

文章编号:1671-251X(2010)01-0052-04

基于层次分析法的尾矿库安全标准化评价系统^{*}

袁 梅^{1,2}, 张义平^{1,2}, 王作强³

(1. 贵州大学矿业学院, 2. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室, 贵州 贵阳 550003;
3. 中国铝业贵州分公司石灰石矿, 贵州 贵阳 550014)

摘要:为了合理地评价尾矿库的安全标准化等级,参考有关的法律法规、技术标准和规范,提出了采用9个一级指标和38个二级指标来评价尾矿库的安全性,采用层次分析法确定各级指标权重值的尾矿库安全标准化评价系统。实际应用结果表明,该系统能更真实、客观地反映尾矿库的安全标准化实际。

关键词:尾矿库; 安全标准化; 评价; 层次分析法

中图分类号:TD771 **文献标识码:**B

Safety Standardization Evaluation System of Tailing Reservoir Based on Analytical Hierarchy Process

YUAN Mei^{1,2}, ZHANG Yi-ping^{1,2}, WANG Zuo-qiang³

(1. Mining College of Guizhou University, Guiyang 550003, China.

2. Guizhou Province Non-metallic Mineral Resources Comprehensive Utilization Key Laboratory, Guiyang 550003, China. 3. Limestone Mine of Guizhou Branch of Chinalco, Guiyang 550014, China)

Abstract: In order to reasonably evaluate safety standardization grade of tailing reservoir, after consulting relational laws, statutes, technical standards and criterions, the paper put forward a safety standardization evaluation system of tailing reservoir which uses 9 first level indexes and 38 second level indexes to estimate safety performance of tailing reservoir and uses analytical hierarchy process to define weighing value of every index. The actual application showed that the system can reflect reality of tailing reservoir more realistically and objectively.

Key words: tailing reservoir, safety standardization, evaluation, analytic hierarchy process

0 引言

金属与非金属矿山是工业生产的高危行业,其事故发生起数和死亡人数在全国工业安全生产领域占较大的比重。金属非金属矿山企业尾矿库是指开采金属矿石、化工原料、建筑材料、辅助材料、耐火材料及其它非煤非金属矿物的矿山企业的尾矿排放场所。尾矿库是金属与非金属矿山安全生产的重要环节,也是该领域的重大危险源之一。作为具有高势

能的人造泥石流危险源,其一旦发生事故,将会给下游人民生命财产安全造成巨大损失,给当地环境造成严重污染,给当地的经济发展和社会稳定也带来严重的负面影响^[1]。

为了不断提高尾矿库的本质安全化,合理地评价尾矿库的安全标准化等级,本文参考有关的法律法规、技术标准和规范,用9个一级指标和38个二级指标来评价尾矿库的安全标准化等级,采用层次分析法确定各级指标的权重值,给出了一种基于层次分析法的尾矿库安全标准化评价系统。

1 层次分析法的步骤

层次分析法是将半定性、半定量问题转化为定量问题的有效途径,它将各种因素层次化,并逐层比较多种关联因素,为分析和预测事物的发展提供可

收稿日期:2009-09-03

*基金项目:国家自然科学基金(50764001),贵州省科学技术基金(黔科合J字[2008]2010),贵州省社会发展科技攻关计划项目(黔科合SZ字[2009]3032),教育部春晖计划(Z2007-1-52012)

作者简介:袁 梅(1973-),女,贵州贵阳人,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向为矿山灾害防治。E-mail: gutyuanmei@126.com

可靠的定量依据^[1]。

1.1 构造判断矩阵 A

用合适的标度对本层次中某个元素与其它有关各个元素之间的相对重要性进行比较,然后用数值表示出来,写出矩阵形式即为判断矩阵。判断矩阵 A 中各元素的取值和含义如表 1 所示。

表 1 判断矩阵 A 中各元素的取值和含义表

标度 a_{ij} 取值	标度定义
1	因素 A_i 与 A_j 同样重要
3	因素 A_i 比 A_j 稍重要
5	因素 A_i 比 A_j 较重要
7	因素 A_i 比 A_j 很重要
9	因素 A_i 比 A_j 极端重要
2,4,6,8	上述两两相邻判断矩阵的中间值

1.2 权重值的确定

权重值按照以下步骤确定:

(1) 求判断矩阵 A 中各行元素之积 M_i :

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij};$$

(2) 计算 M_i 的 n 次方根: $\widetilde{w}_i = \sqrt[n]{M_i}$;

(3) 归一化处理: $w_i = \widetilde{w}_i / \sum_{i=1}^n \widetilde{w}_i$ 。

则 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 即为所求的特征向量,其中各元素分别为各因素的权重系数。

1.3 一致性检验

(1) 计算判断矩阵 A 的最大特征根 λ_{\max}

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_i w_i}{n w_i}}{n} \quad (1)$$

(2) 计算一致性指标 CI

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

(3) 计算随机一致性比例 CR

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

式中:RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标。

1~10 阶判断矩阵的 RI 取值如表 2 所示。

表 2 1~10 阶判断矩阵的 RI 取值表

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49

当 $CR < 0.1$ 时即可认为该单层次判断矩阵具有满意的一致性,说明单层次判断矩阵的构造符合数学逻辑,可以依据该矩阵进行权值的计算,否则就要重新调整判断矩阵,然后再次进行一致性检验,直至满足 $CR < 0.1$ 要求为止。

2 尾矿库安全标准化等级评价

2.1 评价指标的建立

本文参考国家、部门、行业颁布和制定的法律法规、技术标准、规范,并结合目前国内尾矿库安全标准化评价标准,将安全生产组织保障,危险源辨识与风险评价,安全教育培训,尾矿库建设,尾矿库运行,检查,应急管理,事故、事件报告、调查与分析 and 绩效测量与评价 9 个方面作为一级指标;将尾矿库风险评价,安全生产责任制,尾矿库勘查、设计、施工与验收等 38 个方面作为二级指标。采用层次分析法确定各级指标的权重值,将尾矿库安全标准化等级作为最终目标,给出了一种基于层次分析法的尾矿库安全标准评价体系,如图 1 所示。

2.2 权值的确定和一致性检验

(1) 一级指标

权值的确定:根据层次分析法原理,建立一级指标的判断矩阵,矩阵中各指标的权值通过现场专家调查并用层次分析法建立各层次的判断矩阵分析后调整确定。判断矩阵取值如表 3 所示,其中 A_i 的含义与图 1 中相同。

一致性检验:根据计算,一级指标判断矩阵 $A_{9 \times 9}$ 的最大特征根 $\lambda_{\max} = 9.1484$,一致性指标 $CI = 0.01855$,查表 2,平均随机一致性指标 $RI = 1.46$,故一致性比例 $CR = CI / RI = 0.0127 < 0.1$,即认为判断矩阵具有满意的一致性,表明以 $W = (0.209, 0.112, 0.088, 0.067, 0.147, 0.121, 0.112, 0.091, 0.053)^T$ 的各个分量 w_i 作为相应的各个因素的权重值分配是合理的。

(2) 二级指标

权值的确定:同理可构造出 A_i 对 a_{ij} ($i = 1 \sim 9$) 的构造矩阵。其中第一个二级指标(安全生产组织保障)判断矩阵的取值如表 4 所示,其它 8 个二级指标判断矩阵构造方法类似,在此不一一列举。

经计算, $w_1 = (0.087, 0.175, 0.087, 0.175, 0.169, 0.087, 0.087, 0.087, 0.045)^T$, $w_2 = (0.169, 0.444, 0.387)^T$; $w_3 = (0.333, 0.667)^T$; $w_4 = (0.5, 0.5)^T$; $w_5 = (0.251, 0.251, 0.166, 0.166, 0.166)^T$; $w_6 = (0.1667, 0.1667, 0.1667, 0.1667, 0.1667, 0.1667)^T$; $w_7 = (0.1429, 0.2857, 0.1429, 0.2857, 0.1429)^T$; $w_8 = (0.193, 0.36, 0.325, 0.123)^T$; $w_9 = (0.5, 0.5)^T$ 。

一致性检验:二级指标的参数计算结果如表 5 所示。

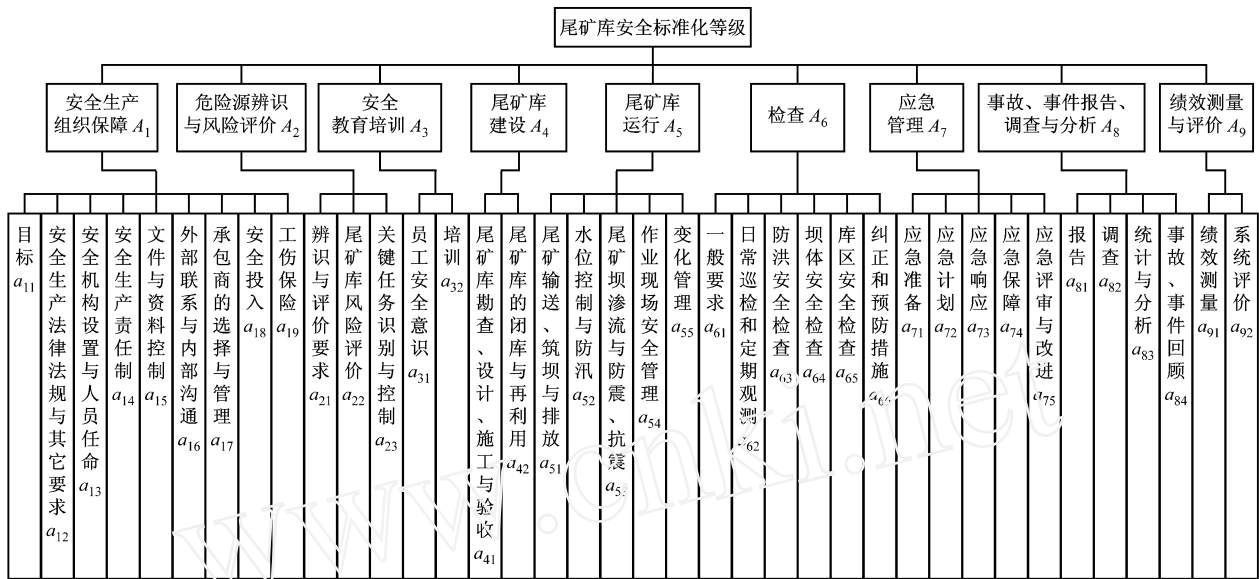


图 1 尾矿库安全标准化等级评价体系图

表 3 一级指标判断矩阵取值表

因素	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	M _i	\bar{W}_i	w _i
A ₁	1	2	2	3	1	2	2	3	4	576	2.026	0.209
A ₂	1/2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1.080	0.112
A ₃	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1	1	2	0.25	0.857	0.088
A ₄	1/3	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	1	1	2.083 ×10 ⁻²	0.650	0.067
A ₅	1	1	2	2	1	1	1	2	3	24	1.424	0.147
A ₆	1/2	1	2	2	1	1	1	1	2	4	1.167	0.121
A ₇	1/2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1.080	0.112
A ₈	1/3	1	1	1	1/2	1	1	1	2	0.333 3	0.885	0.091
A ₉	1/4	1/2	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/2	1	2.604 ×10 ⁻³	0.516	0.053

表 4 第一个二级指标(安全生产组织保障)判断矩阵的取值表

因素	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	M _i	\bar{W}_i	w _i
A ₁	1	1/2	1	1/2	1/2	1	1	1	2	0.25	0.857 2	0.087
A ₂	2	1	2	1	1	2	2	2	4	128	1.714	0.175
A ₃	1	1/2	1	1/2	1/2	1	1	1	2	0.25	0.857 2	0.087
A ₄	2	1	2	1	1	2	2	2	4	128	1.714	0.175
A ₅	2	1	2	1	1	2	2	2	3	96	1.661	0.169
A ₆	1	1/2	1	1/2	1/2	1	1	1	2	0.25	0.857 2	0.087
A ₇	1	1/2	1	1/2	1/2	1	1	1	2	0.25	0.857 2	0.087
A ₈	1	1/2	1	1/2	1/2	1	1	1	2	0.25	0.857 2	0.087
A ₉	1/2	1/4	1/2	1/4	1/3	1/2	1/2	1/2	1	6.510 ×10 ⁻⁴	0.442 5	0.045

表 5 二级指标的参数计算结果表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CI _i	9.125 ×10 ⁻⁴	9.15 ×10 ⁻³	0.000 1	0	0.023 58	0	2.5 ×10 ⁻⁸	0.015 23	0
w _i	0.209	0.112	0.088	0.067	0.147	0.121	0.112	0.091	0.053
RI _i	1.46	0.52	0	0	1.12	1.26	1.12	0.89	0

由 $CI = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 w_i CI_i$ 、 $RI = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 w_i RI_i$ 和 $CR = CI/RI$, 可得 $CR = 0.006\ 852 < 0.1$, 表明二级指标同样也具有满意的一致性。

3 尾矿库安全标准化等级

尾矿库安全标准化等级如表 6 所示。

表 6 尾矿库安全标准化等级表

级别	标准化得分	百万工时伤害率	百万工时死亡率
一	95	5	0.5
二	80	10	1.0
三	65	15	1.5
四	55	20	2.0
五	45	25	2.5

4 应用实例

某非金属露天矿山位于贵州省贵阳市乌当区, 矿区长为 3.4 km, 宽为 0.9 km, 范围北起赵关, 南至耿忠大坡, 东至铁路线, 西到尖山。该露天矿山有 1 个尾矿库, 位于洗选车间东侧山后的格朗山谷, 距洗选车间约 2 km, 库区东西宽约为 800 m, 南北宽约为 80~200 m, 汇水面积为 0.345 km²。库址最低标高为 1 240 m, 设计尾矿堆高为 30 m (从 1 240~1 270 m), 可获得库容为 188.9 万 m³, 为 一级尾矿库。目前, 尾矿库分为 1#、2# 两个库区。其中 2# 库区库容约为 3 万 m³, 1987 年启用, 于 2003 年底堆满闭库; 1# 库区库容约为 15 万 m³, 于 2003 年底启用。利用本文建立的尾矿库安全标准化评价系统, 该尾矿库 2008 年度 9 个一级指标得分分别为 82、77、79、64、60、63、65、82、68, 其综合得分 $D =$

$A \cdot W = (82, 77, 79, 64, 60, 63, 65, 82, 68) \cdot (0.087, 0.175, 0.087, 0.175, 0.169, 0.087, 0.087, 0.087, 0.045)^T = 70.152$, 该矿百万工时伤害率和百万工时死亡率均为 0, 故该尾矿库的安全标准化等级为三级。根据实地考察和企业的安全标准化自评结果, 该评价系统的计算结果符合该尾矿库的安全标准化建设现状。

5 结语

本文结合目前国内尾矿库安全标准化评价标准, 对尾矿库安全指标进行了划分, 并利用层次分析法确定各级指标的权重值, 明确了各级指标在整体中的重要程度。应用实例结果表明, 该评价系统能全面、客观地反映尾矿库的安全生产标准化等级。

参考文献:

[1] 袁 梅, 王作强. AHP 在尾矿库安全现状评价中的应用[J]. 轻金属, 2009(7): 43-45.
[2] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 3 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006.
[3] 全国信息与文献工作标准化技术委员会出版物格式分委员会. GB16423—2006 金属非金属矿山安全规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
[4] 国家安全生产监督管理总局. 金属非金属矿山安全质量标准化企业考评办法及标准(试行)[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2005.
[5] 国家安全生产监督管理总局. AQ 2006—2005 尾矿库安全技术规程[S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2006.
[6] 国家安全生产监督管理总局. AQ2007. 4—2006 金属非金属矿山安全标准化规范尾矿库实施指南[S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.

英维思仿真技术帮助韩国展示洁净煤发电的可行性

致力于流程和制造行业技术系统、软件解决方案和咨询服务的全球领先提供商——英维思运营管理(IOM)于 2009 年 12 月 17 日宣布, 他们已经为韩国电力研究院(KEPRI)提供了全面的仿真和培训解决方案。

根据协议条款, 英维思提供了一个操作员培训仿真系统(OTS), 包括供操作员培训和流程工程设计研究使用的 Dynsim 高保真仿真系统和实现流程图可视化的 Wonderware InTouch 人机界面(HMI)。英维思还提供工程和技术服务, 为操作员培训和工程应用进行动态仿真模型开发和 HMI 配置。

英维思的解决方案将被应用于 KEPRI 即将在韩国 Taean 兴建的整体煤气化联合循环(IGCC)电厂的通用模型中。该电厂被视为最先进的设施和试验场所, 它将被用来向全世界证明洁净煤发电厂的可行性。KEPRI 的流程、机械和控制工程师们将使用动态仿真系统来了解新的 IGCC 技术、制定设计决策、准备操作程序和培训工厂操作人员。

(赵 刚)