $C_0 = C_{01} + C_{02}$, 其中, C_{01} 、 C_{02} 分别为分包商、总承包商按照合同内角色正常履约所付出的成本。项目优化过程中需要双方投入一定额外成本 C , $C = C_1 + C_2$, 即 $C_i = \theta P(\alpha_i a_i)^2$ 。其中, C_1 、 C_2 分别为分包商、总承包商实现项目优化付出额外成本; α_1 、 α_2 分别表示分包商、总承包商的努力成本系数, 且均为大于0的常数。

工程总承包项目优化系统收益 π 表示为

$$\pi = B - C = \frac{1}{2}\theta P(A_1 a_1 + A_2 a_2 + \xi) - \theta P(\alpha_1 a_1)^2 - \theta P(\alpha_2 a_2)^2. \quad (1)$$

故分包商因工程总承包项目优化可获得的收益 π_1 表示为

$$\pi_1 = \lambda B - C_1 = \frac{1}{2} \lambda \theta P(A_1 a_1 + A_2 a_2 + \xi) - \theta P(\alpha_1 a_1)^2. \quad (2)$$

总承包商因工程总承包项目优化可获得收益 π_2 表示为

$$\pi_2 = (1 - \lambda) B - C_2 = \frac{1}{2} (1 - \lambda) \theta P(A_1 a_1 + A_2 a_2 + \xi) - \theta P(\alpha_2 a_2)^2. \quad (3)$$

由式 (1)~(3) 可知 $\pi = \pi_1 + \pi_2$, 无论总承包商还是分包商的收益函数, 除受自身努力水平和效率系数的影响外, 也受对方努力水平及效率系数的影响。在工程供应链中, 二者需相互考虑对方的收益, 才能够实现自身的收益目标, 进而达到系统收益的帕累托改进。

2 模型分析

本文假设总承包商是公平中性的决策者, 分别假设分包商为公平中性、绝对公平关切、相对公平关切的决策者。

2.1 分包商为公平中性时收益分配模型

假设总承包商和分包商均为公平中性的决策者, 双方不关注收益分配的公平性, 各自表现为追求自身收益最大化, 其效用函数等于其收益函数, 即 $U_1 = \pi_1$, $U_2 = \pi_2$ 。工程总承包项目优化的收益分配问题为两阶段博弈: 首先, 总承包商确定给予分包商的收益分配系数; 其次, 博弈双方选择各自努力程度进行项目优化。

因此, 总承包商与分包商项目优化收益分配模型可描述为

$$\begin{cases} \max_{a_1, a_2, \lambda} \pi, \\ \text{s.t.} \\ a_1 \in \arg \max \pi_1; \\ a_2 \in \arg \max \pi_2. \end{cases} \quad (4)$$

两阶段动态博弈模型通常采用逆向推理方法求解该博弈模型。

命题1 总承包商和分包商均为公平中性时, 分包商和总承包商的效用函数 U_1 、 U_2 分别是自身努力程度 a_1 、 a_2 的凹函数, 且均为边际收益递减函数; 最优努力程度 $a_1^* = \frac{A_1 \lambda}{4\alpha_1^2}$, $a_2^* = \frac{A_2(1-\lambda)}{4\alpha_2^2}$, 且最优解

唯一。

证明 分包商效用函数对 a_1 求一阶偏导数为 $\frac{\partial U_1}{\partial a_1} = \frac{1}{2} \lambda A_1 - 2\alpha_1^2 a_1$, 求二阶偏导数为 $\frac{\partial^2 U_1}{\partial a_1^2} = -2\alpha_1^2$ 。

由于 $\frac{\partial^2 U_1}{\partial a_1^2} < 0$, 可知 U_1 关于 a_1 为凹函数。根据 $\frac{\partial U_1}{\partial a_1}$ 和 $\frac{\partial^2 U_1}{\partial a_1^2}$, 可知 U_1 关于 a_1 为边际收益递减函数。根据 $\frac{\partial U_1}{\partial a_1}$ 可得 $\lim_{a_1 \rightarrow 0} \frac{\partial U_1}{\partial a_1} = \frac{1}{2} \lambda A_1 > 0$, $\lim_{a_1 \rightarrow +\infty} \frac{\partial U_1}{\partial a_1} = -\infty < 0$ 。

当 $a_1 \in (0, +\infty)$ 时, 存在 a_1^* 使得 $\frac{\partial U_1}{\partial a_1} = 0$, 即存在唯一最优的 a_1^* 使得 U_1 取得最大值。令 $\frac{\partial U_1}{\partial a_1} = 0$, 可知最优努力程度 a_1^* , 即 $a_1^* = \frac{A_1 \lambda}{4\alpha_1^2}$ 。同理, 可得 $a_2^* = \frac{A_2(1-\lambda)}{4\alpha_2^2}$ 。

命题1表明分包商和总承包商效用函数是自身努力程度的凹函数且为边际收益递减函数, 都存在一个最优努力水平使得效用函数最大化, 结论符合经济学上的边际收益递减规律。

将上述 a_1^* 、 a_2^* 代入式 (1) 中, 得 π^* , 对 π 关于 λ 求一阶偏导数, 并令 $\frac{\partial \pi^*}{\partial \lambda} = 0$, 可得

$$\lambda^* = \frac{3A_2^2 \alpha_1^2 - 4A_1^2 \alpha_2^2}{A_2^2 \alpha_1^2 - A_1^2 \alpha_2^2}.$$

其中, λ^* 指分包商为公平中性时所得到的最优收益分配系数, 可为后续3种情形项目优化收益分配系数的比较做基础。

2.2 分包商为绝对公平关切时收益分配模型

假设总承包商没有公平关切行为倾向, 即为公平中性, 分包商为绝对公平关切行为倾向, 借鉴文献[6]建立的F-S模型(构建分包商的公平参照框架), 即分包商直接以总承包商收益作为自身收益的参考点。通过引入公平关切系数 φ ($\varphi = 0$ 表示公平中性的分包商; $\varphi \rightarrow +\infty$ 表示极度重视公平的分包商, 为保证公平愿意付出极大的成本), 此时分包商、总承包商的效用函数分别为 $U_1^{\text{FS}}(\pi) = \pi_1 - \varphi(\pi_2 - \pi_1) = (1 + \varphi)\pi_1 - \varphi\pi_2$, $U_2^{\text{FS}}(\pi) = \pi_2$ 。

命题2 分包商为绝对公平关切时, 其效用函数 U_1^{FS} 是自身努力程度 a_1 的凹函数, 且为边际收益递减函数, 当且仅当 $\lambda > \frac{\varphi}{1+2\varphi}$ 时, 存在唯一的最优努力程度 $a_1^{\text{FS}*} = \frac{A_1(\lambda - \varphi + 2\varphi\lambda)}{4(1+\varphi)\alpha_1^2}$ 。总承包商的效用函数

U_2^{FS} 是自身努力程度 a_2 的凹函数, 且为边际收益递减函数, 存在唯一的最优努力程度 $a_2^{\text{FS}*} = \frac{A_2(1-\lambda)}{4\alpha_2^2}$ 。

证明过程参考命题1。

性质1 分包商为绝对公平关切时, 项目优化收益分配系数 λ 是公平关切系数 φ 的增函数且增加幅度逐渐减小。

证明 将上述 $a_1^{\text{FS}*}$ 、 $a_2^{\text{FS}*}$ 代入式(1)中, 得 $\pi^{\text{FS}*}$, 并对 $\pi^{\text{FS}*}$ 关于 λ 求一阶偏导数, 可得

$$\frac{\partial \pi^{\text{FS}*}}{\partial \lambda} = \frac{A_1^2(1+2\varphi)}{8(1+\varphi)\alpha_1^2} - \frac{A_1^2(\lambda-\varphi+2\varphi\lambda)(1+2\varphi)}{8(1+\varphi)\alpha_1^2} - \frac{\lambda A_2^2}{8\alpha_2^2}。$$

$$\text{令 } \frac{\partial \pi^{\text{FS}*}}{\partial \lambda} = 0, \text{ 可得}$$

$$\lambda^{\text{FS}*} = \frac{A_1^2\alpha_2^2(1+2\varphi)^2}{A_1^2\alpha_2^2(1+2\varphi)^2 + A_2^2\alpha_1^2(1+\varphi)^2}。$$

$\lambda^{\text{FS}*}$ 关于 φ 求一阶、二阶偏导数得

$$\frac{\partial \lambda^{\text{FS}*}}{\partial \varphi} = \frac{2(1+\varphi)(1+2\varphi)A_1^2A_2^2\alpha_1^2\alpha_2^2}{[A_2^2\alpha_1^2(1+\varphi)^2 + A_1^2\alpha_2^2(1+2\varphi)^2]^2} > 0;$$

$$\frac{\partial^2 \lambda^{\text{FS}*}}{\partial \varphi^2} = -2[A_2^2\alpha_1^2(1+\varphi)^2(4\varphi+5) + A_1^2\alpha_2^2(1+2\varphi)^2] \times$$

$$A_1^2A_2^2\alpha_1^2\alpha_2^2/[A_2^2\alpha_1^2(1+\varphi)^2 + A_1^2\alpha_2^2(1+2\varphi)^2]^3 < 0。$$

命题得证。

这说明在分包商为绝对公平关切时, 随着其公平关切程度的增大, 总承包商将给予其更多的收益分享以补偿其绝对公平关切, 并且分包商增加收益的幅度随之减小。

2.3 分包商为相对公平关切时收益分配模型

现将博弈双方的贡献和地位差异考虑在内, 以衡量收益分配的公平程度。利用Nash讨价还价解为公平参照点来进行效用的衡量, 在诸多研究公平相关研究中得到应用。根据Du等^[18]对Nash讨价还价公平研究, 首先求解分包商为相对公平关切和总承包商公平中性时的Nash讨价还价公平参考点 $(\bar{\pi}_1, \bar{\pi}_2)$, 有 $\bar{\pi}_1 + \bar{\pi}_2 = \pi$, $\pi_1 + \pi_2 = \pi$ 。分包商和总承包商效用函数分别为 $U_1^{\text{Nash}}(\pi) = \pi_1 - \varphi(\bar{\pi}_1 - \pi_1) = (1+\varphi)\pi_1 - \varphi\bar{\pi}_1$, $U_2^{\text{Nash}}(\pi) = \pi_2$ 。基于Nash讨价还价博弈解的公理化定义, 其公平参照解符合

$$\begin{cases} \max_{\pi_1, \pi_2} U_1^{\text{Nash}} U_2^{\text{Nash}} = [(1+\varphi)\pi_1 - \varphi\bar{\pi}_1]\pi_2。 \\ \text{s.t.} \\ \pi_1 + \pi_2 = \pi, \quad \pi_1, \pi_2 \in [0, \pi]; \\ U_1^{\text{Nash}} > 0, \quad U_2^{\text{Nash}} > 0。 \end{cases} \quad (5)$$

根据 $\bar{\pi}_1 + \bar{\pi}_2 = \pi$, $\pi_1 + \pi_2 = \pi$, 将目标函数改写为 $U_1^{\text{Nash}} U_2^{\text{Nash}} = [(1+\varphi)\pi_1 - \varphi\bar{\pi}_1](\pi - \pi_1)$, 目标函数 $U_1^{\text{Nash}} \times U_2^{\text{Nash}}$ 关于 π_1 求二阶偏导数得 $\frac{\partial^2 (U_1^{\text{Nash}} U_2^{\text{Nash}})}{\partial \pi_1^2} = -2(1+\varphi) < 0$, 所以 $U_1^{\text{Nash}} U_2^{\text{Nash}}$ 是严格凹函数, 使得 $U_1^{\text{Nash}} U_2^{\text{Nash}}$ 最大化的 $\pi_1^{\text{Nash}*}$ 是唯一的, 且满足如下一阶条件 $\frac{\partial (U_1^{\text{Nash}} U_2^{\text{Nash}})}{\partial \pi_1} = 0$ 。

根据不动点定理可知, Nash讨价还价的公平参照解 $\pi_1^{\text{Nash}*} = \bar{\pi}_1$ 。将 $\frac{\partial (U_1^{\text{Nash}} U_2^{\text{Nash}})}{\partial \pi_1} = 0$ 和 $\pi_1^{\text{Nash}*} = \bar{\pi}_1$ 进一步求解得 $\bar{\pi}_1 = \frac{1+\varphi}{2+\varphi}\pi$, 同理, 可得 $\bar{\pi}_2 = \frac{1}{2+\varphi}\pi$ 。此时分包商、总承包商的效用函数分别为 $U_1^{\text{Nash}}(\pi) = (1+\varphi)\pi_1 - \varphi\bar{\pi}_1 = (1+\varphi)\pi_1 - \frac{\varphi(1+\varphi)}{2+\varphi}\pi$, $U_2^{\text{Nash}}(\pi) = \pi_2$ 。

命题3 分包商为相对公平关切时, 其效用函数 U_1^{Nash} 是自身努力程度 a_1 的凹函数, 且为边际收益的递减函数, 当且仅当 $\lambda > \frac{\varphi}{2+\varphi}$ 时, 存在唯一的最优努力程度 $a_1^{\text{Nash}*} = \frac{A_1(2\lambda - \varphi + \varphi\lambda)}{8\alpha_1^2}$ 。总承包商的效用函数 U_2^{Nash} 是自身努力程度 a_2 的凹函数, 且为边际收益

递减函数, 存在唯一的最优努力程度 $a_2^{\text{Nash}*} = \frac{A_2(1-\lambda)}{4\alpha_2^2}$ 。

证明过程参考命题1。

遵循吕萍等^[19]的研究成果, 用效用成本系数 $k_i = \frac{A_i}{\alpha_i}$, 表示分包商或总承包商的相对优势。本文在张云等^[17]定义的基础上, 进一步定义分包商相较于总承包商的议价能力 $k = \frac{k_1}{k_2} = \frac{A_1\alpha_2}{A_2\alpha_1}$ 。当 $k < 1$ 时, 分包商的议价能力小于总承包商的议价能力, 总承包商对分包商依赖程度较小; 当 $k > 1$ 时, 分包商的议价能力大于总承包商的议价能力, 总承包商对分包商依赖程度较大; 当 $k = 1$ 时, 总分包商之间对彼此依赖程度相当。

性质2 分包商为相对公平关切时, 项目优化收益分配系数 λ 是公平关切系数 φ 的增函数。当 $0 \leq k \leq \frac{\sqrt{3}}{3}$ 时, 增加幅度逐渐增大; 当 $k \geq \frac{\sqrt{3}}{3}$ 时, 增加幅度逐渐减小。

证明 过程参考性质1, 可得

$$\lambda^{\text{Nash}^*} = \frac{A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2}{A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2 + 4A_2^2 \alpha_1^2};$$

$$\frac{\partial \lambda^{\text{Nash}^*}}{\partial \varphi} = \frac{8A_1^2 A_2^2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 (\varphi + 2)}{[4A_2^2 \alpha_1^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2]^2} > 0;$$

$$\frac{\partial^2 \lambda^{\text{Nash}^*}}{\partial \varphi^2} = \frac{8A_1^2 A_2^2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 [4A_2^2 \alpha_1^2 - 3A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2]}{[4A_2^2 \alpha_1^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2]^3}.$$

$$\text{当 } 0 \leq k \leq \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ 时, } \frac{\partial^2 \lambda^{\text{Nash}^*}}{\partial \varphi^2} \geq 0; \text{ 当 } k \geq \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ 时,}$$

$$\frac{\partial^2 \lambda^{\text{Nash}^*}}{\partial \varphi^2} \leq 0, \text{ 命题得证。}$$

在总承包商主导的两级供应链中, 总承包商具有制定收益共享契约激励方案的先导权。当分包商处于相对公平关切时, 为顺应分包商的公平关切倾向, 总承包商给予分包商的收益分享系数随公平关切程度的增大而增大, 但是依据分包商的议价能力不同, 其收益分配系数所增加的幅度也会存在差异。当 $0 \leq k \leq \frac{\sqrt{3}}{3}$ 时, 分包商议价能力较弱, 总承包商在初始阶段占据较高的收益分配系数, 收入分配不公可能会导致分包商存在嫉妒心理, 影响参与行为和努力水平。因此, 总承包商需要逐步转移较高的收益分配系数以补偿分包商由于嫉妒偏好所产生的成本, 故分包商收益分配系数所增加的幅度会逐渐增大; 当 $k \geq \frac{\sqrt{3}}{3}$ 时, 伴随议价能力的提高, 分包商在初始阶段就可以争取到较高的收益分配系数, 此时分包商会产生自豪偏好, 从而努力水平较高。因此, 总承包商只要转移适中的收益分配系数即可进一步提高分包商努力水平, 故分包商收益分配系数所增加的幅度会逐渐减小。

3 对比分析

下面对比分析公平中性、绝对公平关切和相对公平关切3种情形下分包商的公平关切程度和自身的议价能力对最优收益分配系数、双方各自最优努力水平的影响。

3.1 3种情形下最优收益分配系数的比较

对比 λ^* 、 λ^{FS^*} 、 λ^{Nash^*} 分析, 考察各参数对不同情形下分包商最优收益分配系数的影响。

命题4 当分包商具有公平关切倾向时, 总承包商主动让渡部分收益给分包商。在分包商选择不

同公平参照点情形下, 其公平关切程度会影响自身收益的分配, 即当 $0 < \varphi < 1$ 时, $\lambda^{\text{FS}^*} > \lambda^{\text{Nash}^*}$; 当 $\varphi > 1$ 时, $\lambda^{\text{FS}^*} < \lambda^{\text{Nash}^*}$ 。

证明

$$\Delta \lambda_1 = \lambda^{\text{FS}^*} - \lambda^* = (\varphi^2 + 4\varphi)A_1^2 A_2^2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 / [A_2^2 \alpha_1^2 (1 + \varphi)^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (1 + 2\varphi)^2 (A_1^2 \alpha_2^2 + A_2^2 \alpha_1^2)] > 0;$$

$$\Delta \lambda_2 = \lambda^{\text{Nash}^*} - \lambda^* = (\varphi^2 + 4\varphi)A_1^2 A_2^2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 / \{ [4A_2^2 \alpha_1^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2] (A_1^2 \alpha_2^2 + A_2^2 \alpha_1^2) \} > 0;$$

$$\Delta \lambda_3 = \lambda^{\text{FS}^*} - \lambda^{\text{Nash}^*} = (\varphi + 3)(1 - \varphi)A_1^2 A_2^2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 / \{ [A_2^2 \alpha_1^2 (1 + \varphi)^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (1 + 2\varphi)^2] [A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2 + 4A_2^2 \alpha_1^2] \}.$$

在 $\Delta \lambda_3$ 中设 $X = (\varphi + 3)(1 - \varphi)$, 根据 $\varphi > 0$ 条件, 当 $0 < \varphi < 1$ 时, $X > 0$, $\lambda^{\text{FS}^*} > \lambda^{\text{Nash}^*}$; 当 $\varphi > 1$ 时, $X < 0$, $\lambda^{\text{FS}^*} < \lambda^{\text{Nash}^*}$, 命题得证。

命题4表明, 在工程供应链中, 公平中性的总承包商主动让渡部分收益给具有公平关切的分包商, 维护工程供应链稳定、和谐和健康。同时当 $0 < \varphi < 1$ 时, 即分包商公平关切程度较低时, 其最优收益分配系数在绝对公平关切时大于相对公平关切时; 当 $\varphi > 1$ 时, 即分包商公平关切程度较高时, 其最优收益分配系数在绝对公平关切时小于相对公平关切时。

3.2 3种情形下分包商努力水平的比较

对比 a_1^* 、 $a_1^{\text{FS}^*}$ 、 $a_1^{\text{Nash}^*}$ 分析, 考察各参数对不同情形下分包商努力水平的影响。

命题5 分包商为绝对公平关切时, 当公平关切程度与议价能力满足 $Y = k^2(2\varphi^2 + \varphi) - \varphi(1 + \varphi) > 0$ 时, 其最优努力水平 $a_1^{\text{FS}^*} > a_1^*$; 当 $Y < 0$ 时, $a_1^{\text{FS}^*} < a_1^*$ 。分包商为相对公平关切时, 在公平关切程度与议价能力满足 $Z = k^2(\varphi^2 + 2\varphi) - 2\varphi > 0$ 时, 其最优努力水平 $a_1^{\text{Nash}^*} > a_1^*$; 当 $Z < 0$ 时, $a_1^{\text{Nash}^*} < a_1^*$ 。

证明

$$\Delta a_{11} = a_1^{\text{FS}^*} - a_1^* = \frac{A_1}{4\alpha_1^2} A_2^2 \alpha_1^2 [A_1^2 \alpha_2^2 (2\varphi^2 + \varphi) - A_2^2 \alpha_1^2 (1 + \varphi)] \times \varphi / \{ [A_2^2 \alpha_1^2 (1 + \varphi)^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (1 + 2\varphi)^2] (A_1^2 \alpha_2^2 + A_2^2 \alpha_1^2) \} = \frac{A_1}{4\alpha_1^2} A_2^2 \alpha_1^4 \times [k^2(2\varphi^2 + \varphi) - (1 + \varphi)\varphi] / \{ [A_2^2 \alpha_1^2 (1 + \varphi)^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (1 + 2\varphi)^2] \times (A_1^2 \alpha_2^2 + A_2^2 \alpha_1^2) \};$$

$$\Delta a_{12} = a_1^{\text{Nash}^*} - a_1^* = \frac{A_1}{4\alpha_1^2} A_2^2 \alpha_1^2 [A_1^2 \alpha_2^2 (\varphi^2 + 2\varphi) - 2\varphi A_2^2 \alpha_1^2] / \{ [4A_2^2 \alpha_1^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2] (A_1^2 \alpha_2^2 + A_2^2 \alpha_1^2) \} = \frac{A_1}{4\alpha_1^2} A_2^4 \alpha_1^4 [k^2(\varphi^2 + 2\varphi) - 2\varphi] / \{ [4A_2^2 \alpha_1^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2] (A_1^2 \alpha_2^2 + A_2^2 \alpha_1^2) \}.$$

分包商为绝对公平关切与相对公平关切时, 与公平中性时努力水平差值的关系分别如图1和图2所示。

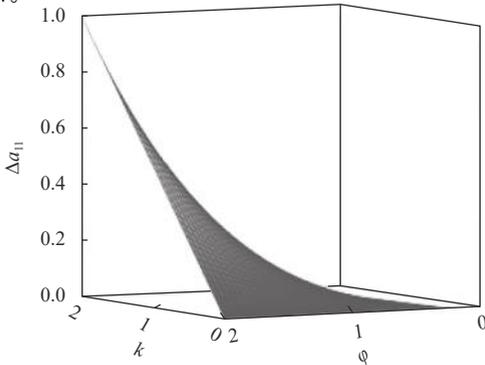


图1 分包商为绝对公平关切时努力水平差值
Figure 1 Differences of subcontractor's effort levels for absolute fairness concern

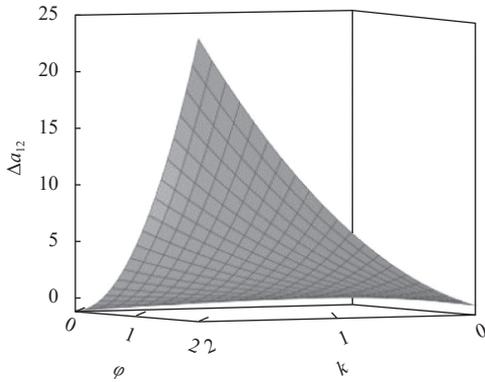


图2 分包商为相对公平关切时努力水平差值
Figure 2 Differences of subcontractor's effort levels for relative fairness concern

由图1和图2可知, 当议价能力 k 较大, 公平关切程度 φ 较大时, $Y > 0$ 、 $Z > 0$; 而当议价能力 k 较小, 公平关切程度 φ 较大时, $Y < 0$ 、 $Z < 0$ 。

命题5表明, 无论在绝对公平关切还是相对公平关切情形下, 分包商努力水平均受自身议价能力以及公平关切程度的双重影响。在分包商具有较高公平关切程度时, 议价能力促使的分配公平程度引发分包商的两种心理状态, 即自豪偏好和嫉妒偏好, 不同的收益分配系数使得处于主导地位的心理状态也不同。具体原因见性质1解释。根据心理状态到行为的诱导和传递机理, 自豪偏好会带来参与行为和努力水平的正面影响, 嫉妒偏好则正好相反。因此存在公平关切行为倾向时, 分包商努力水平是优于还是劣于公平中性时取决于自身议价能力和公平关切程度的组合效应。

命题6 对比分包商绝对公平与相对公平关切时

最优努力水平, 发现公平关切程度与议价能力满足 $H = k^2(2\varphi + 3\varphi^2 - 9\varphi^3 - 2\varphi^4) + 2\varphi^3 - 2\varphi > 0$ 时, $a_1^{FS*} > a_1^{Nash*}$; 当 $H < 0$ 时, $a_1^{FS*} < a_1^{Nash*}$ 。

证明

$$\Delta a_{13} = a_1^{FS*} - a_1^{Nash*} = \frac{A_1}{4\alpha_1^2} A_2^2 \alpha_1^2 [A_1^2 \alpha_2^2 (2\varphi + 3\varphi^2 - 9\varphi^3 - 2\varphi^4) + A_2^2 \alpha_1^2 (2\varphi^3 - 2\varphi)] / \{ [A_2^2 \alpha_1^2 (1 + \varphi)^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (1 + 2\varphi)^2] [A_1^2 \alpha_2^2 \times (2 + \varphi)^2 + 4A_2^2 \alpha_1^2] \} = \frac{A_1}{4\alpha_1^2} A_2^4 \alpha_1^4 [k^2(2\varphi + 3\varphi^2 - 9\varphi^3 - 2\varphi^4) + 2\varphi^3 - 2\varphi] / \{ [A_2^2 \alpha_1^2 (1 + \varphi)^2 + A_1^2 \alpha_2^2 (1 + 2\varphi)^2] [A_1^2 \alpha_2^2 (2 + \varphi)^2 + 4A_2^2 \alpha_1^2] \}。$$

分包商绝对公平关切与相对公平关切时努力水平差值的关系如图3所示。

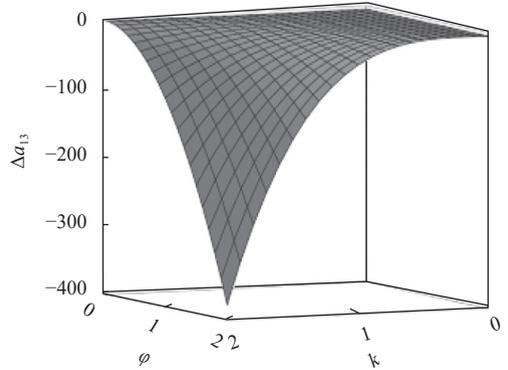


图3 分包商绝对公平关切与相对公平关切时努力水平差值
Figure 3 Differences of subcontractor's effort levels between absolute fairness concern and relative fairness concern

由图3可知, 当议价能力 k 较小, 公平关切程度 φ 较大时, $H > 0$; 而当议价能力 k 较大, 公平关切程度 φ 较大时, $H < 0$ 。

命题6表明, 在绝对公平关切与相对公平关切两种情形下, 分包商努力水平同样受自身议价能力以及公平关切程度的双重影响。研究发现, 公平关切程度较大时, 考虑绝对公平关切与相对公平关切的分配方案对分包商努力水平的激励效果取决于分包商议价能力大小。当分包商议价能力较小时, 分包商的最优努力程度在绝对公平关切时优于相对公平关切; 当分包商议价能力较大时, 分包商的最优努力程度在绝对公平关切时低于相对公平关切时。

3.3 3种情形下总承包商努力水平的比较

对比 a_2^* 、 a_2^{FS*} 、 a_2^{Nash*} 分析, 考察各参数对不同情形下总承包商努力水平的影响。

命题7 总承包商面对公平关切的分包商时,

会选择降低自身努力程度；在两种公平参照点情形下，总承包商努力程度随着分包商公平关切程度的不同而有所变化，即当 $0 < \varphi < 1$ 时， $a_2^{\text{Nash}^*} > a_2^{\text{FS}^*}$ ；当 $\varphi > 1$ 时， $a_2^{\text{Nash}^*} < a_2^{\text{FS}^*}$ 。

证明

$$\Delta a_{21} = a_2^* - a_2^{\text{FS}^*} = \frac{A_2(\lambda^{\text{FS}^*} - \lambda^*)}{4\alpha_2^2} = \frac{A_2}{4\alpha_2^2} \Delta \lambda_1。$$

根据命题4可知 $\Delta \lambda_1 > 0$ ， $\Delta \lambda_2 > 0$ ，所以 $a_2^* > a_2^{\text{FS}^*}$ ， $a_2^* > a_2^{\text{Nash}^*}$ 。

$$a_{22} = \Delta a_2^* - a_2^{\text{Nash}^*} = \frac{A_2(\lambda^{\text{Nash}^*} - \lambda^*)}{4\alpha_2^2} = \frac{A_2}{4\alpha_2^2} \Delta \lambda_2。$$

根据命题4中 $\Delta \lambda_3$ 可知，当 $0 < \varphi < 1$ 时， $a_2^{\text{Nash}^*} > a_2^{\text{FS}^*}$ ；当 $\varphi > 1$ 时， $a_2^{\text{Nash}^*} < a_2^{\text{FS}^*}$ ，命题得证。

命题7表明，总承包商面对公平关切的分包商会给予更多的利益分享以补偿其公平关切行为，而理性的总承包商不得不降低自身激励水平，导致自身努力水平降低，从而保证应得的利益。同时，相对和绝对公平关切模型下，总承包商的努力水平高低受分包商公平关切程度的影响。

4 算例分析

假定在某工程项目中总承包商与分包商之间的

收益共享契约制定符合本论文的情形。已知业主与总承包商签订的固定合同总金额为11.28亿元，可实现最大的收益系数为2.00%。当分包商议价能力 k 取值为0.5时，对外生变量的赋值分别为 $A_1 = 0.63$ ， $A_2 = 0.87$ ， $\alpha_1 = 0.6$ ， $\alpha_2 = 0.42$ 。当分包商议价能力 k 取值为1时，对外生变量赋值分别为 $A_1 = 0.72$ ， $A_2 = 0.82$ ， $\alpha_1 = 0.35$ ， $\alpha_2 = 0.4$ 。当分包商议价能力 k 取值1.5时，对外生变量赋值分别为 $A_1 = 0.78$ ， $A_2 = 0.65$ ， $\alpha_1 = 0.4$ ， $\alpha_2 = 0.5$ 。当分包商议价能力 k 取值2时，对外生变量赋值分别为 $A_1 = 0.97$ ， $A_2 = 0.58$ ， $\alpha_1 = 0.47$ ， $\alpha_2 = 0.56$ 。通过改变分包商议价能力 k 以及公平关切程度 φ 考察变量对收益分配系数、双方的努力程度和对工程供应链收益分配的影响（分别见表1、表2）。

由表1可知：

1) 无论分包商的议价能力 k 和公平关切系数 φ 取何值， $\Delta \lambda_1 > 0$ ， $\Delta \lambda_2 > 0$ ，即公平关切时分包商的收益分配系数高于公平中性时的收益分配系数。 $\Delta \lambda_3$ 的符号与公平关切系数 φ 的大小有关，即何种公平关切情形下分包商收益分配系数更优取决于公平关切系数的大小。

2) 当分包商的议价能力 k 和公平关切程度 φ 小于1时，对分包商的努力程度带来负面影响；当分包商的议价能力 k 和公平关切程度 φ 大于1时，对分包

表 1 分包商议价能力 k 和公平关切系数 φ 对收益分配系数和双方努力程度的影响

Table 1 Influences of subcontractor's bargaining power k and fairness concern coefficient φ on the profit distribution coefficient and effort of both parties

k	φ	$\Delta \lambda_1$	$\Delta \lambda_2$	$\Delta \lambda_3$	Δa_{11}	Δa_{12}	Δa_{13}	Δa_{21}	Δa_{22}	Δa_{23}
0.5	0.5	0.016 5	0.009 6	0.015 6	-0.001 2	-0.003 4	-0.007 1	0.000 6	0.000 4	0.000 6
	1	0.019 0	0.019 0	0	-0.008 3	-0.021 9	-0.054 8	0.000 7	0.000 7	0
	1.5	0.019 1	0.027 7	-0.011 8	-0.038 4	-0.099 1	-0.271 2	0.000 7	0.001 1	-0.000 5
	2	0.018 7	0.035 5	-0.020 5	-0.131 4	-0.335 6	-0.959 2	0.000 7	0.001 4	-0.000 8
1	0.5	0.004 9	0.003 0	0.011 6	0.000 5	-0.001	-0.000 2	0.000 2	0.000 1	0.000 4
	1	0.005 3	0.005 3	0	0.001 7	0.003 2	-0.000 9	0.000 2	0.000 2	0
	1.5	0.005 1	0.006 9	-0.008 3	0.004 8	0.009 1	-0.002 8	0.000 2	0.000 2	-0.000 3
	2	0.004 8	0.008 2	-0.014 2	0.012 5	0.023 1	-0.007 5	0.000 2	0.000 3	-0.000 5
1.5	0.5	0.006 7	0.004 2	0.013 1	0.001 5	0.002 4	0.001 2	0.000 3	0.000 2	0.000 5
	1	0.006 9	0.006 9	0	0.005 3	0.010 7	0.006 5	0.000 3	0.000 3	0
	1.5	0.006 5	0.008 7	-0.009 1	0.019 6	0.038 4	0.026	0.000 3	0.000 4	-0.000 4
	2	0.006 2	0.010 0	-0.015 5	0.058 9	0.114 1	0.082 6	0.000 2	0.000 4	-0.000 6
2.0	0.5	0.013 5	0.008 5	0.016 6	0.006 2	0.011 8	0.002 6	0.000 6	0.000 4	0.000 8
	1	0.013 7	0.013 7	0	0.030 9	0.056 7	0.014 7	0.000 6	0.000 6	0
	1.5	0.012 9	0.017 1	-0.011 3	0.119 7	0.214 6	0.062 8	0.000 6	0.000 8	-0.000 5
	2	0.012 1	0.019 4	-0.019 3	0.371 6	0.658 5	0.206 1	0.000 5	0.000 9	-0.000 9

表2 分包商议价能力 k 和公平关切系数 φ 对供应链收益分配的影响

Table 2 Influences of subcontractor's bargaining power k and fairness concern coefficient φ on distribution of supply chain profit										万元
k	φ	π_1^*	π_2^*	π^*	π_1^{FS*}	π_2^{FS*}	π^{FS*}	π_1^{Nash*}	π_2^{Nash*}	π^{Nash*}
0.5	0.5	203.28	433.50	636.78	267.59	303.17	570.75	255.14	332.00	587.14
	1	203.28	433.50	636.78	286.14	252.68	538.82	286.14	252.68	538.82
	1.5	203.28	433.50	636.78	293.72	226.68	520.40	300.96	193.07	494.03
	2	203.28	433.50	636.78	297.50	210.99	508.49	304.58	149.24	453.81
1	0.5	446.48	445.45	891.93	509.63	299.43	809.06	498.99	327.96	826.95
	1	446.48	445.45	891.93	524.99	253.14	778.14	525.00	253.14	778.14
	1.5	446.48	445.45	891.93	531.63	230.67	762.30	539.26	202.53	741.79
	2	446.48	445.45	891.93	535.31	217.43	752.74	548.16	166.38	714.54
1.5	0.5	358.49	250.98	609.47	417.01	166.80	583.81	405.51	183.42	588.92
	1	358.49	250.98	609.47	435.86	139.60	575.46	435.86	139.60	575.46
	1.5	358.49	250.98	609.47	445.11	126.30	571.41	456.76	109.58	566.35
	2	358.49	250.98	609.47	450.58	118.43	569.01	471.81	88.17	559.98
2.0	0.5	431.85	199.15	631.00	492.63	126.71	619.34	480.86	140.71	621.57
	1	431.85	199.15	631.00	511.61	104.19	615.80	511.61	104.19	615.80
	1.5	431.85	199.15	631.00	520.74	93.38	614.12	532.06	80.01	612.07
	2	431.85	199.15	631.00	526.09	87.06	613.15	546.28	63.25	609.53

商的努力水平带来正面影响。当分包商的议价能力 k 较低时, 分包商在绝对公平关切时高于相对公平关切时的努力水平; 当分包商的议价能力 k 较高时, 分包商在相对公平关切时高于绝对公平关切时的努力水平。

3) $\Delta a_{21} > 0, \Delta a_{22} > 0$, 即总承包商在分包商公平关切时低于分包商公平中性时的努力水平。 $\Delta a_{23} > 0$ 取值正负性与分包商的公平关切程度 φ 相关, 即何种公平关切情形下总承包商努力水平更取决于公平关切系数的大小。

由表2可知:

1) 当 $\varphi = 0.5$ 时, 表示公平关切程度较弱, 此时具有相对公平关切的分包商 π_1^{Nash*} 小于具有绝对公平关切的分包商 π_1^{FS*} ; 当 φ 取值为1.5或2时, 表示公平关切程度较强, 此时具有相对公平关切的分包商 π_1^{Nash*} 大于具有绝对公平关切的分包商 π_1^{FS*} 。

2) 随着公平关切程度 φ 的增大, $\pi_1^{FS*}、\pi_1^{Nash*}$ 逐渐增大, $\pi_2^{FS*}、\pi_2^{Nash*}$ 逐渐减小。分包商的公平关切程度在一定程度上对自身所获得收益产生正面影响, 出现“利己”的情形; 而对总承包商所获得收益产生负面影响, 出现“损他”的情形。

3) 当 $k = 1$ 时, 分包商和总承包商之间对彼此的依赖程度相当, 工程供应链整体收益 $\pi^*、\pi^{FS*}、\pi^{Nash*}$ 都达到最优。这与工程项目承发包合作^[20]和一般供

应链合作^[21]中现有的研究结论与实践形成验证, 即当交易双方议价能力不对称、存在位势差时, 强势方大多会利用自己的优势, 采取控制权力和机会主义行为, 抑制弱势方完美履约积极性, 降低项目价值。因此总承包商与分包商之间实力与贡献对称有利于提升以总承包商为核心的下游工程供应链的关系稳定性。

5 结论与启示

在工程供应链中, 项目优化收益共享契约的合理设计对于提升分包商履约积极性进而实现项目价值增值具有促进作用。本文构建多重公平参照点下总承包商和分包商之间的项目优化收益分配模型, 探究分包商公平关切程度、议价能力对最优收益分配系数、双方最优努力水平以及供应链整体收益的交互影响。

首先, 收益分配系数与公平关切程度的正向关系不受公平关切模型类型的影响, 但是最优收益分配系数的大小受公平关切程度和公平参照点类型的双重影响, 即分包商公平关切程度较高时, 在相对公平关切模型下可获得更高的收益分配系数; 反之, 则在绝对公平关切模型下可获得更高的收益分配系数。

其次, 公平关切模型的激励效果受到分包商议价能力和公平关切程度的双重调节作用。具体而言, 在分包商议价能力较大且公平关切程度较高时, 相对公平关切模型下分包商可达到更优努力水平, 其他情形则在绝对公平关切模型下对分包商的激励效果更优。

再次, 在可行的议价能力和公平关切程度组合域中, 随着分包商公平关切程度提高, 两种公平关切模型下收益分配系数增加幅度均逐渐减小。

最后, 当分包商和总承包商之间的议价能力相当时, 工程供应链整体收益达到最优。

根据前文研究结论, 得到以下管理启示。

1) 在项目优化收益分配契约中, 总承包商应根据分包商的公平关切程度和议价能力, 选择最优的公平关切模型, 以激励分包商更积极进行项目优化。为此, 需要总承包商与分包商订立合同前, 加强与分包项目人员的沟通, 了解分包商既有交易习惯, 根据分包商的偏好、资源禀赋、双方历史合作情况等有效判别分包商公平关切程度、议价能力等信息。

2) 总承包商针对不同公平关切程度的分包商选择激励力度时, 激励梯度应逐渐减小。具体而言, 虽然收益分配系数可随分包商公平关切程度的增加而增加, 但是增加的幅度应逐渐减小。

3) 在项目优化合作过程中, 总承包商应致力于主动降低双方的位势差。比如在收益共享契约拟定时, 抛弃二元对立的思维, 主动让渡部分收益给分包商; 对分包商提出的项目优化活动, 在双方处理程序与在权责规定方面体现“对等”原则; 与分包商沟通时态度上尊重分包商, 并做好相应的协调配合工作等。

本文仍存在以下不足: 1) 仅考虑分包商同一点选择单一参照点的情形, 但是在实践中分包商可能同时选择多参照点, 多参照点之间的相互作用将对工程供应链收益分配产生影响; 2) 仅考虑分包商的公平关切, 而实际中总承包商也可能存在公平关切。因此, 未来研究可围绕多公平参照点共存以及总承包商与分包商双向公平关切的情形展开研究, 以期对目前研究成果进行修正和完善。

参考文献:

[1] HALE D R, SHRESTHA P P, GIBSON G E, et al. Empirical comparison of design/build and design/bid/build project deliv-

ery methods[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2009, 135(7): 579-587.

[2] GUNDUZ M, ABDI E A. Motivational factors and challenges of cooperative partnerships between contractors in the construction industry[J]. *Journal of Management in Engineering*, 2020, 36(4): 04020018.

[3] LIU J, YANG P, XIA B, et al. Effect of perceived justice on subcontractor willingness to cooperate: the mediating role of relationship value[J]. *Journal of Construction Engineering & Management*, 2017, 143(9): 04017062.

[4] LI H, LV L, AN X, et al. Profit sharing mechanism of large EPC project considering the behavior of fairness concern[J]. *Advances in Civil Engineering*, 2020(2020): 3725254.

[5] SHI L, HE Y, ONISHI M, et al. Double moral hazard and risk-sharing in construction projects[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2019, 68(6): 1919-1929.

[6] FEHREHR E, SCHMID K M. A theory of fairness, competition and cooperation[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1999, 114(3): 817-868.

[7] 谭春桥, 吴欣, 周丽. 考虑公平关切的O2O模式下物流服务供应链定价策略博弈分析[J]. *运筹与管理*, 2021, 30(9): 80-85.

TAN Chunqiao, WU Xin, ZHOU Li. Game analysis for pricing strategies in O2O logistic service supply chain with fairness concern[J]. *Operations Research and Management Science*, 2021, 30(9): 80-85.

[8] 严玲, 刘柳, 曾诚. 合同风险分担条款对承包人公平感知的影响——基于多元参照点的实验研究[J]. *北京理工大学学报(社会科学版)*, 2019, 21(2): 67-77.

YAN Ling, LIU Liu, ZENG Cheng. The influence of contract risk sharing clause on the contractor's fairness perception—an experimental study under the theory of multiple reference points[J]. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2019, 21(2): 67-77.

[9] HART O, MOORE J. Contracts as reference points[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2006, 123(1): 1-48.

[10] 吕俊娜, 刘伟, 邹庆, 等. 考虑公平关切的工程总承包合作利益分配模型[J]. *系统工程*, 2014, 32(12): 62-66.

LYU Junna, LIU Wei, ZOU Qing, et al. Distribution of cooperation benefits in EPC projects considering fairness concerns[J]. *Systems Engineering*, 2014, 32(12): 62-66.

[11] 赵政, 张敏. 公平关切下总承包项目收益分配策略分析[J]. *会计之友*, 2019(12): 94-99.

[12] JIANG W, PU L, HUANG T, et al. The effect of fairness concern on carbon emission reduction and revenue distribution in construction supply chain: power structure perspective[J]. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021, 2021: 8118220.

[13] 林强, 覃燕红. 不同公平关切下的供应链定价策略分析[J]. *工业工程*, 2016, 19(2): 33-37+94.

LIN Qiang, QIN Yanhong. Pricing decisions of supply chain under different fairness concern[J]. *Industrial Engineering Journal*, 2016, 19(2): 33-37+94.

[14] 浦徐进, 金德龙. 多重参照点、公平偏好和三级供应链协调

- 机制设计[J]. 运筹与管理, 2017, 26(6): 89-94.
- PU Xujin, JIN Delong. Multiple reference points, fairness preference and design of coordination mechanism in three layer supply chains[J]. Operations Research and Management Science, 2017, 26(6): 89-94.
- [15] PANOVA Y, HILLETOTH P. Managing supply chain risks and delays in construction project[J]. Industrial Management & Data Systems, 2018, 118(7): 1413-1431.
- [16] 管百海, 胡培. 联合体工程总承包商的收益分配机制[J]. 系统工程, 2008, 26(11): 94-98.
- GUAN Baihai, HU Pei. Profit distribution mechanism of general project contractor of alliance[J]. Systems Engineering, 2008, 26(11): 94-98.
- [17] 张云, 吕萍, 宋吟秋. 总承包工程建设供应链利润分配模型研究[J]. 中国管理科学, 2011, 19(4): 98-104.
- ZHANG Yun, LYU Ping, SONG Yinqiu. A study on profit distribution model of general contracting construction supply chain[J]. Chinese Journal of Management Science, 2011, 19(4): 98-104.
- [18] DU S, NIE T, CHU C, et al. Newsvendor model for a dyadic supply chain with Nash bargaining fairness concerns[J]. *International Journal of Production Research*, 2014, 52(17): 5070-5085.
- [19] 吕萍, 张云, 慕芬芳. 总承包商和分包商供应链利益分配研究——基于改进的Shapley值法[J]. 运筹与管理, 2012, 21(6): 211-216.
- LYU Ping, ZHANG Yun, MU Fenfang. Study on profit distribution of general contractor and subcontractor in construction supply chain - based modified Shapley value[J]. Operations Research and Management Science, 2012, 21(6): 211-216.
- [20] LI Y, HE N, LI H, et al. Influencing factors on inter-organizational trust asymmetry behavior in construction projects[J]. *Engineering Construction and Architectural Management*, 2019, 28(1): 308-331.
- [21] KIM D, FORTADO B. Outcomes of supply chain dependence asymmetry: a systematic review of the statistical evidence[J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 59(19): 5844-5866.

(责任编辑: 郑德华)

(上接第51页)

- [8] LI X, CHEN W, SUN F, et al. Bayesian accelerated acceptance sampling plans for a lognormal lifetime distribution under Type-I censoring[J]. *Reliability Engineering & System Safety*, 2018, 171(3): 78-86.
- [9] KHALILPOURAZARI S, PASANDIDEH S H R, NIAKI S T A. Optimizing a multi-item economic order quantity problem with imperfect items, inspection errors, and backorders[J]. *Soft Computing*, 2019, 23(22): 11671-11698.
- [10] BOSE D, GUHA A. Economic production lot sizing under imperfect quality, on-line inspection, and inspection errors: Full vs. sampling inspection[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2021, 160(10): 1-20.
- [11] DUFFUAA S O, EL-GA'ALY A. Impact of inspection errors on the formulation of a multi-objective optimization process targeting model under inspection sampling plan[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2015, 80(2): 254-260.
- [12] CHUN Y H. Designing repetitive screening procedures with imperfect inspections: an empirical Bayes approach[J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 253(3): 639-647.
- [13] AL-SALAMAH M. Economic production quantity in batch manufacturing with imperfect quality, imperfect inspection, and destructive and non-destructive acceptance sampling in a two-tier market[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2016, 93(3): 275-285.
- [14] GUHA A, BOSE D. A note on "Economic production quantity in batch manufacturing with imperfect quality, imperfect inspection, and destructive and non-destructive acceptance sampling in a two-tier market"[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2020, 146(8): 1-7.
- [15] FERNÁNDEZ A J. Economic lot sampling inspection from defect counts with minimum conditional value-at-risk[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 258(2): 573-580.

(责任编辑: 郑德华)