

## 采煤塌陷地复垦项目 PPP 融资模式应用研究

毛美桥<sup>1</sup>, 李芳<sup>2,3</sup>, 李新举<sup>2</sup>, 刘岩<sup>4</sup>

(1.山东省地质科学研究院, 山东 济南 250013; 2.山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 3.山东农业大学经济与管理学院, 山东 泰安 271018; 4.山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250015)

**摘要:**探索 PPP 融资的运作模式与双方合作机制, 促进 PPP 融资模式在采煤塌陷地复垦项目中的应用。研究基于风险-收益均衡原则, 从私人资本与政府的风险偏好特点出发, 建立了项目总成本最小的最优风险分担模型; 在风险分担系数已知的情况下, 建立了 Shapley 值模型对双方收益进行合理分配。结果表明: 私人投资主体的综合风险系数略大, 双方基本上均担风险; 私人投资主体承担绝大部分的项目资金投入, 所获收益略大于政府。因此引入 PPP 模式进行采煤塌陷地复垦, 对于政府而言, 可以解决资金压力, 分散不擅长的项目与金融、市场风险; 对于私人投资主体而言, 可以避免过多的政策与不确定性风险, 获得较高的投资收益。该研究为采煤塌陷地复垦项目 PPP 融资谈判提供了理论依据, 对加快塌陷区复垦进程具有非常重要的现实意义。

**关键词:**采煤塌陷地; 复垦; PPP 融资; 风险收益

**中图分类号:** F283

**文献标识码:** C

**引文格式:** 毛美桥, 李芳, 李新举, 等. 采煤塌陷地复垦项目 PPP 融资模式应用研究[J]. 山东国土资源, 2018, 34(5): 111-117. MAO Meiqiao, LI Fang, LI Xinju, etc. Application of PPP Financing Model in Land Reclamation Project in Coal Mining Subsidence[J]. Shandong Land and Resources, 2018, 34(5): 111-117.

## 0 引言

煤炭资源开采导致地面下沉, 不可避免地破坏大量耕地, 威胁国家粮食安全。截至 2013 年底, 我国共有 1.5 万个煤炭矿山, 累计矿山面积 3 600 万  $\text{hm}^2$ , 采空区面积 70 万  $\text{hm}^2$ , 采煤塌陷损毁土地约 35 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。2015 年 9 月, 国土资源部《关于加大采煤塌陷地治理力度的建议复文摘要》中指出将资源枯竭型城市矿区历史遗留损毁土地列为“十三五”土地整治工作重点区域, 组织实施土地复垦重大工程。采煤塌陷地复垦势在必行。引入 PPP 融资模式可以减轻政府巨大的资金、技术等压力, 加快采煤塌陷地复垦进程。

PPP (Public-Private-Partnership) 模式是公共部门与私营企业合作, 提供公共物品与服务的方式, 最早于 1982 年由英国政府提出。公共部门合作的出发点在于寻求更大的社会效益, 私人资本投资的

出发点在于投资收益机制, 而双方合作成功的关键在于风险的合理分担。一方面, PPP 模式的风险识别<sup>[2]</sup>、评价<sup>[3]</sup>、分配<sup>[4]</sup>和控制<sup>[5]</sup>研究一直是研究热点, 相关理论研究较成熟, 但研究方法主要运用了文献统计、案例分析等定性方法, 定量研究不足<sup>[6]</sup>。讨价还价博弈模型可以较好地解决双方风险谈判中的非对称条件, 是最为有效的研究方法之一。另一方面, 目前对 PPP 项目利益分配的量化研究较少, Shapley 值模型是目前最常用的定量研究方法<sup>[7]</sup>, 但缺乏风险分担与利益分配的组合研究<sup>[8]</sup>。PPP 模式主要应用于基础设施建设项目, 在土地整理、矿山废弃地复垦项目上的相关研究较少, 缺乏实践案例。已有的研究也都是从定性角度出发, 对 PPP 模式用于土地整理、复垦项目的尝试性探讨, 缺乏深入研究, 如: 王佑辉等<sup>[9]</sup>从现状出发探讨了矿山废弃地复垦创新投融资体制; 张晴军<sup>[10]</sup>以唐山为例, 分析了 BOT 融资在采煤塌陷地复垦中的应用。

收稿日期: 2018-04-13; 修订日期: 2018-04-14; 编辑: 陶卫卫

基金项目: 山东省重大关键技术“采煤沉陷地绿色综合治理与生态修复关键技术”(2016ZDJS11A02)

作者简介: 毛美桥(1965—), 女, 山东昌邑人, 研究员, 主要从事土地经济等工作; E-mail: maomeiqiao@126.com

因此该文在研究项目风险基础上,建立讨价还价博弈-Shapley 值模型,进行项目风险分担与利益分配的组合研究,为融资谈判提供理论依据,有利于提高谈判效率、降低融资费用、保障政府与私人资本的合理化收益水平,为 PPP 模式在采煤塌陷地复垦中的应用提供参考。

## 1 PPP 模式在采煤塌陷地土地复垦项目中的应用研究

采煤塌陷地治理具有投资规模大、周期长的特点,自 2001 年起至 2013 年,中央共投入 72.551 亿元用于煤炭矿山地质环境治理,累计完成采煤塌陷地和地裂缝治理 4 445 处,治理面积约 16 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。我国塌陷地复垦率仅占 10% 左右,与国外的 70% 相比还非常低<sup>[11]</sup>,首要原因就是复垦资金难以落实,尤其是《土地复垦规定》颁布以前破坏的土地,属于历史欠账,复垦工程量浩大,难以保证充足的财政资金;第二个原因就是复垦工程协调不力,相关主体之间存在利益关系,影响复垦效率<sup>[11]</sup>。引入 PPP 模式,可以解决采煤塌陷地复垦资金不足及相关主体协调不力的问题,是推进我国采煤塌陷地复垦进程的必经之路。财政部《关于实施政府和社会资本合作项目以奖代补政策的通知财金》〔2015〕158 号大

力提倡 PPP 项目,通过以奖代补方式支持项目规范运作。

### 1.1 采煤塌陷地土地复垦 PPP 模式适用范围及运作机制

PPP 模式的运用首先要明确四大主体:政府管理部门、私人资本投资主体、金融机构或其他信贷机构、咨询设计与工程施工、运营等产业服务公司。私人资本投资主体负责项目的筹资、建设与运营,政府通过向金融机构做出承诺,提高项目信用,协助私人资本投资主体顺利获取贷款。私人资本投资主体通过政府授权的特许经营权收入,或其他政府购买收入偿还贷款本息并获取投资回报。根据塌陷地利用情况,分治理后可流转及治理后仍由农户分散经营 2 类。若治理后可流转,则私人资本投资主体可以通过获取特许经营权的方式,统一经营复垦后土地,以运营收益作为偿还贷款、回收投资与获取投资回报的部分资金来源,属于准经营性项目,具有特许经营权的塌陷区治理 PPP 项目基本结构见图 1。若无特许经营权,则属于非经营性项目,完全依靠政府付费来实现偿还项目贷款、回收投资与获取投资回报,其 PPP 基本结构见图 2。

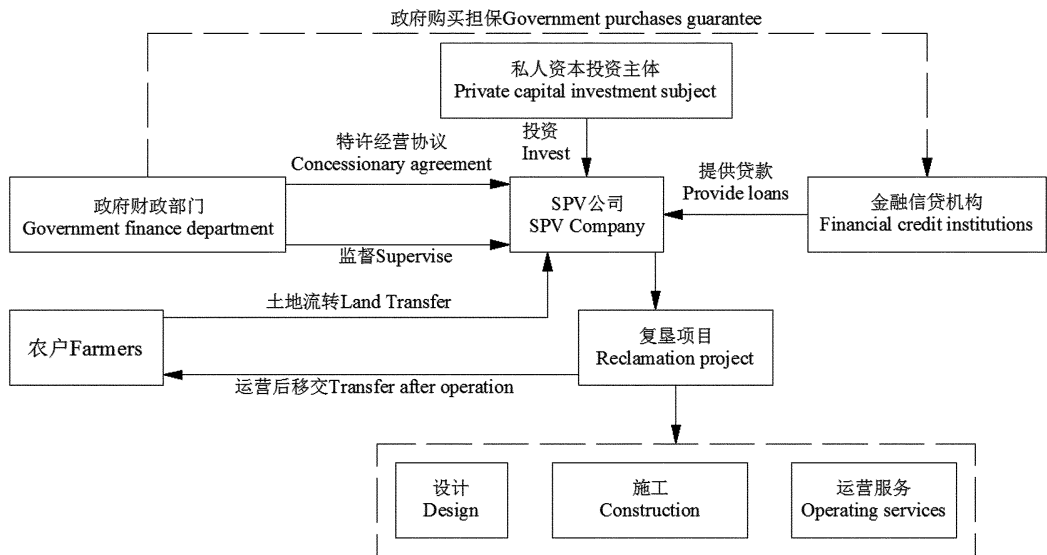


图 1 具有特许经营权的塌陷区治理 PPP 项目基本结构

根据塌陷地历史分期与土地性质不同,政府投资采煤塌陷地复垦项目的资金来源不同。《土地复垦规定》颁布以后形成的塌陷地,遵循“谁破坏,谁治理”的原则,政府仅充当监督主体,而不是投资主

体,此类塌陷地复垦资金主要来源于煤矿企业;《土地复垦规定》颁布之前形成的塌陷地,由政府财政出资进行复垦。

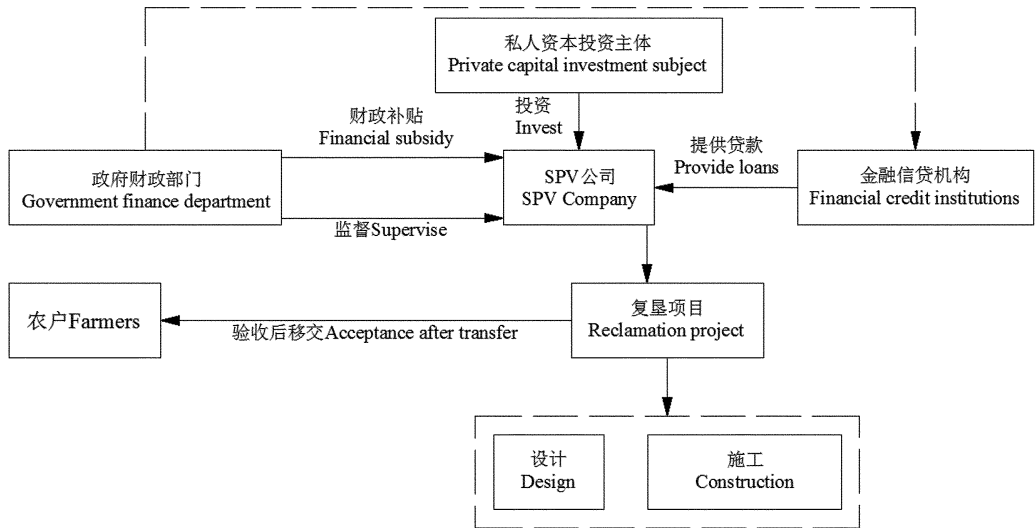


图 2 不具有特许经营权的塌陷区治理 PPP 基本结构

### 1.2 采煤塌陷地土地复垦项目 PPP 模式优缺点

PPP 模式用于采煤塌陷地复垦项目的优点主要体现在以下几个方面：

- ①引入私人资本,保障复垦资金来源,减轻政府财政压力,释放财政资金,以有限的资金提供更多社会服务,同时引入私人管理的先进经验与技术;
- ②政府为 PPP 项目提供购买担保,可提升项目信誉,降低贷款利率;
- ③融资不纳入地方政府债务,减轻政府债务负担;
- ④金融机构监管,规范资金使用;
- ⑤项目前期准备工作充足,减少投资盲目性,提高项目质量,尤其是具有特许经营权项目,复垦质量直接影响投资的回报率。

PPP 模式用于采煤塌陷地复垦项目的局限性主要体现在以下 2 个方面：

- (1)复垦项目属于准经营性或者非经营性项目,以公益为主,投资收益率低,私人资本缺乏投资动力。
- (2)PPP 项目前期需要的评估、审批等程序繁琐,增加了融资成本,耗费时间长。

## 2 采煤塌陷地土地复垦 PPP 融资风险分担

私人投资主体参与采煤塌陷地复垦项目具有管理运营经验丰富、技术先进等优势。但是与政府部门相比,私人投资主体抗风险能力弱,尤其是针对此类投资规模大、周期长的项目,利益主体众多,风险管理复杂多变,因此合理的风险分担,明确私人投资主体的风险上限,是私人投资主体参与 PPP 项目前

提。

### 2.1 政府与私人投资主体风险分担原则

风险分担是否合理是 PPP 项目成功的关键。许多学者针对该问题做了相关研究,形成了共识性的原则:①风险应由最有控制能力的一方承担,该控制能力包括风险预见能力、评估能力、管控能力及风险事件发生后的处理能力等;②风险与收益匹配原则;③双方协商一致原则<sup>[12]</sup>。最优风险分担点,既可以保障私人投资主体与公共部门的合理化收益水平,同时是项目总成本最小的点,无论是私人投资主体还是公共部门承担过多的风险,都会增加项目总的风险控制成本,最优风险分担与项目总成本关系见图 3。

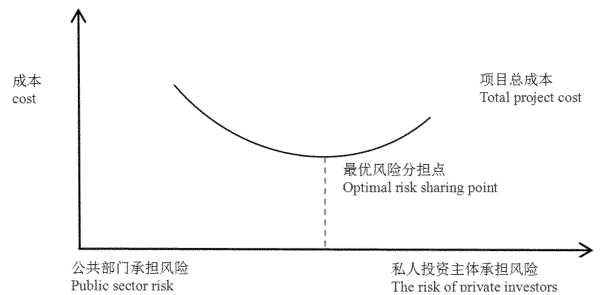


图 3 最优风险分担与项目总成本关系

### 2.2 采煤塌陷地土地复垦 PPP 融资风险分类与风险管理建议

PPP 项目的主要风险来源有以下几类：

- (1)政治风险:相关政策调整、政府决策失误、政府部门协调不力等带来的风险。如占补平衡指标

相关政策调整导致项目收益预测过高、政府缺乏PPP运作经验导致决策周期过长、土地流转费用定价过低使公众利益受损或无法协调一致形成统一意见等。私人投资主体面对政治风险处在信息不对称的弱势地位,对此类风险的预见能力差,应对处理能力不足。因此,此类风险主要由政府承担,私人投资主体应设计完整的合同体系,要求政府提供相应担保,提前建立争议协商机制。

(2)项目自身风险:项目变更、方案设计不合理、成本超支、运营风险等。此类风险通过前期的研究准备,可以降低到一定程度,是私人投资主体的主要业务范围,受私人投资主体能力的影响较大,因此,此类风险应主要由私人投资主体承担。

(3)金融、市场风险:金融市场不健全、通货膨胀、融资结构不合理、运营市场波动收益不足等风险。此类风险影响机制较为复杂,仅靠一方的努力很难较好地管理,因此,此类风险要根据风险性质,具体分析双方的管理能力,共同承担。

(4)不可抗力风险:是合同一方无法控制,在签订合同前无法合理防范,情况发生时,又无法回避或克服的事件或情况,如自然灾害或事故、战争等<sup>[13]</sup>。此类风险无法预估更无法降低,合同双方分别承担自己的损失,可以通过第三方保险等方式转移。

### 3 PPP项目风险收益均衡研究

由于PPP模式用于采煤塌陷地复垦项目的局限,必须通过合理的风险分担与投资收益分配来提高私人投资主体的积极性,因此该文建立了基于讨价还价博弈-Shapley值的风险分担与收益分配组合求解模型。

在项目投资前,政府与私人投资主体都是理性的,都能够提前预知项目利润。双方争议的焦点集中在收益分配及各项风险的分担比重。假设  $K = (k_1, k_2, \dots, k_i)$  为政府部门承担的风险比例向量,则私人投资主体承担的风险比例向量为  $1-K$ 。项目支出期望值、经济效益、社会效益与其他效益都为定值,且双方都可提前预知。私人投资主体与政府部门的期望函数可分别表示为公式(1)、(2)。

私人投资主体:  $\max(\text{政府补贴} + \text{运营利润} - \text{项目支出期望值} - \text{风险损失})$  (式1)

政府部门:  $\max(\text{经济效益} + \text{社会效益} + \text{其他效益} - \text{政府补}$

贴 - 项目支出期望值 - 风险损失) (式2)

#### 3.1 非对称信息下的风险分担

##### 3.1.1 讨价还价模型假设

政府部门  $G$  与私人投资主体  $P$  都是理性的,都希望合作建立的同时,降低自身风险,获取最大效益。各项风险相互独立,双方不了解对方在谈判中的地位。政府部门相对私人投资主体更有地位,具有优先出价权,在谈判过程中掌握的信息比私人投资者更全,具有信息优势<sup>[14-15]</sup>。因此,在讨价还价过程中,政府部门会向私人投资主体转移  $R (R = (r_1, r_2, \dots, r_i); 0 \leq R \leq K \leq 1)$  的风险。讨价还价过程双方都需要消耗一定的成本,  $\xi (1 < \xi)$  表示谈判一个回合的折损系数。

##### 3.1.2 模型建立

以其中某一项风险为例,双方讨价还价博弈过程如下:

第一回合:政府部门首先提出自己承担的风险比重  $k_1$ :以  $q$  的概率采取强势策略,此时政府部门会向私人投资者转移风险份额  $r$ ,则政府部门与私人投资主体的风险分担函数表示为式(3);以  $1-q$  的概率不采取强势策略,则政府部门与私人投资主体的风险分担函数表示为式(4)。

$$\text{强势策略} \begin{cases} G'_1 = q(k_1 - r) \\ P'_1 = q(1 - k_1 + r) \end{cases} \quad (\text{式 } 3)$$

$$\text{非强势策略} \begin{cases} G''_1 = (1 - q)k_1 \\ P''_1 = (1 - q)(1 - k_1) \end{cases} \quad (\text{式 } 4)$$

此时,双方的风险分担期望函数分别为式(5)、(6)。

$$G_1 = q(k_1 - r) + (1 - q)k_1 = k_1 - qr \quad (\text{式 } 5)$$

$$P_1 = q(1 - k_1 + r) + (1 - q)(1 - k_1) = 1 - k_1 + qr \quad (\text{式 } 6)$$

如果私人投资者拒绝第一回合政府部门提出的方案,则博弈进入第二回合。第二回合,由私人投资者提出政府承担的风险比重  $k_2$ ,政府部门以  $q$  的概率采取强势策略,此时政府部门会向私人投资者转移风险份额  $r$ ,则在政府部门强势策略与非强势策略下,政府部门与私人投资主体风险分担函数分别表示为式(7)(8)。

$$\text{强势策略} \begin{cases} G'_2 = \xi q(k_2 - r) \\ P'_2 = \xi q(1 - k_2 + r) \end{cases} \quad (\text{式 } 7)$$

$$\text{非强势策略} \begin{cases} G''_2 = \xi(1 - q)k_2 \\ P''_2 = \xi(1 - q)(1 - k_2) \end{cases} \quad (\text{式 } 8)$$

此时,双方的风险分担期望函数分别为式(9)(10)。

$$G_2 = \xi q(k_2 - r) + \xi(1 - q)k_2 = \xi(k_2 - qr) \quad (\text{式 } 9)$$

$$P_2 = \xi q(1 - k_2 + r) + \xi(1 - q)(1 - k_2) = \xi(1 - k_2 + qr) \quad (\text{式 } 10)$$

如果政府部门继续拒绝第二回合私人投资者提出的方案,则博弈进入第三回合。第三回合,由政府部门提出承担的风险比重  $k_3$ ,政府部门仍以  $q$  的概率采取强势策略,此时政府部门会向私人投资者转移风险份额  $r$ ,则在政府部门强势策略与非强势策略下,政府部门与私人投资主体的风险分担函数分别表示为式(11)(12)。

$$\text{强势策略} \begin{cases} G'_3 = \xi^2 q(k_3 - r) \\ P'_3 = \xi^2 q(1 - k_3 + r) \end{cases} \quad (\text{式 } 11)$$

$$\text{非强势策略} \begin{cases} G''_3 = \xi^2(1 - q)k_3 \\ P''_3 = \xi^2(1 - q)(1 - k_3) \end{cases} \quad (\text{式 } 12)$$

此时,双方的风险分担期望函数分别为式(13)(14)。

$$G_3 = \xi^2 q_1(k_3 - r) + \xi^2(1 - q)k_3 = \xi^2(k_3 - qr) \quad (\text{式 } 13)$$

$$P_3 = \xi^2 q(1 - k_3 + r) + \xi^2(1 - q)(1 - k_3) = \xi^2(1 - k_3 + qr) \quad (\text{式 } 14)$$

讨价还价无限期进行,直到其中一方接受了另一方提出的方案则谈判结束。

### 3.1.3 模型求解

无限期讨价还价博弈不存在强制结束,其无论从第一个回合开始还是从第三个回合开始,最终博弈结果是一样的。选择第三回合为逆推归纳点,在第三回合中,政府部门与私人投资主体的风险分担期望函数分别为公式(13)(14)所示,若第二回合中,私人投资者提出的方案,导致政府部门风险分担  $G_2$  大于第三回合中政府部门的风险分担  $G_3$ ,则第二回合谈判肯定不成功,所以私人投资者为了节省资源,定会使博弈在第二回合结束。此时,私人投资者给出的方案,应满足式(15),将(15)代入式(10)(14)并相减可得式(16)。

$$G_2 = G_3 \rightarrow k_2 = \xi(k_3 - qr) + qr \quad (\text{式 } 15)$$

$$P_2 - P_3 = \xi(1 - k_2 + qr) - \xi^2(1 - k_3 + qr) = \xi - \xi^2 \quad (\text{式 } 16)$$

$\xi > 1$  所以  $\xi - \xi^2 < 0$ ,即  $P_2 - P_3 < 0$ ,说明第二回合谈判中私人投资者所承担的风险比重比第三回合要小,因此,私人投资者不存在进入第三回合谈判的推动力。同理,反推第一回合谈判,政府部门若想要私人投资者接受其提出的分担方案,应满足式(17)。

此时,私人投资者给出的方案,应满足式(17)。

$$P_2 = P_3 \rightarrow k_1 = 1 - \xi(1 - k_2 + qr) + qr \quad (\text{式 } 17)$$

根据无限期讨价还价博弈思路, $k_1 = k_3$  可得  $k_1, 1 - k_1$  如式(18)(19)所示。

$$k_1 = (1 - \xi - \xi^2 qr + qr)/(1 - \xi^2) = qr + [1/(1 + \xi)] \quad (\text{式 } 18)$$

$$1 - k_1 = 1 - qr - [1/(1 + \xi)] \quad (\text{式 } 19)$$

对于单项风险,政府部门与私人投资者所承担的风险比重分别为式(20)(21)所表示的子博弈精炼纳什均衡。

$$k^* = qr + [1/(1 + \xi)] \quad (\text{式 } 20)$$

$$1 - k^* = 1 - qr - [1/(1 + \xi)] \quad (\text{式 } 21)$$

因此,对某项风险的分担主要取决于谈判折损系数,为政府部门利用其强势地位转移给私人投资主体的风险比重。

## 3.2 基于 Shapley 值模型的收益分配研究

$N$  个人同时参与某项目, $S(S \in N)$  为组成的一个联盟, $|S|$  为联盟的规模, $V(S)$  表示联盟的收入, $V(S - i)$  为联盟中去掉成员  $i$  后的收入, $\varphi_i$  为局中人  $i$  的收入,当各参与方承担同样的投资额度与风险份额时,根据 Shapley 定理<sup>[16]</sup>, $\varphi_i$  满足式(22)。

$$\varphi_i = \sum_{S \in N} \frac{(|S| - 1)! (n - |S|)!}{n} [V(S) - V(S - i)] \quad (\text{式 } 22)$$

当各参与方承担不同投资额度与风险份额时,需要加入调整因素  $R_i$ ,得到式(23)。其中  $R = A \times B$ ,  $A$  为各影响因素分配的归一化矩阵, $B$  为每一个影响因素对利益分配的影响程度矩阵。

$$V_i = \varphi_i + (R_i - \frac{1}{n}) \times V \quad (\text{式 } 23)$$

## 3.3 案例分析

某采煤塌陷地复垦项目由政府与私人投资主体通过 PPP 模式合作实施,总投资 5 000 万元,其中政府出资 500 万元,私人投资主体出资 4 500 万元,双方的出资比例为 0.1:0.9,总收益为 1 亿元,若政府部门与私人投资主体单干,则双方可获收益分别为 4 000 万元与 6 000 万元,经过专家咨询、问卷调查知投资比重与风险承担对利益分配的影响程度矩阵  $B = [0.7, 0.3]$  及表 1 中所列参数值;每一项风险政府部门强势策略概率  $q$ ,风险份额  $r$ ,谈判折损系数  $\xi$  及各风险因素的重要程度  $\omega$ 。

表 1 某采煤塌陷地复垦项目风险参数

风险种类	风险参数			
	$q$	$\gamma$	$\xi$	$\omega$
政治风险	0.8	0.15	1.21	0.1
项目自身风险	0.5	0.03	1.26	0.4
金融、市场风险	0.6	0.06	1.25	0.4
不可抗力风险	0.6	0.08	1.13	0.1

第一步:计算政府与私人投资主体的风险承担系数。

根据 3.1 中讨价还价博弈模型的求解结果:式 (20) (21),代入表 1 中的  $q, r, \xi$  向量,可得政府承担风险比重向量  $K=[0.572, 0.457, 0.480, 0.517]$ ,即政府分别承担 57.2%, 45.7%, 48%, 51.7% 的政治风险,项目自身风险,金融、市场风险,不可抗力风险。政府承担风险的综合系数为各项风险承担系数的加权平均值,权重为各项风险的重要程度。因此政府承担综合风险系数为  $[0.572, 0.457, 0.480, 0.517] \times [0.1, 0.4, 0.4, 0.1]^T = 0.484$ ,则私人投资主体承担综合风险系数为  $(1-K) \times W = 0.516$ 。

第二步:根据 Shapley 值模型计算双方收益分配。

若政府部门与私人投资主体单干,则双方可获收益分别为 4 000 万元与 6 000 万元,即  $V(S_{\text{政府}}) = 0.4$  亿元,  $V(S_{\text{私人}}) = 0.6$  亿元。根据 3.2 中 Shapley 值模型式 (22),可得调整前收益分配 Shapley 值。

$$\begin{cases} \varphi_1 = \frac{0! + 1!}{2!} \times 0.4 + \frac{1! + 0!}{2!} \times (1 - 0.6) = 0.4 (\text{亿}) \\ \varphi_2 = \frac{0! + 1!}{2!} \times 0.6 + \frac{1! + 0!}{2!} \times (1 - 0.4) = 0.6 (\text{亿}) \end{cases} \quad (\text{式 } 24)$$

各影响因素分配的归一化矩阵

$$A = \begin{bmatrix} \text{风险分担向量} & \text{投资比重向量} \\ 0.484 & 0.1 \\ 0.516 & 0.9 \end{bmatrix} \quad (\text{式 } 25)$$

则风险分担与投资比重对收益分配的影响可表示为

$$\text{向量:} \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \end{bmatrix} = A \times B^T = [0.369, 0.631]。$$

根据 3.2 中式 (23) 加入投资与风险承担比重两因素后,可得调整后的收益分配 Shapley 值。

$$\begin{cases} V_1 = \varphi_1 + (R_1 - \frac{1}{n}) \times V_s = 0.269 (\text{亿元}) \\ V_2 = \varphi_2 + (R_1 - \frac{1}{n}) \times V_s = 0.731 (\text{亿元}) \end{cases} \quad (\text{式 } 26)$$

最终得出政府部门、私人投资主体的收益分别为 2690 万元与 7310 万元。

该文建立了讨价还价博弈-Shapley 值模型,进行 PPP 融资模式的风险分担与收益分配的组合研究,通过案例分析可以得到以下结论:

(1)私人投资主体的综合风险系数略大,双方基本上均担风险;政府更偏好于承担政策风险与不可抗力风险,而私人投资主体更加偏好于承担项目自身风险与金融、市场风险。

(2)该文研究可以得出,该模型的应用可以使政府让渡一定的项目收益,激发私人资本的投资积极性;私人投资主体承担绝大部分的项目资金投入,所获收益略大于政府。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

政府可以通过承担较大份额的政策风险,在一定程度上加快项目审批,提高项目效率,有效地解决了 PPP 融资模式应用于采煤塌陷地复垦项目的局限。同时,该模型的应用减少了双方协商的主观性和盲目性,加快项目进程,对促进采煤塌陷地复垦项目建设具有非常重要的意义。

### 4.2 讨论

(1)PPP 模式风险分担的讨价还价博弈模型改进。该文所建模型需要设定各项风险的“政府部门强势策略概率”、“风险份额”、“谈判折损系数”等参数,在实际案例中操作难度较大,因此具有一定的局限性。后续研究应分别对各项风险进行详细分析,分别建立参与双方对各项风险的预测机制与应对策略,进而建立定量的风险参数计算模型,提高风险分担讨价还价博弈模型的适用性与可信性。

(2)PPP 模式在采煤塌陷地复垦项目中的应用及改进建议。PPP 项目自身的风险与收益总额是双方进行风险分担与收益分配的前提,目前采煤塌陷地复垦项目仍具有自身收益偏低,对政府补贴依赖性大的特点。因此应积极探寻采煤塌陷地复垦项目的多种收益渠道,如:针对采煤塌陷地性质变更、报损机制、权属转变等问题制定相应的政策,从根本上提高项目自身的收益率与抗政策风险能力,可极大地激发私人投资主体的积极性,进一步减轻政府财政压力。另外,可以选择采煤塌陷地复垦前期基

础较好的淮南、济宁等地区作为先行区,推进PPP融资模式试点,探索融资经验,促进采煤塌陷地复垦进程。

## 参考文献:

- [1] 孙贵尚,李建中.我国采煤塌陷地治理研究[J].当代经济,2014(21):52-53.
- [2] Andreas Wibowo, Hans Wilhelm Alfen. Identifying macroenvironmental critical success factors and key areas for improvement to promote public-private partnerships in infrastructure: Indonesia's perspective[J]. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2014, 21(4):383-402.
- [3] 姚明来,王艳伟,刘秦南,等.基于全生命周期理论的公共基础设施PPP项目风险动态评价[J].工程管理学报,2017(4):1-5.
- [4] I. Demirag, I. Khadaroo, P. Stapleton, etc. Public private partnership financiers perceptions of risks[J]. *Institute of Chartered Accountants*, Edinburgh, Scotland, 2010.
- [5] 郎文勇.PPP项目风险控制体系研究[J].西南石油大学,2016.
- [6] 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(1):137-140.
- [7] 王平.PPP项目收益分配修正区间 Shapley 值方法[J].价值工

程,2017,36(9):59-61.

- [8] 李琪.高铁走出去PPP项目风险分担与利益分配研究[D].西南交通大学,2017.
- [9] 王佑辉,许颖.矿业废弃地复垦投融资体制创新[J].中国国土资源经济,2006,19(9):32-33.
- [10] 张清军,鲁俊娜.BOT融资及其在唐山市采煤塌陷地复垦中的应用[J].安徽农业科学,2008,36(33):14731-14732.
- [11] 王巧妮,陈新生,张智光.我国采煤塌陷地复垦的现状、问题和原因分析[J].能源环境保护,2008,22(5):49-53.
- [12] 张磊.基于博弈论的城市轨道交通PPP项目风险分担模型研究[D].北京:北京交通大学,2017.
- [13] 亓霞,柯永建,王守清.基于案例的中国PPP项目的主要风险因素分析[J].中国软科学,2009(5):107-113.
- [14] Lam K C, Wang D, Lee P T K, et al. Modelling risk allocation decision in construction contracts[J]. *International Journal of Project Management*, 2007, 25(5):484-493.
- [15] Medda F. A game theory approach for the allocation of risks in transport public private partnerships[J]. *International Journal of Project Management*, 2007, 25(3):213-218.
- [16] Li Bing. The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in UK[J]. *International Journal of project management*, 2005(23):25-35.

## Application of PPP Financing Model in Land Reclamation Project in Coal Mining Subsidence

MAO Meiqiao<sup>1</sup>, LI Fang<sup>2,3</sup>, LI Xinju<sup>2</sup>, LIU Yan<sup>4</sup>

(1. Shandong Institute of Geological Science, Shandong Jinnan 250013, China; 2. Resources and Environment College of Shandong Agricultural University, Shandong Tai'an 271018, China; 3. Economics and Management College Shandong Agricultural University, Shandong Tai'an 271018, China; 4. Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250015, China)

**Abstract:** In this paper, the operation mode and cooperation mechanism of PPP financing, and the application of PPP financing model in land reclamation projects in coal mine subsidence have been introduced. Based on risk-benefit equilibrium principle, from the aspects of private capital and government risk, the optimal risk sharing model with minimum total cost has been established. Under the condition of knowing constant risk sharing coefficient, the Shapley value model has been established to distribute the benefits. It is showed that the comprehensive risk coefficient of private investors is slightly larger. Thus, the risk should be shared by both sides. Private investors bear most of the project capital investment, and the profit is slightly larger than that of the government. The introduction of PPP model for coal mining subsidence land reclamation can solve the fund pressure, reduce financial and market risk of the projects for the government. For private investment subject, it can avoid too much policy and uncertainty risk, and obtain higher investment income. This study will provide a theoretical basis for the PPP financing negotiation of land reclamation projects in the coal mining subsidence. It has a very important practical significance for accelerating the reclamation process in the subsidence area.

**Key words:** Coal mining subsidence; land reclamation; PPP; risk; profit