

DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2016.0508

大型工程项目融资风险动态分担

赵辉, 王雪青

(天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

摘要: 目前大型工程项目融资风险分担不尽合理,针对这一问题,立足参与方个体,构建了大型工程项目融资风险分担体系,重点考虑融资风险分担的“动态性”和“准确性”两个方面。一是以合同为纽带把融资过程划分为缔约和履约两个阶段,并在此基础上采用德尔菲法构建了缔约阶段和履约阶段各自的融资风险种类;二是通过灰色关联度和双基准法相结合构建融资风险初次分担方法,以获得单方承担的融资风险和需要共担的融资风险;三是基于 Shapley 值法构建模型,确定共担方之间的承担比例。以青岛胶州湾海底隧道为例进行的实证研究表明,该融资风险分担体系是科学合理的。

关键词: 参与方; 大型工程项目; 融资风险; 动态分担

中图分类号: F282

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2016)05-0059-08

随着工程项目领域内的施工技术、管理理念和管理方式的日益成熟,应经济社会发展的需求,中国大型工程项目日益增多。为解决资金短缺问题,目前中国现行的大型工程项目基本上都采用了项目融资。大型工程项目融资因具有资金量巨大、投资回收期长以及无追索权或有限追索权的特点,使得大型工程项目融资风险更特殊和复杂。大型工程项目融资实践证明^[1-5]:融资风险的合理分担是大型工程项目成功的关键和前提。然而目前关于工程项目融资风险分担的研究相对较少,理论上还不是很成熟。学者们多是将融资参与方置于二元划分(公营部门和私营部门)下,研究融资风险分担的方法,如:博弈论(王雪青,2007^[6]; Mansoor 和 Dailami,2009^[7]; Dennis Plamini,2011^[8]),蒙特卡罗模拟法(程连于,2009^[9])以及密切值法(王舒,2012^[10])等。个别学者对参与者进行了细分,但融资风险分担大多还停留在一些传统方法,如:专家评分法(王守清和柯永建,2008^[11]),其他领域的成熟方法在工程项目融资风险分担中应用的较少。此外,现有的研究基本上是把融资所遇到的各种风险看作一个整体,未考虑建设阶段变化所带来风险的差异性,致使融资风险分担的合理性不足。因此,为保障大型工程项目融资的成功,如何把融资遇到的风险在各参与方个体之间进行合理的分担,是一个非常值得探讨的问题。本文的融资风险分担角度为参与方个体视角,该研究拟在重点考虑“动态性”(即参与方个体能及时获得

当前阶段的融资风险)和“准确性”(即参与方个体当前承担的融资风险确实是自己应该承担的风险)两方面后,实现各参与方之间的融资风险合理分担。

一、大型工程项目融资风险的种类

大型工程项目融资风险的合理界定,是其科学分担的前提和关键环节。通过前面分析可知,现有的工程项目融资风险研究,大都默认或设定了一个前提:忽略融资的阶段性和把融资遇到的风险作为一个整体进行研究。这种研究前提虽然在一定程度上为融资风险分担研究带来了简便,但也大幅降低了融资风险分担的科学性。时间长是大型工程项目融资的一个显著特点,要使得各参与方及时地掌握各自的风险,就必须对融资整个阶段进行合理的划分。另外,因研究目的不同,融资风险种类划分各异,如:有按风险性质划分的,有按项目环境划分的,也有按风险来源划分的。此处,与“动态性”相对应,以合同为纽带对大型工程项目融资风险种类进行了划分。

(一)以合同为纽带的融资风险阶段划分

所谓合同,就是市场交易双方或多方之间设立的民事关系的协议,明确了各自的权、责和利^[12]。而责即表明必须承担相应的风险。由此表明,融资风险分担是融资合同的重要组成部分。现有的研究都是把融资风险分担作为融资风险管理的一部分,将

收稿日期: 2015-12-29

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71471094);山东省自然科学基金资助项目(ZR2011GL021)

作者简介: 赵辉(1978—),男,博士后,E-mail:zhaohui43@126.com;王雪青(1965—),女,教授,博士生导师,E-mail:zj45@126.com

其看作融资风险应对的一种策略,把其视为静态的一次性分担过程,从而忽视了融资风险分担固有的属性——制度属性,致使各参与方无法及时应对履约过程中出现的新变化,最终导致融资风险分担的准确性低下。事实上,融资风险分担作为合同的重要组成部分,必定具有与合同相同的动态性和多次性^[13]。鉴于从时间维度可以将合同分为初始合同和再谈判,相应地,融资风险分担亦可以分为缔约阶段的融资风险分担以及履约阶段的融资风险分担两个阶段,二者通过合同实现其联动关系。与之相对应,大型工程项目融资风险种类可划分为缔约阶段的融资风险和履约阶段的融资风险。以合同为纽带对大型工程项目融资风险种类进行的划分,克服了现有研究的不足(把融资所遇到的各种风险看作一个整体),充分考虑了建设阶段变化所带来融资风险的差异性,体现出了“动态性”。

(二) 融资风险种类确定

目前,融资风险因素主要通过 Brain Storm 法、Delphi 法、情景分析法、核查表法、流程图法、SWOT 技术以及 WBS 法等实现。考虑到目前大型工程项目采用融资在国内应用已经较多,集合相关领域专家、学者和从业者并不困难,因此,本文对大型工程项目的融资风险种类的确定采用了 Delphi 法。为此请从事大型工程项目融资研究的大学教授、政府官员、银行经理以及大型工程建设专家等 10 人组成专家组。依据全面性、可比性、系统性和科学性的要求,运用层次分析法将大型工程项目融资风险按缔约阶段和履约阶段的表现

形式划分为 2 个大类、6 个基本类型和 33 个小类。大型工程项目融资风险确定过程和结果如图 1 和图 2 所示。

二、大型工程项目融资风险初次分担

无论是缔约阶段的融资风险还是履约阶段的融资风险,为保证各参与方准确地获得各自的融资风险,就必须考虑某融资风险被一方承担或双方(或多方)共担的情况。为此,也须分两步进行研究。第一步,是融资风险的初次分担,解决好能一方承担的风险,界定出需要共担的风险;第二步,是双方或多方共担融资风险的比例确定。

(一) 融资风险初次分担方法遴选

从各文献归纳的融资风险分担原则可知^[14-15]:项目融资风险分担并不是简单的平均分配,而应将融资风险分给最适合承担方。基于这一原则,个别学者采用灰色关联度进行了融资风险分担研究^[16-17]。灰色关联度是反映各评价对象与理想解的接近次序,以曲线形状相似性作为衡量尺寸。两曲线形状越相似,两序列之间的关联度就会越大。然而,现有研究大都没有考虑评价对象与负理想解的关联情况,导致评价结果的片面性。双基准法通过设定理想解和负理想解,以接近理想解和远离负理想解两个基

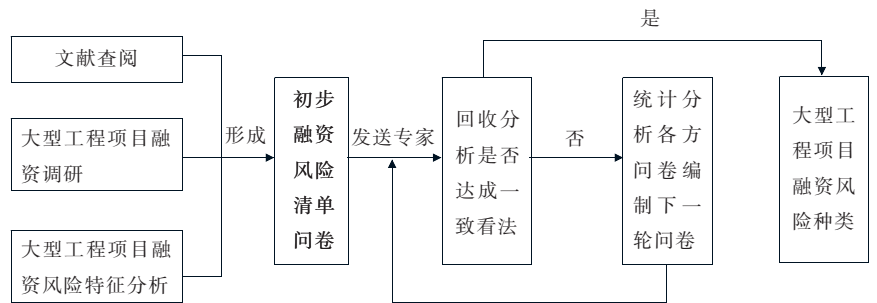


图 1 大型工程项目融资风险确定过程

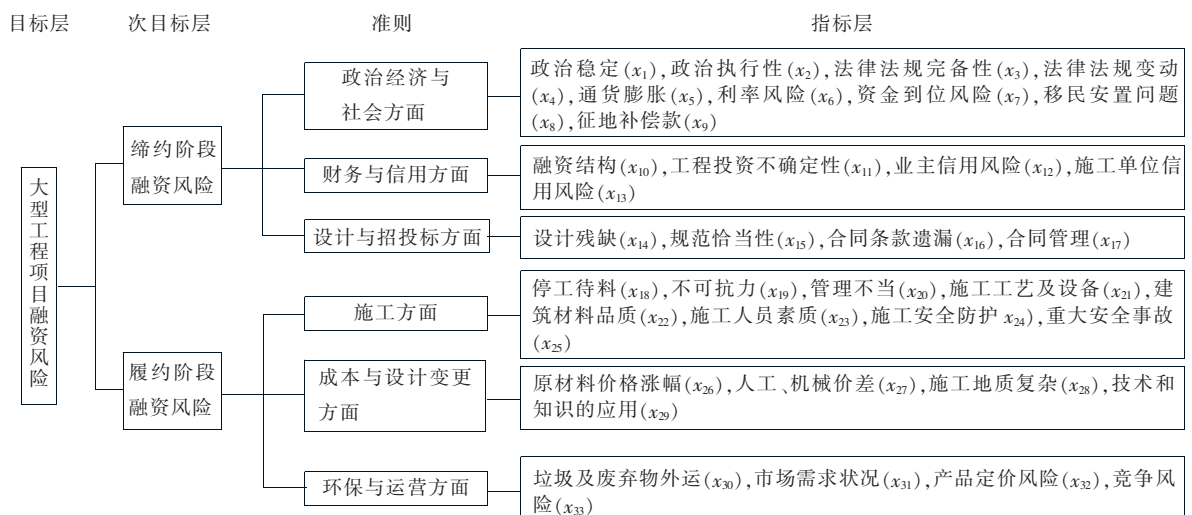


图 2 大型工程项目融资风险种类

准作为评判各对象的依据,是一种逼近理想解的排序方法。然而,以接近程度作为衡量标准只能呈现曲线之间的位置关系,而不能反映出数据序列未来的发展态势。在指标值相差较大的情况下,只要评价对象和理想解之间的距离相近,仍会得到优劣相近的结果^[18]。鉴于灰色关联度和双基准法分别从形状相似性和位置上反应了评价对象与理想解的接近程度,并同时体现了双基准的特性。本文将二者有机结合起来,取长补短,应用到大型工程项目融资风险初次分担中。

(二)融资风险初次分担方法构造

灰色关联度的大小通过曲线拟合的相似程度来判断,对于多指标评价问题,某一评价对象与系统设定的理想解的关联度越大,就可以认为该评价对象越接近理想解;反之,与负理想解的关联度越大,则该评价对象与负理想解的相似程度越高。因此,可以在评价对象与理想解和负理想解的灰色关联度计算出来后构造相对贴近度,实现融资风险初次分担。计算步骤如下。

1. 假设有 m 个评价对象, n 个指标, 指标值为 x_{ij} ($1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$), 则决策矩阵可表示为 $X=(x_{ij})_{m \times n}$ 。无量纲化处理后得标准化矩阵 $Y=(y_{ij})_{m \times n}$, 其中

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

2. 确定权重。熵权法计算的指标具有较高的客观性。它可以修正各指标的权重,能反映指标信息熵的效用价值。基于此,本文采用熵权法计算指标的权重。

计算过程如下。

1) 构建一个由 n 个评价指标和 m 个样本的组成的判断矩阵: $O=(X_{ij})_{m \times n}$, 其中 $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 。

2) 确定第 j 项指标的信息熵值 P_j , 则得出

$$P_j = \frac{e_j}{\sum_{i=1}^m e_j} \quad (2)$$

3) 计算第 j 个指标的熵值: $S_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}$ 。式中 $k=1/\ln m$, 若得到了评价样本的个数 m , 则 k 就变为一个常数。

4) 计算评价指标的熵权。

各融资风险指标的熵权为

$$W_j = (1 - S_j) / \sum_{j=1}^n (1 - S_j) \quad (3)$$

3. 计算加权标准化矩阵

$$U = (u_{ij})_{m \times n} = (\omega_j y_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} u_1(1) & u_1(2) & \dots & u_1(n) \\ u_2(1) & u_2(2) & \dots & u_2(n) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ u_m(1) & u_m(2) & \dots & u_m(n) \end{bmatrix} \quad (4)$$

4. 明确理想解和负理想解

理想解 U_0^+ 是一种设定的最优方案, 其中的各个指标值都达到了各备选方案中的最好值; 负理想解 U_0^- 则与理想解 U_0^+ 正好相反, 是指一种设定的最劣的方案, 其中的各个指标值都达到了各备选方案中的最差值。理想解 U_0^+ 和负理想解 U_0^- 设定为

$$U_0^+ = \left\{ \left(\max_{1 \leq i \leq m} u_i(j) \mid j \in J^+, \min_{1 \leq i \leq m} u_i(j) \mid j \in J^- \right) \right\} = (U_0^+(1), U_0^+(2), \dots, U_0^+(j), \dots, U_0^+(n))$$

$$U_0^- = \left\{ \left(\min_{1 \leq i \leq m} u_i(j) \mid j \in J^+, \max_{1 \leq i \leq m} u_i(j) \mid j \in J^- \right) \right\} = (U_0^-(1), U_0^-(2), \dots, U_0^-(j), \dots, U_0^-(n)) \quad (5)$$

其中, J^+ 值越大, 指标越优; J^- 值越小, 指标越优。

5. 关于第 j 个指标, 第 i 个评价对象与理想解的灰色关联系数为

$$r_{ij}^+ = \frac{m + \zeta M}{\Delta_i(k) + \zeta M} \quad \zeta \in (0, 1)$$

其中, $\Delta_i(k) = |U_0^+(k) - u_i(k)|$; $m = \min_i \min_k \Delta_i(k)$; $M = \max_i \max_k \Delta_i(k)$; ζ 为分辨系数, 一般取值为 0.5。

则各评价对象与理想解的灰色关联系数矩阵为

$$R^+ = \begin{bmatrix} r_{11}^+ & r_{12}^+ & \dots & r_{1n}^+ \\ r_{21}^+ & r_{22}^+ & \dots & r_{2n}^+ \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1}^+ & r_{m2}^+ & \dots & r_{mn}^+ \end{bmatrix}$$

第 i 个评价对象与理想解的灰色关联度为

$$R_i^+ = \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij}^+ \quad i=1, 2, \dots, m \quad (6)$$

6. 第 i 个评价对象与负理想解关于第 j 个指标的灰色关联系数为

$$r_{ij}^- = \frac{m + \zeta M}{\Delta_i(k) + \zeta M}, \zeta \in (0, 1)$$

其中, $\Delta_i(k) = |U_0^-(k) - u_i(k)|$; $m = \min_i \min_k \Delta_i(k)$; $M = \max_i \max_k \Delta_i(k)$ 。

则各评价对象与负理想解的灰色关联系数矩阵为

$$R^- = \begin{bmatrix} r_{11}^- & r_{12}^- & \cdots & r_{1n}^- \\ r_{21}^- & r_{22}^- & \cdots & r_{2n}^- \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{m1}^- & r_{m2}^- & \cdots & r_{mn}^- \end{bmatrix}$$

第 i 个评价对象与负理想解的灰色关联度为

$$R_i^- = \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij}^- \quad i=1, 2, \dots, m \quad (7)$$

7. 计算评价对象的灰色关联相对贴近度

$$C_i = \frac{R_i^+}{R_i^- + R_i^+} \quad i=1, 2, \dots, m \quad (8)$$

三、大型工程项目融资风险共担比例确定

大型工程项目融资风险经过初次分担后,各参与方会获得自己独自承担的融资风险和与其他参与方共同承担的风险。对于共同承担的融资风险因素,以往的相关研究较少关注风险分担比例,所构建的融资风险分担模型仅能满足参与方目标函数要求,却没有考虑参与方之间合作产生的效率,而且少有研究能给共担方之间最优的融资风险分担量。Shapley L S 于 1953 年提出了一种有效解决多个参与方合作问题的数学方法——Shapley 值法^[19-20]。其核心思想是合作联盟中每个参与方的成本或收益应与其边际贡献平均值相等。应用这种思想进行参与方之间的成本或利益分配有助于增加合作联盟中各参与方的积极性。本研究从求解最优融资风险分担比例出发,首先深入分析参与方的融资风险偏好、合作关系;然后,基于 Shapley 值法构建大型工程项目融资风险分担比例决策模型,期望通过双方或多方的融资风险分担,既实现各参与方的利益目标,又实现整个项目的融资风险的系统优化、合作效率最高的目标;最终确定双方或多方满意的最优共担融资风险分担比例。

(一) 基本假设

大型工程项目融资风险因素具有不确定性,这种不确定性必然也会带来收益的不确定性,若假设其中一种共担融资风险是一个随机变量,相应的风险对应相应的收益,因此,该相应的收益即为此大型工程项目融资风险共担合作的收益,用 $V_i(S)$ 表示,为计算方便,这里假设 $PV(S)$ 为共担联盟 S 对于随机收益的一个分配,其中 $P=\{p_1, p_2, \dots, p_s\}$, 成员 i 的收益为 $p_i V(S)$, $i \in S$ 如果满足 $\sum_{i \in S} p_i = 1$, 则认为该分配有效。另外,对于同一类融资风险,不同的参与方可能会采取不同的态度,有的参与方是持中立态度的,而有的参与方则是持规避态度的,参与方风

险态度对融资风险行为会产生很大的影响。定义偏好关系 $W > Z$, 此偏好关系为共担成员 i 相对于融资风险 Z 更加偏好融资风险 W ; 而偏好关系 $W = Z$ 则定义为融资风险 Z 对于共担成员 i 无异于融资风险 W 。大型工程项目融资中的共担风险部分,对各共担方来说都是在其可控范围之外的,因此,共担方对这部分融资风险都是持风险规避的态度,只是各共担方对融资风险规避的态度有所不同。这里将各个共担方的效用函数设为 $H_i = e^{r_i x}$, 其中, x 表示任意的融资风险。若 $r_i > 0$ 表示共担方 i 的绝对融资风险规避的系数,则 r_i 越大意味着共担方 i 越是厌恶融资风险。

(二) 基于 Shapley 值法的共担风险分担模型构建

在合作博弈中,Shapley 值在同时满足个体和集体理性的前提下实现解的最优分配。基于传统的 Shapley 值法结合大型工程项目融资的特点,构建大型工程项目融资共担风险比例模型的逻辑过程如下。

Timmer 等曾提出了两条重要定理^[21-22]:(1)若存在任一联盟 T 有随机收益 $V(T)=0$, 则任一联盟 $S \subset T$, 都有 $V(S)=0$ 。(2)任一成员 $i \in N$, 存在一个连续单调递增的函数 $f: V \rightarrow V^0$, 使得:(a)对于任一 $S, T \in \mathcal{D}$, 只有当 $t \geq t$ 时,有 $f_s^i(t) V(S) > f_T^i(t) V(T)$ 。(b)对所有 $S \in \mathcal{D}$, 有 $f_s^i(0)=0$ 。基于这两条定理以及以上共担方融资风险态度的假设,可以令函数 $f: f_s^i(t) = tE(H_i(V(S)))$, 其中 $H(U)$ 为期望效用。Suijs 等(1999)^[23]已证明在随机合作博弈中的随机一个属于 $\{>_{-i}\}_{i \in N}$ 的子集,若任一成员 $i \in N$, 则存在 m_i (确定性等价), 使得共担成员 i 的随机收益可以由此 m_i (确定性等价)收益表示。因此,用 m_i 代替 $H(U)$, 得到

$$a_i(V(S), V(T)) = \frac{m_i(S)}{m_i(T)} \quad (9)$$

需要考虑的是:在实际的大型工程项目融资风险分担中,为了实现各共担方都满意的结果以及实现项目的整体效益最大化,各共担方基于自身融资风险态度以及谈判能力的考虑,在谈判的时候极有可能发生大型工程项目融资风险分担量的转移,从而取得一个最终的最优融资风险分担量。鉴于此,所要构建 Shapley 值模型中,有必要用到权重向量 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, 其中 $\sum p_i = 1$ 。则共担成员 i 的随机 Shapley 值可表示为

$$G_i = p_i a_i(V(i), V(N)) V(N) + (1-p_i) (1 - \sum_{m \in N} a_m \times (V(m), V(N)) V(N)) \quad (10)$$

其中, $\sigma \in \Pi N$ 为总共担成员 N 的一个字典排序, 在 $|N|=n$ 的情况下, 总共担风险共有 $n!$ 种字典排序。 m 代表除 i 以外的所有共担融资风险成员。

超可加性是随机合作博弈的突出特点, 超可加性说明所有的融资风险共担成员都会不同程度地受到加入这个共担团队的激励。通过加入共担团队, 合作取得的收益必定大于各共担团队成员个体的收益之和。同时, 每个融资风险共担成员在共担团队中的收益都不会小于其不参加此共担团队的收益。这也表明融资风险共担成员的随机 Shapley 值满足个体理性。正因为此, 尽管总共担团队的收益可能是不确定的, 每个融资风险共担成员都愿意加入共担团队, 即

$$EH(G_i) = \int f(G_i)H(G_i) \geq \int f(V(i))H(V(i)) = EH(V(i)) \quad (11)$$

其中, $EH(G_i)$ 表示融资风险共担成员 i 收益分配的期望效用; $EH(V(i))$ 表示融资风险共担成员 i 不参加共担团队单独行动获得的收益。若用 i 的确定性等价来代替期望效用, 得到

$$m(G_i) = E(G_i) - \frac{1}{n} r_i Var(G_i) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (12)$$

其中, $E(G_i)$ 代表 G_i 的期望; $Var(G_i)$ 代表 G_i 的方差; $\frac{1}{n} r_i Var(G_i)$ 代表融资风险共担成员 i 的风险溢价。对于大型工程项目融资来说, 融资风险因素既有可能造成大型工程项目成本的增加, 也有可能降低大型工程项目的收益, 这里把大型工程项目融资风险因素视作对各参与方收益的负影响, 通过各参与方之间的合作博弈, 最大化大型工程项目的收益以及最小化大型工程项目的融资风险, 以期提高合作效率。因为 G_i 是 p 的函数, 所以风险溢价和确定性等价也应是 p 的函数, 因此, 可以通过计算 p 的最佳值, 来实现融资风险共担合作效率的最大化。即

$$p^* = \left[\sum_{i=1, 2, \dots, n} m_i(G_i) \rightarrow \max \right] \quad (13)$$

按照大型工程项目融资各参与方博弈的特征, 获得大型工程项目融资风险共担团队成员叠加后的融资风险共担的 Shapley 值。可表示为

$$\sum_{i=2}^n E(G_i) = E(G_1) + E(G_2) + \dots + E(G_n) = \sum_{i=2}^n E(p_i a_i(V(i), V(N) + (1-p_i)(1 - \sum_{a_n} \times (V(M), V(N))V(N))) = \mu(N) \quad (14)$$

其中, $\mu(N)$ 为大型工程项目融资风险共担团队 N 收益的期望值为固定值。则式(13)可以简化转变为求大型工程项目融资风险溢价最小的优化模型

$$\min f = \frac{1}{2} r_1 Var(G_1) + \frac{1}{2} r_2 Var(G_2) + \dots + \frac{1}{2} r_n Var(G_n) \quad (15)$$

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$$

四、实证研究

为了验证所提分担理论的使用性和可行性。以大型工程项目——青岛胶州湾海底隧道为例, 展开实证研究。青岛胶州湾海底隧道的建成, 有效促进了第九个国家新区——青岛西海岸新区的快速发展。青岛胶州湾海底隧道全长 7.8 公里, 海底段长约 3.95 公里, 总投资为 32.98 亿元。其融资参与方主要由青岛国信集团、青岛国信胶州湾交通有限公司、国家开发银行、青岛市政府以及中国中铁隧道集团 5 家单位构成。在研究对象选取上, 以参与方个体青岛国信集团为例(其他参与方过程一致), 并针对缔约阶段(履约阶段也同理)的融资风险展开分担分析。

(一) 基于灰色关联度和双基准法的青岛胶州湾海底隧道融资风险初次分担

如图 2 所示, 缔约阶段青岛胶州湾海底隧道的融资风险主要有 17 种: 政治稳定性(x_1)、政策执行性(x_2)、法律法规完备性(x_3)、法律法规变动(x_4)、通货膨胀(x_5)、利率风险(x_6)、资金到位风险(x_7)、移民安置问题(x_8)、征地补偿款(x_9)、融资结构(x_{10})、工程投资不确定性(x_{11})、业主信用风险(x_{12})、施工单位信用风险(x_{13})、设计残缺(x_{14})、规范恰当性(x_{15})、合同条款遗漏(x_{16})和合同管理(x_{17})。按照本文提出融资风险初次分担模型, 拟通过计算各参与方个体与这 17 个融资风险评价指标的相对贴适度, 来确定其应该分担的融资风险因素。这里主要以青岛国信集团为例, 通过 10 位专家的打分, 获得青岛国信集团对融资风险敏感度的原始数据。借助 MATLAB 7.0 为工具, 计算步骤如下。

1. 无量纲化原始数据得到标准化矩阵 Y 。

2. 确定各指标的权重。

$$\omega = (0.036, 0.024, 0.031, 0.028, 0.031, 0.031, 0.031, 0.036, 0.028, 0.162, 0.132, 0.153, 0.036, 0.161, 0.030, 0.018, 0.032)$$

(限于篇幅, 计算过程从略)

3. 计算加权标准化后的矩阵 $U: U = \omega \times Y$ 。

4. 明确理想解和负理想解。按照式(5)中的原则: J^+ 值越大, 指标越优, J^- 值越小, 指标越优。在 17 个指标中, J^+ 包括 $x_1, x_2, x_3, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{13}, x_{15}, x_{17}$ 。 J^- 包括 $x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_{11}, x_{14}, x_{16}$ 。因此, 最终求出理想解 U_0^+ 和负理想解 U_0^- 。

$$Y = \begin{bmatrix} 0.017 & 2 & 0.013 & 4 & 0.013 & 0 & 0.013 & 2 & 0.921 & 3 & 0.379 & 2 & 0.691 & 0 & 0.012 & 3 & 0.953 & 1 & 0.710 & 2 & 0.932 & 5 & 0.732 & 1 & 0.013 & 1 & 0.961 & 2 & 0.961 & 8 & 0.359 & 6 & 0.514 & 2 \\ 0.012 & 1 & 0.098 & 6 & 0.011 & 2 & 0.014 & 3 & 0.832 & 4 & 0.318 & 1 & 0.678 & 1 & 0.010 & 6 & 0.946 & 1 & 0.769 & 1 & 0.986 & 0 & 0.786 & 1 & 0.024 & 0 & 0.956 & 1 & 0.961 & 2 & 0.391 & 0 & 0.569 & 3 \\ 0.013 & 1 & 0.097 & 6 & 0.011 & 7 & 0.010 & 6 & 0.918 & 8 & 0.379 & 2 & 0.701 & 0 & 0.096 & 3 & 0.861 & 0 & 0.891 & 0 & 0.914 & 2 & 0.796 & 2 & 0.032 & 1 & 0.921 & 4 & 0.983 & 6 & 0.346 & 1 & 0.621 & 5 \\ 0.014 & 2 & 0.099 & 1 & 0.010 & 3 & 0.012 & 0 & 0.935 & 6 & 0.412 & 1 & 0.689 & 2 & 0.080 & 1 & 0.901 & 1 & 0.756 & 0 & 0.931 & 0 & 0.789 & 6 & 0.013 & 4 & 0.935 & 0 & 0.951 & 6 & 0.389 & 2 & 0.461 & 4 \\ 0.010 & 1 & 0.096 & 8 & 0.010 & 6 & 0.015 & 3 & 0.946 & 7 & 0.496 & 5 & 0.701 & 2 & 0.070 & 2 & 0.912 & 4 & 0.712 & 3 & 0.936 & 1 & 0.793 & 2 & 0.015 & 3 & 0.976 & 2 & 0.913 & 4 & 0.401 & 3 & 0.513 & 4 \\ 0.009 & 1 & 0.098 & 2 & 0.011 & 4 & 0.014 & 2 & 0.895 & 6 & 0.386 & 2 & 0.686 & 7 & 0.082 & 1 & 0.899 & 5 & 0.746 & 2 & 0.956 & 0 & 0.796 & 3 & 0.012 & 8 & 0.962 & 6 & 0.961 & 8 & 0.396 & 8 & 0.529 & 8 \\ 0.011 & 3 & 0.089 & 6 & 0.012 & 0 & 0.013 & 1 & 0.946 & 6 & 0.412 & 3 & 0.659 & 7 & 0.083 & 6 & 0.821 & 3 & 0.783 & 6 & 0.971 & 0 & 0.896 & 1 & 0.018 & 9 & 0.981 & 6 & 0.915 & 6 & 0.354 & 6 & 0.496 & 7 \\ 0.011 & 6 & 0.091 & 2 & 0.010 & 5 & 0.013 & 0 & 0.986 & 8 & 0.391 & 2 & 0.768 & 3 & 0.084 & 2 & 0.839 & 1 & 0.761 & 0 & 0.963 & 2 & 0.861 & 2 & 0.013 & 2 & 0.990 & 1 & 0.916 & 8 & 0.364 & 5 & 0.498 & 3 \\ 0.009 & 6 & 0.012 & 4 & 0.010 & 8 & 0.012 & 8 & 0.948 & 8 & 0.384 & 1 & 0.725 & 6 & 0.085 & 1 & 0.915 & 6 & 0.762 & 0 & 0.981 & 0 & 0.891 & 2 & 0.015 & 1 & 0.986 & 7 & 0.961 & 5 & 0.376 & 2 & 0.513 & 4 \\ 0.010 & 3 & 0.014 & 6 & 0.012 & 1 & 0.012 & 6 & 0.969 & 6 & 0.401 & 4 & 0.801 & 2 & 0.067 & 8 & 0.961 & 0 & 0.812 & 0 & 0.946 & 3 & 0.752 & 1 & 0.014 & 6 & 0.910 & 6 & 0.981 & 6 & 0.382 & 4 & 0.538 & 6 \end{bmatrix}$$

$$U = \begin{bmatrix} 0.028 & 6 & 0.011 & 6 & 0.021 & 4 & 0.000 & 4 & 0.026 & 7 & 0.115 & 1 & 0.123 & 1 & 0.112 & 0 & 0.000 & 5 & 0.154 & 8 & 0.028 & 6 & 0.006 & 5 & 0.016 & 5 \\ 0.025 & 8 & 0.009 & 9 & 0.021 & 0 & 0.000 & 3 & 0.026 & 5 & 0.124 & 7 & 0.130 & 1 & 0.120 & 2 & 0.000 & 9 & 0.153 & 9 & 0.028 & 8 & 0.007 & 0 & 0.018 & 2 \\ 0.028 & 4 & 0.011 & 6 & 0.021 & 7 & 0.003 & 0 & 0.024 & 1 & 0.144 & 3 & 0.120 & 7 & 0.121 & 8 & 0.001 & 6 & 0.148 & 3 & 0.029 & 5 & 0.006 & 2 & 0.019 & 9 \\ 0.029 & 0 & 0.012 & 8 & 0.021 & 3 & 0.002 & 8 & 0.025 & 2 & 0.122 & 5 & 0.122 & 9 & 0.120 & 8 & 0.000 & 5 & 0.150 & 5 & 0.028 & 5 & 0.007 & 0 & 0.014 & 7 \\ 0.029 & 3 & 0.015 & 4 & 0.021 & 7 & 0.002 & 5 & 0.025 & 5 & 0.115 & 4 & 0.123 & 5 & 0.121 & 4 & 0.000 & 6 & 0.157 & 2 & 0.027 & 4 & 0.007 & 2 & 0.016 & 4 \\ 0.027 & 7 & 0.012 & 0 & 0.021 & 3 & 0.002 & 9 & 0.025 & 2 & 0.120 & 9 & 0.126 & 2 & 0.121 & 8 & 0.000 & 5 & 0.154 & 9 & 0.028 & 6 & 0.007 & 1 & 0.017 & 0 \\ 0.029 & 3 & 0.012 & 8 & 0.020 & 4 & 0.003 & 1 & 0.022 & 3 & 0.126 & 9 & 0.128 & 2 & 0.137 & 1 & 0.000 & 7 & 0.158 & 0 & 0.027 & 5 & 0.006 & 4 & 0.015 & 8 \\ 0.030 & 5 & 0.012 & 1 & 0.023 & 8 & 0.003 & 0 & 0.023 & 5 & 0.123 & 3 & 0.127 & 1 & 0.131 & 8 & 0.000 & 5 & 0.159 & 4 & 0.027 & 5 & 0.006 & 6 & 0.015 & 9 \\ 0.029 & 4 & 0.011 & 9 & 0.022 & 5 & 0.003 & 1 & 0.025 & 6 & 0.123 & 4 & 0.129 & 5 & 0.136 & 3 & 0.000 & 5 & 0.158 & 9 & 0.028 & 8 & 0.006 & 8 & 0.016 & 4 \\ 0.030 & 0 & 0.012 & 4 & 0.024 & 8 & 0.002 & 4 & 0.026 & 9 & 0.131 & 5 & 0.124 & 9 & 0.115 & 1 & 0.000 & 5 & 0.146 & 6 & 0.029 & 5 & 0.006 & 9 & 0.017 & 2 \end{bmatrix}$$

$$U_0^+ = (0.012\ 6, 0.013\ 1, 0.012\ 5, 0.011\ 9, 0.045\ 6, 0.035\ 4, 0.031\ 6, 0.011\ 2, 0.052\ 9, 0.043\ 6, 0.053\ 9, 0.042\ 3, 0.009\ 6, 0.048\ 6, 0.051\ 3, 0.036\ 1, 0.056\ 2)$$

$$U_0^- = (0.015\ 6, 0.016\ 8, 0.009\ 6, 0.010\ 5, 0.053\ 9, 0.063\ 7, 0.053\ 1, 0.010\ 6, 0.069\ 3, 0.065\ 3, 0.043\ 1, 0.067\ 8, 0.023\ 4, 0.029\ 8, 0.068\ 6, 0.019\ 6, 0.062\ 4)$$

5. 计算评价对象与理想和负理想解之间的灰色关联度。

$$R^+ = (0.016\ 8, 0.015\ 6, 0.013\ 1, 0.012\ 9, 0.931\ 2, 0.768\ 1, 0.691\ 2, 0.010\ 3, 0.952\ 1, 0.710\ 3, 0.926\ 1, 0.756\ 0, 0.013\ 5, 0.965\ 2, 0.961\ 6, 0.461\ 0, 0.521\ 6)$$

$$R^- = (0.720\ 1, 0.624\ 2, 0.623\ 1, 0.612\ 7, 0.016\ 8, 0.332\ 1, 0.269\ 0, 0.656\ 1, 0.263\ 4, 0.061\ 2, 0.236\ 5, 0.713\ 6, 0.032\ 1, 0.031\ 0, 0.968\ 0, 0.531\ 4)$$

6. 获得最终的灰色关联相对贴进度 $C_{\text{青岛国信集团}}$

$$C_{\text{青岛国信集团}} = \frac{R^+}{R^+ + R^-} = (0.023\ 0.024\ 0.021\ 0.021\ 0.982\ 0.698\ 0.720\ 0.015\ 0.967\ 0.729\ 0.964\ 0.762\ 0.019\ 0.968\ 0.964\ 0.323\ 0.495)$$

为有效界定融资风险的去向,此处采用了区间估计法,该方法不仅可以处理不确切的判断,而且很方便地集中了不同意见,减少了专家判断的随机误差。通过区间估计法,最终获得如下界定:若 $C_i \geq 0.8$, 则相对应的融资风险应当被某一方独自承担;若 $0.3 \leq C_i < 0.8$, 则相对应的融资风险应当被两方(或多方)独自承担;若 $C_i < 0.3$, 则相对应的融资风险应当被其他参与方承担。

基于以上对融资风险的去向的界定。青岛国信集团的 $C_{\text{青岛国信集团}}$ 承担融资风险情况为:(1) 需要单独承担的融资风险有:通货膨胀(x_5)、征地补偿款(x_9)、工程投资不确定性(x_{11})、设计残缺(x_{14})和规范恰当性(x_{15})。(2)需要和其他参与方共担的融资风险有:利率风险(x_6)、资金到位风险(x_7)、融资结构(x_{10})、业主信用风险(x_{12})、合同条款遗漏(x_{16})和合同管理(x_{17})。同理可以得到其他参与者融资风险承担情况。针对缔约阶段的融资风险,经过初次分担后,各参与方的融资风险分担情况如表1所示。

表1 青岛胶州湾海底隧道缔约阶段融资风险初次分担结果

	融资风险指标	承担风险的利益攸关方
风险承担类型	通货膨胀(x_5)、征地补偿款(x_9)、工程投资不确定性(x_{11})、设计残缺(x_{14})、规范恰当性(x_{15})	青岛国信集团
单独承担的风险	政治稳定性(x_1)、政策执行性(x_2)、法律法规完备性(x_3)、法律法规变动(x_4)、移民安置问题(x_8)	青岛市政府
	施工单位信用风险(x_{13})	中国中铁隧道集团
共同承担的风险	利率风险(x_6)、资金到位风险(x_7)、融资结构(x_{10})	青岛国信集团、国家开发银行
	业主信用风险(x_{12})	青岛市政府、青岛国信集团
	合同条款遗漏(x_{16}) 合同管理(x_{17})	青岛国信集团、中国中铁隧道集团

(二)基于 Shapley 值法的青岛胶州湾海底隧道共担风险比例

通过融资风险初次分担后,青岛国信集团获得了独自承担的风险和需要与其他参与方共担的风险。从初次分担的结果可见,青岛国信集团需要和其他参与方共担的融资风险共 6 项。这里以合同条款遗漏 (x_{16}) (由青岛国信集团和中国中铁隧道集团共同承担) 为例,来探讨共担风险比例确定问题。

青岛国信集团(甲方)出资最多约 20 亿元。假设其不投资隧道建设时的收益服从正态分布 $V(1) \sim N(8.0, 1.44)$ (单位:千万元); 中铁隧道集团出资约 5 亿元, 设其不参加青岛胶州湾海底隧道建设时,会得到的最低收益为 $V(2) \sim N(3.0, 1.0)$ (单位:千万元)。现二者均参与青岛胶州湾海底隧道建设,形成合作,按照初次分担结果,二者共担合同条款遗漏风险,按照式(11)分析,二者合作的总收益必然大于二者单独进行投资的收益和,设:青岛胶州湾海底隧道建设收益服从正态分布 $V(N) \sim N(12.8, 4.84)$ (单位:千万元); 针对合同条款遗漏风险,结合实际情况设青岛国信集团的规避系数为 $r_1=1.5$, 中铁隧道集团的规避系数为 $r_2=2$, 即中铁隧道集团要比青岛国信集团更加规避合同条款遗漏风险。

若用 X_1 表示青岛国信集团, 中铁隧道集团用 G_2 表示,根据式(14)有

$$E(G_1)+E(G_2)=p_1a_1(V(1), V(N))\mu(N)-p_2a_2(V(2), V(N))\mu(N)+p_2a_2(V(2), V(N))\mu(N)-a_1(V(1), V(N))\mu(N)+(p_1+p_2)\mu(N)=\mu(N)$$

式中 $\mu(N)$ 表示二者合作的收益的期望,是固定值,则式(15)可转化为求风险溢价最小,最优化模型为

$$\min f = \frac{1}{2}r_1Var(G_1) + \frac{1}{2}r_2Var(G_2)$$

$$p_1+p_2=1$$

对上述模型求解,令

$$f_1=r_1a_1^2\sigma^2(N)+r_2(1-a_1)^2\sigma^2(N)$$

$$f_2=r_1(1-a_2)^2\sigma^2(N)+r_2a_2^2\sigma^2(N)$$

$$f_3=r_1a_1(1-a_2)\sigma^2(N)+r_2a_2(1-a_1)\sigma^2(N)$$

则有

$$\begin{pmatrix} f_1 & f_3 & -1 \\ f_3 & f_2 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

解得 $p_1^* = \frac{f_2-f_3}{D}; p_2^* = \frac{f_1-f_3}{D}; \lambda = \frac{f_1f_2-f_3}{D}$ (16)

根据式(16)计算得 $(p_1^*, p_2^*) = (0.28, 0.72)$, 由此可获得:(1) 最优权重下青岛国信集团和中铁隧道集团的风险溢价为 $(0.772, 0.453)$; (2) 青岛胶州湾海底隧道建设项目的总风险溢价为 1.382; (3) 针对合同条款遗漏风险,青岛国信集团与中铁隧道集团的最优分担比例为 0.735:0.265。同理,可得到青岛胶州湾海底隧道其他共担融资风险的分担比例,如表 2 所示。

表 2 青岛胶州湾海底隧道缔约阶段融资风险共担比例

融资风险指标	融资风险共担比例	承担风险的利益攸关方
利率风险 (x_6)	(0.326:0.674)	青岛国信集团、国家开发银行
资金到位风险 (x_7)	(0.703:0.297)	
融资结构 (x_{10})	(0.635:0.365)	
业主信用风险 (x_{12})	(0.827:0.173)	青岛国信集团、青岛市政府
合同条款遗漏 (x_{16})	(0.735:0.265)	青岛国信集团、中国中铁隧道集团
合同管理 (x_{17})	(0.652:0.348)	

注:括号中的比例,前者为青岛国信集团所占比例。

五、结论

融资风险分担是大型工程项目融资的一项核心内容。本文从参与方个体的角度研究融资风险分担问题,旨在设计一个规范的大型工程项目融资风险分担体系。该体系重点考虑了“动态性”和“准确性”两个问题。(1)动态性。以合同为纽带,把大型工程项目融资风险划分为履约阶段的融资风险和缔约阶段的融资风险,充分考虑了时间性(体现了动态性),同时克服了现有研究的不足,为大型工程项目融资风

险划分提供了理论依据。(2)准确性。充分考虑了一方承担或双方(或多方)共担的情况。为此,分成了两步研究。第一步,是融资风险的初次分担,解决好单方承担的风险,界定出需要共担的风险;第二步,是双方或多方共担风险的比例确定。最后,青岛胶州湾海底隧道建设项目实证研究表明在初次分担和共担风险比例确定中所采用的定量方法也是科学可行的。科学合理的融资风险分担为各参与方个体下一步的融资风险管理奠定了良好的基础。

参考文献:

- [1] 叶苏东. 项目融资——理论与案例[M]. 北京:清华大学出版社,北京交通大学出版社,2008.
- [2] 汤微,吴海龙. 基于政府角度的PPP项目融资效益研究——以BOT与BOO模式为例[J]. 科研管理,2014,35(1):157-162.
- [3] FABREQAT M A. Construction risk in project financing (construction risk in project financing)[J]. Revista de Obras Publicas, 2002, 149, 77-84.
- [4] WIBOWO A. Financial risk analysis of project finance in Indonesian toll roads[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005, 131(9):963-972.
- [5] MOTAWA I A, ANUMBA C J. A fuzzy system for evaluating the risk of change in construction projects[J]. Advances in Engineering Software, 2006, 37(9):583-591.
- [6] 王雪青,喻刚,郗兴国. PPP项目融资模式风险分担研究[J]. 软科学,2007,21(6):39-42.
- [7] MANSOOR D. Decision theory and method[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2009, 120(24):230-236.
- [8] DENNIS P. Uncertainty, risk aversion, and the game theoretic foundations, of the safe minimum standard: a reassessment[J]. Ecological Economics, 2011, 29:463-472.
- [9] 程连于. PPP项目融资模式的风险分担优化模型[J]. 价值工程, 2009(4):142-145.
- [10] 王舒. 基础设施PPP项目融资风险分担研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2012.
- [11] 王守清,柯永建. 特许经营项目融资(BOT、PFI和PPP)[M]. 北京:清华大学出版社,2008.
- [12] 奚晓明. 建设工程合同纠纷:第4版[M]. 北京:法律出版社,2015.
- [13] 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):35-70.
- [14] 马秀岩,卢洪升. 项目融资[M]. 北京:东北财经大学出版社,2002.
- [15] 简迎辉. 工程项目管理:融资理论与方法:第2版[M]. 北京:水利水电出版社,2014.
- [16] 穆尉鹏. PPP项目融资风险分担机制研究[D]. 重庆:重庆大学,2008.
- [17] 韩勇. 主要参与方个体视角下大型工程建设项目融资风险管理体系研究[D]. 山东:青岛理工大学,2013.
- [18] 孙晓东. 基于灰色关联分析的几种决策方法及其应用[D]. 青岛:青岛大学,2006.
- [19] 何涛. 基于PPP模式的交通基础设施项目风险分担合理化研究[D]. 天津:天津大学,2011.
- [20] 施锡铨. 合作博弈引论[M]. 北京:北京大学出版社,2012.
- [21] 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):88-91.
- [22] 董保民,王运通,郭桂霞. 合作博弈论[M]. 北京:中国市场出版社,2008.
- [23] SUIJS J, BORM P, WAEGENAERE A, et al. Theory and methodology cooperative games with stochastic payoffs[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 113:193-205.

The Financing Risk Dynamic Allocation of Large-scale Construction Project

ZHAO Hui, WANG Xueqing

(College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Currently, the financing risk allocation of large-scale construction projects is not very reasonable. In order to address the problem, the paper builds a financing risk allocation system for large-scale construction projects based on the individual participant perspective. The system emphatically considers two aspects—the Dynamics and Accuracy—in financing risk allocation. Firstly, regarding the contract as the link, financing process is divided into two phases—contracting and compliant. Then, financing risks of each phase are found by Delphi method. Following, the method of the first financing risk allocation is established through a combination of the gray correlation degree and double benchmark method, so as to obtain the single-party-bearing financing risks and the sharing risks. Finally, the financing risk sharing ratio among the participants is determined by constructing a model based on Shapley value. Taking the Qingdao Jiao-Zhou Bay tunnel as an example, the empirical research shows that the financing risk sharing system is scientific and reasonable.

Key words: participants; large-scale construction project; financing risk; dynamic allocation

[责任编辑:宋宏]