

doi:10.11835/j.issn.1008-5831.2016.03.012

欢迎按以下格式引用:高华,何书垚,王博. BT项目合同风险分担研究[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2016(3):89-99.

Citation Format: GAO Hua, HE Shuyao, WANG Bo. Research on allocation of contract risk in BT projects[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2016(3): 89-99.

BT项目合同风险分担研究

高华¹,何书垚¹,王博²

(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:合理的风险分担有利于促进BT项目双方的合作,保证BT项目的顺利实施。首先,探讨了Shapley值是否可应用在BT项目共担风险分担中,结论为合适。其次,遵循风险分担的基本原则,将影响BT项目风险分担的五个因素:风险成因、承担风险能力、参与项目程度及收益、控制风险能力及经济地位与修正的Shapley值进行结合,构建了BT项目风险分担模型,以期在BT发起人和主办人之间进行合理的风险分担。最后,运用构建的风险分担模型分析了某围海造陆BT项目的合同风险,并与合同风险分担结果进行了比较,得出的结论是合同风险分担基本合理,但不可抗力风险可适当让BT主办人承担工程损失风险,通货膨胀引起的材料价格上涨风险,应加大BT主办人承担比例。

关键词:BT项目;合同风险;风险分担;风险分担模型;Shapley值

中图分类号:F272.35 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2016)03-0089-11

风险管理是项目管理的一个关键环节,合理的风险分担能够促进项目的成功^[1]。对于公私合作的BT项目而言,风险分担显得尤为重要,合同初期合理的风险分担有利于减少后期的工程变更和索赔,对BT发起人和主办人都有利,因为“把风险一味地交由承包商承担,使承包商处于不利位置,而承包商则先是勉强地接受合同,然后试图在施工过程中以变更‘调价’索赔等手段获得更高的结算价款”^[2]。目前关于BT、PPP项目风险分担的研究以定性为主,通过问卷调查或访谈,先确定BT项目风险分担的原则或者标准,再将识别的风险在BT项目发起人和主办人之间进行分担^[3],通常分担的结果是(1,0)(BT发起人全部承担)或(0,1)(BT主办人全部承担)或二者共担。关于BT、PPP项目风险分担量化研究的方法主要有模糊评价^[4]、模糊神经网络^[5]、线性规划^[6]、随机合作博弈^[7]、粗糙集—理想点^[8]等模型。这些文献多是基于理论层面研究,缺乏可操作性,在现实应用中不易掌握。BT项目实际运作中,根据风险成因可将大部分风险合理分担,但对于双方共同承担的风险如何分配,鲜有文献探讨。本文将采用Shapley值法进行BT项目共担风险的分析,将定性和定量分析结合进行BT项目风险分析模型的构建,并以某围海造陆项目为例进行了合同风险分析。

一、Shapley值法在BT项目共担风险分配中应用的可行性分析

Shapley值法最初应用在与合作关系的利益分配方面^[9-11],后在成本或损失分担方面也有应用,包括电网调峰费用的分摊^[12]、输电网损的分配^[13]、运输联盟成本的分摊^[14]、物流共同配送成本的分摊^[15]、飞机着陆费用分摊^[16]、降低污染的成本分摊^[17]和固定成本分摊^[18]等,而在风险分配领域的应用,主要包括研发联盟风险分配^[19-20]、保险风险配置^[21-22]、银行衍生品的系统风险和全球银行网络系统风险的测量^[23-24],以及项目中工期索赔的共同责任分摊^[25]等。可见,不论是利益分配还是成本损失分担,抑或是风险分配,Shapley值适用于合作双

修回日期:2016-03-25

基金项目:国家自然科学基金面上项目“基于风险能量的BT债务规模边界及风险控制有效性研究”(71471131);教育部人文社会科学研究项目“基于控制权的BT项目投资控制多案例研究”(12YJA630032)

作者简介:高华(1969-),女,辽宁康平人,天津理工大学管理学院教授,博士,主要从事项目投融资与财务管理研究。

方共担风险、共享利益的情况。BT项目是政府和社会资本协商合作的产物,共担风险在合作体之间进行分配,能否采用Shapley法,主要看其是否遵循Shapley提出的四个公理^①,若满足,则Shapley值法就可以应用。

第一,BT项目风险分担符合效率公理。对于风险分担来说,针对某类特定风险,其发生后产生的损失会被BT项目双方完全分担,没有未被分担部分,效率公理得到满足。

第二,BT项目风险分担符合虚拟公理。BT项目风险分担中的博弈者即为BT项目双方,若某一方对项目没有贡献(未投入资金、人力资源、技术等),那么此方必然不能获得收益,因而不需分担风险,即分担风险的比例为零,虚拟公理得到满足。

第三,BT项目风险分担符合对称公理。对于BT项目的风险分配,影响各方风险分担的因素是风险成因、风险承担能力、项目参与程度及获得的收益、风险控制能力和经济地位等,BT发起人和BT主办人的标识不影响风险分担的结果,对称公理得到满足。

第四,BT项目风险分担符合加总公理。BT项目的总风险等于BT发起人和BT主办人分别承担的风险之和,满足加总定理。

综上所述,BT项目的共担风险分担符合Shapley的四个公理,可以应用Shapley值法。然而Shapley值法认为参与者是同质的,不能体现BT项目双方个体差异。BT项目是政府部门和私人部门之间的公私合作项目,作为主要参与者的BT发起人和主办人的利益不同。首先,二者目标既互补,又冲突。比如BT发起人(政府部门)最主要目标是以较低成本获得项目建设资金,解决资金匮乏的财务约束困境,能在未来成功接受项目,实现项目经济效益,而BT主办人(私人投资者)的主要目标是通过介入公共基础设施建设,获得较高回报。其次,二者风险和责任不同。BT主办人投资建设项目,投入大,风险和责任大,BT发起人仅给予了“特许经营投资权”,就可获得预期的项目,风险小、责任小。最后,二者管理项目的效率不同。BT主办人拥有更多技能、技术和知识,有助于消除政府垄断引起的无效率。可见不考虑参与者个体差异的Shapley法不能直接应用在BT项目共担风险的分担上。修正的Shapley值法考虑了参与者之间在承担风险能力、控制风险能力等方面的差异性因素,通过层次分析法赋予各类差异性因素权重,进行Shapley值修正,使修正后的Shapley值更合理、更完善。因此,修正的Shapley值法更适合。

Shapley值修正方法属于一种合作博弈理论,适用于解决合作博弈类型的风险,即双方共担风险,对项目整体利益而言是有利的。因此,对于风险共担的PPP类的公私合作项目适合采用修正的Shapley法。但在共担风险分析中,Shapley值仅适用于纯粹风险,不适用于投机风险。项目中的不可抗力风险和通货膨胀风险属于纯粹风险,双方共担有利于损失的减少,适合采用Shapley值修正模型。但对于项目中非合作博弈类型的风险,比如利率风险,则不适合应用Shapley值修正模型,因为利率风险是投机性风险,风险发生时,一方获利恰是另一方的损失,属于零和博弈。

二、基于修正的Shapley值法的BT项目风险分担模型构建

构建风险分担模型之前,先要确定BT项目的风险分担原则,然后应用修正的Shapley值法确定BT项目风险分担的影响因素,根据风险分担影响因素对Shapley值进行修正。

(一)BT项目风险分担原则的确定

王辉和何伯森认为“在参与项目过程中,谁能更好地控制该项风险,且能产生最好的整体效益,就将该风险分配给谁”^[26]。张水波和何伯森认为风险分担没有绝对原则,应根据项目具体条件及双方承担风险的态度进行划分^[27]。刘新平和王守清认为PPP项目风险分担应遵循三个原则:最有控制力一方承担风险、承担的风险大小与所得回报相匹配及风险承担要有上限^[28]。柯永建等认为PPP项目的风险应由最有控制力一方承担^[29]。Lam等给出了风险承担者的7个条件:能预料到该风险、能评价该风险产生的后果、能控制该风险发生的机率、能进行风险管理、能承受风险后果、能从承担的风险中获利以及取费应被业主认为合理并能接受^[4]。Loosemore等构建的五条原则是:承担者要对风险有清醒认识、承担者要有控制风险的能力、承担者具备应对风险的能力和资源、承担者要具有风险意识和承担意愿以及承担风险有机会获得经济收益^[30]。高华总结出BT项目风险分担的六条原则:实事求是原则,遵循国际惯例原则,归责原则,责、权、利对等原则,风险上限原则和动态性原则^[31]。

以上文献涉及的风险分担原则,基本都以“责权利”对等为指导思想。结合实际BT项目特点,本文提出了BT项目风险分担的原则:(1)承担能力原则。风险承担者应具备足够的知识和能力,能够管理该类风险,

^①Shapley认为,合作博弈者的分配应遵循效率公理、虚拟公理、对称公理和加总公理,这四个公理是确定合理分配方法的前提条件。

这些知识和能力主要表现在管理水平能力、技术水平能力、财务支撑能力以及突发事件的处理能力等方面;(2)收益匹配原则。风险承担者应能够获得与所承担的风险匹配的相应利益;(3)直接损失承担原则。当某类风险发生以后,直接受害者一方应承担该风险;(4)归责原则。遵循风险由谁引起,谁承担相应责任和后果,若双方均有责任,按责任大小进行风险分摊;(5)风险分担上限原则。风险承担者所分担的风险与其管理能力和技术能力匹配,要有上限,BT 项目中主要指 BT 主办人承担的风险要设定最大限度。

(二)BT 项目风险分担的影响因素分析

张水波和何伯森认为风险承担能力、接受风险的代价以及认知风险大小等三个方面影响项目的风险分担^[27];陈永强指出合同计价方式对风险分担有影响^[32];邓小鹏等指出风险分担应考虑风险偏好程度^[33];Rahman 等指出业主在项目中的主导地位影响风险分担^[34];赵华和尹贻林从项目、开发策略、风险分担机制及风险承担者意愿与能力等四个维度对工程项目风险分担进行了梳理,运用 ISM 模型的分析结果显示风险分担机制及风险承担者的意愿与能力是最关键的因素^[35]。

综合以上学者研究,根据 BT 项目实施过程中的具体情况,得到了影响 BT 项目风险分担的主要因素^[34]。

(1)风险成因。即引起风险的原因,根据风险成因判定风险承担主体。判定应由单方主体承担的,风险由其独立承担;非单方独立承担的,则应由 BT 发起人和主办人共担风险。

(2)参与者承担风险的能力。主要表现为管理水平能力、技术水平能力、财务支撑能力以及突发事件处理能力等方面。

(3)参与项目程度及收益。是指在项目全过程阶段,BT 发起人和主办人各方投入的资本、人力资源、项目管理技术及获取的项目质量和投资回报率等。

(4)参与者控制风险的能力。是指 BT 发起人和主办人各方对风险的认知程度、控制风险的成本以及控制风险所能减少的损失等方面。

(5)参与者的经济地位。即 BT 发起人和主办人在签订合同时各自所处的地位以及谈判中是否具有主导性。现实中经济地位对 BT 合同中风险如何分担产生较大影响,主要表现为 BT 项目的多寡、BT 项目的紧迫性以及 BT 项目的竞争程度。

(三)BT 项目风险分担模型的构建

根据上述确定的风险分担原则,运用 Shapley 值,并结合影响 BT 项目风险分担的五个因素,本文构建了基于 Shapley 值修正的 BT 项目风险分担模型,如图 1 所示。

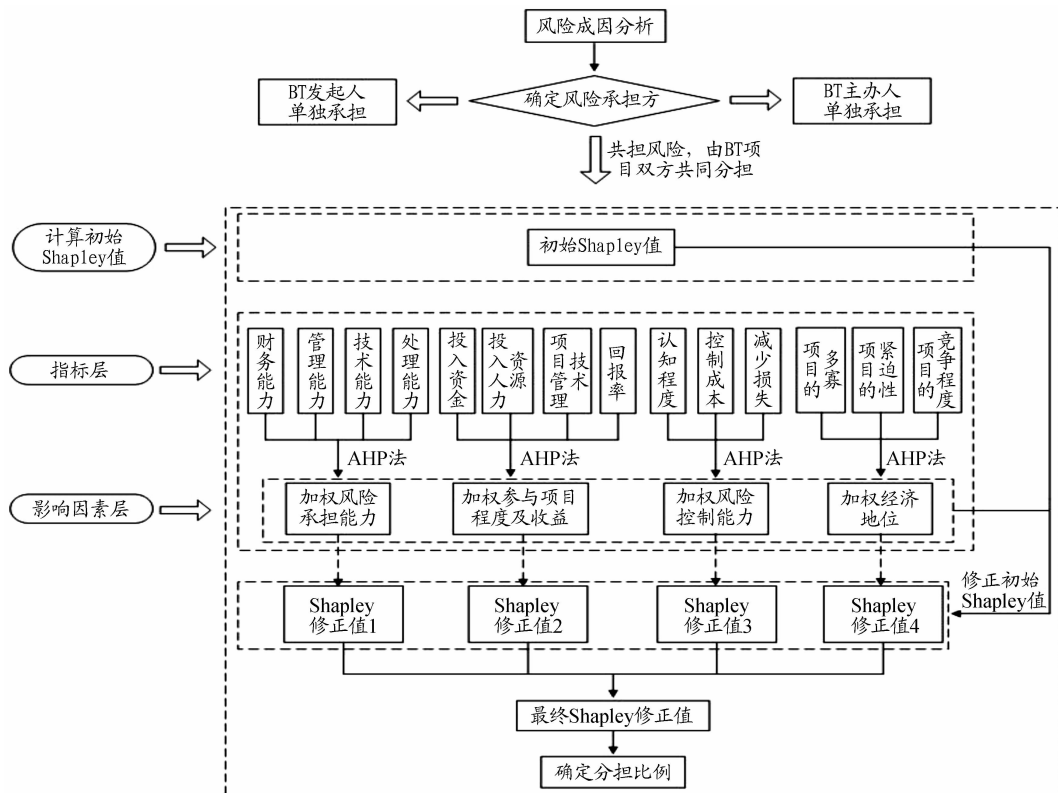


图 1 基于 Shapley 值修正的 BT 项目风险分担模型

该模型由两大部分构成。

第一部分:独立承担风险的分配。通过分析引起风险的原因,识别出 BT 发起人和 BT 主办人自身原因造成的风险,由各方自行承担。

第二部分:共担风险的分配。风险产生的原因不应由 BT 项目某一方单独承担,应由双方共担,通过修正的 Shapley 值计算后,在 BT 发起人和主办人之间进行分担。此部分共分为以下四个步骤。

首先,计算初始的 Shapley 值。

初始 Shapley 值就是在没有考虑 BT 项目参与方之间存在差异条件下,BT 发起人和 BT 主办人的风险分担的初始值。

$$\varphi_i(N, v) = \sum_{\tau \subset N} \frac{(|\tau|-1)!(N-|\tau|)!}{N!} m_i(\tau), i = 1, 2。$$

N :参与者集合,文中表示为 BT 发起人和 BT 主办人。

v :特征函数, $v(\tau)$ 在文中表示 BT 发起人和主办人所组成联盟而减少的风险期望损失, $v(\tau/\{i\})$ 表示联盟 τ 除去参与者 i 以后所能减少的期望损失。

τ :参与者组成的联盟,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 τ 中的人数。

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

其次,通过专家问卷调查得到各个指标的得分,运用层次分析法计算出各影响因素及其所属指标权重。

再次,对于类型不同的共担风险,经过问卷调查,由专家给出 BT 发起人和主办人在各个指标下的分值,再结合各个指标和影响因素的权重,分别计算出 BT 项目双方加权的风险分担影响因素值。

最后,进行 Shapley 值的修正。利用 BT 发起人和主办人各自加权的风险分担影响因素值,修正初始的 Shapley 值,然后对修正的 Shapley 值进行加权计算,得到 BT 项目双方各自最终的 Shapley 修正值,从而确定 BT 发起人和 BT 主办人之间的风险分担比例,具体过程如下。

(1)考虑 BT 项目双方承担风险能力的 Shapley 值修正。

考虑 BT 项目双方承担风险能力 X ,主要包含的指标有财务能力 A_1 、管理能力 A_2 、技术能力 A_3 以及事后的处理能力 A_4 等四个要素。

首先,应用 AHP 法对 $A_k (k = 1, 2, 3, 4)$ 等四个要素进行分析,得到其各自在承担风险能力中所占的权重 $\alpha_k (\sum_{k=1}^4 \alpha_k = 1)$ 。然后,假设 BT 发起人承担风险能力 X_1 ,其中包含的各项指标为 A_{1k} ;BT 主办人承担风险能力 X_2 ,其中包含的各项指标为 A_{2k} ,则可以得到 BT 发起人承担风险的能力 $X_1 = \sum_{k=1}^4 \alpha_k \cdot A_{1k}$,BT 主办人

承担风险的能力 $X_2 = \sum_{k=1}^4 \alpha_k \cdot A_{2k}$,则有 BT 项目总的风险承担能力 $X_{\text{总}} = X_1 + X_2$,进一步得到 BT 项目双方

各自的风险承担能力因子为 $X'_1 = \frac{X_1}{X_{\text{总}}}$, $X'_2 = \frac{X_2}{X_{\text{总}}}$ 。定义差值 $\Delta X_i = X'_i - \frac{1}{n}$,其中的 $\frac{1}{n}$ 为平均承担能力因子,

即不考虑参与各方风险承担能力差别时,每个参与方均分的风险比率。因为该合作参与者只有 BT 发起人和 BT 主办人,故 n 取值为 2。当不考虑 BT 项目双方承担风险能力因素差异时,BT 发起人和 BT 主办人各承担 50% 的风险。当引入承担风险能力因素时,应考虑 BT 项目双方在此方面的差异,在均分风险的基础上进行调整,将 BT 项目双方各自风险承担能力因子 X'_i 与 $1/2$ 作差,即 $\Delta X_i = X'_i - \frac{1}{2}, i = 1, 2, \Delta X_1 + \Delta X_2 = 0$,

从而体现 BT 项目双方在承担风险能力方面的具体差异。该差值的现实含义就是 BT 项目双方在承担风险能力方面的差异,该差值的绝对值越大表示 BT 项目双方承担风险能力的差异越大。最后,在考虑 BT 项目双方承担风险能力的基础上,加入调整因素差值 ΔX_i ,则有修正后的 Shapley 值为 $\varphi_i^1(N, v) = \varphi_i(N, v) + (\sum_{i=1}^2 \varphi_i) \cdot \Delta X_i$ 。

(2)考虑参与项目程度及收益、风险控制能力、经济地位的 Shapley 值修正。

类似于考虑承担风险能力的 Shapley 值修正过程,同理可以得到考虑参与项目程度及收益、风险控制能力、经济地位的修正后 Shapley 值分别为 $\varphi_i^2(N, v) = \varphi_i(N, v) + (\sum_{i=1}^2 \varphi_i) \cdot \Delta Y_i$, $\varphi_i^3(N, v) = \varphi_i(N, v) + (\sum_{i=1}^2 \varphi_i) \cdot \Delta Z_i$, $\varphi_i^4(N, v) = \varphi_i(N, v) + (\sum_{i=1}^2 \varphi_i) \cdot \Delta W_i$ 。其中, ΔY_i 、 ΔZ_i 、 ΔW_i 分别为考虑参与项目程度及收益、风险控制

制能力、经济地位时加入的调整因素差值。

以上所得到的调整因素差值 ΔX_i 、 ΔY_i 、 ΔZ_i 、 ΔW_i , 计算结果可以为正值,也可以为负值。如果计算得到正值,说明应该增加风险分担的部分,则修正后的 Shapley 值会增大;如果计算得到负值,说明应该降低风险分担的部分,则修正后的 Shapley 值会减小。

(3) 最终 Shapley 修正值的计算。

分析双方承担风险能力、参与程度、双方控制风险能力以及经济地位四个因素在 BT 项目风险分担中所占权重,得到权重值分别为 θ_l , $\sum_{l=1}^4 \theta_l = 1$, $l = 1, 2, 3, 4$ 。进而可以得到 BT 项目双方风险分担的最终修正 Shapley 值为 $\varphi_i^*(N, v) = \sum_{k=1}^4 \varphi_i^k(N, v) \cdot \theta_l$, $k = 1, 2, 3, 4$, $l = 1, 2, 3, 4, i = 1, 2$ 。依据最终修正的 Shapley 值,可以确定 BT 发起人和 BT 主办人之间的风险分担比例。

三、某围海造陆一期 BT 项目的风险分担分析

(一) 案例背景介绍

已知某围海造陆一期 BT 项目,工程的主要内容包括围堤工程、吹填工程及软基处理工程,预算的投资额大约 18.96 亿元。项目发起人为天津泰达海洋开发有限公司(以下简称“甲公司”),项目的主办人为中国交通建设股份有限公司(以下简称“乙公司”)。该项目中的勘察工作、设计工作、监理工作由甲公司自行委托,投融资、施工工作由乙公司(或乙公司成立的 BT 项目公司)负责。该项目投资回报率是在银行同期贷款利率基础之上上浮 3 个百分点来确定,并采用浮动利率模式。合同模式采用可调总价合同,当发生以下情况,可以调整合同价格:(1)甲公司批准的设计变更;(2)可归责于甲公司的原因导致费用增加;(3)燃料、材料价格变动大于约定幅度;(4)经双方协商的可调整费用。

(二) 合同风险分析

BT 项目的风险按是否由参与方活动产生分为内生风险和外来风险。外来风险是参与方活动以外因素产生的,主要包括政治风险、法律风险、社会风险、经济风险、自然风险和第三方责任风险;内生风险由参与方活动产生,包括项目选择风险、融资风险、设计风险、施工风险和回购风险^[36]。通过对该围海造陆一期 BT 项目的合同进行分析,BT 发起人和主办人在合同中涉及的外生风险和内生风险以及合同风险分配结果如表 1 所示。

表 1 某围海造陆一期 BT 项目合同风险及其分配结果

风险类别	编号	风险因素	合同分配结果
外生风险	R1	项目获准风险	甲公司承担
	R2	政策的稳定性	
	R3	法律变更	
	R4	税收制度的变化	
	R5	通货膨胀率风险(主要是材料价格变动)	双方共担:主要材料价格变动在 5% 范围内,乙公司承担;超过 5%、甲公司承担。
	R6	利率波动	双方共担:采取浮动利率调整投资回报率
	R7	不可抗力	双方共担:根据国家相关法律协商
	R8	地质条件	甲公司承担
	R9	分包商或供应商违约	乙公司承担
内生风险	R10	土地的获得	甲公司承担
	R11	项目的可行性	
	R12	设计变更	
	R13	设计缺陷	
	R14	BT 主办人投资能力	乙公司承担
	R15	融资的可行性	
	R16	贷款无法获得	
	R17	BT 主办人工程管理能力	
	R18	建造成本超支	主要材料引起成本超支,双方共担;设计变更或缺陷引起的成本超支甲公司承担
	R19	建造工期延误	合理延误,甲公司承担;否则,乙公司承担
	R20	工程质量低下	乙公司承担
	R21	安全事故风险	
	R22	工程不能移交	验收不合格,乙公司承担;验收合格 60 天内提交申请,甲公司承担
	R23	付款风险	甲公司承担
	R24	组织和合作风险	谁应提供协助而未提供,谁就承担

注:(1)甲公司:BT 项目发起人;乙公司:BT 项目主办人。(2)设计变更和设计缺陷属于设计风险,如果由于甲公司提出需求不合理或主动变更引起,其风险属于内生风险,但由于设计单位等非甲公司原因造成的,属于第三方责任风险,就应属于外来风险,本例中为了简化,将其归入内生风险。

(三) 基于模型的合同风险分配

应用本文所构建的 BT 项目风险分担模型对本例中的合同风险进行分配,其过程包括两个部分,一是通过风险成因及归责原则可以直接分配给独立的合同当事人,或者 BT 发起人,或者 BT 主办人;二是对于双方共同承担的风险进行分配:纯粹风险通过修正的 Shapley 值进行分配,投机风险通过概率进行分析。

1. 通过风险成因及归责原则进行的风险分析

(1) 外生风险分析。

外生风险是 BT 项目双方都不可控的,根据国际惯例和中国《标准施工招标文件》(2007 年版)、《建设工程施工合同(示范文本)》(GF-2013-0201)规定,政策风险、法律风险、社会风险、不利物质条件都应由发包人承担,通货膨胀风险、不可抗力风险、利率风险由发包人和承包人共同承担。BT 发起人相当于一般项目中的发包人(因项目最终的所有权属于发起人),BT 主办人相当于一般施工合同中的承包人。因此,项目获准风险、政策稳定性风险、法律变更风险、税收制度变化风险应由该项目的最终所有人,即 BT 发起人甲公司承担。地质风险可能由两种情况产生:一种属于不利物质条件,此种情况应由 BT 发起人甲公司承担,另一种是由于勘察单位勘察失误等原因造成,属于第三方责任风险,应由甲公司承担,因为勘察设计工作是由甲公司负责委托相关单位进行的,故产生的风险应由其承担。因此,不论何种情况,地质风险都应由甲公司承担。分包商和供应商是与乙公司(或乙公司成立的 BT 项目公司)签订合同,因此,他们的违约风险应由乙公司承担。

(2) 内生风险分析。

土地的获得风险和项目可行性风险。项目的选择是由甲公司进行的,其土地是否能够获得及项目是否可行应由项目的选择方,即甲公司承担。

设计变更和设计缺陷风险。二者都属于设计风险,引起风险的原因包括两个方面:一是由甲公司提出需求不合理或主动变更产生,此时发生的风险由甲公司承担;二是由设计单位等非甲公司原因造成的,属于第三方责任风险,应由甲公司承担,因为设计工作是由甲公司负责委托相关单位进行,故其产生的风险应由甲公司承担。

BT 主办人投资能力、融资的可行性和贷款无法获得风险。这些风险属于投融资风险,本项目的融资工作由 BT 主办人乙公司负责,故应由乙公司承担此风险。

BT 主办人的工程管理能力。因 BT 主办人负责项目投融资和建设施工,因此,其项目管理能力低下造成的各种损失,应由 BT 主办人乙公司承担。

建造成本超支风险。应从成本超支的原因确定承担者。若是主要材料引起成本超支,属于双方都不可控制的外部成因,比如材料价格上涨原因造成的成本超支,由双方共担,见后面通货膨胀风险的分析;若是由于设计变更或设计缺陷引起的成本超支,应由甲公司承担,因设计变更或设计缺陷已归因于 BT 发起人;若是 BT 主办人自身管理或其他原因造成,应由乙公司承担。

建造工期延误风险。首先判断造成此风险的原因,如果是合理延误则由 BT 发起人即甲公司承担,如果是乙公司原因造成工期延误,则由乙公司承担。

工程质量低下和安全事故风险。二者属于施工风险,在项目施工阶段发生,根据合同,BT 主办人负责项目的建设施工工作,因此,这些风险应由 BT 主办人乙公司承担。

工程不能移交。此风险应根据不能移交的原因确定。如果是 BT 主办人原因造成,比如项目验收不合格、项目无法正常使用等应由乙公司承担。如果项目验收合格,由 BT 发起人原因造成工程无法移交,应由甲公司承担风险。

付款风险。BT 项目建设完成后,应由 BT 发起人向 BT 主办人分期支付价款进行回购,这是 BT 发起人的责任,不能按时付款,应由发起人承担,故此风险应由甲公司承担。

组织和合作风险。应首先判断其产生原因,再确定责任。如果是甲公司应提供协助而未提供,甲公司承担此风险;如果是乙公司应提供协助而未提供,乙公司承担风险。总之,哪一方应该提供协助而未提供,就应承担相应风险。

2. 共担风险的分析

本例中的共担风险包括通货膨胀风险、不可抗力风险和利率风险。对于前两个风险运用 Shapley 值法

进行分析。

(1)运用修正的 Shapley 值法进行通货膨胀风险和不可抗力风险的分担分析。

第一,风险分担影响因素权重和下属指标权重的确定。

本文向 BT 融资模式的研究人员及 BT 项目的从业人员发放了关于 BT 项目风险分担指标权重确定的调查问卷。共计发放问卷 48 份,回收有效问卷 39 份,包括教授 6 名,副教授 9 名,政府工作人员 4 名,企业中层管理人员 5 名,合同部和技术部人员 15 名。

根据这些专家和项目从业人员填列的数据,运用层次分析法(AHP法)计算出 BT 项目风险分担各影响因素以及下属指标的权重,计算的结果全部符合一致性检验要求,对于 BT 双方在通货膨胀风险和不可抗力风险的得分由天津泰达海洋公司参与项目人员和参与合同谈判人员给出,具体如表 2 所示。

表 2 风险分担的影响因素权重、各指标权重值及 BT 双方得分值

风险分配 影响因素	权重	各因素下指标	权重	通货膨胀风险		不可抗力风险	
				甲公司	乙公司	甲公司	乙公司
风险承担 能力 (θ_1)	0.23	财务能力(α_1)	0.30	35.0	65.0	45.0	55.0
		管理能力(α_2)	0.22	42.5	57.5	50.0	50.0
		技术能力(α_3)	0.25	40.0	60.0	36.5	63.5
		处理突破事件能力(α_4)	0.23	55.0	45.0	50.0	50.0
参与程度 及收益 (θ_2)	0.26	投入资金(β_1)	0.25	45.0	55.0	42.5	57.5
		投入人力资源(β_2)	0.28	42.5	57.5	42.0	57.5
		投入项目管理技术(β_3)	0.22	39.5	60.5	40.5	59.5
		投资回报率(β_4)	0.25	45.0	55.0	50.0	50.0
风险 控制能力 (θ_3)	0.24	认知程度(γ_1)	0.30	42.0	58.0	55.0	45.0
		控制成本(γ_2)	0.38	50.5	49.5	57.5	42.5
		减少损失(γ_3)	0.32	39.5	60.5	50.5	49.5
参与人 经济地位 (θ_4)	0.27	项目的多寡(ω_1)	0.33	50.0	50.0	50.0	50.0
		项目的紧迫性(ω_2)	0.35	40.5	59.5	42.0	58.0
		项目竞争程度(ω_3)	0.32	48.0	52.0	53.0	47.0

第二,通货膨胀引起主材价格上涨的风险分担。

该围海造陆 BT 项目的通货膨胀风险主要来自于柴油和挡水板的价格波动。由于挡水板需求量巨大,合同签订时泰达海洋公司要求中交公司事先预定,使风险得到了控制,因此,挡水板的价格波动风险不再考虑,仅讨论柴油价格波动的风险分担。合同签订时点,根据相关专家预测,柴油价格的波动情况和损失控制情况见表 3。

表 3 柴油价格波动情况概率及控制损失预测(单位:万元)

价格变动 比例	发生 概率	损失 额度	乙公司控制 损失减少额	甲公司控制 损失减少额	共同控制 损失减少额
0	5%	—	—	—	—
+5%	20%	800	400	—	400
+8%	40%	1 280	400	300	800
+12%	30%	1 920	400	600	1 200
15%	5%	2 400	400	700	1 500

注:根据惯例,材料价格上涨 5% 以内(含 5%)的损失由承包商自行承担,因此,此价格内波动发起人不会控制。

经计算得出:因柴油涨价引起的期望损失 $E = 1368$ 万元,该风险由 BT 发起人控制所能减少的期望损失 $E_1 = 335$ 万元,由 BT 主办人控制所能减少的期望损失 $E_2 = 380$ 万元,由双方共同控制所能减少的期望损失 $E_{\text{总}} = 835$ 万元。

首先计算项目双方分担该风险的比例,具体如下。

①项目双方初始 Shapley 值的计算。

不同主体控制风险,所能减少的损失即为自身获得的“收益”。甲公司和主办人的初始 Shapley 值计算

如下。

$$\text{甲公司: } \varphi_1 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!} \times (335-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!} \times (835-380) = 395 \text{ 万元,}$$

$$\text{乙公司: } \varphi_2 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!} \times (380-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!} \times (835-335) = 440 \text{ 万元。}$$

②根据风险分担影响因素进行的修正。

首先,根据影响因素“风险承担能力”所进行的修正。

甲公司的风险承担能力 $X_1 = 42.50$; 乙公司的风险承担能力 $X_2 = 57.50$; 双方总的风险承担能力 $X_{\text{总}} = X_1 + X_2 = 100$ 。

由此得到甲公司的风险承担能力因子 $X'_1 = 0.425$, 故 $\Delta X_1 = X'_1 - \frac{1}{2} = -0.075$, 则修正初始 Shapley 值可得到, $\varphi_1^1(N, v) = 332.38$ 万元, 同理可得 $\varphi_2^1 = 502.62$ 万元。

同理,根据影响因素“参与项目程度及收益”的 Shapley 值修正为: $\varphi_1^2 = 337.30$ 万元, $\varphi_2^2 = 497.70$ 万元; 根据影响因素“风险控制能力”的 Shapley 值修正为: $\varphi_1^3 = 348.49$ 万元, $\varphi_2^3 = 486.51$ 万元; 根据影响因素“经济地位”的 Shapley 值修正为: $\varphi_1^4 = 361.93$ 万元, $\varphi_2^4 = 473.07$ 万元。

③修正的 Shapley 值的最终计算。

根据问卷调查得到的甲公司和乙公司在影响风险分担四个因素所占的权重 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 和 θ_4 , 以及根据上述风险分担影响因素计算得出的 Shapley 值, 可计算修正的 Shapley 最终值。

$$\varphi_1^* = \sum_{k=1}^4 \varphi_1^k \cdot \theta_k = 345.50 \text{ 万元, } \varphi_2^* = \sum_{k=1}^4 \varphi_2^k \cdot \theta_k = 489.50 \text{ 万元。}$$

因此,经计算得出甲公司和乙公司之间较合理的风险分担比例大约为 41.37% : 58.63%。根据此比例可以判断,乙公司承担风险略大些,对甲公司有利。但该项目合同中约定的关于通货膨胀风险分担方案对甲公司是不利的,因根据专家预测,柴油价格上涨幅度大于 5% 的概率为 75%, 意味着甲公司承担的柴油价格上涨风险概率达 75%, 不利于项目成本控制。该项目的实际结果是乙公司在柴油价格上涨方面向甲公司索赔 1 000 多万元。

第三,不可抗力的风险分担。

依据惯例,不可抗力风险发生后造成的工程损失及工程修复费用由发包人承担,发包人和承包人的损失由其自身承担。本项目双方在合同中作了同样规定:工程及工程修复损失、BT 发起人自身损失由甲公司承担,BT 主办人及项目公司、施工企业损失由乙公司承担。

根据项目专家分析,当某种不可抗力的风险发生后,甲公司控制工程损失和自身损失,可以减少的损失金额约为 600 万元;乙公司控制自身损失,可以减少的损失金额约为 300 万元;当 BT 项目双方甲公司和乙公司共同控制分担该不可抗力风险时,可以减少的损失金额约 1 100 万元。

通过修正的 Shapley 值计算,可得到甲公司和乙公司各自最终的 Shapley 修正值,即甲乙双方共同控制和承担不可抗力风险时,损失减少的分担值:为 $\varphi_1^* = 676.36$ 万元, $\varphi_2^* = 423.64$ 万元。

从计算结果可以得出风险分担的合理方案为:甲公司和乙公司应共同分担不可抗力风险,乙公司除了承担自身损失,还应当承担一部分工程损失。

乙公司控制风险不仅可以减少自身的 300 万元损失,还可以减少工程损失 123.64 万元($423.64 - 300 = 123.64$ 万元),而甲公司则应给予乙公司一定的激励补偿。假设该补偿为 150 万元,当采用该方案时,乙公司因为多控制风险而减少了 123.64 万元的损失,得到 150 万元的补偿,即净收益为 26.36 万元;甲公司给予乙公司 150 万元的补偿,可以使乙公司共担风险,从而减少工程损失 200 万元($1100 - 600 - 300 = 200$ 万元),其收益还是大于成本,对于 BT 项目双方而言是双赢的,该风险分担方案更合理。

(2) 利率波动的风险分担。

利率波动主要影响 BT 项目融资成本和投资回报率的计算,进而影响 BT 项目回购基价和回购总价。该风险对于甲公司和乙公司来说是一种零和博弈,己方的收益即为对方的损失,因此,不适合使用 Shapley 值法进行分析。但利率波动的概率我们可以合理预测,通过概率分析进行风险分析。该项目在签订合同时,金融专家预测项目实施期内利率上涨 1% 的概率为 8%, 下降 1% 的概率为 92%, 具体分析如下。

①固定利率模式。当采用固定利率上浮3个百分点计算投资回报率时,利率上涨1%时,BT发起人甲公司收益为790万元,BT主办人乙公司损失为790万元;利率下降1%时,情况恰好相反。这说明在固定利率模式下,利率下降概率较大时,甲公司承担的风险较大。

②浮动利率模式。当采用浮动利率上浮3个百分点计算投资回报率时,利率上涨1%时,BT发起人甲公司损失790万元,BT主办人乙公司收益为790万元;利率下降1%时,情况恰好相反。这说明在浮动利率模式下,利率下降概率较大时,乙公司承担的风险较大。

本BT项目双方在合同中约定了采用浮动利率模式计算投资回报率。在项目实施期间,根据金融专家预测,利率下降的概率为92%,可见,乙公司承担的利率风险较大,对甲公司有利。

综上所述,将本模型的风险分担结果与实际合同风险分担结果对比如表4所示。

表4 某围海造陆BT项目的风险分担结果及比较

风险因素	本模型风险分担结果	合同分担结果	风险因素	本模型风险分担结果	合同分担结果
R1	甲公司承担	同前	R13	甲公司承担	同前
R2			R14	乙公司承担	同前
R3			R15		
R4			R16		
R5	甲公司分担比例41.37%,乙公司58.63%,根据价格变动概率预测,甲公司承担风险大	乙公司承担材料价格波动5%以内风险,其他归甲公司	R17	乙公司承担	同前
R6	固定利率下甲公司承担的利率风险,但浮动利率是乙公司承担风险	采取浮动利率,根据预测,乙公司承担的利率风险大	R18	价格上涨引起,同R5项方法分担;设计原因引起的由甲公司承担;乙公司自身原因引起的,由乙公司承担	材料引起成本超支,双方共担;设计变更或缺陷引起的成本超支甲公司承担
R7	乙公司不仅承担自身损失,还应承担工程损失,甲公司给予适当补偿	乙公司仅承担自身损失,工程损失由甲公司承担	R19	合理延误:甲公司承担 其他原因:乙公司承担	同前
R8	甲公司承担	同前	R20	乙公司承担	同前
R9	乙公司承担	同前	R21	乙公司承担	同前
R10	甲公司承担	同前	R22	BT主办人原因:乙公司 BT发起人原因:甲公司	验收不合格:乙公司; 验收合格60天内提交申请:甲公司
R11			R23	甲公司承担	同前
R12			R24	谁应提供协助未提供,风险就由谁承担	同前

注: R_i ($i=1,2,\dots,24$)代表风险因素见表1。

四、结论

通过基于修正的Shapley值风险分担模型对该围海造陆BT项目的合同风险进行分析,并与签订的合同中风险分担结果比较,得到以下结论。

(1)通过风险成因和归责分析,能确定责任人的风险(各方独立承担的风险),本模型的风险分担结果与合同中的风险分担结果基本一致,比如外生的法律、政策风险以及内生的土地取得风险、项目质量风险等。但对于BT发起人和BT主办人共担的风险,其分担结果及分担比例有差异。

(2)对于柴油涨价风险,BT发起人(甲公司)承担大约41.37%的比例,BT主办人(乙公司)承担58.63%的比例,BT主办人承担的比重较发起人大些。但合同依据惯例设定的分担方案,使BT发起人承担了较多风险(因为柴油价格上涨超过5%的概率为75%)。

(3)不可抗力风险,合理的分担方案是:BT主办人除了承担自身损失外,还应承担一定的工程损失,并由BT发起人给予相应物质激励,从而使BT项目的损失降到最小,而不应按照惯例,BT主办人只承担自身风险,BT发起人承担工程相关的全部风险。

(3)利率波动属于非合作博弈类型风险,可通过概率预测进行分析。当利率下降的概率较大时,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,情况相反。因此,BT 发起人要合理预测利率波动方向,采取对己有利策略。本项目中,根据利率波动的预测,项目实施期间利率下降的概率大,采取浮动利率模式对 BT 发起人甲公司有利,与合同中风险分担结果一致。

参考文献:

- [1] WANG M T, CHOU H Y. Risk allocation and risk handling of highway projects in Taiwan[J]. *Journal of management in Engineering*, 2003, 19(2): 60 - 68.
- [2] 杜亚灵,尹贻林. 不完全契约视角下的工程项目风险分担框架研究[J]. *重庆大学学报(社会科学版)*, 2012, 18(1): 65 - 70.
- [3] LI B, AKINTOYE A, EDWARDS P J, et al. The allocation of risk in PPP/PFI construction project in the UK[J]. *International Journal of Project Management*, 2005, 23: 25 - 35.
- [4] LAM K C, WANG D, PATRICIA T K, et al. Modeling risk allocation decision in construction contracts[J]. *International Journal of Project Management*, 2007, 25: 485 - 493.
- [5] JIN X H. Model for efficient risk allocation in privately financed public infrastructure projects using neuro-fuzzy techniques[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2011, 137(11): 1003 - 1014.
- [6] 姜早龙,王东雁,刘晓君. BT 工程项目风险分析与效益共享研究[J]. *湖南大学学报(自然科学版)*, 2012, 39(7): 89 - 92.
- [7] 何涛,赵国杰. 基于随机合作博弈模型的 PPP 项目风险分担[J]. *系统工程*, 2011, 29(4): 88 - 92.
- [8] 巴希,乌云娜,胡新亮,等. 基于粗糙集理论的 555 项目风险分担研究[J]. *技术经济与管理研究*, 2013(5): 10 - 14.
- [9] 胡丽,张卫国,叶晓甦. 基于 SHAPLEY 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.
- [10] 魏学成,李文涛. 基于改进 Shapley 值法的供应链联盟利益分配研究[J]. *统计与决策*, 2010, 23: 53 - 55.
- [11] HSUEH S L, YAN M R. Contribution-based profit-sharing scheme for joint ventures[J]. *Technological & Economic Development of Economy*, 2011, 17(3): 445 - 458.
- [12] 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(自然科学版)*, 2009, 43(3): 584 - 588.
- [13] 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(2): 18 - 21.
- [14] 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(3): 500 - 504.
- [15] 孔维莎,张强. 基于 Hukuhara-Shapley 值的共同配送成本分摊策略[J]. *物流技术*, 2007(10): 49 - 52.
- [16] DUBEY P. The Shapley value as aircraft landing fees-revisited[J]. *Management Science*, 1982, 28(8): 869 - 874.
- [17] PETROSJAN L, ZACCOUR G. Time-consistent Shapley value allocation of pollution cost reduction[J]. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2003, 27(3): 381 - 398.
- [18] DEHEZ P. Allocation of fixed costs: Characterization of the (dual) weighted Shapley value[J]. *International Game Theory Review*, 2011, 13(2): 141 - 157.
- [19] 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(3): 189 - 196.
- [20] MCGINTY M. A risk-dominant allocation: Maximizing coalition stability[J]. *Journal of Public Economic Theory*, 2011, 13(2): 311 - 325.
- [21] POWERS M R. Using Aumann - Shapley value to allocate insurance risk: The case of inhomogeneous losses[J]. *North American Actuarial Journal*, 2007(3): 113 - 127.
- [22] TSANAKAS A. To split or not to split: Capital allocation with convex risk measures[J]. *Insurance: Mathematics & Economics*, 2009, 44(2): 268 - 277.
- [23] MAYORDOMO S, RODRIGUEZ - MORENO M, PEÑA J I. Derivatives holdings and systemic risk in the U. S. banking sector[J]. *Journal of Banking & Finance*, 2014, 45: 84 - 104.
- [24] NIGRO G L, ABBATE L. Risk assessment and profit sharing in business networks[J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 131(1): 234 - 241.
- [25] 崔东红,姚莉,杨榕. 基于 Shapley 值的多交叉事件延误索赔责任研究[J]. *沈阳工业大学学报(社会科学版)*, 2011(3): 234 - 238.
- [26] 王辉,何伯森. BOT 模式项目融资的风险研究[J]. *中国软科学*, 1999(5): 113 - 121.

- [27] 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.
- [28] 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,2006,280(2):59-63.
- [29] 柯永建,王守清,陈炳泉. 英法海峡隧道的失败对 PPP 项目风险分担的启示[J]. 土木工程学报,2008,41(12):97-102.
- [30] LOOSEMORE M, RAFTERY J, REILLY C, et al. Risk management in projects[M]. London: Taylor & Francis, 2005.
- [31] 高华. 我国 BT 模式投资建设合同研究[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [32] 陈勇强. 基于现代信息技术的超大型工程建设项目集成管理研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.
- [33] 邓小鹏,李启明,汪文雄,等. PPP 模式风险分担原则综述及运用[J]. 建筑经济,2008(9):32-35.
- [34] RAHMAN M M, KUMARSWAMY M M. Risk management trends in the construction industry: Moving towards joint risk management [J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2002, 9(2): 131-151.
- [35] 赵华,尹贻林. 基于 ISM 工程项目合理风险分担影响因素分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2011,13(6):15-19.
- [36] 高华,齐浩,朱俊文. 轨道交通 BT 项目风险分担研究[J]. 土木工程学报,2015,48(3):128-136.

Research on allocation of contract risk in BT projects

GAO Hua¹, HE Shuyao¹, WANG Bo²

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

2. Tianjin TEDA Ocean Development Co. Ltd., Tianjin 300456, P. R. China)

Abstract: Proper risk allocation can promote the cooperation of BT sponsor and BT organizer, and guarantee the implementation of BT projects. Firstly, Shapley value being able to allocate risk of BT projects is discussed, and the conclusion is fitting. Secondly, according to the basic principles of risk allocation, a model for risk allocation in BT projects is set up using the revised Shapley value, combined the Shapley value with the five influence factors of risk allocation, i. e. risk causes, the ability to assume risk, participation and benefits of the project, the ability to control risk and economic status, and proper risk allocation between BT sponsor and BT organizer is expected. Finally, risk allocation of a Land Reclamation BT Project is analyzed by the model, and is compared with the contract risk analysis. The conclusion is that the contract risk allocation is basically proper, but a part of engineering risk of the force majeure risk should allocated to the BT organizer, and the risk of material price flowing causing by inflation should be increase the allocation proportion of the BT organizer.

Key words: BT projects; contract risk; risk allocation; risk allocation model; Shapley value

(责任编辑 傅旭东)