

邻避设施 PPP 项目风险合理分担的博弈研究

张 杰, 尚宣汝

(山东科技大学 经济管理学院, 山东 青岛 266590)

摘要:在政府和社会资本合作(PPP)模式下,完善邻避设施项目的风险分担机制有助于项目的顺利实施。从政府和社会资本两个角度,基于风险识别和风险分担博弈模型进行了初步博弈研究,判定风险分担方法和影响双方风险分担的因素,并进行了项目风险分担比例的博弈求解。同时,基于讨价还价博弈模型分析了双方风险分担比例,并在包括银行、项目监理方、项目承包方等多个主体的社会资本内部建立联合体模型,进一步探究社会资本各方的风险分担比例。研究表明,在初步风险分担过程中,影响风险分担比例的因素主要是参与方的风险偏好和风险承担能力,但参与项目的社会资本对风险的偏好度也会影响风险的分担比例。未来应进一步完善邻避设施 PPP 项目的相关法律法规,建立合理的风险分担机制;并积极协调政府和社会资本双方的利益,追求社会和经济的双重效益;与此同时,还应增加项目参与方信息的对称性,提高社会资本的公平感知,以及完善政府与社会资本的约束机制和监督评估机制。

关键词:邻避设施 PPP 项目;风险分担;社会资本内部联合体;博弈模型

中图分类号:C934

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2023)03-0080-10

一、引言

邻避设施作为公众生活中不可或缺的设施项目,因其具有一定的污染性和对健康的威胁性而容易引起所在区域群众的嫌恶,产生“邻避效应”。这类项目运营周期较长,且涉及包括政府、公众、企业等在内的多方主体的利益,容易导致矛盾的产生和风险的多样化,进一步加剧项目建设与运营的失败或破产概率。加之邻避设施的社会影响面较大,一旦实施过程出现偏差很容易引起局部性的社会波动。为减少因项目失误或失败而导致的社会风险,常常将政府和社会资本合作(Public Private Partnership, PPP)模式应用于邻避设施项目的建设运营,设置邻避设施 PPP 项目。PPP 项目指的是政府与社会资本之间基于特许权协议建立合作伙伴关系,并确保合作的顺利进行,在合作伙伴存续期间签署合作与义务合同,最终通过合作使双方所获利益比单独行动时的预期收益更高的项目。PPP 模式从在我国出现到如今已经历了四个发展阶段:探索试行阶段、稳步推广阶段、波动发展阶段、全面普及阶段。PPP 模式的优势在于缓解政府财政压力、提高公共设施的供给效率。虽然 PPP 模式的实施运行在我国取得了较大进展,但在理论研究方面尚不够完备,需要进一步加强。基于此,本文运用博弈模型对邻避设施 PPP 项目参与方之间的风险分担进行研究,旨在降低风险的发生以及提升各参与方在发生风险时的应对速度从而减少损失,以期政府、社会资本方及其内部主体之间的风险管理提供参考和建议。

国内外学者们对 PPP 项目和邻避设施的内涵、外延及规划设计等多个方面进行了深入研究,其中,关于 PPP 项目的风险种类及其形成机制的探讨是该领域目前的一个热点。Li B 等将风险分为三类,分别是宏观风险、中观风险和微观风险,并根据各参与方的风险偏好指出,通常政府承担宏观风险和小部分中观

收稿日期:2022-09-12

基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2020MG041)

作者简介:张 杰(1975—),男,河南光山人,山东科技大学经济管理学院教授、博士生导师。

风险,社会资本方承担大部分的中观风险和微观风险。^[1]程敏等以邻避设施 PPP 项目为样本,采用扎根理论分析了其主要风险,并阐述了风险体系内外部之间的关联性,给出了防范风险的政策建议。^[2]李妍等通过研究发展中国家 PPP 项目的数据样本,分析了国家环境制度对 PPP 项目风险分担结构的影响,认为制度环境会对风险分担结构的选择产生混合效应。^[3]景诗龙等构建了 PPP 模式在中国发展的动力机制理论框架,分析了 PPP 模式发展的动力障碍,并提出了加快中国 PPP 模式发展的策略建议。^[4]还有部分学者采用数学模型对 PPP 项目风险与收益之间的内在关系进行了研究。Medda F 是国外较早采用博弈方法对 PPP 项目风险分担进行研究的学者,^[5]但由于当时 PPP 项目发展的局限性,研究内容并不是十分深入。邵颖红等采用问卷调查的方式收集数据,并运用结构方程模型考察分析了 PPP 项目中民营企业的合作意愿,认为机会主义感知对合作意愿具有链式中介作用。^[6]欧纯智等运用博弈方法探讨了政府与社会资本所形成的伙伴关系之间的权力和利益结构,认为权力与利益的分配方式会影响 PPP 项目的风险分担与收益获取。^[7]段世霞等基于不对称纳什均衡构建了两阶段动态收益分配模型,对影响 PPP 项目收益分配的因素进行了分析。^[8]Zheng C 等对公路 PPP 项目进行研究,利用结构化问卷收集验证了 21 个关键风险因子,通过 CFA 模型衡量了公路 PPP 项目的残值风险。^[9]王军武等基于轨道交通 PPP 项目,从动态博弈角度对风险关联的潜在不良效应进行研究,探索项目参与方在风险分担过程中选择不同策略所带来的不同问题。^[10]梁秀峰等运用系统动力学对 PPP 项目的绩效付费机制进行了研究,并对绩效监督机构和项目公司的演化博弈进行了分析。^[11]

概而言之,学者们对 PPP 项目的诸多方面进行了大量研究,主要集中在设施选址、冲突治理等方面,并取得了丰硕成果。在关于 PPP 项目风险方面的研究上,学者们虽然也从不同研究视角得出相关结论但尚未形成体系,更缺少对邻避设施 PPP 项目风险分担这一专门问题的深入探讨。基于此,本文将政府、社会资本及其内部参与方作为研究对象,基于多方的风险偏好,构建邻避设施 PPP 项目的风险分担博弈模型并对模型进行求解,探求关键风险因素,以实现政府、社会资本及其内部各主体之间的风险均衡分担,从而提高邻避设施 PPP 项目实施的可行性和运营的稳健性。

二、邻避设施 PPP 项目初步风险分担博弈模型

(一) 风险分担主体

风险分担是指项目参与者之间以某种形式按照某种规则对风险要素进行合理的分配,各方共担风险,这属于应对项目风险的一种策略,目的是使风险能够控制在各参与方风险承担度的范围之内,并最终实现各风险分担主体互惠互利、合作共赢的目标。合理划分风险分担主体对风险分配至关重要,有利于各个主体明确自身需要承担的责任和义务,提高各风险分担主体行为的谨慎性和理性程度。邻避设施 PPP 项目是由政府和社会资本联合建设的项目,因此,政府和社会资本既是此项目的合作参与方,也是项目风险分担的主体。

为了减少项目建设过程中发生风险,且在风险发生时能够合理地分担风险,并在风险发生后有效地划分风险责任,需要首先对风险分担主体的风险偏好进行分析。通常而言,项目各参与方的利益追求并不相同,各参与方为了能够实现自身利益最大化,在风险分配过程中会进行多次谈判。政府和社会资本作为邻避设施 PPP 项目的建设参与方,二者所追求的利益目标并不相同,他们亦会在风险分担博弈过程中进行多次谈判,以使谈判结果能够保障双方的利益。基于此,可选用讨价还价博弈模型对政府和社会资本之间的风险分担进行研究。除此之外,由于邻避设施 PPP 项目的特殊性,参与建设该类项目的社会资本通常不会是单一主体,其内部会包含多个主体,彼此共同承担此项目的设计和建设。因此,需要更为深入地分析社会资本联合体内部不同参与方的风险分担情况。考虑到联盟内部信息的相对完备,可选择完全信息静态博弈模型来确定各方风险的分担比例。此外,项目参与方的风险偏好会受到各自项目效益的影响,进而作用于风险分担比例,所以在进行风险分担研究时还需要考虑参与方的效益追求。

(二)初步风险分担博弈模型的构建

项目参与方是否愿意分担风险以及对风险的分担程度会受到风险偏好的影响,项目参与方会判断承担风险所带来的收益还是损失。参与方的风险偏好越大,表示其更愿意承担风险,即希望通过承担高风险来获得高收益,这也预示了承担方往往具有较好的风险管控能力。因此,本文基于风险偏好建立风险分担模型,以判断政府和社会资本是否会承担项目风险。

1. 模型构建要素和假设前提

根据风险偏好的影响因素,选定模型基本要素。以 i 表示项目参与方, $i=1$ 和 $i=2$ 分别代表参与方为政府和社会资本方。因为邻避设施 PPP 项目中政府与社会资本之间的信息是公开的,所以双方在清楚风险发生概率的情况下可以自由选择是否承担风险,也就是政府和社会资本方拥有承担风险(x_1)和不承担风险(x_2)两种可选择策略。假设在邻避设施 PPP 项目中存在 n 种风险,则 $\lambda_i^j (i=1,2; j=1,2,\dots,n)$ 表示参与者 i 分担第 j 种风险, R_i^j 表示分担风险所获得的收益, C_i^j 表示分担风险所付出的成本, L_i^j 表示分担风险所获得的净收益。

考虑到政府与社会资本之间信息是互相公开的,这就意味着模型处于完全信息状态。在此基础上,基于项目参与方的风险偏好做出如下假设。

假设一:社会资本和政府双方都希望在谈判最后时刻能够达成统一协议,并且双方最后都能够获得收益。

假设二:任意风险之间是相互独立的。

假设三:对风险承担的选择会影响风险收益与风险成本,且风险收益和风险成本与风险承担之间呈线性关系,即:

$$\begin{cases} R_i = \alpha_i^1 \lambda_i^1 + \alpha_i^2 \lambda_i^2 + \dots + \alpha_i^{n-1} \lambda_i^{n-1} + \alpha_i^n \lambda_i^n, \\ C_i = \beta_i^1 \lambda_i^1 + \beta_i^2 \lambda_i^2 + \dots + \beta_i^{n-1} \lambda_i^{n-1} + \beta_i^n \lambda_i^n, \end{cases} \quad (1)$$

其中, α_i^j 和 β_i^j 分别表示风险承担方承担风险时的收益权重和成本权重, $i=1,2$ 。

2. 模型构建和求解

根据风险偏好情况和模型假设,为保证邻避设施 PPP 项目的顺利实施,风险分担比例结果需满足政府和社会资本双方各自的收益要求。基于风险承担收益和风险承担成本,风险承担方的净收益表示为 L_i :

$$L_i = R_i - C_i = \sum_{j=1}^n (\alpha_i^j - \beta_i^j) \lambda_i^j = \sum_{j=1}^n \theta_i^j \lambda_i^j, \quad (2)$$

其中, θ_i^j 表示风险承担方的风险偏好系数,且 $\theta_i^j = \alpha_i^j - \beta_i^j, i=1,2$ 。

由此,面对单一风险时,根据风险分担双方基于各自风险偏好所作出的承担风险或不承担风险的决策构建博弈模型,如表 1 所示。

根据所建立的模型,可进一步得到基于风险偏好系数的博弈纳什均衡结果。

(1)当 $\theta_1^j > 0, \theta_2^j > 0$ 时,纳什均衡为(承担,承担),政府和社会资本均对风险 j 持偏好的态度;当 $\theta_1^j < 0, \theta_2^j < 0$ 时,纳什均衡为(不承担,不承担),政府和社会资本对风险 j 所持态度均为厌恶,这种情况在邻避设施 PPP 项目中较为常见,此时,该项目风险往往由双方共同承担。

(2)当 $\theta_1^j > 0, \theta_2^j < 0$ 时,纳什均衡为(承担,不承担),政府($i=1$)的风险收益大于风险成本,政府表现为偏好风险,而社会资本方($i=2$)的风险净收益小于 0,对风险持厌恶态度,此时风险 j 将由政府承担;当 $\theta_1^j < 0, \theta_2^j > 0$ 时,纳什均衡为(不承担,承担),社会资本方($i=2$)在承担该风险时获得的收益大于付出的

表 1 基于风险偏好的风险分担静态博弈模型

		社会资本	
		承担	不承担
政府	承担	$(\theta_1^j \lambda_1^j, \theta_2^j \lambda_2^j)$	$(\theta_1^j \lambda_1^j, 0)$
	不承担	$(0, \theta_2^j \lambda_2^j)$	$(0, 0)$

成本,其将对该风险表现出偏好的态度,而政府($i=1$)的风险净收益小于0,对风险持厌恶态度,此时风险 j 将由社会资本方承担。综合而言,此种纳什均衡情境中单一风险将由项目参与者中的单方承担。

(三)风险因素的分类

参考风险分担静态博弈模型的结果,基于风险偏好对政府和社会资本分担风险的类型进行分析。由于政府通常承担宏观风险和小部分中观风险,社会资本方则承担大部分的中观风险和微观风险,^[12]邻避设施 PPP 项目中可能遇到的风险类型,以及政府和社会资本各自偏好分担的风险因子如表 2 所示。

表 2 邻避设施 PPP 项目初步分担中的风险要素分类

风险等级	风险要素	风险因子	风险等级	风险要素	风险因子
宏观风险	政治风险	政府失信	中观风险	收益风险	收入不足
		政策变更			政府限制
		项目审批延误			居民观念变化
	经济风险	利率		融资风险	融资可行性
		通货膨胀			融资成本增加
		税率提升			资金延期到位
		法律风险	法律变更		设计风险
	抵押权、出租权		设计变更		
	合同规范性		施工质量		
	自然风险	不可抗力	微观风险	建设风险	施工安全风险
区域气候		成本超支			
区域地质条件		完工风险			
中观风险	市场风险	偷窃行为		运营风险	运营商能力缺陷
		产品输送中断			环境破坏
		需求变化、价格变化			运营安全

通过分析政府和社会资本对各风险的偏好情况,参考既有研究成果,可以初步判断出某一风险到底是由政府单方面承担还是社会资本单方面承担,或是由双方共同承担。其中,由双方承担的风险通常包括:通货膨胀、利率、设施抵押权与出租权、不可抗力、区域气候、项目市场需求变化、收入不足、区域居民观念变化、融资可行性、环境破坏等,以上风险分担结果总体上符合 Li 的风险分配方法。为进一步强化共担风险的管理成效,还需进一步采用动态博弈模型确定各自风险分担的比例。

三、邻避设施 PPP 项目风险最优分担比例博弈模型

(一)公私部门讨价还价的动态博弈模型构建

本部分构建并研究了公共部门(政府)与私营部门(社会资本)的讨价还价动态博弈模型。由于风险共担方案是项目参与双方基于各自的收益与风险,力求自身利益最大化所形成的双方均认可的风险分担均衡点。这就表明,合理的风险分担方案可以避免私营部门为追求自身利益而做出损害社会公共利益的行为,也可以对公共部门产生一定的约束。风险分配的过程就是公共部门和私营部门根据双方所掌握的信息以及所追求的利益,就风险分担比例进行反复谈判的过程,最终得到使双方均满意的结果。该过程具有动态变化性,因此需要采用讨价还价博弈模型进行反映,其最终的纳什均衡结果就是风险分担的最终结果。

1. 模型参数及基本假设

政府与社会资本之间讨价还价模型的主要参数如下。

(1) 谈判损耗系数 α ($\alpha > 1$)。作为邻避设施 PPP 项目的参与方, 政府与社会资本在谈判过程中不可避免地会产生谈判成本, 且双方谈判的次数越多, 产生的时间成本和机会成本就越高, 收益也会因此降低。因此, 基于谈判双方的成本、耐心和谈判能力等设置谈判损耗系数。根据实际中政府与社会资本信息力量的悬殊可知, 政府所掌握的信息往往较完备则谈判成本较低, 而社会资本的信息存在缺失则谈判成本较高, 所以两者谈判损耗系数之间的关系为 $\alpha_1 < \alpha_2$ 。

(2) 谈判双方地位不对等引起的风险转移份额 β 。在邻避设施 PPP 项目中, 政府与社会资本之间地位是不平等的。由于政府方往往占主导地位, 其在谈判过程中可能会出现将风险因素转移至社会资本的情况。假设谈判进行 n 个环节, 则每次政府向社会资本进行风险转移的份额为 β_i ($i=1, 2, \dots, n$)。但为了吸引社会资本参与项目建设, 政府转移的风险通常也不会太高, 不会超过自身承担的风险比例。若用 ν_i 表示社会资本每个谈判回合承担的风险份额, 则政府承担的风险份额为 $1-\nu_i$, 即 $0 \leq \beta_i \leq 1-\nu_i \leq 1$ ($i=1, 2, \dots, n$)。在实际谈判过程中, 也可能存在两种极端情况, 一是, 政府出于对项目成功率的高追求而不会对风险进行转移, 此时 $\beta_i=0$; 二是, 政府出于对自我风险的绝对规避而会将自身承担的全部风险转移至社会资本方, 此时 $\beta_i=1$ 。

模型构建的基本假设如下。

假设一: 政府与社会资本作为博弈双方均是理性的, 双方均希望谈判结果能使对方满意, 并且希望通过谈判来实现各自利益的最大化。

假设二: 政府与社会资本之间的信息是相互公开的, 双方均了解对方所选取的策略。

假设三: 政府与社会资本在博弈谈判的各回合中, 双方承担的风险比例之和为 1, 且不同风险之间是相互独立的。

假设四: 政府为了吸引社会资本参与邻避设施建设, 谈判过程中将由社会资本率先提出自我愿意承担风险的比例。

2. 讨价还价博弈模型构建

政府与社会资本的第一轮博弈谈判: 根据上述模型参数及假设, 假定社会资本在第一轮谈判中承担风险的份额为 ν_1 , 则政府承担的风险份额为 $1-\nu_1$; 假设政府在此轮谈判中转移的风险份额为 β_1 , 则社会资本需要承担的风险份额就会增加 β_1 。在共担风险中, 政府和社会资本分担风险的比例分别用 P_i 和 Q_i 表示, 则可以得到第一回合的谈判结果:

$$\begin{cases} P_1 = 1 - \nu_1 - \beta_1 \\ Q_1 = \nu_1 + \beta_1 \end{cases} \quad (3)$$

若双方均对该方案表示满意, 则谈判过程结束; 反之, 需要进行下一轮谈判。

政府与社会资本的第二轮谈判博弈: 在此轮谈判中, 由政府先对风险分担比例提出解决方案。假设在该方案中社会资本承担的风险比例为 ν_2 , 那么, 政府承担的风险比例为 $1-\nu_2$ 。同时, 此轮谈判中政府方转移的风险份额为 β_2 , 则社会资本方增加的风险份额为 β_2 , 且第二回合的谈判产生了谈判损耗, 双方的谈判损耗系数分别是 α_1 和 α_2 , 最终第二轮的谈判结果为:

$$\begin{cases} P_2 = \alpha_1 (1 - \nu_2 - \beta_2) \\ Q_2 = \alpha_2 (\nu_2 + \beta_2) \end{cases} \quad (4)$$

若双方均接受该风险分担方案, 则谈判结束; 反之, 需要进行第三轮谈判。因文章篇幅问题不再对后续谈判过程一一赘述, 但现实社会中以上的谈判过程将周而复始一直进行下去, 直至双方对谈判结果均满意为止, 具体见表 3。

表 3 讨价还价博弈过程

谈判回合	方案提出方	政府风险分担	社会资本风险分担
第一轮谈判	社会资本方提出	$1-\nu_1-\beta_1$	$\nu_1+\beta_1$
第二轮谈判	政府方提出	$\alpha_1(1-\nu_2-\beta_2)$	$\alpha_2(\nu_2+\beta_2)$
第三轮谈判	社会资本方提出	$\alpha_1^2(1-\nu_3-\beta_3)$	$\alpha_2^2(\nu_3+\beta_3)$
...

3. 博弈模型求解最优策略

分析上述社会资本与政府多个回合的谈判,在奇数回合提出方案的一方均为社会资本方,因此,为了减少谈判产生的成本,奇数回合谈判开始的结果是无差别的。为了方便地得出博弈模型的均衡结果,针对第三轮谈判采用逆推的方式进行求解。首先,在第三回合的讨价还价博弈中, $Q_3=\alpha_2^2(\nu_3+\beta_3)$ 为社会资本所承担的风险分担比例, $P_3=\alpha_1^2(1-\nu_3-\beta_3)$ 为政府的风险分担比例。根据这个结果,逆推到第二回合谈判。由于第二轮风险分担方案由政府提出,分析可得双方风险分担比例关系为 $Q_2>Q_3$ 。当社会资本对政府提出的方案不满意,双方意见不一致时,博弈才能进行到第三轮。由于政府和社会资本方都是理性经济人,政府为减少谈判成本及谈判损耗,将愿意提高自己的风险承担比例,提出最优策略为 $Q_2=Q_3$ 即 $\alpha_2(\nu_2+\beta_2)=\alpha_2^2(\nu_3+\beta_3)$ 。继续求解得 $\nu_2=\alpha_2(\nu_3+\beta_3)-\beta_2$,此时政府风险分担的情况为:

$$\begin{cases} P_2=\alpha_1(1-\nu_2-\beta_2)=\alpha_1(1-\alpha_2\nu_3-\alpha_2\beta_3) \\ P_3=\alpha_1^2(1-\nu_3-\beta_3) \end{cases}, \quad (5)$$

$$P_2-P_3=\alpha_1(1-\alpha_2\nu_3-\alpha_2\beta_3)-\alpha_1^2(1-\nu_3-\beta_3)=\alpha_1[(1-\alpha_1)+(\alpha_1-\alpha_2)(\nu_3+\beta_3)]. \quad (6)$$

由于 $\alpha_2>\alpha_1>1, \nu>0, \beta>0$,则 $P_2-P_3<0$,即 $P_2<P_3$,该结果表明政府在第二轮方案中承担的风险比例小于第三轮博弈方案中风险承担的比例,所以社会资本方不会接受该结果,从而进行到第二回合的博弈谈判。同理,逆推至第一轮谈判。社会资本为减少谈判成本,且使自身风险分担最小化,提出最优策略为 $P_1=P_2$ 即 $1-\nu_1-\beta_1=\alpha_1(1-\nu_2-\beta_2)$ 。继续求解得 $\nu_1=1-\beta_1-\alpha_1+\alpha_1\nu_2+\alpha_1\beta_2$,将 ν_2 代入其中则 $\nu_1=1-\alpha_1-\beta_1+\alpha_1\alpha_2\nu_3+\alpha_1\alpha_2\beta_3$ 。已知第一轮与第三轮同为奇数回合,谈判开始的结果无差别,所以 $\nu_3=\nu_1=1-\alpha_1-\beta_1+\alpha_1\alpha_2\nu_3+\alpha_1\alpha_2\beta_3$,求得:

$$\nu_3=\frac{\alpha_1+\beta_1-\alpha_1\alpha_2\beta_3-1}{\alpha_1\alpha_2-1}。 \quad (7)$$

可以得到社会资本风险分担的纳什均衡解为:

$$\nu^*=\frac{\alpha_1+\beta_1-\alpha_1\alpha_2\beta_3-1}{\alpha_1\alpha_2-1}。 \quad (8)$$

政府承担风险分担比例的纳什均衡解为:

$$1-\nu^*=\frac{\alpha_1\alpha_2\beta_3+\alpha_1\alpha_2-\alpha_1-\beta_1}{\alpha_1\alpha_2-1}。 \quad (9)$$

4. 模型分析

根据所求的纳什均衡结果,可以得出政府和社会资本风险分担比例的分配结果,该结果将主要受到谈判损耗系数(α)和风险转移份额(β)两个因素的影响。现对这两个影响因素进行分析。首先,谈判损耗系数由谈判双方在谈判过程中需要付出的谈判成本决定,每轮谈判产生的成本越低,相应的谈判损耗系数就会较小。在此次的谈判博弈中,社会资本具有的特点是基数大,所以谈判过程中谈判损耗系数降低的绝对值就大。假定风险转移份额不变,则谈判损耗系数越小,双方谈判过程中的风险也会降低。根据所得到的均衡结果,政府谈判损耗系数(α_1)为定值的情况下,社会资本损耗系数(α_2)越小,政府需要承担的风险比例也就越小,但社会资本所承担的风险比例却相应地会变大。类似的,社会资本损耗系数(α_2)

一定时,政府谈判损耗系数(α_1)越小,社会资本风险分担比例就越小。其次,风险转移份额由谈判双方地位不均等所导致,通常在实际谈判中,参与邻避设施 PPP 项目的政府会在逐轮谈判过程中将风险份额转移给社会资本。根据所得的纳什均衡结果,当政府在第一轮谈判中向社会资本转移大量风险时,第三轮博弈谈判中转移的风险就会较小,即 β_1 越大、 β_3 越小时,所得到的结果就是政府风险分担比例较小、社会资本风险分担的比例较大。为了使项目能够顺利进行,政府应当削弱自我的优先性,减少风险转移份额,以提高社会资本参与项目的积极性。

(二) 社会参与方内部风险分担的完全信息静态博弈

通常而言,在邻避设施 PPP 项目的实施过程中,并不只包含一个社会资本参与方,在得出社会资本与政府双方风险分担的份额后,需要对社会资本内部各主体风险分担情况进行研究。根据实际案例,参与项目的社会资本通常包括银行(或投资方)、项目监理方、项目承建方。考虑到内部各方信息的相互公开,采用完全信息静态博弈研究三个参与方的风险分担情况。

1. 模型构建与基本假设

假设社会资本三方联合体各自需要承担的风险个数为 m 个, λ_i^j 表示第 i 个参与方承担第 j 个风险,其中 $i=1,2,3$,分别表示银行、项目监理方、项目承建方; R_i^j 表示参与方分担风险所获得的收益; C_i^j 表示参与方分担风险所付出的成本; L_i^j 表示参与方分担风险所获得的净收益,且 $L_i^j = R_i^j - C_i^j$ 。

假设一:参与方承担风险所付出的成本和所获得的收益均与风险承担情况呈现出线性关系,且收益权重和成本权重分别为 α_i^j, β_i^j ,则风险收益与风险成本同风险之间的关系为:

$$\begin{cases} R_i^j = \alpha_i^j \lambda_i^j \\ C_i^j = \beta_i^j \lambda_i^j \end{cases} \quad (10)$$

风险净收益为:

$$L_i^j = (\alpha_i^j - \beta_i^j) \lambda_i^j = \theta_i^j \lambda_i^j \quad (11)$$

其中, $\alpha_i^j - \beta_i^j$ 为风险偏好系数,用 θ_i^j 表示。

假设二:银行、项目监理方、项目承建方均为理性经济人。

假设三: m 个风险之间是相互独立的。

假设四:对于单个风险 j ,银行、项目监理方、项目承建方所承担的风险比例份额分别为 ν_1, ν_2, ν_3 ,且 $\nu_1 + \nu_2 + \nu_3 = 1$ 。

2. 模型构建

在面临不同的风险时,社会资本联合体中各参与方会根据自身情况选择是否承担风险,以及承担风险的程度。用 d_y 表示参与方在承担风险时所做出的努力程度, d_n 表示参与方不承担风险的概率,则有:

$$R_i^j = \alpha_i^j d_y, \quad (12)$$

$$C_i^j = \beta_i^j d_y, \quad (13)$$

$$L_i^j = (\alpha_i^j - \beta_i^j) d_y = \theta_i^j d_y. \quad (14)$$

首先,社会资本参与项目的根本目的是追求利益,因此风险分配需要明确各社会资本方的收益来源,这主要源于两个方面:由产出带来的收益 τ 和由社会资本承担风险所带来的收益 L_i 。因此参与风险分担的社会资本所获得的总收益为 $T_i = L_i + \tau$ 。现对产出收益和风险收益进行分析,过程如下。

产出收益为:

$$\tau = f(x_1 + x_2 + x_3) + \epsilon, \quad (15)$$

其中, x_i 为第 i 个参与方为分担风险所做出努力程度, ϵ 为服从正态分布的自然环境变量。

可以得出各社会资本参与方的产出收益为:

$$f_1 = (\nu_1 d_y^r + \nu_2 d_y^r + \nu_3 d_y^r)^{\frac{1}{r}} = d_y. \quad (16)$$

风险收益为:

$$L_i = \alpha_i \nu_i d_y - \beta_i \nu_i d_y = \theta_i \nu_i d_y, i=1,2,3. \quad (17)$$

因此,得出各社会资本参与方的收益为:

$$\begin{cases} T_1 = \theta_1 \nu_1 d_y + d_y \\ T_2 = \theta_2 \nu_2 d_y + d_y \\ T_3 = \theta_3 \nu_3 d_y + d_y \end{cases}, \quad (18)$$

其中, T_1 、 T_2 、 T_3 分别为银行、项目监理方、项目承包方的分目标价值函数。

各参与方的分目标价值函数确定之后,需要选择适当的合并原则以体现分目标与总目标之间的关系。文章采用惩罚规则来确定效应函数,相应的最优化模型如下:

$$Maxf(T) = T_1 \times T_2 \times T_3 = (\theta_1 \nu_1 d_y + d_y) \times (\theta_2 \nu_2 d_y + d_y) \times (\theta_3 \nu_3 d_y + d_y), \quad (19)$$

其中 $\nu_1 + \nu_2 + \nu_3 = 1$ 。

3. 模型求解

现采用 Lagrange 函数求解最优化问题:

$$\Gamma = (\theta_1 \nu_1 d_y + d_y) (\theta_2 \nu_2 d_y + d_y) (\theta_3 \nu_3 d_y + d_y) + \lambda (\nu_1 + \nu_2 + \nu_3 - 1), \quad (20)$$

其中 λ 为 Lagrange 乘数。式子(20)最优解满足一阶条件:

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial \nu_1} = 0, \frac{\partial \Gamma}{\partial \nu_2} = 0, \frac{\partial \Gamma}{\partial \nu_3} = 0。$$

即:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Gamma}{\partial \nu_1} = \theta_1 d_y (\theta_2 \nu_2 d_y + d_y) (\theta_3 \nu_3 d_y + d_y) + \lambda = 0 \\ \frac{\partial \Gamma}{\partial \nu_2} = \theta_2 d_y (\theta_1 \nu_1 d_y + d_y) (\theta_3 \nu_3 d_y + d_y) + \lambda = 0 \\ \frac{\partial \Gamma}{\partial \nu_3} = \theta_3 d_y (\theta_1 \nu_1 d_y + d_y) (\theta_2 \nu_2 d_y + d_y) + \lambda = 0 \end{cases}。 \quad (21)$$

整理并求解上式,可得社会资本各参与方的均衡解为:

$$\begin{cases} \nu_1 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{\theta_2} + \frac{1}{\theta_3} - \frac{2}{\theta_1} + 1 \right) \\ \nu_2 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_3} - \frac{2}{\theta_2} + 1 \right) \\ \nu_3 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2} - \frac{2}{\theta_3} + 1 \right) \end{cases}。 \quad (22)$$

4. 模型结论

根据上述计算的均衡结果,可以得知社会资本各参与方分担风险的比例将受到风险偏好系数(θ_i)的影响。当社会资本的风险偏好系数越大,即参与方更趋向于承担风险时,风险分担的比例份额就越大,同时带来的收益也就越大。此外,在邻避设施 PPP 项目中,基于对各参与方进行的静态博弈分析结果可以发现,由于区域居民对邻避设施存在厌嫌情结,政府需要利用相关的政策吸引社会资本参与。同时,为使项目获得更多收益,应鼓励风险偏好者承担更多风险,这是因为在理性经济人假设下,个体风险偏好系数越大往往预示着其风险管理能力越强,对突发问题的应对经验越丰富,能够更好地处理各类问题情况。对于社会资本内部参与方而言,在协商得出风险分担对策后,应提高责任感,共同合作建设邻避设施 PPP 项目,彼此在追求自身经济利益的同时,也要立足社会责任追求公共利益最大化,以保证项目顺利实施。

四、结论与建议

基础设施建设在城市发展过程中占有重要的地位,邻避设施作为具有较大争议的基础设施项目,在

建设过程中的风险分担尤为重要。作为 PPP 项目的参与方,政府和社会资本既存在竞争关系,也具有合作关系,两者在风险分担方面关系密切。本文利用讨价还价博弈模型对邻避设施 PPP 项目中政府和社会资本的风险分担情况进行分析,得到最优纳什均衡解,并得出双方各自的风险分担比例。结果表明,在初步风险分担过程中,影响风险分担比例的主要因素是参与方的风险偏好和风险承担能力。由于政府方具有更大的地位优势,在风险承担过程中的损耗系数较小,博弈过程中占有的优势更大。那么,为使整个协商过程更具公平性,在讨价还价博弈模型中应由社会资本优先出价,这样能够有效地提高社会资本对项目的积极性,降低双方的不平等程度,有利于项目的顺利实施。同时,本文还构建了社会资本内部的完全信息静态博弈模型,对多个社会资本参与方的风险分担情况进行研究,研究结果表明,参与此项目的社会资本方的风险偏好会影响风险分担比例。在理性经济人假设下,风险偏好越大的参与方,其风险治理能力越强,承担风险所获得的收益也就越大。基于上述研究结论,提出以下建议。

第一,完善邻避设施 PPP 项目相关的法律法规,建立合理的风险分担机制。当前,在相关制度中依旧存在行为细则不明确以及任务实施不完全等问题,国家需要结合经济发展形势和社会适应性,完善法律法规,发挥其约束效力。政府和社会资本应当在相关法律法规的基础上,对 PPP 项目成功案例进行分析总结,运用客观数据建立合理有效的风险分担机制,科学开展项目建设工作。对规模较大的邻避设施 PPP 项目,可以增加社会资本参与方的数量,以此降低每个参与方对风险的承担比例。

第二,协调政府与社会资本双方的利益,追求社会和经济的双重效益。政府与社会资本双方的利益追求目标影响着双方的合作,要寻找风险分担的平衡点,以保证双方利益。同时,降低博弈参与方在博弈过程中产生的各种机会成本、时间成本等,从而降低谈判损耗系数,协调双方利益,实现谈判结果的共赢。这也表明,虽然社会长远效益是基础设施建设的首要目标,但也要追求社会短期收益和经济利润双重效益。

第三,增加项目参与方之间信息的对称性。政府和社会资本在项目实施开始前和实施过程中都要保持有效沟通,加强政府方和社会资本方之间的信息交流,确保信息的公开性和对称性,以使项目参与方能够互相了解可能存在的风险,并进行相互监督,从而减少由于信息不完备或信息存在偏差所导致的风险。

第四,提高社会资本的公平感知。要实现政府和社会资本双方的有效配合,从而实现项目的成功建设,政府应当努力营造出更为公平的环境,这对社会资本积极践行其义务、实施角色行为至关重要。在进行风险分担时,不但要保证风险分担的合理性,还要确保风险分担的公平性,即政府应当确保平等公正,对 PPP 项目的责任风险加以管控,尽量避免在风险分担讨价还价过程中向社会资本转移风险,从而提高社会资本参与邻避设施 PPP 项目的积极性。

第五,完善政府和社会资本的激励约束机制和监督评估机制。在整个合作过程中,为确保项目顺利实施要完善监督体系,建立有效的激励约束机制,双方彼此监督,加大对违反合同制度行为的处罚力度。政府和社会资本双方应当设立考评细则,以使项目实施程序和标准得到严格执行。除此之外,在项目实施的过程中,可以考虑引进双方信任的第三方机构进行监督和风险评估,以保证项目实施的公平性和合理性。

参考文献:

- [1] LI B, AKINTOYE A, EDWARDS P J, et al. The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK[J]. International journal of project management, 2005(1):25-35.
- [2] 程敏,刘亚群,王洪强.基于扎根理论的邻避设施 PPP 项目风险分析[J]. 建筑经济,2019(10):61-65.
- [3] 李妍,刘颖,李吉栋.制度环境与 PPP 项目风险分担结构影响研究——基于发展中国家 PPP 项目数据[J]. 金融与经济, 2021(9):24-31.
- [4] 景诗龙,王俊豪.基于动力机制的中国 PPP 模式发展策略研究[J]. 经济与管理研究,2018(4):136-144.

- [5] MEDDA F. A game theory approach for the allocation of risks in transport public private partnerships[J]. International journal of project management, 2007(3): 213-218.
- [6] 邵颖红,朱堃源,韦方. PPP 模式中民营企业合作意愿的影响研究:基于机会主义感知和合作风险感知的链式中介模型[J]. 管理工程学报, 2021(6): 140-149.
- [7] 欧纯智,贾康. 构建 PPP 伙伴关系的政府与社会资本委托—代理博弈的制度约束[J]. 经济与管理研究, 2020(3): 95-105.
- [8] 段世霞,李腾. 基于不对称 Nash 谈判模型的 PPP 项目收益分配研究[J]. 工业技术经济, 2019(8): 137-144.
- [9] ZHENG C J, YUAN J F, LI L Z, et al. Process-based identification of critical factors for residual value risk in China's highway PPP projects[J]. Advances in civil engineering, 2019(2): 42-51.
- [10] 王军武,余旭鹏. 考虑风险关联的轨道交通 PPP 项目风险分担演化博弈模型[J]. 系统工程理论与实践, 2020(9): 2391-2405.
- [11] 梁秀峰,张飞连,颜红艳. 基于演化博弈的 PPP 项目绩效支付机制仿真与优化[J]. 中国管理科学, 2020(4): 153-163.
- [12] 王盈盈,甘甜,郭栋,等. 从项目管理到公共管理:PPP 研究述评与展望[J]. 管理现代化, 2020(6): 67-74.

Risk Sharing of NIMBY Facility PPP Project Based on Game Model

ZHANG Jie, SHANG Xuanru

(College of Economics and Management, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: Under the PPP model, improving the risk-sharing mechanism of NIMBY facilities projects can help the smooth implementation of the projects. Based on the risk identification and risk sharing game model from both government and social capital perspectives, a preliminary game study is conducted to determine the risk sharing method and risk sharing factors of both parties, and the game solution of the project risk sharing ratio is conducted. At the same time, based on the bargaining game model, the risk sharing ratio between the two parties is analyzed, and an internal social capital consortium model is established among the social capital, including banks, project supervisors and project contractors, and the risk sharing ratio between the social capital parties is investigated. The research results show that in the preliminary risk sharing process, the factors that affect the risk sharing ratio are mainly the risk preference and risk bearing ability of the participants, and the risk preference of the social capital involved in the project also affects the risk sharing ratio; the relevant laws and regulations of NIMBY facilities PPP projects should be further improved in the future, and a reasonable risk sharing mechanism needs to be established; coordinating the interests of both government and social capital, the pursue both social and economic benefits, increase the symmetry of information of project participants, improve the fairness perception of social capital, as well as improve the constraint mechanism and supervision and evaluation mechanism of government and social capital.

Key words: NIMBY facility PPP project; risk sharing; internal consortium of social capital; game model

(责任编辑:魏 霄)