

基于层次分析法的矿山爆破飞石伤人事故风险分析

李陶陶（山西焦煤集团有限责任公司官地煤矿，山西 太原 030022）

摘要：我国矿山企业中，一旦产生伤亡事故，就会造成非常严重的后果，而且根据相关的调查资料统计显示，各类爆破事故所占据的比重是最高的，超过40%。本文进行分析基于层次分析法的矿山爆破飞石伤人事故风险，得到相应的引发因素，给控制工作作出有价值的借鉴。

关键词：层次分析法；矿山爆破；飞石伤人；事故风险

Abstract: in China's mining enterprises, once there is a casualty accident, it will cause very serious consequences, and according to the relevant survey data statistics, the proportion of all kinds of blasting accidents is the highest, more than 40%. This paper analyzes the risk of mine blasting flying rock injury accident based on analytic hierarchy process, obtains the corresponding triggering factors, and makes a valuable reference for the control work.

Key words: analytic hierarchy process; Mine blasting; Flying stones hurt people; Accident risk

0 引言

我国矿山企业的伤亡事故中，占据较大比重的就是各类爆破事故。而且通常爆破事故的发生因素包括两方面，一方面是人为因素，即爆破技术、施工技术缺陷和差错，工程技术人员现场经验不足，爆破作业人员违章操作，管理者未严格的把关等。另一方面就是非人为因素，即起爆材料质量较差、自然环境的风雨雷电等等。而且很大一部分的爆破事故是由于人为因素所导致，人为因素已经构成了爆破事故的关键原因。

本文主要是建立在层次分析法的基础上，形成相应的爆破飞石伤人事故的故障树模型并分析，获得对爆破飞石伤人事故产生影响的关键因素，积极的防范该类事故。



图1 爆破施工飞石情况

1 层次分析法概况

1.1 在层次分析法原理方面

层次分析法即为多目标决策分析方法，有效的融合起了定性分析方法、定量分析方法。层次分析法的应用原理就是，划分复杂问题成不同的层次、因素，比较并且判断两两指标间重要程度，形成科学的判断矩阵，计算获取判断矩阵的最大特征值和特征向量，之后就能够获取各种方案的重要性程度权重结果，最终选取最优的方案。

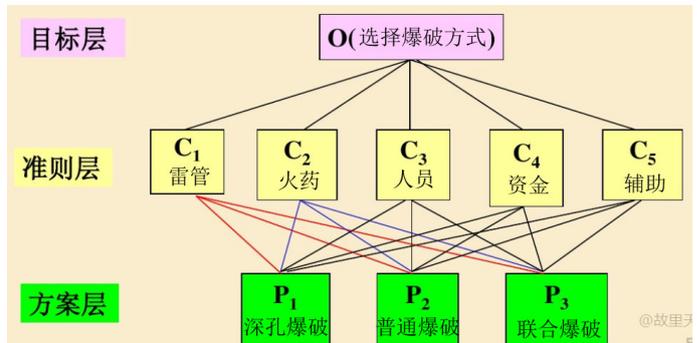


图2 层次分析法的基本步骤

1.2 在构造判断矩阵及一致性检验方面

依据递阶层次结构，展开构造判断矩阵的操作。把所有的具备向下隶属关系的元素，当作是判断矩阵的首个元素，其中涉及到的各元素，在其后的第一行、第一列顺序的排列，同时进行判断矩阵的有效填写。填写时，询问填写人有关事宜，对于判断矩阵准则，比较两两元素的重要程度，从1-9进行针对性的赋值。要性标度含义情况就是：1、3、5、7、9均是表示两个元素相比，含义不同的就是，1、3、5、7、9分别代表具有同等重要性、前者比后者稍重要、前者比后者明显重要、前者比后者强烈重要、前者比后者极端重要。2、4、6的含义就是表示以上判断的中间值。倒数，如果元素i、j重要性之比是 a_{ij} ，那么元素j、i重要性之比以 $1/a_{ij}$ 进行表示。

构造判断矩阵以及实施一致性检验中，就是采取1-9标度法成对比较，对专家意见进行参考，各因素之间的相对重要性需要科学的明确，同时进行分值的赋予。所有层次内判断矩阵进行一一的构造，对权重向量合理的计算，然后展开一致性检验。例如，平均随机一致性指标RI的情况（1000次正互反矩阵计算结果）就是，矩阵阶数1，RI=0；矩阵阶数2，RI=0；矩阵阶数3，RI=0.52；矩阵阶数4，RI=0.89；矩阵阶数5，RI=1.12；……；矩阵阶数11，RI=1.52；矩阵阶数12，RI=1.54；矩阵阶数13，RI=1.56；矩阵阶数14，RI=1.58；矩阵阶

数 15, RI=1.59。

采取 $CR=CI/RI$, $CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1)$ 的公式, 进行计算一致性比例 CR, 再展开判断, 如果判断矩阵的一致性能够接受, 则 CR 低于 0.1; 如果不满足一致性标准, 则 CR 在 0.1 以上, 应该展开修正处理。

2 矿山爆破飞石伤人事故风险分析

2.1 故障树演绎

爆破的过程中, 尤其是抛掷爆破, 采取裸露药包等展开大块破碎的情况下, 很容易出现碎块远距离的分散的情况, 由此导致损坏建筑物甚至人员伤亡的现象。按照矿山爆破事故记录情况显示, 整个爆破事故中, 露天爆破飞石伤人事故具有近 30% 的比重, 需要爆破设计与施工环节紧密的关注此问题。采取事故树分析相应的内容, 包含操作的条件、操作技术、管理情况以及地质条件等, 构建针对性的爆破飞石伤人事故故障树。经此演绎, 获得爆破飞石伤人的不同方式, 而且找到引发顶上事件的十四个基本事件。

2.2 层次分析模型的建立

按照故障树, 形成包括了目标层、准则层、指标层三方面的关于矿山爆破飞石伤人事故的层次分析模型。

第一, 目标层: 矿山爆破飞石伤人 (a)。第二, 准则层: 爆破操作 (b1)、安全管理 (b2)、警戒管理 (b3)。第三, 指标层: b1 中包括了炸药单耗过大 (c1)、网络连接出错 (c2)、选取网孔参数不合理 (c3)、个别孔药量过大 (c4)、早爆 (c5); b2 中包括了起爆不到位 (c6)、起爆前没有通知 (c7)、起爆前没有对人数进行清点 (c8)、起爆之前没有通知全面 (c9)、起爆前没有发放信号 (c10)、起爆时无人看管 (c11); b3 中包括了警戒人员不负责 (c12)、警戒线设置不全 (c13)、警戒线无足够的安全距离 (c14)。

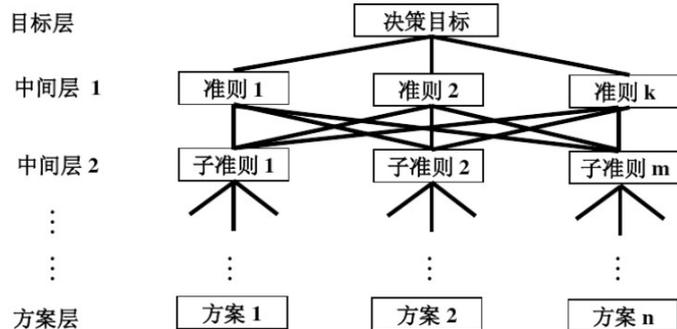


图 3 层次分析法模型建立示意图

2.3 构造判断矩阵并赋值及一致性检验

按照重要性标度含义, 询问填写人 (专家), 遵循判断矩阵的准则进行构造 a、b/b1、c/b2、c/b3、c 几组判断矩阵, 同时进行相应的赋值, 展开一致性检验。构造 a-b 间的判断矩阵及一致性检验 $CR=0.028$, 此值低于 0.1, 所以可以接受该判断矩阵一致性; b1-c 间的判断矩阵, $CR=0.016$, 此值小于 0.1, 可接受判断矩阵的一致性;

b2-c 之间的判断矩阵及一致性检验, $CR=0.020$, 此值小于 0.1, 可接受判断矩阵的一致性; b3-c 间的判断矩阵及一致性检验, $CR=0.062$, 此值小于 0.1, 判断矩阵的一致性可接受。

A	B1	B2	B3	B1	C1	C2	B2	C3	C4	B3	C5	C6
B1	1	1/3	1/3	C1	1	1	C3	1	3	C5	1	3
B2		1	1	C2		1	C4		1	C6		1
B3			1									

C1	D1	D2	C2	D1	D2	C3	D1	D2	C4	D1	D2
D1	1	5	D1	1	3	D1	1	1/5	D1	1	7
D2		1	D2		1	D2		1	D2		1

图 4 判断矩阵表

2.4 层次总排序及整体一致性检验

总排序即为各判断矩阵、各因素针对目标层的相对权重。计算此权重的方式, 就是以由上至下模式, 进行逐层的合成。计算获取指标层整体权重值, 从 c1、c2、c3、c4、c5……c11、c12、c13、c14 的权重分别是 0.1467、0.0623、0.0717、0.1554、0.2224……0.0466、0.0112、0.0435、0.1010。计算获取总排序 CR 在 0.1 之内, 所以判断矩阵的整体一致性能够被接受。指标层按照降序的总排序结果记录就是: $c5 > c4 > c1 > c14 > c3 > c2 > c6 > c11 > c13 > c10 > c7 > c9 > c8 > c12$ 。

3 结语

通过采取层次分析法最终能够观察到, 引发很多爆破飞石伤人事故的关键性因素就是早爆因素权重最大。而且爆破事故中, 爆破操作问题也占据较大的比重, 然后就是警戒线安全距离不够的问题、爆破时管理以及警戒方面问题等。所以可以了解到其中的任意程序如果不能全面的掌控好, 都会引发不可想象的人员伤亡事件。鉴于此, 应该严格加强管理工作, 充分的履行爆破规章制度内容, 尤其重视做好危险因素的防范工作。

参考文献:

- [1] 贾达, 陈星明, 莫超, 刘小平, 龙林健. 中小型露天矿山爆破飞石最远飞散距离预测研究 [J]. 工业安全与环保, 2020,47(03):30-33.
- [2] 吴启明, 季艳妮. 露天采石场在爆破中存在的安全问题及管理对策 [J]. 工程技术研究, 2020,5(09):192-193.
- [3] 田丰, 凌星. 概述石灰石矿山露天开采环境风险分析 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2019,7(18):132-134.
- [4] 许忠洪. 现代露天矿山爆破环节安全管理分析 [J]. 中国金属通报, 2019(3).
- [5] 王志伟, 郭伟平. 层次分析法在爆破飞石伤人事故中的应用 [J]. 采矿技术, 2016(2):58-60.
- [6] 贾玉洁, 等. 基于层次分析法的矿山爆破飞石伤人事故风险分析 [J]. 安全与环境工程, 2011(01):41-44.

作者简介:

李陶陶 (1987-), 男, 山西太原人, 2013 年毕业于黑龙江科技大学, 现为采煤助理。