

DOI: 10.13606/j.cnki.37-1205/td.2025.01.029.

H 地区储煤场改建工程风险管控技术研究

赵宏伟

(山东省安全生产举报投诉中心, 山东 济南 250100)

摘要: 本文依托于某热电厂储煤场改建项目, 对改建工程项目中存在的风险进行危险源辨识和风险进行了分析。提出了建设工程项目在施工作业中的风险识别方法为头脑风暴法和德尔菲法相结合, 得到了改建项目的初始风险指标并且利用调查问卷法进行指标验证, 最终确定了风险指标体系。经过运用 DEMATEL 结合网络层次分析法 (ANP) 进行风险评价, 得到了各风险因素的全局权重以及局部权重, 确定了改建工程项目在运行期间施工中应重点防范的部位和应控制的风险因素, 最后针对权重较高的风险因素进行管控策略的实施。

关键词: 危险源辨识; 风险评价; 控制策略

中图分类号: TU272.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-0797(2025)01-0158-05

Research on risk control technology of coal storage yard reconstruction project in H district

ZHAO Hongwei

(Shandong Provincial Safety Production Reporting and Complaint Center, Jinan 250100, China)

Abstract: Based on a coal storage yard reconstruction project of a thermal power plant, this paper identifies the hazard sources and analyzes the risks existing in the reconstruction project. It is proposed that the risk identification method of construction project in construction operation is a combination of brainstorming method and Delphi method, and the initial risk index of reconstruction project is obtained and verified by questionnaire method, and the risk index system is finally determined. DEMATEL and network Analytic Hierarchy Process (ANP) were used to conduct risk assessment, and the global weight and local weight of each risk factor were obtained, and the key parts that should be prevented and the risk factors that should be controlled during the construction of the reconstruction project were determined. Finally, the control strategy was implemented for the risk factors with high weight.

Key words: Hazard source identification; Risk assessment; Control strategy

0 引言

目前, 我国正处于大规模的经济建设时期, 各行业各门类的建设项目数量庞大。基于我国资源国情和各类发电形式的技术经济性, 燃煤发电长期占据我国发电领域和火电领域的主导地位^[1-8]。现阶段, 我国储煤场大多为露天储煤场, 扬尘污染比较严重, 主要包括煤炭装卸、运输以及储煤过程中风力作用下形成的煤尘污染。不仅对周边建筑、农田、设施造成污染, 也给职工和周边居民健康甚至运输安全带来很大影响, 长期堆放还有自燃的风险^[9-13]。为有效解决上述问题, 本文通过研究火电厂储煤场改建项目中各种风险管控方法的适用性, 总结出适用于该改建项目的风险预测方法, 以及安全风险分级管理方法及依据。研究成果不仅可为储煤厂改建项目提供管理方法以及风险管控措施, 同时在同类型项目运行过程中, 能够为管理者采取针对性管控措施提供参考, 合理规避风险, 提升收益。

1 储煤场改建过程风险因素指标体系

1.1 储煤场改建项目概况

某电力集团热电厂全封闭储煤棚和储渣棚设计及施工项目, 煤棚建筑面积为 3248.00 m²。改建项目中工程结构设计使用期为 50 年, 结构形式为钢筋混凝土独立基础、钢结构门式钢架, 抗震设防烈度为 6 度, 设计基本地震加速度 0.05 g。建筑场地类别 II 类, 基本风压 0.50 kN/m², 地面粗糙度为 B 类, 建筑结构安全等级为二级, 砌体施工质量等级为 B 级, 地基设计等级为丙级, 消防等级为二级, 屋面防水等级为 II 级。

1.2 改建过程风险识别过程

1) 风险辨识方法介绍。现在业界常用的风险识别方法有头脑风暴法、德尔菲法、故障树法、SWOT 分析法。

2) 风险辨识实施步骤。采用头脑风暴法与德尔菲法相结合的方法对改建项目的风险进行识别, 不

仅可以有效避免单一风险识别方法造成风险识别结果不全面,还可以避免造成风险识别结果在某种情况下发生突变的情况。为了保证德尔菲法的风险识别效果,采用向各位专家单独分发问卷的方法,以避免专家评价结果相互干扰的现象,同时也能够有效提高风险识别准确率。

3) 指标验证。调查问卷由两部分组成:第一部分为被调查对象的基本信息,涉及到年龄、工龄、教育水平、所属部门。第二部分进行影响因素调查,一共有 17 个题项,包括指定题项 15 个,开放题项 2 个。对问卷汇总后,成立专家讨论小组,讨论得出最终致因指标。通过德尔菲法和头脑风暴法结合对改建项目过程进行风险辨识,并经过调查问卷法进行指标验证后得出风险指标体系。其中包括经济风险、使用隐患、设计风险、管理风险、施工风险和环境风险六大类,具体分为成本超支风险 X_1 , 融资风险 X_2 , 结构安全风险 X_3 , 通风不足风险 X_4 , 设计方案不合理风险 X_5 , 设计变更风险 X_6 , 管理水平不足风险 X_7 , 利益关系风险 X_8 , 施工安全风险 X_9 , 质量问题风险 X_{10} , 工期延误风险 X_{11} , 环境污染风险 X_{12} , 作业环境风险 X_{13} , 自然条件风险 X_{14} , 共计 14 个, 见表 1。

表 1 储煤场改建过程风险因素指标体系

项目	因素
经济风险	成本超支风险 X_1
	融资风险 X_2
使用隐患	结构安全风险 X_3
	通风不足风险 X_4
设计风险	设计方案不合理风险 X_5
	设计变更风险 X_6
管理风险	管理水平不足风险 X_7
	利益关系风险 X_8
施工风险	施工安全风险 X_9
	质量问题风险 X_{10}
	工期延误风险 X_{11}
	环境污染风险 X_{12}
环境风险	作业环境风险 X_{13}
	自然条件风险 X_{14}

1.3 改建项目风险因素分析

1) 经济风险。改建项目的资金来源主要是储煤

场的改建预算。如果当初预算做的精准,项目资金充足,则对工程项目进度不会产生很大影响,但如果项目在进行过程中因为其他因素出现资金相对不足或者出现断裂,则将会面临停工停产,产生巨大的负面影响。

2) 施工准备风险。项目实施之前,首先要对施工技术有正确的评价标准,即要有相应的施工技术标准 and 规范来控制施工技术风险。合理运用这个标准可以科学有效的对施工现场的质量管理起到积极的作用,并且技术规范可以通过制定相应审查条款,对施工设计图纸、施工方案进行审核,从源头控制施工风险。

3) 全封闭储煤场使用阶段隐患。煤场全封闭后,成为密闭空间,仓内通风差,作业时产生的粉尘一旦形成粉尘云,遇到明火或静电极易引发粉尘爆炸。因此,通风带应采用先进的风幕式通风带技术,在通风的同时,确保粉尘无外溢。

2 改建过程风险评价

2.1 决策实验室法

决策试验与评价实验室是美国 Bottelle 研究所于 1961 年提出来的,该理论运用图论和矩阵论的观点为系统因素的分析提供了方法。借助德尔斐法确定因素之间的逻辑关系,经过矩阵的一步推演计算,找到各个因素影响自身以及其他因素的水平层次,从而得到重要因素,将该体系的层次结构展现出来,从而达到处理错综复杂问题的目的,工作流程如图 1 所示。

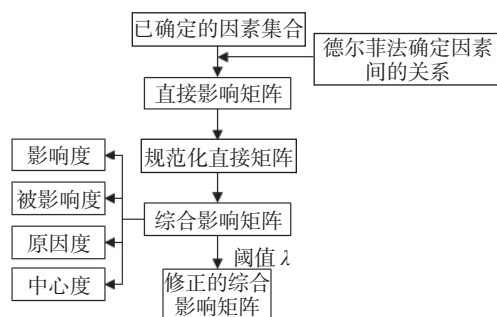


图 1 DEMATEL 的工作程序

2.1.1 决策试验与评价实验室方法步骤

步骤 1: 分析系统的指标因素。得出 14 个风险因素指标,对每个指标因素用不同字母表示:成本超支风险 X_1 , 融资风险 X_2 , 结构安全风险 X_3 , 通风不足风险 X_4 , 设计方案不合理风险 X_5 , 设计变

更风险 X_6 , 管理水平不足风险 X_7 , 利益关系风险 X_8 , 施工安全风险 X_9 , 质量问题风险 X_{10} , 工期延误风险 X_{11} , 环境污染风险 X_{12} , 作业环境风险 X_{13} , 自然条件风险 X_{14} 。

步骤 2: 确定因素之间的影响程度。根据德尔非法设计问卷的反馈结果, 确定影响指标之间的相互关系。设定因素之间的关联程度的取值范围为 $[0,3]$ 。0 表示两因素间无关系, 1 表示两因素间弱相关, 2 表示两因素间一般相关, 3 表示两因素间强相关。

步骤 3: 构建直接影响矩阵。假设专家 k ($k=1, 2, \dots, m$) 凭经验获得因素间的直接影响矩阵 x^k :

$$X^k = [x_{ij}^k]_{n \times n} \quad (1)$$

步骤 4: 直接影响矩阵规范化。设 ($G = [g_{ij}]_{n \times n}$) 为规范化矩阵, 则

$$G = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n x_{ij}^k} X \quad (2)$$

步骤 5: 建立综合影响关系矩阵。设综合影响矩阵 T ($T = [t_{ij}]_{n \times n}$), 根据规范化直接影响矩阵, 可由下式计算综合影响矩阵 T 。

$$T = \lim_{n \rightarrow \infty} (G + G^2 + \dots + G^k) \quad (3)$$

2.1.2 决策实验室法确定指标间关系

步骤 1: 产生初始直接影响矩阵。影响因素两两相关性调查, 根据专家打分获得影响因素间的直接影响矩阵 B , 分别对 $X_1 \sim X_{14}$ 这 14 个影响因素, 按照很强、强、一般、弱、无, 5 个等级进行因素间的相互影响判断, 并设置 5 个等级的赋值为 4、3、2、1、0, 然后对多位专家评判结果进行汇总, 采用取平均值的方法, 以消除专家间的个体知识差异, 以此求得初始直接影响矩阵, 具体公式为:

$$B = \begin{bmatrix} 0 & \beta_{12} & \dots & \beta_{1n} \\ \beta_{21} & 0 & \dots & \beta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{n1} & \beta_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中, β_{ij} 为事故因素 α_i 对 α_j 的平均直接影响强度, 且 $\beta_{ij} \neq \beta_{ji}$, 当 $i=j$ 时, 取 β_{ij} 等于 0。

步骤 2: 初始直接影响矩阵进行规范化处理

$$C = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n \beta_{ij}} B \quad (5)$$

步骤 3: 综合影响矩阵表示为:

$$T = C + C^2 + \dots + C^n = \sum_{i=1}^n C^i \quad (6)$$

2.2 基于 ANP 模型的指标重要度分析

按照 DEMATEL 的实施步骤, 对改建过程风险因素指标关系进行计算, 得到指标因素关系见表 2。

表 2 指标间因素关系表

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
X_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_3	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1
X_4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
X_6	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
X_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
X_8	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
X_9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
X_{10}	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_{11}	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
X_{12}	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
X_{13}	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_{14}	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0

2.2.1 ANP 结构模型构建

将构建好的结构模型转化成超级决策软件能够识别的模型, 模型中包含 4 个模块, 每个模块中包含不同的指标因素, 指标因素之间的作用关系见图 2。

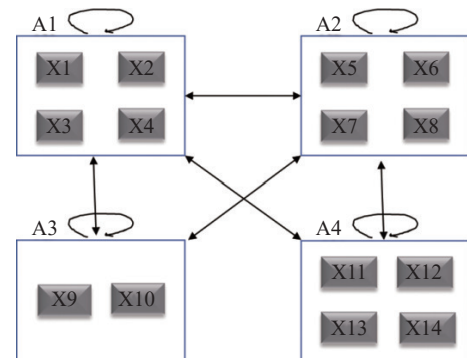


图 2 指标关系构建图

2.2.2 构建判断矩阵

构造判断矩阵是 ANP 模型计算的基础。在 ANP 中, 不仅要确定各级指标之间的关系, 更重要

的是要确定不同指标之间的关联关系，因此，需要对它们分别赋值，赋值流程是采用 1-9 标度法，两两比较打分，把打分结果输入超级决策软件的对应判断矩阵中，见表 3。

表 3 1-9 标度赋值法

序号	重要性等级	C_j 赋值
1	i, j 两元素同等重要	1
2	i 元素比 j 元素稍重要	3
3	i 元素比 j 元素明显重要	5
4	i 元素比 j 元素强烈重要	7
5	i 元素比 j 元素极端重要	9
6	i 元素比 j 元素稍不重要	1/3
7	i 元素比 j 元素明显不重要	1/5
8	i 元素比 j 元素强烈不重要	1/7
9	i 元素比 j 元素极端不重要	1/9

2.2.3 一致性检验

通过对构造的判断矩阵进行一致性检验，能够确保判断矩阵的误差在正常范围内，即“ $\text{Inconsistency} < 0.1$ ”，如图 3 所示。本文依次对所有判断矩阵进行一致性检验，均达到了一致性检验标准，保证了所得指标的权重的可靠性。

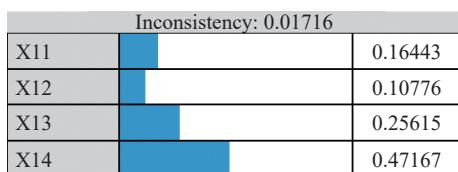


图 3 一致性检验

2.2.4 超级矩阵计算

在超级决策软件中会自动生成 3 个超级矩阵，分别为未加权超级矩阵、加权超级矩阵、极限矩阵。

2.2.5 指标权重的确定

超级矩阵计算结束后，回到 Super Decisions 主界面，执行 Computafions→Prioritie，从而获得各指标的权重，见表 4。

2.2.6 结果分析

经过 DEMATEL 判断各个风险因素相互之间的影响程度，为网络层次法（ANP）提供依据。运用网络层次法（ANP）计算各个风险因素所占的权重，进而针对风险因素所占权重进行控制策略的实施。

表 4 各指标因素权重表

Name	Normalized By Cluster	Limiting
X_1	0.393 24	0.278 534
X_2	0.018 34	0.012 987
X_3	0.423 35	0.299 861
X_4	0.165 07	0.116 918
X_5	0.313 5	0.007 529
X_6	0.224 02	0.005 38
X_7	0.429 55	0.010 316
X_8	0.032 94	0.000 791
X_9	0.260 95	0.000 559
X_{10}	0.779 05	0.001 971
X_{11}	0.158 59	0.042 052
X_{12}	0.047 94	0.012 712
X_{13}	0.384 92	0.102 062
X_{14}	0.408 55	0.108 328

经过计算进行风险评价后，得出各因素所占权重： X_1 成本超支风险 0.393 24； X_2 融资风险 0.018 34； X_3 结构安全 0.423 35； X_4 通风不足 0.165 07； X_5 设计方案不合理 0.313 5； X_6 设计变更风险 0.224 02； X_7 管理水平 0.429 55； X_8 利益关系风险 0.032 94； X_9 施工安全 0.260 95； X_{10} 施工质量问题 0.779 05； X_{11} 工期延误 0.158 59； X_{12} 环境污染 0.047 94； X_{13} 作业环境 0.384 92； X_{14} 自然条件 0.408 55。所占权重排序为： $X_{10} > X_7 > X_3 > X_{14} > X_1 > X_{13} > X_5 > X_9 > X_6 > X_4 > X_{11} > X_{12} > X_8 > X_2$ 。

其中， X_1 、 X_3 、 X_5 、 X_7 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{13} 、 X_{14} 所占的权重值超过了 0.25，应是重点防范的风险指标因素。

3 改建过程风险应对措施及效果

3.1 风险应对具体措施

1) 设备使用保证措施。为确保各管理人员各自管辖的施工设备安全、高效的进行，需建立三级设备管理机构，即由机电物资构成部、作业指挥队、项目指挥部组成。

2) 人员设置。组建理论知识过硬、实战经验丰富的施工团队，对技术人员进行对比考核，择优而用。上岗前，对入选人员组织岗前培训、执证上岗，实行考核淘汰制，定期对施工人员进行替换。

3) 明确施工意识和施工安全观念。各个工程部

门的人员与主要的设计人员紧密结合,及时了解并反向影响设计计划。设计人员在进行设计之前,对工程的各项有关项目例如地质、新型建筑材料及其造价有大致地了解,以确保工程建设成本的有效控制。

3.2 储煤场改后效果图

1) 全封闭储煤场改建完成后外观效果如图 4 所示:



图 4 改建完成效果图

2) 全封闭储煤场改建完成后内部结构如图 5 所示:

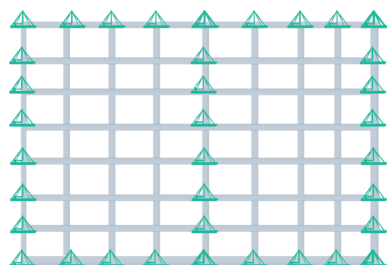


图 5 改建完成储煤棚基础平面布置图

4 结 论

本论文确定了储煤场改建项目在施工作业中的风险识别方法,对风险进行了定量评价,结合危险源辨识提出相应的风险管控措施,研究得出以下主要结论:

1) 对改建施工过程进行了详细论述,采用德尔菲法和头脑风暴法相结合的方法对存在的危险源进行辨识,通过对改建施工流程进行分析,对潜在危险源重点部位进行风险辨识,并采用专家问卷调查的方法进行风险识别指标的验证,确定最终的风险因素指标体系;

2) 将 DEMATEL 方法应用于改建工程风险因素分析,将专家评价结果作为 DEMATEL 法计算的

初始数据,阐述各因素对施工过程的影响;通过综合影响矩阵修正构建 ANP 模型,得出风险指标体系中各风险因素所占的权重和全局权重。

3) 在进行风险辨识确定危险源因素之后,结合储煤场现况,根据储煤场风险识别与评价成果,针对危险源因素进行控制策略实施。

参考文献:

- [1] 赵富强,陈耘,张光磊.施工企业辱虐管理对安全偏离行为的影响研究[J].中国安全科学学报,2015,25(6): 8-14.
- [2] 祁巧艳,刘亚龙.建筑工程项目施工安全风险研究[J].中国建材科技,2016,25(4): 69-73.
- [3] 来强.绿色建筑房地产开发风险管理研究[D].华南理工大学,2013.
- [4] 杨军,林谦,沈建明.航天器研制项目风险管理研究[J].项目管理技术,2011,9(8): 85-89.
- [5] 刘艳丽,周惠成,张建业.不确定性分析方法在水库防洪风险分析中的应用研究[J].水力发电学报,2010,29(6): 47-53.
- [6] 李雄开.电力建设工程项目管理过程中的风险控制研究[J].通讯世界,2018(11): 164-165.
- [7] 王荣.大型隧道工程施工阶段的风险管理研究[J].建设监理,2016(7): 56-59.
- [8] 王志宇.建设工程项目风险管理的探讨[J].建材与装饰,2018(45): 120-121.
- [9] 韩小亮.浅析建设工程项目管理内部控制[J].山西建筑,2018,44(28): 253-254.
- [10] 余志强.浅谈业主方工程项目管理存在的问题及改进建议[J].农村经济与科技,2018,29(18): 59.
- [11] 林迅.民用机场建设工程项目风险管理研究[J].低碳世界,2017(19): 139-140.
- [12] 钟惠贤.电力工程项目风险的管理与控制[J].工程技术研究,2018(10): 111-112.
- [13] 张忠喜,董建,田新军.建设稀有金属矿的企业项目风险管理探微[J].世界有色金属,2016(4): 106-107.

作者简介:

赵宏伟(1986-),男,研究生,专业技术九级,研究方向:工业企业管理。

(收稿日期:2024-3-15)