

Research on Safety Hazard Evaluation Mechanism Based on Analytic Hierarchy Process

He Lv Lei Pan

Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi, 714000, China

Abstract

In order to solve the problem of inaccurate prioritization of hidden dangers in the process of safety management and prevent accidents caused by major priority identification errors, analytic hierarchy process is applied to prioritize the identified hidden dangers, and the rationality of prioritization is confirmed through consistency test. This method can effectively identify the priority of hidden dangers, guide managers to eliminate major hidden dangers in safety management, and improve the efficiency of hidden danger treatment.

Keywords

AHP; risk priority; priority evaluation; risk evaluation

基于层次分析法的安全隐患评价机制研究

吕贺 潘雷

空军工程大学, 中国·陕西西安 714000

摘要

为了解决安全管理过程中隐患优先级排序不准确的问题,防止出现重大优先级识别错误引起的事故,应用层次分析法对识别出的隐患进行优先级排序,通过一致性检验确认优先级排序的合理性。通过该方法能够有效识别隐患的优先级,在安全管理中指导管理人员优先排除重大隐患风险,提高隐患治理效率。

关键词

AHP; 隐患优先级; 优先级评价; 隐患评价

1 引言

安全生产已经成为中国国家综合治理中的重要环节,直接关系到人民的生命财产安全。通过安全管理能够有效降低风险带来的损失,同时能够提高人民的幸福感。2020年中国颁布了新版的《安全生产法》,从法律层面对安全生产提出了要求,使得安全管理的重要性进一步凸显出来。

目前,国际安全管理实践主要遵循PDCA循环理论,在管理中以安全隐患为中心,按照计划识别安全隐患、治理安全隐患、检查安全隐患,最后反馈安全隐患治理情况进入下一循环^[1]。这一理论应用的成功典范是杜邦公司的安全管理体系。中国在安全管理理论研究上分为两个方向:一是通用理论研究,将安全管理中涉及的管理过程分开研究,构建管理模型。中南大学吴超教授对安全科学的概念、属性、理论基础进行了系统研究,提出了比较安全学理论体系^[2]。二是行业实践研究,结合行业领域中遇到的安全问题进行分析研究,形成安全管理体系。民航总局制定颁布了CCAR—

140《民用机场运行安全管理规定》,国家电力监管委员会颁布了《电力安全生产监督管理办法》,杨伟使用AHP研究了建筑分析了建筑施工中吊篮的危险性问题^[3],范文琪研究了天然气管道运输中的安全隐患^[4]。

论文研究安全隐患优先级排序问题,这一问题的提出源自笔者在管理实践中发现的隐患识别和隐患治理间的矛盾问题。目前,安全管理理念已经深入各级管理者的思想中,但是生产实践中依然会出现事故,管理实践中也经常发现隐患治理“脱环”问题。通过笔者的观察和分析,隐患识别数量和隐患治理间效率间的矛盾是引发这一问题的原因。安全专家凭借专业知识能够识别出大量的安全隐患,同时安全员的治理成效受时间、资源和能力等多方面因素的制约,最终导致重要隐患未治理引发事故。

解决这一矛盾的方法是对隐患进行评价,得到隐患优先级后引导安全员依序治理隐患,将有限的治理能力和资源投入重要的隐患中,从而提高隐患治理效率。论文使用层次分析法对隐患进行评价,层次分析法首先提出安全治理的总目标,而后将安全目标分解为安全准则,最后将安全隐患与安全准则关联起来,计算得到隐患权重向量,实现隐患评价。层次分析法在安全准则的构建和隐患评价后要的一致性

【作者简介】吕贺(1987-),男,中国河南许昌人,本科,从事工程管理研究。

检验,通过检验的评价结论可以指导隐患治理。

2 层次分析法模型

2.1 安全治理总目标

安全治理总目标是层次分析的最高目标,是对安全隐患所引起事故的高度抽象。为了实现一定的通用性,论文将安全治理总目标设定为“系统安全”。系统安全总体上包含任务安全、运行安全和应急安全。在生产型企业,任务安全表示专项任务的安全,专项任务表现为有限时间内的不重复项目,运行安全则是表现出周期性和重复性的项目,应急安全表现为未经规划的不可预见的情况。

2.2 安全准则

安全准则是安全目标的细化,针对不同领域的安全问题,安全目标通常相似,安全准则则差异巨大,通常不具有通用性。笔者所在组织内,运行控制是组织的主要任务,安全准则通常包含政治、任务、通信、电力、人身、保障、应急等。安全准则层可以是多层结构,同时安全准则也能进行评价,从而获得安全准则的优先级。

2.3 安全隐患

安全隐患是安全专家或者安全员使用系统分析方法得到的安全风险描述。在安全管理体系中通常表现为隐患识别过程的结果,是一个安全隐患列表。常见的隐患列表项包括隐患对象、隐患场景、隐患行为和触发条件等。安全隐患列表是论文研究的对象,通过层次分析法将隐患列表重新排序并检验排序的一致性。笔者在研究安全隐患时抽取了部分典型隐患,进行抽象描述,在必要时可以对安全隐患进行进一步的具象化,形成多层次的分析模型。论文研究的安全隐患如表1所示。

表1 安全隐患列表

序号	隐患	说明
1	思想	工作人员思想是否稳定,主要影响政治、人身、通信和任务
2	情绪	工作人员情绪是否波动,主要影响人身、通信和任务
3	精力	工作人员是否精神饱满,主要影响任务、通信和应急
4	训练	工作人员是否完成训练,主要影响任务、通信、保障和应急
5	培训	工作人员是否经历培训,主要影响任务、通信、电力和应急
6	信噪比	通信设备载噪比是否偏低,主要影响任务和通信
7	功率	全局用电功率是否出现异常,主要影响电力、任务和通信
8	负载	通信设备总体负载是否过重,主要影响通信和任务
9	物资	全局物资储备是否充足,主要影响应急和保障
10	饮食	饮食是否充足且安全,主要影响人身、任务和通信
11	水源	水源是否充足且安全,主要影响人身、应急和保障
12	运输	运输能力是否满足任务需要,行车是否安全,主要影响人身、任务和保障
13	文娱	文娱活动是否能够满足工作人员放松身心的需要,影响各项安全准则

层次分析法模型示意图如图1所示。

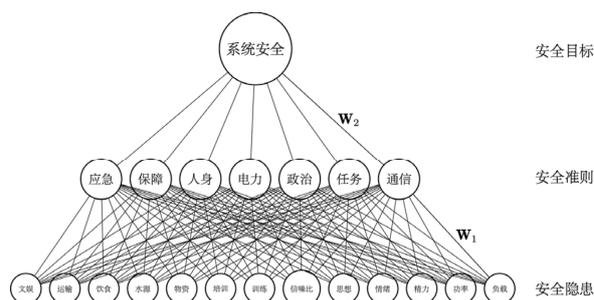


图1 层次分析法安全隐患评价模型

3 安全隐患优先级评价方法

安全隐患优先级评价过程就是利用层次分析法计算各层权重向量的过程。安全隐患层的权重向量表示为 w_1 ,安全准则层的权重向量表示为 w_2 。为了得到 w_1 首先需要通过专家评价得到成对比较矩阵A和B,并且对A和B进行一致性检验。

3.1 构建成对比较矩阵

准则层对目标层的成对比较矩阵记为 $A_{7 \times 7}$,隐患层对准则层的成对比较矩阵记为 $B_{13 \times 13}, k \in \{1 \dots 7\}$ 。成对比较矩阵由专家评价得到,是一个可能存在。

3.2 计算一致性指标

一致性检验的目的是检验专家评价成果的一致性,经过一致性检验证明成对比较矩阵是能够描述各层内部的重要性关系。一致性指标记为CI。

$$CI^{(A)} = \frac{\lambda_{\max}(A) - 7}{6}$$

$$CI^{(B_k)} = \frac{\lambda_{\max}(B_k) - 13}{12}, k \in \{1 \dots 13\}$$

3.3 计算随机一致性指标

随机一致性指标是一致性指标的标准化,随机一致性指标能够消除量纲影响。随机一致性指标记为RI。

$$CR^{(A)} = \frac{CI^{(A)}}{RI_A}, RI_A = 1.32$$

$$CR^{(k)} = \frac{CI^{(k)}}{RI_B}, RI_B = 1.51$$

3.4 一致性检验

$CR < 0.1$ 时通过一致性检验,如果一致性检验不通过,则需要重新评价成对比较矩阵。

3.5 计算优先级

准则层优先级记为 w_A ,隐患层优先级记为 w_B 。隐患层汇总成对比较矩阵记为B, $B = [B^{(1)}, B^{(2)}, \dots, B^{(k)}], k \in \{1 \dots 7\}$ 。 w_A 可以直接通过计算A的最大特征值所对应的特征向量获得。

$$w_B = [w^{(1)}, w^{(2)}, \dots, w^{(k)}], k \in \{1 \dots 7\}$$

其中, $w^{(k)}$ 是隐层对准则层要素 k 的优先级向量, $w^{(k)}$ 可以通过计算 $B^{(k)}$ 的最大特征值所对应的特征向量获得。最终的隐患优先级表示为 w 。

$$w = w_B w_A$$

在 w_B 不满足矩阵计算规则时, 在 $w^{(k)}$ 中补 0。

4 层次分析法安全隐患评价

4.1 专家评价

在专家评价前需要给出成对比较矩阵的推荐评价价值。如表 2 所示。

表 2 推荐评价价值

分值	描述
1	两者对要素的影响相同
3	前者较后者对要素影响稍强
5	前者较后者对要素影响强
7	前者较后者对要素影响明显强
9	前者较后者对要素影响显著强
2, 4, 6, 8	影响程度介于相邻两奇数之间

专家评价准则层成对比较矩阵 A 为:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 2 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 1 & 1 & 1 & 2 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 1 & 1 & 1 & 2 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{8} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} \\ 4 & 4 & 4 & 8 & 1 & \frac{4}{3} & \frac{4}{3} \\ 3 & 3 & 3 & 6 & \frac{3}{4} & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 6 & \frac{3}{4} & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

因为准则层存在 7 个准则, 评价隐层对准则层的成对比较矩阵得到 7 个 $R^{13 \times 13}$, 以 $B^{(1)}$ 为例, 专家评价结果为:

$$B^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 \\ 3 & 1 & \frac{3}{2} & 3 & \frac{3}{4} & \frac{3}{2} & 1 & 3 & \frac{3}{4} & \frac{3}{2} & \frac{3}{2} & 3 & 3 \\ 2 & \frac{2}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{2}{3} & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 \\ 4 & \frac{4}{3} & 2 & 4 & 1 & 2 & \frac{4}{3} & 4 & 1 & 2 & 2 & 4 & 4 \\ 2 & \frac{2}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{2}{3} & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & \frac{3}{2} & 3 & \frac{3}{4} & \frac{3}{2} & 1 & 3 & \frac{3}{4} & \frac{3}{2} & \frac{3}{2} & 3 & 3 \\ \dots & & & & & & & & & & & & \\ 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 \\ 4 & \frac{4}{3} & 2 & 4 & 1 & 2 & \frac{4}{3} & 4 & 1 & 2 & 2 & 4 & 4 \\ 2 & \frac{2}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{2}{3} & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & \frac{2}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{2}{3} & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 \\ 4 & \frac{4}{3} & 2 & 4 & 1 & 2 & \frac{4}{3} & 4 & 1 & 2 & 2 & 4 & 4 \\ 2 & \frac{2}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{2}{3} & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & \frac{2}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{2}{3} & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 \\ 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

4.2 模型计算

使用 MATLAB 求解得到模型的解为:

$$\begin{aligned} \lambda_{max} &= 7, \\ CR^{(A)} &= 0, \\ CR^{(A)} &= 0, \\ CR^{(B)} &= 0.0015, \\ \{CR^{(B)}\} &= 0.00099, \\ w_A &= \left(\frac{610}{3723}, \frac{610}{3723}, \frac{610}{3723}, \frac{305}{3723}, \frac{2227}{3398}, \frac{610}{1242}, \frac{610}{1242} \right), \\ w &= \left(\frac{413}{3480}, \frac{413}{1160}, \frac{413}{1740}, \frac{413}{3480}, \frac{413}{870}, \frac{413}{1740}, \frac{413}{1160}, \frac{413}{3480}, \frac{413}{870}, \frac{413}{1740}, \frac{413}{1740}, \frac{413}{3480}, \frac{413}{3480} \right). \end{aligned}$$

4.3 评价

从上述模型解算结果能够看出专家评价的成对比较矩阵通过了一致性检验, 最终得到的优先级排序是可信的。通过 w_A 能够看出, 在准则层的优先级由高到低依次为: 政治、任务、通信、人身、应急、保障、电力。通过 w 能够看出隐层的优先级由高到低依次为: 思想、情绪、信噪比、训练、培训、物资、运输、精力、功率、负载、文娱、水源、饮食。

5 结语

安全管理工作中的重要过程是隐患识别, 但是隐患识别后交付隐患治理时常常遇到来不及治理和不分轻重缓急的情况, 从而导致隐患治理效率低的问题, 为了解决上述问题, 论文应用层次分析法, 构建安全隐患层次分析模型, 使得在获得安全隐患列表后能够根据历史经验对隐患列表进行排序, 实现隐患优先级划分, 指导工作人员优先处置高级别安全隐患, 适当放宽低级别安全隐患的处置实效性要求, 从而提高了隐患治理效率。

论文设计的基于层次分析法的安全隐患评价机制能够完整的实现安全隐患评价, 但是该模型在设计时没有考虑多层级的情况, 安全管理实践中通常在系统内部实现多层级隐患治理, 但是多层级的层次分析会使数据计算量快速增大, 形成新的问题, 笔者正在探索该问题的解决方案。

参考文献

- [1] 吴起,何天平,徐进.基于层次分析法的事故隐患模糊综合评价研究[J].中国安全科学学报,2007(5):27-31+177.
- [2] 吴超.安全科学学的初步研究[J].中国安全科学学报,2007(11):5-15.
- [3] 杨伟.基于层次分析法的吊篮危险性评价方法研究[J].科技与创新,2020(15):74-76.
- [4] 范文琪.基于AHP的天然气长输管道隐患评估体系及治理研究[D].兰州:兰州理工大学,2021.