

X施工企业节能环保建设项目投标风险识别

陈云琴, 张程州, 沈羽彤, 王嘉文

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年12月25日; 录用日期: 2025年1月18日; 发布日期: 2025年1月24日

摘要

随着节能环保项目逐渐成为施工行业的重要组成部分, X施工企业在节能环保项目投标过程中, 节能环保项目投标的复杂性使得风险因素较为多样, 在不确定性信息情况下的投标风险识别与分类, 仍然是一个亟待解决的科学问题。因此, 建立科学的风险识别体系显得尤为重要, 本研究通过运用系统分析框架和多种风险识别方法, 深入探讨了节能环保项目投标中的主要风险因素。本文首先结合文献研究法对这些风险因素进行系统总结, 采用WBS-RBS方法对投标流程进行分解, 明确了投标中的潜在风险因素。并且借鉴了节能环保项目投标失败案例分析, 进一步验证了风险识别过程的可靠性和全面性。最终, 本研究为施工企业在节能环保项目投标过程中提供了一套系统的风险识别框架, 为投标风险管理提供了科学的决策支持。

关键词

节能环保, 投标风险, 风险识别, WBS-RBS方法, 投标风险管理

Risk Identification of Bidding for Energy-Saving and Environmental Protection Construction Projects by X Construction Company

Yunqin Chen, Chengzhou Zhang, Yutong Shen, Jiawen Wang

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Dec. 25th, 2024; accepted: Jan. 18th, 2025; published: Jan. 24th, 2025

Abstract

As energy-saving and environmental protection projects become an important part of the con-

文章引用: 陈云琴, 张程州, 沈羽彤, 王嘉文. X施工企业节能环保建设项目投标风险识别[J]. 建模与仿真, 2025, 14(1): 1073-1085. DOI: 10.12677/mos.2025.141098

struction industry, the complexity of bidding for such projects introduces diverse risk factors. In the context of uncertain information, bid risk identification and classification remain critical scientific issues that need to be addressed. Therefore, establishing a scientific risk identification system is crucial. This study applies a system analysis framework and various risk identification methods to explore the main risk factors in the bidding process for energy-saving and environmental protection projects. First, a systematic summary of these risk factors is conducted through literature research. The WBS-RBS method is then used to decompose the bidding process, identifying potential risks. Additionally, an analysis of failed bidding cases in energy-saving and environmental protection projects further validates the reliability and comprehensiveness of the risk identification process. Ultimately, this research provides a systematic risk identification framework for construction enterprises in the bidding process, offering scientific decision support for bid risk management.

Keywords

Energy-Saving and Environmental Protection, Bidding Risks, Risk Identification, WBS-RBS Method, Bid Risk Management

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 节能环保项目投标风险识别

1.1. 节能环保项目风险指标体系构建思路

在得到节能环保项目存在的关键风险因素之前, 投标风险的识别是风险评估[1]的前提, 但大多数研究仅从单一维度进行分析, 缺乏多层次、多角度的科学识别方法。因此, 本研究通过引入 WBS-RBS 方法, 结合文献研究和专家评估, 构建了一套系统的风险识别框架, 确保了投标过程中潜在风险的全面识别与定量分析。首先通过分析总结出节能环保项目的风险问题, 再利用文献研究法对节能环保项目的风险问题进行总结, 利用 WBS-RBS 方法分解投标流程并列出现潜在风险因素建立投标阶段初步风险识别清单。另外本研究收集了 400 条真实节能环保项目投标失败的经典案例, 并对其中的投标风险因素进行总结检验, 确保风险识别方法的全面性和准确性, 从而有效的弥补各个风险识别方法单独使用的缺陷。

1.2. 基于文献研究法的风险因素识别

通过大量的文献资料分析, 包括学术期刊、行业报告、项目案例、政策文件等, 搜集并分析与节能环保项目相关的研究, 整理和分析节能环保项目在投标时出现的问题。首先采用科学的文献筛选标准, 选取出近五年节能环保项目投标时相关的高质量文献、然后进行分类和整理, 对项目的各个方面如环境、管理、技术等风险方面进行系统分析[2], 这些文献涉及到投标的各个阶段, 相关的政策法规和市场需求以及节能环保项目所要涉及到的技术。其次, 通过邀请多名行业专家进行深度访谈, 结合其实际经验, 进一步确认了投标过程中可能面临的关键风险。此外, 结合实际的行业经验与 X 施工企业实际节能环保项目投标案例分析, 进一步验证了这些风险因素的科学性和有效性, 从而确保了研究结果的科学性和合理性。

最终结合以上三种方法的结果, 识别出节能环保项目投标阶段的风险因素, 通过整理归纳得到如表 1 所示[3]。

Table 1. Identification of energy-saving and environmental protection project bidding risk factors using the literature review method**表 1.** 文献研究法识别节能环保项目投标风险因素

风险类型	风险因素编号	风险因素
环境风险	1	政治风险
	2	产业政策风险
	3	宏观经济风险
	4	税费改革风险[4]
	5	商业地理环境
	6	市场合作与竞争风险
	7	自然环境风险
	8	社会环境风险
	9	突发事件风险
管理风险	10	合同管理风险
	11	资源整合风险
	12	财务管理风险
	13	投标资格审查风险
	14	评标专家的抽取风险
	15	监督管理风险
	16	投标编制人员经验不足风险
	17	投标信息遗漏风险
	18	报名、购买投标文件时失误无法投标
	19	投标报价泄露风险
	20	投标策略运用失误风险
	21	投标废标风险
	22	融资管理风险
	23	人力资源风险
	24	管理决策风险
	25	投标报价价格风险
	26	设备与材料供应风险
	27	信贷融资风险
技术风险	28	技术不成熟风险
	29	技术兼容性风险
	30	关键施工技术经验不足
	31	同类施工经验不足
	32	技术规范要求风险
	33	施工组织设计方案不合理
信用风险	34	恶性竞争风险
	35	商务合作风险
	36	围标串标风险
	37	违约风险

1.3. 基于 WBS-RBS 法的风险因素识别

WBS-RBS 针对工程领域的风险识别,可以将投标流程和投标的工作结构进行分析,首先使用 WBS 对投标项目子任务包进行细致的分解;随后,RBS 被应用于这些分解后的工作包,以识别和评估与之相关的潜在风险。在节能环保项目的投标过程中,WBS-RBS 方法,将文献研究得出的初步风险清单可以结合 WBS-RBS 进行系统和结构层次的分解和划分,使得风险事件发生的风险因素之间的逻辑关系更加清晰。

(1) 构建 WBS

节能环保项目投标流程 WBS 见表 2。

Table 2. Work Breakdown Structure (WBS) for Energy-saving and environmental protection project bidding
表 2. 节能环保项目投标 WBS 分解表

目标层	指标层 1	指标层 2
工程投标 W	招标准备与公告 W1	工程资料准备 W11
		发布招标文件 W12
	资格预审与获取招标文件 W2	资格审查 W21
		文件分发 W22
	投标文件准备与提交 W3	技术方案制定 W31
		商务报价 W32
		施工计划 W33
	开标、评标与澄清 W4	开标 W41
		评标 W42
		澄清 W43
	中标决策与合同签订 W5	中标决策 W51
		合同草拟 W52
		合同签订 W54

(2) 构建 RBS

在节能环保项目投标风险管理过程中,结合文献研究提取出来的风险因素,结合整理的节能环保项目或绿色建筑投标失败的真实经典案例分析。针对施工单位在节能环保项目投标阶段所遇到的风险问题进行深入的风险分解。

根据节能环保项目投标风险的概念,首先对节能环保项目投标风险进行第一层次的分解,从而得到四个大类的风险类别,即环境风险,管理风险、技术风险和信用风险。然后针对四个大类的风险进行第二层级的分类,筛选出文献研究提取的投标过程中的基本风险单元,节能环保项目的风险分解结构如表 3 所示。

Table 3. Risk Breakdown Structure (RBS) for bidding risks
表 3. 投标风险 RBS 分解表

目标层	指标层 1	指标层 2
节能环保项目投标风险 R	环境风险 R1	当地产业政策风险 R11
		税费改革风险 R12
		市场经济风险 R13

续表

管理风险 R2	合同管理风险 R21
	投标资格审查风险 R22
	报名、购买投标文件过程失误无法投标 R23
	投标策略运用失误风险 R24
	投标报价价格风险 R25
	设备与材料供应风险 R26
	技术不成熟风险 R31
技术风险 R3	技术不兼容风险 R32
	关键施工技术经验不足 R33
	同类施工经验不足 R34
	技术规范要求风险 R35
	施工组织设计方案不合理 R36
信用风险 R4	恶意竞争风险 R41
	商务合作风险 R42
	围标串标风险 R43
	违约风险 R44

1.4. 构建 WBS-RBS 耦合矩阵

本研究邀请专家对各个指标的相对重要性进行判断，采用了结构化问卷法，向专家们发放了一份涵盖各类风险因素的问卷，问卷设计严格按照学术规范进行，以保证其有效性和针对性。问卷的内容涵盖了多个风险类别，包括环境风险、管理风险和技术风险等，每一项风险因素均要求专家根据其节能环保项目投标成功的影响程度进行打分。专家根据评分标准(0~1)评估每个风险因素的相关性，其中 1 表示“可能影响项目的风险”，0 表示“风险影响度极小或不相关”。问卷内容主要包括四个方面：环境、管理、技术和信用风险，每一类风险均设有具体的指标，专家需根据实际经验和行业知识，对各个风险因素的相对重要性进行打分。通过问卷回收结果，构建了风险评估的判断矩阵，并对各风险因素之间的关联性进行了量化分析，可以进一步分析不同风险因素对项目投标成功的潜在影响。矩阵中将风险因素作为行向量，工作任务作为列向量，交叉点代表一个可能存在风险的事件。每个元素代表一个基本事件，并用数字“0”和“1”来标记。若一个基本事件存在可能影响项目的风险，它被标记为“1”；反之，不存在风险或风险影响极小的风险则被标为“0”。具体如表 4 所示。

从矩阵中可以看出，投标风险因素和投标工作阶段的各个流程相关，投标风险因素存在于各个层级的工作中，对投标成功的概率有着显著影响，通过 WBS-RBS 耦合矩阵，能够清晰的识别出各个阶段对应的主要风险，为投标风险评估打下基础。

2. 风险权重确定

2.1. 基于 AHP 法的风险权重确定

本研究邀请专家对投标风险的各个指标的相对重要性进行了判断，并且通过问卷中的结果进行了 AHP 法[4]判断矩阵的构建。首先将环境风险、管理风险、技术风险、信用风险作为二级风险指标，将 WBS-RBS 筛选的风险指标因素作为一级指标；再对专家评价结果所构建的判断矩阵进行一致性检验，若通过，则可根据判断矩阵进行权重计算，最后将专家的判断结果进行综合以得分最终权重见表 5。

Table 4. WBS-RBS coupling matrix analysis results
表 4. WBS-RBS 耦合矩阵分析结果

		工程投标 WBS-RBS																
		W11	W12	W21	W22	W31	W32	W33	W41	W42	W43	W41	W42	W43	W44	W51	W52	W53
节能环保 项目投标 风险 R	R11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	R12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	R22	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	R23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	R24	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	R25	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	R26	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	R31	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R32	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R33	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R34	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R35	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R36	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R41	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R42	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	R43	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	R44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	R45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Table 5. Judgment matrix for second-level indicators
表 5. 二级指标的判断矩阵

	环境风险	管理风险	技术风险	信用风险
环境风险	1	1/5	1/7	1/4
管理风险	5	1	1/3	1/2
技术风险	7	3	1	4
信用风险	4	2	1/4	1

用 Excel 办公软件计算评价指标过程。

(1) 计算指标判断矩阵每行元素乘积的 n 次方根 $\bar{w}_i$

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \tag{2-1}$$

求得： $\bar{W} = \left\{ \begin{matrix} 0.3775 \\ 0.9041 \\ 3.0476 \\ 1.1892 \end{matrix} \right\}。$

(2) 归一化处理获得特征向量的近似值

$$W_i = \frac{\overline{W_i}}{\sum_{j=1}^n \overline{W_j}} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \tag{2-2}$$

求得： $W = \begin{Bmatrix} 0.0684 \\ 0.1639 \\ 0.5523 \\ 0.2154 \end{Bmatrix}$ 。

(3) 计算判断矩阵最大特征值 $\lambda_{\max}$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} W_j}{W_i} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \tag{2-3}$$

求得： $\lambda_{\max} = 4.0519$ 。

(4) 计算一致性指标 CI 和一致性比率 CR，计算阶数与 RI 对应表见表 6。

Table 6. Correspondence table of ordinal numbers and Random Index (RI) values
表 6. 阶数与 RI 值对应表

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{2-4}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2-5}$$

计算可得： $CI = 0.0173$ ，当 $n = 4$ 的时候，通过计算 $RI = 0.90$ ， $CR = 0.0192$ 。

(5) 一致性检验

$CR = 0.0576 < 0.1$ ，所以通过一致性检验。

最终得到了项目投资风险二级指标的权重估计结果见表 7。

Table 7. Weights of second-level indicators and consistency check results
表 7. 二级指标权重及一致性检验结果

	环境风险	管理风险	技术风险	信用风险	权重
环境风险	1	1/3	1/2	1/3	0.0684
管理风险	3	1	1/2	1/2	0.1639
技术风险	2	2	1	1/2	0.5523
信用风险	3	2	2	1	0.2154
一致性检验	$\lambda_{\max} = 4.0519$ ， $CI = 0.0173$ ， $CR = 0.0192 < 0.1$ 通过一致性检验				

(6) 按照如上的层次分析法步骤，对二级指标下属的各个三级指标的权重并进行计算，并对权重进行一致性检验。其中环境风险的权重估计结果见表 8，管理风险权重估计结果见表 9，技术风险权重估计结果见表 10，信用风险权重风险估计结果见表 11。

Table 8. Weights of third-level environmental risk indicators and consistency check results
表 8. 环境风险三级指标权重及一致性检验结果

指标	R11	R12	R13	权重
R11	1	3	1/2	0.3325
R12	1/3	1	1/3	0.1396
R13	2	3	1	0.5278
一致性检验	$\lambda_{\max} = 3.0536$, $CI = 0.0268$, $CR = 0.0462 < 0.1$ 通过一致性检验			

Table 9. Weights of third-level management risk indicators and consistency check results
表 9. 管理风险三级指标权重及一致性检验结果

指标	R21	R22	R23	R24	R25	R26	权重
R21	1	3	4	5	6	3	0.4174
R22	1/3	1	2	3	4	2	0.2068
R23	1/4	1/2	1	2	3	1	0.1242
R24	1/5	1/3	1/2	1	2	1/2	0.0739
R25	1/6	1/4	1/3	1/2	1	1/3	0.0474
R26	1/3	1/2	1	2	3	1	0.1303
一致性检验	$\lambda_{\max} = 6.2331$, $CI = 0.0466$, $CR = 0.0376 < 0.1$ 通过一致性检验						

Table 10. Weights of technical risk indicators and consistency check results
表 10. 技术风险各指标权重及一致性检验结果

指标	R31	R32	R33	R34	R35	权重
R31	1	2	4	5	6	0.0539
R32	1/2	1	3	4	6	0.0816
R33	1/4	1/3	1	3	5	0.2307
R34	1/5	1/4	1/3	1	2	0.2033
R35	1/6	1/6	1/5	1/2	1	0.3393
一致性检验	$\lambda_{\max} = 5.201$, $CI = 0.050$, $CR = 0.045 < 0.1$ 通过一致性检验					

Table 11. Weights of third-level credit risk indicators and consistency check results
表 11. 信用风险三级指标权重及一致性检验结果

指标	R11	R12	R13	R14	权重
R41	1	1/3	1/2	1/2	0.1350
R42	3	1	1/2	2	0.2808
R43	2	2	1	2	0.3894
R44	2	1/2	1/2	1	0.1947
一致性检验	$\lambda_{\max} = 4.1556$, $CI = 0.0519$, $CR = 0.0576 < 0.1$ 通过一致性检验				

将上述的所有指标的重要性权重整理可以得出投资项目风险管理的组合权重，根据提供的权重结果，我们可以对 X 施工企业节能环保项目投标过程中的主要风险因素进行深入分析。这些权重反映了不同风

险因素在项目中的重要性，以及它们对项目成功可能产生的影响

2.2. 节能环保项目投标风险客观概率

通过本研究从国家能源局官网、招投标网站、北极星环保网、国际节能环保网站及其他方式收集到 400 条以往节能环保项目投标失败的经典案例数量汇总情况见表 12。

Table 12. Summary information table of failed bids for Energy-saving and environmental protection projects
表 12. 节能环保项目投标失败汇总信息表

类别	数量	占比
环境风险 R1	48	9.62%
管理风险 R2	197	39.48%
技术风险 R3	221	38.28%
信用风险 R4	66	12.63%

同时考虑到节能环保项目失败主要是由于环境风险、管理风险、技术风险与信用风险等四个一级风险因素导致，因此将节能环保项目投标失败按照 4 个二级致因风险分类整理，由于同一个节能环保项目投标失败会存在多个原因导致，所以要将数据指标进行归一化处理之后才能计算得到客观概率。具体的计算就是将三级指标中的导致投标失败的风险事故发生的数量除以对应累加的二级指标的发生数量。进一步根据层次分析法所得到的指标权重，以及实际发生的事故信息所得到的客观概率，并用最小鉴别信息原理计算得出综合概率。

2.3. 最小鉴别信息原理确定风险因素综合概率

由于层次分析法是由专家经验得出的主观权重，节能环保投标失败案例归一化得到的是客观权重，利用最小鉴别信息原理可以有效的结合主观概率和客观概率，并且可以得到综合概率，建立的函数：

$$\min F = f(W_z, W_i) + f(W_z, W_j) = \sum_{j=1}^m W_z \left[\ln \frac{W_z}{W_i} \right] + \sum_{j=1}^m W_z \left[\ln \frac{W_z}{W_j} \right]$$
$$s.t. \sum_{i=1}^n W_z = 1, W_z \geq 0, i = 1, 2, \dots, n$$

对于极值点，

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial W_z} = \left(\ln \frac{W_z}{W_i} + 1 \right) + \left(\ln \frac{W_z}{W_j} + 1 \right) - \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{j=1}^m W_z - 1 = 0 \end{cases}$$

从而解出综合概率求解公式：

$$W_z = \frac{\sqrt{W_i W_j}}{\sum_{i=1}^m \sqrt{W_i W_j}}$$

综上，采用了 AHP 方法分析出每个风险因素指标的权重指标，利用最小鉴别信息原理确定出节能环保项目投标风险因素的综合概率见表 13。

Table 13. Comprehensive probability of risk events for failed bids in energy-saving and environmental protection projects
表 13. 节能环保项目投标失败风险事件综合概率

二级指标	三级指标	权重	组合 权重 W_i	客观 概率 W_j	综合 概率
环境风险 R1	当地产业政策风险 R11	0.3325	0.0227	0.3333	0.3335
	税费改革风险 R12	0.1396	0.0095	0.1042	0.1208
	市场经济风险 R13	0.5278	0.0361	0.5625	0.5458
管理风险 R2	合同管理风险 R21	0.4174	0.0684	0.2081	0.3599
	投标策略运用失误风险 R22	0.2068	0.0339	0.0761	0.1532
	投标报价价格风险 R23	0.1242	0.0204	0.2335	0.2079
	设备与材料供应风险 R24	0.0739	0.0121	0.1929	0.1458
	财务资金管理风险 R25	0.0474	0.0078	0.1980	0.1183
	投标资格审查风险 R26	0.1303	0.0214	0.0914	0.1332
技术风险 R3	技术不成熟不兼容风险 R31	0.4337	0.2395	0.2723	0.3601
	关键施工技术经验不足 R33	0.2967	0.1639	0.2356	0.2771
	同类施工经验不足 R34	0.1515	0.0837	0.1361	0.1505
	技术规范要求风险 R35	0.0734	0.0405	0.1675	0.1162
	施工组织设计方案不合理 R36	0.0447	0.0247	0.1885	0.0962
信用风险 R4	恶意竞争风险 R41	0.135	0.0291	0.0317	0.0671
	商务合作风险 R42	0.2808	0.0605	0.2381	0.2650
	围标串标风险 R43	0.3894	0.0839	0.4444	0.4263
	违约风险 R44	0.1947	0.0419	0.2857	0.2417

3. 故障树模型构建

根据以上层次分析法确定的节能环保项目投标风险因素分析，建立出节能环保项目投标阶段的故障树模型。故障树分析可以利用逻辑推理对潜在事故原因进行详尽的分析，帮助识别关键风险点，从而构建一个层次化的逻辑模型。从故障树预定义的顶事件开始，逐步分解成一系列子事件和基本事件。这些事件通过逻辑门相互连接，形成了一个可以描述节能环保项目投标风险的因果关系树状图。在进行故障树分析时，首先定义系统故障的顶事件，即节能环保项目投标失败事件，并识别所有可能导致节能环保项目投标失败的子事件。随后，通过逻辑推理，进一步将每个子事件分解为更小的事件，直至达到基本事件，即分解成为不能再分解的单一投标风险因素。最后通过故障树的定量分析，可以赋值给节能环保项目基本事件的概率，计算顶事件发生的可能性，从而为节能环保项目投标风险模型提供数据支持。

3.1. 投标因素故障树模型建立

首先对顶上事件、中间事件和基本事件进行确定。

顶上事件：研究对象为一组特定事件的集合，表征了所有潜在发生的事件的总体。即节能环保项目的投标失败事故作为故障树的顶事件。

中间事件：导致事故发生的直接诱因。即环境风险、管理风险、技术风险、信用风险。

基本事件：中间事件的进一步划分为具体的基本事件，它们构成了投标失败事故发生的根本原因。

例如当地产业政策风险、税费改革风险、市场经济风险等三级风险因素。

根据对节能环保项目投标风险因素的分析建立有关于节能环保项目的故障树模型，故障数的构造采取自上自下的方式进行，通过确立故障树可以导致投标失败的风险子系统，将风险子系统定义为故障树的次项事件，通过“或”门连接，确定节能环保项目投标风险因素，建立节能环保项目投标。针对故障树的各层事故原因及逻辑的分析，利用逻辑门串联各个事件，所建立出的故障树如下图 1 所示。

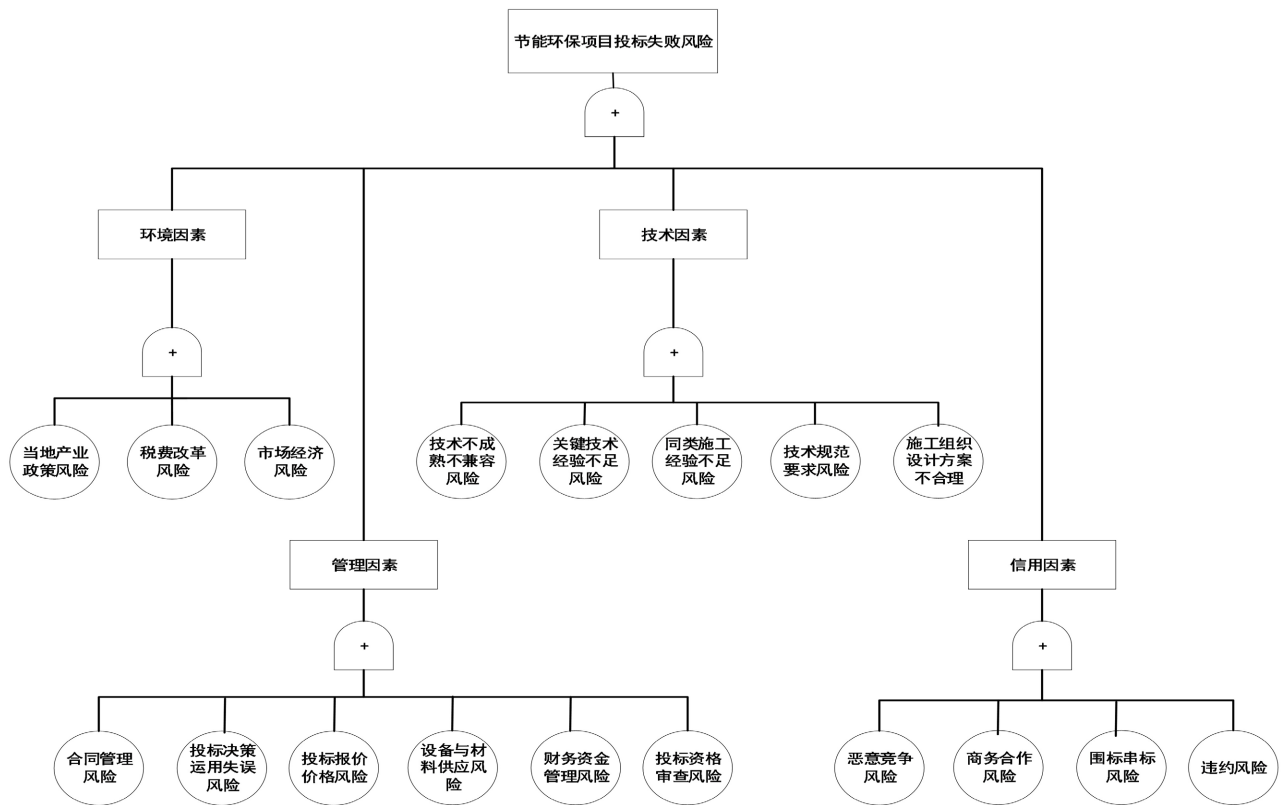


Figure 1. The fault tree model diagram of tender risk factors
图 1. 投标风险要素故障树模型图

3.2. 预测结果评价

(1) 投标风险要素主故障树模型定性分析

在故障树分析(FTA)中，割集是指导致顶事件发生的底事件组合。具体来说，如果一个割集中的所有底事件都发生，则顶事件必然发生。然而，在割集中可能包含一些非必要的底事件，这些事件对于顶事件的发生不是关键性的。通过移除割集中的非必要底事件，我们得到最小割集。在一个最小割集中，每一个底事件都是至关重要的，即任何单个底事件的缺失都会阻止顶事件的发生。通过求解故障树的所有最小割集，可以确定顶事件发生的全部潜在途径。

在定性分析中，最小割集的重要性与其阶数有关；阶数越小的割集越重要。这意味着出现在低阶最小割集中的底事件比那些出现在高阶最小割集中的底事件更为关键。分析故障树的最小割集有助于识别系统的薄弱环节，从而采取措施提高系统的安全性或可靠性。一阶最小割集底事件主要包括了{R11}、{R12}、{R13}、{R21}、{R22}、{R23}、{R24}、{R25}、{R31}、{R32}、{R33}、{R34}、{R35}、{R36}、{R41}、{R42}、{R43}、{R44}。

(2) 投标风险要素主故障树模型定量分析

概率重要度是导致的顶事件发生概率变化的程度，即底事件的敏感度。概率重要度越大表明该事件越敏感，降低其发生概率可有效降低顶上事件发生的概率。相对概率重要度是使用基本事件发生概率的相对变化率与顶上事件的相对变化率来表示的基本事件的重要度，该重要度从底事件敏感度和自身发生概率的双重角度衡量各基本事件的重要度标准。经过计算，将底事件的概率重要度按照降序排序，并将对应的相对概率重要度计算排名，结果如表 14 所示。

Table 14. Probability importance of tender risk factors
表 14. 投标风险因素概率重要度

风险因素	概率重要度	临界概率重要度	重要性排名
税费改革风险 R11	0.0035	0.0105	5
当地产业政策风险 R12	0.0010	0.0079	14
市场经济风险 R13	0.0085	0.0154	1
合同管理风险 R21	0.0040	0.0109	4
投标策略运用失误风险 R22	0.0013	0.0082	10
投标报价价格风险 R23	0.0018	0.0088	9
设备与材料供应风险 R24	0.0012	0.0082	12
财务资金管理风险 R25	0.0009	0.0079	16
资金管理风险 R26	0.0011	0.0081	13
技术不成熟不兼容风险 R31	0.0040	0.0109	3
关键施工技术经验不足 R32	0.0027	0.0097	6
同类施工经验不足 R33	0.0012	0.0082	11
技术规范要求风险 R34	0.0009	0.0079	15
施工组织设计方案不合理 R35	0.0007	0.0077	17
恶性竞争风险 R41	0.0005	0.0075	18
商务合作风险 R42	0.0025	0.0095	7
围标串标风险 R43	0.0052	0.0122	2
违约风险 R44	0.0022	0.0092	8

在 X 施工企业的节能环保项目投标过程中，通过分析表所示的投标风险因素概率重要度和临界概率重要度，通过计算出综合重要性排序，我们可以深入理解企业面临的各种风险及其潜在影响[5]。例如，市场经济风险 R13 位居榜首，这强调了市场环境的不稳定性对投标成功率的影响。企业必须密切关注市场动态，包括需求变化、价格波动和经济周期，以便及时调整投标策略，确保在竞争激烈的市场中保持优势。

(3) 分析总结

在节能环保项目投标风险识别之后，利用故障树的分层结构，建立了节能环保项目的故障树风险模型。由定性分析可以得出节能环保项目的最小割集，可以得到大多数的情况只要满足最小割集的条件，节能环保项目投标失败的事故就会发生。并通过故障树的定量分析可以得到概率重要度和临界概率重要度。分析得出通过底事件如何影响顶事件的发生，通过综合分析得到节能环保项目投标失败的主要致因

因素。基于该框架,施工企业能够在投标前识别潜在风险,并对不同风险因素进行优先级排序,从而提高投标决策的科学性与合理性。增强了对风险的全面理解[6],通过量化的评估方法,为企业提供更加科学和精准的决策支持。

4. 结论

本文建立了 X 施工企业在节能环保项目投标风险识别体系,针对 X 施工企业在节能环保项目投标过程中面临的风险因素[7],本文提出了一套科学的风险识别框架,系统地梳理了影响投标成功的关键风险因素,研究主要得出以下几个结论:

(1) 节能环保项目投标风险因素存在多样性和复杂性[8]。投标风险种类繁多并覆盖环境、管理、技术和信用多个方面,在不同投标阶段的风险因素和影响程度存在较大差异,因此不能仅考虑单一因素,需要采用多种方法多维度对节能环保项目投标风险进行识别和评估。

(2) 本研究采用了 WBS-RBS 对投标流程进行了解析,进一步分析了各个投标环节和投标风险的关系。通过对流程的解析和在流程中存在的风险因素,构建了耦合矩阵,有效识别了投标阶段的风险点,为投标管理提供了量化依据。

(3) 本研究通过多种方法检验风险识别的科学性和可靠性,为后续投标风险管理提供决策性支持。结合文献研究和实际投标失败案例,通过专家问卷和判断矩阵的构建准确识别出潜在风险,明确各风险因素的重要性。

综上所述,本研究为节能环保项目投标过程中提出了一种基于 WBS-RBS 框架的风险识别方法,为风险识别提供了新的视角和方法,研究不仅对风险因素进行了多维度的归类与分析,还通过专家评估与失败案例的结合,验证了风险识别框架的科学性。此外,通过构建判断矩阵并应用于实际案例,为今后施工企业在节能环保项目在不确定性环境下[9]进行投标风险管理提供了可操作的支持,同时也证明了本研究风险识别方法的科学性和适用性。

参考文献

- [1] 夏禹,王磊.基于反向传播神经网络的海洋工程项目投标风险评价方法[J].上海交通大学学报,2023,57(S1):46-53.
- [2] 刘陶.工程量清单模式下建筑工程投标报价风险研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(1):196-198.
- [3] 左光之.建筑公司风险管理识别与防范——以 A 公司为例[J].华东经济管理,2016,30(8):179-184.
- [4] 鲍海君,施经纶,袁定欢,等.基于层次分析法的滩涂资源开发项目风险识别及其对策[J].生态经济,2014,30(5):93-97.
- [5] 张致远,张少华,王晔,等.基于期权合同的风电项目日前市场投标偏差风险管理[J].太阳能学报,2023,44(11):255-262.
- [6] 王洪亮,孙伟卿,桑丙玉.考虑条件风险价值的“新能源+储能”电站现货市场投标策略[J].电网技术,2023,47(9):3620-3631.
- [7] 黄晓燕,王少康.“一带一路”EPC 项目投标阶段的税务风险管理——以 X 公司投资越南光伏电站为例[J].国际税收,2021(5):67-74.
- [8] 李沛新.高校招投标工作廉政风险防控研究[J].学术论坛,2016,39(11):87-92.
- [9] 林韩涵,杨杰.国际 EPC 项目投标阶段的风险管理案例分析[J].国际经济合作,2010(12):53-57.