

基于讨价还价模型的污水处理 PPP 项目风险分担研究

刘 璐 王 飞

河北工程大学 管理工程与商学院, 中国·河北 邯郸 056038

【摘 要】针对污水处理 PPP 项目风险分担, 提出讨价还价动态博弈模型, 考虑参与方在讨价还价时顺序不同会对均衡结果有显著影响, 分别构建以政府方优先出价和社会资本方优先出价的两种博弈, 得出对应纳什均衡, 以确定双方共担风险比例。

【关键词】讨价还价; 污水处理 PPP 项目; 风险分担

Study on Risk Sharing of PPP Projects in Wastewater Treatment Based on Bargaining Model

Lu Liu, Wang Fei

Hebei University of Engineering, School of Management Engineering and business, Hebei, Handan 056038

[Abstract] a dynamic bargaining game model is proposed for risk sharing of PPP projects in wastewater treatment. Considering that the different bargaining order of participants will have a significant impact on the equilibrium results, this paper constructs two kinds of games, which are the first bid of government and the first bid of social capital, and obtains the corresponding Nash equilibrium to determine the proportion of risk shared by both sides.

[Keywords] haggling; Sewage Treatment PPP project; risk sharing

【基金项目】BIM时代工程管理专业教学改革与实证研究, 河北省高等教育学会高等教育科学研究“十四五”规划重点课题(编号 GJXHZ2021-20)。

由于全球用水短缺, 许多国家建立了污水处理设施解决水问题, 这有利污水处理行业市场化, 也解决了水短缺的问题。政府为顺利推进污水处理项目, 开始应用 PPP 模式。PPP 模式是公私双方为满足公众需求建立长期契约合作管理模式, 以服务公众为目的^[1]。污水处理 PPP 项目成本高, 资金回报慢, 存在较大风险, 因此, PPP 项目风险分担成了项目顺利进行的重点和关键。

目前一些学者已经进行了相关研究。李宗活建立了参与者在融资风险分担中的成本、收益效用函数, 当双方达到帕累托最优时求出均衡解^[2]。Song 以风险偏好视角建立多方的讨价还价模型^[3]。张曾莲用专家打分法确定风险因素的归属, 并结合文献和专家打分确定风险比例^[4]。敖慧提出在农村 PPP 项目中社会资本优先出价最优风险分担比例^[5]。

根据以上论述, 部分学者已经对 PPP 项目的风险分担展开研究, 但针对污水处理特定类型基础设施 PPP 项目风险分担相关研究较少。有的忽视了参与方信息隐瞒和双方都有权先出价的情况, 因此本文以政府强势地位的视角, 构建政府和社会资本在信息不对称下, 双方分别先出价对风险分担的影响。

1 讨价还价模型的风险分担比例

双方共担风险合理分配有利项目顺利实施和双方共赢。由于参与者双方获取的资源、拥有的技术和追求的利益不同, 导致双方信息不对称。在双方讨价还价中, 政府占有强势地位, 存在风险转移, 且双方分别有优先出价的权力。

1.1 基本假设

- 一: 政府 F 和社会资本 H 为理性人, 均希望成功合作;
- 二: 污水处理 PPP 项目风险因素不相关;
- 三: 双方存在信息不对称;
- 四: 双方存在地位不对称性, 政府占据主导可向社会资本

转移风险;

五: 风险初值为 1, 在第 m 轮谈判中, 政府承担比例 rm, 社会资本承担比例 (1-rm);

六: 双方都均有先出价权利。

1.2 基本要素

(1) 参与方。本文只考虑政府和社会资本, 分别用 F 和 N 表示。

(2) 谈判损耗系数 $k(k > 1)$ 。设 k_1, k_2 分别是政府、社会资本的损耗系数, 且 $k_2 > k_1 > 1$ 。

(3) 风险转移概率 $q(0 \leq q \leq 1)$ 。风险转移指政府利用优势地位向社会资本转移风险份额。

(4) 风险转移份额 α_m 。在谈判时, 政府向对方转移 α_m 风险份额, 转移份额范围为 $0 \leq \alpha_m \leq r_m \leq 1(m=1, 2, \dots, n)$ 。

设每次转移份额一样, 且 $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \dots > \alpha_m$

1.3 模型建立

1.3.1 政府优先出价

(1) 模型分析

第一回合。政府提出承担 r_1 , 社会资本承担 $(1-r_1)$; 政府转移 α_1 的风险概率是 q 。政府在第 m 谈判回合中向对方转移风险时, 双方在某一风险上的分担比例分别用 F_m, H_m 表示, 政府在第轮谈判回合中不向对方转移风险时, 双方在某一风险上的分担比例分别用 F''_m, H''_m 表示。用 F_m, H_m 代表政府和社会资本在第轮谈判的风险期望值。则双方进行第一轮谈判时, 政府转移风险 $F'_1 = q(r_1 - \alpha_1)$, 政府不转移风险 $H'_1 = q(1-r_1 + \alpha_1); F''_1 = (1-q)r_1, H''_1 = (1-q)(1-r_1)$; 则

$$F_1 = q(r_1 - \alpha_1) + (1-q)r_1, H_1 = q(1-r_1 + \alpha_1) + (1-q)(1-r_1)$$

若对方同意, 谈判终止; 反之, 继续谈判。

第二回合。社会资本提出政府承担 r_2 , 自身承担 $(1-r_2)$, 政府转移 α_2 的风险的可能是 q , 在第二谈判回合及未来谈判回合中要考虑谈判损耗系数 k_1 和 k_2 。双方在第二轮谈判时, $F_2 = K_1 q(r_2 - \alpha_2)$, $H_2 = K_2 q(1 - r_2 + \alpha_2)$; $F'_2 = K_1(1 - q)r_2$, $H'_2 = K_2(1 - q)(1 - r_2)$, $F_2 = K_1 q(r_2 - \alpha_2) + k_1(1 - q)r_2$, $H_2 = k_2 q(1 - r_2 + \alpha_2) + k_2(1 - q)(1 - r_2)$ 。当政府同意时, 谈判结束, 否则继续。

第三回合。政府继续调整方案, $F_3 = k_1^2 q(r_3 - \alpha_3) + k_1^2(1 - q)r_3$,

$$H_3 = H'_3 + H''_3 = k_2^2 q(1 - r_3 + \alpha_3) + k_2^2(1 - q)(1 - r_3)。$$

如果双方同意, 则合作, 否则继续谈判直到双方满意。

(2) 模型求解

用不完全信息假设博弈转换成完全信息但不完美的海萨尼转化理论求解讨价还价模型, 首先选择第三回谈判为逆推点, 当 $F_2 > F_3$, 政府会展开第三轮谈判。双方是理性人, 所以当 $F_2 \leq F_3$ 最小是最优方案。即 $F_2 = F_3$, 则 $r_2 = q\alpha_2 + k_1 r_3 - k_1 q\alpha_3$, $H_2 < H_3$, 说明社会资本占有优势不会继续谈判。当 $H_1 > H_2$ 时, 社会资

本会开始下一轮谈判, 当 $H_1 \leq H_2$, 会增加成本, 因此最优方案是 $H_1 = H_2$, 即 $r_1 = 1 + q\alpha_1 - k_2 + k_1 k_2 r_3 - k_1 k_2 q\alpha_3$, 由

$$\text{于 } r_1 = r_3, r_3 = \frac{k_2 - 1 + q(k_1 k_2 \alpha_3 - \alpha_1)}{k_1 k_2 - 1}, \quad 1 - r_3 = \frac{k_2 k_1 - k_1 - q(k_1 k_2 \alpha_3 - \alpha_1)}{k_1 k_2 - 1}$$

$$\text{比例为 } r = \frac{k_2 - 1}{k_1 k_2 - 1} + q\alpha, 1 - r = \frac{k_1 k_2 - k_2}{k_1 k_2 - 1} - q\alpha。 \text{ 考虑}$$

风险转移政府实际承担风险是 $\frac{k_2 - 1}{k_1 k_2 - 1}$, 社会资本实际承担风险是 $\frac{k_1 k_2 - k_2}{k_1 k_2 - 1}$ 。

1.3.2 社会资本优先出价

(1) 模型分析

第一回合。社会资本提出某一风险承担 $(1 - r_1)$, 政府承担 r_1 , 政府有 q 的概率转移 α_1 风险。政府转移风险时 $F'_1 = q(r_1 - \alpha_1)$, 政府不转移风险时 $F'_1 = (1 - q)r_1$, $H''_1 = (1 - q)(1 - r_1)$; 那么 $F_1 = q(r_1 - \alpha_1) + (1 - q)r_1$, $H_1 = q(1 - r_1 + \alpha_1) + (1 - q)(1 - r_1)$ 。如对方同意, 谈判终止; 不然继续。

第二回合。政府提出自身承担 r_2 , 社会资本为 $(1 - r_2)$, 政府转移 α_2 的可能为 q , 本轮及未来都考虑谈判损耗系数 k_1 和 k_2 , 在第二轮谈判时, $F'_2 = k_1 q(r_2 - \alpha_2)$, $H'_2 = k_2 q(1 - r_2 + \alpha_2)$; $F''_2 = k_1(1 - q)r_2$, $H''_2 = k_2(1 - q)(1 - r_2)$, $F_2 = k_1 q(r_2 - \alpha_2) + k_1(1 - q)r_2$, $H_2 = k_2 q(1 - r_2 + \alpha_2) + k_2(1 - q)(1 - r_2)$ 。若社会资本同意, 谈判结束, 否则继续。

第三回合。社会资本调整分配比例, 双方承担风险期望值分是 $F_3 = k_1^2 q(r_3 - \alpha_3) + k_1^2(1 - q)r_3$, $H_3 = k_2^2 q(1 - r_3 + \alpha_3) + k_2^2(1 - q)(1 - r_3)$ 。若政府同意, 博弈结束, 反之, 继续谈判。

(2) 模型求解

根据海萨尼转化理论, 分析方法同上, 则最优方案是 $F_1 = F_2$, 双

$$\text{方各自承担比例为: } r = \frac{k_1 k_2 - k_1}{k_1 k_2 - 1} + q\alpha, 1 - r = \frac{k_1 - 1}{k_1 k_2 - 1} - q\alpha。$$

政府和社会资本实际得到的风险分配份额分别为:

$$r' = \frac{k_1 k_2 - k_1}{k_1 k_2 - 1}, (1 - r)' = \frac{k_1 - 1}{k_1 k_2 - 1}。$$

1.4 模型分析

(1) 考虑政府和社会资本出价顺序不同的两种情况, 发现优先出价的一方具有优势。无论哪一方先出价, 政府都会强势的向社会资本方转移部分风险, 最后, 政府实际得到的分担比例少于名义上分担比例, 社会资本实际得到的分担比例大于名义上分担比例。

(2) 双方共担风险分配的多少与地位不对称、信息不对等和耗损系数有关。为了降低项目整体的风险水平, 实现政府方的社会效益和社会资本方的经济效益, 参与者需要了解对方更多信息, 减少谈判次数, 政府也需要弱化自身强势地位, 实现平等的合作关系。

2 模型应用

清河县污水处理 PPP 项目总投资金额为 10722.72 万元, 特许期为 27 年, 项目资本金额和融资金额 3:7, 项目建成后可以缓解当地用水紧张, 改善水环境质量。笔者采用德尔菲专家问卷调查法向项目建设方、政府参与部门和污水处理 PPP 项目专家等发放 100 份问卷, 得到对应参数 k_1 、 k_2 、 α 、 q 。 α 是 PPP 项目专家根据实际经验与传统建设项目中风险分担比例相对比给出; q 是根据污水处理 PPP 项目风险因素分配的相关原则和最分配结果比较给出。最后收回问卷 91 份, 满足本次调查使用。以共担风险中的通货膨胀风险为例 k_1 、 k_2 、 α 、 q 分别为 1.20、1.25、0.09、0.62。那么通货膨胀风险在政府优先出价时的 r 、 r' 、 $(1 - r)$ 、 $(1 - r)'$ 分别是 55.58%、50.00%、44.42%、50.00%; 社会资本优先出价时的 r 、 r' 、 $(1 - r)$ 、 $(1 - r)'$ 分别是 65.58%、60.00%、34.42%、40.00%; 风险转移份额为 5.58%。

结论

本文将污水处理 PPP 项目共担风险分担比例问题看作动态讨价还价博弈, 通过考虑双方均优先出价发现, 优先出价在风险分配比例上存在优势, 风险分担比例大小与地位不对称、信息不对等和耗损系数密切相关; 政府存在强势地位, 实际分担比例小于名义分担比例, 社会资本实际分担比例大于名义分担比例。

今后, 政府需要弱化自身强势地位, 创造公平的合作氛围, 建立政府约束机制, 避免转移自身风险, 提高社会资本的积极性; 双方应尽量减少信息不对称程度, 降低损耗系数, 实现共赢; 向第三方机构咨询 PPP 项目风险因素分担构建风险分担再次谈判机制。

本文旨丰富污水处理 PPP 项目共担风险的分担比例分配理论, 为今后研究 PPP 项目的风险分担有一定的参考性。有利于促进 PPP 模式在污水处理建设以及其他 PPP 项目的运用与发展。

参考文献

- [1] 叶晓甦, 徐春梅. 我国公共项目公私合作 (PPP) 模式研究述评 [J]. 软科学, 2013, 27 (06): 6-9.
- [2] 李宗浩, 刘枚莲. 基于效用理论的 PPP 项目融资风险分担比例模型研究 [J]. 系统科学学报, 2018, 26 (01): 111-114.
- [3] J. Song and L. Chen, "Research on risk sharing of PPP plus EPC sewage treatment project based on bargaining game mode," Presenius Environmental Bulletin, vol. 29, no. 2, pp. 903-912, 2020.
- [4] 张曾莲, 郝佳赫. PPP 项目风险分担方法研究 [J]. 价格理论与实践, 2017 (01): 137-140.
- [5] 敖慧, 朱玉洁. 农村基础设施 PPP 项目风险分担的博弈研究 [J]. 华中农业大学学报 (社会科学版), 2021 (02): 111-119+180-181.

作者简介:

刘璐 (1996.6-), 女, 汉族, 籍贯: 河北蠡县人, 河北工程大学管理工程与商学院, 19 级在读研究生, 硕士学位, 专业: 管理科学与工程, 研究方向: 工程项目管理。