

基于AHP法的地理式净水厂安全风险分级管控机制

张超 杜磊 徐代彬 杨定棚 黄震
成都环境工程建设有限公司 四川 成都 610011

摘要：四川天府新区某地理式净水厂项目，基于AHP法（层次分析法），从安全风险危害程度、安全风险发生频率、安全风险管控投入、安全风险管控时效等四个维度建立安全风险评价模型，对各项安全风险进行评级打分，由此确定安全风险分级管控标准，实现企业对地理式净水厂安全风险的分级管控，提升风险管控及治理成效。

关键词：安全风险；层次分析法；安全风险评价模型；分级管控

1 前言

地理式净水厂的建设，涉及基坑支护及降水、起重吊装、模板及其支撑体系等多项安全风险管控，具有风险项目多，风险影响大，风险周期长等特点，给项目安全风险管控带来了极大挑战。

四川天府新区某地理式净水厂项目开工初期，在对安全风险要素进行充分评估的基础上，采用AHP分析法，从安全风险危害程度、安全风险发生频率、安全风险管控投入、安全风险管控时效四个维度，对各项安全风险进行深入分析，建立科学、可行的安全风险分析评估模型，根据评估结果，对地理式净水厂施工过程中的各项风险进行分级管控^[1]。

2 模型指标

在项目建设初期，经过深入调查和分析，结合类似项目的风险管控经验，选定安全风险危害程度、安全风险发生频率、安全风险管控投入、安全风险管控时效四个主要因素，建立基于AHP分析法的安全风险分析评估模型。

(1) 安全风险危害程度：根据安全风险识别与评价，本项目将安全风险分为低风险、一般风险、较大风险和重大风险四级。

(2) 安全风险发生频率：结合地理式污水处理厂风险管控情况，将风险发生的可能性分为完全可能发生、相当可能发生、可能发生但不经常、极不可能发生四种情况。

(3) 安全风险管控投入：结合市政净水厂工程风险管控投入，将风险治理的资金投入分为0-0.5万元、0.5-1万元、1-1.5万元、1.5万元以上四个等级，即低投入、中投入、较高投入和高投入。

(4) 安全风险管控时效：根据风险发生的频率和风险治理的紧急程度，本项目将安全风险管控时效分为立即消除、1天内消除、3天内消除及5天内消除4个等级^[2]。

3 模型公式

根据指标选取，建立安全风险危害程度（D）、安全风险发生频率（F）、安全风险管控投入（I）、安全风险管控时效（C）四个因素相关的安全隐患分析评估模型，并通过制定评分标准，对安全隐患进行评分。模型公式如下：

$$Y = m_1D + m_2F + m_3I + m_4C$$

其中：Y表示安全风险分析评估模型的计算结果； m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4 分别表示安全风险危害程度（D）、安全风险发生频率（F）、安全风险管控投入（I）、安全风险管控时效（C）等四个因素的权重系数，其中， $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 = 1$ ^[3]。

4 权重确定

从现有评价指标体系研究来看，权重确定的方法较多，国内外主要运用的方法有：专家调查法、层次分析法、经验法、熵权法等。本项目指标权重的确定选用层次分析法（AHP法）。

AHP法是将复杂的问题分解成若干单元，根据各单元因素性质的不同，将各因素分组形成梯阶层次结构，通过定性分析和定量分析相结合，计算出相关指标权重大小及重要性排序。该方法能够体现出各指标间的关系，便于指导现场的风险管理。

用AHP确定各指标的权重系数，步骤如下：

(1) 构造模型；

(2) 利用9级标度法（见表1）构造两两比较判断矩阵A。判断矩阵如下：

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

(3) 计算权重向量。依据 $AW = \lambda_{\max}W$ ，其中： λ_{\max} 为

判断矩阵的最大特征值；W为权重向量，归一化处理后得到各指标权重。

(4) 一致性检验， $CR = CI/RI$ ，当 $CR < 0.1$ 时，满足

一致性检验。其中： $CI = CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ ，为一致性指标，RI为平均一致性指标，通过查表可得。

表1 9级标度法

标度	维度含义
1	因素i和j对比，两因素具有基本相同的重要性
3	因素i和j对比，因素i比因素j体现的略微重要
5	因素i和j对比，因素i比因素j表现出明显的重要
7	因素i和j对比，因素i比因素j表现出强烈的重要
9	因素i和j对比，因素i比因素j表现出极端的重要
2、4、6、8	四个程度分别表示上述相邻程度之间的细微差别
倒数	如果说因素i与j对的重要程度对比值为 a_{ij} ，那么因素j与i对的重要程度对比值为 $1/a_{ij}$

通过建立四阶矩阵，通过一致性分析得出判断矩阵、权重及CR值如下表所示。

表2 判断矩阵、权重及CR值统计表

指标	D	F	I	C	权重值
D	1	2	5	8	0.53
F	1/2	1	3	5	0.29
I	1/5	1/3	1	3	0.12
C	1/8	1/6	1/2	1	0.06
一致性检验	$\lambda_{max} = 4.0525$ ， $CI = 0.0175$ ， $RI = 0.8$ ， $CR = 0.0196 < 0.1$ ，满足一致性检验要求				

根据AHP模型计算可知，指标重要性排序为安全风险危害程度(D) > 安全风险发生频率(F) > 安全风险管控投入(I) > 安全风险管控时效(C)，权重分别为0.53、0.29、0.12和0.06，安全隐患评价模型具体如下：

$$Y = 0.53D + 0.29F + 0.12I + 0.06C$$

5 评分标准

通过建立的安全风险评价模型，将安全风险危害程度、安全风险发生频率、安全风险管控投入、安全风险管控时效4个指标的评分标准分为25分、50分、75分、100分四个层次^[4]。具体如见表3。

表3 各指标评分标准

指标	评分	
安全风险危害程度	低风险	25
	一般风险	50
	较大风险	75
	重大风险	100
安全风险发生频率	极不可能发生	25
	可能发生但不经常	50
	相当可能发生	75
安全风险管控投入	完全可能发生	100
	低投入	25
	中投入	50
	较高投入	75
安全风险管控时效	高投入	100
	5天内消除	25
	3天内消除	50
	1天内消除	75
	立即消除	100

根据安全风险评价模型、指标评分标准和管控层级划分,通过计算分析并结合项目实际,将计算结果75分以上的风险(含75分)列入公司级风险管控范围,将60分以上的风险(含60分)列入项目经理部风险管控范围,将30分以上的风险(含30分)纳入项目部部门级风险管控范围,30分以下的纳入作业班组风险管控范围^[5]。

6 分析计算

本项目建设期间的支模架体高度为9m,属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程,在支模架体的搭设、使用过程中共涉及安全风险18项,其中4项风险列入公司级风险管控范围,10项风险列入项目经理部风险管控范围,4项风险列入项目部部门级风险管控范围。

以“架体与建筑物未按规定拉结或拉接不符合设计要求”为例,通过分析,该项目的评价指标及分数如下表所示:

表4 架体未拉结的风险评估

指标		评分
安全风险危害程度	较大风险	75
安全风险发生频率	相当可能发生	75
安全风险管控投入	中等投入	50
安全风险管控时效	3天内消除	50

综合计算如下

$$Y = 0.53D + 0.29F + 0.12I + 0.06C$$

$$= 0.53 \times 75 + 0.29 \times 75 + 0.12 \times 50 + 0.06 \times 50 = 70.5$$

“架体与建筑物未按规定拉结或拉接不符合设计要求”为项目经理部风险管控范围,符合项目实际

根据上述计算模型,项目部对230项建设期间的安全风险进行风险评价,计算结果分布如下表所示。

表5 安全风险评分结果一览表

分值	数量	累积占比 (%)	分级管控
≥ 75	12	5.22	企业级
≥ 60, < 75	62	26.96	项目经理部级
≥ 30, < 60	126	54.78	项目部部门级
< 30	30	13.04	作业班组

根据计算结果,75分及以上安全风险占比5.22%,纳入企业级的风险管控;60(含)~75分占比26.96%,纳入项目经理部级风险管控;30(含)~60分占比54.78%,纳入项目部部门级风险管控;30分以下占比13.04%,纳入

班组级风险管控。

7 效果分析

7.1 安全风险分级管控定量化

经过建立安全风险评价模型,确定安全隐患分级管控标准,制定明确的安全隐患治理措施。本项目在建设初期即采用该评价模型进行安全风险分级管控,项目安全管理有理有据,各项风险管控措施得到有效保障^[6]。

7.2 风险数据分析科学化

通过安全风险危害程度、安全风险发生频率、安全风险管控投入、安全风险管控时效等4个指标的评价模型,实现风险数据最大化、科学化利用,为项目的安全风险管控奠定良好的基础。

7.3 隐患排查治理方案精准化

通过安全风险评价模型,可有效辅助职能部门明确风险管控重点、治理难点,实现精准控制,提高风险治理水平和风险管控能力。

8 结语

通过AHP法建立安全风险评价模型,将安全风险危害程度、安全风险发生频率、安全风险管控投入、安全风险管控时效等4个主要指标纳入评价体系,是项目部在安全风险管控上的一项有益尝试,将风险管控定量化,科学化,提高了项目部的风险管控水准,项目风险分级管控效果良好。

参考文献

- [1]张子龙.成都地铁5号线人员安全管理体系研究[D].兰州大学硕士学位论文.2021.
- [2]李建,李娜,于政强,等.城市水环境治理项目全面安全管理实践[J].深圳大学学报理工版,2019,36(5): 592-598.
- [3]宋源.城市综合市政管网安全评价方法[J].建筑科学与工程.2023,42(04)
- [4]吴稽予.市政工程施工层次分析法安全综合评价[J].建筑科学与工程.2021,35(05):1-11
- [5]牛继洋.某滨河路市政工程项目风险管理研究[D].建筑科学与工程.辽宁省211工程院校,2018.04(4):1-78
- [6]杨露.基于层次分析法的城市排水泵站老化评估系统研究与开发[D].建筑科学与工程.云南省211工程院校一流大学,2020,01(1):1-75