

DOI: 10.5846/stxb201911252551

张丛林, 黄洲, 郑诗豪, 陈劭锋, 董磊华, 乔海娟. 基于赤水河流域生态补偿的政府和社会资本合作项目风险识别与分担. 生态学报, 2021, 41(17): 7015-7025.

Zhang C L, Huang Z, Zheng S H, Chen S F, Dong L H, Qiao H J. Risk identification and allocation of the Public-Private Partnership project based on ecological compensation in Chishui Watershed. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(17): 7015-7025.

基于赤水河流域生态补偿的政府和社会资本合作项目 风险识别与分担

张丛林¹, 黄 洲², 郑诗豪³, 陈劭锋^{1,4}, 董磊华⁵, 乔海娟^{6,7,*}

1 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190

2 湖州交通技师学院, 湖州 313000

3 中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222

4 中国科学院大学公共政策与管理学院, 北京 100049

5 中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司, 北京 100024

6 水利部农村电气化研究所, 杭州 310012

7 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210029

摘要:赤水河流域为生态脆弱区域, 现行的流域生态补偿机制存在补偿资金来源单一、总量不足且持续性较差、补偿方式较为单一等问题。将政府和社会资本合作(Public-Private Partnership, PPP)模式应用于建立赤水河流域生态补偿机制, 有助于拓宽补偿资金来源、增加资金总量、丰富补偿方式, 推动各利益相关方收益共享、风险共担。与传统 PPP 项目相比, 基于流域生态补偿的 PPP 项目具有更为复杂的风险结构, 风险因素的正确识别和合理分担是成功运用 PPP 模式完善赤水河流域生态补偿机制的关键。识别基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目运作关键环节, 甄别各环节面临的主要风险因素; 基于云理论建立风险分担模型; 将有关风险在政府和社会资本间进行分担。研究结果表明: (1) 基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目运作过程共包括项目准备、项目实施和项目合同终结等三个阶段、共 11 个关键环节, 各环节共面临 26 个主要风险因素。(2) 分析了有关风险因素可能对赤水河流域生态补偿机制或 PPP 项目产生的不利影响, 并指出了风险引致方。(3) 在项目准备阶段, 政府拥有绝对的资源优势, 以政府为主承担主要风险; 在项目实施阶段, 项目风险总体上由政府承担为主向社会资本承担为主转移, 80% 的风险主要由社会资本承担; 特许经营期满后, 社会资本将项目的经营权(或所有权与经营权同时)向政府移交, 在项目合同终结阶段, 有关风险再次以政府承担为主。

关键词:赤水河; 生态脆弱区; 流域生态补偿; 政府和社会资本合作(PPP)模式; 风险识别; 风险分担

Risk identification and allocation of the Public-Private Partnership project based on ecological compensation in Chishui Watershed

ZHANG Conglin¹, HUANG Zhou², ZHENG Shihao³, CHEN Shaofeng^{1,4}, DONG Leihua⁵, QIAO Haijuan^{6,7,*}

1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

2 Huzhou Traffic Technical College, Huzhou 313000, China

3 China Water Resources Beifang Investigation, Design and Research Corporation Limited, Tianjin 300222, China

4 School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

5 Powerchina Beijing Engineering Corporation Limited, Beijing 100024, China

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1508204); 国家自然科学基金青年基金项目(71503245); 第二次青藏高原综合科学考察研究(2019QZKK0401); 2018 年度教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目(18JZD059)

收稿日期:2019-11-25; **网络出版日期:**2021-06-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: qhjsw@163.com

6 Research Institute for Rural Electrification, Ministry of Water Resources, Hangzhou 310012, China

7 State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China

Abstract: The Chishui Watershed is an ecological fragile region. The current ecological compensation mechanism in the Chishui Watershed has problems such as single source of compensation funds, insufficient total amount, poor sustainability, and relatively simple compensation mode. For ecological compensation mechanism in the Chishui Watershed, the Public-Private Partnership (PPP) model can potentially broaden the sources of supplementary funding, increase total funding, diversify modes of compensation, and facilitate sharing of profit and allocation of risks between stakeholders. Compared to traditional PPP projects, PPP projects based on watershed ecological compensation involve a more complex risk structure. In order to improve the ecological compensation mechanism of the Chishui Watershed by using the PPP model, correct risk identification and effective risk-allocation are crucial. The key links of PPP project based on ecological compensation in Chishui Watershed are identified, and the main risk factors of each key link are identified. A risk allocation model was established through the cloud theory, showing the risk allocation situation between the public and private partners. The results show that: (1) the process of PPP project based on ecological compensation in Chishui Watershed includes three stages: project preparation, project implementation and project contract termination. 11 key links are identified. There are 26 main risk factors in these key links. (2) The adverse impacts of risk factors on the watershed ecological compensation mechanism or PPP project in the Chishui Watershed are analyzed, along with their sources. (3) The risk allocation proportion between the public and private partners changes at different stages of PPP project. Specifically, during the project preparation stage, the public partner bears the majority of risk factors because of absolute resource advantages; during the project implementation stage, the private partner bears 80% risk factors; during the contract termination stage, private partner transfer the project's management right (or ownership and management rights) to the public partner, so the risk factors are mainly borne by public partner again.

Key Words: Chishui River; ecological fragile region; watershed ecological compensation; the Public-Private Partnership (PPP) model; risk identification; risk allocation

赤水河是长江上游南岸较大的一级支流,发源于云南省镇雄县,沿川黔边界流至贵州茅台镇后,纳桐梓河、古蔺河至赤水市,至四川省合江县与习水河汇合后注入长江。河源至茅台为上游,茅台至赤水市为中游,赤水市至河口为下游。因其优美的自然环境、丰富的生物多样性以及悠久的历史文​​化,赤水河被誉为生态河、美酒河、美景河、英雄河。

赤水河流域为生态脆弱区,流域上中下游保护与发展矛盾较为突出。赤水河流域上游所处之地生态环境普遍脆弱,森林覆盖率相对偏低,经济发展主要以种植业、养殖业和煤电行业为主,是我国南方贫困人口比较集中、贫困面较大的地区之一^[1-2]。而中下游经济发展以酿酒业和生态旅游业为主,对水质要求较高。为保护流域中下游水质,上游地区发展权受到限制。近年来,上游地区人口增长较快,城镇化率迅速提高,但由于资金不足,当地基础设施历史欠账较多,特色生态产业发展缓慢,给流域生态环境保护带来较大风险^[3-5]。

因此,有必要建立流域生态补偿机制,协调相关主体间的利益分配格局,促进流域上中下游经济社会发展与生态环境保护相协调。目前,国家、跨省级和贵州省层面已出台了一系列与流域生态补偿相关的政策措施^[6-10],但仍存在若干问题,主要表现为:补偿资金来源单一、总量不足且持续性较差、补偿方式较为单一等。引导社会资本积极参与赤水河流域生态补偿以促进上述问题的解决,显得尤为重要。

政府和社会资本合作(Public-Private Partnership, PPP)模式是公共服务领域的一种项目运作模式,对转变政府职能、推动经济增长具有重要作用^[11]。将 PPP 模式与赤水河流域生态补偿相结合,有助于拓宽补偿资金来源、增加补偿资金总量、丰富补偿方式。在此背景下,有效识别风险因素、合理分担风险因素,进而防范化解重大风险因素,关乎基于流域生态补偿 PPP 项目的成败。

1 文献综述

基于流域生态补偿的 PPP 项目是指以保护生态环境、促进人与自然和谐、增强公共产品和服务的供给能力与效率为目标,由政府与社会资本共同支付生态补偿资金,通过特许经营、购买服务、股权合作等方式建立的利益共享、风险分担及长期合作关系。开展基于流域生态补偿的 PPP 项目,是积极响应国家政策、提升流域综合治理能力的重要举措,且已经在抚河^[12]、太湖^[13]、辽河^[14]、湘江^[15]、永定河^[16]等流域取得了积极的进展。

风险的有效识别和合理分类是进行 PPP 项目风险分担的重要前提。在风险因素识别的基础上,已有研究主要从不同角度、不同层级对 PPP 项目风险进行有效划分。(1)按照项目风险的承担主体,将项目风险划分为政府、社会资本面临的风险以及公私双方共同承担的风险^[17-18]。(2)以 PPP 项目本身为主体^[19-28],综合考虑各类影响因素,将项目风险划分为政治、经济、社会、生态、法律、市场、融资、建设、服务、运营、不可抗力风险等多级指标体系。(3)从不同层级划分 PPP 项目风险,包括宏观、中观、微观^[29-30]和国家级、市场级与项目级^[31]两大类。

在此基础上,PPP 项目风险分担研究主要采用定性或定量的研究方法。在定性研究方面,主要以问卷调查^[17]、案例文献总结^[32]、专家打分^[33]等方式为主,划定 PPP 项目不同风险的分担主体,分析政府和私人投资者对市场风险的承担偏好,并提出相应的政策建议;在定量研究方面,主要通过构建函数模型如效用函数^[34-35]、测算模型^[36]、博弈模型^[37-38]、云模型^[23,28]以及神经网络^[39]等,求解政府部门和私营方承担风险比例的计算公式,并以实际工程为案例,进行验证分析,为有效识别 PPP 项目风险、管理风险,从而降低风险提供依据。总体来看,上述研究已取得诸多成果,但仍有待进一步完善:(1)将流域生态补偿与 PPP 模式相结合,进行风险分担的研究相对较少;(2)尚未对基于流域生态补偿的 PPP 项目运作关键环节中的风险因素进行有效识别;(3)在基于流域生态补偿的 PPP 项目风险分担方法方面,在风险分担评价过程中,对基础数据的全面性要求较高,且不易实现定性评价与定量数据间精确的相互转化。本文拟将赤水河流域生态补偿与 PPP 模式相结合开展研究,提出基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目运作关键环节,识别各环节面临的主要风险因素。在此基础上,引入云理论,建立基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目风险分担模型,将有关风险因素在政府与社会资本间进行合理分担。

2 研究方法

基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目(新建项目为主)的关键环节可以分为三个阶段(图 1):(1)项目准备阶段:针对赤水河流域重大资源环境问题,识别问题的利益相关方;通过利益相关方协商确定补偿目标,根据补偿目标制定补偿标准,而后由补偿主体筹集补偿资金;建立赤水河流域生态补偿基金,所有补偿资金都注入该基金。(2)项目实施阶段:流域生态补偿基金由具有投融资经验的专业公司进行管理,资金由特定的托管银行进行管理;该阶段社会资本入驻,在基金管理公司的决策下,进行项目投资;社会资本开始参与项目设计和建设环节,该阶段社会资本与各联合单位签订贷款、设计、建设、保险、咨询、管理等合同;而后,组织各相关单位进行项目建设;在此过程中,政府及相关部门对项目实施全过程进行监督。工程验收、试运营合格以后,开发建设阶段结束,项目进入运营环节,政府与社会资本方签订特许经营权协议,约定特许经营期限。在项目运营期间,社会资本方应按照协议要求对项目设施进行运营、维护;为确保按协定进行,各利益相关方均拥有对项目进行监督的权利。项目运营产生的经济、社会和生态环境收益在补偿主体、补偿客体和基金管理公司等利益相关方间进行分配。(3)合同终结阶段:待项目特许经营期满后,私人资本需将项目的经营权(或所有权与经营权同时)向政府移交,合同效力终止。

在项目阶段划分的基础上,研究方法主要包括两个方面:(1)建立基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目风险识别方法,识别 PPP 项目运行关键环节和对应的风险因素;(2)通过云理论建立基于赤水河流域生态补

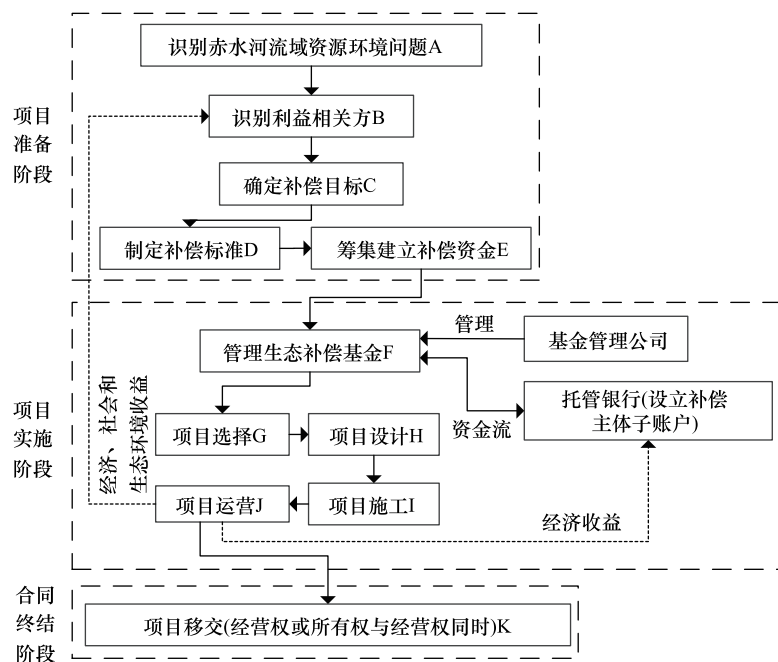


图1 基于赤水河流域生态补偿的政府和社会资本合作(PPP)项目运作关键环节

Fig.1 Key links in the operation of PPP projects based on ecological compensation in Chishui Watershed

偿的PPP项目风险分担方法,将有关风险在政府和社会资本间进行合理分担。

2.1 风险因素识别方法

本文将PPP模式引入赤水河流域生态补偿机制,借鉴在美国运行数十年且取得成功经验的州立循环基金的运作模式^[40]。识别基于赤水河流域生态补偿的PPP项目运作关键环节。

结合基于赤水河流域生态补偿的PPP项目运作关键环节,本文采用文献调研与考察调研相结合的方式识别相关风险因素。(1)广泛查阅国内外PPP项目风险识别的相关文献资料,梳理、总结主要风险因素。(2)赴赤水河流域内昭通、毕节等市实地调研流域内已开展的PPP项目,并召集政府和社会资本代表,了解项目运作过程中面临的风险因素。(3)召开赤水河流域生态补偿利益相关方座谈会,就有关风险因素的甄别工作征求各方意见和建议。在此基础上,识别项目运作关键环节中的主要风险因素,分析各风险因素对项目的影响和风险引致方。须指出的是,我国相关法律、法规已有规定的内容,不作为本文风险识别的重点。

2.2 风险分担方法

本文运用云理论进行风险分担研究,构建基于赤水河流域生态补偿的PPP项目风险分担模型。该理论以概率论和模糊数学为基础,运用语言值实现某个定性概念与其定量表示之间的不确定性转换^[41]。根据云理论,本文分三步构建基于赤水河流域生态补偿的PPP项目风险分担模型:构建风险因素分担参考云、构建风险因素分担评价云、确定风险因素分担方案(图2)。

2.2.1 风险分担的基本原则

基于赤水河流域生态补偿的PPP项目的相关风险主要在政府和社会资本间分担,有关的社会资本主要包括:有经济实力的非政府补偿主体、其他愿意参与到PPP项目中的个人、企业或组织。其中,补偿主体主要包括:赤水河流域中下游以酒类企业和旅游企业为代表的生态服务购买者、中下游政府。补偿客体主要包括:赤水河流域上游地区的公众、地方政府等生态服务维护者。

按照风险分担优化、风险收益对等和风险可控等原则,将风险类型及分担方式分为以下类型:(1)以政府资本为主承担的风险应是政府拥有绝对资源优势的风险,以项目外部风险为主,主要包括:法律、政策和最低需求等风险。(2)由社会资本为主承担的风险应该是社会资本熟悉程度和控制能力远高于政府的风险,主要

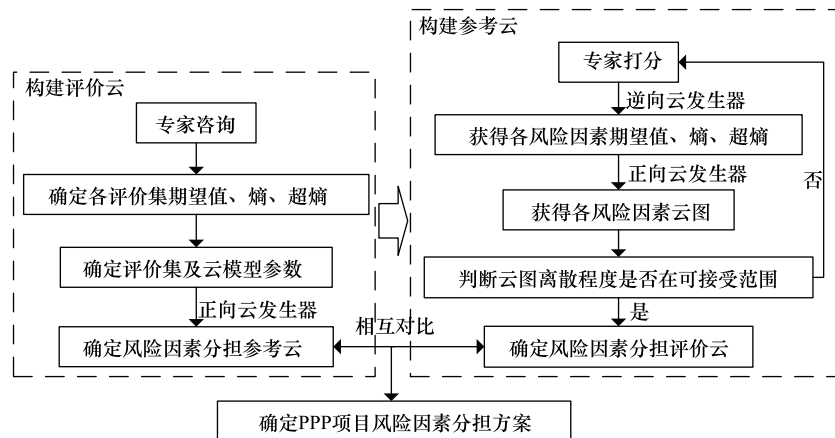


图2 风险因素分担模型构建思路

Fig.2 Ideas for constructing risk factor sharing model

为项目内部风险,如:项目设计、建造、财务和运营维护等商业风险。(3)不可抗力等风险应由政府和社会资本合理共担^[42-43]。

2.2.2 构建 PPP 项目风险因素分担参考云

基于云理论的风险分担模型由期望值 E_x 、熵 E_n 和超熵 H_e 等数字特征表征对定性概念的定量表达。期望值 E_x 代表云滴的中心位置,即定性概念的中心值;熵 E_n 用以衡量定性概念的模糊性,表征定量论域中可被定性概念接受的数值范围, E_n 越大,概念越模糊;超熵 H_e 是熵 E_n 不确定性的度量,反映云的离散程度,即所有云的最大厚度^[44]。定性概念和定量描述间的相互转换通过云发生器实现^[45]。

风险因素分担参考云通过专家咨询法确定。因各风险因素评价价值难以具体量化,选择以定性语言进行描述^[46]。按照七级语义划分的风险因素分担参考云包括:“政府方全担”、“政府方分担绝大部分”、“政府方分担较大部分”、“公私双方均担”、“社会资本方分担较大部分”、“社会资本方分担绝大部分”和“社会资本方全担”及其对应的数域,此处数域是指七级语义所对应的评价值区间。对于具有上限和下限的双边约束型评语,评价值数域的特征值为:

$$\begin{cases} E_x = \frac{(D_{\min} + D_{\max})}{2} \\ E_n = \frac{(D_{\min} + D_{\max})}{6} \\ H_e = k \end{cases} \quad (1)$$

式中: $D_{\min}$ 和 $D_{\max}$ 是评价数域的端点, k 为可以根据定性语义模糊程度调整的系数,本文采用黄金分割法确定,即以“公私双方均担”为评价论域中心,相邻云图的超熵 H_e 以 1.618 倍向两侧逐渐增大^[47]。

2.2.3 构建 PPP 项目风险因素分担评价云

(1) 专家评价

通过现场座谈、线上咨询等多种形式,共邀请来自政府、高校、科研单位、企业等单位在经济、生态环境、工程管理、风险管理等相关领域的 10 名专家进行打分,每位专家均对基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目的 m 个风险因素逐一进行风险分担评价。参与评价的各位专家表示为 $(B_1, B_2, \dots, B_n)$, 待评价的风险因素表示为 $(C_1, C_2, \dots, C_m)$, $U(C_i(B_j))$ 表示第 j 位专家对于第 i 个风险因素的分担评价价值,其中 $(i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ ^[48]。

(2) 将 $U(C_i(B_j))$ 输入逆向云发生器

将各专家对各项风险因素的分担评价输入逆向云发生器,获取各风险因素和 PPP 项目整体风险因素的数字特征:

$$\begin{cases} E_{\hat{x}} = \bar{X} \\ E_{\hat{n}} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - E_{\hat{x}}| \\ H_{\hat{e}} = \sqrt{S^2 - E_{\hat{n}}^2} \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\bar{X}$ 为专家评价样本均值, N 为样本数, S^2 为方差, β 为中心距, $E_{\hat{x}}$ 为样本矩估计期望值, $E_{\hat{n}}$ 为样本矩估计熵, $H_{\hat{e}}$ 为样本矩估计超熵。

(3) 将数字特征输入正向云发生器

根据(2)的计算结果,将各风险因素的数字特征输入正向云发生器求得 PPP 项目各风险因素的分担评价云图。

$$y = e^{\frac{-(x-E_x)^2}{2(E_n)^2}} \quad (3)$$

式中: x 为熵 E_n 和期望值 E_x 的正态随机数; $E_{n'}$ 为超熵 H_e 和熵 E_n 的一个正态随机数; y 为 x 的可表达 $\bar{A}$ (某一风险因素的专家评价所形成的隶属度), $\{x, y\}$ 所生成的云滴完整地反映了这一次定性论域到定量数域转换的全部内容。

此后,重复上述过程,直到产生 N 个云滴为止。若由这些云滴组成的云图厚度过大 ($H_e > 1$) 或云滴严重发散 ($E_n > 10$) 甚至呈雾状分布,说明专家组对风险因素 C_m 的分担评价观点不一致,存在较大分歧^[49]。

为了解决“持少数意见专家的观点往往会被其他意见相近专家的评价结果所掩盖”这一问题,本文在云厚度过大或云滴严重发散时,会将有关评价云图对应的风险因素反馈给专家组讨论并进行新一轮评价,重复此过程直到云图具有较理想的厚度和云滴离散度为止。

2.2.4 确定风险因素分担方案

基于云理论建立基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目风险因素分担模型,将得到的最终风险因素评价云图作为风险因素分担评价云,与风险因素分担参考云的数域所对应的七个论域范围做比较,甄别其对应的风险分担资本方,确定各风险因素的分担方式和双方资本风险的分担比例,最后得到基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目风险分担的最优方案。

3 研究结果

3.1 风险因素识别结果

根据 PPP 项目运作流程中的 11 个关键环节,识别出各环节面临的主要风险因素共 26 个,进一步分析了各风险因素对流域生态补偿机制或 PPP 项目的影响和风险引致方(表 1)。

3.2 风险分担结果

3.2.1 各风险因素分担评价

对各风险因素的分担情况进行评价,以风险因素 J_2 为例,各专家三轮评价结果如图 3 依次所示。其中,各专家的首轮评价为: (80, 55, 78, 65, 50, 50, 65, 90, 46, 65), J_2 的数字特征 (E_x, E_n, H_e) 为 (64.4, 14.19, 3.57)。通过观察可知,云厚度过大、云滴离散度较强 ($E_n = 14.19$, $H_e = 3.57$),说明有关专家对于风险分担情况的认知存在较大差异,评价云无法准确反映风险因素 J_2 的分担信息,失去评价意义,需将本次评价结果及云图反馈给专家组,待商讨后重新评价。而后进行第 2 轮评价,获得风险分担评价云,通过观察可知,云图的厚度得到显著改善,云滴离散度减弱,说明专家组意见已趋向一致 ($E_n = 5.81$, $H_e = 1.30$)。在此基础上进行第 3 轮评价,逐渐缩小专家间分歧,提高评价质量 ($E_n = 5.14$, $H_e = 0.63$),获得满意云图。

表 1 各关键环节主要风险因素
Table 1 Key risk factors in each key link

序号 No.	风险因素 Key risk factors	对流域生态补偿机制或政府和社会资本合作 (PPP) 项目的影响 Influence on watershed ecological compensation mechanism or PPP project	风险引致方 Risk causing party
A1	问题甄别不准确、不全面	无法通过实施 PPP 项目开展流域生态补偿以改善流域生态环境,最终导致此类 PPP 项目失败	政府
B1	利益相关方识别不全	部分利益相关方无法有效参与到基于赤水河流域生态补偿的 PPP 项目中,削弱了流域生态补偿机制的代表性、公平性和可持续性	政府
B2	利益相关方反对实施 PPP 项目	无法实现以 PPP 项目的方式实施补偿,无法为流域生态补偿机制筹集更多资金	补偿主体
C1	补偿目标设定偏低或偏高	补偿目标偏低将造成流域生态补偿机制形同虚设;补偿目标偏高将造成流域生态补偿机制可持续性较差	政府、补偿主体、补偿客体
D1	补偿标准设定偏低或偏高	补偿标准偏低将造成流域生态补偿机制形同虚设;补偿标准偏高将造成流域生态补偿机制可持续性较差	政府、补偿主体、补偿客体
D2	利益相关方难以就补偿标准达成一致	难以通过 PPP 项目实施流域生态补偿	政府、补偿主体、补偿客体
E1	财政资金持续性差	影响流域生态补偿基金持续性	政府
E2	财政资金总量较小	导致流域生态补偿基金资金不足	政府
E3	社会资本参与意愿不强	导致基于流域生态补偿的 PPP 项目无法实现	政府、补偿主体
F1	利率风险	提高生态补偿基金运行成本,降低收益	政府、社会资本
F2	基金经营风险*	生态补偿基金收益水平降低	基金管理公司
F3	政策风险**	PPP 项目收益降低,影响流域生态补偿机制持续性	政府
G1	征地风险	增加 PPP 项目成本	政府
G2	社会资本融资难	PPP 项目资金不足或融资成本高	外部融资渠道
H1	项目设计不足	PPP 项目工程质量下降	项目设计方
H2	工程技术未通过		项目设计方
I1	质量工艺较差		项目建设方
I2	合同变更	影响 PPP 项目进展	项目建设方
I3	建设成本超支	增加 PPP 项目成本	项目建设方
I4	工期延误	影响 PPP 项目实施进度	项目建设方
I5	运营成本超支	PPP 项目收益降低	项目建设方
J1	运营收入低于预期	PPP 项目收益降低	社会资本
J2	服务购买方费用支付不及时	PPP 项目收益降低	社会资本
J3	项目运营效率低		社会资本
K1	移交政府时项目状况较差	影响项目持续运营	社会资本
K2	不可抗力	影响项目正常运营	—

备注: * 基金经营风险指基金公司的专业技能、研究能力及投资管理水平直接影响其对信息的占有、分析和对经济形势、证券价格走势的判断,进而影响基金的投资收益水平; ** 本文所称的政策风险主要指因地方政府制定的政策产生变化而对 PPP 项目造成的风险

通过风险分担模型可得 PPP 项目各风险因素评价云的数字特征。各风险因素熵 $E_n < 10$ 、超熵 $H_e < 1$,均在许可范围内,云滴离散度较小,专家意见较为集中,评价极差较小(表 2)。主要由政府资本承担的风险因素包括:A、B、C、D、E 环节的相关风险因素,F3、G1 等风险因素;主要由社会资本承担的风险因素包括:H、I、J 等环节的所有风险因素,F2、G2、K1 等风险因素;由政府资本和社会资本均担的风险因素包括:F1、K2 等风险因素(图 4)。

3.2.2 项目风险分担及风险转移评价

在对各风险因素进行分担的基础上,对 PPP 项目的整体风险分担结果进行评价。总体来看,将 10 位专家对 26 个风险因素的评价结果取均值,得到整个 PPP 项目风险分担模型的数字特征为(52.12,1.33,0.89)。从 PPP 项目层面来看,其风险总体上应由公私双方均担。在此基础上,进一步分析 PPP 项目不同阶段双方风险分担的总体情况:

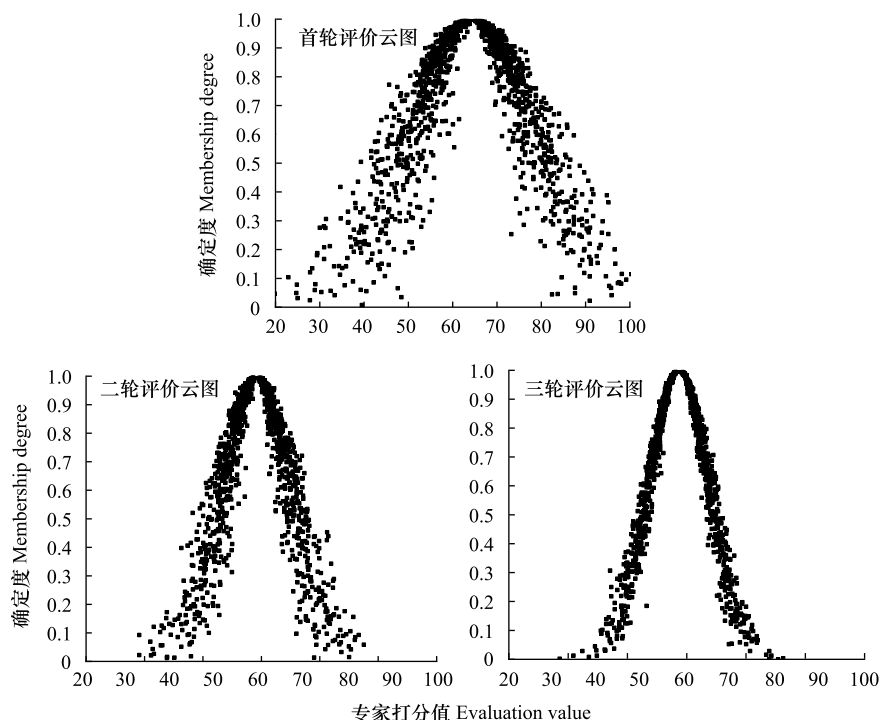
图3 风险因素 J_2 的评价云Fig.3 Risk factor J_2 evaluation cloud

表2 各风险因素评价云的数字特征

Table 2 The digital characteristics of each risk factor evaluation cloud

	A1	B1	B2	C1	D1	D2	E1	E2	E3	F1	F2	F3	G1
熵 E_n	5.11	6.67	6.02	5.11	6.52	2.9	7.8	5.01	5.39	6.49	5.39	4.51	4.26
超熵 H_e	0.8	0.69	0.99	0.74	0.93	0.68	0.59	0.69	0.75	0.87	0.89	0.73	0.25
	G2	H1	H2	I1	I2	I3	I4	I5	J1	J2	J3	K2	
熵 E_n	5.64	5.01	3.51	5.51	5.74	5.39	7.72	7.88	4.89	5.14	5.72	1.2	
超熵 H_e	0.8	0.93	0.3	0.46	0.42	0.53	0.79	0.89	0.88	0.63	0.7	0.89	

在项目准备阶段,从风险因素数量来看,由政府资本承担的比例为 100%。该阶段工作主要由地方政府牵头实施,其拥有绝对的资源优势。因此政府在项目准备阶段承担项目的主要风险。

在项目实施阶段,从风险因素数量来看,项目风险主要由社会资本承担,承担比例为 80.00%,政府资本承担仅占 13.33%,其余为双方均担。该阶段社会资本介入,生态补偿基金建立后,进行 PPP 项目选择,社会资本牵头推进项目设计、建设和运营的相关工作。该阶段,项目风险总体上由政府资本承担为主向社会资本承担为主转移,该阶段除 F1、F3、G1 外,其余风险因素均以社会资本承担为主。社会资本处在最有利的去控制这些风险,可以根据经验通过选择成熟的技术来减少该风险发生的可能性。其中, F1 风险受市场大环境影响,政府与社会资本双方均无法控制这些风险的发生,属双方共担风险; F3、G1 受政府主观影响较大,政府可依靠自身的权力优势影响政策制定和 PPP 项目征地进程,因此该风险属于政府控制范围,以政府承担为主。

特许经营期满后,PPP 项目进入合同终止阶段,社会资本将项目的经营权(或所有权与经营权同时)向政府移交。在项目移交阶段, K1 受社会资本经营能力影响,社会资本可以根据经验通过选择成熟的技术来减少该风险发生的可能性,其更有控制力,因此该风险应由社会资本承担。K2 因为其具有不可预测性,双方对其

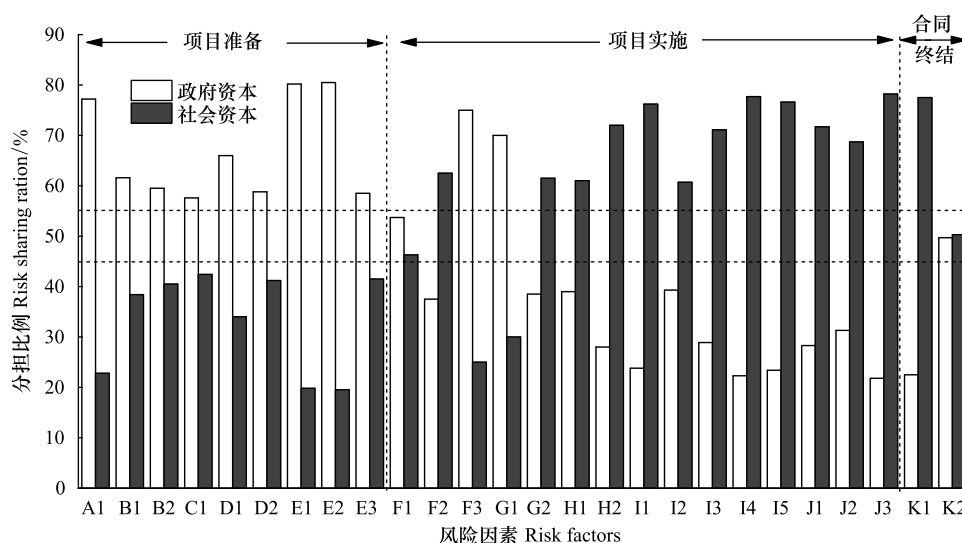


图4 政府和社会资本的风险分担比例

Fig.4 Risk sharing ratio of government and social capital

都无法有效控制,只能通过采取措施尽量降低损失,其责任应由双方共担。

总体来看,在项目准备阶段,有关风险以政府资本承担为主;至项目实施阶段,有关风险总体上转变为以社会资本承担为主;在合同终结阶段,随着项目经营权(或所有权与经营权同时)移交政府,有关风险再次以政府承担为主。

4 结论与建议

4.1 结论

(1)本研究将赤水河流域生态补偿与PPP模式相结合开展研究,在实施流域生态补偿机制的背景下,为有效识别PPP项目风险因素、在政府和社会资本间合理分担项目风险,进而防范化解重大项目风险建立了系统性研究方法。

(2)本研究特色主要包括三个方面:1)将流域生态补偿与PPP模式相结合。拓宽了补偿资金来源,推动各类资金相互融合、优势互补、风险共担,促进各利益相关方参与流域生态补偿。2)将风险识别与风险分担相结合。既关注风险有效识别,又关注风险合理分担;既提出风险识别与分担的相关技术方法,又应用这些方法得出研究结果。3)将定性分析与定量计算相结合。本研究通过云理论,构建基于赤水河流域生态补偿的PPP项目风险分担模型,有效实现了定性内容与定量数据间的精确转化,并将政府、社会资本等承担的风险比例进行了量化呈现。

(3)PPP项目相关资料的获取是开展基于赤水河流域生态补偿的PPP项目风险因素识别和分担研究的重要基础,亦是专家打分的重要依据。建议构建动态更新的基于赤水河流域生态补偿的PPP项目数据库,为专家打分提供重要参考。

4.2 建议

(1)政府资本在项目准备阶段承担项目主要风险,并承担项目实施阶段的政策风险和征地风险,为了防范风险,在项目前期准备阶段,政府部门需开展实地调研,听取利益相关方意见,并开展科学咨询,科学判断流域生态环境的控制性因素(A);充分识别利益相关方,且考虑补偿主体利益,寻找更多收益高的项目,或通过不同收益率项目打包的方式,吸引补偿主体参与;另一方面,做好生态补偿机制必要性的解释说明工作,争取利益相关方参与其中(B);根据所需的生态服务功能和资金承受能力,科学确定补偿目标(C);政府应为公众

和社会资本营造公平协商环境,并加强对双方的协调,通过科学测算和利益相关方协商确定补偿标准(D)。在筹集补偿资金环节,将生态补偿纳入财政经常性预算,提高财政资金对流域生态补偿的支持力度,并争取国家层面重点生态功能区的转移支付,并通过增加财政资金,吸引社会资本进行投资(E)。对于政策风险,应做好有关 PPP 项目的法律规制与政策支持工作,创造良好的投融资环境和稳定的政治环境(F3);对于征地风险,政府应严肃土地征用程序,对违反土地征用程序的主管单位和负责人进行处罚,并引入外部审计部门,进行全过程跟踪审计(G1)。

(2) 社会资本在项目实施阶段、项目移交时承担项目主要风险,在管理生态补偿资金方面,社会资本应监督基金管理公司掌握熟练的运用资金管理知识,定期进行专业化培训工作,选择不同的基金产品 PPP 项目进行投资,并利用不同基金产品的利率对冲降低以减少利率波动对企业盈利的影响(F1,F2);在项目融资过程中,社会资本应制定合理的资金融资计划和风险管控机制(G2);在项目设计过程,项目设计单位应加强前期调研工作,形成对项目情况的总体掌控,提高设计人员的技术水平,避免设计缺陷等问题的发生(H);在项目建设环节,项目建设单位应优化施工组织设计,提高施工人员的技术水平与责任心(I)。对于运营风险,社会资本可以在项目前期以召开听证会的方式,收集各方的利益诉求,减少后期运营时可能产生的风险,并建立补偿资金的浮动机制,允许补偿资金根据项目收益状况在允许范围内合理浮动(J1),由政府协助社会资本做好拖欠费用的追缴工作(J2),社会资本方应对员工进行技能培训,或聘请专业公司进行项目运营(J3);社会资本运营期间,应严格按照国家标准以及相关法律法规要求,保证项目移交时工程质量合格,并在合同中注明相应赔偿措施(K1)。

(3) 对于利率风险(F1)和不可抗力风险(K2),政府与社会资本都应进行充分的调研,做好市场预备利率变动和不可抗力的风险分担机制。

参考文献(References):

- [1] 张丛林,王毅,乔海娟,孙凌凯,董磊华. 酒类企业对赤水河流域水环境的影响. 水资源保护, 2015, 31(4): 62-66.
- [2] 马伟波,赵立君,田佳榕,王楠,高媛赞,李海东. 基于地形位置指数的赤水河流域植被时空变化研究. 环境科学研究, 2020, 33(12): 2705-2712.
- [3] 张丛林,董磊华,陈飞. 加强赤水河流域水环境保护的政策建议. 水利发展研究, 2014, (12): 8-11.
- [4] 朱建华,张惠远,郝海广,胡旭珺. 市场化流域生态补偿机制探索——以贵州省赤水河为例. 环境保护, 2018, 46(24): 26-31.
- [5] Zhang C L, Liang Y Z, Huang Z, Qiao H J, Zhang S. Selection of PPP program models based on ecological compensation in the Chishui Watershed. Water Policy, 2019, 21(3): 582-601.
- [6] 贵州省政府办公厅. 省政府办公厅转发省环境保护厅等部门《贵州省赤水河流域水污染防治生态补偿暂行办法》. (2014-04-29) [2015-07-05]. http://www.guizhou.gov.cn/xwdt/djfb/201709/t20170925_875512.html.
- [7] 中华人民共和国财政部. 关于加快建立流域上下游横向生态保护补偿机制的指导意见. [2016-12-20]. http://www.mof.gov.cn/gp/xxgkml/jjjss/201612/t20161230_2512229.html.
- [8] 贵州省人大常委会. 贵州省赤水河流域保护条例. (2011-07-29) [2018-11-29]. <http://www.gzrd.gov.cn/dffg/gzsdffg/26423.shtml>.
- [9] 中华人民共和国生态环境部. 四川、云南、贵州签订赤水河流域横向生态保护补偿协议. [2018-02-09]. http://www.mee.gov.cn/xxgk/gzdt/201802/t20180209_431189.shtml.
- [10] 中华人民共和国生态环境部. 四川印发实施《四川省流域横向生态保护补偿奖励政策实施方案》. [2019-07-11]. http://www.mee.gov.cn/xxgk/gzdt/201907/t20190711_709240.shtml.
- [11] 国务院办公厅. 国务院办公厅转发财政部发展改革委人民银行关于在公共服务领域推广政府和社会资本合作模式指导意见的通知. (2015-05-22) [2019-07-11]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/22/content_9797.htm.
- [12] 姜谋余,唐克旺. PPP 模式下流域生态保护与综合治理——以江西抚河为例. 中国水利, 2016, (14): 28-30.
- [13] 朱玫. 太湖流域治理十年回顾与展望. 环境保护, 2017, 45(24): 34-38.
- [14] 张书源,程全国,孙树林. 辽河流域污染防治 PPP 模式的适用性研究. 环境工程, 2017, 35(1): 73-77.
- [15] 程雯婷. 基于 PPP 模式的流域生态补偿机制研究——以湘江流域为例. 环境保护与循环经济, 2018, 38(3): 54-57.
- [16] 王东. 永定河流域治理 PPP 模式创新初探. 建筑经济, 2020, 41(3): 76-81.
- [17] Hwang B G, Zhao X B, Gay M J S. Public private partnership projects in Singapore: factors, critical risks and preferred risk allocation from the

- perspective of contractors. *International Journal of Project Management*, 2013, 31(3): 424-433.
- [18] 李寿国, 周文珺. 基于 PPP 模式的地下综合管廊项目风险分担机制分析. *安全与环境学报*, 2018, 18(3): 1019-1024.
- [19] 李妍. 不完全信息动态博弈视角下的 PPP 项目风险分担研究——基于参与方不同的出价顺序. *财政研究*, 2015, (10): 50-57.
- [20] Ameyaw E E, Chan A P C. Evaluation and ranking of risk factors in public - private partnership water supply projects in developing countries using fuzzy synthetic evaluation approach. *Expert Systems with Applications*, 2015, 42(12): 5102-5116.
- [21] 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. *International Journal of Project Management*, 2015, 33(6): 1335-1346.
- [22] 严景宁, 郭华平. 公益性水利 PPP 项目政府付费模型及应用——基于风险分担视角. *价格理论与实践*, 2017, (11): 114-117.
- [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. *水资源与水工程学报*, 2018, 29(6): 122-126.
- [24] Shrestha A, Chan T K, Aibinu A A, Chen C, Martek I. Risk allocation inefficiencies in Chinese PPP water projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2018, 144(4): 04018013..
- [25] 赵辉, 王玥, 张旭东, 马胜彬. 基于云模型的特色小镇 PPP 项目融资风险评价. *土木工程与管理学报*, 2019, 36(4): 81-88.
- [26] Ahmadabadi A A, Heravi G. Risk assessment framework of PPP-megaprojects focusing on risk interaction and project success. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2019, 124: 169-188.
- [27] 刘金林, 白会人, 王子超. 基于 FANP - 云模型的污水处理扩建 PPP 项目风险分析. *土木工程与管理学报*, 2020, 37(4): 101-106.
- [28] 张亚琼, 何楠, 陈毅洋, 杨丝雯, 王雷. 基于云模型的生态水利 PPP 项目利益相关者管理风险评价. *中国农村水利水电*, 2020, (12): 148-152, 163.
- [29] 尹航, 李远富, 赵冬梅. 基于云模型的 PPP 项目风险分担方案决策方法. *科技管理研究*, 2016, 36(15): 201-206.
- [30] 敖慧, 朱茜, 朱玉洁. 农村基础设施 PPP 项目的风险分担. *统计与决策*, 2020, 36(8): 173-176.
- [31] 王桂花, 彭建宇. 制度供给视角下 PPP 模式风险分担博弈研究. *经济问题*, 2017, (10): 39-44.
- [32] De Jesus Rock E, Wu S L. The Nacala Corridor Railway and Port PPP project Risks identification research. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, 474: 042001.
- [33] 张曾莲, 郝佳赫. PPP 项目风险分担方法研究. *价格理论与实践*, 2017, (1): 137-140.
- [34] 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. *运筹与管理*, 2016, 25(5): 21-27.
- [35] 李宗活, 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. *系统科学学报*, 2018, 26(1): 111-114.
- [36] 袁竞峰, 贾斯佳. 轨道交通 PPP 项目补贴模式比较研究——基于不同风险分担的分析与设计. *价格理论与实践*, 2018, (6): 114-117.
- [37] 王晓彦, 胡婷婷, 胡德宝. PPP 项目利益与风险分担研究——基于 PPP 项目利益主体不同利益诉求的分析. *价格理论与实践*, 2019, (8): 96-99.
- [38] 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. *系统工程理论与实践*, 2020, 40(9): 2391-2405.
- [39] 陆晓琴, 黄元君, 王喜. 基于 PCA-RBF 神经网络的 PPP 项目风险智能评价研究. *科技管理研究*, 2017, 37(14): 59-63.
- [40] Vedachalam S, Geddes R R. The water infrastructure finance and innovation act of 2014: structure and effects. *Journal American Water Works Association*, 2017, 109(4): E99-E109.
- [41] 李德毅, 刘常昱. 论正态云模型的普适性. *中国工程科学*, 2004, 6(8): 28-34.
- [42] Wang Y L, Cui P, Liu J C. Analysis of the risk-sharing ratio in PPP projects based on government minimum revenue guarantees. *International Journal of Project Management*, 2018, 36(6): 899-909.
- [43] Keers B B M, van Fenema P C. Managing risks in public-private partnership formation projects. *International Journal of Project Management*, 2018, 36(6): 861-875.
- [44] 高洪波, 张新钰, 张天雷, 刘玉超, 李德毅. 基于云模型的智能驾驶车辆变粒度测评研究. *电子学报*, 2016, 44(2): 365-373.
- [45] Lu H W, REN L X, Chen Y Z, Tian P P, Liu J. A cloud model based multi-attribute decision making approach for selection and evaluation of groundwater management schemes. *Journal of Hydrology*, 2017, 555: 881-893.
- [46] 陈燕丽, 杨语晨, 杜栋. 基于云模型的省域生态环境绩效评价研究. *软科学*, 2018, 32(1): 100-103, 108-108.
- [47] 徐选华, 吴慧迪. 基于改进云模型的语言偏好信息多属性大群体决策方法. *管理工程学报*, 2018, 32(1): 117-125.
- [48] 徐征捷, 张友鹏, 苏宏升. 基于云模型的模糊综合评判法在风险评估中的应用. *安全与环境学报*, 2014, 14(2): 69-72.
- [49] 李德毅, 杜鹄. 不确定性人工智能(第二版). 北京: 国防工业出版社, 2014.