

文章编号:1005-0523(2017)05-0127-07

考虑市场需求的 PPP 项目超额收益分配研究

王永祥,胡致臻,俞 锦

(华东交通大学土木建筑学院,江西 南昌 330013)

摘要:PPP项目特许期长,市场需求作为PPP项目的主要风险存在一定的变化性。传统的收益分配模式,无法有效调动各参与方的积极性。在现有研究的基础上,引入风险偏好和互惠偏好。将市场需求分为高于或低于设计生产能力两个部分,建立与之相应的超额收益分配模型。打破传统模式下的纳什均衡,促使投资方为获得更多的收益,加大投入提高项目的生产,充分发挥PPP项目的经济和社会价值。

关键词:委托-代理;风险偏好;互惠偏好

中图分类号:F407.9 文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2017.05.019

为了满足公众对于基础设施的使用需求,缓解政府财政压力,PPP融资模式被广泛运用于基础设施项目的建设。基础设施项目开展的好坏直接关系到社会的发展、居民生活质量。然而,由于需求及收益的不确定性和缺少有效的超额收益分配机制,导致许多项目收益偏离预期。并由此引发政府与企业争利、违约、公众反对等一系列问题^[1]。近年来的一系列博弈实验证明,人们在风险偏好之外还具有互惠偏好,在追求个人收益时还会关注收益分配是否公平。在所需付出努力成本不同的情况下风险偏好和互惠偏好共同影响人们的行为决策^[2]。

在研究以往收益分配模式的基础上,将互惠偏好引入收益分配模型。建立有效的政府激励机制,发挥投资者的能动性,提高项目单位时间的生产效率。由于各参与方的互惠偏好,政府对投资者进行让利以换来投资方的更加努力,在可以获得期望收益的情况下投资方加大努力成本投入。通过对以往收益分配模式的改进,以期在理性经济人的假设下实现项目投资者的最优产量策略由图1(a)~图1(c)转变。

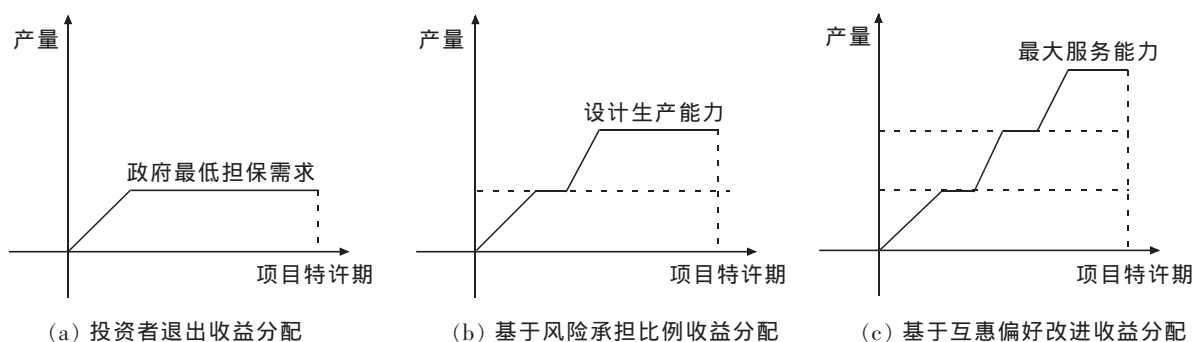


图1 投资者最优产量
Fig.1 Investor's optimal output

收稿日期:2017-04-24

基金项目:江西省研究生创新专项基金项目(YC2015-S234)

作者简介:王永祥(1970—),男,教授,研究方向为工程经济,项目管理。

1 基本假设

1.1 PPP项目市场需求变化

PPP项目具有特许期长的特点,市场需求作为PPP项目的主要风险存在较大的波动性。由于基础实施建设的主要目的是服务大众,收费相对较低。投资者可能会面临高投入,低回报甚至亏本的风险。基于互惠共赢的原则,政府方会通过最低收益担保的形式与投资方共同分担项目风险。在实践中对于社会需求 q 大于政府最低收益担保需求量 q_1 的部分所产生的收益即超额收益。根据为满足社会需求,项目是否需增加投资将社会需求分为高于项目设计生产能力 q_2 ,或低于项目设计生产能力 q_2 两个部分。当社会需求量高于 q_2 时,投资方为满足社会需求,加大资源投入所能达到的PPP项目最大生产量 q_3 ,如图2所示。

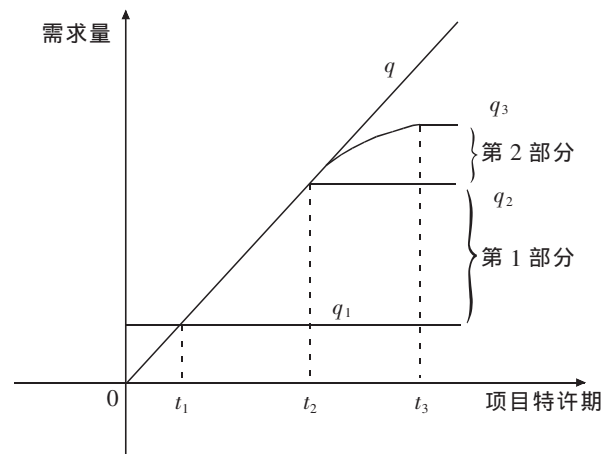


图2 PPP项目市场需求量变化
Fig.2 Changes in market demand for PPP projects

1.2 变量定义

1) 在政府和投资者组成的PPP项目委托-代理关系中,投资者知道自己的实际成本和收益而政府并不完全清楚。因此作为契约的提供者政府是委托方,具有信息劣势。而作为契约的接受者投资人是代理方,具有信息优势。委托方根据项目特点制定相应的契约,使代理方的行为向着对委托方有利的方向发展。

2) 在PPP项目中不同的投资者由于实力不同因而具有不同的风险偏好 R_C 。社会资本参与PPP项目是一种投资行为,投资者是风险中性或风险追求的。政府作为原本基础设施的建设和提供者更看重PPP项目能否顺利进行,所以政府是风险规避或风险中性的。其中 $R_C=0.5$ 为风险中性, $R_C \in (0.5, 1]$ 为风险追求, $R_C \in (0, 0.5]$ 为风险规避。

3) PPP项目的社会需求 q 是投资者提高效益的努力程度 e 的增函数: $q(e)=a-bp+e+\varepsilon$,其中 a 是投资者不改善管理PPP项目的最低社会需求量。PPP项目的特许价格根据社会资本方的投标报价确定用 p 表示。虽然在定价的同时会设置调价机制,但由于基础设施项目收费价格上调会损害到社会的利益,上调幅度往往比较小。而当期望收益无法满足时投资者最终会选择放弃项目而不是与政府再谈判,所以在这里假设特许价格为不变量。 b 是特许价格对社会需求的影响系数。 ε 是随机因素,且呈正态分布。

4) 由于政府在项目前期提供最低收益担保,所以投资方即使不努力也可以获得的需求量 $q_1=q(0)$ 。在项目设计规模不变的情况下,投资者加大投入,项目所能达到的最大产量 $q_3=\lim_{e \rightarrow \infty} q(e)=q(e)_{\max}$ 。

5) 在PPP项目中政府为吸引社会资本,保证项目的顺利进行,会对项目提供最低担保收益设为 V_d 。 V_d 与政府最低担保产量 q_1 正相关。

6) 政府对于PPP项目运营阶段的监管主要包括技术监管和财务监管,技术监管主要是采用一定的技术手段进行检测这是投资者无法隐瞒的。财务监管主要是对PPP项目投资收益进行监督。技术监管在前期便投入,而财务监督成本相对于收益的变化是很小的,所以假设为0。

7) 投资者的努力成本 C 与努力度函数 e 有关,并且 $C'(e)>0, C''(e)>0$ 。即成本函数是努力度函数 e 的增函数,随着努力度 e 的增大,所需要投入的努力成本更多。丁川^[3]将成本函数写成 $C(e)=e^2$ 。

2 传统的超额收益分配模式风险

2.1 项目实践中

由于PPP项目中各参与方风险承担比例较难量化,收益归单方所有可操作性强,但缺乏科学性,不利于项目各方的有效参与。对于具有一定收益的项目,政府为降低项目的特许价格会退出项目收益的分配。相反对于收益较低的项目,政府承担主要风险,政府获得全部收益。

2.1.1 项目超额收益归投资方所有

资本具有逐利性,收益归投资者所有,则积极努力策略是投资者的最优策略。基于确定性等值CE的定义,即投资者在得到完全确定收益时的效用水平要大于等于他付出努力所获得收益的期望效用

$$p(q_3-q_1) \geq \Psi + C(e) + K_s \quad (1)$$

式中: $\Psi = \rho q_1 p$ 为风险溢价,等于风险溢价系数 ρ 乘以政府最低担保收益; $K_s = R_m - R_f$ 为权益资金成本,根据文献[4]权益资金成本等于投资组合收益 R_m 与社会无风险投资收益 R_f 的差。

在不付出努力是没有努力成本的情况下,投资者参与项目的最低收益为 K_s 。当项目收益率低于 K_s ,政府参与收益分配则达不到投资方的期望收益率,无法吸引社会资本的参与。政府通过退出收益分配降低政府的最低收益担保,以吸引实力较强且具有一定冒险精神的投资者。

对于收益大于 K_s 的项目而言,在项目运营初期政府为投资方提供了最低收益担保,分担了项目风险。政府不参与收益分配,无形中造成社会资产的流失,损害了公众的利益。由于PPP项目合作中各参与方存在道德风险,该分配模式会使投资方为获得暴利在财政上做出与他实际不符的低收益高成本假象,不利于政府的有效监管。

2.1.2 项目超额收益归政府方所有

由于努力便会产生努力成本,投资者不参与项目收益的分配,所以投资者的最优策略是机会主义行为策略。

根据式(1)得确定性收益CE

$$CE = p(q_3 - q_1) - \rho p q_1 - K_s \quad (2)$$

由于 $\frac{\partial(q_3 - q_1)}{\partial p} > 0$ 且 $\frac{\partial CE}{\partial \rho} < 0$,投资者的风险溢价系数 ρ 越大CE越小。即投资者风险越规避则其应对风险所要求的收益回报就越高,且对于项目的参与度越低。

该收益分配方式主要适用于OM(委托运营)和MC(管理合同)这两种PPP项目运营模式。投资方风险规避,项目收益低于投资方的期望收益。即使政府不参与项目超额收益分配也无法调动投资方运营管理的积极性。政府需承担项目的主要风险,对于这类项目采用可用性付费加运维绩效服务费的回报机制。政府获得全部超额收益,通过运维绩效服务费对投资者进行监管。

当项目 $q_2 > q_1$ 时,该分配模式造成机械的闲置,浪费社会资源。在这种分配模式下政府越努力,投资者就会越不努力,甚至存在搭便车的可能性。

2.2 理论研究中

2.2.1 基于各参与方风险承担比例的超额收益分配

于景起^[5]通过shapley值确定项目各参与方风险的承担比例。汪洪^[6]基于Nash谈判模式,考虑出资比例、核心能力对各方风险承担比例进行定量分析。定量分析政府和投资方的风险承担和收益分配比例分别为 P_1^{nd}, P_2^{nd} 。

当社会需求增加到 q_3 ,投资方不延长生产时间,为满足社会需求应增加努力 e_Δ 。

$$\frac{P(q_3 - q_2)P_2^{nd}}{C(e + e_\Delta) + K_s} < \frac{P(q_2 - q_1)P_2^{nd}}{C(e) + K_s} \quad (3)$$

式中: P 为单位产品的价格。

由于 $q_3 - q_2 < q_2 - q_1$,所以在其他因子不变的情况下, q_3 高于 q_2 部分的收益率低于 q_2 到 q_1 部分的收益率。

基于风险承担比例的单一超额收益分配模型,当时 $q < q_2$ 投资者为保证项目收益率不变,会通过延长机械运营时间来增加产量。为防止投资者以获得超额收益为目的,对项目进行过度开发,导致项目移交时残值降低,政府会批准扩建。扩建后原先的市场份额被瓜分,如果社会需求达不到政府最低担保需求量,不仅造成财政负担且不利于社会资源的有效利用。

3 第一部分收益

对于项目在特许经营期政府方与投资方在收益和风险分配上的矛盾,可以通关博弈论有效解决。在招标投标过程中,政府方和投资方针对项目风险和收益分配比例,进行讨价还价。在讨价还价博弈模型中,政府限定出项目的控制价,投资者再根据自身实力投标报价。政府综合评审打分,分高者中标。这其实是一个2阶段讨价还价博弈过程。

由于每一轮讨价还价会耗费一定资金和时间成本,政府和投资者相应资源成本的不同决定了双方具有不同的贴现因子 δ_1 和 δ_2 。经过2阶段讨价还价,可得到政府与投资方风险承担比例的纳什均衡解为

$$\left\{ \begin{aligned} P_1^{nd} &= \frac{\delta_1}{\delta_1 + \delta_2} \\ P_2^{nd} &= \frac{\delta_2}{\delta_1 + \delta_2} \end{aligned} \right. \quad (4)$$

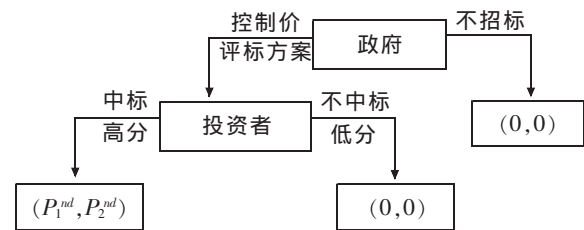


图3 两阶段讨价还价博弈模型
Fig.3 Two-stage bargaining game model

根据郑志强 δ_2 和 δ_1 满足 $\delta_1 = \frac{R_C + 1}{R_C + R_C + 2}$ 和 $\delta_2 = \frac{R_C + 1}{R_C + R_C + 2}$ 且 $\delta_2 + \delta_1 = 1$ 。

$$\left\{ \begin{aligned} P_1^{nd} &= \frac{R_C + 1}{R_C + R_C + 2} \\ P_2^{nd} &= \frac{R_C + 1}{R_C + R_C + 2} \end{aligned} \right. \quad (5)$$

将政府和投资者的贴现因子对各自的风险偏好求偏导

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \delta_C}{\partial R_C} &= \frac{R_C + 1}{(R_C + R_C + 2)^2} > 0 \\ \frac{\partial \delta_G}{\partial R_C} &= \frac{R_C + 1}{(R_C + R_C + 2)^2} > 0 \end{aligned} \right. \quad (6)$$

式中: R_C 为政府方风险偏好指数; δ_C 为投资者贴现因子; δ_G 为政府方贴现因子。

风险偏好与贴现因子正相关。投资者越是风险追求贴现因子就越大,在谈判中产生的资源成本就越低。相应的谈判能力就越强,中标的概率越大。

基于风险承担等级与收益相对应的原则,所得到的收益分配比例等于风险分担的比例。收益分配比例对贴现因子求偏导

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial P_1^{nd}}{\partial \delta_1} &= \frac{-\delta_2}{(\delta_1 + \delta_2)^2} < 0 \\ \frac{\partial P_2^{nd}}{\partial \delta_2} &= \frac{-\delta_1}{(\delta_1 + \delta_2)^2} < 0 \end{aligned} \right. \quad (7)$$

政府方和投资方的超额收益分配比例与贴现因子负相关,即贴现因子越高分配到的收益就越少。投资者实力越强,投标报价越低。由于贴现因子与风险偏好正相关,所以风险偏好与其超额收益分配到的比例负

相关。即谈批判方越趋于风险规避,谈判时就越希望获得更多的收益,减少自身所承担的风险。

所以通过投标报价有利于政府筛选出具有较强实力的投资方。投资方由于融资成本低,具有较强的风险管理能力,所以投标报价低,使得政府可以从项目中获得更大的效益。对于不需要增加额外投入的 P_1 到 P_2 部分收益,该分配方式使投资方可以在项目结束时获得合理收益,且有利于风险管理和项目的顺利进行。

4 第二部分收益

4.1 互惠偏好

Rabin^[8] 对于公平偏好的定义是基于以下事实:

- 1) 当他人对自己友善,人们愿意牺牲自己的物质利益作为回报;
- 2) 当他人对自己不友善,人们愿意牺牲自己的物质利益对其进行惩罚;
- 3) 由公平偏好所损失的物质利益越少,则公平偏好的作用就越明显。

这些事实解释了在最后通牒博弈中双方公平偏好的行为动机,同时还解释了在合作博弈中互惠式合作行为动机。

根据魏光兴,张舒^[9]对于高能力代理者一定的互惠偏好能使他们更加努力。对于通过讨价还价博弈选出的高能力投资者,政府在超额收益的分配上考虑公平偏好。根据其风险分担比例,适当增加投资者超额收益分配的比例,能够很好的调动投资者努力的积极性。

王颖林^[10]将政府的互惠偏好引入政府最低收益担保,降低投资方风险承担的比例。但由于投资方风险承担比例的确定,因此投资者并不会因为其中蕴含的互惠偏好而改变自身的投资运营决策结果。同时增加了政府的风险,降低了政府的项目收益。本文在王颖林等研究的基础上将互惠偏好引入超额收益分配,对于社会需求超过项目设计生产规模部分,针对投资方的行为策略进行激励与惩罚。通过对超额收益分配模式的改进,使项目创造更大的收益。

4.2 基于互惠偏好的超额收益分配

假设政府部门设定的奖惩力度为 $\eta^2 \in [0, 1]$, 对于投资方在合作中的积极行为给予奖励,消极逃避行为进行惩罚。投资方选择提高努力的比例为 $s, s \in \{0, 1\}$, 即采取积极提高管理策略及消极降低成本策略。得 $F_j(\eta, H) = F_j(\eta, L) = \eta^2$, 用 η^2 表示政府方的互惠程度。

由于努力成本函数增长速度高于努力度函数。如果政府不给予一定的互惠则投资者便会倾向于选择不努力以降低努力成本。对于投资者而言,超额收益分配到的份额增加,便意味着其具有更大自主权,投资者的积极性更高。不考虑项目的社会效益,政府给予投资者的互惠应该是建立在自身收益提高的基础上。而投资者由于政府的互惠偏好,加大成本投入,也是建立在互惠后,提高努力收益增加的基础上。

政府收益增加下的约束函数

$$CE_c = (1 - \eta^2) \frac{\delta_1}{\delta_1 + \delta_2} [pq(e + e_\Delta) - V_d] - \frac{\delta_1}{\delta_1 + \delta_2} (pq(e) - V_d) > 0 \quad (8)$$

解得: $\eta^2 < \frac{e_\Delta}{e_\Delta + e}$ 。

说明政府在不考虑项目的社会效益,作为一个理性的经济人其所给予投资者的最大互惠程度就是投资者提高努力的比例,也就是政府的公平偏好。

投资者收益增加的约束函数

$$CE = \frac{\delta_2}{\delta_1 + \delta_2} (1 + \eta^2) [pq(e + e_\Delta) - V_d] - (e + e_\Delta)^2 - ppq(e + e_\Delta) > \frac{\delta_2}{\delta_1 + \delta_2} [pq(e) - V_d - e^2] \quad (9)$$

解得: $\eta^2 > \frac{c(e + e_\Delta) - ppe_\Delta - pe_\Delta}{p(e + e_\Delta) - c(e + e_\Delta) - ppq(e + e_\Delta)}$, 且 $\frac{\partial CE}{\partial \eta^2} > 0$ 。

说明政府的互惠度是投资者效用函数的增函数。当政府互惠后投资收益增加,则政府给予的互惠值越高,投资者越努力。

当社会需求超过设计生产规模,不延长机械运营时间,项目产量越接近项目最大产量 q_3 投资者所要付出的努力越大,努力的成本也越高。政府为提高投资者增加项目投入的积极性,减少政府收益的占比,是政府对于投资者友善行为的激励。在无法获得更大收益则不努力的前提下,政府方的让利,虽降低了政府的超额收益占比,但政府的实际收益是增加的。根据投资者风险偏好和进一步努力所付出的努力成本的不同,政府的激励应超过一定值才能促使投资者进一步的努力。例如进行深度的技术改革,政府基于社会效益的考虑,甚至会退出该阶段超额收益的分享。

5 案例分析

大连市垃圾焚烧发电 PPP 项目,总投资 115 228 万元。建设期两年,特许经营期 27 年。设计规模日最大垃圾处理量是 2 250 t/d。每吨垃圾的发电量是 360 kW·h。国家为鼓励垃圾焚烧再利用规定垃圾焚烧发电上网电价是 0.65 元/kW·h。通过测算在 85%置信区间项目最低日处理量是 1 500 t/d。项目采用抽气凝汽式汽轮机发电机组单位垃圾焚烧成本是 136 元/t。项目在可研阶段初步设定单位垃圾处理成本是 98 元/t。政府担保最低需求量是 1 500 t/d。

通过数值模拟当项目技术投入 $C(\Delta e)=500$ 万元,每吨垃圾的发电量增加 5%。同时假设政府的互惠偏好系数 $\eta^2=0.7$ 。

表 1 超额收益分配改进模式收益
Tab.1 Revenue with the improved mode of excess revenue distribution

R_c	政府担保收益/万元		第一部分收益/万元		第二部分收益/万元	
	政府方	投资方	政府方	投资方	政府方	投资方
0.3	0	2 414	1 933.1	4 343.3	87.0	00.0
0.4	0	2 354.9	2 038.9	4 083.8	72.4	27.6
0.5	0	2 295.7	3 844.0	3 124.9	54.7	55.8
0.6	0	2 236.6	3 617.0	3 198.1	35.4	74.1
0.7	0	2 177.4	3 453.4	3 207.9	31.1	75.5
0.8	0	2 118.3	3 249.5	3 258.1	28.5	75.2
0.9	0	2 059.1	3 051.6	3 302.1	24.2	76.8

通过测算当政府的互惠偏好 $\eta^2=0.7$,对于增加的技术投入可以使项目每年增加一百万左右的收益。投资者风险偏好系数越高,对低于设计生产规模部分的收益,政府获得的越多。而对于超过设计生产规模部分,投资者风险偏好越高收益越高。

当 $\eta^2<0.4$ 时,对于风险规避的投资者,由于惩罚力度不够,并不能改变其投资决策的结果。而当 $\eta^2=0.7$ 对于投资者延长机械运用时间产生的收益,政府全部没收。当 $\eta^2>0.7$,投资者收益为负时,才能改变其投资决策结果。说明政府的互惠偏好系数对于不同的投资者,只有大于一定值时才能发挥作用。

6 结语

基于 PPP 项目特许期长,社会需求不稳定的特点。分析实践和研究中不考虑社会需求变化,采用单一的超额收益分配方式,所适宜的 PPP 项目的具体特征及其不足。

对于不需要增加投资的部分收益,基于 PPP 项目采购中公开招标的程序,采用两阶段讨价还价博弈模型。通过投资方在投标报价中表现出的风险偏好,确定各方的收益分配比例。对于需要增加投资的部分收益,在研究以往收益分配模式的基础上,将互惠偏好引入收益分配。

政府降低收益分配比例,使投资者在增加技术投入的情况下,收益率保持不变,以此来鼓励投资方的友善行为。通过有效的惩罚使投资者无法获得延长机械运行时间所产生的额外收益。不同的社会需求采用不同的收益分配机制,使投资者为获得更多的超额收益,放弃前期在财务上收益的隐瞒行为,同时降低政府的监管成本。根据研究项目的具体特征,选择相应的超额收益分配模型,可以完善PPP项目的运营管理,带动社会经济发展。

参考文献:

- [1] 靳璐璐. 基于实物期权的公路BOT项目超额收益决策研究[D]. 大连:大连理工大学,2015.
- [2] 魏光兴. 公平偏好的博弈实验及理论模型研究综述[J]. 数量经济技术经济研,2006,8(17):153-161.
- [3] 丁川. 基于完全理性和公平偏好的营销渠道委托代理模型比较研究[J]. 管理工程学报,2014,28(1):185-193.
- [4] 国家发展改革委. 建设项目经济评价方法与参数[M]. 3版. 北京:中华人民共和国建设部,2004:64-65.
- [5] 于景起. 基于Shapley值的PPP项目核心利益相关者收益分配研究[D]. 天津:天津大学,2013.
- [6] 汪洪. 基于博弈论的PPP项目利益相关者收益分配研究[D]. 天津:天津大学,2011.
- [7] 陶长琪,冷毅,郑志强. 大型体育设施供给PPP模式的合作博弈分析[J]. 体育科学,2011,31(5):27-32.
- [8] Rabin. A perspective on psychology and economics[J]. European Economic Review, 2002,(46):657-685.
- [9] 魏光兴,张舒. 公平偏好下的团队激励与管理[J]. 国土资源科技管理,2015,32(5):61-67.
- [10] 王颖林,刘继才,高若兰. 基于互惠及风险偏好的PPP项目政府激励研究[J]. 建筑经济,2016,37(7):54-57.

Research on Excess Revenue Distribution of PPP Projects Considering Market Demand

Wang Yongxiang, Hu Zhizhen, Yu Jin

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Due to the long concession period, there exists the major risk of the market demand variability for PPP projects. The traditional revenue distribution mode fails to consider the fact that market demand exceeds the project's designed production capacity, which causes the increase of investment. And the one-way excess revenue distribution pattern is unable to motivate effectively all partners involved. Therefore, based on the existing research, this paper introduced the risk preference and reciprocal preference, divided the demand into two kinds, the one higher than the project's designed production capacity and the other lower than the project's designed production capacity, and then established the new excess revenue distribution modes respectively. By breaking the Nash equilibrium of the traditional revenue distribution mode, the proposed excess revenue distribution mode increases revenues for investors, raises the investment in production and realizes economic and social values of PPP projects.

Key words: principal-agent; risk preference; reciprocal preference

(责任编辑 姜红贵)