

# 基于项目全生命周期的风险管理过程研究

刘 强, 陈丽萍

(中国海洋大学 工程学院, 山东 青岛 266100, E-mail: liuqiang@ouc.edu.cn)

**摘 要:** 为了评估国际工程承包项目的实际风险水平, 实现风险管理的有效性, 基于工程项目的全生命周期, 对风险管理的动态过程进行研究, 将基于加速遗传算法的投影寻踪理论应用于风险评价中, 并采用解释结构模型探究风险因素间的相互影响关系, 构建了基于全生命周期的风险管理动态模型。在该模型中形成了风险因素评价指标体系, 确定了风险因素间的层级结构和重要性排序, 从根源上寻求风险应对策略, 并实时监控风险, 实现全面、动态的管理过程。以麦加轻轨铁路项目为实例进行分析验证, 其结果证明了该模型的可行性和实用性, 有助于掌握实际风险水平, 从而降低风险的不利影响。

**关键词:** 风险管理; 全生命周期; 加速遗传算法—投影寻踪理论; 解释结构模型

**中图分类号:** F283 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8859 (2017) 06-124-06 **DOI:** 10.13991/j.cnki.jem.2017.06.023

## A Study of Risk Management Process During the Project Life Cycle

LIU Qiang, CHEN Li-ping

(School of Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China, E-mail: liuqiang@ouc.edu.cn)

**Abstract:** In order to assess the real risk level of international construction projects, and achieve the effectiveness of risk management, this paper studied the dynamic process of risk management during the whole life cycle of international construction projects. This study applied an accelerating genetic algorithm based projection pursuit theory to assess risk, and used interpretative structural modeling to explore the interaction among risk factors. Subsequently, a risk management dynamic model based on project life cycle was established. A index system for evaluating risk factors is provided to determine the hierarchy and importance of risk factors, which can facilitate to seek the corresponding strategies, achieve real-time risk monitoring, and realize a comprehensive and dynamic management process. The case of Makkah Metro Pink Line was used to verify the feasibility and reliability of the developed model. The results show that the model application can facilitate to evaluate the real risk level, thereby reducing the adverse impact from risks.

**Keyword:** risk management; life cycle; projection pursuit based on accelerating genetic algorithm theory; interpretative structural modeling

随着“一带一路”的推进, 我国不断加强与沿线国家的国际合作, 截止到 2016 年底, 对外承包工程项目突破 3000 个, 外包合同金额达 178.3 亿美元, 国际工程承包项目迎来重大发展机遇, 但是风险的不确定性也越来越多。另外, 国际工程承包项目具有周期长、环境复杂、管理难度大等特点, 更加剧了项目的复杂性和多变性, 因此, 进行全面、动态的有效风险管理显得格外重要。

国内外许多学者立足于全生命周期对工程项目的风险问题进行了一系列研究。Zou 等<sup>[1]</sup>在研究

工程项目的关键风险时, 梳理了关键风险与项目干系人、项目生命周期的关系; A.Nieto-Morote 等<sup>[2]</sup>提出有效的风险管理框架, 并形成从项目计划阶段至竣工验收阶段的覆盖全生命周期的体系作为前提; 王志玮等<sup>[3]</sup>基于全生命周期的风险管理思想, 识别潜在风险, 并采用模糊综合评价法对项目进行风险评估。这些研究主要集中在风险管理的某个或某些方面, 没有深入探讨整个风险管理过程在全生命周期各个阶段的动态变化, 缺乏行之有效的风险管理模型; 风险评价方面, 技术老化对于多维、非正态的风险数据很难准确直观地找出内在规律, 忽略了风险因素间内在联系, 以及风险管理能力对项

收稿日期: 2017-04-28.

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (41371496).

目带来的可靠性和承受力对风险管理所造成的实际影响<sup>[4]</sup>。因此, 本文结合国际工程承包项目全生命周期各个阶段特点, 从全生命周期、责任方的视角, 对整个风险管理动态过程进行研究, 建立风险评价指标体系, 探究风险因素之间相互影响关系, 评估实际风险水平, 构建基于工程项目全生命周期的风险管理动态模型, 为有效风险管理提供依据。

## 1 模型的构建

### 1.1 全生命周期的划分

由于国际工程面临的环境错综复杂, 风险问题始终客观存在于全生命周期的各个阶段, 并且处于不断变化之中。只有对全生命周期各个阶段的风险因素进行全面的风险管理, 才能获得有效的风险控制。本文按照项目进行的顺序将国际工程承包项目的全生命周期划分4个主要阶段进行研究, 分别为: 评估立项阶段Ⅰ、项目准备阶段Ⅱ、项目实施阶段Ⅲ和竣工验收阶段Ⅳ。

### 1.2 风险管理过程

由于国际工程的持续性, 在不同阶段、不同环境中具有很强的动态性, 相应的风险管理也是一个动态、循环的过程。需要根据风险管理环境的变化, 对风险进行动态的识别、评价、应对, 实时监控, 并根据风险监控的反馈结果调整应对策略, 或进行下一轮的再识别、再评价、再应对和再监控的过程。具体的工作流程如下:

(1) 风险识别。是风险管理工作的基础, 贯穿于整个风险管理工作中。应该对其动态识别, 随时发现新风险。本文总结出国际工程承包项目中常见的风险因素, 形成初始风险因素清单, 并结合具体的案例进行风险因素分析, 判断初始风险因素清单是否存在不确定性, 并选择合适的方法进一步分析, 对案例中风险因素全生命周期的发生阶段、主要责任方和表现形式进行深入研究, 形成最终的风险因素清单, 从而为风险评价提供指标体系。

(2) 风险评价。根据风险识别得出的风险评价指标体系进行进一步的量化分析, 以更加准确地评价风险。利用解释结构模型建立风险因素间的层级结构, 考察风险因素间的相互影响关系, 方便决策者更好地理解风险的内在联系; 利用基于加速遗传算法的投影寻踪理论对风险因素的风险可能性、风险后果、风险管理能力、对其他风险的影响程度等4个方面进行风险评价, 把多维、非正态的风险数据从最佳方向进行投影, 得出能最大程度暴露风

险特征的一维向量, 从而直观地显示内在规律, 评估风险因素的重要性, 区分出优先等级, 为接下来的风险应对提供强有力的依据。

(3) 风险应对。通过风险识别得出的发生阶段和主要责任方, 风险评价得出的实际风险水平, 为风险应对提供了参考依据。通过有针对性的风险分析, 确定了风险应对的优先顺序, 根据项目的实际情况从根源上寻求风险应对策略, 并进行实施, 得出风险应对结果, 方便下一步的风险监控。

(4) 风险监控。根据风险应对结果进行动态的监控。检查风险是否控制在目标范围内: 如果是, 为了风险管理能够有效执行, 必须继续跟踪已经识别的风险、监控残余风险、动态识别潜在风险; 否则根据实际情况及时调整风险策略, 进行动态风险应对, 必要的情况下进行下一轮的再识别、再评价、再应对、再监控, 这样就形成了一个闭环、动态的循环系统, 进行实时监控, 做到事前控制, 把项目可能产生的风险控制在可以接受的范围之内。

### 1.3 构建基于全生命周期的风险管理动态模型

本文中基于全生命周期的风险管理, 是指风险管理的全过程覆盖全生命周期的各个阶段, 在上一阶段风险管理数据基础上, 实时动态监控, 并根据反馈结果, 进行下一阶段的动态识别、动态评价、动态应对、动态监控, 从而实现全生命周期各个阶段风险的有效控制。

因此, 基于全生命周期的视角, 对各个阶段进行风险管理过程研究, 构建了国际工程承包项目基于全生命周期的风险管理动态模型, 如图1所示。

## 2 模型中的方法

### 2.1 基于加速遗传算法的投影寻踪理论风险评估模型

投影寻踪理论方法就是把  $n$  维的原始数据, 以  $a (a_1, a_2, \dots, a_n)$  为最佳投影方向, 投影成为一维  $z(i)$ 。从风险可能性、风险后果、风险管理能力、对其他风险的影响程度等4个方面对风险评价指标体系中的风险因素进行评分, 得出初始的矩阵, 然后根据以下步骤对数据进行处理<sup>[5]</sup>:

Step1: 评价指标归一化处理。

$$x(i, j) = \frac{X(i, j) - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}} \quad (1)$$

式中,  $x(i, j)$  表示  $X(i, j)$  归一化处理之后产生的矩阵。

Step2: 构造投影指标函数。

$$z(i) = \sum_{j=1}^n a_j x(i, j) \quad (2)$$

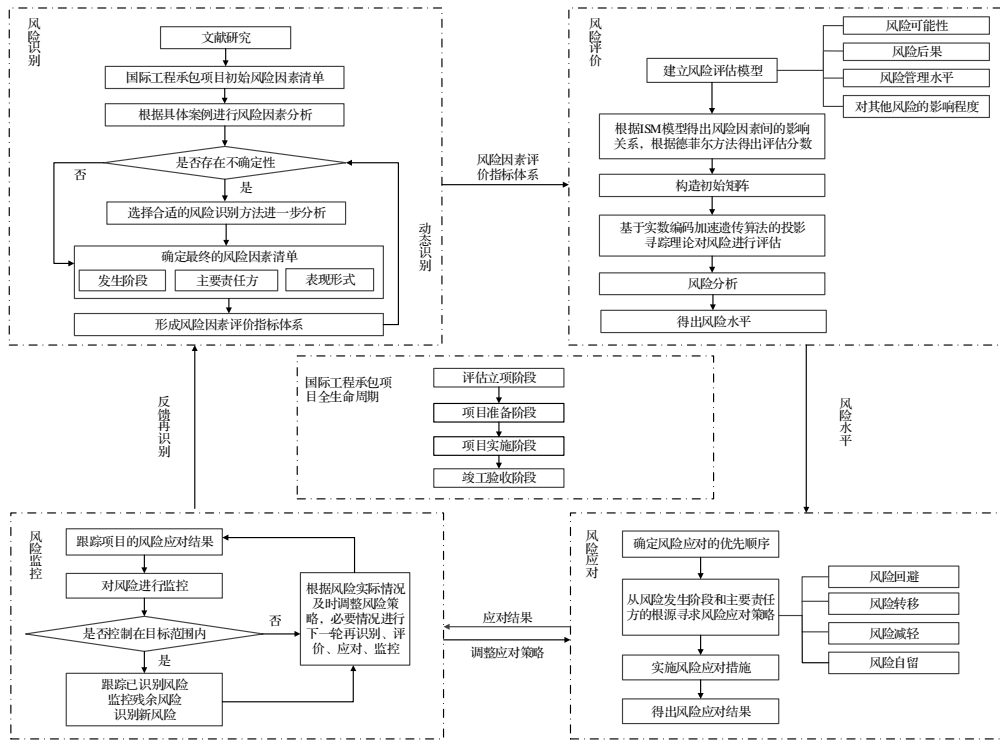


图 1 基于全生命周期的风险管理动态模型

为了求解向量  $a(a_1, a_2, \dots, a_n)$ ，构造一个投影指标函数：

$$y = Sz \cdot Dz \tag{3}$$

式中， $Sz = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (z(i) - \bar{z})^2}{m-1}}$ ，表示类间距离， $\bar{z}$  为  $m$  个样本  $z(i)$  的平均值； $r_{ik} = |z(i) - z(k)|$ ， $(i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, m)$  表示类内密度， $R$  为密度窗口半径， $u(R - r_{ik})$  为单位阶跃函数，当  $(R - r_{ik}) \geq 0$  时， $u(R - r_{ik}) = 1$ ；反之， $u(R - r_{ik}) = 0$ 。

Step3: 优化投影指标函数。

目标函数： $\max y = Sz \cdot Dz$

约束条件： $\sum_{j=1}^m a_j^2 = 1$

在求解向量  $a(a_1, a_2, \dots, a_n)$  的过程中，本文采用基于实数编码的加速遗传算法，利用加速循环的步骤来调整优化变量的寻优区间，防止丢失之前遗传操作搜索到的信息，提高解的精确度，从而得出最佳投影方向向量。

Step4: 分类与排列。

通过以上步骤得出最佳投影方向  $a(a_1, a_2, \dots, a_n)$ ，将其带入式 (1) 得到一维的最佳投影值，风险因素的重要性大小即可一目了然。

### 2.2 解释结构模型

解释结构模型 (ISM, Interpretative Structural Modeling)，是由美国教授 (J.Warfield) 提出的一

种计算机辅助方法<sup>[6]</sup>，它可以将复杂的系统分解，形成一个多层级的结构模型。具体应用步骤如下：

Step1: 确定风险间的直接影响关系，得出邻接矩阵  $A$ 。邻接矩阵中行变量、列变量分别为风险因素，矩阵的每个元素定义如下：

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{第 } i \text{ 行对第 } j \text{ 列的变量有直接影响} \\ 0, & \text{第 } i \text{ 行对第 } j \text{ 列的变量没有直接影响} \end{cases}$$

Step2: 通过布尔运算，把  $A$  变换为可达矩阵  $M$ 。

$$M = A + I^{n+1} = A + I^n \neq A + I^{n-1} \neq \dots \neq (A + I)^2 \neq (A + I)$$

Step3: 分解可达矩阵，并等级划分。

Step4: 建立 ISM 图。

Step5: 对风险因素结构模型进行分析。

## 3 工程实例分析

麦加轻轨铁路项目是中国企业在国外首次采用“EPC+O&M”模式的国际工程承包项目。2010年中国铁建发布公告称，亏损将近 41.53 亿元<sup>[7]</sup>。以此项目竣工验收阶段的风险管理过程为例，对模型进行分析验证。

### 3.1 风险识别

根据模型中风险识别的步骤，本文进行了大量的文献研究<sup>[8-10]</sup>，总结出国际工程项目的初始风险因素清单，对项目中风险因素全生命周期的发生阶段、主要责任方、表现形式进行深入的研究，不断整合专家意见，经筛选最终形成沙特麦加轻轨铁路

项目的风险因素清单, 如表 1 所示。

表 1 风险因素清单

风险因素	主要发生阶段	主要责任方	表现形式
政治风险 R1	I II III IV	业主	受到中沙两国政府高度关注; 环境保护政策
社会风险 R2	I II III IV	业主	工作生活习惯懒散; 文化差异风险
自然风险 R3	I II III IV	业主	自然环境恶劣
市场风险 R4	I II III IV	业主	汇率波动大; 行业风险
法律风险 R5	I II III IV	业主	严格的劳动法规
参与方风险 R6	II III IV	所有	分包商缺乏协调性; 合作方信誉差; 工程款收拖欠严重
投标报价风险 R7	I II	承包商	缺少决策分析; 未正确询价估价、低估实施难度
合同风险 R8	I II III IV	承包商	未认真分析合同及规范; 合同陷阱评估不足; 不够详尽具体
设计风险 R9	II III	其他	概念设计; 无设计权
采购风险 R10	II III IV	承包商	设备采购指定品牌; 物价水平波动大, 采购成本高
施工风险 R11	III IV	承包商	大量指令性变更; 拆迁和地下管网工作严重滞后, 审批进展滞后; 朝觐斋月活动影响施工效率
技术风险 R12	II III IV	承包商	设计方案采用欧美标准, 增加技术难度
组织人力风险 R13	II III IV	承包商	缺乏熟悉项目的复合型人才; 劳务签证困难; 穆斯林文化对施工人员的特殊要求
管理风险 R14	I II III IV	承包商	管理水平较低、经验匮乏; 不惜代价赶工, 增加管理难度
验收运营风险 R15	IV	承包商	工程变更; 运能大、运营模式复杂、环境恶劣
索赔风险 R16	II III IV	承包商	签证索赔管理不善; 未在及时索赔

### 3.2 风险评价

根据风险识别得出的风险评价指标体系, 做进一步的量化分析。

#### 3.2.1 风险因素的 ISM 分析

(1) 通过文献研究<sup>[11]、[12]</sup>初步确定了风险因素之间的直接影响关系, 为了增加数据的准确性, 通过半结构访谈的方式, 对所得数据进行推敲修改, 最终确定了风险因素之间的直接影响关系, 得到邻接矩阵 A。

$$A = \begin{bmatrix} 1001111101100111 \\ 1100010000100111 \\ 0011001110110111 \\ 0001001101000111 \\ 0000111100100111 \\ 0000010001111111 \\ 0000001001100111 \\ 0000010100101111 \\ 0000000010100110 \\ 0000000001100000 \\ 0000000001111011 \\ 0000000000110010 \\ 0000000000101000 \\ 0000010001111111 \\ 0000000000000011 \\ 0000000000000011 \end{bmatrix}$$

(2) 对 A 做相应的布尔运算, 生成 M。

$$M = \begin{bmatrix} 1001111101111111 \\ 1101111101111111 \\ 0011011111111111 \\ 0001011101111111 \\ 0000111101111111 \\ 0000010001111111 \\ 0000011001111111 \\ 0000010101111111 \\ 0000010011111111 \\ 0000000011110111 \\ 0000000011110111 \\ 0000000011110111 \\ 0000000011110111 \\ 0000010001111111 \\ 0000000000000011 \\ 0000000000000011 \end{bmatrix}$$

(3) 分解可达矩阵, 并进行等级划分, 得出:

$$L1 = (15, 16), L2 = (10, 11, 12, 13), L3 = (6, 14), L4 = (7, 8, 9), L5 = (4, 5), L6 = (1, 3), L7 = (2)$$

(4) 形成风险间相互影响关系的 ISM 图, 如图 2 所示。

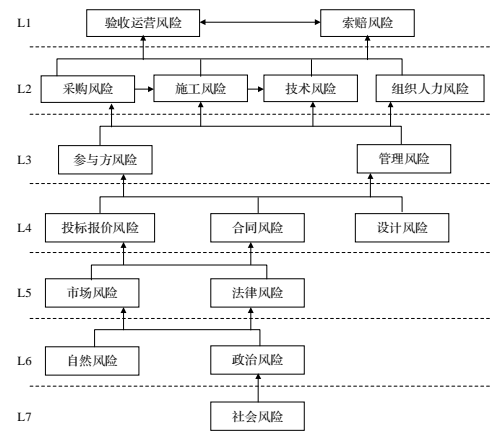


图 2 风险因素 ISM 图

(5) 对风险因素 ISM 图进行分析。风险因素 ISM 图, 清晰地呈现出各个风险因素在整个风险系统中所处的地位。位置越靠近底层说明对其他风险因素的影响越多; 反之, 越靠近顶层则对其他风险因素的影响越少。其中, 社会风险处于最底层, 说明社会风险对其他风险的影响程度非常大, 是影响工程项目的重要因素, 这也恰好与工程社会维度的重要性<sup>[13]</sup>相吻合。政治风险、市场风险等与项目环境有关的风险, 以及投标报价风险等前期阶段的风险对其他风险具有很大的影响, 这充分说明了项目决策阶段风险管控的重要性。

由此得出 ISM 图反映了风险因素间的层级关系,为“对其他风险的影响”提供可靠的评价依据。

### 3.2.2 实际风险水平的评价

本文采用德尔菲法,专家小组成员是由国际工程承包项目经验丰富的项目经理和具有较高研究水平的学者等 10 人组成。按照表 2 所示的评分标准,对风险评价指标体系中的风险因素打分,经过几次反复的沟通和反馈,使得小组成员意见逐渐统一,最后做出集体判断结果,如表 3 所示。

表 2 评分标准

分值	风险可能性	风险后果	风险管理水平	对其他风险的影响
5	非常大	非常严重	非常差	非常大
4	较大	较严重	较差	较大
3	一般	一般	一般	一般
2	较小	轻微	较好	较小
1	非常小	非常轻微	非常好	非常小

表 3 评分结果

风险因素	风险可能性	风险后果	风险管理水平	对其他风险的影响
R1	1	3	4	4
R2	3	3	4	5
R3	2	2	4	4
R4	3	2	4	4
R5	1	2	4	4
R6	3	4	3	3
R7	5	5	5	4
R8	4	5	5	4
R9	4	4	5	4
R10	3	3	3	2
R11	3	4	3	2
R12	2	3	3	2
R13	2	2	2	2
R14	4	4	3	3
R15	2	3	2	1
R16	4	4	3	1

根据以上矩阵,由 Matlab 编程计算得出:

最佳投影方向为:

$$\bar{a}^* = (0.0195, 0.5109, 0.5641, 0.6484)$$

投影值为:

$$z = (1.3418, 1.9169, 1.2779, 1.4696, 1.0862, 1.5335, 2.8753, 2.6836, 2.4280, 1.0862, 1.3418, 0.8945, 0.3834, 1.7252, 0.4473, 1.3418)$$

由以上可知,风险因素重要性排序为:

$$R7 > R8 > R9 > R2 > R14 > R6 > R4 > R1 \geq R11 \geq R16 > R3 > R5 \geq R10 > R12 > R15 > R13$$

### 3.2.3 评价结果分析

在麦加轻轨铁路项目风险因素重要性排序的结果中,投标报价风险、合同风险、设计风险、社会风险等位居前列。这与实际结果相一致,表现了麦加轻轨铁路项目失败的根源在于项目前期对风险的评估不足,对当地的办事程序、运作模型、社

会文化没有全面了解,盲目投标报价,未认真分析合同及规范,合同陷阱评估不足。从全生命周期的角度,大多重要的风险发生在评估立项阶段,这也与国际工程项目前期普遍存在的模糊性和复杂性相符合<sup>[14]</sup>。由此可以看出,麦加轻轨铁路项目的风险评价结果与实际情况基本保持一致,说明了风险评价方法的可行性。

### 3.3 风险应对

根据风险的重要性排序确定风险应对的优先顺序,从风险的发生阶段和主要责任方的根源寻求风险应对策略,并对其他风险影响程度大的相关风险重点关注。

由于篇幅限制,本文不再对各个风险因素逐一进行分析,只根据全生命周期的各个阶段发生的风险进行概述。

评估立项阶段 I: 这一阶段是风险识别至关重要的阶段,对于社会风险、市场风险等项目环境有关的风险,主要责任方是业主方的所在国政府或者自然环境,这就要求承包企业对所在国的政治法律情况、社会文化环境等进行全方位的了解,建议承包商对这些风险因素做好风险责任转移、购买保险等措施提前予以规避。尤其是社会风险,对其他风险的影响程度非常大,是影响工程项目的重要因素,在本案例中最重要的的是要提高风险意识,加强对社会风险的识别,实地调查项目所在国的社会风险情况,并进行评估决策,如果在管控范围内,可以在风险发生之前采取风险缓解措施降低风险水平,如果超过管控范围,可以经过权衡放弃项目,或者通过合同条款对项目可能产生的社会风险进行规避或转移,间接达到降低风险的目的。另外,还需要动态监控由社会风险引发的对其他风险产生的影响,及时制定风险应对策略,避免产生连锁反应。对于投标报价风险和合同风险,主要责任方是承包商,投标报价是在非对称信息下进行的,合同的分配问题也对后续的风险有着很大的影响,因此要根据项目本身有针对性地进行可行性研究,尽可能全面分析项目各个阶段可能隐藏的风险,慎重分析合同及规范,通过合同条款进行风险规避,从而争取有利地位。

项目准备阶段 II: 以设计风险为主,主要责任方是承包商。该阶段的风险应对措施主要是对施工现场做全面的勘测、调查;正确评估技术水平、资源,制作良好的计划表,减少不合理的缺陷。

项目实施阶段 III: 该阶段的主要风险有参与方

风险、管理风险、施工风险等,主要责任方是承包商。承包企业在提高专业技能的同时,还应该提高风险意识和风险管理水平,全面、动态地进行风险管理,提高风险管控能力,通过购买保险、索赔等方式进行适当的风险转移。

竣工验收阶段IV:该阶段的主要风险有竣工验收风险、索赔风险,主要责任方是承包商。虽然风险相对较少,但是风险问题不容忽视,应当提高风险意识,加强后期的管理。

总的来说,从全生命周期的角度,大多重要的风险发生在评估立项阶段,最根本的原因就是中铁建对风险的评估不足,合同风险意识不够,因此在进一步的国际工程项目中,要加强风险管理意识,提高风险管理水平,在这个风险与利润并存的项目中,抓住机遇,利用风险管理来获取更多的利益。从项目主要责任方的角度,大部分风险与承包商自身相关,为了防止参与方带来的风险,应该明确参与方的任务和责任,通过合同约定参与方,减少违约或变更,以明确参与方的任务和责任。

### 3.4 风险监控

风险管理的各个过程不应该是一次性的,应该是动态的、循环的,因此,在本次案例研究的基础上,继续跟踪项目的风险应对结果,对风险从成本、质量、进度、HSE等目标方面进行动态的监控,当发现异常的时候,及时调整风险策略,必要时进行下一轮的再识别、再评价、再应对,形成一个动态的反馈和监控,从而实现全面、动态的风险管理。

## 4 结语

本文基于国际工程承包项目全生命周期对风险管理过程进行研究,构建了国际工程承包项目基于全生命周期的风险管理动态模型。对麦加轻轨铁路项目的竣工验收阶段风险管理过程进行验证,识别出了16个关键的风险因素,并从全生命周期的发生阶段、主要责任方、表现形式等方面进行全面系统的分析;运用解释结构模型得出了风险之间的层级结构,明确了相互影响关系;并重点研究了基于实数编码加速遗传算法的投影寻踪理论在风险评价中的应用,得出能最大程度暴露风险数据特征的风险排序,从而确定了风险应对的优先顺序;从全生命周期和主要责任方的视角,在根源上寻求风险应对策略;进而对成本、质量、进度、HSE等目标进行动态监控和反馈,进行再识别、再评价、再应对、再监控的过程,形成动态的、循环的风险管

理过程。研究结果表明了模型的可行性,可以评估出项目实际风险水平,提高国际工程承包企业对风险的监控能力和反应能力,有效地进行风险管理。

### 参考文献:

- [1] Zou P X W, Zhang G, Wang J. Understanding the key risks in construction projects in China[J]. *International Journal of Project Management*, 2007, 25 (6): 601-614.
- [2] Nieto-Morote A, Ruz-Vila F. A fuzzy approach to construction project risk assessment[J]. *International Journal of Project Management*, 2011, 29 (2): 220-231.
- [3] 王志玮,蔡贞秀,吴栋梁. 基于全生命周期的高速公路工程风险识别与模糊综合评价应用研究[J]. *项目管理技术*, 2012 (12): 46-51.
- [4] Zhang H. A redefinition of the project risk process: Using vulnerability to open up the event-consequence link[J]. *International Journal of Project Management*, 2007, 25 (7): 694-701.
- [5] 张科举, 蔡慧娟. 加速遗传投影寻踪模型在工程项目决策中的应用研究[J]. *土木工程与管理学报*, 2015 (1): 93-96.
- [6] Iyer K C, Sagheer M. Hierarchical Structuring of PPP Risks Using Interpretative Structural Modeling[J]. *Journal of Construction Engineering & Management*, 2010, 136 (2): 151-159.
- [7] <http://www.crcc.cn/g562/s1181/t20624.aspx>
- [8] 王 超. 中国对外承包工程企业国际工程项目风险预警机制研究[D]. 清华大学, 2014.
- [9] 向鹏成, 万珍珍. 我国建筑企业海外EPC项目风险管理——以中铁沙特麦加轻轨项目为例[J]. *国际经济合作*, 2011 (6): 52-55.
- [10] 齐荣光, 梁 权. 从中铁建沙特巨亏看海外工程项目风险管理[J]. *会计之友*, 2011 (19): 20-21.
- [11] Tang T. Research on the Risk Identification for the International Engineering Contracting EPC Projects[M]// *Proceedings of the 21st International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2014*[J]. Atlantis Press, 2015: 477-482.
- [12] Shou Qing Wang, Mohammed Fadhil Dulaimi, Muhammad Yousuf Aguria. Risk management framework for construction projects in developing countries[J]. *Construction Management & Economics*, 2004, 22 (3): 237-252.
- [13] 丁烈云. 工程管理: 关注工程的社会维度[J]. *建筑经济*, 2009 (5): 8-10.
- [14] 李志强. 国际工程承包项目风险管控与案例分析[J]. *工程建设与设计*, 2012 (11): 199-202.

### 作者简介:

刘 强 (1961-), 通讯作者, 男, 教授, 研究方向: 国际工程风险管理;

陈丽萍 (1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 国际工程风险管理。