

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2020.03.021

河南省陕州区五门沟铝土矿成矿规律及控矿因素分析

唐华东^{1,2}, 马玉见², 胡举勇², 郑建锋³, 张晨², 孙强²

(1. 河南省有色金属矿产探测工程技术研究中心, 河南 郑州 450016; 2. 河南省有色金属地质矿产局第六地质大队, 河南 郑州 450016; 3. 河南省煤田地质局物探测量队, 河南 郑州 450016)

摘要:五门沟铝土矿位于河南省西部, 是在中国首个实施的煤矿下部铝土矿整装勘查项目过程中发现的中深部大型隐伏铝土矿床。该矿床为产于奥陶系碳酸盐岩古风化侵蚀面上的沉积型岩溶铝土矿, 其含矿岩系为上石炭统本溪组, 为一套含铁富铝的铁铝质泥岩组合, 形成于晚石炭世。本区铝土矿矿石结构以碎屑状、致密状和豆鲕状为主。成矿环境为泻湖或海湾, 以及其近岸, 沉积相为泻湖或海湾相。区内共发现铝土矿体3个, 矿体规模为中-大型, 总体形态呈似层状, 局部呈透镜状, 呈单斜产出, 矿体厚度不稳定。矿体厚度与含矿岩系厚度、 Al_2O_3 含量、A/S值均呈较明显正相关。矿体以多种矿石类型分层产出时, 垂向上表现为下粗上细的粒序特征和下富上贫的品位特征。矿体品位与埋深并无直接关系, 其品位更多依赖于与原生沉积物源和沉积环境。成矿物源风化剥蚀程度越高, 越容易形成品位较富的矿体。基底溶洞、洼地、溶斗等负地形控制着铝土矿的矿体形态、产状、规模; 低洼处会沉积更多的含矿物质, 往往形成厚大的矿体, 品位较高。矿体的赋存标高对硫含量影响较大, 后期构造运动可使铝土矿体标高抬升, 当标高位于当地侵蚀基准面之上时, 铝土矿体处于氧化环境, 脱硫作用发生, 硫含量显著降低, 有利于提高矿石质量。

关键词:五门沟; 铝土矿; 成矿规律; 控矿因素

中图分类号: P618.45

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2020)03-0233-10

Metallogenic Regularities and Ore Controlling Factors of Wumengou Bauxite in Shanzhou District, Henan Province

TANG Huadong^{1,2}, MA Yujian², HU Juyong², ZHENG Jianfeng³, ZHANG Chen², SUN Qiang²

(1. Henan Non-Ferrous Metal Mineral Exploration Engineering Technology Research Center, Zhengzhou 450016, Henan, China; 2. No. 6 Geological Team, Henan Province Non-Ferrous Metals Geological Mineral Resources Bureau, Zhengzhou 450016, Henan, China; 3. Geophysical Survey Team of Henan Coalfield Geological Bureau, Zhengzhou 450016, Henan, China)

Abstract: Wumengou bauxite deposit in the west of Henan Province is found to be a deep large-scale bauxite deposit in the process of the bauxite integrated exploration project under coal mines. The deposit is sedimentary karst bauxite on the surface of the paleoweathering erosion of Ordovician carbonate rock. The ore-bearing rock series is the Upper Carboniferous Benxi Formation,

收稿日期: 2019-11-21; 修回日期: 2020-01-02

基金项目: 河南省国土资源厅“河南省渑源县曹窑以西煤下铝(五门沟-柴洼矿段)详查”(河南省2014年度地质勘查基金项目)(2014-04)

作者简介: 唐华东(1986-), 男, 工程师, 主要从事地质找矿及相关工作。E-mail: 635332687@qq.com

which is the Fe-Al mudstone combination in the Late Carboniferous. The bauxite structure of this area is mainly clastic, dense and pisolitic. The ore-forming environment is lagoon, bay, or their shore nearby. The sedimentary facies are lagoon or bay. Three medium or large-scale bauxite ore bodies are found in the area. The whole shape is layer-like, with the local being lenticular, monoclinic and not stable in thickness. The thickness of ore body is positively correlated with the thickness of ore-bearing rock series, Al_2O_3 content and A/S value. The ore bodies are characterized in vertical direction by coarse-to-fine grain sequence and rich-to-poor grade from bottom to top. The grade is not more directly related to the burial depth than the original sediment sources and sedimentary environment. The higher the degree of weathering and denudation of ore-forming provenance, the easier it is to form rich ore body. Negative topography such as karst cave, depression and karst bucket in basement affected the shape, occurrence and scale of bauxite. The occurrence elevation of the ore body influences the S content, in the later tectonic movement the elevation may raise. When it is above the local erosion datum, the bauxite ore body is in oxidation environment. Desulfurization occurs, and the S content is significantly reduced, which is conducive for the ore quality.

Keywords: Wumengou; bauxite; metallogenic regularities; ore controlling factors

河南省是铝土矿大省,但近年来,浅部的铝土矿勘查工作已基本结束,资源保障能力严重不足。破解资源“瓶颈”,寻找新的资源基地,保障河南省铝工业健康可持续发展是一项十分必要和迫切需要解决的课题。根据河南省铝土矿勘查现状,寻找新的资源基地一般来说只能有 2 个方向:一是向深部(500 m 以深),但现有开采技术条件下,开采成本较高,难以达到目的;二是煤矿矿业权证覆盖区,即煤矿下部铝土矿整装勘查(简称“煤下铝”)。河南省煤矿矿业权较多,面积较大,主采煤层为二₁煤,豫西地区二₁煤系地层下面一般蕴藏着铝土矿含铝岩系,离铝土矿层位的平均距离约 60 m,因此煤矿覆盖区是寻找铝土矿的理想靶区。

河南省陕州区五门沟铝土矿床是通过中国实施的首个煤矿下部铝土矿整装勘查项目——河南省渑池县曹窑以西煤下发现的中深部大型隐伏铝土矿床。笔者对其地质特征、矿床特征等进行详细研究,并对成矿规律和控矿因素进行了分析,为河南省煤矿下部及中深部隐伏铝土矿床的勘查找矿和研究工作提供借鉴和参考依据。

1 成矿地质特征

该矿床位于河南省西北部,大地构造位置处于中朝准地台华熊台缘拗陷之渑池-确山陷褶断束的

西北部,三门峡-鲁山断裂带西段北侧,是中国最著名的铝土矿带陕-渑-新铝土矿带的西矿带(即七里沟-焦地铝(黏)土矿带)的组成部分。西矿带发现有支建、崖底、焦地、水泉洼、柿树沟、杨庄等大中型铝土矿床,其中支建铝土矿区与该矿床相邻,且部分矿体为支建铝土矿区深部的自然延伸部分。

该区地层发育较齐全,自中元古界至新生界均有沉积,受中奥陶世末期地壳上升隆起后接受较强风化剥蚀的影响,地层缺失上奥陶统、志留系、泥盆系及下石炭统。区内构造主要表现为高角度正断层,根据地表出露及钻孔控制,该区主要断裂构造为鹿马断层,及其产生的次级断层 F_1 。断层对铝土矿体有破坏和分割作用。区内岩浆岩较发育,东北部地表可见燕山期花岗斑岩零星出露,在钻孔中较为常见,一般 1~2 层,厚度为 4.40~47.40 m,平均为 24.82 m。

本区铝土矿含矿岩系由上石炭统本溪组(C_2b)构成,以平行不整合形式覆盖在中奥陶统马家沟组古风化侵蚀面之上,为风化壳相沉积物,沉积厚度 0~23.90 m,平均厚度 8.08 m。含矿岩系自下而上可分为 3 个岩性段,分别为下段(C_2b^1)、中段(C_2b^2)、上段(C_2b^3),其中铝土矿主要位于中段(C_2b^2),赋存在本溪组的中、上部。矿体直接顶板多为铝土质泥岩,间接顶板多为含砂碳质泥岩或太原组煤层,局部偶见含砾石英砂岩;直接底板多为厚层状菱铁页岩

或山西式铁矿层,间接底板为奥陶系泥质灰岩、白云质灰岩等;矿体中偶见夹石。

2 矿床特征

2.1 矿体特征

受断层和沉积缺失的影响,区内共发现铝土矿体 3 个(图 1),圈定矿体总面积约 2.865 km²,长

830~2 400 m,宽 330~2 000 m,矿体规模为中-大型。单矿体平均厚度 2.06~4.25 m,平均厚度 3.80 m;单矿体平均品位 Al₂O₃: 49.59%~63.84%, SiO₂: 12.04%~18.39%, S: 0.498%~1.113%, A/S 值为 2.7~5.1。全区查明(333)以上工业铝土矿资源量超过 2 900 万 t,已达到大型铝土矿床规模,平均矿厚 4.05 m,平均品位 Al₂O₃: 63.49%, A/S 值为 4.8(唐华东等,2016)。

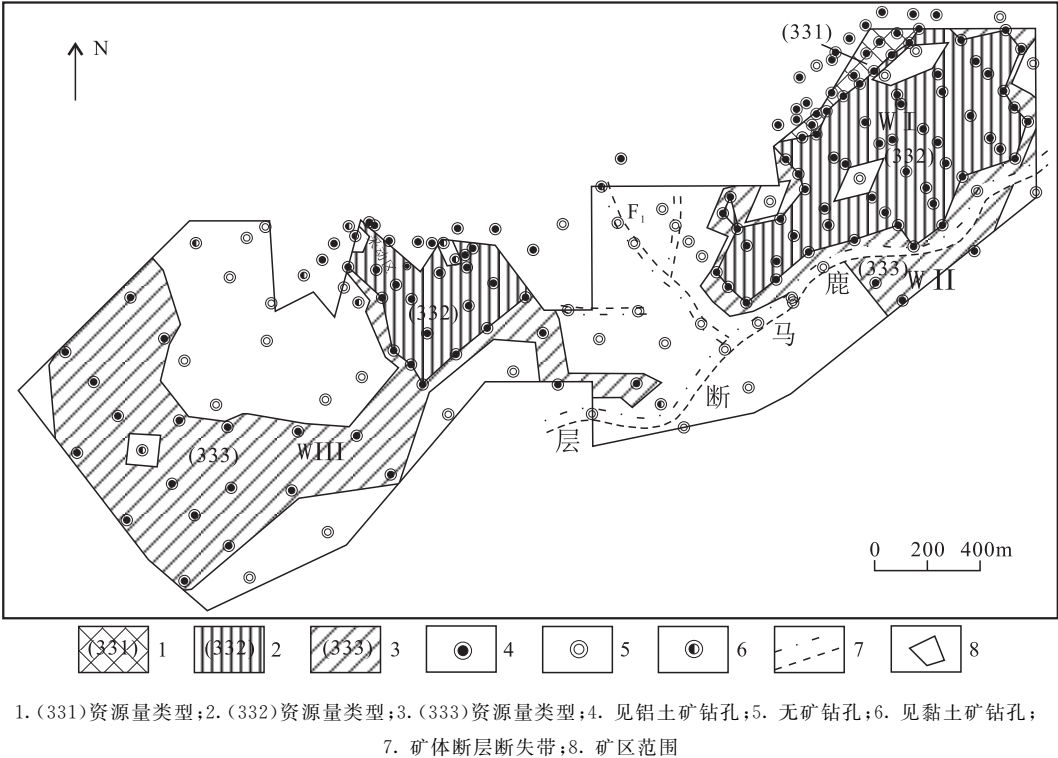


图 1 五门沟矿区铝土矿体分布示意图
Fig. 1 Distribution of bauxite orebody in Wumengou mining area

矿体呈单斜产出,倾向南东 140°,倾角一般为 10°~15°,与围岩地层产状大体一致,局部受沉积地形和断层的扰动,产状有所变化。铝土矿体空间形态呈似层状,局部透镜状(图 2)。

通过统计,单工程矿体厚度为 0.70~23.27 m,算术平均厚度为 4.05 m,单工程矿体厚度曲线呈单峰(图 3),厚度频率变动域较宽,多数矿体集中在 1~5 m,厚度变化系数为 91.9%,根据现行铝土矿勘查规范,属厚度不稳定型矿体。

按大于矿体算术平均厚度的三倍为大厚度工程计算,本区有大厚度工程 5 处,大厚度率 4.4%。

2.2 矿石特征

通过对铝土矿石的镜下鉴定和综合研究,矿石的矿物成分主要为一水硬铝石和高岭石,其次是水云母,另含有少量的铁质矿物(赤铁矿、黄铁矿、菱铁矿等),以及微量矿物金红石、锆石、石英等。主要含钛矿物是金红石。

矿石结构以碎屑状、豆鲕状和致密状为主,少量的蜂窝状(多孔状)。矿石一般具层状构造。

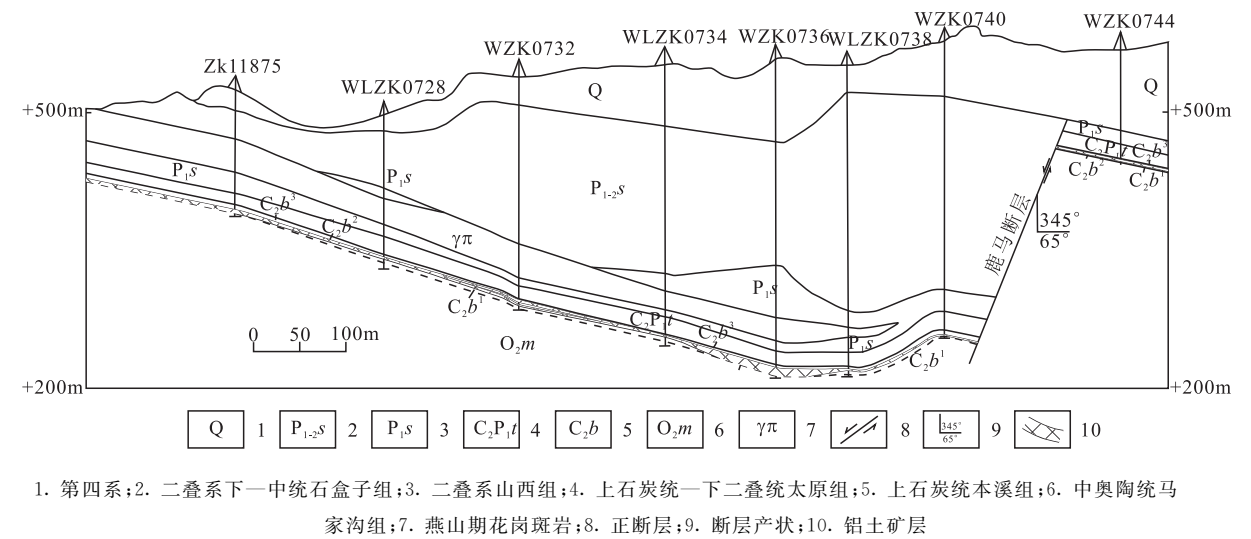


图 2 五门沟矿区横 07 勘探线剖面示意图

Fig. 2 Cross section of exploration line 07 in Wumengou mining area

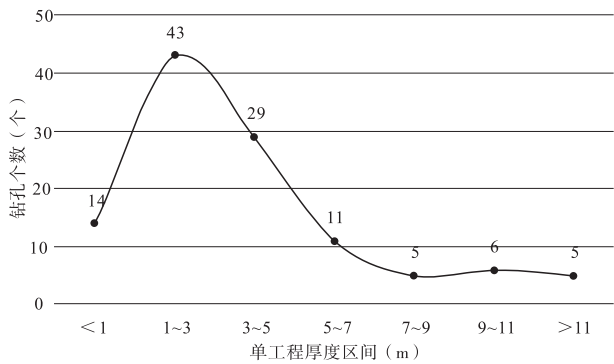


图 3 五门沟矿区单工程矿体厚度频数曲线图

Fig. 3 Thickness frequency curve of orebody in single engineering in Wumengou mining area

2.3 化学成分特征

2.3.1 主要化学成分特征

本区铝土矿的主要化学成分由 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、S 及 LOSS 等组成,其成分之和一般占总成分的 96% 以上,其中 S 是有害组分,对铝土矿质量影响较大。各成分特征见表 1。

2.3.2 有害、有益化学成分特征

铝土矿有害、有益化学成分为 K_2O 、C、CaO、 MgO 、 P_2O_5 、 Na_2O 、Li₂O、Ga、 V_2O_5 等 9 种,其总含量一般小于 4%,具体特征见表 2。

表 1 五门沟铝土矿床单样品主要化学成分特征表

Tab. 1 Characteristics of main chemical components of single sample of Wumengou bauxite deposit

主要化学成分	含量(10 ⁻²)			变化系数	分布均匀程度	主要赋存矿物
	最小值	最大值	算术平均值			
Al ₂ O ₃	40.57	79.32	63.56	0.16	均匀	一水硬铝石
SiO ₂	0.96	29.28	12.39	0.65	不均匀	高岭石、水云母
Fe ₂ O ₃	0.28	31.66	4.29	1.31	极不均匀	菱铁矿、赤铁矿
TiO ₂	1.59	5.90	2.88	0.18	均匀	金红石
S	0.01	10.12	0.87	1.40	极不均匀	黄铁矿
LOSS	6.33	24.51	14.59	0.13	均匀	碳质、方解石、菱铁矿及水
A/S(Al ₂ O ₃ /SiO ₂)	1.80	77.80	11.39	1.12	极不均匀	

表 2 五门沟铝土矿床单样品有害、有益元素化学成分特征表

Tab. 2 Characteristics of harmful and beneficial elements of single sample of Wumengou bauxite deposit

有害有益化学成分	含 量(10^{-2})			变化系数	分布均匀程度
	最小值	最大值	平均值		
K ₂ O	0.280 0	2.000 0	1.045 9	0.46	不均匀
Na ₂ O	0.005 0	0.062 0	0.020 3	0.78	不均匀
CaO	0.160 0	4.590 0	0.522 1	1.29	极不均匀
Li ₂ O	0.009 0	0.250 0	0.073 6	0.69	不均匀
MgO	0.140 0	0.830 0	0.315 6	0.47	不均匀
P ₂ O ₅	0.026 0	0.331 0	0.163 2	0.36	不均匀
Ga	0.005 1	0.010 9	0.007 7	0.17	均匀
CO ₂	0.355 7	23.686 7	3.131 7	1.06	极不均匀
V ₂ O ₅	<0.005	0.045	0.024	0.51	不均匀

2.3.3 稀土元素成分特征

稀土元素分析采用 X-series II 等离子体质谱仪和 ZSX Primus II X-射线荧光光谱仪完成。各伴生稀土元素分布一般均匀,其成分特征见表 3。

经统计,五门沟矿区单工程稀土元素总量

(ΣREE)为 $246.09\times10^{-6}\sim2\,071.66\times10^{-6}$,平均含量为 814.81×10^{-6} ,品位变化系数为 0.43,分布均匀;轻稀土总量(ΣLREE)为 $142.88\times10^{-6}\sim1\,833.24\times10^{-6}$,平均含量为 685.68×10^{-6} ,品位变化系数为 0.46,分布均匀;重稀土总量(ΣHREE)为

表 3 五门沟铝土矿床单工程伴生稀土元素化学成分特征表

Tab. 3 Chemical composition characteristics of associated rare earth elements of single engineering of Wumengou bauxite deposit

稀土元素	含 量(10^{-6})			变化系数	分布均匀程度
	最小值	最大值	平均值		
La	42.64	518.90	160.30	0.55	均匀
Ce	67.16	726.40	330.18	0.39	均匀
Pr	7.17	136.50	38.86	0.57	均匀
Nd	21.85	436.20	130.88	0.58	均匀
Sm	3.41	78.77	21.49	0.62	较均匀
Eu	0.65	14.15	3.97	0.61	较均匀
Gd	4.22	77.22	22.01	0.60	较均匀
Tb	0.80	11.45	2.97	0.59	均匀
Dy	5.63	48.60	14.51	0.46	均匀
Ho	1.20	9.52	2.84	0.47	均匀
Er	3.80	25.76	8.58	0.44	均匀
Tm	0.63	3.43	1.23	0.39	均匀
Yb	4.15	20.61	7.93	0.36	均匀
Lu	0.64	3.50	1.22	0.40	均匀
Y	36.45	155.20	67.86	0.30	均匀

$79.63 \times 10^{-6} \sim 355.29 \times 10^{-6}$, 平均含量为 129.13×10^{-6} , 品位变化系数为 0.36, 分布均匀。

根据《稀土矿产地质勘查规范(DZ/T 0204—2002)》, 离子吸附型矿稀土氧化物含量 REO 边界品位为: 轻稀土含量为 0.05%, 重稀土含量为 0.03%。该区单工程重稀土氧化物平均含量未达到

边界品位, 但轻稀土氧化物平均含量超过了边界品位, 为 0.05%, 达到了伴生综合利用的指标。

2.4 矿体的厚度、品位与含矿岩系厚度的关系

通过对区内具有代表性的 65 个见铝土矿钻孔的数据进行地质统计学分析(表 4), 得出如下认识。

表 4 单工程铝土矿体厚度、品位和含矿岩系厚度相关系数矩阵表

Tab. 4 Matrix of correlation coefficient of thickness, grade and thickness of ore bearing rock series of bauxite ore body in single engineering

项目	矿厚	矿系厚	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	S	Loss	A/S
矿厚	1.00	0.55	0.48	−0.42	−0.14	0.40	−0.23	0.02	0.27
矿系厚		1.00	0.31	−0.07	−0.37	0.16	−0.12	−0.12	−0.06
Al ₂ O ₃			1.00	−0.71	−0.39	0.77	−0.24	−0.04	0.65
SiO ₂				1.00	−0.28	−0.62	0.01	−0.45	−0.78
Fe ₂ O ₃					1.00	−0.24	0.13	0.39	0.11
TiO ₂						1.00	−0.19	−0.01	0.44
S							1.00	0.21	−0.12
Loss								1.00	0.32
A/S									1.00

(1)矿层厚度:是矿体规模的重要参数,与含矿岩系厚度、Al₂O₃、A/S 值均呈较明显正相关,相关系数分别为 0.55、0.48、0.27,但相关性均不强;与 SiO₂呈负相关,相关系数为−0.42。

(2)Al₂O₃ 含量:是矿石质量最重要的参数之一,与含矿岩系厚度呈明显正相关,但与 A/S 值呈较强的正相关性,相关系数为 0.65;与 SiO₂呈强负相关,相关系数为−0.71;与 Fe₂O₃、S 呈明显负相关性,相关系数分别为−0.39、−0.24。另外,Al₂O₃与 TiO₂有强正相关性,相关系数为 0.77,TiO₂主要来源为金红石。国内外学者研究认为金红石是岩溶型铝土矿中重要的副矿物(李葵,2012)。金红石成分较稳定,抗风化能力强,其在搬运、沉积、成矿过程中,以及不同程度的各种变质过程中均能够保持良好的物理和化学稳定性,这从侧面反映了风化剥蚀程度越高越有利于铝土矿富矿的形成。

(3)SiO₂含量:与矿体厚度呈明显负相关,但与含矿岩系厚度相关性不明显,与 TiO₂有较强的负相关,相关系数为−0.62,这也说明了风化剥蚀程度越

高, SiO₂ 含量越低, 越容易形成较富的铝土矿体。

2.5 矿体品位与埋深的关系

据前人研究,普遍认为埋深较浅的铝土矿矿石品位较深部高,主要原因是表生风化作用对浅部矿体的有改造作用,表现为脱硅和脱硫,所以铝质相对富集,A/S 值增大,形成品位较富的优质铝土矿石(温同想,1987;王绍龙,1993;吴国炎等,1996;陈全树,2002;贺淑琴,2007;付治国等,2009)。

但对本区所有 114 个见矿钻孔的数据统计和分析中,该区 500 m 以浅矿体并未发现这一规律,无论是硅还是硫与矿体的埋深都没有明显的相关性,也没有发现浅部铝质相对富集的现象(图 4),深部仍可形成品位较富的铝土矿体。例如,ZK7451,埋深 228.29 m,矿层厚度为 3.91 m,Al₂O₃ 含量为 77.72%,A/S 值为 36.8,S 含量仅 0.029%;WLZK1136,埋深 301.03,矿层厚度为 4.55 m,Al₂O₃ 含量为 76.36%,A/S 值为 27.8,S 含量为 0.489%。因此,该区铝土矿体品位与埋深并无直接关系。

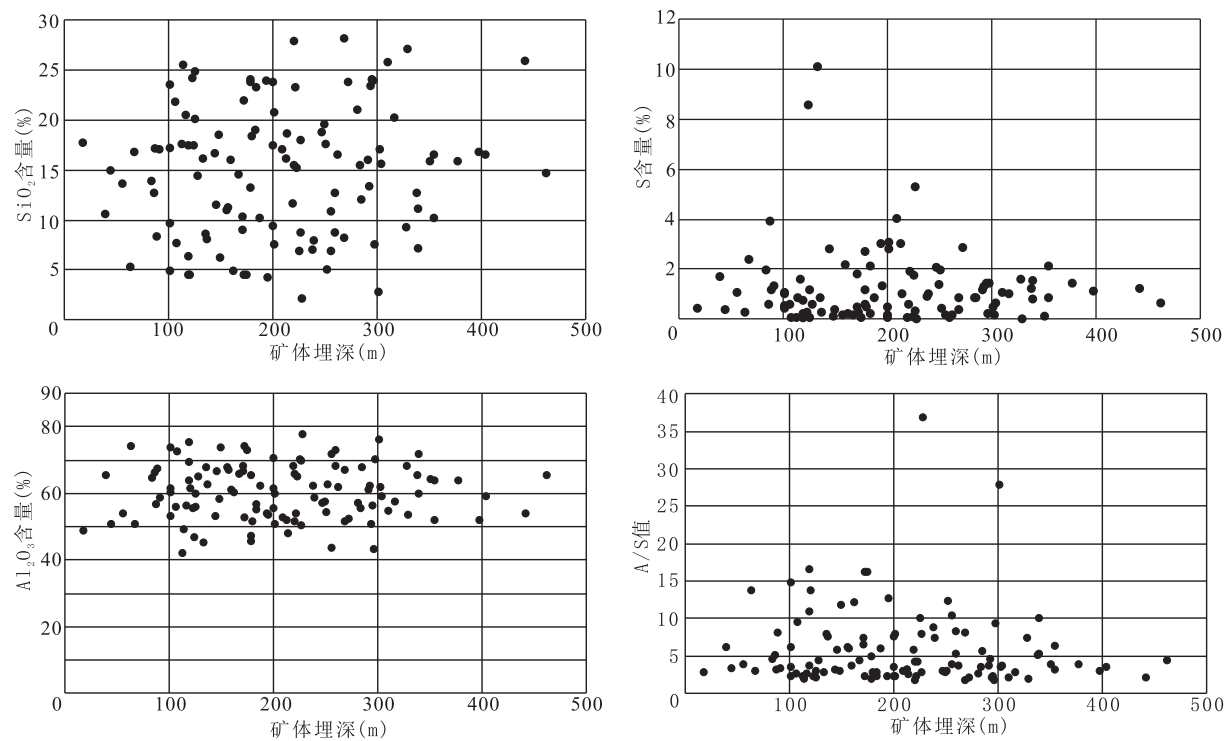


图 4 单工程矿体 SiO₂、S、Al₂O₃ 含量及 A/S 值与埋深关系散点图

Fig. 4 Scatter diagram of relationship between SiO₂ , S, Al₂O₃ content, A/S value and buried depth of orebody in single engineering

3 矿床成矿规律及特征

3.1 矿床类型

通过对奥陶系(或寒武系)碳酸盐岩顶部的沉积间断面的古地貌特征、古风化壳发育特征的分析研究和上石炭统本溪组含矿岩系的沉积序列、空间分布、岩相变化、化石遗存、成矿规律的解读,认为本区铝土矿和河南其他地区的铝土矿一样,为产于碳酸盐岩古风化侵蚀面上的沉积型铝土矿,也可称为岩溶型铝土矿。

3.2 成矿时代

本区位于豫西陕县-渑池-新安铝土矿矿带之西矿带,含矿岩系严格受上石炭统本溪组控制(翟东兴等,2002)。根据《河南岩石地层》(席文详,1997),豫西地区本溪组均属上石炭统(赵锡岩等,2002),成矿时代应为晚石炭世。

3.3 沉积序列

(1)沉积基底:含矿岩系沉积基底为奥陶系马家沟组石灰岩、泥灰岩或白云质灰岩受喀斯特作用形

成的碳酸盐岩古风化壳,岩相特征属泻湖或海湾相。含矿岩系底部严格受古风化壳喀斯特地貌形状的控制,呈层状、似层状、扁豆状、透镜状等。

(2)含矿岩系:含矿岩系中下部和底部以铁质黏土岩为主,含铁质较高,局部可形成菱铁矿(深灰色,鲕状)或赤铁矿(红褐色,泥状或团块状),为还原环境下的海水沉积;中部为铝土矿或黏土矿,二者呈渐变相,无明显界限,有时中部有夹层,将矿体分成2层或多层;上部以黏土页岩为主,有时可相变为碳质页岩或薄煤层。含矿岩系厚度0~23.90 m,平均厚度为8.08 m,厚度较薄,说明成矿期地壳无起伏或微弱起伏。垂向上含矿岩系表现出自下而上物质成分的规律性递变,从下往上铁质逐渐减少,铝质逐渐增加,至含矿系中上部相变为铝土矿,再往上过渡为铝硅质、碳硅质的海陆交互相沉积。

3.4 矿体垂向结构特征

一般来说,铝土矿层可以致密状、碎屑状、豆鲕状单独产出,但一般品位不高,也可以多种矿石类型分层产出。当分层产出时,上部多以致密状矿石为主,中下部以碎屑状、豆鲕状为主,局部也可出现蜂窝状和砂状矿石,垂向上有下粗上细的粒序特征和

下富上贫品位特征。

3.5 岩相特征

铝土矿含矿系主要是由含铁、高硅、富铝的黏土

岩组成的,根据其岩性组合、沉积构造和微量元素特征将豫西铝土矿含矿岩系分为 3 大相组、4 个相和 10 个微相(表 5)。

表 5 豫西含矿岩系岩相分类表(吴国炎,1996)
Tab. 5 Lithofacies classification of ore bearing rock series in western Henan (WU Guoyan, 1996)

相组	相	亚相	相序	微相
大陆相组	残余风化壳相	沼泽亚相	(1)	碳酸盐岩溶风化壳微相
			(2)	黏土岩风化壳微相
	湖沼相		(3)	黏土滞水湖沼微相
			(4)	含煤泥炭沼泽微相
过渡相组	海岸相	泻湖或海湾	(5)	含石膏紫色泥岩微相
			(6)	碎屑状铝土矿滨岸微相
			(7)	豆鲕状铝土矿浅-深水微相
			(8)	黏土泥岩深水微相
海相组	滨海相	潮坪	(9)	含铁黏土泥坪微相
			(10)	含铁砂岩海滩微相

本区铝土矿石绝大部分为碎屑状、致密状和豆鲕状矿石。碎屑状矿石颜色以灰白-深灰色为主,矿物成分简单,以硬水铝石为主,次为高岭石、水云母及少量黄铁矿、锐钛矿、锆石等矿物。在粒度上表现出无分选性,是碎屑在重力流的作用下经过短距离搬运的特征。说明该区铝土矿的沉积环境为泻湖或海湾的近岸环境,由于地表迳流和季节性洪水、泥石流携带邻近高地上的铝土矿物质在滨岸的洼地中快速沉积所成,为泻湖或海湾相。

致密状矿石沉积物中粒度较细,可达到黏土级,说明搬运较远;豆鲕状矿石鲕粒具同心层构造,反映为水动力较弱的环境,物质成分仍以硬水铝石为主,其次为鳞片状高岭石、水云母,并有弱还原-还原菱铁矿、黄铁矿,说明沉积环境的特点为水体相对较深、水动力较弱的静水滞流环境,成矿环境为封闭的泻湖或半局限的海湾,仍为泻湖或海湾相。

4 铝土矿控矿因素分析

4.1 铝土矿的成矿物质来源

河南省铝土矿的物质来源问题分歧较大,争议的焦点问题一般围绕“古陆说”、“基底说”和“多源说”3 种理论(焦赞超等,2014;王行军等,2017;王行军等,2018)。关于铝土矿的物质来源问题不能千篇

一律,要具体问题具体分析。笔者不评判几种假说的正误,但无论是哪种假说形成的结果,风化剥蚀程度越高,风化残余物中 Al₂O₃ 含量越高,后期形成的铝土矿品位就高,反之则低。

4.2 铝土矿的成矿环境

该区铝土矿赋存在碳酸盐岩古风化侵蚀形成的喀斯特地貌之上,基底溶洞、洼地、溶斗等负地形控制铝土矿的矿体形态、产状、规模。古地形对铝土矿品位高低也会有一定影响,受“填平补齐”作用的影响(陈全树,2009),水下低洼处会沉积更多的含矿物质,往往形成厚大的矿体,品位较高;而水下高地则沉积的含矿物质较少,形成的矿体较薄或只是黏土岩。一般说来,铝土矿厚度、品位与古地形洼地形态和含矿系厚度明显相关,大厚度含矿岩系基本上均产于岩溶洼斗内,含矿岩系厚度大的地段往往伴随着品位高、厚度大的铝土矿体。地势较高、较平坦的地段沉积含矿岩系一般较小,形成的铝土矿体厚度薄、品位低,当含矿岩系厚度小于 5 m 时,一般难于形成有价值的工业铝土矿。

4.3 铝土矿相对赋存标高

一般来说,区内铝土矿层的赋存标高越低,S 含量有增加的趋势,标高越高,S 含量就相对较低,标高在 390 m 左右以上时,脱硫作用较强,S 含量一般较低(图 5),其原因应与当地的最低侵蚀基准面有

关。根据原勘察报告,当地最低侵蚀基准面为392.0 m,这与脱硫作用的标高界限390 m几乎完全吻合。铝土矿层位于最低侵蚀基准面以上时,处于氧化环境,脱硫作用发生,反之,铝土矿层位于最低侵蚀基准面以下时,处于还原环境,黄铁矿等次生矿物形成,S含量升高,铝土矿质量也相应变差。

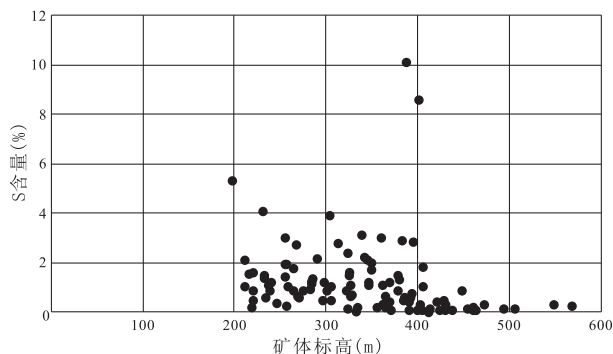


图5 单工程矿体S元素含量与赋存标高关系散点图

Fig. 5 Scatter diagram of relationship between selement content and occurrence elevation of single engineering ore body

4.4 后期构造运动的控矿作用

在正常的沉积层序中,铝土矿层原始沉积状态是近水平的。河南省本溪组铝土矿的盖层厚度至三叠系已超过1 000 m,如果不是漫长地史时期的构造、剥蚀作用,是难以目睹铝土矿真面目的。后期构造运动引起的断裂、切割、褶皱可使铝土矿体抬升,直接出露于地表,以便于发现和研究。矿体抬升后,标高相对升高至侵蚀基准面以上时,大自然对铝土矿层的脱硫、淋滤等次生作用才会增强,否则,铝土矿层永远处于原始状态,其质量好坏、品位高低就取决于原始沉积物源。

5 结论

(1)五门沟铝土矿床赋存于中奥陶统马家沟组古风化侵蚀形成的喀斯特地貌之上,铝土矿矿床类型属岩溶型铝土矿,成矿时代为晚石炭世。

(2)铝土矿的沉积环境为泻湖或海湾的近岸环境或封闭的泻湖或半局限的海湾,矿床沉积相为泻湖或海湾相。

(3)该区矿体厚度变化较大,与含矿岩系厚度、 Al_2O_3 、A/S值均呈较明显的正相关,即含矿岩系厚

度越大,矿体厚度越大,矿体品位越高。 Al_2O_3 与 TiO_2 有强正相关性,说明风化剥蚀程度高的物源有利于高品位铝土矿的形成。

(4)铝土矿体品位与埋深并无明显的相关性,矿体的品位更多依赖于原生的沉积物源和沉积环境。

(5)铝土矿矿石品位变化受成矿物质来源、成矿(沉积)环境、相对赋存标高和后期构造运动等因素控制。

参考文献(References):

- 陈全树,何文平,周迪. 河南省洛阳-三门峡铝土矿地质特征及其勘查开发前景[J]. 地质找矿论丛,2002,17(4):252-270.
- CHEN Quanshu, HE Wenping, ZHOU Di. Geological Characteristics and the Exploration and Development Prospect of Al Ore in Luoyang-Sanmenxia Area, Henan Province[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2002,17(4):252-270.
- 陈全树. 河南陕县柿树沟铝土矿床控矿地质特征[J]. 西北地质,2009,45(2):73-80.
- CHEN Quanshu. Geological Characteristics of Shishugou bauxite Deposit, Henan Province [J]. Northwestern Geology,2009,45(2):73-80.
- 付治国,王军强,张沛壶. 河南嵩箕地区铝土矿的次生富集规律[J]. 地质找矿论丛,2009,24(1):28-33.
- FU Zhiguo, WANG Junqiang, ZHANG Peihu. Secondary Enrichment Pattern of Bauxite Ore in Songqi Area, Henan Province [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2009,24(1):28-33.
- 贺淑琴,郭建卫,胡云沪. 河南省三门峡地区铝土矿矿床地质特征及找矿方向[J]. 矿产与地质,2007,21(02):181-185.
- HE Shuqin, GUO Jianwei, HU Yunhu. Geological Characteristics of The Bauxite Deposit in Sanmenxia of Henan and Ore Prospecting Direction[J]. Mineral Resources and Geology, 2007,21(02):181-185.
- 焦赞超,梁会娟,刘传权,等. 河南新安县郁山铝土矿床地质特征、成矿规律及成矿物质来源[J]. 西北地质,2014,47(1):221-233.
- JIAO Zanchao, LIANG Huijuan, LIU Chuanquan, et al. Geological Characteristics, Metallogenic Regularity, Sources of Ore-Forming Material of the Bauxite District, Yushan, Xin'an, Henan Province [J]. Northwestern Geology,2014,47(1):221-233.

- 李葵. 豫西石炭系本溪组铝土矿成矿物质来源研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2017.
- LI Yan. Ore-forming Material Source Studies of the Carboniferous Benxi Formation Bauxite Deposit in Western Henan[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing),2017.
- 唐华东,黄志强,赵锡岩,等. 河南省淅川县曹窑以西煤下铝(五门沟矿段)详查报告[R]. 河南省有色金属地质矿产局第六地质大队,2016.
- TANG Huadong, HUANG Zhiqiang, ZHAO Xiyan, et al. Detailed investigation report of bauxite under coal(Wu-menggou ore section) to the west of Caoyao, Mianchi County[R]. Henan Province,2016.
- 王行军,王梓桐,王根厚,等. 滇西北鹤庆县松桂铝土矿床地球化学特征及成矿环境分析[J]. 西北地质,2017,50(3): 205-220.
- WANG Xingjun, WANG Zitong, WANG Genhou, et al. Geochemical haracteristics and Ore-forming Environment of the Songgui bauxite Deposit in Heqing County, Northwest Yunnan Province[J]. Northwestern Geology,2017,50(3): 205-220.
- 王行军,王梓桐,王根厚,等. 滇东南广南县砂子塘铝土矿床地球化学特征研究[J]. 西北地质,2018,51(4): 166-183.
- WANG Xingjun, WANG Zitong, WANG Genhou, et al. Geochemical haracteristies of the Shazitang Bauxite Deposit in Guangnan County. Southeast Yunnan[J]. Northwestern Geology,2018,51(4): 166-183.
- 王绍龙. 河南铝土矿的表生富集[J]. 河南地质,1993,11(1):23-27.
- WANG Shaolong. Supergene Enrichment of Bauxite in Henan Province[J]. Henan Geology, 1993,11(1): 23-27.
- 温同想. 表生富集在我国上古生界铝土矿富矿体形成中的意义[J]. 河南地质,1987,5(1):7-10.
- WEN Tongxiang. Significance of Supergene Enrichment in The Formation of Rich Ore Bodies of Upper Paleozoic Bauxite in China[J]. Henan Geology, 1987,5(1):7-10.
- 吴国炎,姚公一,吕夏,等. 河南铝土矿床[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- WU Guoyan, YAO Gongyi, LÜ Xia, et al. Bauxite Deposits in Henan Province[M]. Beijing:Metallurgical Industry Press, 1996.
- 席文祥,裴放. 河南省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.
- XI Wenxiang, PEI Fang. Lithostratigraphy of Henan Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997.
- 翟东兴,刘国明,陈德杰,等. 河南省陕一新铝土矿带矿床地质特征及其成矿规律[J]. 地质与勘探. 2002,4(38): 41-44.
- ZHAI Dongxing, LIU Guoming, CHEN Dejie, et al. Geological Characteristics and Metallogenic regularity of the Shan-Xin Bauxite belt in Henan Province[J]. Geology and Exploration, 2002,4(38):41-44.
- 赵锡岩,翟东兴,张巧梅,等. 豫西铝土矿成矿时代初探[J]. 地质与勘探,2002,16(2):95-97.
- ZHAO Xiyan, ZHAI Dongxing, ZHANG Qiaomei, et al. On the Metallogenic Age of Bauxite in Western Henan [J]. Geology and Exploration, 2002,16(2):95-97.