

湘西北烽火矿区含钒钼石煤矿地质特征及矿床成因分析

谌敏¹, 何明友², 张川³, 袁璋⁴

(1. 湖南省城市地质调查监测所, 湖南长沙 410000)

(2. 成都理工大学, 四川成都 610059)

(3. 中国科学院地球化学研究所, 贵州贵阳 550081)

(4. 陕西省矿产地质调查中心, 陕西西安 710068)

摘要:以湘西北烽火矿区为研究区,采用地质简测、工程揭露及样品分析等方法研究了区内寒武系纽芬兰统牛蹄塘组合钒钼石煤矿的地质特征。研究结果表明:区内寒武系纽芬兰统牛蹄塘组下部为主要的石煤赋存层位,底部常含V、Mo、Ni等金属元素;其中Ⅱ矿层伴生钒、钼矿平均品位达到综合评价要求,可与石煤共采。石煤厚度较大,且较稳定,发热量较高,石煤层顶底板的主要岩性均为黑色炭质页岩。本文在阐述成矿地质背景、矿区地质特征、矿体特征的基础上,总结认为矿床成因属于生物地球化学沉积矿床。

关键词:烽火矿区;含钒钼石煤;地质特征;成因分析

DOI: 10.13384/j.cnki.cmi.1006-2602.2022.04.001

中图分类号: P618.11 文献标识码: A 文章编号: 1006-2602(2022)04-0001-05

Geological Characteristics and Genesis Analysis of Vanadium-Molybdenum Bearing Stone Coal Deposits in Fenghuo Mining Area in Northwestern Hunan

SHEN Min¹, HE Ming-you², ZHANG Chuan³, YUAN Zhang⁴

(1. Urban Geological Survey and Monitoring Institute of Hunan Province, Changsha 410000, Hunan, China)

(2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

(3. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, Guizhou, China)

(4. Mineral Geological Survey Center of Shaanxi Province, Xi'an 710068, Shaanxi, China)

Abstract: Taking Fenghuo mining area in northwestern Hunan as the research area, the geological characteristics of the Cambrian Newfoundland Niutitang Formation vanadium-molybdenum bearing stone coal mine in the area were studied by means of simple geological survey, engineering disclosure and sample analysis. The research results show that the lower part of the Cambrian Newfoundland Niutitang Formation in the area is the main stone coal occurrence layer, and the bottom often contains V, Mo, Ni and other metal elements among them, the average grade of associated vanadium and molybdenum ore in the II ore layer meets the comprehensive evaluation requirements. It can be mined with stone coal. The stone coal is thicker, more stable, and has higher calorific value. The main lithology of the roof and floor of the stone coal seam is black carbonaceous shale. Based on the description of the metallogenic geological background, the geological characteristics of the mining area and the characteristics of the ore body, this paper concludes that the genesis of the deposit belongs to the biogeochemical sedimentary deposit.

Key words: Fenghuo mining area; vanadium-molybdenum bearing stone coal; geological characteristics; genesis analysis

0 引言

石煤中钒的开发利用研究程度相对较高^[1],钼也有很高的利用价值,但并没有得到合理的开发利用。钼在石煤中含量仅次于钒,经常达到百分含量

收稿日期: 2022-03-11

第一作者: 谌敏(1988—),男,硕士,工程师,主要从事地质调查与矿产勘查工作。E-mail: 644311344@qq.com

通讯作者: 何明友(1954—),男,中科院地化所博士后,博士生导师,教授,中国科学院研究员,研究方向:矿床地球化学。E-mail: hmy@cdut.edu.cn

级^[2-3]。关于石煤中钼的研究主要集中于湘西地区,研究区域比较狭窄,研究程度不深。关于钼的赋存状态的研究也不够深入,石煤中钼的来源及成因尚不明确,富集机制有待进一步研究^[4-5]。

湖南省临澧县烽火矿区位于临澧县城东高家滩一带,行政区划隶属临澧县望城乡四新岗镇所辖。本区石煤矿层主要赋存于寒武系纽芬兰统牛蹄塘组下部,总体构造为单斜构造,产状较陡,南部近似直立。矿体形态:Ⅲ矿层呈似层状、透镜状,Ⅱ矿层呈层状、似层状。厚度品位变化:Ⅲ矿层厚度变化大,品位变化较稳定;Ⅱ矿层走向上厚度变化较大,倾向上厚度变化不大,品位变化较稳定。石煤工业矿体分布连续,矿区对Ⅱ矿层伴生多金属矿石钒矿(V_2O_5)和钼矿(Mo)进行了综合评价(据了解,石煤燃烧后,可进行回收,仅需分类型进行燃烧,然后选矿利用),按《矿产资源工业要求手册》(2014年修订本)和《湖南省部分矿种矿床一般工业指标(试行)》的通知及参照相邻矿区“常德太阳山矿区”的工业指标,提出本矿区工业指标建议,并报湖南省国土资源厅批复本矿区工业指标如下:边界发热量3.34 MJ/kg(800大卡/千克),最低工业发热量4.18 MJ/kg(1000大卡/千克),最小可采厚度2 m,夹石剔除厚度2 m,伴生钒、钼矿综合评价要求 V_2O_5 0.1%、Mo 0.01%。

1 区域地质概况

区域内出露地层有青白口系(Qb)、南华系(Nh)、震旦系(Z)、寒武系(ϵ)、古近系(E)零星出露,第四系(Q)广布(见图1)。

本区处于雪峰隆起区北东端与洞庭盆地的交接过渡部位,区域构造线方位为北北东向。太阳山背斜为本区的主体构造,它的发生和发展,控制着本区构造形态和展布。

太阳山背斜,轴向为北东20°左右,其轴线在平面上呈近“S”型,背斜轴部地层为青白口系、震旦系;背斜东翼地层出露不全,为大片第四系所覆盖,西翼地层在太阳山一带出露较齐全,依次为南华系、震旦系、寒武系、奥陶系。

2 矿区地质特征

2.1 地层

矿区出露的地层有寒武系纽芬兰统牛蹄塘组(ϵ_1n)、震旦系上统灯影组(Z_2dy)、震旦系下统陡山沱组(Z_1d)、南华系上统南沱组(Nh_3n)、南华系下

统长安组(Nh_1c),基岩出露主要分布在矿区东部,第四系不整合于上述各时代地层之上。主要含矿层位为寒武系纽芬兰统牛蹄塘组(ϵ_1n),上部为灰黑色、黑色炭质页岩;下部为黑色高炭质页岩(石煤),底部常含V、Mo、Ni等各种金属元素^[6-9]。

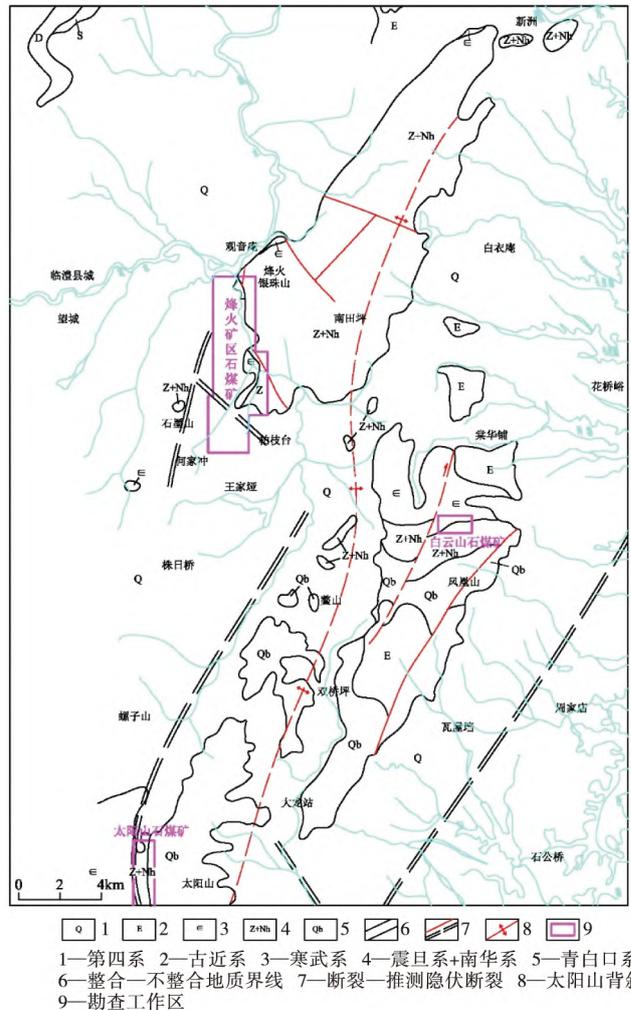


图1 临澧县烽火矿区区域地质简图

2.2 构造

该区位于雪峰隆起区北东端与洞庭盆地的交接过渡部位,即临澧断块与太阳山背斜北部西翼的交接过渡部位。矿区地质构造形态受太阳山构造体系控制,为一单斜构造,即太阳山背斜西翼。构造线主体方向近南北向,在平面上呈近“S”形态;岩层倾向200°~280°,倾角30°~60°,南部较陡倾角为70°~80°。在震旦系地层中,特别是陡山沱组(Z_1d)地层中(岩堰水库一带),发育有平缓而开阔的次级褶皱和次级小断裂构造。矿区内北部发育有规模较大的断裂构造;南端主要通过工程揭露及少量地表基岩露头情况分析,断裂构造发育。该区断层对矿层有缺失及走向上位移不连续影响。

2.3 围岩蚀变

矿区内仅寒武系纽芬兰统牛蹄塘组(ϵ_1n)及震旦系地层见板状页岩,为浅变质形成。局部见硅化现象,对石煤层的石煤质量影响小。

3 矿体特征

矿区石煤主要赋存于寒武系纽芬兰统牛蹄塘组(ϵ_1n)下部,见 2 个工业矿层即 II、III 石煤层。其厚度较大,且较稳定,发热量较高。区域上分布的震旦系上统灯影组(Z_2dy)中部石煤层(I 石煤层)在本区岩性相变为炭质页岩、页岩夹硅质页岩,发热量低,无工业价值。

3.1 含矿岩系特征及形态分布

含矿岩系(见图 2)自上而下分为:

(1) 灰黑色、黑色炭质页岩,炭泥质结构,薄层板状构造,水平微层理发育,含星点状、条带状黄铁矿;局部见硅化,夹泥质、云质灰岩透镜体。发热量低于 3.34 MJ/kg,厚度 > 100 m。

(2) 石煤层(III 矿层):深灰色、黑色。高炭质页岩,炭泥质结构,页理状、板状构造,稍污手;断口呈贝壳状,层面见油脂光泽;见星点状、条带状黄铁矿。石煤层厚度 1.27 ~ 26.67 m,平均厚度 11.39 m,变化系数 87%,走向上厚度变化由南往北变薄,厚度变化较大,倾向上由浅至深变厚。矿层层位较稳定,呈似层状、透镜状产出,产状与围岩一致倾向西。伴生多金属矿含量较低 Mo 0.02% ~ 0.025%,Ni 0 ~ 0.03%, N_2O_5 0.091% ~ 0.515%。

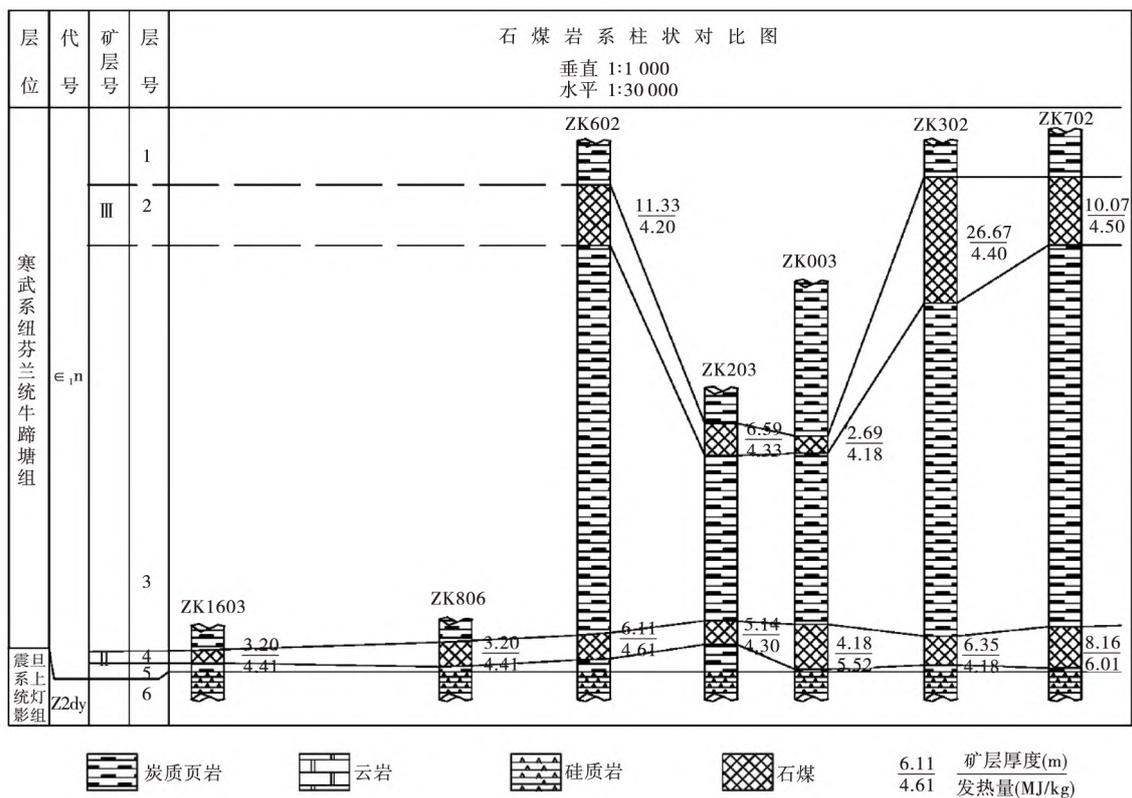


图 2 烽火矿区石煤岩系柱状对比图

(3) 灰黑色炭质页岩,炭泥质结构,页理板状构造,见星点状、条带状黄铁矿;局部夹浅灰色钙质页岩,与下伏矿层和上覆矿层无明显分界,仅发热量低于 3.34 MJ/kg;该层厚度由浅部往深部增厚,厚度 25.16 ~ 70.30 m。

(4) 石煤层(II 矿层) 黑色高炭质页岩,炭泥质结构,磷片状构造,页理较发育,层面见油脂光泽,疏松易碎,污手;底部富含磷质、硅质、灰质、黄铁矿结核;下部夹泥质、云质灰岩透镜体。石煤层厚度 2.62 ~ 9.74 m,平均厚度 5.43 m,变化系数 40%;走

向上以高家滩为中心向南北方向变薄,其厚度变化较大,倾向上厚度变化不大;矿层层位较稳定,呈层状、似层状产出,产状与围岩一致,倾向西。伴生多金属矿以钒矿为主: V_2O_5 单样含量 0.114% ~ 1.438%,单工程组合含量 0.30% ~ 0.84%;钼镍含量较低 Mo 单样含量 0.003% ~ 0.057%,单工程组合含量 0.01% ~ 0.033%;Ni 含量 0.001% ~ 0.048%。

(5) 黑色炭质页岩,夹硅质页岩,泥质结构,页片状构造,偶含磷质、硅质结核,硅质页岩往下逐渐增多。与下伏灯影组(Z_2dy)地层无明显的分界,厚

度 0.37 ~ 8.22 m。

(6) 灰黑色深灰色条带状硅质岩,夹硅质页岩、云质灰岩或云岩透镜体,厚度 > 30 m。

3.2 矿石质量

矿区石煤层赋存于寒武系纽芬兰统牛蹄塘组 (ϵ_{1n}) 下部,见工业矿层 2 层即 II、III 矿层。石煤燃烧时发红,很少有火焰,无烟,具浓硫磺味,残渣退色成灰、灰白、褐黄色及暗红色。石煤层主要矿物成份为:炭泥质 60%、隐晶质石英 25%、次为白云石、黄铁矿、方解石、绢云母、水云母。主要化学成份含量为:固定碳 9.95% ~ 10.02% , SiO_2 65.29% , Al_2O_3 5.65% , CaO 2.40% , MgO 1.19% , Fe_2O_3 0.333% , P_2O_5 0.333% , K_2O 1.33% 。

3.2.1 III 矿层

III 矿层单样发热量 3.53 ~ 6.11 MJ/kg,单工程发热量 3.69 ~ 4.86 MJ/kg,矿层组合发热量 4.64 MJ/kg,变化系数 7.9%;其发热量在倾向和走向上变化不大,均较稳定。其它组分平均含量灰份 81.61%,挥发份 9.08%,固定碳 8.57%,水份 0.94%,全硫 2.96%。

3.2.2 II 矿层

II 矿层单样发热量 3.72 ~ 7.89 MJ/kg,单工程发热量 4.18 ~ 5.98 MJ/kg,矿层组合发热量 4.70 MJ/kg,变化系数 16.7%;其发热量在走向和倾向上较稳定,由上往下发热量总体增高。其它组分平均含量:灰份 80.09%,挥发份 10.17%,固定碳 10.19%,水份 0.73%,全硫 3.37%。

3.2.3 有益有害组分

3.2.3.1 有益组分

石煤层为含多金属含矿层位,经采样基本分析和组合分析(见表 1),主要有: V_2O_5 ,单样含量 0.114% ~ 1.438%,平均含量 0.51%;Mo 单样含量 0.003% ~ 0.057%,平均含量 0.02%;Ag 最高可达 13 g/t,平均含量 1.82 g/t。Pt 经 22 个样品分析:有 18 个样 < 0.05 g/t,1 个样为 0.68 g/t,其他 3 个样分别为 0.08、0.11、0.3 g/t。其他有益组分含量均低。

3.2.3.2 有害组分

石煤有害组分主要有 U、As、Hg、Pb、Cd、S 等,见表 2。

从表 2 可看出:有害元素含量均较低,一般不构成危害,但石煤中普遍含硫较高,易造成环境污染。

3.3 矿石类型和品级

3.3.1 矿体(层)的次生变化

石煤的次生变化主要指石煤的风化。由于地表

的物理风化作用与地表水及地下水的淋滤侵蚀作用,石煤易于风化,使炭质全部或部分流失,发热量显著降低。地表石煤强风化呈灰、灰白、棕黄色的粘土、亚粘土。质较轻而松软,粘手,具可塑性,其上常有薄层浮土掩盖,向深部逐渐变为灰色—深灰色—黑色石煤层。

表 1 石煤层(II 矿层) 稀散元素分析结果统计表

元素	含量		
	最大值	中间值	最小值
Mo/%	0.057	0.020	0.003
Ni/%	0.048	0.025	0.001
V_2O_5 /%	1.438	0.51	0.114
Au/(g·t ⁻¹)	0.15	0.10	0
Ag/(g·t ⁻¹)	13.0	1.82	0
Ga/%	0.0025	0.0005~0.002	0.0003
P/%	0.783	0.307	0.103
Pt/(g·t ⁻¹)	0.68	0.11	<0.05

表 2 石煤(II 矿层) 有害元素统计表

元素	含量		
	最大值	中间值	最小值
U/(g·t ⁻¹)	53.31	30.44	13.98
Pb/%	0.04	0.03	0.01
As/%	0.008	—	0
Hg/(g·t ⁻¹)	0.000042	0.000031	0.000022
Cd/(g·t ⁻¹)	0.004	0.0009	0
S/%	4.67	3.47	1.91

石煤风化深度与地形、浮土掩盖深度,裂隙发育程度有关,工程揭露风化的垂直深度一般为 5 ~ 15 m。

3.3.2 矿石类型

石煤类型以硅酸盐为主,次为碳酸盐型及二者的混合型,但难以区分。

石煤的结构、构造主要取决于沉积环境与沉积条件及矿物组成的嵌布关系;组成石煤的主要矿物成分是炭泥质和隐晶质石英,它们相互混杂并紧密连生在一起,呈致密块状构造、板状构造,炭泥质结构;石煤的显微结构主要为泥质结构,其次为含粉砂泥质结构及粉砂、泥质结构的过渡类型结构;显微构造一般呈细线理状构造或显微层状构造,表现为炭泥质成细条带或线理状定向排列。

3.3.3 矿石品级

石煤是一种低发热量、高硫、高灰份的燃料资

源;但发热量变化较稳定,有益有害元素含量极低,没有对其品级划分的规范要求。

3.4 矿体(层)围岩和夹石

Ⅱ、Ⅲ矿层顶底板均为黑色炭质页岩,岩石矿物成分同石煤层,但发热量均小于 3.34 MJ/kg ,与石煤层呈渐变关系。Ⅱ矿层间接底板为震旦系上统灯影组(Z_2dy)硅质岩夹白云岩。Ⅱ、Ⅲ矿层中夹石均为黑色炭质页岩,岩石矿物成分同石煤层,仅发热量较低。

4 矿床成因分析

本区矿层层位沉积物特征以炭泥质为主。沉积物粒度细而均匀,水平微层理清晰。沉积物总的厚度变化不大,底部含磷结核层较薄,与下伏震旦系地层为整合接触,说明当时沉积环境较稳定,无大的振荡运动,以致可连续沉积厚数百米的炭质层。沉积物普通多黄铁矿,故沉积作用是在氧化还原界面以下进行的。

在当时无高等陆生植物繁生,有机质来源应是海水中的藻类、菌类、生孢粉之类的原始低等生物。在适当的pH值(约7~8)水介质中,滞流的水体较强的还原条件下,经微生物的化学作用分解成一种胶泥,与其遗体相结合沉积而成。由于微生物的分解作用,产生大量的 H_2S ,所以普遍多黄铁矿^[10]。

一些研究资料表明^[11-14]:钒与大量的浮游生物、底栖生物成因的(页岩)有机质共生,与主要由地表植物形成的(泥炭煤)有机质共生较少。所以有机质来源于海水中的生物而非地表陆生植物。故本区含钒较高,部分样段可达工业品位。

综上所述,本区石煤是在滨海泻湖环境下的同生机械-化学沉积而成的石煤矿床,伴生的钒矿具有综合评价意义^[15-17]。

5 结 论

区内伴生多金属矿只对石煤层发热量达工业品位的样段进行基本分析、评价,区内伴生各金属矿以钒矿为主,次为钼矿。Ⅲ矿层中Mo、Ni、 V_2O_5 含量均低,Mo 0.020%~0.025%,Ni 0.00%~0.03%, V_2O_5 0.091%~0.515%(仅个别样达到工业要求,其平均含量均小于0.3%,不能圈出矿层,整个矿层单工程 V_2O_5 选矿较难)达不到综合评价指标要求,不具综合评价意义。Ⅱ矿层中 V_2O_5 单样含量0.114%~1.438%,单工程组合含量0.30%~0.84%,矿层平均品位0.51%,其含量在矿层中由

上往下增高,较高品位集中在矿层的底部;Mo、Ni含量低,Mo单样含量0.003%~0.057%,单工程组合含量0.01%~0.033%,矿层平均含量0.02%;Ni单样含量0.01%~0.048%。按湖南省国土资源厅批复的工业指标要求,Ⅱ矿层 V_2O_5 及Mo具有综合利用价值。

参考文献

- [1] 龙思思. 石煤中钒硅资源综合利用的理论与新技术研究[D]. 长沙:中南大学,2013.
- [2] 符剑刚,钟宏,王晖,等. 石煤中钼资源的综合开发与利用[J]. 稀有金属与硬质合金,2007(2):40-43.
- [3] 蒋述兴,高志祥. 从含钼石煤中提取钼的研究[J]. 有色金属(冶炼部分),2013(5):35-36,43.
- [4] 煤炭科学院地质勘探分院地质研究所. 中国南方石煤资源综合考察报告[R]. 煤炭科学院地质勘探分院地质研究所,1982.
- [5] 刘志逊,代鸿章,刘佳,等. 我国石煤资源勘查开发利用现状及建议[J]. 中国矿业,2016,25(S1):18-21.
- [6] 叶杰,范德廉. 黑色岩系型矿床的形成作用及其在我国的产出特征[J]. 矿物岩石地球化学通报,2000(2):95-102.
- [7] 李有禹. 湖南下寒武统石煤中的镍钼铂族元素的地球化学特征[J]. 煤炭学报,1996(3):38-41.
- [8] 吴朝东,陈其英,雷家锦. 湘西震旦-寒武纪黑色岩系的有机岩石学特征及其形成条件[J]. 岩石学报,1999(3):453-461.
- [9] 王克营,蔡宁波,李岩. 湘西北马金洞地区下寒武统牛蹄塘组含钒石煤矿的地质特征[J]. 科学技术与工程,2016,16(7):130-133.
- [10] 姜月华,岳文浙,业治铮. 中国南方下寒武统石煤的特征、沉积环境和成因[J]. 中国煤田地质,1994(4):26-31.
- [11] 刘光昭,尹华锋,刘玉峰,等. 湖南下寒武统黑色岩系中的钒矿床. 地质与资源,2008(3):194-201.
- [12] 边颖,张一敏,包申旭,等. 石煤中钒的赋存状态分析方法及其化学解释[J]. 矿冶工程,2013,33(6):62-67,70.
- [13] 田宗平,易晓明,曹健,等. 黑色岩系(石煤)钒矿物特征研究与应用[J]. 中国冶金,2016,26(2):13-17.
- [14] 陈波,马玲,陈圆圆,等. 石煤中钒的化学物相分析[J]. 理化检验(化学分册),2017,53(9):1052-1056.
- [15] 许国镇. 我国南方石煤中钒价态研究的概况及其意义[J]. 矿产综合利用,1984(3):21-29.
- [16] 张卫国,侯恩科,杨建业,等. 石煤中钒-钼-硒等伴生元素研究[J]. 稀有金属,2019,43(10):1092-1102.
- [17] 杜美利,杨宗义,樊锦文,等. 陕南镇坪石煤伴生元素地球化学特征及意义研究[J]. 中国煤炭,2017,43(6):37-41.