

渝南地区铝土矿资源可利用性研究

高原, 黄培培, 郑绪忠, 张雄, 姜良美, 黄波, 张勇

(重大地质事件资源环境效应重庆市重点实验室(重庆地质矿产研究院), 重庆 401120)

摘要: 这一篇矿业工程领域的论文。为进一步研究渝南地区铝土矿资源的开发利用前景, 本文采用实地调查法、问卷调查法、资料收集法等方法, 通过构建矿产资源可利用性评价指标体系, 基于层次分析及加权叠加法的评价模型对渝南地区铝土矿资源的可利用性进行深入研究和评价。首先根据专家打分结果, 选择平均得分排名前 12 的指标作为本次评价指标, 其次采用层次分析法确定 12 个评价指标的权重, 最后运用加权叠加法确定各矿区的评价指数。评价指数得分数值越高, 铝土矿资源的可利用性越高。渝南地区 15 个铝土矿区中无易利用矿区, 可利用矿区 4 个, 近期难利用矿区 7 个, 难利用矿区 4 个。利用层次分析法和加强叠加法所建立的评价模型可为铝土矿资源的可利用性评价提供科学参考。

关键词: 矿业工程; 铝土矿; 可利用性; 评价; 渝南

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.01.014

中图分类号: TD982 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2024)01-0120-08

引用格式: 高原, 黄培培, 郑绪忠, 等. 渝南地区铝土矿资源可利用性研究[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(1): 120-127.

GAO Yuan, HUANG Peipei, ZHENG Xuzhong, et al. Study on the usability of bauxite resources in the South of Chongqing[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(1): 120-127.

国家经济发展离不开矿产资源的支撑^[1], 各种矿产资源的有效利用与合理开采对我国经济发展至关重要^[2]。铝土矿是全国三十六种战略性矿种之一, 在国民经济建设中发挥着不可替代的重要作用。我国铝土矿资源主要矿产地位于山西省、河南省、贵州省、广西省、重庆市等地, 重庆市铝土矿资源全部位于渝南地区。近年来, 地质学家从物质来源^[3-4], 成矿规律^[5]、成矿模式^[6]、沉积环境^[7-8]、综合利用^[9-10]等方面对渝南地区铝土矿进行了研究, 但有关铝土矿可利用性方面的研究程度低。总体上看, 渝南地区铝土矿可利用性研究方面往往只注重对矿石加工技术性能的分析, 对矿产资源相关的政策、生态环境、选冶技术成本、矿山建设的经济性等制约因素的影响综合分析不足。

矿产资源可利用性评价影响因素多达数十项, 矿山企业具体的条件又千差万别, 当前国外、国内仍没有形成成熟的研究方法。本次在分析渝南地区铝土矿资源分布特征的基础上, 系统调查 46 个可利用性评价指标, 通过构建矿产资源可利用性评价指标体系, 基于层次分析及加权叠加法的评价模型对渝南地区铝土矿资源的可利用性进行评价。该评价模型可为铝土矿及其他矿产资源投资决策、规划布局、矿业生产要素合理配置提供理论基础。

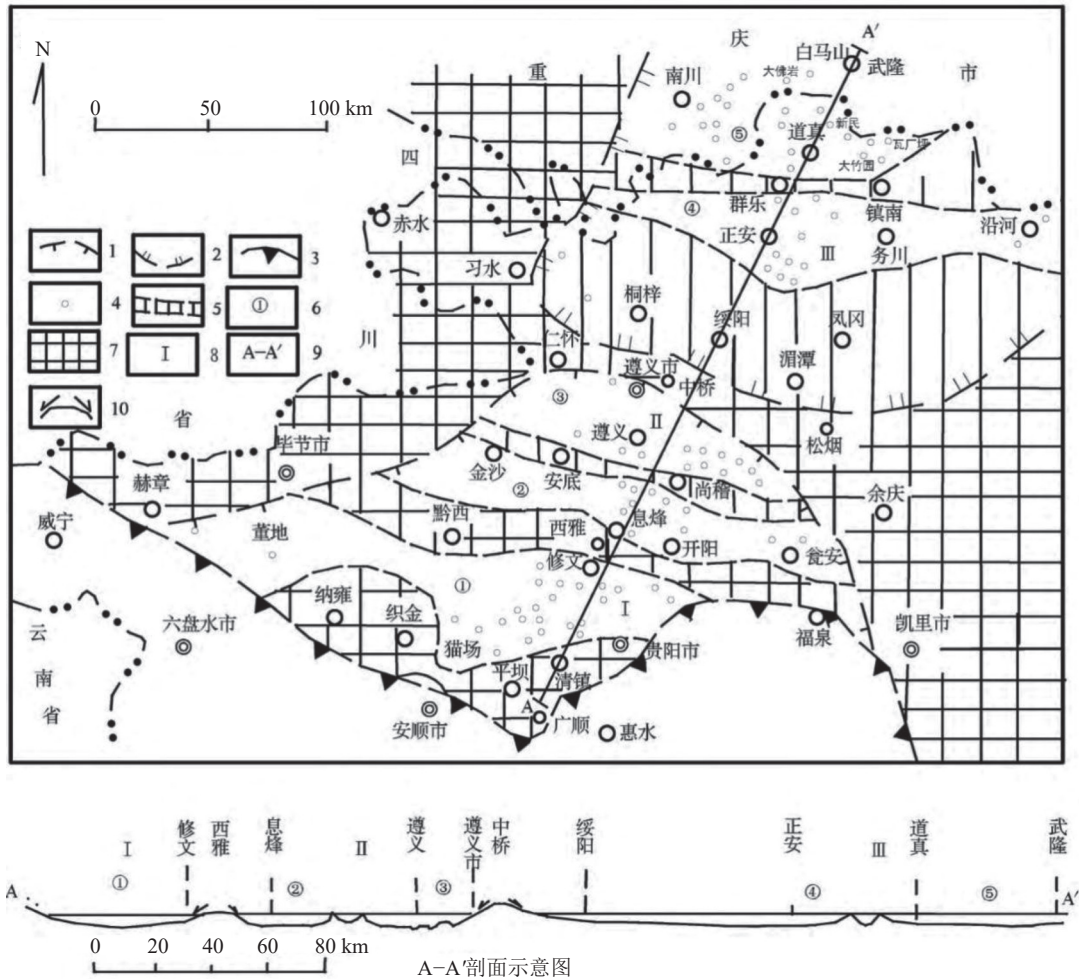
1 地质概况

渝南铝土矿成矿区位于黔中—渝南铝土矿成矿带之道真铝土矿带内^[6], 见图 1。大地构造位置处于扬子陆块武陵山沉陷带金佛山隆褶带与七曜

收稿日期: 2023-04-28

基金项目: 国家自然科学基金(青年基金)项目(41902092); 重庆市自然科学基金项目(CSTB2022NSCQ-MSX1375)

作者简介: 高原(1984-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 长期从事矿床学与资源开发研究。



1-九架炉组分布区 (推测边界); 2-大竹园组分布区 (推测边界); 3-石炭纪海相地层分布区 (推测边界); 4-铝土矿床、点; 5-基本无矿带; 6-铝土矿带编号: ①-修文铝土矿带, ②-息烽铝土矿带, ③-遵义铝土矿带, ④-正安铝土矿带, ⑤-道真铝土矿带; 7-侵蚀、溶蚀、剥蚀区; 8-含矿岩系沉积区编号: I-修文沉积区, II-息烽—遵义沉积区, III-绥阳—正安—道真沉积区; 9-A—A'剖面示意图位置; 10-红土风化壳物质搬运方向

图1 黔中—渝南铝土矿含矿岩系沉积区分布^[6]

Fig.1 Distribution of bauxite-bearing rock series sedimentary areas in Central Guizhou–South Chongqing Region

山隆褶皱带之接合部, 其中金佛山隆褶皱带为渝南地区铝土矿集中分布带。按全国铝土矿成矿区带划分方案, 属于渝南-黔中古生代、中生代铁、汞、锰、铝成矿带万盛—南川铝煤硫成矿亚带之南川—武隆铝土矿成矿带^[11], 分布于南川、武隆、石柱、丰都、彭水、黔江一带。

渝南地区铝土矿赋存在二叠系中统梁山组中上部, 属于古风化壳沉积型^[11], 母岩为黏土岩、铝土(质)岩。含矿岩系顶部和底部具有河流沉积的标志, 含矿岩系主体具有深湖、浅湖和滨湖沉积的特征^[7]。铝土矿层厚一般为7~15 m, 局部最厚达31 m, 最薄处只有0.8 m, 埋深0~2500 m。赋矿地层自濯河坝向斜东南侧沉积相发生了变

化, 从古残积相渐变为滨湖-浅湖相, 岩性组合特征为秀山县附近为泥页岩、石英砂岩及燧石层组合, 至南川附近为厚层状—巨厚层状石英粉砂岩和黏土岩, 目前还未发现铝土矿产出。

渝南铝土矿主要为中高铝、高硅、高硫、含铁型铝土矿石, 与山西、贵州、广西、河南生产的矿石相比, 渝南铝土矿A/S更低, 且硫含量较高。组成铝土矿的主要矿物为硬水铝石、软水铝石、高岭石及少量的伊利石、磷绿泥石和黄铁矿^[12]; 组成硬质耐火黏土矿主要矿物为高岭石、伊利石、硬水铝石及少量的绿泥石^[13]; 组成铁矾土矿的主要矿物为高岭石、伊利石、绿泥石及少量的硬水铝石、菱铁矿。它们彼此互为消长, 但

个别矿物如伊利石在铝土矿富矿中未见，贫矿中含量甚少，而在铝土矿层外，其含量突增，显著突发现象。硬水铝石、软水铝石则在铝土矿中占主导地位，特别是在富矿中占绝对主导地位，但也有突增减现象。菱铁矿层一般多在含矿岩系上部局部富集形成铁矿小透镜体；鲕、鳞绿泥石多在含矿岩系下部局部富集，形成小铁矿体，呈透镜状、扁豆状产出。

2 铝土矿开发利用现状

重庆铝土矿主要分布于渝南的南川、黔江、武隆、丰都等境内，当前发现 51 个铝土矿床或矿点（图 2），其中 2 个为大型矿床，中小型矿床

21 个，其余部分均为小型以下，累积查明资源总量约 1.56 亿 t，保有资源量 1.43 亿 t，排名全国第 5 位。

截止 2022 年底，重庆市在册 3 家铝土矿山企业，分别为中国铝业股份有限公司、中国铝业股份有限公司重庆分公司（重庆市南川大土铝土矿）、青海弘创建设工程有限公司（武隆子母岩铝土矿）。由于采出的铝土矿整体品质较低，使用经济成本高于进口铝土矿，所以目前渝南铝土矿矿山暂未开采，均处于停产状态。消费的铝土矿全部由国外供应，主要供应方有圭亚那、加纳、澳大利亚、几内亚等国家，铝土矿消耗企业为南川区水江氧化铝有限公司、南川区先锋氧化铝有限公司和重庆市赛特刚玉有限公司。

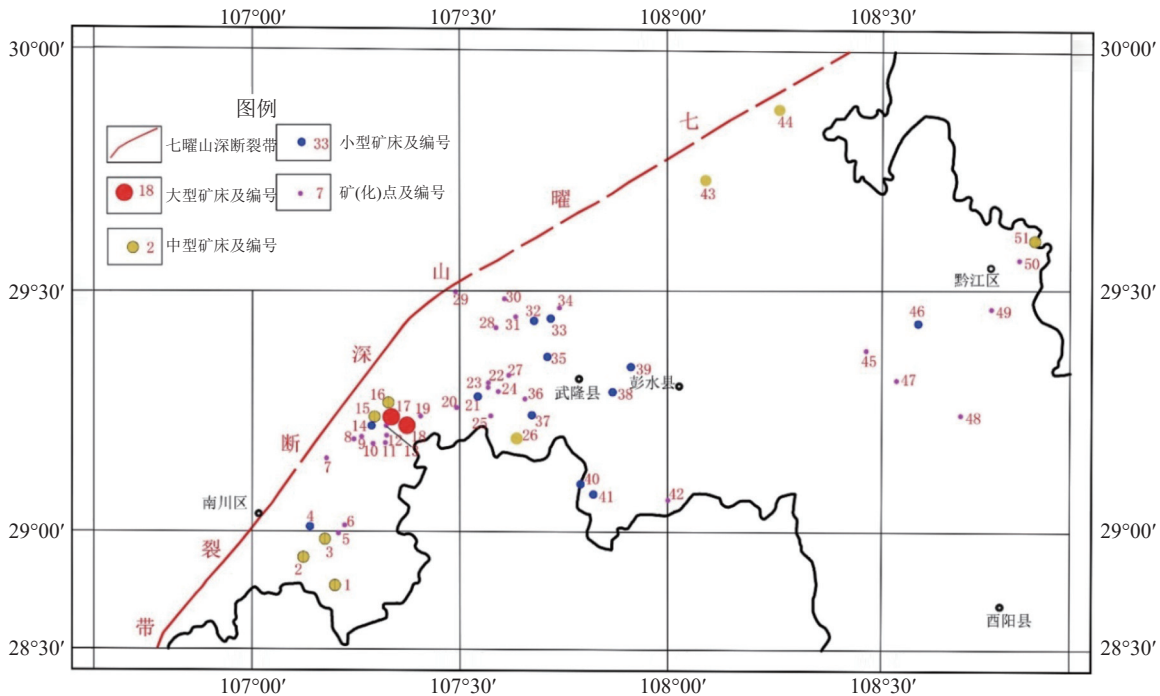


图 2 渝南地区铝土矿床(点)分布

Fig.2 Distribution of bauxite deposits (points) in the southern Chongqing region

3 可利用性评价

本次可利用性评价对象为重庆市矿产资源国情调查涉及到的 15 个重点铝土矿区，研究采用层次分析法与加权叠加的评价模型^[14]，首先采用层次分析法计算指标权重，后采用加权叠加法进行定量评价，计算采用 SPSS 软件进行。

3.1 评价指标体系的建立

矿产资源可利用性评价指标可归纳为五个因素 (5F): 社会需求因素、地理环境因素、矿床地

质因素、矿山企业经营因素和经济因素等，共计 44 个指标 (44I)^[15]。2020 年自然资源部在全国矿产资源国情调查中明确提出对矿产资源可利用性评价需重点考虑工程建设项目压覆和重要功能区重叠等外部影响因素，因此，本次矿产资源可利用性初始评价指标为 46 个。

全部考虑可利用性评价的初始指标不实际，根据专家打分法选取最影响渝南地区铝土矿开发利用的指标。分别选择地质、采矿、选矿、矿政

管理等科研企事业单位和行政管理部门的12位知名专家学者对46个初始指标的重要程度进行个人打分，依据每个专家打分情况，选择平均得分靠前的12个指标作为本次矿产资源可利用性评价指

标，12个指标分别为：产业政策、经济效益、压覆情况、选冶难易程度、矿床规模、矿石品位、生态环境影响、开采技术条件、采矿回收率、国内供需、重要功能区重叠、交通条件等(表1)。

表1 专家打分前12项指标
Table 1 Top 12 indicators scored by experts

专家	产业政策	经济效益	压覆情况	选冶难易程度	矿床规模	矿石品位	生态环境影响	开采技术条件	采矿回收率	国内供需	重要功能区重叠	交通条件
1	100	96	85	85	80	85	90	75	70	70	75	65
2	98	92	90	80	90	82	65	80	65	65	65	58
3	90	100	85	85	90	75	60	72	78	65	80	55
4	95	95	88	70	85	70	65	70	80	60	55	50
5	88	98	90	90	75	72	80	75	70	60	60	60
6	95	70	95	80	85	70	60	80	65	65	85	52
7	100	85	86	85	95	85	85	68	72	80	60	75
8	80	82	84	85	70	65	70	65	60	85	50	60
9	85	92	80	90	85	70	90	85	80	60	55	80
10	90	85	85	85	82	75	85	70	75	80	60	60
11	98	75	90	95	80	80	70	60	65	75	50	50
12	95	88	85	90	75	78	80	80	85	65	55	70
平均	92.83	88.17	86.92	85.00	82.67	75.58	75.00	73.33	72.08	69.17	62.5	61.25

3.2 评价指标权重的确定

经验法和定性法是人们常用的评价方法，但经验法和定性法存在严重的不足，如经验法容易受专家的知识面、知识深度、占有资料是否充分以及对预测问题的偏好所左右，难免带有片面性；定性法不易用数学的语言加以精确的描述，所获得的结论难以在较大范围内推论到总体等。可利用性评价指标体系具备多指标多层次的特征，选取层次分析法计算各评价指标对渝南铝土矿资源可利用性评价的作用大小(权重)，能有效弥补定性法与经验法的缺陷。层次分析法基本思想是把决策问题按总目标、子目标、评价标准直至具体措施的顺序分解为不同层次的结构，然后利用求判断矩阵的特征向量的办法，求得每一层次各元素对上一层次某元素的权重，然后再用加权和方法递阶归并，以求出各指标对总目标的权重^[14, 16]。评价指标的判断矩阵和权重计算结果见表2和表3。

3.3 评价指标信息提取

为获取各铝土矿区的资源规模、矿石品位、开采技术条件、采矿回收率、经济效益等相关数据，本次采用问卷调查法结合资料收集法，向矿山企业和区县矿山主管部门发放问卷调查表20份，

回收有效问卷17份，其统计汇总结果如下(表4)。

表2 中间层判断矩阵汇总结果
Table 2 Summary results of the judgment matrix

中间层(B)	社会需求	地理环境	矿床地质	矿山企业运营	外部影响因素	特征向量	权重值/%
社会需求	1	2	0.333	0.333	2	0.85	14.52
地理环境	0.5	1	0.25	0.25	0.5	0.435	7.433
矿床地质	3	4	1	2	2	2.169	37.037
矿山企业运营	3	4	0.5	1	2	1.644	28.069
外部影响因素	0.5	2	0.5	0.5	1	0.758	12.941

3.4 评价指标评分标准及判别

若采用层次分析法进行定量化评价，首先要对渝南地区铝土矿可利用性评价指标作定量化计算，其方法是把各评价指标根据重要程度赋数值并归入不同的几个等级。根据现有的行业标准、矿产资源规划、工业指标、地质勘查数据及矿山企业调研结果对渝南地区铝土矿可利用性评价指标分别进行量化赋值，其赋值结果见表5。其次利用函数对各指标权重和各指标赋值进行加权叠加。最后利用建立的判别式对评价指数进行各矿区铝土矿资源可利用性结果评判，判别式见表6。

3.5 评价结果

渝南地区铝土矿资源可利用性评价运用定量

表 3 渝南地区铝土矿可利用性评价指标体系及其权重
Table 3 Evaluation index system and weights of bauxite utilization in the South of Chongqing Region

目标层 (A)	中间层 (B)	权重/%	指标层 (C)	权重/%
渝南铝土矿 可利用性评价(A)	社会需求(B1)	14.520	产业政策(C1)	9.685
			国内供需(C2)	4.835
	地理环境(B2)	7.433	交通条件(C3)	2.475
			生态环境影响(C4)	4.958
			矿床规模(C5)	20.000
	矿床地质(B3)	37.037	矿石品位(C6)	6.037
			开采技术条件(C7)	11.000
	矿山企业经营(B4)	28.069	采矿回收率(C8)	2.386
			选冶难易程度(C9)	15.741
			经济效益(C10)	9.942
			重要功能区重叠(C11)	4.309
外部影响因素(B5)	12.941	压覆情况(C12)	8.632	

表 4 渝南地区铝土矿评价指标数据统计
Table 4 Statistic of bauxite evaluation index information in the South of Chongqing Region

矿区名称	产业政策	国内供需	交通条件	生态环境影响	矿床规模	矿石品位/(Al ₂ O ₃)%	开采技术条件	采矿回收率/%	选冶难易	经济效益	功能区重叠	压覆情况
武隆区子母岩铝土矿区	战略性	紧缺	较便捷	较轻	小型	61.88-63.74; A/S 4.42-4.5	简单	85	较难	一般	无重叠	无
南川区娄家山矿区	战略性	紧缺	较便捷	较轻	小型	65.86; A/S 5.39	中等	80	较难	差	90%重叠	无
南川区大佛岩-川洞湾铝土矿区	战略性	紧缺	非常便捷	较轻	大型	61.33-61.98; A/S 4.08-4.33	简单	88	较难	一般	10%重叠	无
南川区肖家沟-磨子湾铝土矿区	战略性	紧缺	非常便捷	较轻	中型	65.76; A/S 5.87	简单	88	较难	一般	5%重叠	无
黔江区水田坝铝土矿区	战略性	紧缺	非常便捷	较轻	大型	62.73-64.36; A/S4.24	简单	85	较难	一般	无重叠	无
黔江区水田坝外围铝土矿区	战略性	紧缺	较便捷	较轻	小型	61.43	简单	85	较难	一般	无重叠	无
丰都县野猫砭铝土矿区	战略性	紧缺	一般	较轻	小型	50	简单	85	较难	差	5%重叠	无
武隆区张家山铝土矿区	战略性	紧缺	较便捷	较轻	小型	57.47-62.65	中等	85	较难	一般	无重叠	无
武隆区赵家坝背斜东翼铝土矿区	战略性	紧缺	较便捷	较轻	小型	58.42; A/S3.88	简单	85	较难	一般	15%重叠	无
武隆区清水乡矿区	战略性	紧缺	一般	较轻	小型	59.79-60.14; A/S8.5	简单	85	较难	差	45%重叠	20%压覆
武隆区浩口铝土矿区	战略性	紧缺	一般	较轻	小型	59.43	中等	85	较难	差	35%重叠	无
武隆区赵家坝背斜西翼铝土矿区	战略性	紧缺	一般	较轻	小型	58.87; A/S4.63	中等	85	较难	差	30%重叠	无
武隆区申基坪铝土矿区	战略性	紧缺	一般	较轻	小型	51.78; A/S3.57	简单	85	较难	差	70%重叠	无
南川区菜竹坝铝土矿区	战略性	紧缺	非常便捷	较轻	中型	69.74	简单	85	较难	差	全部重叠 (金佛山风景区)	无
南川区柏梓山铝土矿区	战略性	紧缺	一般	较轻	小型	55.71	简单	85	较难	差	85%重叠 (金佛山风景区)	无

化评价方法，本次建立的评价模型见式 (1)，计算获得数值是各铝土矿区资源可利用性评价指数。

$$W_i = \sum_{i=1}^n \frac{X_i Y_i}{40} \quad (1)$$

基于各铝土矿区评价指标的权重和量化赋值数据，确定各矿区铝土矿资源可利用性评价指数的最终得分 (表 7)。在表 7 中，评价指数得分数值越高，该矿区铝土矿资源可利用性越高，越有

利于该矿区的开发利用并取得良好的经济效益。

根据构建的评价指标体系和建立的评价模型，渝南地区 15 个铝土矿区中无易利用矿区 (评价指数 ≥ 0.9)，可利用矿区 4 个 (评价指数 0.9 ~ 0.8)，近期难利用矿区 7 个 (评价指数 0.8 ~ 0.6)，难利用矿区 4 个 (评价指数 ≤ 0.6)。4 个可利用矿区中 3 个为已建矿山、1 个为已关闭矿山，评价结果和实地调查情况一致，说明利用评价模型进行资源可利用性评价具有一定的科学性。

表 5 渝南地区铝土矿评价指标体系指标层量化赋值标准

Table 5 Quantitative assignment standards for index layers of bauxite evaluation index system in the South of Chongqing Region

目标层	中间层	指标层	特征值			
			A(50)	B(30)	C(20)	D(0)
渝南铝土矿可利用性评价	社会需求	产业政策	战略性	无约束	限采	禁采
		国内供需	紧缺	较紧缺	供需平衡	严重饱和
	地理环境	交通条件	非常便捷	较便捷	一般	困难
		生态环境影响	轻微	一般	较重	严重
	矿床地质	矿床规模	特大型	大型	中型	小型
		矿石品位	5倍工业品位以上	2-5倍工业品位	1-2倍工业品位	1倍工业品位以下
		开采技术条件	简单	中等	较复杂	复杂
	矿山企业经营	采矿回收率	≥90%	80%~90%	60%~80%	≤60%
		选冶难易程度	易选	较易	较难选	难选
		经济效益	良好5	较好	一般	差
外部影响因素	重要功能区重叠	无重叠	0-20%重叠	20%~50%重叠	大于50%重叠	
	压覆情况	无压覆	0-20%压覆	20%~50%压覆	大于50%压覆	

表 6 渝南地区铝土矿可利用性等级判别式

Table 6 Discriminant of bauxite availability grade in South of Chongqing Region

目标层	可利用程度	评价指数	说明
渝南铝土矿可利用性评价	易利用	≥0.9	各指标值较均衡，矿山建设政策阻力小，经济效益好。
	可利用	0.80~0.90	各指标值不够均衡，矿山建设政策阻力相对较小，经济效益一般。
	近期难利用	0.60~0.80	各指标值不均衡，矿山建设有政策障碍，经济效益不理想。近期不可用，但远期随着政策、地质勘查程度、选冶技术、矿产品价格等因素变化可成为可利用矿区。
	难利用	≤0.6	各指标值差别大，矿山建设政策障碍较大，经济效益差。近期不可用，远期随着政策、地质勘查程度、选冶技术、矿产品价格等因素变化可利用难度仍然很大。

表 7 渝南地区铝土矿可利用性评价计算结果

Table 7 Calculation results of bauxite utilization evaluation in the south of Chongqing Region

矿区名称	产业政策	国内供需	交通条件	生态环境	矿床规模	矿石品位	开采技术条件	采矿回收率	选冶难易	经济效益	功能区重叠	压覆情况	评价指数	评价结果
武隆区子母岩铝土矿区	50	50	30	30	0	20	50	30	20	20	50	50	0.813	可利用
南川区娄家山矿区	50	50	30	30	0	20	30	30	20	0	0	50	0.554	难利用
南川区大佛岩-川洞湾铝土矿区	50	50	50	30	30	20	50	30	20	20	30	50	0.854	可利用
南川区肖家沟-磨子湾铝土矿区	50	50	50	30	20	20	50	30	20	20	30	50	0.804	可利用
黔江区水田坝铝土矿区	50	50	50	30	30	20	50	30	20	20	50	50	0.875	可利用
黔江区水田坝外围铝土矿区	50	50	30	30	0	20	50	30	20	20	50	50	0.713	近期难利用
丰都县野猫矸铝土矿区	50	50	20	30	0	20	50	30	20	0	30	50	0.636	近期难利用
武隆区张家山铝土矿区	50	50	30	30	0	20	30	30	20	20	50	50	0.658	近期难利用
武隆区赵家坝背斜东翼铝土矿区	50	50	30	30	0	20	50	30	20	20	30	50	0.691	近期难利用
武隆区清水乡矿区	50	50	20	30	0	20	50	30	20	0	20	30	0.582	难利用
武隆区浩口铝土矿区	50	50	20	30	0	20	30	30	20	0	20	50	0.57	难利用
武隆区赵家坝背斜西翼铝土矿区	50	50	20	30	0	20	30	30	20	0	20	50	0.57	难利用
武隆区申基坪铝土矿区	50	50	30	30	0	20	50	30	20	0	0	50	0.609	近期难利用
南川区菜竹坝铝土矿区	50	50	50	30	20	20	50	30	20	0	0	50	0.722	近期难利用
南川区柏梓山铝土矿区	50	50	30	30	0	20	50	30	20	0	0	50	0.609	近期难利用

重庆市铝土矿床整体以低品位铝土矿为主，对矿石选冶加工技术提出了更高要求。目前，我国在低品位铝土矿综合利用技术方面已取得突破，通过活化、浸取、分离、回收等主要工艺技术过程，可使铝土矿中的 Al_2O_3 和 SiO_2 得到分离

提取，能够提取满足国家标准的氧化铝、微细硅酸等产品。该项技术可以提高较低铝硅比等低品位矿石的开发利用水平，显著增加可选冶加工的铝土矿资源量，从而使得全国 90% 以上的低铝硅比资源量得以利用。

4 结 论

(1) 本次研究对象是渝南地区 15 个重庆市矿产资源国情调查确定的铝土矿区, 首先通过构建评价指标体系, 采用层次分析法获得评价指标的权重数值, 其次为评价指标量化赋值, 最后采用加权叠加法对评价指标的权重和赋值进行加权叠加并获得各矿区的评价指数。利用最终各矿区的评价指数, 对渝南地区铝土矿资源的可利用性进行定量评价分析。渝南地区 15 个铝土矿区中无易利用矿区 (评价指数 ≥ 0.9), 可利用矿区 4 个 (评价指数 $0.9 \sim 0.8$), 近期难利用矿区 7 个 (评价指数 $0.8 \sim 0.6$), 难利用矿区 4 个 (评价指数 ≤ 0.6)。

(2) 获得的评价结论不仅可以作为铝土矿矿山企业建设投资的依据, 也能为区域矿产资源规划、调整矿业布局、矿业生产要素合理配置提供理论基础, 对促进重庆等地区矿产行业高质量发展亦具有重要参考价值。

(3) 本次利用层次分析法和加强叠加法所建立的评价模型可为铝土矿资源的可利用性评价提供科学参考, 同时也可对其他矿产资源的可利用性评价提供借鉴。当然, 对于评价指标的选择和权重的确定需要根据不同的矿产资源和应用场景进行调整和优化, 以便更好地满足实际需求。

(4) 重庆市是成渝地区“双城”经济圈的重要组成部分, 肩负党中央赋予的重大使命, 重庆市是国家先进制造业中心, 材料工业、石油化工、战略性新兴产业蓬勃发展, 对铝土矿资源有较大需求。为此, 一是应加大铝土矿勘查开发力度并落实“南川大佛岩—川洞湾铝土矿”国家规划矿区建设, 对南川区大佛岩-川洞湾铝土矿区加大开发力度并在矿区周边开展“攻深找盲”勘查工作, 进一步提高其资源储量规模; 加大对南川区肖家沟-磨子湾铝土矿区、黔江区水田坝铝土矿区的勘查开发力度; 结合国际国内铝土矿市场和国家战略性需要, 进一步研究其他铝土矿区开发利用的可行性。二是开展铝土矿等难利用矿产科技攻关, 在坚持自主创新的同时, 可以采取“拿来主义”, 积极引进和消化可以提高矿产开发利用率的各项前沿技术, 使其能转化为矿山“三率”和企业经济效益的同步提高。

参考文献:

- [1] 严伟平, 曾小波. 攀西地区钒钛磁铁矿资源开发利用水平评估方法研究[J]. 矿产综合利用, 2020(6):79-83.
- YAN W P, ZENG X B. Study on the evaluation method of development and utilization level of vanadium-titanium magnetite mine in Panxi district[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6):79-83.
- [2] 李俊波, 浦华, 吴昊, 等. 基于 DEA-Malmquist 模型的四川省矿产资源开发效率评价[J]. 矿产综合利用, 2022(1):82-88.
- LI J B, PU H, WU H, et al. Development efficiency evaluation of mineral resources in Sichuan Province based on DEA-Malmquist model[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2022(1):82-88.
- [3] 钟海仁, 孙艳, 赵芝, 等. 重庆南川铝土矿物源分析: 碎屑锆石 U-Pb 定年、Hf 同位素和锆石微量元素示踪[J]. 地质通报, 2020, 94(5):1505-1524.
- ZHONG H R, SUN Y, ZHAO Z, et al. Analysis of mineral source of bauxite in Nanchuan, Chongqing: clastic zircon U-Pb dating, Hf isotope and trace element tracing of zircon[J]. Geological Chinese Bulletin, 2020, 94(5):1505-1524.
- [4] 赵晓东, 李军敏, 王涛, 等. 重庆南川—武隆铝土矿 C、O 同位素特征及其地质意义[J]. 金属矿山, 2013(6):78-82.
- ZHAO X D, LI J M, WANG T, et al. Isotopic characteristics of C, O and its geological significance of Chongqing Nanchuan-Wulong bauxite[J]. Metal Mine, 2013(6):78-82.
- [5] 徐林刚, 孙莉, 孙凯. 中国铝土矿的成矿规律、关键科学问题与研究方法[J]. 矿床地质, 2023, 42(1):22-40.
- XU L G, SUN L, SUN K. Mineralization law, key scientific issues and research methods of bauxite in China[J]. Ore Deposit Geology, 2023, 42(1):22-40.
- [6] 刘平, 廖友常. 黔中—渝南沉积型铝土矿区域成矿模式及找矿模型[J]. 中国地质, 2014, 41(6):2063-2082.
- LIU P, LIAO Y C. Regional metallogenic model and prospecting model of sedimentary bauxite deposits in central Guizhou and southern Chongqing[J]. China Geology, 2014, 41(6):2063-2082.
- [7] 陈阳, 尹福光, 李军敏, 等. 南川铝土矿沉积相特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(1):106-112.
- CHEN Y, YIN F G, LI J M, et al. Sedimentary characteristics of the Nanchuan bauxite deposit, Chongqing[J]. Sedimentary and Tethyan Geology, 2012, 32(1):106-112.
- [8] 张启明, 江新胜, 秦建华, 等. 黔北—渝南地区梁山组的岩相古地理特征和铝土矿成矿效应[J]. 地质通报, 2012, 31(4):558-568.
- ZHANG Q M, JIANG X S, QIN J H, et al. Lith of acies paleogeographical characteristics and bauxite mineralization effect of Liangshan Formation in Qianbei-Yunan area[J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(4):558-568.
- [9] 赵晓东, 凌小明, 郭华, 等. 重庆大佛岩铝土矿床地质特征、矿床成因及伴生矿产综合利用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2015, 45(4):1086-1097.

ZHAO X D, LING X M, GUO H, et al. Geological characteristics, genesis and comprehensive utilization of associated minerals of Chongqing Dafoyan bauxite deposit[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2015, 45(4):1086-1097.

[10] 冯伟. 重庆市铝土矿资源分布及综合利用思考[J]. 中国资源综合利用, 2018, 36(2):56-58.

FENG W. Thoughts on the distribution and comprehensive utilization of bauxite resources in Chongqing[J]. Comprehensive Utilization of Resources in China, 2018, 36(2):56-58.

[11] 赵婕, 唐将, 陈林华, 等. 南川大佛岩铝土矿区钛、硫含量与铝土矿成矿的关系[J]. 贵州地质, 2019, 140(3):246-249.

ZHAO J, TANG J, CHEN L H, et al. Relationship between titanium and sulfur content and bauxite mineralization in NanchuanDafoyan bauxite area[J]. Guizhou Geology, 2019, 140(3):246-249.

[12] 代龙省, 金中国, 李光春, 等. 贵州道真新民铝土矿床地质-地球化学特征研究[J]. 矿物学报, 2015, 35(3):411-420.

DAI L S, JIN Z G, LI G C, et al. Geology-geochemical characteristics of Zhenxinmin bauxite deposits in Daozhou[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2015, 35(3):411-420.

[13] 钟海仁, 孙艳, 杨岳清, 等. 铝土矿(岩)型锂资源及其开

发利用潜力[J]. 矿床地质, 2019, 38(4):898-916.

ZHONG H R, SUN Y, YANG Y Q, et al. Bauxite (rock) type lithium resources and their development and utilization potential[J]. Ore Deposit Geology, 2019, 38(4):898-916.

[14] 刘岁海, 周开灿, 李发斌, 等. 基于层次分析法与加权叠加分析模型的攀西地区钒钛磁铁矿开发利用评价[J]. 西南科技大学学报, 2014, 29(4):38-42.

LIU S H, ZHOU K C, LI F B, et al. Evaluation of development and utilization of vanadium titanium magnetite in Panxi area based on analytic hierarchy method and weighted superposition analysis model[J]. Journal of Southwest University of Science and Technology, 2014, 29(4):38-42.

[15] 王岩, 邢树文, 卢烁十, 等. 重要低品位、难选冶金金属矿产可利用性评价[M]. 北京: 地质出版社, 2017.

WANG Y, XING S W, LU S S, et al. Evaluation of the availability of important low-grade, difficult-to-select metallurgical metal minerals[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2017.

[16] 关凤峻, 杨福田. 矿产资源综合开发利用评价理论与方法[M]. 北京: 地质出版社, 1992.

GUAN F J, YANG F T. Theory and method of comprehensive development and utilization evaluation of mineral resources [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992.

Study on the Usability of Bauxite Resources in the South of Chongqing

GAO Yuan, HUANG Peipei, ZHENG Xuzhong, ZHANG Xiong, JIANG Liangmei,
HUANG Bo, ZHANG Yong

(Chongqing Key Laboratory of Resource and Environmental Effects of Major Geological Events
(Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources), Chongqing 401120, China)

Abstract: This an article in the field of mining engineering. In order to further study the development and utilization prospects of bauxite resources in the southern region of Chongqing, this article adopts methods such as on-site investigation, questionnaire survey, and data collection. By constructing an evaluation index system for the availability of mineral resources, an evaluation model based on Analytic Hierarchy Process and Weighted Superposition Method is used to conduct in-depth research and evaluation of the availability of bauxite resources in the southern region of Chongqing. Firstly, based on the expert scoring results, select the top 12 indicators with average scores as the evaluation indicators for this evaluation. Secondly, use the Analytic Hierarchy Process to determine the weights of the 12 evaluation indicators. Finally, use the weighted superposition method to determine the evaluation indicators for each mining area. The higher the score of the evaluation index, the higher the availability of bauxite resources. Among the 15 bauxite mining areas in the southern region of Chongqing, there are no easy to use mining areas, but there are 4 available mining areas. Recently, there are 7 difficult to use mining areas, and 4 difficult to use mining areas. The evaluation model established using Analytic Hierarchy Process and Enhanced Superposition Method can provide scientific reference for the evaluation of the availability of bauxite resources.

Keywords: Mining engineering; Bauxite; Availability; Evaluation; Southern Chongqing