

# 基于 Shapley 值修正的 BT 项目共担风险分配研究

高 华<sup>1</sup>, 刘程程<sup>1</sup>, 王 博<sup>2</sup>, 高喜珍<sup>1</sup>

(1. 天津理工大学管理学院, 天津 300384; 2. 天津泰达海洋开发有限公司, 天津 300457)

**摘要:** 将影响 BT 项目风险分担的因素与 Shapley 值结合, 应用修正的 Shapley 值法构建了 BT 项目共担风险分配模型, 并运用此模型进行了某围海造陆 BT 项目的通货膨胀风险、不可抗力风险和利率风险的分配研究。结论表明, 根据控制风险的收益, 运用本模型可以确定通货膨胀风险及不可抗力风险合理的分配比例, 而利率风险的分配不适合使用该模型。

**关键词:** BT 项目; 风险分担影响因素; 共担风险; 风险分担模型; Shapley 值

**中图分类号:** F407.9

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2015)02-0303-06

## Research on the joint risk allocation in BT projects based on the revised Shapley value

GAO Hua<sup>1</sup>, LIU Chengcheng<sup>1</sup>, WANG Bo<sup>2</sup>, GAO Xizhen<sup>1</sup>

(1. School of Management, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China;

2. Tianjin TEDA Ocean Development Co. Ltd., Tianjin 300457, China)

**Abstract:** This paper combines the Shapley value with the influence factors of risk allocation, and builds a model for joint risk allocation in BT projects using the revised Shapley value. The model is also used to analyze the risk allocation of a land reclamation BT project. The result shows that according to the benefits generated by controlling the risks, the reasonable allocation ratio of inflation risk and force majeure risk can be calculated by this model, but it is inappropriate to analyze the allocation of interest rate risk through this model.

**Key words:** BT projects; Influence factors of risk allocation; Joint risks; Risk Allocation Model; Shapley value

BT (Build Transfer) 模式作为政府公共部门向私人部门“按揭举债”的一种项目融资模式, 近年来被广泛应用于地方基础设施的建设, BT 项目的成功实施对于我国基础设施建设的发展具有重要意义。合理有效的风险分配, 有助于项目的成功实施<sup>[1]</sup>。BT 项目中涉及的单方承担风险其责任归属易确定, 而共担风险分担比例的界定却不是十分明确。现有关于 BT 项目风险分担的研究大多侧重于笼统的定性分析, 未能特别针对其中的共担风险进行深入探讨, 亟需构建一种专门针对 BT 项目共担风险的定量分析模型。因此, 本文旨在研究一种定量的、可操作性强, 并且与实际项目特点联系紧密的 BT 项目共担风险分担比例界定方法——Shapley 值修正法。

## 1 Shapley 值理论应用于 BT 项目共担风险研究的适用性分析

Shapley 值理论一般应用于合作关系的联盟利益分配研究<sup>[2-6]</sup>。在联盟费用成本、损失分摊及补偿额分摊方面主要应用于电力、物流行业及水利领域等, 例如输电网损分配<sup>[7]</sup>、电网调峰费用分摊<sup>[8]</sup>、

运输联盟成本分摊<sup>[9]</sup>及农业节水补偿额测算<sup>[10]</sup>等。Shapley 值在风险分担方面的研究应用主要有金融系统风险研究<sup>[11]</sup>、研发联盟风险分担<sup>[12]</sup>及保险风险的配置研究<sup>[13]</sup>等。通过以上文献可以看出, 将 Shapley 值理论应用于利益分配、风险分担等领域是可行的。加之风险与利益作为一对矛盾体, 总是成对出现, 获得利益的同时需要承担风险, 而承担风险也以获得利益为前提, 故可以将 Shapley 值应用于 BT 项目共担风险的研究。

## 2 基于 Shapley 值修正的 BT 项目共担风险分配模型的构建

考虑到 Shapley 值理论的局限性 (认为联盟参与者没有个体特征, 不能体现 BT 项目双方个体在风险承担能力、控制能力和经济地位等方面的差异性), 本研究引入影响风险分担的因素, 结合 Shapley 值理论, 构建了基于 Shapley 值修正的 BT 项目共担风险分配模型。

### 2.1 BT 项目风险分配影响因素确定

BT 项目属于公私合作类项目 (PPP 项目) 的一个特例, 因此, 在总结工程项目和 PPP 类项目的风

险分配因素基础上给出 BT 项目风险分配的影响因素. 关于风险分配的影响因素, 张水波<sup>[14]</sup>等提出风险分配模型应包含风险分担能力、接受风险的代价以及认知风险的大小等三个因素; 尹贻林<sup>[15]</sup>等提出了影响工程项目风险分配的五个因素: 谈判能力、开发策略、风险分担机制、承包商特征以及业主特征等. 刘新平<sup>[16]</sup>等归纳出影响 PPP 项目风险分配的四个主要因素: PPP 项目自身的特点、公私双方对 PPP 项目融资模式的误区、公私双方承担风险的意愿、缺乏标准的程序和合同文件等; 张瑞媛等<sup>[17]</sup>依据 FIDIC 新版施工合同和 NEC 新工程合同, 从公平和效率两个维度出发, 将 BT 项目的风险分配因素归纳为能力因素、来源因素、管理因素、意愿因素和损益因素五类; 高华<sup>[18]</sup>主要从承担风险的意愿角度给出了风险态度、对 BT 项目风险的认识深度、承担风险后果责任的能力以及管理风险能力的四个影响因素. 可见, 项目特点、风险来源、承担风险和管理风险的能力及代价、风险损益等几个方面是风险分担的主要影响因素, 由于本文研究的是共担风险的分配, 因此, 将风险来源因素删除, 概括为承担风险的能力、参与项目程度及收益、控制风险的能力等因素. 此外, BT 项目大多是非经营性的基础设施和公用事业项目、参与方多, 合同复杂、属于典型的“强买强卖”行为<sup>[18]</sup>, 因此, 合同谈判和签订时, BT 项目双方的地位及谈判主导性对合同风险分配具有较大影响, 将此因素加入. 依据上述分析, 共确定了影响 BT 项目风险分配的四个主要因素:

(1) 承担风险的能力. 主要包括财务能力、管理能力、技术能力以及处理突发事件能力等四个指标.

(2) 参与项目程度及收益. 主要体现在项目整个阶段, 包含双方投入的资金、投入的人力资源、投入的项目管理技术及投资回报率等四个指标.

(3) 控制风险的能力. 主要包含对风险的认知程度、控制风险所需的成本以及控制风险减少的损失等三个指标.

(4) 经济地位. 即 BT 项目双方在签订合同时各自所处的地位以及谈判主导性. 经济地位同样会对 BT 合同中风险分配方案的确定产生影响, 主要包含 BT 项目的多寡、BT 项目的紧迫性以及 BT 项目的竞争程度等三个指标.

## 2.2 模型构建

结合 Shapley 值及影响 BT 项目风险分配的四

个因素, 构建的 BT 项目共担风险分配模型如图 1 所示. 该模型共分为四个步骤:

第一步, 计算出 BT 项目风险分配的初始 Shapley 值.

在未考虑 BT 项目中各参与者之间差异的情况下, 可以得到 BT 项目双方风险分配的初始 Shapley 值为  $\phi_i(N, v) = \sum_{\tau \in N} \frac{(|\tau|-1)!(N-|\tau|)!}{N!} m_i(\tau)$ <sup>[11]</sup>,  $i=1, 2$ .

其中:  $N$  为参与者集合, 本文中表示为 BT 发起人与主办人;

$v$ : 特征函数,  $v(\tau)$  在本文中表示 BT 发起人和主办人组成联盟所减少的风险期望损失,  $v(\tau/\{i\})$  表示联盟  $\tau$  除去参与者  $i$  以后所能减少的期望损失.

$\tau$ : 参与者组成的联盟, 本文中表示为 BT 发起人和主办人组成的各种联盟,  $|\tau|$  表示联盟  $\tau$  中的人数;

$m_i(\tau)$ : 博弈者  $i$  对联盟  $\tau$  的边际贡献, 本文表示 BT 发起人或主办人对联盟  $\tau$  的边际贡献,  $m_i(\tau) = v(\tau) - v(\tau/\{i\})$ ,  $i \in \tau$ .

第二步, 对专家进行问卷调查, 应用 AHP 法得到各个风险分配影响因素的权重 ( $\theta_k$ ,  $k \in [1, 4]$ ) 以及影响因素各指标的权重 ( $\alpha_k$ 、 $\beta_k$ 、 $\gamma_l$ 、 $\omega_l$ ,  $k \in [1, 4]$ ;  $l \in [1, 3]$ ).

第三步, 针对不同类别的共担风险, 再由专家给出 BT 项目双方各个指标的分值, 结合各个指标及影响因素的权重, 计算 BT 项目双方各自加权的风险分配影响因素值, 得到各个风险分配影响因素值分别为  $X_i = \sum \alpha_k \cdot A_{ik}$ ,  $Y_i = \sum \beta_k \cdot B_{ik}$  ( $k \in [1, 4]$ );  $Z_i = \sum \gamma_l \cdot C_{il}$ ,  $W_i = \sum \omega_l \cdot D_{il}$  ( $l \in [1, 3]$ ).

第四步, 计算修正的 Shapley 值. 引入  $X'_i$ 、 $Y'_i$ 、 $Z'_i$ 、 $W'_i$ , 分别定义为风险承担能力因子、参与项目程度及收益因子、风险控制能力因子、经济地位因子,  $X'_i = X_i/X_{\text{总}}$ ,  $Y'_i = Y_i/Y_{\text{总}}$ ,  $Z'_i = Z_i/Z_{\text{总}}$ ,  $W'_i = W_i/W_{\text{总}}$ . 首先, 计算风险承担能力调整因子  $\Delta X_i = X'_i - 1/2$ , 依据初始 Shapley 值  $\phi_i$ , 得到风险承担能力因素的 Shapley 修正值  $\phi_i^1$ ,  $\phi_i^1 = \phi_i + (\phi_1 + \phi_2) \times \Delta X_i$ . 同理分别计算参与项目程度及收益调整因子 ( $\Delta Y_i = Y'_i - 1/2$ )、风险控制能力调整因子 ( $\Delta Z_i = Z'_i - 1/2$ ) 和经济地位调整因子 ( $\Delta W_i = W'_i - 1/2$ ), 及这些影响因素的 Shapley

修正值  $\phi_i^2$ 、 $\phi_i^3$ 、 $\phi_i^4$ 。最后, 通过加权计算, 得到最终的 Shapley 修正值  $\phi_i^*$ , 即  $\phi_i^* = \sum_{k=1}^4 \phi_i^k \theta_k$ , 依此可以确定 BT 发起人和 BT 主办人之间的风险分配比例。

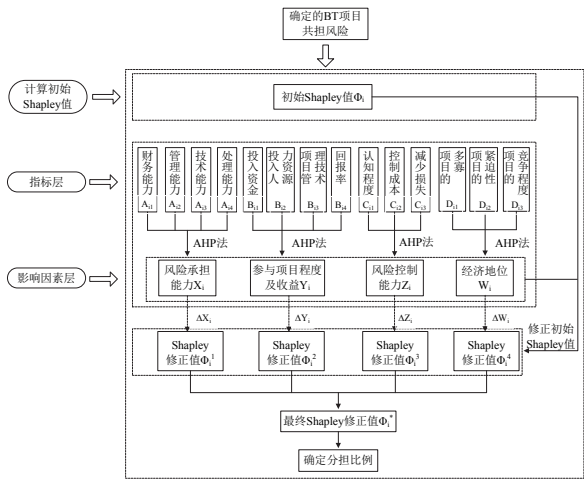


图 1 基于 Shapley 值修正的 BT 项目共担风险分配模型  
Fig.1 The joint risk allocation model of BT projects based on the revised Shapley value

3 某围海造陆 BT 项目的共担风险分配分析

某围海造陆 BT 项目的总投资 20 亿元, BT 发起人为政府投资的甲公司, BT 主办人为乙公司. 项目中的勘察、设计、监理工作由甲公司自行委托相关单位进行, 投资、融资、施工工作由乙公司 (项目公司) 负责. 该项目的投资回报率以同期银行贷款利率为基础, 上浮 3 个百分点计算, 采用浮动利率模式. 通过对其特许权合同分析, 合同涉及的共担风险包括通货膨胀风险、不可抗力风险和利率风险. 本文采用构建的 Shapley 值修正模型, 对共担风险分配的合理性进行分析.

3.1 风险分配影响因素及指标的权重确定

本文对研究 BT 融资模式的专家及从事 BT 项目工作的企业员工发放了 BT 项目风险分配指标权重确定的调查问卷. 问卷发放共计 78 份, 回收有效问卷 70 份. 受访者中含有企业中层管理人员 10 名, 企业基层管理人员 18 名, 教授 7 名, 副教授 12 名, 讲师 8 名, 同时含有工程管理硕士培训学员 (Master of Project Manager, MPM) 15 名, 其均为具有长期 BT 项目管理经验的工作人员. 根据得到的数据, 应用 AHP 法对其进行分析, 计算结果均符合一致性检验, 结果如表 1 所示.

表 1 风险分配影响因素和指标权重值及 BT 双方得分值  
Tab.1 The weights of risk allocation influence factors and the scores of BT sponsor and organizer

影响风险分配因素	所占权重	各因素包含指标	所占权重	通货膨胀风险		不可抗力风险		利率风险	
				发起人	主办人	发起人	主办人	发起人	主办人
风险承担能力	0.25	财务能力	0.28	32.5	67.5	50.0	50.0	50.0	50.0
		管理能力	0.25	37.5	62.5	47.5	52.5	50.0	50.0
		技术能力	0.23	30.0	70.0	35.0	65.0	42.5	57.5
		处理突发事件能力	0.24	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
参与项目程度与收益	0.20	投入资金	0.20	40.0	60.0	47.5	52.5	50.0	50.0
		投入人力资源	0.25	37.5	62.5	40.0	60.0	47.5	52.5
		投入项目管理技术	0.25	37.5	62.5	42.5	57.5	47.5	52.5
		投资回报率	0.30	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
风险控制能力	0.31	认知程度	0.33	45.0	55.0	50.0	50.0	55.0	45.0
		控制成本	0.35	52.5	47.5	52.5	47.5	62.5	37.5
		减少损失	0.32	37.5	62.5	47.5	52.5	47.5	52.5
经济地位	0.24	项目的多寡	0.32	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
		项目的紧迫性	0.31	37.5	62.5	37.5	62.5	37.5	62.5
		项目竞争程度	0.37	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0

3.2 通货膨胀风险分析

该围海造陆 BT 项目不涉及外汇兑换, 无汇率波动风险, 利率风险单独分析, 因此, 通货膨胀风险主要是人工费、材料费和机械台班费价格的波动风险. 合同约定: 人工费按法律相关规定调整, 材料费调整主要涉及土工布和塑料排水板的价格变动, 双方在合同中约定价格上涨 5% 以内的风险由

BT 主办人承担, 涨幅超过 5% 的风险由 BT 发起人承担. 机械台班费风险主要是燃料柴油价格的波动, 柴油价格上涨 5% 以内的风险由 BT 主办人承担, 涨幅超过 5% 的风险由 BT 发起人承担.

人工费调整按照相关法律规定进行, 不用分配. 项目中使用的土工布和塑料排水板的价格便宜, 但数量非常大, 使其在材料费中占的比重较

大. 合同中采用了按约定价格事先预定的方法控制造价, 可见, 此部分价格波动采取了主动控制, 风险固定. 但机械台班费中, 柴油价格占台班单价的50%以上, 对其价格波动, 合同双方没有采取任何措施进行控制, 因此, 通货膨胀风险部分主要分析柴油价格的波动风险. 合同签订时, 根据专家预测, 得到柴油价格波动情况及控制损失情况如表2所示.

表2 柴油价格波动及控制损失情况  
Tab.2 The loss controls and diesel price volatility

发生 概率/%	损失 /万元	主办人 控制减少 损失/万元	发起人 控制减少 损失/万元	共同 控制减少 损失/万元
价格不变	5	—	—	—
价格上涨5%	25	1 000	300	500
价格上涨10%	40	2 000	300	400
价格上涨15%	30	3 000	300	600

经过计算得到, 柴油价格上涨的期望损失  $E = 1950$  万元; BT 发起人控制该风险所减少的损失  $E_1 = 340$  万元; BT 主办人控制该风险所减少的损失  $E_2 = 285$  万元; BT 项目双方共同控制该风险所期望减少的损失  $E_{\text{总}} = 975$  万元.

确定该风险在 BT 项目双方的分配比例, 过程如下:

(1) 计算 BT 项目双方的初始 Shapley 值

不同的控制主体进行风险的控制, 所减少的损失即为获得的“收益”. BT 发起人、主办人的初始 Shapley 值计算分别如下所示:

BT 发起人甲公司:

$$\phi_1 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!} \times (340 - 0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!} \times (975 - 285) = 515 \text{ 万元}$$

BT 主办人乙公司:

$$\phi_2 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!} \times (285 - 0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!} \times (975 - 340) = 460 \text{ 万元}$$

(2) 考虑风险分配影响因素的修正

首先, 考虑风险承担能力因素进行修正.

甲公司风险承担能力  $X_1 = 37.38$ ; 乙公司风险承担能力  $X_2 = 62.62$ ; BT 项目总的风险承担能力  $X_{\text{总}} = X_1 + X_2 = 100$ .

从而可以得到甲公司的风险承担能力因子  $X'_1 = 0.37$ , 故  $\Delta X_1 = X'_1 - (1/2) = -0.13$ , 则对初始

Shapley 值进行修正得到,  $\phi_1^1(N, v) = 388.25$  万元, 同理可得  $\phi_2^1 = 586.75$  万元.

同理, 可以得到考虑参与项目程度及收益的 Shapley 值修正为:  $\phi_1^2 = 437$  万元,  $\phi_2^2 = 538$  万元; 考虑风险控制能力的 Shapley 值修正为:  $\phi_1^3 = 466.25$  万元,  $\phi_2^3 = 508.75$  万元; 考虑经济地位的 Shapley 值修正为:  $\phi_1^4 = 476$  万元,  $\phi_2^4 = 499$  万元.

(3) 计算最终 Shapley 修正值

根据问卷得到的 BT 项目双方风险承担能力、参与程度与收益、控制风险能力以及经济地位四个因素所占权重, 以及计算得出的考虑风险分配影响因素的 Shapley 值, 可以计算最终的 Shapley 修正值.  $\phi_1^* = \sum_{k=1}^4 \phi_1^k \cdot \theta_k = 443.24$  万元,  $\phi_2^* = \sum_{k=1}^4 \phi_2^k \cdot \theta_k = 531.76$  万元.

因此, 经计算得出 BT 发起人和 BT 主办人之间合理的风险分配比例应为 45.4%: 54.6%. 根据此分配比例判断, 该 BT 项目合同中约定的通货膨胀风险分配方案对于 BT 发起人来说是不利的. 因为当柴油价格上涨在 9.16% ( $5\%/0.546=9.16\%$ ) 以上时, BT 发起人实际分配的比例相对其应当分配的比例来说是较多的, 而柴油价格上涨在 9.16% 以上的概率, 根据专家的预测为 70%, 显然是比较大的, 故合同中约定的分配方案对 BT 发起人是无利的.

### 3.3 不可抗力风险分析

不可抗力风险的分配, 依据惯例风险发生后造成的工程损失及发起人损失由发起人承担, 造成的主办人损失由主办人承担, 本项目双方当事人合同中做了同样规定.

根据专家分析, 当地震这种不可抗力风险发生以后, BT 发起人控制工程损失和自身损失, 可以减少损失约 500 万元; BT 主办人控制自身损失, 可以减少损失约 200 万元; 当 BT 项目双方共同承担该不可抗力风险时, 可以减少损失约 1 000 万元.

通过修正 Shapley 值的计算过程, 可以得到 BT 发起人和 BT 主办人各自最终的修正 Shapley 值, 即 BT 项目双方共同控制不可抗力风险减少损失时的分配值:  $\phi_1^* = 645.2$  万元,  $\phi_2^* = 354.8$  万元.

此 BT 项目双方的不可抗力风险分配值表明, 合理的风险分配方案应为: BT 发起人和主办人共同分配不可抗力风险, BT 主办人除了承担自身损失外, 还应承担部分工程损失.

BT 主办人不仅控制风险减少自身的 200 万损

失,还应控制风险以减少工程损失 154.8 万元 ( $354.8-200=154.8$  万元),而 BT 发起人则应给予 BT 主办人一定的激励补偿,假设该补偿为 200 万元.当采用该方案时,BT 主办人因为多控制风险而减少了 154.8 万元的损失,得到 200 万元的补偿,即净收益为 45.2 万元;BT 发起人给予 BT 发起人 200 万元的补偿,可以使 BT 主办人参与共同分配风险,从而减少工程损失 300 万元,即收益大于成本.因此,该风险分配方案对于 BT 项目双方而言是双赢的,为更合理的风险分配方案.

### 3.4 利率风险分析

该项目中的利率风险主要影响 BT 项目投资回报率,此风险对于 BT 发起人和 BT 主办人来说是一种零和博弈,对方的损失即为己方的收益,因此,不能使用修正的 Shapley 值进行分析,这是本模型的局限性.但利率波动的概率是可以合理预测的,通过分析概率,可以进一步分析风险.本项目在合同签订时,专家预测项目实施期内利率上涨 0.5%的概率为 10%,下降 0.5%的概率为 90%,对该风险的分析如下:

(1) 固定利率模式.当采用以固定利率为基础上浮 3 个百分点来计算投资回报率时,利率上涨 0.5%时,BT 发起人收益为 396 万元,BT 主办人损失为 396 万元;利率下降 0.5%时,结果正好相反.这表明当利率下降的概率比较大时,固定利率模式下,BT 发起人承担利率的风险.

(2) 浮动利率模式.当采用以浮动利率为基础上浮 3 个百分点来计算投资回报率时,利率上涨 0.5%时,BT 发起人损失为 396 万元,BT 主办人收益为 396 万元;利率下降 0.5%时,结果正好相反.这表明当利率下降的概率比较大时,浮动利率模式下,BT 主办人承担利率风险.

本项目合同双方约定的投资回报率采用的是浮动利率模式.根据专家预测,项目实施期间利率下降的概率为 90%,可见,BT 主办人承担利率下降风险的概率较大,对于 BT 发起人是有益的.

## 4 结论

(1) 分析结果表明,对于材料价格上涨风险,当涨幅在某一临界值(本项目中为 9.16%)以上时,依据惯例的分配方案使 BT 发起人承担了较多风险,应适当提高 BT 主办人的分配比例.对于不可抗力风险,BT 主办人除了承担己方的损失外,还应适当承担工程损失风险,并由 BT 发起人给予相

应补偿激励,从而使 BT 项目损失降到最小.

(2) 对于 BT 项目中属于非合作博弈类型的共担风险,比如属于投机风险的利率风险,是不适合运用修正的 Shapley 值进行分析的,这是本模型的局限性.但利率风险可以通过合理的概率预测进行分析.当利率下降概率较大时,采用浮动利率模式计算投资回报率,对 BT 发起人有利;采用固定利率模式计算投资回报率,对 BT 主办人有利.当利率上升概率较大时,情况正好相反.

## 参考文献 References

- [1] LAM K C, WANG D, PATRICIA T K Lee, et al. Modeling risk allocation decision in construction contracts [J]. International Journal of Project Management, 2007, 25(5): 485-493.
- [2] 周欢怀,包欢乐.修正 Shapley 算法在企业技术联盟利益分配的应用研究[J].科技管理研究,2013,32(24): 109-112.  
ZHOU Huanhuai, BAO Huanle. Research on the Profit Distribution among Technological Innovation Alliance Based on Improved Shapley Value [J]. Science and Technology Management Research, 2013, 32(24): 109-112.
- [3] 彭伟真.基于 Shapley 值法的供应链收益共享契约研究[J].统计与决策,2012(17): 52-56.  
PENG Weizhen. Research on Revenue-sharing Contract of Supply Chain Based on the Shapley Value[J]. Statistics and Decision, 2012(17): 52-56.
- [4] 胡丽,张卫国,叶晓甦.基于 SHAPELY 修正的 PPP 项目利益分配模型研究[J].管理工程学报,2011,25(2): 149-154.  
HU Li, ZHANG Weiguo, YE Xiaosu. Profit allocation of PPP model based on the revised SHAPELY[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2011, 25(2): 149-154.
- [5] 李柏洲,罗小芳.基于 Shapley 值法的产学研合作型企业原始创新收益分配研究[J].运筹与管理,2013,22(4): 220-224.  
LI Baizhou, LUO Xiaofang. Study on profit allocation of enterprise's original innovation with an industry-university-research cooperative mode based on the shapley value [J]. OPERATIONS RESEARCH AND MANAGEMENT SCIENCE, 2013, 22(4): 220-224.
- [6] 刁丽琳,朱桂龙,许治.基于多权重 Shapley 值的联盟利益分配机制[J].工业工程与管理,2011,16(4): 79-84.  
DIAO Lilin, ZHU Guilong, XU Zhi. The Profit Allocation of Alliances Based on the Multi-weighted Shapley Value [J]. Industrial Engineering and Management, 2011, 16(4): 79-84.
- [7] 江辉,彭建春,欧亚平,等.基于 Shapley 值的输电网损分配[J].电力自动化设备,2003,23(2): 18-21.  
JIANG Hui, PENG Jianchun, OU Yaping, et al. Shapley-value based transmission power loss allocation. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23(2): 18-21.
- [8] 谢俊,白兴忠,魏建详,等.西北电网调峰成本补偿研究[J].浙江大学学报:工学版,2009,43(3): 584-589.  
XIE Jun, BAI Xingzhong, WEI Jianxiang, et al. Study on



- peaking cost compensation in Northwest China Power Grid. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2009,43(3):584-589
- [9] 郑士源. 基于动态稳定性的运输联盟成本分摊规则[J]. 上海交通大学学报, 2013,47(3): 500-504.  
ZHENG Shiyuan. Cost Allocation Schemes for Transportation Alliance Based on Farsighted Stability[J]. JOURNAL OF SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY, 2013,47(3):500-504
- [10] 陈菁, 代小平, 陈祥, 等. 基于改进的 Shapley 值法的农业节水补偿额测算方法[J]. 水利学报, 2011, 42(6): 750-756.  
CHEN Jing, DAI Xiaoping, CHEN Xiang, et al. Calculation of compensation amount for agricultural water saving based on improved Shapley method [J]. SHUILI XUEBAO, 2011,42(6): 750-756.
- [11] 牛艳梅. 基于 Shapley-CoVaR 的金融系统风险贡献测度方法[J]. 统计与决策, 2013 (17): 83-85.  
NIU Yanmei. Method For Measuring Contribution of Systemic Risk in Financial Sphere Based on the Shapley-CoVAR[J]. Statistics and Decision, 2013 (17): 83-85.
- [12] 汪翔, 孟卫东, 吴国东. 不确定性条件下研发联盟的风险分担设计[J]. 管理工程学报, 2013,27(3): 189-196.  
WANG Xiang, MEND Weidong, WU Guodong. Design on Risk Sharing of R&D Alliance on the Condition of Uncertainty[J]. Journal of Industrial Engineering/ Engineering Management, 2013,27(3):189-196
- [13] MICHAEL R. Powers. Using Aumann-Shapley value to allocate insurance risk: the case of inhomogeneous losses[J]. North American Actuarial Journal, 2007(3):113-127.
- [14] 张水波, 何伯森. 工程项目合同双方风险分担问题的探讨[J]. 天津大学学报: 社会科学版, 2003,5(3): 257-261.  
ZHANG Shuibo, HE Bosen. Allocation and sharing of construction risks between contract parties [J]. Journal of Tianjin University :Social Sciences, 2003,5(3): 257-261.
- [15] 尹贻林, 赵华, 严玲. 工程项目风险分担影响因素层次结构及作用机理研究[J]. 统计与决策, 2013(8): 175-178.  
YIN Yilin, ZHAO Hua, YAN Ling. Research on the hierarchical structure and function mechanism of risk allocation influence factors of engineering projects[J]. Statistics and Decision, 2013(8): 175-178.
- [16] 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.  
LIU Xinpeng, WANG Shouqing. Research on the principles and framework for risk allocation of PPP projects [J]. Construction Economy, 2006 (2): 59-63.
- [17] 张瑞媛, 代俊廷, 徐凯. 城市轨道交通 BT (建设-移交) 项目风险分担研究[J]. 城市轨道交通研究, 2013(4): 18-23.  
ZHANG Ruiyuan, DAI Juntong, XU Kai. Risk Allocation of BT Project in Urban Rail Transit [J]. Urban Mass Transit, 2013,16(4):18-23.
- [18] 高华. 我国 BT 模式投资建设合同研究[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2013.  
GAO Hua. Research on the investment and construction contract of BT mode in China[M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press, 2013.

(本文编辑 吴海西)

(上接第 286 页)

- [3] CHOW T T, LIN Z. Prediction of on-coil temperature of condensers installed at tall building re-entrant[J]. Applied Thermal Engineering, 1999,(19):117-132.
- [4] CHOW T.T, LIN Z, LIU J.P. Effect of building re-entrant shape on performance of air-cooled condensing units [J]. Energy and building, 2000,(32): 143-152.
- [5] CHOW T T, LIN Z, LIU J P. Effect of condensing unit layout at building re-entrant on split-type air-conditioner performance[J]. Energy and Buildings, 2002(34):237-244.
- [6] CAC Laboratory, LG Electronics Inc. Optimum placement of top discharge outdoor unit installed near a wall [J]. Energy and buildings, 2013(59): 228-235.
- [7] CHOI SeokHo, LEE KwanSoo, KIM Byung-Soon. Effects of stacked condensers in a high-rise apartment building[J]. Energy, 2004(30):968-981.
- [8] 程卓明, 黄钊, 马勇, 等. 百叶窗开度对室外机运行环境影响的分析[J]. 暖通空调, 2009, 39(1): 133-1.  
CHENG Zhuoming, Huang Zhao, Ma Yong, et al. Analysis of impact of shutters opening on the outdoor unit run environmental impact[J]. HVAC, 2009, 39(1): 133-1.
- [9] GB/T7725-2004. 房间空气调节器[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.  
GB/T7725-2004. Room air conditioners[S]. Beijing: China standard press, 2005.
- [10] 蒋悦波. 分体式空调室外机周围热环境研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2013.  
JIANG Yuebo. Study on the thermal environment around the outdoor unit of air conditioner [D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2013.
- [11] 谷德军, 金梧凤, 王剑波, 等. 室外机室格栅对空调运行环境的影响[J]. 绿色科技, 2012,6(6): 271-274.  
GU Dejun, JIN Wufeng, WANG Jianbo, et al. Effect of outdoor machine room grille on the operating environment of air conditioner[J]. Green technology, 2012, 6(6): 271-274.
- [12] 姜晓东, 苏秀平. 格栅孔隙率对某空调室外机性能影响的 CFD 研究[J]. 制冷与空调, 2010,10(3): 25-29.  
JIANG Xiaodong, SU Xiuping. Studies on the effect of CFD grille porosity on the outdoor unit performance[J]. Refrigeration and air conditioning, 2010,10(3): 25-29.
- [13] 中国气象局气象信息中心气象资料室. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.  
China Meteorological Information Center meteorological data room. China building thermal environment analysis of meteorological data[M]. Beijing: Chinese Building Industry Press, 2005.

(本文编辑 吴海西)