

湘中石牛矿区黑色岩系中钒铀矿床地质特征及综合利用

邓自贤

湖南省核工业地质局三〇三大队, 湖南 长沙
Email: 120672576@qq.com

收稿日期: 2021年3月30日; 录用日期: 2021年5月11日; 发布日期: 2021年5月18日

摘要

湘中地区黑色岩系中的矿产资源丰富, 尤以铀、钒为代表, 且钒、铀紧密共生。本文通过典型钒-铀矿床的地质特征研究, 探讨钒-铀矿资源综合利用的有利途径。

关键词

湘中地区, 黑色岩系, 铀-钒矿, 地质特征, 综合利用

Geological Characteristics and Comprehensive Utilization of Black Rock Series Vanadium Uranium Deposit in Shiniu Mining Area, Central Hunan Province

Zixian Deng

The 303rd Brigade, Hunan Nuclear Geology, Changsha Hunan
Email: 120672576@qq.com

Received: Mar. 30th, 2021; accepted: May 11th, 2021; published: May 18th, 2021

Abstract

The black rock series in central Hunan Province is rich in mineral resources, especially uranium and vanadium, which are closely associated with uranium. Based on the study of geological cha-

characteristics of typical vanadium-uranium deposits, this paper discusses the favorable way of comprehensive utilization of vanadium-uranium resources.

Keywords

Central Hunan, Black Rock Series, Uranium-Vanadium Deposits, Geological Characteristics

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

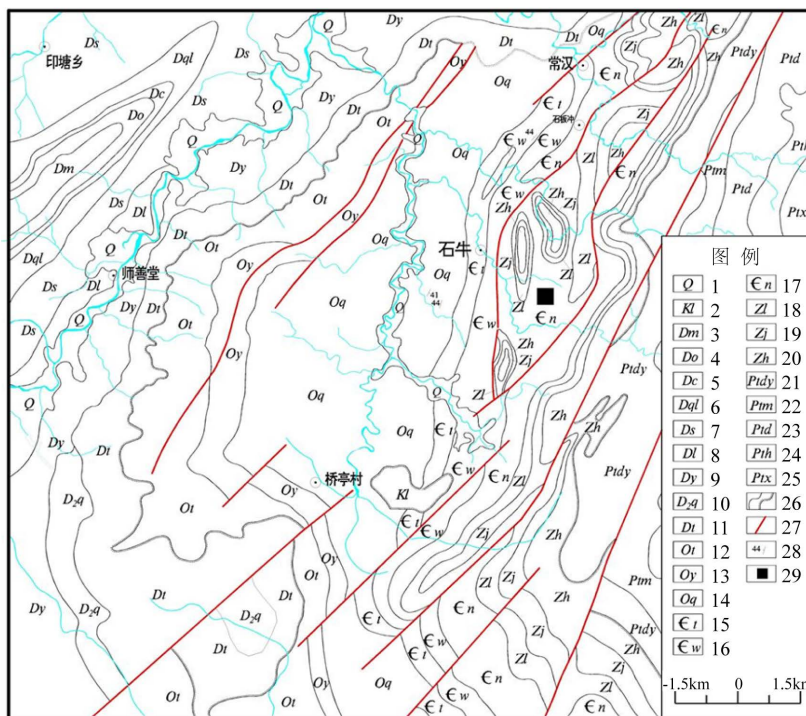
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

湘中石牛矿区钒铀矿位于涟源盆地南东缘与紫云山隆起的接合部位[1]。矿区内黑色岩系有机质富集，黑色岩系的岩石颜色呈黑色主要原因在于有机碳、细分散硫化物及颗粒的超微粒度高含量所致，黑色岩系不同岩类组合代表不同的沉积环境和背景[2]，赋存有不同种类的矿床，以钒、铀共生矿床为主要代表，见图 1。



1-第四系全新统；2-白垩系罗镜滩组；3-泥盆系孟公坳组；4-泥盆系欧家冲组；5-泥盆系长龙界组；6-泥盆系七里江组；7-泥盆系余田桥组；8-泥盆系榴江组；9-泥盆系易家湾组；10-泥盆系棋梓桥组；11-泥盆系跳马涧组；12-奥陶系天马山组；13-奥陶系烟溪组；14-奥陶系桥亭子组；15-寒武系探溪组；16-寒武系污泥塘组；17-寒武系牛蹄塘组；18-震旦系留茶坡组；19-震旦系金家洞组；20-震旦系洪江组；21-板溪群多益塘组；22-板溪群马底驿组；23-冷家溪群大药菇组；24-冷家溪群黄浒洞组；25-冷家溪群小木坪组；26-整合及不整合地质界线；27-断层；28-产状；32-研究区

Figure 1. Geological map of the Shiniu uranium diagram, Shuangfeng County
图 1. 石牛铀矿区地质简图

2. 矿区地质背景

2.1. 地层

矿区出露有震旦系、寒武系、奥陶系、白垩系及第四系地层，其中寒武系地层发育较完整，震旦系次之，奥陶系、白垩系、第四系地层仅零星分布。钒、铀矿主要产于寒武系牛蹄塘组。

牛蹄塘组(ϵn): 分布于研究区中部，可划分为两个岩性段。下段为浅灰色、灰色、深灰色板岩、薄至中层状砂质板岩、含黄铁矿板岩、局部夹少量硅质板岩及透镜状菱铁矿质粘土岩。与下伏留茶坡组(ZL)呈整合接触。上段顶部为黑色炭质板岩、含炭板岩、含硅质炭质板岩夹钙质板岩。钙质板岩地表风化后，因钙质流失板理面粗糙，可作为地表识别牛蹄塘组与污泥塘组的界线，该段为矿区钒铀矿含矿层位，其中钒矿化厚度较大，分布较广泛，达工业品位钒矿层位可分为四层，分布范围较铀矿化更广，且局部可见透镜状石煤层和块状磷质粘土岩。

2.2. 构造

矿区位于江南古陆东南缘，紫云山隆起西侧，褶皱、断裂构造发育。

褶皱构造：区内总体表现为一复式背斜，次级背、向斜和挠曲构造也常见。高家冲复式背斜，北起温水大山，南至洪家而延伸至工作区外，轴向北北东向，纵贯全区，轴长大于 10 公里，背斜核部主要由震旦系南碛组组成，局部分布有寒武系，背斜两翼，主要由寒武纪地层组成，有时还以寒武系为中心，而对称性分布着震旦系。次一级褶皱发育有老虫崖 - 马鞍向斜，洗马倾伏向斜，石板冲 - 石牛山倒背斜等。

断裂构造：矿区断裂主要受紫云山岩体侵位影响产生，以北东向组发育。断裂派生的次级背、向斜及断裂发育。背、向斜多呈形态不规则的倒转构造，影响幅度数千米。区内已发现规模较大的断裂 30 条，按展布方向可分为 NE、NW、EW 及 SN 向四组，以 NE 及 SN 向组规模最大。

2.3. 岩浆岩

区内见细晶岩脉、煌斑岩脉及花岗岩脉，均呈零星细脉状分布。

3. 矿体特征

矿床为以钒为主，铀作为共生元素炭硅泥岩型钒铀矿床，钒铀主要赋矿层位为寒武纪牛蹄塘组上段。

3.1. 钒矿体特征

矿区内钒矿赋存于牛蹄塘组上段灰黑至黑色炭质板岩、硅质板岩夹薄层状含炭硅质岩，含钒矿层四层呈层状、透镜状产出，钒矿层稳定性及其矿化特征与沉积环境、古地理、古气候关系密切，受沉积环境及生物化学等多重因素制约。

1) 沉积环境的控制作用

处于特定的还原条件下闭塞海湾环境，为一套灰黑色硅质岩、炭质板岩沉积建造。

2) 古气候和地壳振荡及物化条件的控制作用

矿层中岩层基本为薄层和微层，富含有机质(炭质)，具水平层理，炭质板岩中含磷结核，反映海水相对比较平静。矿石中含白云质，反映气候较干旱。不同岩性呈不等厚互层或互为夹层反映地壳振荡周期变化特征。

3) 沉降盆地的控制作用

矿层的稳定性与其沉积盆地中的相对位置有关，主矿层受盆地相及盆地边缘相控制。相对隆起地段，

含矿岩系厚度变薄，钒矿化变弱或矿体尖灭。

3.2. 铀矿体特征

矿区铀矿化主要分布在寒武系牛蹄塘组下段，产于炭质板岩、含炭硅质板岩、含硅炭质板岩、含黄铁矿板岩、含炭硅质岩等。铀矿化严格受地层控制，含矿层具有明显富炭岩石特征，且后期构造改造作用可使含矿层铀元素进一步富集，揉褶、片理、层间剥离、顺层裂隙以及富炭岩石对铀富集有一定影响，易富集工业铀矿化。

4. 钒、铀共生关系

4.1. 赋矿层位相同

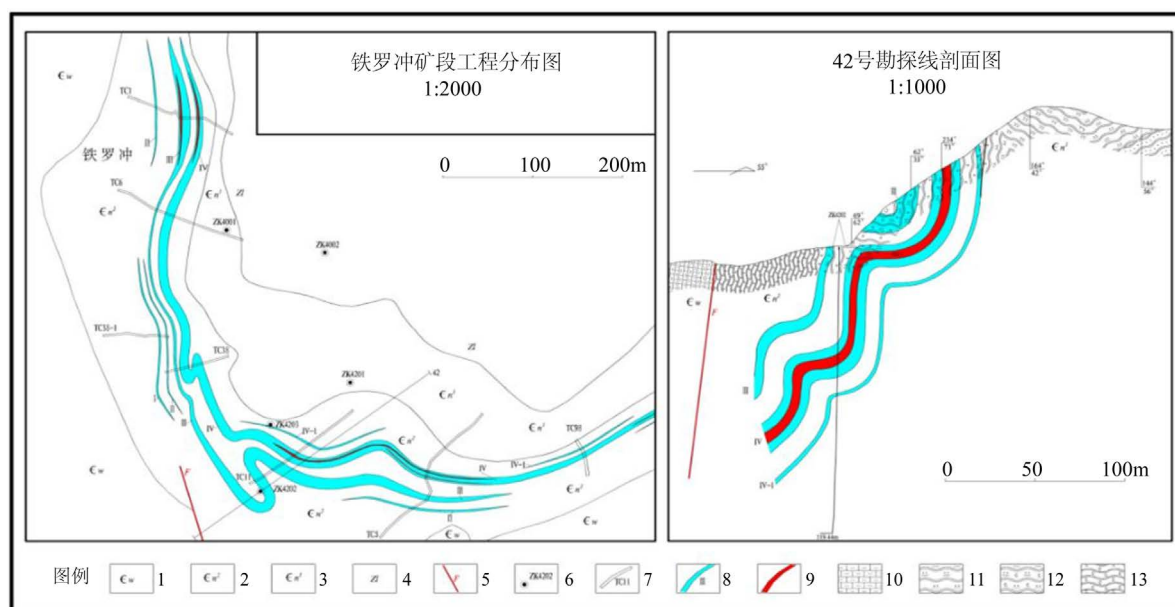
钒、铀矿体主要赋矿层位均为寒武系牛蹄塘组下段炭质板岩、含炭硅质板岩、含硅炭质板岩等中，且赋矿岩层中产出磷结核、石煤，钒铀均富集程度更高。

4.2. 矿层顶底板特征相同

钒、铀矿体顶底板围岩均与赋矿岩层相同，为炭质板岩、含硅炭质板岩、硅质板岩等。

4.3. 矿层空间分布特征对比

钒、铀矿体紧密共(伴)生关系，钒、铀矿体主要富集在寒武系牛蹄塘组下段，呈似层状、层状、局部呈透镜状。总体上钒矿体较铀矿体沿走向、倾向延伸连续性更好，厚度变化较铀矿体稳定。但铀放射性异常层分布范围、厚度较钒矿更广。铀、钒矿体主要富集标高均近地表，在 50~200 m 之间。钒矿体一共分为四个(I-IV)矿层，其中 IV 矿层为主矿层，主矿层(IV)均显示放射性异常(见图 2)，在钒主矿层(IV)层间破碎处铀通常富集达工业品位。



1-寒武系污泥塘组; 2-寒武系牛蹄塘组上段; 3-寒武系牛蹄塘组下段; 4-震旦系留茶坡组; 5-断层; 6-钻孔及其编号; 7-探槽及其编号; 8-铀钒矿体; 9-铀矿体; 10-条带状泥质灰岩; 11-硅质板岩; 12-碳质硅质板岩; 13-碳质板岩

Figure 2. Sketch map of spatial relationship of uranium-vanadium ore body in uranium mine

图 2. 湘中石牛矿区铀钒矿体空间关系示意图

5. 综合利用

我国的钒、铀资源非常丰富，尤其是湘中地区黑色岩系中钒铀矿储量相当大，但因其品位低，开发利用难度大。近几十年来我国的含钒铀矿提钒技术已有很大的进步，在世界上也处于领先地位，但依然存在提取率低、产业化程度不高、环境污染严重等问题[3]。随着越来越严格的环保限制，为了避免焙烧过程产生的有害气体，采用全湿法冶金的方法来处理钒铀矿，取得了较好的成果[4] [5] [6]。

5.1. 生态环境要求

钒铀是国家战略紧缺资源，钒铀矿床综合利用对国家有利。但矿区铀、钒紧密共生，铀矿开采要考虑环保要求，提取钒矿带来的环保问题也必须考虑。为此，本次研究采用传统提铀工艺融合湿法制钒新工艺的新方法，对矿区铀 - 钒矿开展半工业连续试验，以评价黑色岩系中铀 - 钒矿开发利用的经济可行性[7] [8]。

5.2. 钒铀提取新工艺流程

采用的工艺流程如下图(见图 3):

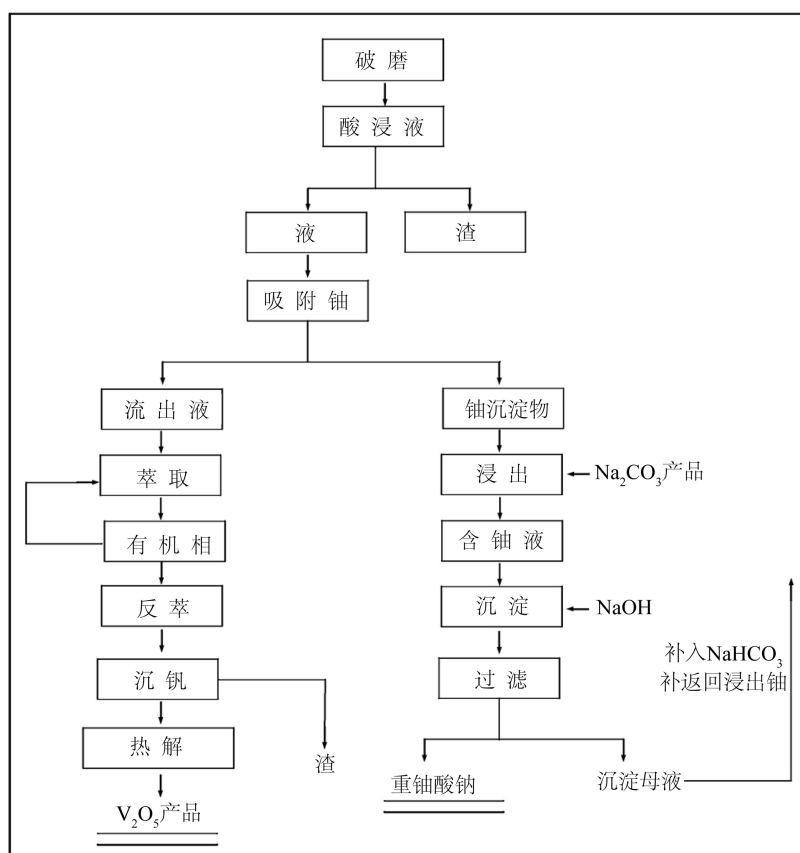


Figure 3. Flow chart of new technology for extracting vanadium and uranium

图 3. 钒铀提取新工艺试验流程图

5.3. 钒铀提取新工艺在矿区的试验效果

1) 矿区的含钒铀矿化学成分稳定， V_2O_5 平均含量为 1.00% 左右，已达到工业开采品位。原矿中的主

要物相为石英、硅铝酸盐矿物以及黄铁矿。钒主要以类质同象形式存在于硅铝酸盐矿物晶格中，部分存在于碳酸盐相中、铁锰氧化物中，少量以吸附态形式存在。

2) 采用新工艺钒浸出率可达 80% 以上，钒萃取率达 90% 以上，反萃率达 95% 以上，钒总收率可达 80% 以上。

3) 新工艺钒钼矿提取五氧化二钒废水经处理后，可进行废水的循环利用，废水回用后钒钼仍可保持较高浸出率，且工艺运行稳定，废水回用效果较好。不仅实现了清洁冶炼的目的，同时降低了冶炼过程水的消耗[9] [10] [11] [12]。

4) 对矿区钒钼矿提取主要技术经济指标分析，得出冶炼成本为 5 万元/吨左右。

提出了矿区含钒钼矿低酸直接浸出一溶剂萃取提取五氧化二钒的建议性原则工艺流程图，进行了各工序的主要技术经济指标分析[9] [13]。

5) 采用低酸直接浸出溶剂萃取提取五氧化二钒新技术，对石牛矿区的钒钼矿进行处理，具有技术先进，工艺通畅，金属回收率高，保护环境，节水节能显著，容易实现大工业规模生产等优点。较好的提高了钒钼矿产利用率[10] [14]。

6. 结论

本文通过对研究区黑色岩系钒、钼矿产出地质特征进行研究，认为本区内牛蹄塘组是主要赋矿层位。黑色岩系中钒、钼资源丰富，钒、钼紧密共生，钼矿是国家战略紧缺资源，钼矿床开发环保要求高。全湿法提取钒钼矿的新工艺，从较大程度上避免了传统工艺焙烧过程中产生的有害气体对环境的污染[12] [14] [15]，具有保护环境、钒钼金属回收率高等特点，为处理钒钼矿开辟了一条新途径，对进一步综合利用湘中地区钒钼矿的资源具有重要的指导意义。

参考文献

- [1] 王健, 漆富成, 李治兴, 等. 湘西北黑色岩系非常规钼资源成矿地质特征及成矿时代[J]. 钼矿地质, 2020, 36(1): 28-33.
- [2] 游先军, 戴塔根, 息朝庄, 等. 湘西北下寒武统黑色岩系地球化学特征[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(2): 304-312.
- [3] 游先军, 田宗平, 李力, 等. 从湘西黑色页岩中提取钒的工艺研究[J]. 湿法冶金, 2008(1): 31-34.
- [4] 鲁兆伶. 用酸法从石煤中提取五氧化二钒的试验研究与工业实践[J]. 湿法冶金, 2002(4): 175-183.
- [5] 胡艺博, 叶国华, 左琪, 等. 石煤钒矿酸浸液中萃取提钒的研究进展与前景[J]. 矿产综合利用, 2020, 221(1): 15-20.
- [6] 王一, 张一敏, 黄晶, 等. 石煤酸浸提钒浸出液萃取试验研究[J]. 金属矿山, 2013(3): 100.
- [7] 陈铁军, 邱冠周, 朱德庆. 石煤循环氧化法提钒焙烧过程氧化机理研究[J]. 金属矿山, 2008(6): 62-66.
- [8] 胡建锋, 朱云. P204 萃取硫酸体系中钒的性能研究[J]. 稀有金属, 2007(3): 367-370.
- [9] 杨晓, 张一敏, 黄晶, 等. 助浸剂 CX 对石煤酸浸提钒效果的影响[J]. 金属矿山, 2012(3): 86-89.
- [10] 杨静翎, 金鑫. 酸浸法提钒新工艺的研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2007(3): 254-257.
- [11] 漆明鉴. 酸浸法从石煤中提钒的中间试验研究[J]. 湿法冶金, 2000(2): 7-17.
- [12] 范必威, 林海岭. 方山石口石煤提钒焙烧工艺研究[J]. 湿法冶金, 2001, 20(2): 79-83.
- [13] 席歆, 姚谦, 胡克俊. 国外含钒石油渣提钒生产技术现状[J]. 世界有色金属, 2001(5): 36-40.
- [14] 刘安华, 李辽沙, 余亮. 含钒固废提钒技术及展望[J]. 金属矿山, 2003(10): 61-64.
- [15] 李龙涛, 曾伟强, 施正伦, 等. 高碳石煤循环流化床焙烧灰渣酸浸提钒试验研究[J]. 稀有金属, 2014, 38(1): 123-129.