

基于模糊综合评判法的某铀矿井开拓方案选择

李从飞

(中核内蒙古矿业有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要: 矿井开拓方案选择是一个多因素、多指标的复杂过程。为了降低主观判断对矿井开拓方案选择的影响,以某铀矿井为研究对象,基于模糊数学理论建立了模糊综合评判模型,确定了 10 项影响因素的模糊权重,量化了开拓方案的影响程度。在模糊判断权重矩阵和相对隶属度矩阵的基础上,根据模糊数学综合评判原理,从模糊聚类初选的开拓方案中确定最优开拓方法,通过模糊综合评判确定的最优主、副井开拓方案为竖井+竖井方案。根据矿井提升方式不同,对提出的两种方案进行了技术经济比选,推荐以两矿井集中提升方案为矿井开拓方案。

关键词: 铀矿开采;模糊综合评判;层次分析法(AHP);开拓方案;方案优选;铀矿井

中图分类号: TL212.1; TD868 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-8063(2026)02-0061-07

DOI: 10.13426/j.cnki.yky.2025.09.16

在矿山企业中,矿井开拓方案的选择是极为关键的问题之一。传统开拓方案设计通常采用工程类比法、技术经济比较法、综合分析比较法等,对多个技术可行方案进行综合分析与技术经济比选,从而确定最优的开拓方案^[1]。该选择方式与从业技术人员的经验密切相关,重点考虑技术经济因素,在实际工作中存在考虑问题不全面、主观随意性强等问题,缺少一定的科学理论基础。

近年来,对开拓方案优化选择的研究与实践较多。秦旭忠等针对采用传统评价方法优选采矿设备中存在的方法单一、系统性不足等问题,提出了一种基于 GRA-AHP-云模型的综合评价方法^[2]。王滔等以某铀矿山急倾斜薄矿脉为研究对象,通过 AHP-TOPSIS 优选方法分析了不同采矿方法,提出了适用于该矿山的薄矿脉高分段深孔连续高效协同采矿法^[3]。多位学者以实际矿山为应用场景,通过模糊数学和层次分析法对采矿方法、采矿方案、矿山开拓系统进行了评价优选^[4-13]。李学文等基于熵权 TOPSIS 法建立开拓方案决策模型,并应用于云南某矿开拓方案的优选^[14]。马少维等通过计算矿山的技术经济指标,对开拓系统方案进行了比选^[15-16]。

综上所述,评价理论及方法在采矿领域的应用相当成熟,可为开拓系统方案的比选提供科学的决策依据。其中,模糊综合评判法能有效应对

采矿系统固有的复杂性和技术指标的多元性,应用较广。该方法通过引入“隶属度”来处理定性描述的模糊性,并将多个指标进行系统的权重量化与分析,从而显著提高了评价结果的稳健性和可靠性。因此,笔者将模糊数学综合评判原理,应用于某铀矿井的开拓方案初选中,旨在建立开拓方案综合评价指标体系,通过模糊综合评判确定最优的主副井开拓方案,再对可行的提升方案进行综合分析比选,最终确定该矿井的最优开拓方案。

1 矿床开采技术条件

该矿床地处沙漠东部边缘的牧区,矿区地表基本无农田,也不在自然保护区内。矿床铀矿带总长约 5.8 km,宽约 1.3 km。主成矿带共划分了 38 个矿体。矿体底板埋深最浅为 186.66 m,最深为 646.40 m,赋存标高为 1 091.19 ~ 642.34 m。矿体形态多呈板状,少量呈透镜状,产状平缓,总体向南东缓倾,倾角一般 3~5°,靠近扇三角洲前缘的部分矿体倾角可达 10~15°;矿体厚度 0.41~8.96 m,平均厚度 1.89 m,单工程矿体厚度 0.48~7.84 m。矿床地层岩性较复杂,呈“泥-砂-泥”互层结构,岩体结构以整块或厚层状结构为主;岩石强度软硬不均,饱水砂岩层岩体稳定性差,矿床工程地质条件属于复杂类型。

矿床充水含水层与构造破碎带富水性弱至中等,透水性中等,承压水头高,水文地质边界较复杂。地下水补给条件差,预测矿坑涌水量大,矿床水文地质条件属于复杂类型。

2 基于模糊综合评判法开拓方案初选

根据矿床开采技术条件,应用模糊综合评判对可行的开拓方案进行初选。先对所考虑的因素进行层次结构划分,计算其模糊权重矩阵,通过一

致性检验得到开拓方案的权重向量;再分别应用线性函数法和等级评定法对定量指标和定性指标的隶属度矩阵进行计算;最后,通过模糊综合评判法确定最优开拓方法。

在矿床开采技术条件的基础上,初步确定了 4 种开拓方案,采用层次分析法建立开拓方案综合评价指标体系,客观确定各因素的权重,再通过模糊综合评判确定最优的主、副井开拓方案。初选开拓方法经济技术指标见表 1。

表 1 初选开拓方法经济技术指标
Table 1 Economic and technical indicators of development plan

方案		经济技术指标									
		开拓 工程量/ m^3	直接投资/ 万元	提升成本/ (元/t)	提升效率	安全 程度	进风 条件	熟悉 程度	劳动 强度	自动化 程度	采掘设备 运输条件
方案 I	主井:竖井 副井:竖井	35 908	5 461	16.63	较高	好	好	好	好	好	较差
方案 II	主井:竖井 副井:斜坡道	78 343	6 354	16.63	较高	中等	中等	较好	较差	较好	好
方案 III	主井:胶带斜井 副井:竖井	55 639	5 509	11.88	高	中等	较好	中等	较好	好	较差
方案 IV	主井:胶带斜井 副井:斜坡道	98 073	6 401	11.88	高	较差	较差	中等	中等	较好	好

2.1 确定模糊权重

为量化各经济技术指标在铀矿开采方案中的相对重要性,需依据特定矿体的开采技术条件,为各项指标赋予相应的权重。采用模糊数学综合评判法优选开拓方案时,先要确定其模糊权重。开拓方案优选是一个多因素、多目标的决策过程,且这些因素对选择结果的影响程度不同。为准确地表现出各因素对选择结果的影响程度,需要对各因素进行加权处理。

建立评价指标体系是进行评价工作的基础,评价指标体系包括定量指标、定性指标。某铀矿开拓方法优选指标有:1)开拓工程量(X_1)、开拓工程直接投资(X_2)、提升成本(X_3)3 个定量指标,均为负指标;2)提升效率(X_4)、劳动强度(X_5)、自动化程度(X_6)、安全程度(X_7)、进风条件(X_8)、熟悉程度(X_9)、运输条件(X_{10})7 个定性指标。

2.1.1 层次结构划分

采用层次法确定权重。在开拓方法优选中,

最优开拓方法为目标层;技术经济因素、劳动生产率、生产管理因素为准则层;考虑的因素为指标层。因此,可以将需要考虑的指标因素划分为技术经济因素 Y_1 (包括 X_1 、 X_2 、 X_3)、劳动生产率因素 Y_2 (X_4 、 X_5 、 X_6)、生产管理因素 Y_3 (X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10})。构成指标权重矩阵 $Y=(Y_1、Y_2、Y_3)$ 。层次结构见图 1。

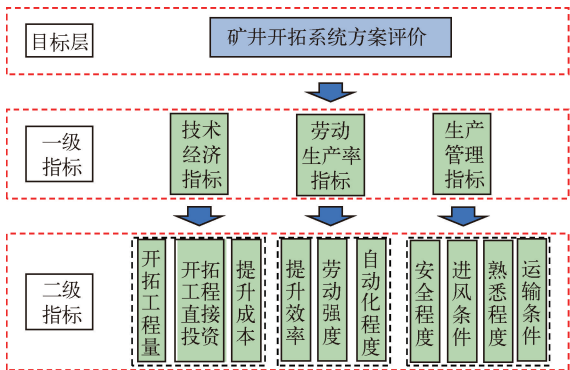


图 1 矿井开拓系统方案评价层次结构图

Fig. 1 Hierarchical structure diagram for the evaluation of mine development system schemes

2.1.2 模糊权重矩阵计算

根据层次分析法原理,构造目标层对应于准则层因素的判断矩阵。采用几何平均法确定各因素的权重,通过两两对比,确定每个层次中各因素的相对重要程度,从而得到权向量。指标重要程度分级赋值见表2。

表2 指标重要程度分级赋值

Table 2 Index importance assignment

指标重要程度	f_{ij}	f_{ji}
x_i, x_j 同等重要	1	1
x_i 比 x_j 稍重要	2	1/2
x_i 比 x_j 较重要	3	1/3
x_i 比 x_j 很重要	4	1/4
x_i 比 x_j 极重要	5	1/5

根据专家对各评价指标的重要性对比结果,构造判断矩阵 Y_0-X :

$$Y_0 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}; \quad (1)$$

判断矩阵 Y_1-X :

$$Y_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}; \quad (2)$$

判断矩阵 Y_2-X :

$$Y_2 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}; \quad (3)$$

判断矩阵 Y_3-X :

$$Y_3 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 3 \\ 1/2 & 1 & 3 & 2 \\ 1/4 & 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}。 \quad (4)$$

根据一级指标的判断矩阵,采用方根法求出其最大特征值 $\lambda_{\max}$ 所对应的特征向量 W ,并对 W 进行归一化处理,可得到各评价因素的相对权重。最大特征值 $\lambda_{\max}$ 采用 MATLAB 编程进行计算,见式(5)。计算求得的判断矩阵 Y_0 ,见式(6)。

$$W_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n w_{ij}} / \sum_{j=1}^n w_j, \quad (5)$$

$$Y_0 = [0.540 \quad 0.163 \quad 0.297]。 \quad (6)$$

同理,基于同一方法计算出矩阵 Y_1, Y_2, Y_3 各因素的权重值并归一后得各评价因素的相对权重,见表3。

表3 权重计算结果

Table 3 Weight calculation results

指标	Y_1-X	指标	Y_2-X	指标	Y_3-X
X_1	0.088	X_4	0.088	X_7	0.139
X_2	0.291	X_5	0.027	X_8	0.082
X_3	0.160	X_6	0.049	X_9	0.028
				X_{10}	0.048

2.1.3 一致性检验

判断矩阵存在误差,为使判断结果与实际状况吻合度更好,对判断矩阵进行一致性检验。见式(7)~式(8)。

$$C_R = C_I / R_I, \quad (7)$$

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (8)$$

式中: C_R 为一致性比例,小于0.1为矩阵符合一次性检验的条件; C_I 为一致性检验指标, n 为判断矩阵的阶数; R_I 为平均随机一致性指标。

平均随机一致性指标 R_I 和一致性检验结果见表4~表5。

表4 平均随机一致性指标

Table 4 Mean random consistency index

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

表5 一致性检验结果

Table 5 Consistency check results

判断矩阵	$\lambda_{\max}$	C_I	R_I	C_R
Y_0	3.009 2	0.004 6	0.52	0.008 8
Y_1-X	3.009 2	0.004 6	0.52	0.008 8
Y_2-X	3.009 2	0.004 6	0.52	0.008 8
Y_3-X	4.031 0	0.010 3	0.89	0.011 6

经验证此时所有判断矩阵的 $C_R < 0.1$,满足一致性检验要求,此权重值可接受。最终得到影响开拓方案选择的权重向量为:

$$W = (0.088, 0.291, 0.160, 0.088, 0.139, 0.082, 0.028, 0.027, 0.049, 0.048)。$$

2.2 隶属度矩阵的确定

2.2.1 定量指标的隶属度矩阵

上述竖井+竖井(方案I)、竖井+斜坡道(方案II)、胶带斜井+竖井(方案III)、胶带斜井+斜坡道(方案IV)等四种方案,对于开拓工

程量 X_1 、开拓工程直接投资 X_2 、提升成本 X_3 这些定量指标,其隶属度的计算可按线性函数法求出,且均为负指标。正指标采用公式 $\gamma_{ij} = f_{ij}/f_{j\max}$ 计算,负指标采用公式 $\gamma_{ij} = 1 - f_{ij}/f_{j\max}$ 计算;式中: γ_{ij} 为第 i 种开拓方案 j 指标的隶属度; f_{ij} 为第 i 种开拓方案 j 指标值; $f_{j\max}$ 为各开拓方案指标的最大值。通过式(9)对应计算各开拓方案定量指标隶属度矩阵。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.633\ 9 & 0.201\ 2 & 0.432\ 7 & 0 \\ 0.146\ 9 & 0.007\ 3 & 0.139\ 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0.285\ 6 & 0.285\ 6 \end{bmatrix} \quad (9)$$

2.2.2 定性指标的隶属度矩阵

对 7 个定性指标,采用等级评定法,由专家按最差、差、较差、中等、较好、好、最好等 7 个标准进行比对,各评定值见表 6。

表 6 等级评定值

Table 6 Grade assessment value

等级	最差	差	较差	中等	较好	好	最好
评定值	0.05	0.20	0.35	0.50	0.65	0.80	0.95

根据表 6 数据得到各方案定性指标的隶属度矩阵 R_2 :

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.65 & 0.65 & 0.80 & 0.80 \\ 0.80 & 0.50 & 0.50 & 0.35 \\ 0.80 & 0.50 & 0.65 & 0.35 \\ 0.80 & 0.65 & 0.50 & 0.50 \\ 0.80 & 0.35 & 0.65 & 0.50 \\ 0.80 & 0.65 & 0.80 & 0.65 \\ 0.35 & 0.80 & 0.35 & 0.80 \end{bmatrix} \quad (10)$$

2.3 开拓方法模糊综合评判优选

在模糊判断权重矩阵和相对隶属度矩阵的基础上,根据模糊数学综合评判原理,从模糊聚类初选的开拓方案中选择最优开拓方法。通过式(11)进行综合评判。

$$B_j = \sum_{i=1}^9 W_i \times R_{ij}, (j = 1, 2, 3) \quad (11)$$

式中: B_j 为各方案相对选择率矩阵; W_i 为各指标权重矩阵; R_{ij} 为模糊关系隶属度矩阵。

因此,可得到 $B = (0.432\ 3, 0.285\ 1, 0.404\ 9, 0.290\ 8)$ 。

根据模糊数学综合评判原理,以评判结果值最大的开拓方法为最优开拓方案。综上可得方案

I、方案 II、方案 III、方案 IV 的综合优越度分别为 0.432 3、0.285 1、0.404 9、0.290 8。待选开拓方法的评判结果值由高到低排列为竖井+竖井、胶带斜井+竖井、胶带斜井+斜坡道、竖井+斜坡道。因此,最优主、副井开拓方案为竖井+竖井方案。

3 开拓方案优选

3.1 开拓方案选择

矿区地表地形平缓,标高在 1 280~1 300 m;矿床东西走向约 5.8 km,南北约 1.6 km。矿床东西走向长,根据矿床资源的集中度和分布范围,将矿床划分为 2 个相对独立的矿井(1 号矿井、2 号矿井)同时进行开采。根据提升方式的不同,2 个矿井的开拓方案存在两种形式(方案 A、方案 B),对两种方案进行比选。

方案 A:两矿井分别提升(图 2)。1 号矿井采用主副井联合开拓,主副井分别布置在左右两侧,主井直径 6.0 m,井口标高 1 277 m,主井开拓最下中段标高为 670 m,在东南、西北方向分别设置出地表的回风井;2 号矿井采用主副井联合开拓,主副井分别布置在左右两侧,主井直径 6.0 m,井口标高 1 285 m,主井开拓最下中段标高为 670 m,在东北、西南方向分别设置出地表的回风井。

方案 B:两矿井集中提升(图 3)。1 号矿井和 2 号矿井共用一条主井提升矿石和废石,主井为箕斗井。主井布置在 H44 号勘探线附近,直径 4.0 m,井口标高 1 281 m,主井开拓最下中段标高为 670 m,负责提升 670、730、790 m 中段矿岩。1 号和 2 号矿井副井为罐笼井,提升各中段的人员、设备和材料,并提升上部采区 850、930、990 m 中段的矿石、废石、人员、设备和材料;副井直径 6.0 m,井口标高 1 281 m,副井开拓最下中段标高为 670 m。

3.2 开拓方案的技术经济比较

对 2 个技术可行的方案(方案 A、方案 B)进行比选^[17-20]。根据矿床开采技术条件确定各方案开拓巷道的形式、位置、数量和规格,确定相应的提升和运输等系统,统计各方案的工程量,并进行综合技术经济比较(主要比较各方案基建投资和经营费用),见表 7。

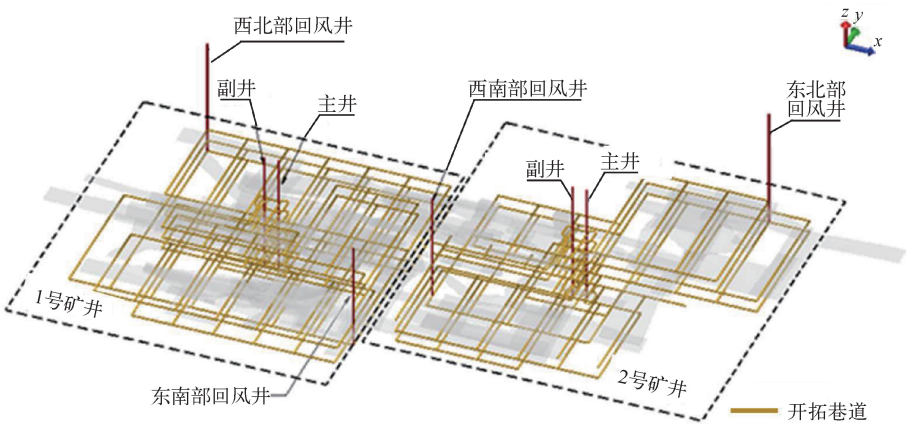


图 2 两矿井分别提升开拓方案示意图

Fig. 2 Schematic diagrams of the separate promotion development plans

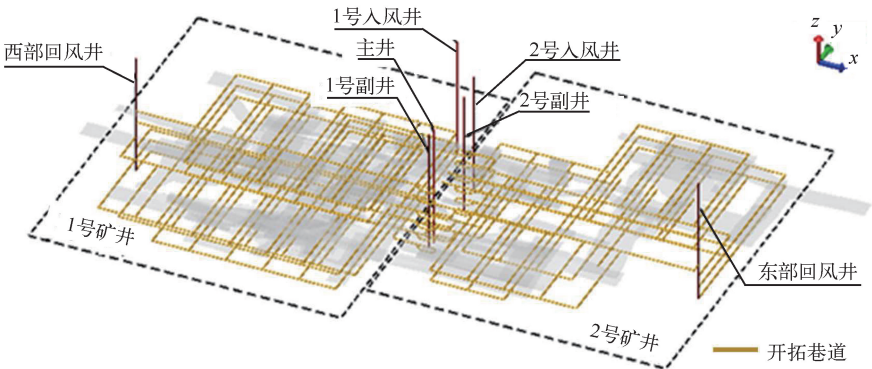


图 3 两矿井集中提升开拓方案示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the centralized promotion development plan

表 7 开拓方案综合技术经济比较

Table 7 Comprehensive technical and economic comparison of development plan

方案	方案特征	可比基建投资/万元		可比年经营费用/万元	优点	缺点
		井巷及建筑工程	设备及安装工程			
方案 A	两矿井分别提升	18 462.76	1 735.47	2 630.62	两矿井单独提升,互不影响,两矿井之间没有井巷联系,便于各自通风管理;各矿井的主、副井布置在各井田中部,矿石运输功最小,运输费用少;主井采用罐笼提升,单井井筒长度短,不需要开凿装矿水平、矿仓、计量硐室等箕斗配套工程	井巷工程量较大,基建投资费用高;矿石提升费用高
方案 B	两矿井集中提升	12 859.49	1 510.11	2 157.44	可比基建工程量低,基建投资省;箕斗提升自动化程度高,提升能力大,提升费用低;井口工业场地布置紧凑,占地面积小	提升井布置在矿井的端部,矿石运输功大,运输费用高;两矿井之间需要巷道相连,矿井通风管理难度大

由表 7 可看出,方案 B 的基建投资和年经营费用均低于方案 A,分别减少 28.9%和 18.0%;且方

案 B 采用箕斗提升,自动化程度高,安全风险低。因此,推荐采用方案 B 作为矿井的开拓方案。

4 结论

以某铀矿井为研究对象,基于模糊数学理论,通过层次分析法和权重评判,建立了适用于该矿井的模糊综合评判模型,确定了各因素的模糊权重,量化了开拓方案的影响程度,并优选了开拓系统方案。

1)利用该模型对可行开拓方案进行优选,验证了指标选取的合理性和模型的可靠性。模型减少了主观判断的影响,有效提升了开拓方案选择的科学性。通过模糊综合评判初选确定的最优主、副井开拓方案为竖井+竖井方案。

2)根据开拓方案初选成果,提出两矿井分别提升方案和两矿井集中提升方案。通过技术经济比选,推荐采用两矿井集中提升方案为矿井的开拓方案,即:两矿井共用一条主井(箕斗井)集中提升,两矿井分别布置一条副井(罐笼井)。

参考文献:

- [1] 朱念. 基于ES和AHP的矿山开拓方案选择的研究与应用[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2011: 1-3.
- [2] 秦旭忠, 谢国森, 宋丽霞, 等. 基于GRA-AHP-云模型的矿山采掘设备选型评价[J]. 铀矿冶, 2025, 44(4): 86-93.
QIN Xuzhong, XIE Guosen, SONG Lixia, et al. Evaluation of mining equipment selection based on GRA-AHP-Cloud model[J]. Uranium Mining and Metallurgy, 2025, 44(4): 86-93.
- [3] 王滔, 孙刚友, 杨江坤, 等. 基于AHP-TOPSIS的急倾斜薄矿脉采矿方法及采场结构参数优选[J]. 铀矿冶, 2025, 44(2): 38-51.
WANG Tao, SUN Gangyou, YANG Jiangkun, et al. Mining methods and structural parameter optimization for steeply inclined thin ore veins based on AHP-TOPSIS[J]. Uranium Mining and Metallurgy, 2025, 44(2): 38-51.
- [4] 王新民, 赵彬, 张钦礼. 基于层次分析和模糊数学的采矿方法选择[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2008, 39(5): 875-880.
WANG Xinmin, ZHAO Bin, ZHANG Qinli. Mining method choice based on AHP and fuzzy mathematics[J]. Journal of Central South University: Natural Science Edition, 2008, 39(5): 875-880.
- [5] 苗胜军, 王子木, 刘亚运, 等. 基于层次分析法的采矿方法模糊评价模型及应用[J]. 矿业研究与开发, 2017, 37(6): 66-69.
MIAO Shengjun, WANG Zimu, LIU Yayun, et al. Fuzzy evaluation model of mining methods and its application based on AHP[J]. Mining Research and Development, 2017, 37(6): 66-69.
- [6] 李真, 褚洪涛. 基于模糊数学的柿竹园矿采矿方法优选[J]. 矿业研究与开发, 2015, 35(8): 5-8.
LI Zhen, CHU Hongtao. Optimization of mining methods based on fuzzy mathematics in Shizhuyuan mine[J]. Mining Research and Development, 2015, 35(8): 5-8.
- [7] 肖木恩. 模糊数学在采矿方法选择中的应用[J]. 矿业研究与开发, 2003(1): 15-17.
XIAO Muen. Application of fuzzy mathematics in the selection of mining methods[J]. Mining Research and Development, 2003(1): 15-17.
- [8] 史太禄, 任凤玉, 李文增, 等. 模糊数学在采矿方法优选中的应用[J]. 金属矿山, 2007, 36(11): 29-31.
SHI Tailu, REN Fengyu, LI Wenzeng, et al. Application of fuzzy mathematics in optimal choice of mining method[J]. Metal Mine, 2007, 36(11): 29-31.
- [9] 郝长胜, 盛军坤. 利用层次分析和模糊数学法优选采矿方案[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2016, 35(7): 695-700.
HAO Changsheng, SHENG Junkun. Mining method choice by AHP and fuzzy mathematics[J]. Journal of Liaoning Technical University(Natural Science), 2016, 35(7): 695-700.
- [10] 何宇翔, 杨溢, 张志华, 等. 基于模糊数学在采矿方法中的优化[J]. 矿冶, 2018, 27(4): 41-44.
HE Yuxiang, YANG Yi, ZHANG Zhihua, et al. Optimization of mining method based on fuzzy mathematics[J]. Mining and Metallurgy, 2018, 27(4): 41-44.
- [11] 王琪, 张建华, 刘珺, 等. 基于AHP和灰色关联分析法的开拓方案优选[J]. 现代矿业, 2014, 30(4): 15-19.
WANG Qi, ZHANG Jianhua, LIU Jun, et al. Development scheme optimization selection based on the analytic hierarchy process method and grey correlation analysis method[J]. Modern Mining, 2014, 30(4): 15-19.
- [12] 程贵海, 熊海明, 陆慧萍, 等. 模糊层次分析法在开拓系统优化选择中的应用[J]. 西部探矿工程, 2012, 24(1): 106-109.
CHENG Guihai, XIONG Haiming, LU Huiping, et al. The application of fuzzy analytic hierarchy process in the optimization selection of development systems[J]. West-China Exploration Engineering, 2012, 24(1): 106-109.

- [13] 刘奇,张钦礼,刘贱刚,等.基于集对层次分析法的开拓方案综合评价[J].金属矿山,2011,40(9):28-32.
LIU Qi, ZHANG Qinli, LIU Jiangang, et al. Comprehensive evaluation of development schemes based on SPA and AHP[J]. Metal Mine, 2011, 40(9):28-32.
- [14] 李学文,段华君.熵权 TOPSIS 法在矿井开拓方案优选中的应用[J].西部探矿工程,2016,28(10):95-98.
LI Xuewen, DUAN Huajun. The application of entropy weight TOPSIS method in the optimization of mine development schemes[J]. West-China Exploration Engineering, 2016, 28(10):95-98.
- [15] 马少维,谭丽龙,刘晓明,等.复杂多矿权资源整合下某矿山开拓系统的优选[J].采矿技术,2025,25(1):246-250.
MA Shaowei, TAN Lilong, LIU Xiaoming, et al. The optimization of a certain mine development system under the integration of complex and multi-mining rights resources[J]. Mining Technology, 2025, 25(1):246-250.
- [16] 黄富邦,王建兵,李拥军,等.矿区整合条件下复杂开拓系统整合优化方案研究[J].世界有色金属,2024(6):30-33.
HUANG Fubang, WANG Jianbing, LI Yongjun, et al. Integrated optimization scheme of complex development system under integrated mining area conditions[J]. World Nonferrous Metals, 2024(6):30-33.
- [17] 陶树银,范富泉.某大型金矿开拓方案比选分析[J].有色冶金设计与研究,2024,45(3):1-5.
TAO Shuyin, FAN Fuquan. Comparison and analysis of development plan for a large gold mine[J]. Nonferrous Metals Engineering & Research, 2024, 45(3):1-5.
- [18] 王国利.矿山开拓系统的优化比选[J].有色矿冶,2020,36(6):8-11.
WANG Guoli. Optimization on comparison and selection of mine development system[J]. Non-Ferrous Mining and Metallurgy, 2020, 36(6):8-11.
- [19] 周伟永.深部技改工程竖井开拓方案比选研究[J].中国矿业,2019,28(2):97-100.
ZHOU Weiyong. Research on comparison and selection of vertical shaft development schemes in technical renovation projects[J]. China Mining Magazine, 2019, 28(2):97-100.
- [20] 宋国虎,张立功,许建峰,等.龙王沟矿井开拓方案技术经济比选[J].煤炭工程,2015,47(7):21-23.
SONG Guohu, ZHANG Ligong, XU Jianfeng, et al. Technical and economic comparison of development scheme of Longwanggou coal mine[J]. Coal Engineering, 2015, 47(7):21-23.

Selection of Uranium Mine Well Development Plan Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method

LI Congfei

(Inner Mongolia Mining Co., Ltd., CNNC, Hohhot 010010, China)

Abstract: The selection of mine development plans is a complex process involving multiple factors and indicators. In order to reduce the influence of subjective judgment on the selection of mine development plans, taking a uranium mine well as the research object, a fuzzy comprehensive evaluation model was established based on the fuzzy mathematics theory, the fuzzy weights of 10 influencing factors were determined, and the influence degree of the development plan was quantified. Based on the fuzzy judgment weight matrix and the relative membership degree matrix, and in accordance with the principle of fuzzy mathematics comprehensive evaluation, the optimal development method is determined from the initial development schemes of fuzzy clustering. Through fuzzy comprehensive evaluation, the optimal main and auxiliary shaft development schemes are determined as the vertical shaft and vertical shaft development scheme. According to the different hoisting methods of the mines, a technical and economic comparison was conducted on the two proposed schemes. The comparison results recommend that the centralized hoisting schemes of the two mines be adopted as the mine development schemes.

Key words: uranium mining; fuzzy comprehensive evaluation; analytic hierarchy process (AHP); development plan; scheme optimization; uranium mine well