

基于 AHP-FHCE 联用建设项目危大工程安全风险分级评估研究

赵 赢

上海建科工程咨询有限公司 上海

【摘要】为强化建设项目危险性较大的分部分项工程安全风险管控水平，便于政府监督部门开展分级分类差异化监督管理，本文运用文献收集、德尔菲法及层次分析法构建危险性较大的分部分项工程安全风险评估体系，归纳出前期保障、过程管控、资料管理等多个一级指标体系。最终，基于 AHP-模糊综合评价法对某建设项目危大工程安全风险评估应用，结合安全风险评估结果，提出具体防范建议。

【关键词】危险性较大的分部分项工程；安全管理；风险评估；AHP-模糊综合评价法

【收稿日期】2023 年 2 月 5 日 **【出刊日期】**2023 年 4 月 20 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20230014

Study on safety risk grading evaluation of dangerous projects based on AHP- FHCE combined construction project

Ying Zhao

Shanghai Jianke Engineering Consulting Co.,Ltd., Shanghai

【Abstract】In order to strengthen the safety risk management and control level of the dangerous sub-projects of construction projects and facilitate the government supervision departments to carry out differentiated supervision and management by classification, this paper uses literature collection, Delphi method and analytic hierarchy process to build a safety risk assessment system of the dangerous sub-projects and summarizes a number of first-level index systems such as pre-guarantee, process management and control, and data management. Finally, based on the application of AHP- fuzzy comprehensive evaluation method to the safety risk assessment of a dangerous project, combined with the safety risk assessment results, specific preventive suggestions are put forward.

【Keywords】Dangerous partial projects; Safety management; Risk assessment; AHP-fuzzy comprehensive evaluation method

引言

近年来，建筑安全管理水平逐步提升，安全生产形势总体平稳，较大及以上安全事故总体呈下降趋势，2021 年建筑业发生 15 起较大及以上安全生产事故，首次少于 20 起，但是建筑业安全生产隐患仍然存在，安全风险仍然较大，危险性较大的分部分项工程仍然是造成建筑业群死群伤事故频发的重点领域，如河北衡水“4·25”施工升降机轿厢坠落重大事故、江西丰城发电厂“11·24”冷却塔施工平台坍塌特别重大事故等。

安全风险评估已成熟应用于化工、燃气等多个

行业与领域，对行业安全风险评估与差异管控起到了重大推进作用，而安全风险评估技术方法众多，如层次分析法（AHP）、熵权法、云模型法等。评估技术方法均存在各自特点与不足，多方法联用可发挥相互评价优势，实现定性定量结合的评估目标，如层次分析法（AHP）结合模糊综合评判法（FCE），而基于 AHP-FCE 联用的评估方法对危大工程的安全风险评估较少，本文通过构建危大工程安全风险评估指标体系，并基于 AHP-FCE 对危大工程过程安全管理实施量化分级评估，最终给与不同建设项目危大工程安全管控风险评估等级，提出评

估管理建议。

1 危大工程安全风险特征分析

危大工程是建筑业安全管理重点，2018 年，住建部相继发布住建部〔2018〕37 号令及建办质〔2018〕31 号规定了参建各方危大工程各环节安全管理重点，明确了危大工程及超过一定规模的危大工程范围。危大工程安全生产事故包括高处坠落、坍塌、物体打击及机械伤害等，危大工程安全管理包括：危大工程安全管理体系、安全风险保障、重大隐患排查治理及档案管理四个指标维度识别安全风险隐患，危大工程安全风险特征：

(1) 安全风险动态多变，延续周期长。危大工程实施的全周期内安全风险动态多变，如基坑工程，在降水、开挖、围护施工的各个环节安全风险均处于动态变化中，且在一个施工阶段内长期存在，需要通过文献调查形式分阶段系统归纳总结。

(2) 安全风险因素繁多，彼此关联大。危大该工程实施安全风险因素从多个维度分类可分为管理安全风险因素与实体安全风险因素，两大类安全风险因素彼此影响，无法单独评估某一风险因素，需要通过专家咨询形式进行系统科学分类。

通过上述危大工程安全风险特点分析，本文通过文献调查法梳理各类危大工程各类安全风险，并通过专家咨询以及层次分析法建立危大工程安全风险评估指标体系。

2 危大工程安全风险评估指标体系构建

本文通过文献调查以及近年来我国各类危大工程安全事故案例分析，并采取德尔菲专家咨询形式，归纳整理出危大工程安全风险指标体系，指标体系共包括 4 个一级指标，13 个二级指标。其中一级指标为：危大工程安全管理体系（B1）、安全风险保障（B2）、重大隐患排查治理（B3）及档案管理（B4），具体指标体系详见下表 1。

3 危大工程安全风险评估指标权重确定

通过专家对一级指标以及二级指标权重评分，可建立一级及二级指标判断矩阵，通过判断矩阵可反映出各指标间的相对重要性，采取 1-9 及其倒数的标度方法对指标间权重相对重要度进行量化标定。以指标层为例计算指标层权重如下：

指标层共包括 4 个指标，分别为 B1、B2、B3 及 B4，可建立判断矩阵 S。

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 2 \\ 2 & 1 & 1/2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 & 4 \\ 1/2 & 1/3 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

最大特征根为 $\lambda_{max} = 4.03$ ，特征向量为：

$$\omega_A = (0.16 \quad 0.278 \quad 0.467 \quad 0.095)^T, R.I. = 1.24$$

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = 0.010, C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = 0.011 < 0.10$$

通过一致性检验。

安全风险现场管理（B2）共包括 5 个指标，分别为 C11、C12、C13、C14、C15，可建立判断矩阵 S_{B1} 。

$$S_{B1} = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1/5 & 2 \\ 2 & 1 & 1/2 & 1/3 & 2 \\ 3 & 2 & 1 & 1/2 & 3 \\ 5 & 4 & 3 & 1 & 5 \\ 1/2 & 1/2 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

最大特征根为 $\lambda_{max} = 5.074$ ，特征向量为：

$$\omega_{C1} = (0.094 \quad 0.148 \quad 0.249 \quad 0.438 \quad 0.071)^T, R.I. = 1.120$$

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = 0.018, C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = 0.016 < 0.10$$

通过一致性检验。

安全风险现场管理（B3）共包括 4 个指标，分别为 C21、C22、C23、C24，可建立判断矩阵 S_{B2} 。

$$S_{B2} = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 & 2 \\ 3 & 1 & 2 & 4 \\ 2 & 1/2 & 1 & 3 \\ 1/2 & 1/4 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

最大特征根为 $\lambda_{max} = 4.031$ ，特征向量为：

$$\omega_{B2} = (0.16 \quad 0.467 \quad 0.278 \quad 0.095)^T, R.I. = 1.900$$

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = 0.010, C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = 0.011 < 0.10$$

通过一致性检验。

重大隐患排查治理（B3）共包括 2 个指标，分别为 C31、C32，可建立判断矩阵 S_{B3} 。

$$S_{B3} = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$$

最大特征根为 $\lambda_{max} = 2.000$ ，特征向量为：

$$\omega_{B3} = (0.333 \quad 0.667)^T$$

档案管理（B4）共包括 2 个指标，分别为 C41、

C42, 可建立判断矩阵 S_{B4} 。

最大特征根为 $\lambda_{max} = 2.000$, 特征向量为:

$$S_{B4} = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\omega_{B4} = (0.333 \quad 0.667)^T$$

表 1 危大工程安全风险评估指标体系

目标层	指标层	方案层
危大工程安全管理 (A)	危大工程安全管理体系 (B1)	安全管理机构及人员配备 (C ₁₁)
		参建方及关键人员职责落实 (C ₁₂)
		危大工程前期保障措施 (C ₁₃)
		专项方案编制、审批与专家论证 (C ₁₄)
		应急管理措施 (C ₁₅)
	安全风险现场管理 (B2)	方案技术交底与安全交底 (C ₂₁)
		方案执行匹配性 (C ₂₂)
		安全防护措施 (C ₂₃)
		作业人员登记管理 (C ₂₄)
	重大隐患排查治理 (B3)	重大隐患识别 (C ₃₁)
		重大隐患整改 (C ₃₂)
		档案内容完整性 (C ₄₁)
	档案管理 (B4)	档案管理及时性 (C ₄₂)

表 2 危大工程安全风险评估体系指标归一化权重值汇总表

目标层	指标层权重	方案层权重	总权重
危大工程安全管理 (A)	B1=0.16	C ₁₁ =0.094	0.015
		C ₁₂ =0.148	0.024
		C ₁₃ =0.249	0.040
		C ₁₄ =0.438	0.070
		C ₁₅ =0.071	0.011
	B2=0.278	C ₂₁ =0.16	0.044
		C ₂₂ =0.467	0.130
		C ₂₃ =0.278	0.077
		C ₂₄ =0.095	0.026
	B3=0.467	C ₃₁ =0.333	0.156
		C ₃₂ =0.667	0.311
		C ₄₁ =0.333	0.032
	B4=0.095	C ₄₂ =0.667	0.064

4 危大工程安全风险评估对象因素集及风险等级确定

本文采用五级风险等级量化表形式，通过德尔菲法对各项二级指标进行风险等级评级，得出风险等级评价集 RC 及危大工程风险等级，危大该工程风险等级分别用 1-5 级表示，

$$E = \{0.2 \quad 0.4 \quad 0.6 \quad 0.8 \quad 1\}$$

5 危大工程安全风险等级评价

由德尔菲法确定的二级指标评价矩阵与通过层次分析法确定的指标权重矩阵合成模糊关系矩阵，再由各二级指标的模糊综合评价结果向量计算一级指标对目标层权重与一级指标评价矩阵组合运算。最终，本文确定的五级安全风险评价矩阵与各层指标评价风险的计算得出风险评估值，确定危大工程安全风险等级。

6 某建设项目危大工程安全风险评级应用分析

本文选取建设于上海临港新片区的数据中心项目为应用分析对象，该项目 150000 平米，施工过程中涉及基坑工程、脚手架工程等危大工程项目，本文应用分析覆盖该项目基坑工程实施阶段。通过专家安全风险评价的形式，得出各二级指标层评价矩阵如下：

(1) 危大工程安全管理体系 (B1) 的评价矩阵：

$$R_{C1} = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

(2) 安全风险现场管理 (B2) 的评价矩阵：

$$R_{C2} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.2 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.2 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0 & 0.1 \end{bmatrix}$$

(3) 重大隐患排查治理 (B3) 的评价矩阵：

$$R_{C3} = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

(4) 档案管理 (B4) 的评价矩阵：

$$R_{C4} = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 & 0.6 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix}$$

已知：危大工程安全管理体系 (B1) 权重向量 $W_{C1} = (C11 = 0.094, 0.148, 0.249, 0.438, 0.071)$ ；

安全风险现场管理 (B2) 权重向量 $W_{C2} = (0.16, 0.467, 0.278, 0.095)$ ；重大隐患排查治理 (B3) 权重向量 $W_{C3} = (0.333, 0.667)$ ；档案管理 (B4) 权重向量 $W_{C4} = (0.333, 0.667)$ 。由此计算一级指标评价矩阵 $R_B = W_C \times R_C$ 。

则：

$$R_{B1} = (0.3939, 0.3492, 0.2107, 0.0391, 0.0071)；$$

$$R_{B2} = (0.3094, 0.3302, 0.3231, 0.0278, 0.0095)；$$

$$R_{B3} = (0.4666, 0.2, 0.1667, 0.1667, 0)；$$

$$R_{B4} = (0.2667, 0.1, 0.2665, 0.2334, 0.1334)；$$

则上海市临港新片区某建设项目安全风险的综合评价结果向量为：

$$R_A = W_B \times R_B = (0.39, 0.25, 0.23, 0.11, 0.02)；$$

建设项目最终风险评级值为：

$$X = W_A \times (1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2) = 0.776$$

依据前文确定风险等级评定标准，本项目为中等安全风险项目，虽然无较大安全风险因素，但需要进一步加强危大工程安全风险管控。结合本项目评分情况，提出如下安全风险防范建议：

(1) 本项目危大工程安全管理体系较为薄弱，虽然人员到岗情况良好，但是人员责任制落实不佳，参建单位在前期保障措施中准备不足，应急管理体系未能有效运转，缺乏应急演练等活动；

(2) 本项目危大工程安全风险现场管理存在漏洞，针对危大工程仅有安全交底，缺乏方案技术交底，可能造成现场施工与专项方案不符，造成一定安全风险，同时，危大工程部分缺少警示标识；

(3) 本项目危大工程隐患排查与治理能够有效开展，根据重大隐患评定标准实施隐患排查，落实三定原则，开展治理工作。

7 结语

针对建设项目危大工程安全风险量化评估对于建筑业安全管理具有重大异议，既能够满足企业对项目群的分级管理需求，也能够满足政府实施差异化监督要求。本文以 AHP-FHCE 联用的方法，建立了危大工程安全风险评估指标体系，量化评估建设项目危大工程安全风险等级，结合指标分析，给与建设项目管控建议，为建设项目安全风险量化管控提供了研究思路。

参考文献

- [1] 廖弘, LiaoHong. 建设项目全寿命周期的质量安全风险评估与管理体系初探[J]. 建筑施工, 2014, 36(4):4.
- [2] 张超, 冉龙彬, 袁兵. 由新危大工程安全管理规定谈建筑施工安全管理[J]. 建筑机械化, 2018, 039(007):11-14.
- [3] 杨东源, 严静. 建筑工程施工安全风险的模糊综合评价[J]. 广西城镇建设, 2010(10):4.
- [4] 郝记秀. 基于模糊综合评价法的桥梁施工安全风险评价研究[J]. 建筑机械, 2021(8):4.
- [5] 夏睿;吴千丰;许长青;丁磊;刘帅.基于 D-S 证据理论的输电线路工程施工安全风险评价[J].能源与环保, 2022(11):80-84.
- [6] 宿晓萍;亓文昊;林志峰;宋廷坤;崔红英.基于安责险的建筑工程项目安全风险评价指标体系的构建[J].长春工程学院学报(自然科学版),2022(03): 7-11.

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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

