

# 基于 Fuzzy-DEMATEL 的水环境治理 PPP 项目风险因素分析

简迎辉<sup>1,2</sup>, 崔志鹏<sup>1,2</sup>

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100; 2. 河海大学工程管理研究所, 江苏 南京 211100)

**摘要:**在绿色城镇化建设加快的背景下,水环境治理 PPP 项目对于稳投资、补短板、惠民生具有积极的作用。针对当前水环境治理 PPP 项目准公益性强、治理技术集成难度大、治理效果考核复杂、项目统筹协调困难等特点导致社会资本方参与风险较高的问题,基于文献阅读法,整理归纳出融资风险、财务风险、项目技术与管理风险、政府规制风险和 环境风险 5 个一级指标和 16 个二级指标,利用 Fuzzy-DEMATEL 方法对社会资本方面临的风险进行分析,借助 MATLAB 软件计算相关参数,确定了水环境治理 PPP 项目中的关键因素,并建立风险因素原因结果图。最后提出了创新项目回报支付机制、改革政府财税体制、明确考核标准变更处理原则、建立约束惩戒机制、提升政府公信力等建议以降低项目风险,为推动我国水环境治理 PPP 项目的快速发展提供参考。

**关键词:**水环境治理;PPP;社会资本方;Fuzzy-DEMATEL;风险因素

中图分类号:F424.4;F282 文献标志码:A 文章编号:1003-9511(2021)03-0062-07

作为促进我国绿色城镇化重要投资组成部分的水环境治理项目<sup>[1]</sup>,党中央、国务院支持和鼓励运用 PPP 模式对其进行建设运营。据统计,2019 年 5—7 月,我国水环境治理 PPP 项目采购总金额高达 660 亿元。但从实践看,部分水环境治理 PPP 项目流标,存在需求与供给不匹配的问题,这其中原因较为复杂,既可能是需方 PPP 项目实施方案编制不合理,也可能是供方技术能力和资金实力不足,但不可否认,其中一个重要原因是由于水环境治理 PPP 项目的复杂性和特殊性,而导致其项目全寿命期风险较高,阻碍了社会资本方进入的积极性,因此深入分析水环境治理 PPP 项目的风险因素及其间的关系尤为必要。

PPP 项目风险历来是学者关注的重点。近年来,PPP 项目风险研究主要集中在关键风险识别和 风险分担领域。风险因素有致因因素和结果因素之分,且存在关联性。现有研究不仅关注识别关键 风险因素,而且更为重视关键风险因素之间的依赖性。如苏海红等<sup>[2]</sup>利用属性测度相关理论,从宏观、中 观和微观 3 个层面建立 PPP 项目关键风险因素评

价体系;江小燕等<sup>[3]</sup>利用 ISM-fuzzy 与 MICMAC 方法,结合依赖性和驱动力对 PPP 项目关键失败因素 进行分类。合理的风险分担是 PPP 项目成功的重要 保证,刘新平等<sup>[4]</sup>就 PPP 项目实操中公私双方风 险分担难以达成一致的问题,提出两条风险分配的 重要原则并将风险分配划分为初步分配、全面分配 和跟踪再分配 3 个阶段。庄学敏等<sup>[5]</sup>基于交易成本 理论,分析了 PPP 项目风险分配的信息、制度、谈 判、道德和纠偏等问题,给出了风险分配的优化建 议。王雪青等<sup>[6]</sup>利用博弈论计算合同双方的风险 偏好系数,进而对 PPP 项目风险进行分配。张玉 宝<sup>[7]</sup>独辟蹊径从央行国库管理视角出发,利用央行 国库数据以及修正的 TOPSIS 法对 PPP 项目风险分 担机制进行研究。

水环境治理 PPP 项目相关研究目前主要集中在可持续性<sup>[8-10]</sup>与绩效评价<sup>[11-13]</sup>方面,风险研究主 要是风险因素识别,如汪伦焰等<sup>[14-16]</sup>利用实际水环 境治理 PPP 项目案例对项目风险予以量化并进行 度量分析,但均未讨论水环境治理 PPP 项目风险因 素之间的内部关联,也并未从风险分担视角有针对

基金项目:国家自然科学基金(71402045)

作者简介:简迎辉(1972—),女,副教授,硕士,主要从事工程项目管理、投融资管理研究。Email: jianyinghui@hhu.edu.cn

性地识别风险因素。而水环境治理 PPP 项目风险致因关系复杂,对此深入分析有利于风险应对。DEMATEL 法是研究因素间相互关系常见的方法<sup>[17-19]</sup>,可以对系统中的关键因素进行分析与识别。鉴于此,本文首先从社会资本方视角出发,对水环境治理 PPP 项目风险进行识别;然后引入模糊集理论弥补传统 DEMATEL 方法的缺陷,探求因素间的相互关系,并从众多风险因素中识别出关键因素;最后从综合影响度、原因与结果 3 个方面对水环境治理 PPP 项目风险因素进行分类,以进行重点防范和应对。

## 1 水环境治理 PPP 项目特点

水环境作为环境的组成部分,是自然界中水的形成、分布和转化所处空间的环境。水环境围绕人群空间,可直接或间接影响人类的生活和发展,反之,人类的干扰和破坏对水环境亦有不可小觑的干扰和压力,主要表现为各种水体水质污染及由此带来的水资源短缺、水生态破坏等问题,即水环境具有易污染、易破坏等特性。水环境治理 PPP 项目是指政府和社会资本方共同出资设立项目公司作为治理主体,采用工程和非工程综合措施修复、改善水质及水体,以实现流域或区域尺度整体生态恢复的任务或活动。水环境系统是一个复杂的,具有时、空、量、序变化的开放动态系统,这也决定了水环境治理 PPP 项目具有与一般纯经营性 PPP 项目不同的技术经济特点,主要表现为:

a. 准公益性强。水环境治理 PPP 项目综合性强,投资规模较大,项目产品和服务多为(准)公共物品,外部经济性明显,私人成本难以完全内部化,一般采用政府财政缺口补助机制获得回报。

b. 治理技术集成难度大。水环境治理 PPP 项目是改善、提升当地或流域水环境质量的系统性工程,涉及水利、水务、管网、景观生态等诸多业务领域,需求的治理专业技术繁杂,且内部依赖性不强,因而无论从建设,还是从运营维护角度看,治理技术集成难度大。

c. 治理效果考核复杂。一方面,水环境系统的开放性、动态性,导致水环境治理 PPP 项目治理效果受到诸多制约因素和变量因素的影响,难以界定责任;另一方面,水环境治理 PPP 项目周期长,基于人的有限理性,在项目初期难以将项目全生命周期的质量要求充分和完整地予以明确陈述规定。

d. 项目统筹协调困难。水环境治理 PPP 项目一般涉及多个业务领域,但在实践中,往往以一个业务行政主管部门为实施机构,但我国条块分割的现

行体制导致实施机构统筹协调困难,很难满足水环境治理项目内在的系统性要求。

## 2 水环境治理 PPP 项目风险因素识别

以“PPP”“风险”“水环境治理”等中英文为关键词或主题词,在 CNKI、ISI Web of Science、Science-Direct 等数据库进行组合检索,获取相关文献进行风险因素频数分析,舍弃不属于社会资本方分担的风险,如政府审批延误风险等。同时考虑水生态修复技术的发展阶段和水环境治理系统的集成、开放性,增设了水生态修复技术风险和技术集成风险 2 个风险指标。按照我国 PPP 项目实践,社会资本方为 PPP 项目公司的控股股东,且常需提交连带责任的股东担保文件,加上其投标阶段风险损失较低,因此假设社会资本方进行风险投资决策时,仅考虑中标后面临的风险,且考虑的风险与项目公司等同,由此得到水环境治理 PPP 项目最终风险因素清单,主要包括融资风险  $R_1$ 、财务风险  $R_2$ 、项目技术与管理风险  $R_3$ 、政府规制风险  $R_4$  和环境风险  $R_5$  5 个一级指标,每个一级指标又下设若干二级指标。

a. 融资风险由利率变动  $R_{11}$ <sup>[20]</sup> 与资金可获得性风险  $R_{12}$ <sup>[21]</sup> 组成。①利率变动是指水环境治理 PPP 项目资金需求量大,实践中债务融资比例通常较高,因此利率变动对项目融资成本影响大,尤其是利率预期上升时,项目财务费用增加,从而影响项目盈利能力。②资金可获得性风险是在项目融资阶段,社会资本方面临资金筹措困难、融资结构单一等局面,无法筹措到足够资金投入水环境治理 PPP 项目,造成资金可获得性风险的发生。

b. 财务风险由成本超支风险  $R_{21}$ <sup>[20]</sup> 与项目收益不足  $R_{22}$ <sup>[15,22]</sup> 组成。①成本超支风险是指水环境治理系统的开放性,导致水环境治理 PPP 项目极易受到外界干扰,加之项目特许经营期长,无论是建设期还是运营期较易发生成本超支现象。②项目收益不足是指水环境治理 PPP 项目产品和服务多为(准)公共物品,外部经济性明显,私人成本难以完全内部化,存在项目运营的收益不能收回投资或达到预定收益的风险。

c. 项目技术与管理风险由技术集成风险  $R_{31}$ <sup>[23]</sup>、水生态修复技术风险  $R_{32}$ <sup>[23]</sup>、运行维护管理风险  $R_{33}$ <sup>[16]</sup> 与合同文件不完备风险  $R_{34}$ <sup>[16]</sup> 组成。①技术集成风险是指水环境治理 PPP 项目涉及专业广泛且复杂,内部依赖性不强,若无法有效集成各技术工种,将导致治理成果难以达到预期水平甚至导致项目失败。②水生态修复技术风险是指水生态修复技术适用程度不高或修复技术不够先进、技术

设计不完善等问题导致项目治理效果不理想。③运行维护管理风险是指水环境治理 PPP 项目属于开放项目,受周围自然、人文环境影响较大,在运营管理中可能面临人为破坏、自然侵蚀问题;同时运营中人员技术水平不高、管理不严格也会对项目造成风险。④合同文件不完备风险是指由于合同文件错误、条款模糊或冲突、设计缺乏弹性或无法准确描述未知情景等合同不完备问题,可能导致双方出现扯皮、推诿现象,降低项目运营效率,增加运行维护、移交与组织协调成本。

d. 政府规制风险由考核标准模糊风险  $R_{41}$ <sup>[16,24]</sup>、政策稳定性风险  $R_{42}$ <sup>[20,25]</sup>、政府信用风险  $R_{43}$ <sup>[20,26]</sup>与政府部门 PPP 项目监管能力  $R_{44}$ <sup>[27]</sup>组成。

①考核标准模糊风险是指当前水环境治理 PPP 项目成效考核要求尚未有明确的文件确定,仍在不断探索和完善。在我国社会经济迅速发展,环境标准不断提升的背景下,考核标准模糊将对项目产生影响。②政策稳定性风险主要指非本级政府所能控制的政策变化风险,上级政府对已出台政策中项目的建设、运营,移交的方式、内容、程序和标准进行修改从而引起的风险。③政府信用风险是指政府不履行或拒绝履行合同约定之责任和义务而给水环境治理 PPP 项目带来直接或间接的危害,如补贴不及时、未按时回购、政府违约等。④政府部门 PPP 项目监管能力主要指地方政府 PPP 知识储备不够充足、政府主要实施部门协调能力有限等从而对水环境治理 PPP 项目产生影响。

d. 环境风险由环境破坏风险  $R_{51}$ <sup>[28]</sup>、社会稳定风险  $R_{52}$ <sup>[29-30]</sup>、不可抗力风险  $R_{53}$ <sup>[29]</sup>与公众舆论风险  $R_{54}$ <sup>[31]</sup>组成。①环境破坏风险是指对环境的破坏性影响,如在处理污水时操作不当而造成二次污染。②社会稳定风险是指项目周边建设用地征收及沿岸建筑拆迁所带来的社会稳定问题。③不可抗力风险是指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,此处主要指自然不可抗力。④公众舆论风险是指在 PPP 项目的建设过程中由于噪音扰民、阻碍出行等原因引起来自社会公众的负面、虚假言论等,从而导致公众有反对项目建设的倾向。

### 3 水环境治理 PPP 项目风险因素关系分析

#### 3.1 因素关系分析方法

DEMATEL 方法<sup>[32-33]</sup>以图论和矩阵等工具为基础,分析各因素对其他因素的影响度、被影响度,判断各影响因素对总体目标的贡献度,然后从多个影响因素中找出关键因素。在实际问题中,专家对因

素间影响程度大小的描述存在模糊性,用精确数值表示因素间复杂的影响程度并不妥当。针对 DEMATEL 方法在因素表达上的局限性,本文基于模糊集理论,将三角模糊数概念引入 DEMATEL 方法,构建 Fuzzy-DEMATEL 方法以弥补其原有缺陷。具体实施步骤如下。

a. 确定水环境治理 PPP 项目的风险因素,建立风险评价指标体系。

b. 获得模糊直接影响矩阵。运用问卷调查和专家访谈两种方法,通过专家自身知识与经验来判断各要素之间的影响关系并打分。其中,问卷调查采用 5 标度语义变量描述各因素之间的关系<sup>[34]</sup>,见表 1。

表 1 专家打分转化

语言变量	专家打分	三角模糊数
没有影响(NO)	0	(0.00,0.00,0.25)
影响非常小(VL)	1	(0.00,0.25,0.50)
影响小(L)	2	(0.25,0.50,0.75)
影响大(H)	3	(0.50,0.75,1.00)
影响非常大(VH)	4	(0.75,1.00,1.00)

c. 获得直接影响矩阵。根据表 1 将专家打分转换成三角模糊数,进而运用 CFCS<sup>[35]</sup>(converting the fuzzy data into crisp scores)法进行去模糊化处理,最终计算得到直接影响矩阵  $Z$ ,是一个非负矩阵:

$$Z = (z_{ij})_{n \times n} \quad (1)$$

d. 获得综合影响矩阵。对直接影响矩阵进行标准化处理,得到影响矩阵:

$$X = (x_{ij})_{n \times n} \quad (2)$$

其中:

$$x_{ij} = \frac{z_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}}$$

然后,计算风险因素综合影响矩阵  $T = (t_{ij})_{n \times n}$ :

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (3)$$

式中: $I$ 为  $n \times n$  阶单位矩阵。

e. 计算因素的影响度  $R$ 、被影响度  $C$ 、中心度  $D$  和原因度  $S$ :

$$R_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (4)$$

$$C_i = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (5)$$

$$D_i = R_i + C_i \quad (6)$$

$$S_i = R_i - C_i \quad (7)$$

f. 以中心度为核心,以原因度为辅助修正,计算水环境治理 PPP 项目风险影响因素的综合影响度并记为  $C_1$ 。在此基础上,以中心度为横轴,以原因度为纵轴,构建能反映复杂关系的原因结果图,判

断每个因素在系统中的重要位置并得到关键因素：

$$P_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n |S_i|} \quad (8)$$

$$C_i = \frac{D_i(1 - P_i)}{\sum_{i=1}^n [D_i(1 - P_i)]} \quad (9)$$

### 3.2 因素关系分析过程

邀请 10 名专家对水环境治理 PPP 项目各风险因素之间的关系进行评价,专家们分别是环境保护投资单位、工程咨询单位、工程施工单位的管理人员,均从事过 PPP 项目与水环境治理相关的工作,有着较为丰富的实践和管理经验。本文利用 MATLAB 等工具对专家打分数据进行处理,利用 Fuzzy-DEMATEL 方法探究各风险因素间相互关系并遴选出水环境治理 PPP 项目的关键风险因素。

### 3.2.1 计算综合影响矩阵

用 EXCEL 对打分数据进行分析整理,得到社会资本方视角下水环境治理 PPP 项目风险因素之间的三角模糊数矩阵,根据式(3),得到风险因素综合影响矩阵  $T$ (表 2)。

### 3.2.2 计算风险影响因素的中心度和原因度

根据  $T$  和公式(4)~(7),计算出每个因素的中心度和原因度(表 3)。

### 3.2.3 确定风险因素属性与关键因素

a. 风险因素属性确定。根据  $S$  值与 0 的关系,风险因素可分为原因因素和结果因素两类。若因素原因度  $S > 0$ ,则称其为原因因素,原因因素容易影响其他因素;若因素原因度  $S < 0$ ,则称其为结果因素,结果因素易受其他因素的影响。由此可得风险因素中原因因素为利率变动、技术集成风险、水生态修复技术风险、合同文件不完备风险、考核标准模糊

表 2 风险因素综合影响矩阵  $T$

因素	$R_{11}$	$R_{12}$	$R_{21}$	$R_{22}$	$R_{31}$	$R_{32}$	$R_{33}$	$R_{34}$	$R_{41}$	$R_{42}$	$R_{43}$	$R_{44}$	$R_{51}$	$R_{52}$	$R_{53}$	$R_{54}$
$R_{11}$	0.004	(0.029)	0.028	0.039	0.122	0.138	0.224	0.058	0.165	0.023	0.068	0.142	0.165	0.046	0.078	0.184
$R_{12}$	(0.126)	0.112	(0.011)	(0.014)	0.103	0.118	0.146	0.104	0.185	0.062	0.098	0.130	0.156	0.039	0.046	0.185
$R_{21}$	0.006	0.052	0.209	0.020	0.015	0.028	0.088	0.106	0.121	0.088	0.122	0.125	0.054	0.039	0.107	0.142
$R_{22}$	0.001	(0.031)	0.136	0.244	0.024	0.037	0.118	0.112	0.124	0.065	0.099	0.117	0.091	0.050	0.108	0.159
$R_{31}$	0.202	0.244	0.114	0.176	0.102	(0.089)	0.063	0.136	0.083	0.121	0.165	0.133	(0.069)	0.070	0.132	0.059
$R_{32}$	0.188	0.216	0.104	0.163	(0.084)	0.096	0.084	0.131	0.109	0.115	0.158	0.129	(0.052)	0.066	0.126	0.047
$R_{33}$	0.156	0.208	0.111	0.161	0.033	0.028	0.260	0.114	0.033	0.102	0.130	0.106	(0.030)	0.063	0.111	0.004
$R_{34}$	0.118	0.118	0.180	0.215	0.103	0.096	0.135	0.178	(0.000)	0.112	0.102	0.049	0.114	0.051	0.107	0.137
$R_{41}$	0.203	0.233	0.264	0.283	0.069	0.059	0.132	0.082	0.216	0.110	0.075	0.043	0.067	0.096	0.108	0.077
$R_{42}$	(0.076)	0.133	0.316	0.324	0.206	0.198	0.340	0.061	0.161	0.206	0.005	0.069	0.225	0.098	0.075	0.172
$R_{43}$	0.060	0.100	0.327	0.281	0.230	0.222	0.289	0.050	0.112	0.015	0.214	0.033	0.210	0.142	0.074	0.162
$R_{44}$	0.147	0.214	0.264	0.289	0.134	0.123	0.180	0.048	0.035	0.064	0.030	0.178	0.093	0.110	0.019	0.062
$R_{51}$	0.126	0.164	0.107	0.125	0.069	0.064	0.112	0.106	0.113	0.087	0.113	0.097	0.140	0.055	0.055	(0.024)
$R_{52}$	0.130	0.210	0.238	0.240	0.073	0.034	0.150	0.094	0.073	0.108	0.119	0.107	(0.018)	0.143	0.074	0.112
$R_{53}$	0.051	0.158	0.194	0.209	0.148	0.114	0.196	0.112	0.128	0.048	0.041	0.043	0.117	0.079	0.183	0.129
$R_{54}$	0.119	0.150	0.178	0.206	0.098	0.104	0.136	0.086	0.101	0.059	(0.010)	0.011	0.102	0.067	0.058	0.189

表 3 水环境治理 PPP 项目风险因素原因度和中心度

因素	$R$		$C$		$D = R + C$		$S = R - C$	
	数值	排名	数值	排名	数值	排名	数值	排名
利率变动 $R_{11}$	1.452	14	1.309	15	2.762	16	0.143	10
资金可获得性风险 $R_{12}$	1.332	15	2.252	4	3.584	7	-0.919	13
成本超支风险 $R_{21}$	1.322	16	2.757	2	4.079	3	-1.435	15
项目收益不足 $R_{22}$	1.454	13	2.959	1	4.412	1	-1.505	16
技术集成风险 $R_{31}$	1.641	9	1.443	11	3.083	13	0.198	9
水生态修复技术风险 $R_{32}$	1.595	10	1.370	13	2.965	14	0.225	8
运行维护管理风险 $R_{33}$	1.589	11	2.653	3	4.242	2	-1.064	14
合同文件不完备风险 $R_{34}$	1.813	7	1.577	7	3.390	11	0.236	7
考核标准模糊风险 $R_{41}$	2.117	3	1.761	6	3.877	6	0.356	6
政策稳定性风险 $R_{42}$	2.514	2	1.381	12	3.895	5	1.133	1
政府信用风险 $R_{43}$	2.521	1	1.530	8	4.051	4	0.992	2
政府部门 PPP 项目监管能力 $R_{44}$	1.988	4	1.511	9	3.499	8	0.478	5
环境破坏风险 $R_{51}$	1.507	12	1.364	14	2.871	15	0.143	11
社会稳定风险 $R_{52}$	1.887	6	1.214	16	3.101	12	0.673	3
不可抗力风险 $R_{53}$	1.949	5	1.460	10	3.408	10	0.489	4
公众舆论风险 $R_{54}$	1.652	8	1.794	5	3.446	9	-0.142	12

风险、政策稳定性风险、政府信用风险、政府部门 PPP 项目监管能力、环境破坏风险、不可抗力风险、社会稳定风险,结果因素有资金可获得性风险、成本超支风险、项目收益不足、运行维护管理风险、公众舆论风险。

b. 风险因素原因结果图绘制。以  $D$  为横轴、以  $S$  为纵轴建立笛卡尔坐标系,标出 16 个风险因素在坐标系中的位置,得到水环境治理 PPP 项目风险因素原因结果图(图 1)。

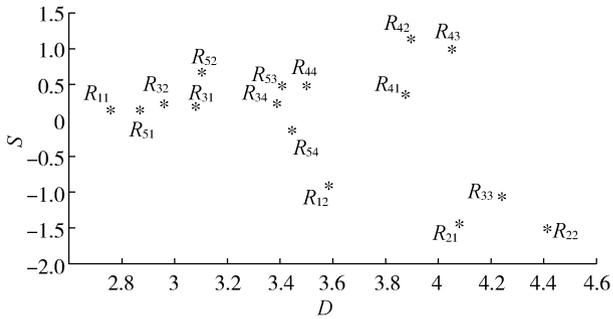


图 1 水环境治理 PPP 项目风险因素原因结果图

c. 关键风险因素确定。依据式(8)(9)计算各风险因素的综合影响度  $C_1$ ,同时以  $C_1 > 0.0625$  (即  $1/16 = 0.0625$ ) 为筛选条件,选择综合影响度大于 0.0625 的影响因素作为水环境治理 PPP 项目的关键风险因素,并按综合影响度大小排序,可得水环境治理 PPP 项目关键风险因素及其排序(表 4)。

表 4 风险因素综合影响度排序

排名	因素	$C_1$
1	项目收益不足	0.089
2	运行维护管理风险	0.082
3	成本超支风险	0.081
4	资金可获得性风险	0.069
5	考核标准模糊风险	0.066
6	政府信用风险	0.064

### 3.2.4 研究结果分析

a. 风险重要程度排序。综合影响度集合了中心度与原因度两项重要指标,是风险因素重要程度的综合体现。

b. 原因因素与结果因素分析。由图 1、表 3 可见,水环境治理 PPP 项目风险因素可分为 11 个原因因素和 5 个结果因素。原因因素中排序前 3 的因素有:政策稳定性风险、政府信用风险与社会稳定风险。这些因素的影响度远大于被影响度,在整个系统中不易受其他因素的影响,但可以主动影响其他因素。而在结果因素中,排序前 3 名的为项目收益不足、成本超支风险和运行维护管理风险,这意味着这 3 个结果因素被影响度远大于影响度,在整个系统中相对于其他结果因素更容易发生变动,也是水

环境治理 PPP 项目风险失控的主要表现形式。

针对 2014 年以来我国 PPP 项目实践中存在的认知和不规范运作问题,PPP 模式配套政策推陈出新速度快,且具有追溯性,PPP 政策稳定性风险较大,这一方面对 PPP 项目合规性有所影响,从而影响项目财政支付的合规性,项目收益将受到严重影响;另一方面对 PPP 项目使用者付费要求越来越高,这对水环境治理 PPP 项目实施方案的编制,尤其是项目打包要求更高,进而影响项目缺口补助机制及其收益能力。而我国环境保护政策日趋严格,这一方面导致水环境治理技术创新和变革压力大,另一方面合同中关于考核标准的弹性条款会因环境保护要求提高而有所提高,水环境治理技术创新变革和考核标准的提高皆有可能导致项目成本超支的潜在风险。此外,水环境治理 PPP 项目特许经营期一般长达 10~20 年,未来环境的不确定性较大,这导致项目的运行维护和管理的不确定性增加,尤其是水环境治理项目常常涉及征地拆迁和移民工作,如果征地、移民工作遗留问题多,不仅会增加项目建设和运行维护成本,而且还会给项目运行维护管理造成不利影响,更严重的还会造成社会稳定问题。

财权和事权的不对等决定了我国地方政府尤其是落后地区地方政府应用 PPP 模式进行水环境治理的内在动力较高,而落后地区地方政府脆弱的财政支付能力稍遇经济环境波动,即可能导致 PPP 项目收益无法得到保障和项目合同无法履约的问题,存在较高的地方政府信用风险。从我国 PPP 项目区域分布来看,无论是项目数量还是未来财政支付金额,经济落后地区都更为占优。我国特殊的政府官员任命机制,也导致频频出现“新官不理旧官债”的现象,因此,地方政府信用问题是现阶段社会资本方最为担忧的问题。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

水环境治理 PPP 项目的复杂性和特殊性决定其寿命期内风险较高,这影响了社会资本方的投资意愿。通过相关文献的整理,综合水环境治理 PPP 项目的特点和既有的实践经验,从社会资本方视角归纳出水环境治理 PPP 项目的风险因素,进而利用 Fuzzy-DEMATEL 方法分析识别关键风险因素及其内在依赖关系,得到以下结论:

a. 从综合影响度来看,水环境治理 PPP 项目的关键风险因素有 6 个,即项目收益不足风险、运行维护管理风险、成本超支风险、资金可获得性风险、考核标准模糊风险、政府信用风险。

b. 从风险因素内在关系看,政策稳定性风险、政府信用风险与社会稳定风险是原因因素中影响力最强的3个因素,而项目收益不足、成本超支风险、运行维护管理风险是结果因素中最易受影响的因素,这3个结果因素也是水环境治理PPP项目风险失控的主要表现形式。

#### 4.2 建议

a. 引入资源补偿理念,创新项目回报支付机制。水环境治理PPP项目可提高水土涵养,改善水环境、水生态,政府机构在编制实施方案时应充分考虑此效益,构建资源补偿机制,将土地改良开发、供水、林下经济、生态旅游、特色农业等项目“捆绑式”开发,从而降低水环境治理PPP项目收益不足的风险。

b. 改革政府财税体制,保持政策延续性。按照国际经验,在基础设施和公共服务供给中,采用PPP模式供给的比例一般不超过20%,因此加大政府财税体制改革,理顺财权和事权关系,“开前门,堵后门”,逐渐改变一些地方政府视PPP模式为基础设施和公共服务供给“灵丹妙药”的错误观点,从而避免出现人为不规范运作的主观故意,而这也是保持PPP政策延续性的根本所在。

c. 设计柔性合同条款,明确考核标准变更处理原则。如前所述,拘囿于水环境系统的开放性、动态性以及PPP项目合同的长期性,治理效果考核复杂且考核标准存在动态变化的必然性,需考虑PPP项目合同的柔性和不完全性,明确再谈判触发机制和考核标准变更处理原则。

d. 建立约束惩戒机制,提升政府公信力。契约精神和信用是市场经济的核心所在,PPP作为(准)公共物品的供给模式,其本质是政府和社会资本之间的商业交易。针对政府部门的失信问题,应建立约束惩戒机制,通过审计监察和信用体系建设,提高政府部门的失信成本,并做好政府失信责任追溯和承担工作,以此来促使集监管和合作伙伴双重角色于一体的各级政府转变思维,以契约和信用为PPP项目合作要义,使社会资本方“敢进入”也“愿进入”水环境治理PPP市场。

#### 参考文献:

[1] 刘晓焕,吕苏榆. 绿色城镇化进程中水环境治理PPP模式运行问题[J]. 水利经济,2017,35(1):13-16.  
[2] 苏海红,高永林,蔡菊芳. 基于属性测度的PPP项目关键风险评价研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版),2018,43(1):97-102.  
[3] 江小燕,闫碧琼,于竞宇,等. 基于ISM-fuzzy MICMAC方法的PPP项目关键风险层级关系识别[J]. 土木工程与管理学报,2018,35(6):70-77.

[4] 刘新平,王守清. 试论PPP项目的风险分配原则和框架[J]. 建筑经济,2006(2):59-63.  
[5] 庄学敏,曾富君. 基于交易成本理论的PPP风险分担问题研究[J]. 建筑经济,2019,40(9):39-45.  
[6] 王雪青,喻刚,郝兴国. PPP项目融资模式风险分担研究[J]. 软科学,2007(6):39-42.  
[7] 张玉宝. 央行国库管理视角下的PPP项目风险分担机制研究[J]. 金融理论与实践,2019(10):83-87.  
[8] 李慧敏,吕乐琳,汪伦焰,等. 基于区间直觉模糊集的水环境治理PPP项目可持续性评价[J]. 节水灌溉,2019(3):59-66.  
[9] 汪伦焰,夏晴,李慧敏. 基于五元联系数的水环境治理PPP项目可持续性评价[J]. 水利经济,2019,37(3):43-48.  
[10] 汪伦焰,夏晴,李慧敏,等. 基于SEM的水环境治理PPP项目可持续性影响因素分析[J]. 长江科学院院报,2020(2):1-7.  
[11] 黄志伟,韩涵. 城镇水环境综合治理PPP模式的绩效评价[J]. 人民黄河,2018,40(11):130-134.  
[12] 程言美. 基于DEA法的水环境PPP项目绩效评价与支付设计[J]. 财会月刊,2016(18):94-96.  
[13] 王旭东,苏鹏程,易涵,等. 水环境综合整治PPP项目运营期绩效评价研究[J]. 中国农村水利水电,2019(11):139-144.  
[14] 汪伦焰,赵延超,李慧敏,等. 水生态综合治理PPP项目投资风险评价研究[J]. 人民黄河,2018,40(3):54-58.  
[15] 万文亮. N市水环境综合治理PPP项目风险管理研究[D]. 南昌:南昌大学,2019.  
[16] 段舒祎. 水环境治理PPP项目的风险管理研究[D]. 贵阳:贵州财经大学,2019.  
[17] 纪晓东,薛晔,薛崇义. 投资人视角下股权型农业众筹风险因素分析:基于AHP-DEMATEL模型[J]. 管理现代化,2020,40(1):105-109.  
[18] 董会忠,姚孟超,张峰,等. 京津冀水资源承载力模糊评价及关键驱动因素分析[J]. 科技管理研究,2019,39(23):93-102.  
[19] 杜凤娇,段万春,李阳. 基于DEMATEL方法的众创空间外引内联模式的影响因素分析[J]. 科技管理研究,2018,38(10):220-226.  
[20] 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.  
[21] 张薇. 水环境治理PPP项目风险评估探究[J]. 产业创新研究,2019(3):111-112.  
[22] BARTSCHK, WANG Lunyan. Determinants of public satisfaction with an urban water environment treatment PPP project in Xuchang, China[J]. Sustainable Cities and Society, 2020,60(6):1-28.  
[23] 赵化祥,刘建,薛德韩,等. 城市水环境治理项目施工质量绩效管理绩效评价[J]. 工程管理学报,2020,2(28):1-6.  
[24] SHRESTHAA, CHAN T K, AIBINU A, et al. Efficient risk transfer in PPP wastewater treatment projects[J].

- Utilities Policy, 2017,48(2):132-140.
- [25] XUE Yingxia, WANG Guangbin. Analyzing the evolution of cooperation among different parties in river water environment comprehensive treatment public - private partnership projects of China[J]. Journal of Cleaner Production, 2020,20(6):1-30.
- [26] ZHANG Lin, SUN Xuejie, XUE Hong. Identifying critical risks in sponge city PPP projects using DEMATEL method;a case study of China[J]. Journal of Cleaner Production, 2019,226(8):949-958.
- [27] 孟庆军,陈晶,房爱军. 完善水环境综合治理 PPP 模式的研究[J]. 水利经济,2017,35(5):28-31.
- [28] 林雄江. 水环境综合整治工程 PPP 模式选择及评价研究[D]. 厦门:厦门大学,2018.
- [29] 段钰琦. 遵化市沙河环境综合治理 PPP 项目融资风险管理的问题与对策研究[D]. 银川:宁夏大学,2019.
- [30] AN Xiaowei, LI Huimin, WANG Lunyan, et al. Compensation mechanism for urban water environment treatment PPP project in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2018,201(7):246-253.
- [31] 武杨凯. 城镇水环境治理 PPP 项目投资风险评价与态势判定研究[D]. 郑州:华北水利水电大学,2019.
- [32] GABUS A, FONTELA E. Perceptions of the world problematique: communication procedure, communicating with those bearing collective responsibility[R]. Geneva: Battelle Geneva Research Centre, 1973.
- [33] FONTELA E, GABUS A. The DEMATEL observer [R]. Geneva: Battelle Geneva Research Center, 1976.
- [34] ZADEH L A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning[J]. Information Science, 1975,8(4):301-357.
- [35] GHARAKHANI D. The evaluation of supplier selection criteria by fuzzy DEMATEL method[J]. Journal of Basic and Applied Sciences, 2012,2(4):3215-3224.
- (收稿日期:2020-04-17 编辑:胡新宇)

(上接第 61 页)

- [15] 李娜,王艳婷. 京津冀旅游行业全寿命水足迹的核算与预测研究[J]. 河北工业大学学报(社会科学版), 2015,7(2):16-22.
- [16] LI Jun. Scenario analysis of tourism's water footprint for China's Beijing-Tianjin-Hebei region in 2020: implications for water policy[J]. Journal of Sustainable Tourism, 2018,26(1):127-145.
- [17] 王静,周庆华. 西安段秦岭北麓旅游水资源承载力[J]. 西北大学学报(自然科学版),2015,45(6):996-1000.
- [18] 罗艳菊,黄宇,毕华,等. 海南省各市县旅游用水影响分析[J]. 热带地理,2010,30(2):200-204.
- [19] 刘俊,黄莉,吴俐君,等. 青城后山遗产地乡村旅游直接和虚拟用水量研究[J]. 旅游学刊,2018,33(9):108-116.
- [20] YANG Mingyu, HENS L, DE WULF R, et al. Measuring tourist's water footprint in a mountain destination of north-west Yunnan, China[J]. Journal of Mountain Science, 2011,8(5):682-693.
- [21] CAZCARRO I, HOEKSTRA J, SANCHEZ C J. The water footprint of tourism in Spain[J]. Tourism Management, 2014,40:90-101.
- [22] 梁入月. 休闲旅游农庄水生态承载极限研究:以四川省为例[J]. 中国农业资源与区划,2016,37(9):186-190.
- [23] SUN Y Y, HSU C M. The decomposition analysis of tourism water footprint in Taiwan: revealing decision-relevant information[J]. Journal of Travel Research, 2019,58(4):695-708.
- [24] ASHOORI N, DZOMBAK D A, SMALL M J. Identifying water price and population criteria for meeting future urban water demand targets [J]. Journal of Hydrology, 2017,555:547-556.
- [25] 金巍,章恒全,张洪波,等. 城镇化进程中人口结构变动对用水量的影响[J]. 资源科学,2018,40(4):784-796.
- [26] 王慧敏,陈蓉,许叶军,等. 最严格水资源管理过程中政府职能转变的困境及途径研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2015,17(4):64-68.
- [27] 裴丽萍,王军权. 水资源配置管理的行政许可与行政合同模式比较[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版),2016,49(3):25-29.
- [28] 健康喝水四大原则[EB/OL]. (2017-8-31) [2020-2-26]. <http://news.jstv.com/a/20170831/1504166604314.shtml>
- [29] 汤洁,余孝云,林年丰,等. 生态环境需水的理论和方法研究进展[J]. 地理科学,2005,25(3):367-373.
- [30] 章锦河,张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析[J]. 地理学报,2004,59(5):763-771.
- [31] 朱丽萍. 福州酒店“六小件”开支高部分酒店浪费严重[EB/OL]. (2015-12-16) [2020-2-26]. <http://www.hxnews.com/news/fj/fz/201512/16/792509.shtml>.
- [32] 孙才志,刘玉玉,陈丽新,等. 基于基尼系数和锡尔指数的中国水足迹强度时空差异变化格局[J]. 生态学报,2010,30(5):1312-1321.
- (收稿日期:2021-04-19 编辑:胡新宇)

