

# 攀西地区钒钛磁铁矿资源开发利用水平评估方法研究

严伟平, 曾小波

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 中国地质调查局金属矿产资源综合利用技术研究中心, 四川 成都 610041)

**摘要:** 攀西地区钒钛磁铁矿资源丰富, 在该地区在产钒钛磁铁矿矿山开发利用现状调查研究的基础上, 结合资源开发、生态保护、经济效益三个方面考虑, 提出了一套适用于矿产资源开发利用水平评估的指标体系及评估方法, 评估结果充分反应了攀西地区钒钛磁铁矿开发利用现状。

**关键词:** 钒钛磁铁矿; 矿产资源; 开发利用水平; 指标体系

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2020.06.014

中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2020) 06-0079-06

矿产资源是经济社会发展和生态文明建设的重要物质基础, 矿产资源开发利用水平评价又是一项涉及多层次多因素的复杂系统工程, 其影响因素包括技术、经济、环境等方面, 国内外还没有形成一套成熟的矿产资源开发利用评价体系。近年来, 已经有很多学者对矿产资源开发利用评价有关的理论、方法进行多方面的探索探究<sup>[1]</sup>, 并积累了丰富的经验。如刘岁海等<sup>[2]</sup>应用层次分析法与加权叠加分析模型, 对攀西地区钒钛磁铁矿开发利用展开评价, 评价结果较好地体现了攀西地区各矿区对钒钛磁铁矿资源的开发利用程度。罗德江等<sup>[3]</sup>通过分析钒钛磁铁矿开发效率的影响因素, 从矿产资源开发利用水平、矿山地质环境恢复与治理、人员效率与开发利用效益等方面构建指标体系, 建立了开发效率综合评价模型。丁其光等<sup>[4]</sup>采用开采回采率、选矿回收率、矿产综合利用指数、矿产综合利用率、三废利用等指标建立了矿产资源开发效率评价模型, 对钒钛磁铁矿资源开发利用现状进行了有效评价。本文尝试

借鉴这些方法对攀西地区钒钛磁铁矿资源的开发利用情况进行评价, 其评价结果可优化四川钒钛磁铁矿资源开发保护格局, 正确引导各矿山合理开发利用钒钛磁铁矿资源。

## 1 攀西钒钛磁铁矿资源概况

我国钒钛磁铁矿资源丰富, 已探明储量达180多亿t, 主要分布在四川攀枝花、河北承德、陕西汉中等地<sup>[5]</sup>。其中仅攀西地区钒钛磁铁矿资源储量就高达100亿t, 且分布相对集中, 是我国最大的钒钛磁铁矿产地<sup>[6]</sup>。攀西地区已探明钒钛磁铁矿矿区有14处, 该地区的铁资源占全国铁总储量的15%左右, 钛资源占全国钛储量超过90%<sup>[7]</sup>。

## 2 攀西地区钒钛磁铁矿资源开发利用现状

我国对钒钛磁铁矿大规模的开发利用, 是从攀枝花-西昌地区钒钛磁铁矿矿产资源综合利用科研工作开始, 经过几十年的建设和发展, 钒钛磁

收稿日期: 2020-05-12

基金项目: 四川省科技计划资助“微纳米气泡强化微细粒钛铁矿浮选分离的应用基础研究(2019YJ0268); 四川省自然资源厅科研项目“四川优势矿产资源开发利用水平调查评估技术研究(KJ-2019-6)

作者简介: 严伟平(1984-), 男, 工程师, 主要从事有色金属及稀有、稀贵金属的选矿研究工作。

铁矿的开发利用水平得到了极大的提高。钒钛磁铁矿通常的开发利用方法是先采用弱磁选的方法从原矿中分选钒钛磁铁矿获得钒钛磁铁精矿，然后再采用浮选、重选、电选、强磁选等方法从选铁尾矿中回收钛铁矿，得到钛铁矿精矿；硫化物一般是在选钛过程中（预富集后产品）采用浮选法进行回收，钴、镍元素一般赋存于黄铁矿等硫化物中进行共生回收。获得的钒钛磁铁精矿主要用于提取铁、钒，钛铁矿精矿主要用于制取海绵钛和钛白粉，硫化物精矿主要是用来回收钴、镍及其氧化物<sup>[8-9]</sup>。

截止2018年，整个攀西地区有钒钛磁铁矿采矿权22个，其中正常生产矿山12座。2018年在产12座矿山的平均地质品位为26.81%，年采出量5948.63万t，年损失量349.26万t；在产矿山采矿方法均为露天开采，平均开采回采率为95.32%，平均选矿回收率为60.35%；选矿阶段钒的综合利用率约为85%左右；钛的综合利用率在25%左右。

### 3 攀西钒钛磁铁矿开发利用评价

#### 3.1 评价对象

攀西钒钛磁铁矿资源分布集中，主要分布在攀枝花、红格、白马、太和四大矿区，本次评价对象为2018年正常生产的12座钒钛磁铁矿矿山。

#### 3.2 评价指标体系及方法研究

矿产资源开发利用水平应体现“以最少的资源消耗、最低的环境代价，取得最大的经济效益”，所以在制定攀西钒钛磁铁矿矿产资源开发利用水平评估方法时，应结合资源开发、生态保护、经济效益三个方面考虑，使其充分反应不同矿种开发利用水平高低。

评估项分为基础信息、加分信息和扣分信息三大块，分别赋分值100分、20分和20分。基础信息分值为每个矿山企业的基础分值，按照采矿环节(25分)、选矿环节(20分)、综合利用(21分)、

生态保护(18分)、矿山经济(16分)等5个方面分别进行打分，共分为14个小项。加分信息为4个小项，扣分信息共分为5个小项，在基础分的基础上进行加减分，得出单个矿山企业开发利用水平分值。

#### 3.2.1 基础信息项

##### 3.2.1.1 采矿环节(25分)

(1) 生产规模(5分)：按实际产量与设计生产规模值的正负偏离度测算。偏离度在30%以内的，得5分；超出30%的，按照 $\left(1 - \frac{|\text{实际产量} - \text{设计规模}|}{\text{设计规模}}\right) \times 5$ 预算。

(2) 开采回采率(20分)：实际开采回采率同时达到国家规定最低标准和设计标准的，按照实际开采回采率/设计开采率 $\times 20$ 测算；达到国家规定最低标准但低于设计标准的，得10分；低于国家规定最低标准的，得0分。

##### 3.2.1.2 选矿环节(20分)

(1) 选矿回收率(15分)：实际选矿回收率同时达到国家规定最低标准和设计标准的，按照实际选矿回收率/设计回收率 $\times 15$ 测算；达到国家规定最低标准但低于设计标准的，得7.5分；低于国家规定最低标准的，得0分。

(2) 共伴生矿综合利用率(5分)：实际综合利用率同时达到国家规定最低标准和设计标准的，按照实际综合利用率/设计综合利用率 $\times 5$ 测算；达到国家规定最低标准但低于设计标准的，得2.5分；低于国家规定最低标准的，得0分。开发利用方案没有要求综合利用，得 $(1 + \text{实际值}) \times 5$ 分。

##### 3.2.1.3 综合利用(21分)

(1) 尾矿年利用率(5分)：按照尾矿年利用率(年利用量/年产量) $\times 5$ 测算。满分不超过5分。

(2) 废石年利用率(5分)：按照废石年利用率(年利用量/年产量) $\times 5$ 测算。满分不超过5分。

(3) 废水循环利用率(5分)：按照废水循

环利用率  $\times 5$  测算。

(4) 低品位矿综合利用率 (3分)：低品位矿按照开发利用方案要求开展综合利用的,得3分;暂不能利用但合理堆放的,得2分;作为废石处理的,得1分。

(5) 尾矿废石利用方式 (3分)：作为新型建材原料等利用的,得3分;作为井下回填、铺路等利用的,得2分。

#### 3.2.1.4 生态保护 (18分)

(1) 年治理恢复率 (8分)：按照年度治理恢复率 (实际治理面积 / 计划治理面积)  $\times 8$  测算。往年未治理面积不得纳入本年度实际治理面积计算,无治理任务的,得8分。

(2) 年土地复垦率 (5分)：按照年度土地复垦率 (实际复垦面积 / 计划复垦面积)  $\times 5$  测算。往年未复垦面积不得纳入本年度实际复垦面积计算,无复垦任务的,得5分。

(3) 粉尘防治 (5分)：采、运、储等环节粉尘防治均达标的,得5分;采矿环节2分,运矿环节2分,储矿环节1分。不达标的环节为0分。

#### 3.2.1.5 矿山经济 (16分)。

(1) 人均年产出额 (8分)：以上年度全省该矿种矿山平均年销售额为基础,本年度单矿山得分按照矿山年产出额 / 全省平均年产出额  $\times 4$  测算,最高不超过8分。

(2) 人均年产精矿量 (8分)：以上年度全省该矿种矿山人均年产精矿量为基础,本年度单矿山得分按照矿山年人均年产精矿量 / 全省人均年产精矿量  $\times 4$  测算,最高不超过8分。

#### 3.2.2 加分信息项 (20分)

(1) 先进技术 (4分)：采用《矿产资源节约与综合利用鼓励技术目录》中的采矿技术工艺

生产的,得2分。采用《矿产资源节约与综合利用鼓励技术目录》中的选矿加工技术工艺生产的,得2分。最高不超过4分。

(2) 全国绿色矿山名录 (8分)：进入全国绿色矿山名录的,得8分。

(3) 拥有采选加工等技术专利 (4分)：本矿山企业在采、选、加工等环节拥有技术专利,每项1分,最高4分。

(4) 获得省级以上荣誉称号 (4分)：获得省级以上先进企业、科技进步企业等荣誉称号的,每项2分,最高4分。

#### 3.2.3 扣分信息项 (20分)

(1) 淘汰落后技术：采用《矿产资源节约与综合利用淘汰技术目录》中的采矿技术工艺生产的,扣4分。采用《矿产资源节约与综合利用淘汰技术目录》中的选矿加工技术工艺生产的,扣4分。最高不超过4分。

(2) 被列入异常名录：在上年度矿业权人信息公示工作中,被列入异常名录的,扣3分。

(3) 被列入严重违法名单：在上年度矿业权人信息公示工作中,被列入严重违法名单的,扣5分。

(4) 存在违法违规行为受到行政处罚：上年度因存在越界开采、破坏性开采等违法违规行为而受到自然资源部门行政处罚的,扣5分。

(5) 存在违规行为被责令停产整顿：上年度因不按开发利用方案开采、不履行治理恢复义务等违规行为而受到自然资源部门责令停产整顿的,扣3分。

#### 3.2.3 评价结果及分析

四川省钒钛磁铁矿开发利用水平评价采用定量化评价方法,根据各项指标的评分标准,计算四川省钒钛磁铁矿资源开发利用水平的结果见表1。

表 1 四川省 2018 年在产钒钛磁铁矿开发利用水平评估结果  
Table 1 Evaluation results of development and utilization of vanadium-titanium magnetite in Sichuan province in 2018

排序	矿山名称	采矿环节得分			选矿环节得分			综合利用得分			生态保护得分			矿山经济得分				
		生产规模	开采回采率	选矿回收率	选矿综合利用率	尾矿利用率	废石利用率	废水循环利用率	低品位矿综合利用率	尾矿废石利用方式	年治理复垦率	年土地复垦率	粉尘防治	人均年出资额	人均年产量	加分	扣分	总分
1	四川安宁铁钛股份有限公司米易县潘家田铁矿	2.98	20.21	16.74	5.00	0.00	1.23	5.00	3.00	0.00	8.00	5.00	5.00	5.42	1.64	14.00	0.00	93.22
2	攀枝花花钒矿产品有限公司红格铁矿	5.00	20.76	15.89	5.00	0.00	0.40	5.00	3.00	0.00	8.00	5.00	5.00	6.09	2.05	8.00	0.00	89.19
3	重钢西昌矿业有限责任公司(太和铁矿)	5.00	20.85	15.77	5.00	0.70	1.83	5.00	3.00	3.00	8.00	5.00	5.00	3.36	5.83	0.00	0.00	87.34
4	会理县秀水河矿业有限责任公司秀水河铁矿	5.00	20.04	17.57	5.00	0.21	0.76	5.00	3.00	3.00	8.00	5.00	5.00	2.30	1.94	0.00	0.00	81.82
5	攀枝花市元宝山矿业有限责任公司米易县攀得铁矿	3.39	20.21	17.36	5.00	3.60	0.00	5.00	3.00	0.00	8.00	5.00	5.00	2.49	2.05	0.00	0.00	80.10
6	攀钢集团矿业有限责任公司兰尖、朱家包铁矿	5.00	21.11	7.50	5.00	0.00	0.00	5.00	3.00	0.00	8.00	5.00	5.00	2.16	1.94	11.00	0.00	79.71
7	攀枝花青杠坪坪业有限公司米易县青杠坪天窝铁矿	5.00	20.00	0	5.00	0.00	0.14	5.00	3.00	0.00	8.00	5.00	5.00	8.00	6.04	8.00	0.00	78.18
8	会理县财通铁钛有限责任公司茨竹箐钒钛磁铁矿	2.20	20.00	7.50	5.00	0.03	0.25	5.00	3.00	3.00	8.00	5.00	5.00	5.27	8.00	0.00	0.00	77.25
9	攀钢集团攀枝花新白马矿业有限责任公司白马铁矿	5.00	20.46	7.50	5.00	0.00	0.00	5.00	3.00	0.00	8.00	4.35	5.00	4.27	1.64	8.00	0.00	77.22
10	会理县财通铁钛有限责任公司白草铁矿	1.72	20.22	7.50	5.00	0.03	0.25	5.00	3.00	3.00	8.00	5.00	5.00	5.27	8.00	0.00	0.00	76.99
11	攀枝花中采矿业有限公司腾家梁子铁矿	3.71	20.00	15.65	5.00	0.00	0.00	5.00	3.00	0.00	8.00	5.00	5.00	0.91	3.28	0.00	0.00	74.55
12	盐边县得天矿业有限责任公司盐边箐尾钒钛铁矿	0.94	20.00	0	0.00	0.00	0.38	5.00	3.00	0.00	8.00	5.00	5.00	1.87	1.33	0.00	0.00	50.52

计算结果中，矿山总得分越高，表明该钒钛磁铁矿的开发利用水平越高，矿山的生产规模、所采用的采选技术方法、综合利用方式越匹配，生产对环境的扰动越小，经济效益越高。

通过核验，排名第一及最后企业的实际情况是：四川安宁铁钛股份有限公司米易县潘家田铁矿是国家首批矿产资源综合利用示范基地、第二批国家级绿色矿山企业，钒钛磁铁矿采选“三率”指标、资源节约与综合利用指标、清洁生产指标均达到国内钒钛磁铁矿采选行业领先地位，实现了以科技含量高、资源消耗低、生态环境好的创新开发新模式。排至最后一名的盐边县得天矿业有限责任公司盐边箐尾钒钛铁矿为一小型矿山，其选矿回收率低于国家三率最低标准，矿山2018年实际生产处理矿石量与生产规模偏差较大，目前为止，公司对矿石中伴生的有价元素钛等均未回收利用。

由此可知，利用该评估方法获得的结果全面反映了攀西地区2018年钒钛磁铁矿矿山的综合开发利用水平，与矿山开发利用实际相符。

## 4 结 语

(1) 本文以2018年正常生产的12个钒钛磁铁矿矿山为研究对象，建立了完整的评价指标体系，对攀西地区钒钛磁铁矿的开发利用水平进行定量评价，评价结果符合攀西钒钛磁铁矿开发利用水平现状。

(2) 该评价体系的建立可有效促进钒钛磁铁矿资源开发利用水平提升；同时也能为钒钛磁铁矿资源开发政策、规划、标准制定提供数据支撑，且对实现攀西地区矿产品结构优化、促进矿业健康持续发展有一定的指导意义。

## 参考文献：

[1] 赵军伟,郭敏,赵恒勤,等.矿产资源开发利用效率评价

构想[J].中国矿业,2012,21(8):60-63.

Zhao J W, Guo M, Zhao H Q, et al. Concept of evaluation on the Efficiency of exploitation and utilization of mineral resources [J]. China Mining, 2012, 21(8): 60-63.

[2] 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. Development and utilization evaluation of vanadium titanium magnetite in Panxi area based on analytic hierarchy Process and weighted superposition analysis model [J]. Journal of Southwest University of Science and Technology, 2014, 29(4):38-42.

[3] 罗德江,姚霖,魏友华,等.矿产资源开发效率模糊综合评价模型-以攀西地区钒钛磁铁矿为例[J].桂林理工大学学报,2014,34(4):635-640.

Luo D J, Yao L, Wei Y H, et al. Fuzzy comprehensive evaluation model of mineral resource development efficiency: A case study on vanadium-titanium magnetite in Panxi Area [J]. Journal of Guilin University of Technology, 2014, 34(4):635-640.

[4] 丁其光,徐明.矿产开发利用效率评价指标及方法初探[J].矿产综合利用,2012(1):53-55.

Ding Q G, Xu M. Preliminary study on evaluation indexes and methods of mineral development and utilization efficiency [J]. Comprehensive Utilization of Minerals, 2012 (1):53-55.

[5] 中华人民共和国国土资源部,中国矿产资源报告[M].北京:地质出版社,2019.

Ministry of Land and resources, PRC, China mineral resources report [M]. Beijing: Geology Press, 2019.

[6] 王昌松,姚文俊,陆小华.钒钛磁铁矿资源综合利用概述[J].无机盐工业,2014(1):4-7.

Wang C S, Yao W J, Lu X H. Overview of comprehensive utilization of ilmenite resources [J]. Inorganic Salt Industry,2014(1):4-7.

[7] 孙传尧.选矿工程师手册[M].北京:冶金工业出版社,2015.

Sun C Y. Handbook of mineral processing engineers [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press,2015.

[8] 邹建新,杨成,彭富昌,等.攀西地区钒钛磁铁矿提钛工艺与技术进展[J].金属矿山,2007(7):7-9.

Zou J X, Yang C, Peng F C, et al. Progress of titanium extraction process and technology of vanadium-titanium magnetite in Panxi region [J]. Metal Mine,2007(7): 7-9.

(下转 36 页)

## Study on Process Mineralogy for a Weathered Clay Type Titanium Ore

Jiang Ying, Li Bo, Liang Dongyun, Zhang Lili

(Guangdong Institute of Resources Comprehensive Utilization, State Key Laboratory of Rare Metals Separation and Comprehensive Utilization, Guangdong Provincial Key Laboratory of Development & Comprehensive Utilization of Mineral Resources, Guangzhou, Guangdong, China)

**Abstract:** In order to comprehensively recover and utilize the valuable metals in the weathered elluvium-deluvial type titanium ore, and to discuss the recyclability of valuable elements such as titanium, the ore characteristics of a weathered clay type titanium ore in China were systematically studied by traditional process mineralogy. In addition, the factors affecting the beneficiation process were analyzed and the feasible test flow craft was put forward. The results show that the  $TiO_2$  grade of the ore is 4.5%, and the main titanium-bearing minerals are ilmenite, leucoxene, and vanadium titanomagnetite, which are the key target minerals for recovery. The ore contains nearly 80% mud. Ilmenite is mostly monomer, and some of it is changed into leucoxene by oxidation with both being covered or associated with clay minerals. Vanadium titanomagnetite is a secondary recovered mineral, which contains partly ilmenite flakes separated by solid solution. The titanium in ores is seriously dispersed, the theoretical recovery of titanium separated by physical mineral processing in raw ores is about 48%, and the theoretical recovery of iron is only about 4%. Based on the characteristics of ores and the results of process mineralogy research, the ore dressing test can adopt the combined process of "scrubbing and desliming - gravity separation - magnetic separation". Strong agitation desliming was used to eliminate the "bonding effect" before gravity separation, followed by gravity separation before tail-throwing, and then magnetic separation. After that, strong magnetic separation and shaker selection could be used to further improve the concentrate grade. This study provided a guide for mineral processing to recover the valuable metals from the deposit.

**Keywords:** Elluvium-deluvial; Titanium; Process mineralogy; Mineral processing

////////////////////////////////////  
(上接 83 页)

## Study on the Evaluation Method of Development and Utilization Level of Vanadium-titanium Magnetite Mine in Panxi District

Yan Weiping<sup>1,2</sup>, Zeng Xiaobo<sup>1,2</sup>

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Geological Survey Metal Mineral Resource Utilization Technology Center, Chengdu, Sichuan, China)

**Abstract:** The Panxi area is rich in V-Ti-magnetite resources. Based on the investigation and study of the current situation of the development and utilization of V-Ti-magnetite mines in this area, combined with the consideration of resource development, ecological protection and economic benefits, a set of index system and evaluation method suitable for the evaluation of the development and utilization level of mineral resources are proposed. The evaluation results fully reflect the development and utilization status of vanadium-titanium magnetite in Panxi area.

**Keywords:** Vanadium titanium magnetite; Mineral resources; Development and utilization level; Index system