

水资源配置 PPP 项目运营期风险管理行为博弈分析

张桂玉, 丁继勇, 乔 然

(河海大学 商学院, 江苏 南京 211100)

摘 要: 在水资源配置 PPP 项目运营过程中, 核心利益相关方积极的风险管理行为能够降低项目的风险发生概率。从风险管理角度, 通过分析水资源配置 PPP 项目利益相关者的关系, 构建了水资源配置 PPP 项目运营期风险管理过程中政府主体和社会资本方(项目公司)的行为决策演化博弈模型, 运用 MATLAB 分析动态演化过程。结果表明: 影响演化稳定行为选择策略的因素包括政府主体和社会资本方双方积极管理的成本、水污染等风险事件造成的损失与损失分配系数、可行性缺口补助和奖励。为促进水资源配置工程运营过程风险的有效管理, 建议加强政府主体和社会资本方双方的风险管理能力建设, 落实责任分担机制、完善监督机制、优化奖惩机制等。

关键词: 水资源配置工程; PPP 项目; 运营期; 风险管理行为

中图分类号: F224.32; TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2022)03-0058-07

Game analysis of risk management behavior of water diversion PPP projects during operation period

ZHANG Guiyu, DING Jiyong, QIAO Ran

(Business School of Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: The active risk management behaviors of core stakeholders in the operation process of water diversion PPP (public-private partnership) projects can reduce the probability of project risk occurrence. From the perspective of risk management, through the analysis of stakeholder relationship of water diversion PPP projects, the behavioral decision-making evolutionary game model of government subject and social capital (project company) in the risk management process of water diversion PPP projects during the operation period is constructed, and the dynamic evolution process is analyzed by MATLAB. The results show that the factors influencing the choice strategy of evolutionary stable behaviors include the cost actively managed by both the government and social capital, the loss caused by risk events such as water pollution and loss distribution coefficient, feasibility gap subsidy and reward. In order to promote effective risk management in the operation process of water diversion projects, it is suggested to strengthen the risk management capacity building of both the government and the social capital, implement the responsibility sharing mechanism, improve the supervision mechanism and optimize the reward and punishment mechanism.

Key words: water diversion project; PPP project; operation period; risk management behavior

1 研究背景

为了缓解部分地区财政负荷过高的压力, 财政部多次发文推广 PPP (public-private partnership) 模式。水资源配置工程 PPP 项目通常为准公益性项目, 由社会资本方以特许经营、参股控股等形式和政

府方共同投资建设, 建设完成后由项目公司(社会资本方)运营, 政府发挥监督作用^[1]。但是水资源配置工程运营期长, 在运营期会出现不可预见的风险, 如人为或自然灾害引起的突发水污染风险^[2]、产业结构调整导致的水量调整和水价调整风险、管理人员经验和能力不足导致的技术风险等。风险

收稿日期: 2021-09-06; 修回日期: 2022-03-08

基金项目: 广东省水利科技创新重点项目(2020-03); 江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX22_0701)

作者简介: 张桂玉(1999-), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 研究方向为水利工程风险管理。

通讯作者: 丁继勇(1985-), 男, 江西樟树人, 博士, 副教授, 研究方向为建设项目及其风险管理。

事故一旦发生,危害强度大、治理难度高且影响时间长^[3],因此需要建立完善的风险管理监督机制。但是不同的主体面对同样的风险会采取不同的行为,并通过互相作用最终影响到工程的风险状态^[4],因此,如何准确把握水资源配置 PPP 项目运营期利益相关方的风险管理行为,成为降低项目风险发生概率、确保水资源配置工程平稳运行的关键。

近年来,对于水资源配置工程 PPP 项目风险管理,Shrestha 等^[5]采用委托代理的方法,从政府视角提出应对项目风险和降低工程风险损失的新举措。部分学者从风险分担、风险收益分配等方面,提出了水资源配置 PPP 项目风险分担算法^[6]、收益分配优化博弈模型^[7]和影响收益分配的因素^[8]。对于水资源配置工程运营阶段利益相关方之间的博弈关系,相关学者更多的是对供水区和受水区^[9-10]两个主体进行分析。对于调水工程水污染事件的研究,更多集中于风险对策分析^[11]、应急调度^[12]等方面。对于风险管理行为的研究,高云莉等^[13]建立了业主及承包商在项目风险管理中合作的演化博弈模型;赵泽斌等^[14]从风险感知角度对重大基础设施工程的风险管理过程进行了分析。陈艳等^[15]将前景理论(prospect theory, PT)和心理账户理论(mental accounts, MA)相结合,对 PPP 项目风险管理行为进行了分析。

上述研究多是从风险分担、收益分配角度,或者从事后应急管理角度开展的,但是往往风险事件发生后,其产生的损失影响更为严重。本文从风险管理角度,运用演化博弈理论分析水资源配置工程 PPP 项目风险管理主体的行为博弈演化过程和机理,试图揭示水资源配置工程 PPP 项目运营期主要利益相关者风险管理行为的演化规律及其演化稳定策略的影响因素,从而为水资源配置工程 PPP 项目运营期风险管理提供理论支持和参考。

2 水资源配置 PPP 项目利益相关者分析

水资源配置 PPP 项目运营期主要利益相关者包括政府、社会资本方、金融机构和用水户等^[16]。其中,政府主要是建设水资源配置工程的提出者、审核者和督办者;社会资本方是水资源配置 PPP 项目的投资者和运营者,对工程的建设质量、运行管理和服务效果起着决定性作用;用水户是水资源配置 PPP 项目中的主要受益方和项目投入的最终买单者;金融机构主要是为水资源配置 PPP 项目的项目

公司提供金融贷款等服务^[17]。彭为等^[18]研究显示,在职权影响力方面,政府层面机构排序靠前,在经济影响力方面,投资类利益相关者排序靠前。因此,水资源配置 PPP 项目运营期的核心利益相关者是政府和社会资本方,本文将针对两者进行风险管理演化博弈分析。

在 PPP 模式下的水资源配置工程运营管理过程中,双方在运营期的目标和利益不同。政府主体追求的是社会效益,希望能够降低风险事件发生概率,保证工程平稳运行;社会资本方追求的是经济效益,希望自身收益最大化,但是在风险管理过程中,突发水污染等风险事件发生的概率较小,社会资本方存在机会主义心理,有可能采取消极风险管理行为。对于采用 PPP 模式的水资源配置工程而言,其为准公益性项目,通常的付费方式是可行性缺口补助,即政府给予社会资本方一定的补贴,以弥补使用者付费之外的缺口部分^[19]，“可行性缺口补助”成为政府和社会资本方之间的博弈点。政府和社会资本方存在着信息不对称,因此政府不得不通过现有手段对社会资本方采取监督策略,以此来掌握社会资本方采取的是积极风险管理还是消极风险管理策略,从而决定给予可行性缺口补助的高低。

因此,在不考虑外部环境影响和其他决策主体影响的情况下,水资源配置 PPP 项目运行管理过程中的风险管理过程,可以看作是政府主体和社会资本方之间针对于“可行性缺口补助”博弈点的风险管理决策行为动态演化过程。

3 水资源配置 PPP 项目博弈模型构建

3.1 基本假设

假设 1:设政府主体为 G ,社会资本方为 S ,双方均为有限理性。政府主体在运营期存在的监管策略集合为{积极监管 G_1 ,消极监管 G_2 } ,社会资本方在运营期存在的风险管理策略集合为{积极风险管理 S_1 ,消极风险管理 S_2 }。

假设 2:政府在运营期采取积极监管策略的概率为 $x(x \in [0,1])$,采取消极监管策略的概率为 $1-x$;社会资本方在运营期采取积极风险管理策略的概率为 $y(y \in [0,1])$,采取消极风险管理策略的概率为 $1-y$ 。

假设 3:假设政府主体对社会资本方进行监管时的监督检查成本为 C_1 ;社会资本方参与水资源配置 PPP 项目风险管理的时间成本、技术成本等为 C_2 。政府主体运营期获得的声誉回报、公众信任度等

为 B_1 , 水资源配置工程平稳运行获得的政绩奖励为 V_1 ; 社会资本方运营期获得的声誉回报、未来的机会收益、使用者付费等^[20] 为 B_2 。

假设4: 根据 PPP 合同, 社会资本方获得 P_1 的可行性缺口补助, 在政府监管下可获得激励补贴 V_2 。若政府方发现社会资本方采取消极风险管理行为, 则会降低该年度的可行性缺口补助, 此时社会资本方获得的政府补贴为 P_2 , 且 $P_2 \leq P_1$ 。

假设5: 水资源配置 PPP 项目沿线存在会形成

水污染等风险事件的风险源, 当政府方消极监管, 社会资本方消极管理时, 水污染等风险事件发生的概率为 q , 造成的损失为 L , 其中政府需要承担分配系数为 η ($\eta \in [0, 1]$) 的损失, 社会资本方需要承担 $1 - \eta$ 的损失。

3.2 博弈模型构建

基于上述假设, 构建水资源配置 PPP 项目运营期政府主体与社会资本方的风险管理行为演化博弈矩阵, 如表 1 所示。

表 1 风险管理行为演化博弈支付矩阵

政府主体	社会资本方	
	积极风险管理(y)	消极风险管理($1 - y$)
积极监管(x)	$B_1 - C_1 - P_1 + V_1 - V_2$, $B_2 - C_2 + P_1 + V_2$	$B_1 - C_1 - P_2$, $B_2 + P_2$
消极监管($1 - x$)	$B_1 - P_1$, $B_2 - C_2 + P_1$	$B_1 - (1 - q)P_1 - q(P_2 + \eta L)$, $B_2 + (1 - q)P_1 + q[P_2 - (1 - \eta)L]$

3.3 博弈模型分析

基于演化复制动态方程可得政府主体采取积极

监管策略的期望收益 V_{G_1} 、采取消极监管策略的期望收益 V_{G_2} 和平均收益 V_G 分别为:

$$V_{G_1} = y(B_1 - C_1 - P_1 + V_1 - V_2) + (1 - y)(B_1 - C_1 - P_2) \quad (1)$$

$$V_{G_2} = y(B_1 - P_1) + (1 - y)[B_1 - (1 - q)P_1 - q(P_2 - \eta L)] \quad (2)$$

$$V_G = xV_{G_1} + (1 - x)V_{G_2} \quad (3)$$

同理可得社会资本方采取积极风险管理策略的期望收益 V_{S_1} 、采取消极风险管理策略的期望收益 V_{S_2} 和平均收益 V_S 分别为:

$$V_{S_1} = x(B_2 - C_2 + P_1 + V_2) + (1 - x)(B_2 - C_2 + P_1) \quad (4)$$

$$V_{S_2} = x(B_2 + P_2) + (1 - x)\{B_2 + (1 - q)P_1 + q[P_2 - (1 - \eta)L]\} \quad (5)$$

$$V_S = yV_{S_1} + (1 - y)V_{S_2} \quad (6)$$

根据演化博弈原理, 对公式(3) 计算得到政府主体的复制动态方程为:

$$\begin{aligned} G(x) &= \frac{dx}{dt} = x(V_{G_1} - V_G) \\ &= x(1 - x)[V_1 - V_2 - (1 - q)(P_1 - P_2) + q\eta L]y + [(1 - q)(P_1 - P_2) - q\eta L - C_1] \end{aligned} \quad (7)$$

同理可得, 对公式(6) 计算得到社会资本方的复制动态方程为:

$$\begin{aligned} S(y) &= \frac{dy}{dt} = y(V_{S_1} - V_S) \\ &= y(1 - y)[(1 - q)(P_1 - P_2) + V_2 - q(1 - \eta)L]x + [q(P_1 - P_2) + q(1 - \eta)L - C_2] \end{aligned} \quad (8)$$

由公式(7) 和(8), 令 $G(x) = 0, S(y) = 0$, 可得到 5 个局部均衡点: $O(0, 0), A(0, 1), B(1, 0), C(1, 1), D(x^*, y^*)$ 。其中:

$$x^* = \frac{q(P_1 - P_2) + q(1 - \eta)L - C_2}{q(1 - \eta)L - V_2 - (1 - q)(P_1 - P_2)}, y^* = \frac{(1 - q)(P_1 - P_2) - q\eta L - C_1}{(1 - q)(P_1 - P_2) - V_1 + V_2 - q\eta L}$$

借助 Friedman 提出的判断均衡点的方法^[21], 由公式(7) 和(8) 可得到雅可比矩阵的行列式 $\det(J)$ 为:

$$\begin{aligned} \det(J) &= (1 - 2x)\{[V_1 - V_2 - (1 - p)(P_1 - P_2) + pqL]y + [(1 - p)(P_1 - P_2) - pqL - C_1]\} \cdot \\ &\quad (1 - 2y)\{[(1 - q)(P_1 - P_2) + V_2 - q(1 - \eta)L]x + [q(P_1 - P_2) + q(1 - \eta)L - C_2]\} - \\ &\quad x(1 - x)[V_1 - V_2 - (1 - q)(P_1 - P_2) + pqL] \cdot y(1 - y)[(1 - q)(P_1 - P_2) + V_2 - q(1 - \eta)L] \end{aligned} \quad (9)$$

雅可比矩阵的迹 $\text{tr}(J)$ 为:

$$\text{tr}(J) = (1-2x) \{ [(1-p)(P_2 - P_1) + V_1 - V_2 - pqL]y + [(1-p)(P_1 - P_2) + pqL - C_1] \} + \\ (1-2y) \{ [(1-p)(P_1 - P_2) + V_2 - p(1-q)L]x + [p(P_1 - P_2) - (1-q)L - C_2] \} \quad (10)$$

根据 Friedman 思想,当 $\det(J) > 0$ 、 $\text{tr}(J) < 0$ 时,该点为均衡点;当 $\det(J) > 0$ 、 $\text{tr}(J) > 0$ 时,该点为不稳定点。根据公式(9)和(10),当模型各参数满足:① $C_1 \leq (1-q)(P_1 - P_2) - q\eta L$;② $C_1 \leq V_1 - V_2$;③ $C_2 \leq q(P_1 - P_2) + q(1-q)L$;④ $C_2 \leq (P_1 - P_2) + V_2$ 4 个约束时,C 点为均衡点,(积极监管 G_1 , 积极风险管理 S_1) 为演化稳定策略。满足上述条件时,各点的稳定性分析结果如表 2 所示。

表 2 均衡点稳定性分析表

均衡点	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$	结论
O(0,0)	正	正	不稳定点
A(0,1)	负	不定	鞍点
B(1,0)	负	不定	鞍点
C(1,1)	正	负	ESS

对于 D 点,无法利用常规的雅可比矩阵分析法对其进行分析,因此运用微分分析法进行判断,根据前文条件可知 $\frac{dG(x)}{dy}$ 、 $\frac{dS(y)}{dx}$ 均大于 0,即 $D(x^*, y^*)$ 点为不稳定点。

综上所述,系统的动态演化相位图如图 1 所示。

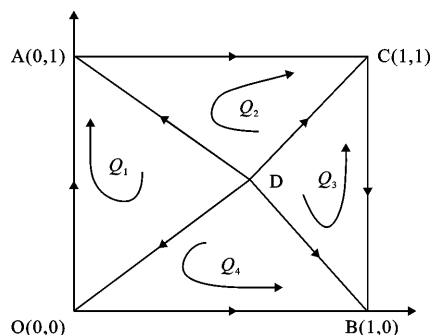


图 1 政府与社会资本方风险管理行为动态演化相位图

政府作为水资源配置 PPP 项目的监管主体,有责任付出一定努力对社会资本方进行监管,保证项目的正常运营。而社会资本方作为水资源配置 PPP 项目的运营主体,其实质为理性经济人,希望自己收益最大化。从工程平稳运行角度出发,在风险管理的博弈过程中,最终使得政府主体和社会资本方向 C(1,1) 点演化,是最被期望的结果。当参数初始值满足以上 5 个约束不等式时,此时 $(x, y) \in Q_2, Q_3$, 风险管理系统收敛于最佳均衡点 C(1,1), 此时水资源配置 PPP 项目平稳运行。

4 结果与分析

由于政府主体和社会资本方组成的复制动态系统较为复杂,影响双方行为策略选择的因素较多^[22]。因此,本文借助 MATLAB 程序对参数进行数值仿真模拟,进一步直观地分析不同因素对政府主体和社会资本方管理行为的影响。

由于水资源配置工程是关系千家万户的民生工程,政府主体在运营阶段的主要目标是保障社会公众利益,保证工程平稳运行;社会资本方实质是理性经济人,在运营阶段的主要目标是追求经济效益,追求自身利益最大化。因此,为不失一般性,将政府主体采取积极监管行为策略的比例设置为 0.6, 将社会资本方采取积极风险管理策略的比例设置为 0.3。

4.1 管理成本 C_1 、 C_2 影响分析

对于政府主体,改变其监管成本 C_1 , 观察政府主体监管行为的演化策略,如图 2 所示;对于社会资本方,改变其风险管理成本 C_2 , 观察其风险管理行为演化策略,如图 3 所示。由图 2 可知,随着监管成本 C_1 的增加,政府主体的策略会转向 $x = 0$ (即消极监管)。这说明,政府主体监管成本的增加会增加政府主体消极监管倾向,导致其选择消极监管行为策略,不利于政府主体管理行为向理想状态演化。同理,由图 3 可知,风险管理成本 C_2 的增加不利于社会资本方管理行为向理想状态演化。

4.2 发生概率 q 、损失 L 与损失分配系数 η 影响分析

通过改变水污染等风险事件发生的概率 q , 观察博弈双方管理行为的演化策略,如图 4 所示。由图 4 可知,随着风险事件发生概率 q 的增大,博弈双方的策略发生转向(积极监管,积极风险管理)。这说明,水污染等风险事件发生概率增大,会增加博弈双方积极管理倾向,有利于博弈双方管理行为向理想状态演化。

图 4 表明双方的管理行为在 $q = 0.5$ 附近发生了转折,因此将水污染等风险事件发生概率 q 设置为 0.5。在此基础上,通过改变损失分配系数 η , 观察博弈双方管理行为的演化策略,如图 5 所示。由图 5 可知,随着政府承担的损失分配系数 η 的增大,博弈双方的策略会由(消极监管,积极风险管理)转向(积极监管,消极风险管理)。这说明,政府承担的损失分配系数 η 的增大,会增加政府主体积极管理倾向,增加社会资本方消极风险管理倾向,不利于博弈

双方管理行为向理想状态演化。

同理,将水污染等风险事件发生概率 q 设置为 0.5,将损失分配系数 η 设置为 0.5。在此基础上,通过改变损失 L ,观察博弈双方管理行为的演化策略,如图 6 所示。由图 6 可知,随着损失 L 的增加,政府主体的策略转为积极监管,社会资本方的策略转为积极风险管理。这说明,损失 L 的增加,会增加博弈双方积极管理倾向,对博弈双方的动态演化起到了正相关的作用,有利于博弈双方管理行为向理想状态演化。

4.3 可行性缺口补助 P_1 、 P_2 影响分析

对可行性缺口补助 P 值进行分析,由于 P_1 为 PPP 合同中预先设定好的值, P_2 为实际值,且 $P_1 \geq P_2$,两者的差值即为政府对社会资本方处以的“罚金”,因此需要对差值 $(P_1 - P_2)$ 进行分析。通过改变

差值 $P_1 - P_2$,观察博弈双方管理行为的演化策略,如图 7 所示。由图 7 可知,随着差值 $(P_1 - P_2)$ 的增加,政府主体的策略转为积极监管,社会资本方的策略转为积极风险管理。这说明,罚金的增加,会增加博弈双方积极管理倾向,对博弈双方的动态演化起到了正相关的作用,有利于博弈双方管理行为向理想状态演化。

4.4 政绩奖励 V_1 与激励补贴 V_2 影响分析

通过改变政绩奖励 V_1 ,观察博弈双方管理行为的演化策略,如图 8 所示。由图 8 可知,随着政绩奖励 V_1 的增大,政府主体的策略会转向 $x = 1$ (即积极监管)。这说明,政府主体得到的政绩奖励增加,会增加政府主体积极监管倾向,使其选择积极监管行为策略,有利于政府方管理行为向理想状态演化。

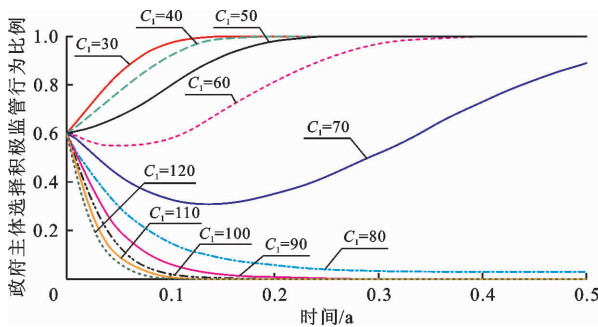


图 2 C_1 对政府主体演化结果的影响 (C_1 单位: 10^4 元)

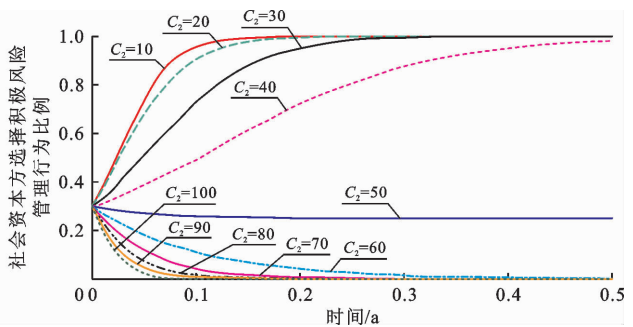


图 3 C_2 对社会资本方演化结果的影响 (C_2 单位: 10^4 元)

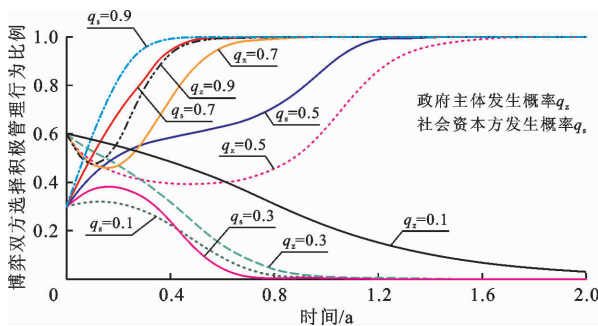


图 4 q 对博弈双方演化结果的影响

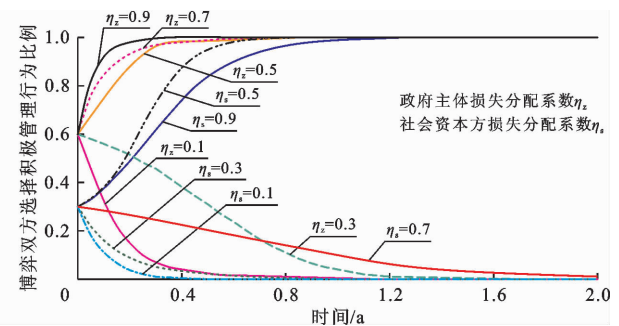


图 5 η 对博弈双方演化结果的影响

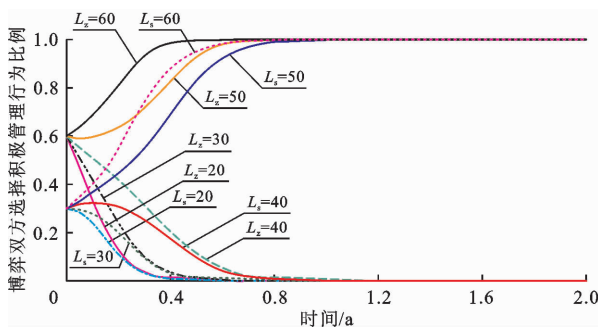


图 6 L 对博弈双方演化结果的影响 (L 单位: 10^4 元)

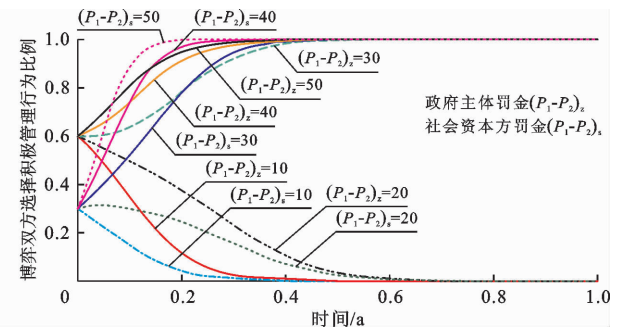


图 7 $P_1 - P_2$ 对博弈双方演化结果的影响 ($P_1 - P_2$ 单位: 10^4 元)

通过改变激励补贴 V_2 ,观察博弈双方管理行为的演化策略,如图 9 所示。由图 9 可知,随着 V_2 的增

大,政府主体的策略转为消极监管,社会资本方的策略转为积极风险管理。这说明,增加 V_2 ,会增加政府

主体消极监管倾向,增加社会资本方积极风险管理

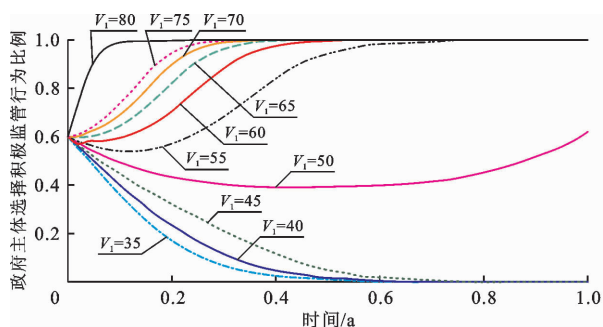


图8 V_1 对博弈双方演化结果的影响(V_1 单位: 10^4 元)

倾向,不利于博弈双方管理行为向理想状态演化。

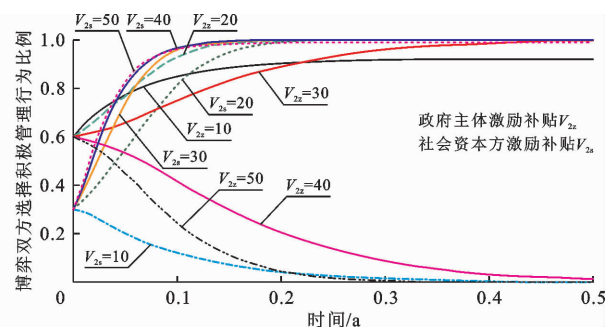


图9 V_2 对博弈双方演化结果的影响(V_2 单位: 10^4 元)

5 讨论

为加强水资源配置工程运营过程风险有效管理,分析水资源配置 PPP 项目核心利益相关方管理行为倾向,对演化策略影响因素开展进一步的讨论。

(1)管理成本。通过上述分析可知,监管成本 C_1 、风险管理成本 C_2 的增加会增加博弈双方的消极管理行为倾向。赵泽斌等^[14]通过研究也指出,降低工程风险管理成本能够提高主体风险管理的积极性。在水资源配置工程运营阶段,社会资本方在积极风险管理时,需要付出确定性的管理成本 C_2 (包括时间成本、技术成本等)时,对其而言是一种“损失”。结合前景理论^[23]可知,决策者在面对收益和损失时,其偏好往往是不对等的。社会资本方具有有限理性特征,使得其在面对确定性的管理成本的损失时,倾向于厌恶损失、追求风险,即倾向于选择消极监管策略。同理,政府主体为了避免付出确定性的监管成本 C_1 (包括人力成本、时间成本等)时,也会倾向于选择消极风险管理策略。

(2)水污染等风险事件。通过上述分析可知,水污染等风险事件发生的概率 q 、水污染等风险事件造成的损失 L 的减少,会增加博弈双方的消极管理行为倾向;政府承担的损失分配系数 η 的增加,会增加政府主体的积极管理行为倾向,增加社会资本方的消极管理行为倾向。虽然沿线存在会形成突发水污染等风险事件的风险源,但是决策者具有侥幸心理,认为水污染等风险事件发生的概率较小,会存在消极管理倾向。但一旦发生水污染等风险事件,治理难度高、影响时间长,政府和社会资本方需付出大量的时间、人力、物力、财力,用于治污和维护社会稳定等。因此增强博弈双方对于消极管理后果的感知,双方会倾向于选择积极管理策略。而对于双方均消极管理造成的损失,应倾向于共同承担,这也与

损失公平分配原则一致^[24]。

(3)可行性缺口补助。通过上述分析可知,可行性缺口补助差值 ($P_1 - P_2$) 的增加,会增加博弈双方的积极管理行为倾向。可行性缺口补助的变动对于政府方来说是一种“收益”,当其不能抵消消极监管带来的损失时,政府方趋向于选择消极监管策略而避免确定性的监管成本支出。可行性缺口补助的变动对于社会资本方而言又是一种“损失”,当“损失”超过社会资本方积极风险管理付出的确定性成本时,则能够激发社会资本方风险管理的积极性,使其趋向于选择积极风险管理策略来避免损失。

(4)奖励机制。通过上述分析可知,政府主体得到的政绩奖励 V_1 的增加会增加政府主体积极监管的行为倾向。因为政绩奖励对于政府来说是额外的收益,当这部分收益增加到超过政府主体积极监管付出的确定性成本时,能够激发政府主体监管的积极性,使其选择积极的监管策略。但通过分析发现,激励补贴 V_2 的设计需考虑实际状况,只有在一定条件下才能实现其有效性^[15]。这是因为,对于社会资本方来说,若激励补贴较低,社会资本方会倾向于选择消极风险管理策略,以避免支付确定性的管理成本。对于政府主体来说激励补贴是一种“损失”,若超过其承受值,则可能会为支付激励补贴而采取消极监管策略以降低确定性成本支出,即会出现激励机制失灵^[25]。

6 结论与建议

本文从风险管理角度,分析了水资源配置 PPP 项目运营期利益相关者的关系,识别出项目核心利益相关者为政府主体和社会资本方,构建了水资源配置 PPP 项目运营期风险管理过程中政府主体和社会资本方行为决策的演化博弈模型,并借助 MATLAB 分析数值,得出影响演化稳定策略的因素

有:政府主体和社会资本方双方积极管理的成本、水污染等风险事件造成的损失与损失分配系数、可行性缺口补助和奖励。为加强水资源配置工程运营过程风险的有效管理,结合演化稳定策略影响因素,本文提出如下建议措施:

(1) 双方应通过优化风险管理方法,升级监管技术,实现风险管理成本最小化。可通过整合多方资源,建立信息共享平台,加强风险信息的透明与共享^[26];运用现代信息技术手段,结合“河长制”信息化管理平台,实现视频监控全线覆盖,构建供水安全全方位保障体系,降低双方确定性的管理成本,全面提升水资源配置工程供水安全管理水平。

(2) 双方应建立应急预案体系,营造公平的合作氛围。根据项目实际情况,制定水污染等突发事件的应急预案,建立健全应急预案体系,建设相应的应急设施,并做好应急演练;在签订 PPP 合同时,应事先确定合理的损失分配系数,营造公平合作的氛围;有效落实责任分配机制,提高双方对消极管理后果的感知,有利于促进双方的积极管理行为。

(3) 政府主体应设置合理的奖惩机制和监督机制。政府主体可根据水资源配置工程运行的实际情况、风险发生的可能性及产生的损失、后果,合理确定奖惩力度,优化奖惩机制;同时应设置合理的监督机制,如建立绩效评估体系,开展公众满意度调查等,在一定程度上能够促使社会资本方积极地进行风险管理,确保工程平稳运行。

参考文献:

- [1] 刘博,孙付华.政府与社会资本合作模式下新建跨流域调水工程项目的协同机制[J].中国科技论坛,2016(3):126-130+155.
- [2] 盛昭瀚,薛小龙,安实.构建中国特色重大工程管理理论体系与话语体系[J].管理世界,2019,35(4):2-16+51+195.
- [3] 严登华,王浩,周梦,等.全球治水模式思辨与发展展望[J].水资源保护,2020,36(3):1-7.
- [4] 江新,李雪莲,吴静涵,等.敏感性水利工程社会稳定风险演化 SD 模型[J].中国安全科学学报,2021,31(4):18-26.
- [5] SHRESTHA A, AIBINU A A, CHAN T K, et al. Risk allocation in public private partnerships in China's water projects: A principal agent approach[J]. Water Resources Management VII, 2013, 171: 85-96.
- [6] 刘闯,宋玲,蒙锦涛.引调水 PPP 项目风险分担的区间模糊 Shapley 值方法[J].水电能源科学,2018,36(6):162-166.
- [7] 陈述,梁霄,席炎,等.跨区域调水 PPP 项目收益分配研究[J].人民黄河,2020,42(5):76-80.
- [8] OSEI-KYEI R, CHAN A P C. Review of studies on the critical success factors for public-private partnership (PPP) projects from 1990 to 2013 [J]. International Journal of Project Management, 2015, 33(6): 1335-1346.
- [9] 屈宇飞,王慧敏.南水北调供水区水污染治理策略选择的演化博弈分析[J].统计与决策,2012(5):58-62.
- [10] 刘孟凯,郭晶.调水工程水源区与受水区利益演化博弈分析[J].水电能源科学,2020,38(3):58-61.
- [11] 宋晓峰,李宏伟,马清瑞,等.长距离输配水工程受水区水污染防治措施规划研究[J].陕西水利,2019(2):106-107+110.
- [12] 唐湘茜,万艳雷,陈浩.引调水工程水污染应急处置技术及决策支持系统[J].水利水电快报,2020,41(10):8-9.
- [13] 高云莉,王庆春,王楠楠.工程项目主体在风险管理合作中的演化博弈分析[J].数学的实践与认识,2012,42(9):33-37.
- [14] 赵泽斌,满庆鹏,安实.工程风险管理行为演化博弈分析[J].系统管理学报,2017,26(6):1054.
- [15] 陈艳,吕云翔,谢运慧.基于 PT-MA 理论的 PPP 项目风险管理行为演化博弈分析[J].系统科学学报,2020,28(4):65-70.
- [16] 程曦.基于利益相关者满意的 PPP 项目目标体系研究[J].项目管理技术,2014,12(11):72-76.
- [17] 郎坤,刘国新,袁霞.高速公路 PPP 项目利益相关者分析及合作研究[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2020,42(1):73-78.
- [18] 彭为,陈建国,伍迪,等.政府与社会资本合作项目利益相关者影响力分析——基于美国州立高速公路项目的实证研究[J].管理评论,2017,29(5):205-215.
- [19] 刘博,沈菊琴,孙付华.PPP 模式下调水工程项目运作方式选择研究[J].中国农村水利水电,2017(12):140-144.
- [20] 李小莉.考虑声誉的公私合作项目监管演化博弈分析[J].系统工程学报,2017,32(2):199-206.
- [21] 汪勇杰,陈通,邓斌超.公共文化 PPP 项目风险分担的演化博弈分析[J].运筹与管理,2016,25(5):21-27.
- [22] 庄丽,马婷婷,刘硕,等.基于 PT-MA 理论的装配式建筑施工安全管理行为演化博弈分析[J].工业工程,2021,24(2):68-76+118.
- [23] 袁宏川,张伟龙,游佳成.基于改进云模型的水利 PPP 项目风险分担研究[J].水资源与水工程学报,2018,29(6):122-126.
- [24] 石志伟.基于前景理论的 PPP 项目共享风险管理行为演化博弈研究[D].西安:西安建筑科技大学,2020.
- [25] 付晓灵,翟子瑜.水环境治理 PPP 项目利益主体行为的演化博弈研究[J].资源与产业,2021,23(3):70-78.
- [26] 孙博,郭小雅,曹倩.胶东调水工程供水安全风险分析及管控对策研究[J].水资源开发与管理,2020(2):14-17.