

基于 FAHP-CIM 的海绵城市建设项目融资风险度量研究

夏柠萍¹, 杨高升¹, 潘丹萍²

(1. 河海大学工程管理研究所, 江苏 南京 211100; 2. 宁波天诚工程咨询有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要:从融资结构、项目特征、融资环境分析 3 个方面分析海绵城市建设项目融资风险的来源, 根据风险理论和经济理论, 建立海绵城市建设项目融资风险形成机制, 结合我国海绵城市建设实际情况, 基于目标管理原则, 构建海绵城市建设项目融资风险指标体系; 运用模糊层次分析法 (FAHP) 度量各融资风险因素的权重, 结合控制区间与记忆模型 (CIM) 对海绵城市建设项目融资风险进行度量; 通过实例分析证明运用 FAHP-CIM 度量融资风险的有效性和实用性, 从宏观和微观 2 个层面对控制海绵城市建设项目融资风险提出相关建议。

关键词:海绵城市; 融资风险; FAHP; CIM

中图分类号:F202

文献标识码:A

文章编号:1003-9511(2016)06-0030-04

我国目前面临各种水资源难题, 城市内涝频发, 水质污染严重, 水资源欠缺等^[1]。近 5 年来, 城市内涝涉及范围广, 北京、上海、杭州、南京等城市也遭受城市内涝的困扰。城市内涝积水时间长, 严重影响城市系统的正常运转, 使人民生命财产遭受损失。城市快速发展的背景下, 水资源的需求量逐渐增加。地下水的大量开采, 城市的过硬铺装导致大量雨水形成径流外排, 地下水补给不足, 加剧了水资源短缺问题。因此, 建设海绵城市迫在眉睫。然而, 海绵城市建设项目复杂, 投资额巨大, 回报机制模糊, 融资风险普遍存在, 若不对融资风险进行管理, 将会使项目产生很大的损失。笔者根据风险理论, 建立海绵城市建设项目融资风险形成机制, 识别融资风险, 结合 FAHP 和 CIM 度量海绵城市建设项目融资风险。

1 海绵城市建设项目融资风险分析

1.1 海绵城市建设项目融资风险定义

海绵城市^[2], 顾名思义是指城市如同海绵, 能够适应周围环境的变化并弹性应对暴雨、台风等自然灾害, 降雨时, 对雨水进行渗透、吸收、蓄存、净化处理, 在需要时将储存的水释放并加以利用。融资风险^[3]是融资活动中存在的可能使项目投资者等遭受损失的各类风险。海绵城市建设项目投资额非常大, 可以积极选用项目融资来筹措资金以保障项

目的顺利开展, 但该类项目周期长, 受到内外部环境影响, 给项目融资带来各种风险。运用风险理论和经济理论, 界定海绵城市建设项目融资风险, 即在海绵城市建设项目运行周期内发生的, 对项目成功融资可能产生阻碍, 导致项目亏损甚至失败的事件。

1.2 海绵城市建设项目融资风险来源

从海绵城市建设项目的融资结构、项目特征、融资环境分析 3 个方面对海绵城市建设项目融资风险来源进行分析, 从而为融资风险的识别打下基础。

1.2.1 海绵城市建设项目融资结构

《关于开展海绵城市建设专项规划的若干意见》指出, 海绵城市建设项目将采用政府和社会资本合作、特许经营等模式, 吸引社会资本参与到海绵城市建设项目的全生命周期中。海绵城市建设项目融资结构见图 1。

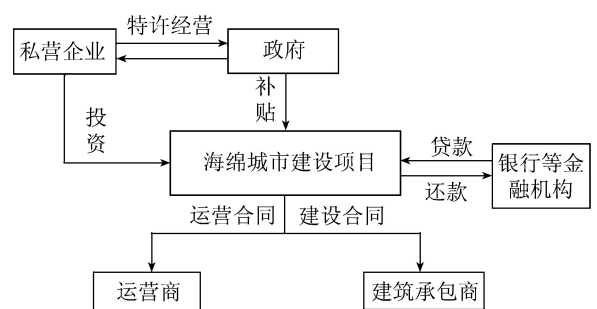


图 1 海绵城市建设项目融资结构

海绵城市建设项目从立项到运营涉及众多的投资者,融资结构复杂,从而产生众多的融资风险。选择合适的、信用等级高的合作者能够有效降低风险发生的概率。

1.2.2 海绵城市建设项目特征

海绵城市建设项目与一般工程项目相比,具有较大的公益性,投资额大、建设周期长,能够服务广大民众,平衡生态,推进城市的可持续发展。海绵城市建设在我国属于新兴产业,存在很多不足,如管理方法、技术手段等,需要不断改进。项目在全生命周期中,每一阶段都比较复杂,有可能产生各类风险。

1.2.3 海绵城市建设项目融资环境分析

融资环境包括与融资活动有关的政治、金融、制度、自然环境等方面的因素。海绵城市建设项目的资金主要来源于银行等金融机构贷款、私营企业投资、政府激励补贴等。贷款会受到利率的影响,利率频繁波动会增加融资成本。私营企业投资受到整个市场环境、企业自身资金链的影响。国家的相关政策制度同样也会影响海绵城市建设项目的融资。

1.3 海绵城市建设项目融资风险形成机制

根据风险理论,风险要素包括风险因素、风险事件、风险损失。风险因素决定了海绵城市建设项目风险发生概率及严重程度,包括人、物以及环境的不确定性^[4]。风险事件直接造成风险损失。在海绵城市建设过程中,风险事件的发生可能会对项目目标的实现产生阻碍作用,包括雨水利用效果下降、投资成本增加、工期延长、收益减少等风险损失。三者串联构成海绵城市建设项目融资风险形成机制,见图2。

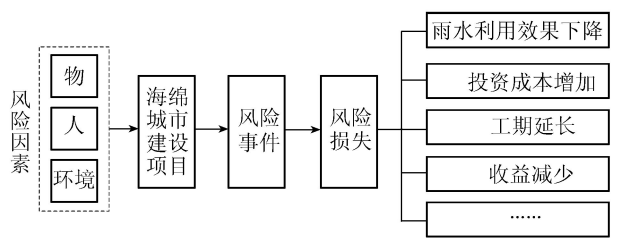


图2 海绵城市建设项目融资风险形成机制

2 海绵城市建设项目融资风险识别

风险识别是风险管理的基本步骤,能够识别出项目的潜在风险^[5]。海绵城市建设资金除了国家支持以外,社会资本是其更大的资金来源。在选取指标时,必须结合评价对象的性质进行具体分析,保证指标的科学性。

2.1 融资风险度量指标体系基本框架

海绵城市建设项目的融资活动是一个长期的经济活动,参与单位众多,涉及面广。融资风险度量指

标体系应具有灵活、动态、全面等特性。随着项目进度的开展,环境的变化,人员的流动,风险指标体系需灵活应对项目的变动。借鉴国内外通用的融资风险评价指标,结合国内海绵城市项目特点,根据目标管理(SMART)原则,按照风险的影响范围将海绵城市建设项目融资风险划分为系统风险和非系统风险两方面。根据目标层、主指标层、子指标层3个层次建立海绵城市建设项目融资风险指标体系(图3)。

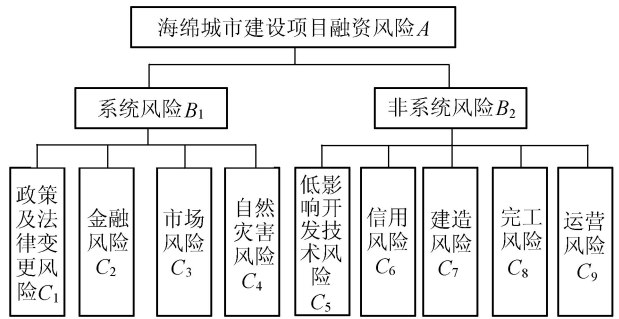


图3 海绵城市建设项目融资风险层次结构

2.2 系统风险 B₁

系统风险与客观环境有关,能够影响所有企业项目及整个市场,无法通过多样化投资、加强项目主体控制等方式来规避此类风险。

a. 政策及法律变更风险 C₁。政府对海绵城市建设的 support 力度和资金补助力度的变化对海绵城市建设项目融资产生很大的影响。海绵城市建设相关的法律法规及政策的更改(如环保法、土地政策、雨水利用率目标政策等)以及税收的变更,有可能降低项目公司的收益,从而影响项目的正常实施和运营。

b. 金融风险 C₂。金融风险涉及通货膨胀、利率等方面。利率变化会因为项目债务利息负担增加而产生损失。通货膨胀使得物价水平上涨,原材料、设备等费用增加,从而导致收益降低而阻碍海绵城市建设项目融资活动的顺利开展。

c. 市场风险 C₃。海绵城市是我国进行雨洪管理的新理念,市场经验不足。市场的需求在很大程度上影响项目的成败。

d. 自然灾害风险 C₄。自然灾害人为无法控制,此类风险一旦发生会使项目遭受巨大的损失。海绵城市的建设范围包括建筑、道路、绿地等。这些工程项目一般属于室外作业,强降雨、台风等灾害会导致工期延迟,增加成本等。

2.3 非系统风险 B₂

非系统风险可由项目实体自行采取措施进行风险控制^[6]。此类风险主要因融资主体自身原因造成融资的不确定性,而导致在项目融资活动中产生损失,可以通过多样化投资来分散风险。

a. 低影响开发技术风险 C_5 。低影响开发^[7] (LID)技术于2007年由余年引入中国,其核心是从源头控制径流,透水铺装、雨水池等被广泛接纳^[8]。但是,LID技术尚处于探索阶段,缺乏系统性研究。LID技术需要结合中国的国情、水情,不断完善。

b. 信用风险 C_6 。信用风险存在于海绵城市建设项目的整个建设周期。海绵城市建设项目参与方众多,包括政府、项目投资者、承包单位等,这些参与方的资信状况、盈利及偿债能力、类似工程承包经验等都会影响合同的正常履行^[9]。

c. 建造风险 C_7 。建造风险在整个海绵城市建设项目融资体系中非常重要,建造风险的高低取决于建造能力的高低。建造风险主要表现在土地所有权获取困难、工程变更而导致索赔、设计不完善而带来损失、经验不足而导致技术水平低下^[10]等。

d. 完工风险 C_8 。完工风险主要是由于项目完工后无法达到合同约定的质量、进度、成本等目标而产生的风险。若项目不能按期投产会造成现金流不足,无法按期偿债等。

e. 运营风险 C_9 。运营风险是指项目在生产运营阶段产生的风险,主要包括项目管理方式落后、成本超标等风险。运营管理水平落后,维护、维修工作落后(如不及时维修污水处理设备,排水管道不定时清理等),收费不足会导致成本增加、收入减少。

3 基于 FAHP-CIM 的海绵城市建设融资风险度量模型

FAHP 能够结合定性和定量方法处理问题,并考虑了主观判断的模糊性。CIM 能够进行概率分布的叠加,分为并联和串联响应模型。CIM 既能处理变量之间彼此独立的状况,也能处理变量相关的问题。笔者利用 FAHP 和 CIM 对海绵城市建设项目融资风险进行度量。

3.1 利用 FAHP 计算权重

a. 在识别海绵城市建设项目融资风险后,建立层次分析结构,见图 2。

b. 构造模糊互补判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$ 。通过 2 个因素的重要程度的对比来获得模糊互补判断矩阵,一般采用 0.1~0.9 九标度法^[11]。 $a_{ij}=0.5$ 表示 2 个因素同样重要。 $a_{ij}>0.5$ 表示因素 i 比 j 重要, $a_{ij}<0.5$ 表示因素 j 比 i 重要。

c. 模糊一致性矩阵 $R=(r_{ij})_{n \times n}$ 。对模糊互补判断矩阵 A 的各行求和:

$$r_i = \sum_{k=1}^n a_{ik} \quad i = (1, 2, \cdots, n) \quad (1)$$

数学变换:

$$r_{ij} = \frac{r_i - r_j}{2(n - 1)} + 0.5 \quad (2)$$

得到模糊一致性矩阵 $R=(r_{ij})_{n \times n}$ 。

d. 得到排序向量 W 。对矩阵 R 进行行和归一化处理,得到排序向量 $W=(W_1, W_2, \cdots, W_n)^T$, W 满足:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} + \frac{n}{2} - 1}{n(n - 1)} \quad (i = 1, 2, \cdots, n) \quad (3)$$

3.2 CIM 模型

海绵城市建设项目融资活动受各层级风险的影响,只要其中任一风险出现,融资活动就会受到影响,因此适合采用 CIM 的并联响应模型。先将 2 个风险因素的概率分布相乘,得到一个新的概率分布,然后再与第 3 个风险因素相乘,按此规律进行下去,确定整个融资活动的概率曲线^[12]。

概率分布叠加的计算式为

$$P(C_{12} = d_i) = \sum_{i=1}^n (C_1 = d_i, C_2 \leq d_i) + \sum_{i=1}^n P(C_1 < d_i, C_2 = d_i) \quad (4)$$

式中: C_1 、 C_3 为 2 个风险因素; d_i 为概率区间的组中值; n 为区间个数。

a. 建立融资风险因素评价集。设立评价集为 $V=\{$ 风险高, 风险较高, 风险一般, 风险较低, 风险低 $\}$ 。

b. 确定末层融资风险因素概率分布。进行问卷调查,每位专家将各末层风险因素 i 归入某一风险级别 j :

$$P_{ij} = \frac{N_j}{N} \quad (5)$$

式中: N 为专家总人数; N_j 为将因素 i 归入同一风险级别 j 的专家人数。

c. 运用 CIM 的并联响应模型,求出主指标层风险因素的概率分布。

d. 按照计算的各风险因素权重,得出融资风险的概率分布。

4 实例分析

某社区雨水花园项目,总面积为 11.44 km²,中心区块为田园小镇,周围环绕着绿色农业景观。以坚持可持续发展、丰富人文生活为设计理念。总投资为 2.5 亿美元,未来总投资额估计会达到 37.5 亿美元,投资额巨大。该雨水花园项目将改善水环境放在突出位置,包括河道整治、平衡水循环等。运用 LID 技术,通过雨水花园、生态植草沟等设施建立完

善的水循环系统。该项目属于典型的海绵城市建设项目,建设资金庞大,需要通过融资方式来筹措资金。由于项目内外部环境的影响,给该项目融资带来一定的风险。

邀请来自嘉兴世和理想大地项目、南湖旧城改造项目的 20 位专家,利用 0.1~0.9 九标度法对各层级风险因素进行两两比较。首先比较 2 个主指标,获得模糊互补判断矩阵 A_1 :

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.2 \\ 0.8 & 0.5 \end{bmatrix} \tag{6}$$

其次,比较子指标的重要程度,得到 2 个模糊互补判断矩阵 A_2 和 A_3 :

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.6 & 0.7 \\ 0.4 & 0.5 & 0.4 & 0.8 \\ 0.4 & 0.6 & 0.5 & 0.7 \\ 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.5 \end{bmatrix} \tag{7}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.4 & 0.7 & 0.7 \\ 0.4 & 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.6 & 0.7 & 0.5 & 0.8 & 0.8 \\ 0.3 & 0.8 & 0.2 & 0.5 & 0.5 \\ 0.3 & 0.8 & 0.2 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \tag{8}$$

根据式(3)得到排序向量 W_1, W_2 和 W_3 :

$$W_1 = (0.35, 0.65) \tag{9}$$

$$W_2 = (0.283, 0.258, 0.267, 0.192) \tag{10}$$

$$W_3 = (0.22, 0.155, 0.245, 0.19, 0.19) \tag{11}$$

建立该雨水花园项目的融资风险因素评价集。然后向 20 位专家发放调查问卷,对最末层指标的风险等级进行评判,其发生的概率根据式(5)进行计算。该雨水花园项目融资风险评价结果见表 1。

表 1 某社区雨水花园项目融资风险评价结果

主指标层	子指标层	评价等级				
		高	较高	一般	较低	低
系统 风险 $B_1(0.35)$	政策及法律变更 风险 $C_1(0.283)$	0.10	0.15	0.25	0.35	0.15
	金融风险 $C_2(0.258)$	0.10	0.10	0.20	0.25	0.35
	市场风险 $C_3(0.267)$	0.15	0.10	0.20	0.30	0.25
	自然灾害风险 $C_4(0.192)$	0	0	0.15	0.40	0.45
非系统 风险 $B_2(0.65)$	低影响开发技术 风险 $C_5(0.22)$	0.15	0.10	0.15	0.25	0.35
	信用风险 $C_6(0.155)$	0.10	0.10	0.25	0.30	0.25
	建造风险 $C_7(0.245)$	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
	完工风险 $C_8(0.19)$	0.05	0.10	0.30	0.30	0.25
	运营风险 $C_9(0.19)$	0.05	0.15	0.25	0.35	0.20

选用 CIM 的并联响应模型求得各主指标的概率分布。通过计算得到主指标概率分布见表 2。

表 2 主指标概率分布

主指标	风险等级				
	高	较高	一般	较低	低
系统风险(0.35)	0	0	0.0135	0.2144	0.7721
非系统风险(0.65)	0	0.0002	0.0125	0.1774	0.8099

指标权重向量以及表 3 所示的主指标概率分布,得到该社区雨水花园项目融资总风险,见表 3。

表 3 某社区雨水花园项目融资总风险

风险等级	概率分布	风险等级	概率分布
高	0	较低	0.19035
较高	0.00013	低	0.79667
一般	0.01285		

根据 FAHP 计算出各融资风险的权重,再结合 CIM 计算出融资风险不同等级的风险概率。由表 3 可知,该社区雨水花园项目融资风险高的概率为 0,较高的概率为 0.013%,一般的概率为 1.285%,较低的概率为 19.035%,低风险的概率为 79.667%。低风险发生的概率最高,因此,该雨水花园项目的融资风险低,可以在对各项风险进行规避的前提下进行建设。

5 结 语

城市内涝频发,水质污染严重,水资源欠缺等难题严重困扰人民的生活。在此背景下,国家大力支持海绵城市建设。但海绵城市建设需要大量资金,项目复杂,融资风险普遍存在。在融资风险形成机制的基础上,识别融资风险因素。运用 FAHP 计算各风险因素权重,再结合 CIM 求出风险的概率分布,以此来评估项目的融资风险等级,为海绵城市建设项目的运行给出了决策参考。

在宏观层面,国家应加强融资体制改革,落实海绵城市建设的相关政策,完善法律法规。政府需要建立科学的海绵城市建设激励机制,加大项目补贴,采取税收减免政策。

在微观层面,加强海绵城市相关技术的系统性研究,多开展低影响开发技术交流活活动。相关单位需不断加强企业的经营管理能力,在实践中成长。结合国情,制定海绵城市建设项目融资风险规避方案,加快我国海绵城市的建设步伐。

参考文献:

[1] 俞孔坚,李迪华,袁弘,等. “海绵城市”理论与实践[J]. 城市规划, 2015, 39(6):26-36.

[2] 柯善北. 破解“城中看海”的良方:《海绵城市建设技术指南》解读[J]. 中华建设,2015(1):22-25.

[3] 郑立群. 工程项目投资与融资[M]. 上海:复旦大学出版社, 2007. (下转第 78 页)

- [4] 丁枢. 水利旅游资源分类开发模式研究[J]. 中国水利, 2011, 29(14): 59-61.
- [5] 李小琼. 山东省水利风景区水利旅游资源开发利用研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [6] 丁枢. 美国水利旅游资源开发对我国的启示[J]. 宏观经济研究, 2012, 15(6): 107-111.
- [7] 杨淑琼, 肖燕舞. 水利旅游产品体系的开发研究[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2008, 2(5): 49-51.
- [8] 毛明海, 应丽云, 杨秀石. 浙江省水利旅游资源潜力评价[J]. 科技通报, 2002, 18(3): 213-218.
- [9] 杨淑琼, 曹英. 湖南水利旅游资源开发潜力评价实证研究[J]. 经济研究导刊, 2009, 5(22): 129-130.
- [10] 李泽, 孙才志, 邹玮. 中国海岛县旅游资源开发潜力评价[J]. 资源科学, 2011, 33(7): 1408-1417.
- [11] 钟林生, 王婧, 唐承财. 西藏温泉旅游资源开发潜力评价与开发策略[J]. 资源科学, 2009, 31(11): 1848-1855.
- [12] 黄显勇, 毛明海. 运用层次分析法对水利旅游资源进行定量评价[J]. 浙江大学学报(理学版), 2001, 28(3): 327-332.
- [13] 袁林. 水体旅游功能及开发初探[J]. 江西社会科学, 2004, 25(4): 233-236.
- [14] 张中旺. 汉江水文化旅游资源及其开发的 SWOT 分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(12): 5774-5775.
- [15] 付景保. 河南水景旅游资源开发初步研究[J]. 甘肃联合大学学报(自然科学版), 2006, 20(5): 91-93.
- [16] 廉同辉, 王金叶, 程道品. 自然保护区生态旅游开发潜力评价指标体系及评价模型: 以广西猫儿山国家级自然保护区为例[J]. 地理科学进展, 2010, 29(12): 1613-1619.
- [17] 魏长晶, 李江风, 张志. 森林旅游资源开发潜力定量评价研究: 以武汉市为例[J]. 资源开发与市场, 2006, 22(3): 220-223.
- [18] 张广海, 刘佳. 中国滨海城市旅游开发潜力评价[J]. 资源科学, 2010, 32(5): 899-906.
- [19] 席建超, 葛全胜, 成升魁, 等. 旅游资源群: 概念特征、空间结构、开发潜力研究: 以全国汉地佛教寺院旅游资源为例[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 91-98.
- [20] 张君. 基于 GIS 的陕西区域旅游资源群开发区研究[J]. 旅游学刊, 2007, 22(4): 25-29.
- [21] 张树萍. 基于 GIS 的安徽区域旅游资源群开发潜力研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2011, 34(3): 462-466.
- [22] 田慧然, 陈金华. 基于 GIS 的海峡西岸经济区旅游资源群开发潜力研究[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2013, 16(1): 54-58.
- [23] KHADAROO J, SEETANAH B. The role of transport infrastructure in international tourism development: a gravity model approach[J]. Tourism Management, 2008, 29(5): 831-840.
- [24] 李山, 王铮, 钟章奇. 旅游空间相互作用的引力模型及其应用[J]. 地理学报, 2012, 67(4): 526-544.

(收稿日期: 2016-04-11 编辑: 方宇彤)

(上接第 33 页)

- [4] 孙荣霞. 基于霍尔三维结构的公共基础设施 PPP 项目融资模式的风险研究[J]. 经济经纬, 2010(6): 142-146.
- [5] PATRICK X, ZOU W, ZHANG Guomin, et al. Understanding the key risks in construction projects in China[J]. International Journal of Project Management, 2007, 25(6): 601-614.
- [6] 温胜强. 高速公路项目融资风险层次分析模型研究[J]. 中外公路, 2005, 25(3): 117-120.
- [7] 李涛. 低影响开发技术应用的风险因素分析及对策[D]. 深圳: 深圳大学, 2015.
- [8] 张书函, 丁跃元, 陈建刚. 城市雨水利用工程设计中

的若干关键技术[J]. 水利学报, 2012, 43(3): 308-314.

- [9] MARTINUS P A, STEPHEN O O. Good project governance for proper risk allocation in public-private partnerships in Indonesia[J]. International Journal of Project Management, 2006(24): 622-634.
- [10] 张帆. 基于灰色模糊理论的 PPP 项目融资风险评价[J]. 江苏商论, 2015(31): 58-60.
- [11] 朱明明. 基于模糊层次分析法的工程项目风险评估[J]. 科技管理研究, 2010, 30(20): 214-217.
- [12] 余恬, 叶青. 建设项目全寿命周期成本的 CIM 风险评估模型[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2013(3): 329-333.

(收稿日期: 2016-03-10 编辑: 方宇彤)

(上接第 67 页)

- [6] 高兴佑, 高文进. 阶梯式水价模型中参数的合理确定[J]. 国土与自然资源研究, 2011(5): 51-53.
- [7] 郑通汉, 张彬, 汪习文. 当前农业水价改革中的问题、影响与对策[J]. 中国水利, 2012(16): 17-20.
- [8] 姜文来. WTO 条件下农业水价调整研究[J]. 海河水利, 2002(4): 7-8.
- [9] 周振民, 吴昊. 农业水价改革与农民承受能力研究[J]. 水利经济, 2005, 23(3): 31-34.
- [10] 陈丹, 陈菁, 罗朝晖, 等. 农村饮水安全工程合理水价形成机制研究[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2011,

33(4): 1-6.

- [11] 李宝萍, 赵慧珍, 陈海涛, 等. 农业水价改革与农民承受能力的调查研究[J]. 人民黄河, 2007, 29(2): 58-59.
- [12] MOELTNER K, STODDARD S. A panel data analysis of commercial customers' water price responsiveness under block rates[J]. AWWA, 2004(4): 102-112.
- [13] MURPHY B M, GRAHAM A G. Strategic business planning as a water resource management tool[J]. AWWA, 2004(2): 58-64.

(收稿日期: 2016-07-14 编辑: 陈玉国)