



河南伊川石佛寺铝土矿地质特征及控矿因素

吴 煜^{1,2,3}, 夏 炎^{1,2,3}, 王振强^{1,2,3}, 豆靖涛⁴, 薛志强^{1,2,3}, 李新萍^{1,2,3}

1. 河南省地质矿产勘查开发局 第一地质矿产调查院, 河南 洛阳 471000;
2. 河南省金银多金属成矿系列与深部预测重点实验室, 河南 洛阳 471000;
3. 自然资源部贵金属分析与勘查技术重点实验室, 河南 洛阳 471000;
4. 河南省自然资源监测院, 河南 郑州 450000

摘 要: 河南伊川石佛寺铝土矿是近年在豫西地区龙门-巩义铝土矿成矿带新发现的中型铝土矿床之一。矿床含矿岩系为上石炭统本溪组中下部, 铝土矿呈层状产于寒武系崮山组碳酸盐岩古风化剥蚀面, 与上覆太原组整合接触。矿床赋存的本溪组从下而上分别由含铁黏土岩和铝土矿层组成。铝土矿体直接顶板为一₁煤, 厚约 0.80~1.60 m; 直接底板为高铁铝质黏土岩, 厚 1.40~3.50 m。矿石自然类型主要为豆鲕状铝土矿和碎屑状铝土矿及其混合类型。铝土矿物主要为一水硬铝石, 并普遍含镓元素, 可综合回收利用。矿床的形成主要受地层、古构造、岩相古地理、古气候及风化作用等因素控制, 成因类型为古风化壳沉积型。

关键词: 控矿因素; 矿床成因; 铝土矿; 上石炭统; 河南省

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ORE-CONTROLLING FACTORS OF SHIFOSI BAUXITE DEPOSIT IN YICHUAN COUNTY, HENAN PROVINCE

WU Yu^{1,2,3}, XIA Yan^{1,2,3}, WANG Zhen-qiang^{1,2,3}, DOU Jing-tao⁴, XUE Zhi-qiang^{1,2,3}, LI Xin-ping^{1,2,3}

1. No. 1 Institute of Geological and Mineral Survey, Henan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Luoyang 471000, Henan Province, China;
2. Key Laboratory of Au-Ag Polymetallic Deposit Series and Deep-seated Metallogenic Prognosis of Henan Province, Luoyang 471000, Henan Province, China;
3. Key Laboratory of Precious Metals Analysis and Exploration Technology, MNR, Luoyang 471000, Henan Province, China;
4. Henan Natural Resources Monitoring Institute, Zhengzhou 450000, China

Abstract: The Shifosi bauxite deposit in Yichuan is one of the medium-sized bauxite deposits newly discovered in Longmen-Gongyi bauxite metallogenic belt in western Henan Province, with the ore-bearing rock series in the middle and lower part of Upper Carboniferous Benxi Formation. The bauxite deposit is occurred on the ancient weathered denudation surface of carbonate rocks of Cambrian Gushan Formation, which is in conformable contact with the overlying Taiyuan Formation. The Benxi Formation is composed of iron-bearing clays and bauxite layers from bottom to top. The immediate roof of bauxite orebody is I₁ coal seam with a thickness of 0.80–1.60 m, and the immediate floor is high ferrallitic clay rock of 1.40–3.50 m thick. The natural types of ores are mainly oolitic, clastic bauxites and their mixtures, with the main bauxite mineral of diasporite, generally containing gallium, which is recyclable. The mineralization is mainly controlled by strata, paleostructure, lithofacies paleogeography, paleoclimate and weathering, genetically belonging to paleo-weathering crust sedimentary type.

Key words: ore-controlling factor; deposit genesis; bauxite; Upper Carboniferous; Henan Province

收稿日期:2021-01-18;修回日期:2021-02-23. 编辑:张哲.

基金项目:2017 年度河南省财政地质勘查基金项目“河南省伊川县魏瑶-石佛寺铝(黏)土矿预查”(豫国土资发[2017]22 号-5).

作者简介:吴煜,(1986—)男,硕士,工程师,从事区域地质调查及矿产勘查工作,通信地址 河南省洛阳市洛龙区开元大道地矿大厦,E-mail//77301329@qq.com

通信作者:夏炎(1990—),男,工程师,从事矿产勘查工作,通信地址 河南省洛阳市洛龙区开元大道地矿大厦,E-mail//77301329@qq.com

0 引言

铝土矿是河南省的优势矿产之一,居全国第二位,主要分布在豫西及豫西北,在黄河以南的三门峡-郑州-平顶山之间的三角地带之内。区内已探明的大、中型铝土矿床繁多,主要分布在以下 6 个成矿带:三门峡-新安成矿带、龙门-巩义成矿带、登封-新密成矿带、鳌头-楚岭成矿带、汝州-禹州成矿带、宜阳-宝丰成矿带。前人对豫西地区铝土矿床的地质特征、含铝岩系、矿物组成、物质来源、控矿因素、矿床类型、成矿时代、矿床成因及成矿富集规律等方面进行了详细的地质调查研究^[1-16],获得了丰硕的成果。本文研究的河南伊川石佛寺铝土矿处于龙门-巩义成矿带上,位于

河南省洛阳市伊川县吕店乡(图 1),地理坐标为东经 112°33'23"—112°36'07",北纬 34°26'10"—34°28'56",为近年来在豫西地区新发现的中型铝土矿床,前人尚未对其进行深入研究。本研究在总结以往地质资料基础上,分别从地层、构造、含铝岩系、矿体特征、矿石结构构造等方面分析伊川石佛寺铝土矿的地质特征、控矿因素及矿床成因,为今后矿床的开采利用及该区铝土矿找矿突破提供依据,亦为进一步研究豫西铝土矿床提供参考。

1 区域地质背景

矿区大地构造位置处于华北陆块南缘,浍池-确山陷褶断束与嵩箕台隆的接合部位,位于区域性近东

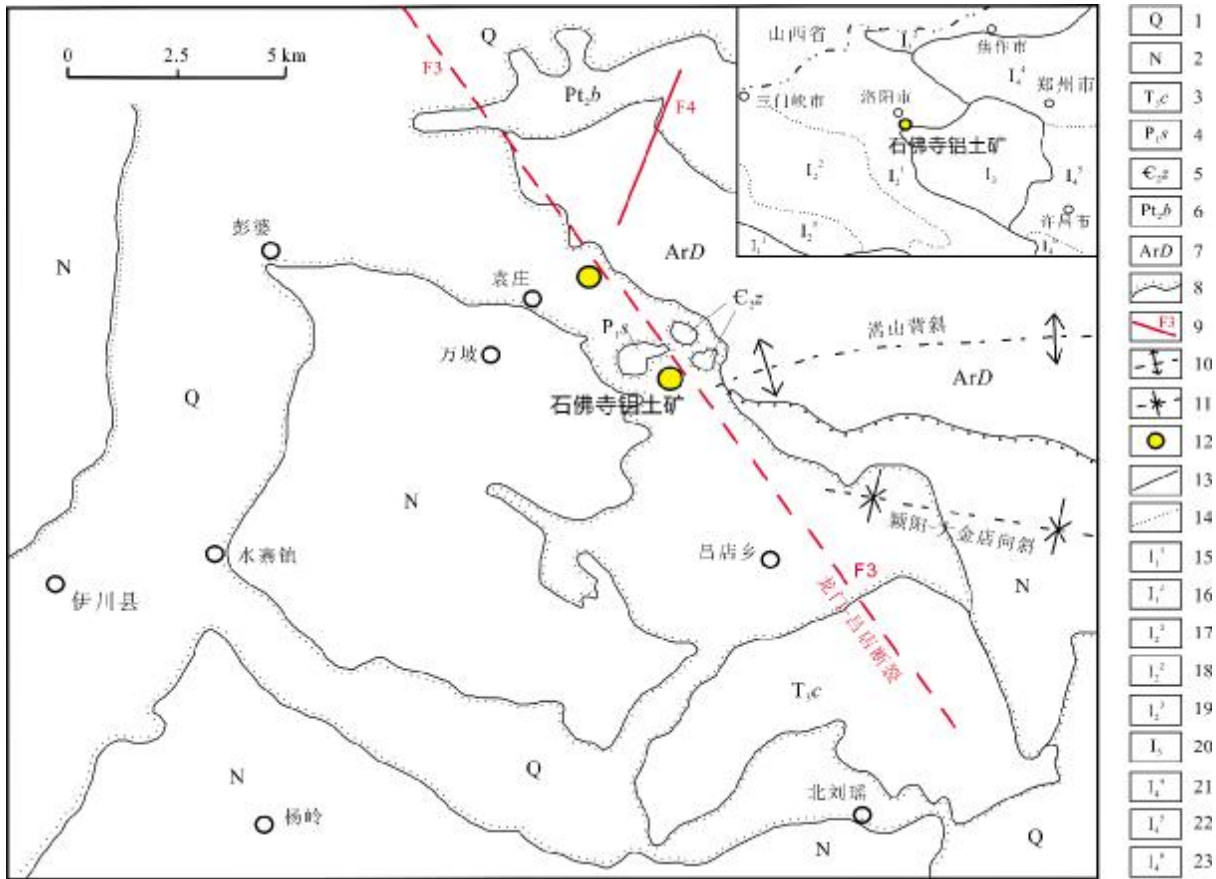


图 1 河南伊川石佛寺铝土矿区域地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch map of Shifosi bauxite deposit in Yichuan County, Henan Province

1—第四系 (Quaternary); 2—新近系 (Neogene); 3—三叠系上统椿树腰组 (Upper Triassic Chunshuyao fm.); 4—二叠系下统下石河子组 (Lower Permian Lower Shihezi fm.); 5—寒武系中统张夏组 (Middle Cambrian Zhangxia fm.); 6—蓟县系兵马沟组 (Jixianian Bingmagou fm.); 7—太古宇登封群 (Archean Dengfeng gr.); 8—不整合界线 (unconformity boundary); 9—断层 (fault); 10—推断背斜 (inferred anticline); 11—推断向斜 (inferred syncline); 12—铝土矿位置 (location of bauxite deposit); 13—二级构造单元界线 (boundary of second-order tectonic unit); 14—三级构造单元界线 (boundary of third-order tectonic unit); 15—太行山拱断束 (Taihangshan arch-fault cluster); 16—铁山河拱断束 (Tieshanhe arch-fault cluster); 17—浍池-确山陷褶断束 (Mianchi-Queshan depression-fold-fault cluster); 18—崤山-鲁山拱褶断束 (Xiaoshan-Lushan arch-fold-fault cluster); 19—卢氏-栾川陷褶断束 (Lushi-Luanchuan depression-fold-fault cluster); 20—嵩箕台隆 (Songji platform uplift); 21—开封凹陷 (Kaifeng depression); 22—通许凸起 (Tongxu salient); 23—周口凹陷 (Zhoukou depression)

西向的嵩山背斜和颍阳-大金店向斜的西端,主要在北西向的龙门-吕店断裂以西(图 1)。区域地层由基底和盖层两部分组成,具典型的双层结构,基底部分由太古宇登封群中深变质岩组成,盖层自下而上依次为中元古界蓟县系、新元古界震旦系、古生界寒武系、中生界三叠系、新生界^[17]。区域上岩浆活动不强烈,区域断裂构造较发育,以北西向、北东向断裂为主,但多被新生界松散层掩盖,特征不甚明显。矿区位于河南省嵩箕铝土矿成矿区龙门-巩义铝土矿成矿带的西端,为河南省铝土矿的集中分布区。区域上已经发现的矿产以铝土矿、耐火黏土、煤矿为主。

2 矿区地质

新生界广泛分布于矿区南部及西北部,太古宇登封群(ArD)、寒武系张夏组(Є_z)及二叠系下统下石盒子组(P_{1s})仅在东部边缘出露(图 2)。结合施工钻孔岩心编录成果,矿区地层特征如表 1 所示。矿区位于伊川盆地东北部边缘,受颍阳-大金店向斜控制,在向斜轴部的北翼,褶皱构造简单,主要断裂构造为区域性的龙门-吕店大断裂(F3)。矿区未见岩浆岩出露。

本区含铝岩系为上石炭统本溪组,是一套含铁铝质建造,由铝土矿和含铁黏土岩、山西式铁矿组成。岩层产状(225~235°)∠(17~25°),与下伏寒武系上统崑山组呈平行不整合接触,与上覆太原组整合接触,钻孔中本溪组厚度 6.5~19 m,平均厚度 13.7 m,自下而上

可分为 2 段。

下段(C_{2b}¹):为含铁黏土岩,灰色—灰黑色,豆鲕状结构,块状或条纹状构造。矿物成分主要为黏土类矿物,含少量碎屑。上部以灰色为主,下部以黑色为主,含有大量黑色炭泥质条带和条纹。菱铁矿呈球粒状,粒度在 0.2~2 mm 之间,氧化后呈棕黄色,含量 5%~25%。少量黄铁矿呈星散状或集合体状。含铁黏土岩断口表面光滑,有滑腻感,底部菱铁矿和黄铁矿俗称山西式铁矿,厚度 3.2~11.5 m。

上段(C_{2b}¹):为铝土矿矿层,主要由铝土矿组成,局部夹少量黏土矿、黏土质页岩。铝土矿呈灰色,豆鲕状、碎屑状结构,块状构造。主要矿物为一水软铝石和一水硬铝石,其次为三水铝石、高岭石、水云母等,厚度 2.3~7.5 m,平均厚度 4.9 m,呈层状、似层状产出。

下伏地层崑山组(Є_g):岩性为白云岩,呈灰白色,微晶结构,块状构造。主要成分白云石,含量 90%~95%,另含少量方解石。其顶部有一套 0~3.5 m 厚的古风化壳,凹凸不平,对铝土矿的形态起着关键的控制作用。

上覆地层太原组(C_{2t}):为一套海陆交互相含煤建造,下部为灰泥灰岩、灰黑色炭质泥岩、煤层,该段底部一₁煤段为主要煤层,不稳定;中部为泥岩、砂质泥岩夹薄层粉砂岩,含团块状菱铁矿;上部为含燧石团块生物碎屑灰岩夹灰色砂岩。太原组在本区厚度 10.6~22 m,生物碎屑灰岩为该组的标志型层位,与下伏本溪组整合接触。

表 1 石佛寺铝土矿区地层简表
Table 1 Stratigraphy of Shifosi bauxite orefield

地层时代		地方性地层名称	地层代号	厚度/m	岩性	
新生界	第四系	全新统	Qh	1~15	冲积、洪积、坡积、河漫滩沉积砂砾石	
	新近系	上新统	Nd	20~40	辉石安山岩、玄武岩夹泥质黏土、泥岩、泥灰岩	
		中新统	洛阳组	Nl	32~100	黏土岩、粉砂岩夹泥灰岩等
古生界	二叠系	下统	下石河子组	P _{1x}	80~276	砂岩、砂质页岩、泥岩、黏土岩、煤层
			山西组	P _{1s}	26~58	灰白色石英长石砂岩、铝土页岩、炭质页岩及煤层
	石炭系	上统	太原组	C _{2t}	10.6~22	海陆交互相的石英砂岩、页岩、灰岩、炭质页岩及煤层,页岩中含有燧石团块
			本溪组	C _{2b}	6.5~19	浅海-潟湖相沉积,有灰白色铝土矿、杂色铁铝质泥岩
	寒武系	上统	崮山组	Є _{3g}	80~200	白云岩、白云质灰岩、鲕状白云岩
		中下统	张夏组	Є _{2z}	125~265	深灰色厚层鲕状、豆鲕状灰岩夹竹叶状、块状、豹皮状灰岩
太古宇		登封群	ArD		黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩、斜长角闪片岩夹少量大理岩及磁铁石英岩	

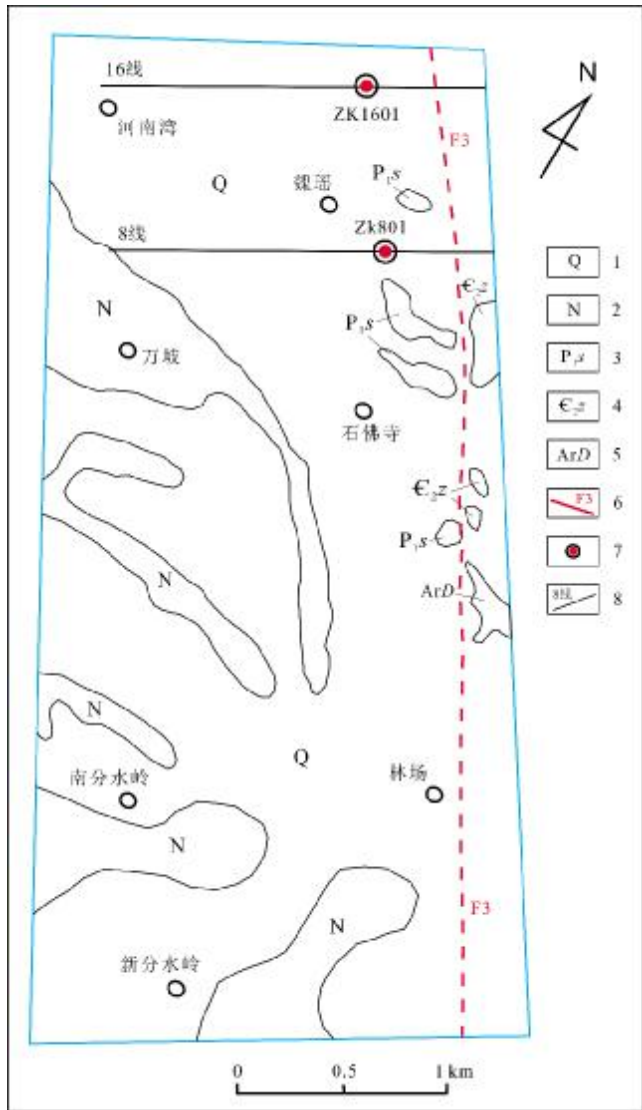


图 2 石佛寺铝土矿区地质简图

Fig. 2 Geological sketch map of Shifosi bauxite orefield

1—第四系(Quaternary); 2—新近系(Neogene); 3—二叠系下统下石河子组(Lower Permian Lower Shihezi fm.); 4—寒武系中统张夏组(Middle Cambrian Zhangxia fm.); 5—太古宇登封群(Archean Dengfeng gr.); 6—断层(fault); 7—施工钻孔位置(borehole); 8—勘探线编号(number of exploratory line)

3 矿床地质

石佛寺铝土矿矿体的直接顶板为一₁煤层,厚度 0.80~1.60 m,呈黑色,片状结构,块状构造。光泽较明亮,主要成分为亮煤,夹炭质泥岩,煤层上部为太原组生物碎屑灰岩,隐晶结构,块状构造,岩石较稳固。矿体直接底板为高铁铝质黏土岩,厚 1.40~2.50 m,呈灰黑色,致密块状构造。黏土岩层理发育,表面光滑细腻。

基底为寒武系崑山组白云岩,其风化壳上保存有风化残积的角砾组成的含黄铁矿角砾岩,可与整个豫西范围内的铝土矿床进行对比。

矿区二叠系含煤岩系地层和石炭系含铝岩系地层未出露地表,铝土矿体和二₁煤矿体全为隐伏矿体。钻孔中二₁煤层在铝土矿体上部,二者相距 25~35 m。煤、铝为共生异体矿产(图 3)。

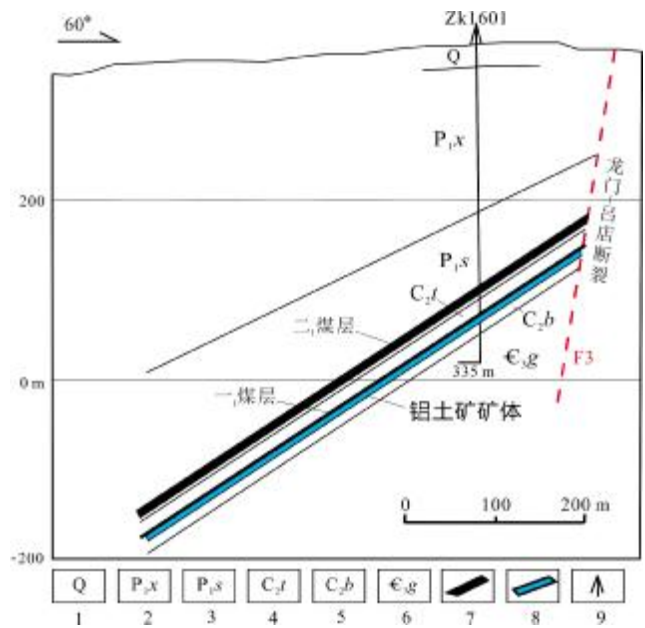


图 3 石佛寺铝土矿区第 16 勘探线剖面图

Fig. 3 Profile of Shifosi bauxite orefield along No.16 exploratory line
1—第四系(Quaternary); 2—二叠系下统下石河子组(Lower Permian Lower Shihezi fm.); 3—二叠系下统山西组(Lower Permian Shanxi fm.); 4—石炭系上统太原组(Upper Carboniferous Taiyuan fm.); 5—石炭系上统本溪组(Upper Carboniferous Benxi fm.); 6—寒武系上统崑山组(Upper Cambrian Gushan fm.); 7—煤层(coal seam); 8—铝土矿体(bauxite orebody); 9—钻孔位置(borehole)

铝土矿体赋存于石炭系本溪组地层,在区域剖面上明显可划分为 3 个岩性段,在整个华北范围内可以对比,本矿区上部的碳质黏土岩不发育,钻孔见到的本溪组上部为铝土矿,下部为铝、铁质黏土岩,为山西式铁矿(硫铁矿)赋存层位。

在矿区西北方向袁庄一带地表可见到铝土矿矿体露头,矿体赋存于 F3 断层上盘含铝岩系地层内,埋深多在 225 m 以下。矿区内依据钻探施工共圈定 1 个铝土矿体和 1 个二₁煤矿体。矿体剖面上呈似层状,产状 (225~235°)∠(17~25°)。矿体走向长 1 250 m,倾向方向延深 420 m,埋深 225~400 m。铝土矿平均厚度 4.83 m,

平均品位 51.66%, 矿体平均 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 为 3.75.

石佛寺铝土矿矿石以碎屑状和豆、鲕状结构为主(图 4a,b). 矿石构造主要为块状、致密块状和定向构造, 少量为薄层理构造.

碎屑状结构由碎屑和胶结物两部分组成. 碎屑占 30%~50%, 成分主要为一水硬铝石和少量高岭石, 呈大小不等的卵圆形、长条状、多角状, 磨圆及分选较差, 砾屑、砂屑、粉屑常混杂在一起, 具定向排列. 胶结物占 50%~70%, 由一水硬铝石、水云母、高岭石组成(图 4c).

豆、鲕状结构由豆、鲕和胶结物两部分组成. 豆、鲕呈圆形、卵形、扁圆形, 定向、半定向分布, 豆粒含量 5%~30%, 粒度 2.0~7.2 mm, 鲕粒粒度 0.5~2.0 mm. 砂屑多为次棱角状, 含量占 40%~50%, 粒径 0.1~0.7 mm, 由一水软铝石和一水硬铝石组成, 含少量三水铝石. 胶结物占 15%~25%, 主要成分为菱铁矿和黄铁矿(图 4d).

矿石主要矿物成分为一水硬铝石, 次为高岭石、伊利石、黄铁矿、菱铁矿等, 局部见有绿泥石、方解石、白云石, 微量金红石、板钛矿、白钛石、黄铁矿、菱铁矿、磁铁矿及炭质等.

一水硬铝石在矿石中的含量占 42%~88%, 显微镜下多呈白、灰白、黄褐及无色. 由于含 Mn^{3+} 、 Fe^{3+} , 可见多色性, 呈红褐、浅褐色, 色深者比色浅者突起高. 通常呈片状、鳞片状或隐晶质及胶态豆状、鲕状集合体. 粒径一般为 0.002~0.032 mm. 糙面很显著, 两组解理清楚, 平行消光, 干涉色 II 级, 二轴晶正光性, 光轴角 75° 左右.

石佛寺铝土矿矿石主要化学成分为 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 和 TiO_2 , 共占总成分的 95% 以上(表 2). Al_2O_3 与 SiO_2 互为消长, 呈负相关关系, TiO_2 较稳定. 次要成分为 CaO 、 MgO 、 P_2O_5 、 Na_2O 、 Li_2O 、S 和 Ga, 共占总成分的 5% 以下. K_2O 和 S 不稳定, 有较明显的变化. 其他成分均较稳定, 有相似的变化规律. 铝土矿中各次要成分

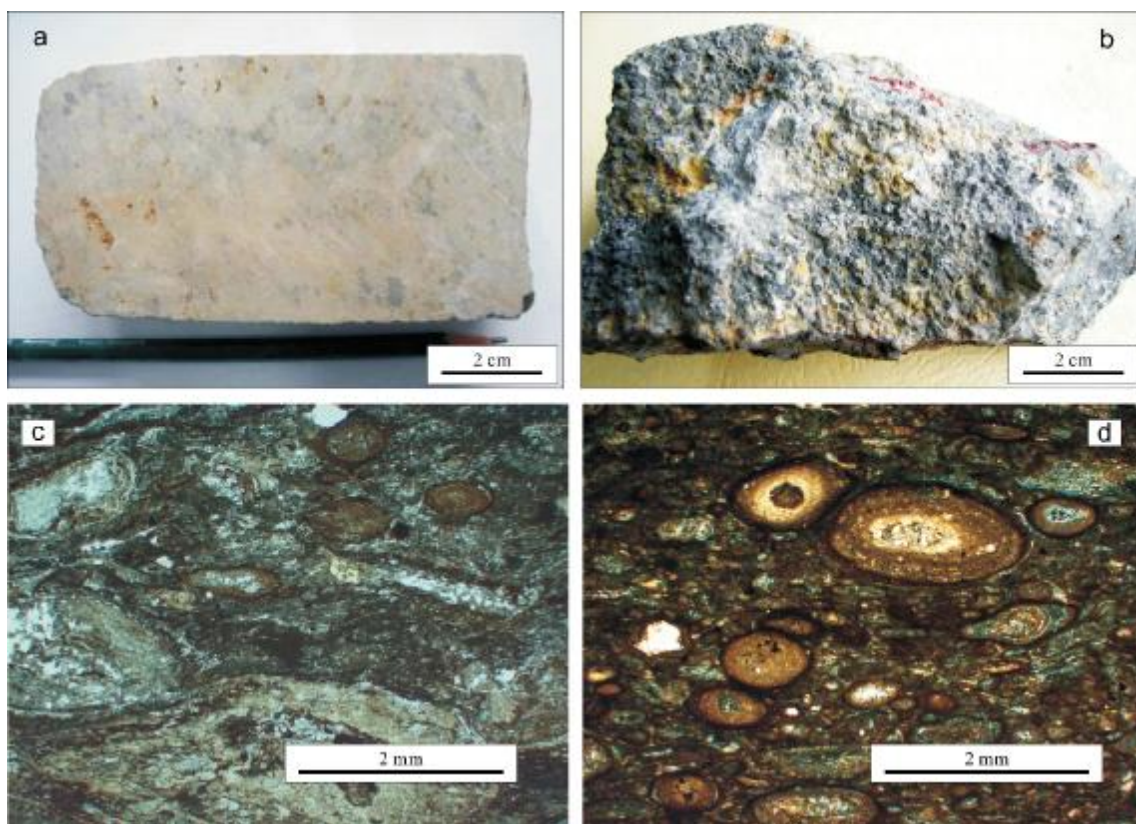


图 4 石佛寺铝土矿矿石结构

Fig. 4 Ore textures of Shifosi bauxite deposit

a—碎屑状铝土矿石(clastic ore); b—豆鲕状铝土矿石(oolitic ore); c—碎屑结构(单偏光, $\times 25$)(clastic texture under plane-polarized light); d—豆鲕状结构(单偏光, $\times 25$)(oolitic texture under plane-polarized light)

的组成总体有较一致的变化规律。

表 2 石佛寺矿区铝土矿石化学成分统计表
Table 2 Chemical compositions of ore from
Shifosi bauxite deposit

成分/%	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	烧失量	Al ₂ O ₃ /SiO ₂
最大	63.5	27.95	25.57	2.98	16.39	6.64
最小	42.16	9.56	1.50	1.60	10.86	2.17
平均	51.66	19.40	9.24	2.21	13.10	3.75

通过样品组合分析,本区伴生有益组分含量 Ga 元素一般在 0.0027%~0.0043%之间(Ga 伴生矿石工业指标品位下限值 0.002%),达到伴生矿产工业指标要求,其他元素均未达伴生有益组分矿产工业指标要求(见表 3)。根据组合分析结果,钻孔中铝土矿体的轻稀土元素(TRE₂O₃)未达到淋漓型铝土矿工业指标要求。

表 3 石佛寺矿区铝土矿伴生主要元素分析结果表
Table 3 Contents of major associated elements in
Shifosi bauxite deposit

样品号	Ga/10 ⁻⁶	V/10 ⁻⁶	S/10 ⁻²	P/10 ⁻⁶	Ce/10 ⁻⁶	Li/10 ⁻⁶
ZH1	27.1	165	3.87	347	186	301
ZH2	32.7	200	1.78	1160	320	398
ZH3	31.9	197	2.57	537	258	336
ZH4	43.6	195	2.26	437	269	321

石佛寺铝土矿的自然类型,按其矿物成分划分主要为一水硬铝石型和高岭石—水硬铝石型,次要为黄铁矿—水硬铝石型和菱铁矿—水硬铝石型。按矿石的结构划分,主要为豆鲕状铝土矿、碎屑铝土矿及其混合类型。矿石工业类型,按杂质 Fe₂O₃ 含量划分,主要为中铁型铝土矿。矿区组合分析硫含量 1.78%~3.87%,平均 2.62%,按 S 含量划分,为高硫型铝土矿。

4 矿床成因及控矿因素分析

4.1 矿床成因

石佛寺铝土矿及其附近的袁庄铝土矿均位于华熊断隆与嵩箕台隆之间的宜阳—登密拗陷内。在寒武纪—奥陶纪早期,区域上沉积了巨厚层的碳酸盐岩;到奥陶纪末期,受加里东运动的影响,整个华北地区隆升为陆地^[18]。寒武系和奥陶系碳酸盐岩广泛裸露,接受风化剥蚀达 140 Ma 之久,致使奥陶系、志留系、泥盆系和下石炭统地层缺失,寒武系碳酸岩盐地层也不同

程度遭受剥蚀^[19]。寒武系沉积基底的碳酸盐岩在古地理环境、古构造等多种因素作用下,经历强烈的物理、化学风化作用,含量较少的铁、铝质充分富集,形成了广泛的红土、钙红土风化壳,为本区铝土矿的形成提供了丰富的物质基础。而在准平原化过程中形成的岩溶洼地、溶斗、溶蚀盆地等古地形为铝土矿沉积提供了良好的空间条件^[20]。

至中石炭世,地壳开始缓慢下降,海水由东北方向入侵本区,除西部的中条古隆,南部的洛固古隆未接受海侵及局部残山形成孤岛外,广大地区包括石佛寺、袁庄铝土矿区均被海水淹没,陆地边缘洼地、山间盆地、溶蚀坑则形成滨海湖泊、潟湖及小型淡水湖泊与沼泽。早期形成的成矿物质在河流、潮汐等的作用下经短距离搬运形成碎屑状、豆鲕状铝土矿,搬运至洼地、溶斗、溶蚀盆地等古地形处沉积成矿。随着海水的继续入侵,沉积环境发生了较大变化,在本溪组后,铝土矿之上连续沉积了太原组、山西组以及二叠系下石盒子组、上石盒子组、石千峰组和三叠系等陆相碎屑岩建造^[18]。铝土矿体以及含矿岩系在其上覆地层的物理压实作用下逐步脱水成岩。成矿后,由于造山运动地壳上升,铝土矿层上升至地表浅部,并遭受氧化和剥蚀,形成次生富集矿带。

4.2 控矿因素

铝土矿床的形成受寒武系、奥陶系碳酸盐岩古风化侵蚀面的控制作用明显。铝土矿矿层主要赋存在寒武系、奥陶系碳酸盐岩古风化侵蚀面上的上石炭统本溪组地层内,含矿建造为稳定的古陆壳区的铝土铁质建造,区域上古构造运动控制着本区主要隆起区和拗陷区的分布,隆起区为拗陷区提供了丰富的铝质、铁质、黏土质来源,拗陷区是含铝岩系、含铁岩系的主要沉积富集区和保护场所^[21]。石佛寺铝土矿矿体的形成主要受地层、古构造、岩相古地理、古气候及风化作用等 4 个因素的控制。

1)地层的控制作用:石佛寺铝土矿及其附近的袁庄铝土矿矿体均赋存于本溪组地层中,并且铝土矿体厚度与本溪组地层的厚度呈正相关关系,本溪组地层对铝土矿的层控作用十分明显。另外,含铝岩系本溪组与下伏寒武系地层之间的沉积间断是本区铝土矿形成的基础。上石炭统本溪组含铝岩系地层直接不整合于寒武系碳酸盐岩古风化壳之上,铝土矿的空间定位、

矿体形态、矿石结构以及矿物成分等都与下伏的寒武系古风化壳密切相关。因此,寒武系碳酸盐岩地层作为石佛寺矿区含铝岩系的底板岩石,其风化剥蚀产物可能是铝土矿的主要成矿物质来源。

2)古构造的控制作用:区域上古构造运动控制着本区主要隆起区和拗陷区的分布。这些隆起和拗陷又控制了铝土矿的形成和分布,即隆起区为拗陷区提供丰富的铝质来源,拗陷区是含铝岩系和铝土矿的主要沉积富集区和保存场所。区域上铝土矿集中分布于古陆边缘和古岛四周的湖盆、洼地的斜坡地带及小型岩溶洼地的中心,明显受古地形的控制。大的拗陷沉积盆地控制着铝土矿带的分布范围和展布方向,是铝土矿的一级控矿单元。小的岩溶洼地、盆地、溶洞、溶斗等具体控制矿体的形态、产状、规模,是铝土矿的二级控矿单元^[18]。古断裂构造是控制铝土矿发育的构造因素之一,主要表现在古断裂控制着古岩溶的发育,而古

岩溶又控制着凹斗状铝土矿的发育和分布。

3)岩相古地理的控制作用:豫西地区晚石炭世沉积岩相由西南向东北可划分为滨海-潟湖-沼泽岩相区和潟湖-海湾-沼泽相区。其中,滨海-潟湖-沼泽岩相区分布于济源—洛阳—巩义—郑州一线西南(图5),是河南省铝土矿的主要成矿区,晚石炭世本溪组含矿岩系主要受滨海-潟湖-沼泽沉积环境的控制。

石佛寺铝土矿区含铝岩系为一套以铝质、铁质、黏土质为主的碎屑岩,下部为铁质黏土岩,上部为铝土矿矿层,主要由铝土矿组成,局部夹少量黏土矿、黏土质页岩。黏土岩页理不甚发育,表明是在水动力较弱的环境下形成的。而本区铝土矿多为豆鲕状、碎屑状结构,层理不明显,说明铝土矿亦是在低能环境、微弱动荡的水动力条件作用下形成的。而从前人资料分析,石佛寺铝土矿位于嵩山古岛西侧外边缘,形成于滨海-潟湖-沼泽相区的近岛水下扇亚相(图5)。

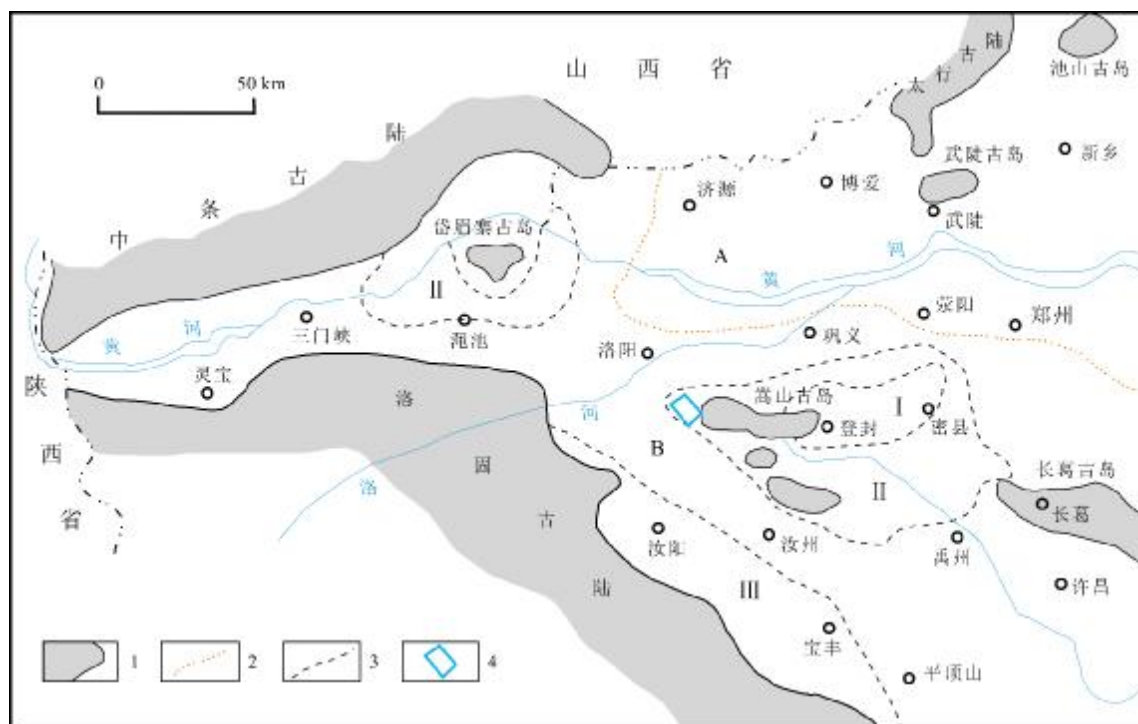


图5 豫西晚石炭世岩相古地理图

(据文献[3]修改)

Fig. 5 Late Carboniferous lithofacies paleogeographic map of western Henan

(Modified from Reference [3])

1—古陆岛界线(boundary of paleo-continent/island); 2—相区界线(boundary of phase region); 3—亚相区界线(boundary of subfacies region); 4—矿区位置(location of orefield); A—潟湖、海湾沼泽相(lagoon, bay swamp facies); B—滨海、潟湖沼泽相(littoral, lagoon swamp facies); I—岛前水下高地亚相(pre-island subaqueous highland subfacies); II—近岛水下扇亚相(near-island subaqueous fan subfacies); III—滨海沼泽亚相(littoral swamp subfacies)

4)古气候及风化作用:古气候条件对铝土矿形成有明显的控制作用,国内外绝大多数铝土矿基本都分布在纬度小于 30° 的低纬度区域。晚石炭世铝土矿的形成与当时的气候有着密切的关系。据古地磁资料显示,豫西地区在古生代处于北纬 $12.9^{\circ}\sim 27.6^{\circ}$ 的中低纬度区,属热—亚热带,气候潮湿、炎热且雨水充足,有利于硅酸盐岩风化以及成矿物质的搬运^[21]。

风化作用条件表现在中奥陶世华北地台上升为陆地,潮湿炎热的气候促进了植物的生长,风化作用尤其是化学风化作用强烈,嵩山古陆上的硅酸盐类经强烈的物理、化学风化形成高岭石、蒙脱石、水云母等矿物。这些矿物在湿热条件下进一步风化,尤其是在有机酸、碳酸的作用下,铝质矿物进一步富集,为中石炭统及铝土矿的形成奠定了基础^[22]。

5 结论

通过对河南省伊川县石佛寺铝土矿野外地质调查(地质填图、钻探工程)、岩石学、岩相学及地球化学的系统研究,分析了该矿床的地质特征、控矿因素及矿床成因,可得出如下结论。

1)石佛寺铝土矿含矿岩系为上石炭统本溪组上部,铝土矿呈层状产于上寒武统崆山组碳酸盐岩古侵蚀面之上,与上覆上石炭统太原组地层呈整合接触。矿床赋存的本溪组从下而上分别由含铁黏土岩和铝土矿层组成。铝土矿体直接顶板为一₁煤,厚 $0.80\sim 1.60$ m,直接底板为高铁铝质黏土岩,厚 $1.40\sim 3.50$ m。矿石自然类型主要为豆鲕状铝土矿和碎屑状铝土矿及其混合类型,铝土矿物主要为一水硬铝石,并普遍含镓元素,可综合回收利用。矿石工业类型,按杂质 Fe_2O_3 含量划分,主要为中铁型铝土矿;按硫含量划分,为高硫型铝土矿。

2)石佛寺铝土矿床是产于寒武系碳酸盐岩之上的一水硬铝石沉积型铝土矿床,矿床的形成主要受本溪组含铝岩系地层、古构造、岩相古地理环境、古气候及风化作用等多种因素的控制,矿床成因类型为古风化壳沉积型铝土矿。

参考文献(References):

[1]刘学飞. 豫西铝(粘)土矿物质组成与成矿过程[D]. 北京:中国地质大学,2011: 1-165.

- Liu X F. Material composition and ore-forming process of bauxite(clay) deposits in Western Henan, China[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2001: 1-165.
- [2]李中明, 赵建敏, 冯辉, 等. 河南省郁山古风化壳型稀土矿层的首次发现及意义[J]. 矿产与地质, 2007, 21(2): 177-180.
- Li Z M, Zhao J M, Feng H, et al. First discovery of palaeo-weathering crust type REE deposit in Yushan area of Henan Province and its significance[J]. Mineral Resources and Geology, 2007, 21(2): 177-180.
- [3]吴国炎, 姚公. 河南铝土矿床[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
- Wu G Y, Yao G. Henan bauxite deposits[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1996.
- [4]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 Z C, Liang H J, Liu C Q, 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.
- [5]陈旺. 豫西济源西部铝土矿成矿地质环境[J]. 地质与勘探, 2007, 43(1): 26-31.
- Chen W. Ore-forming conditions of bauxite deposits in western Jiyuan, Henan[J]. Geology and Prospecting, 2007, 43(1): 26-31.
- [6]付治国, 王军强, 张沛垚. 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 Z G, Wang J Q, Zhang P Y. Secondary enrichment pattern of bauxite ore in Songqi area, Henan Province[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2009, 24(1): 28-33.
- [7]李建全, 周红春, 曹高社, 等. 河南省偃龙煤田深部铝土矿床地质特征[J]. 地质与资源, 2016, 25(4): 345-350.
- Li J Q, Zhou H C, Cao G S, et al. Geological characteristics of bauxite deposit in the deep of Yanlong orefield in Henan Province[J]. Geology and Resources, 2016, 25(4): 345-350.
- [8]周红春, 李建全, 陈永才, 等. 河南偃龙煤田深部铝土等矿种的相变关系及资源量估算方法[J]. 地质与资源, 2016, 25(5): 458-463.
- Zhou H C, Li J Q, Chen Y C, et al. Lithofacies transition and resources estimation of the Yanlong bauxite deposit in Henan Province [J]. Geology and Resources, 2016, 25(5): 458-463.
- [9]李建全, 席善峰, 赵晓宁, 等. 河南省三门峡尖草地铝土矿地质特征及成矿演化模式[J]. 地质与资源, 2017, 26(6): 564-569.
- Li J Q, Xi S F, Zhao X N, et al. Geology and metallogenic evolution model of the Jiancaodi bauxite deposit in Sanmenxia, Henan Province [J]. Geology and Resources, 2017, 26(6): 564-569.
- [10]李中明, 赵建敏, 王庆飞, 等. 豫西郁山铝土矿床沉积环境分析[J]. 现代地质, 2009, 23(3): 481-489.
- Li Z M, Zhao J M, Wang Q F, et al. Sedimentary environment research for the Yushan bauxite ore deposit in western Henan Province, China[J]. Geoscience, 2009, 23(3): 481-489.

- [11] 马瑞申, 刘百顺, 李中明, 等. 河南省新安县郁山铝土矿床地质特征[J]. 地质与勘探, 2012, 48(3): 479-486.
- Ma R S, Liu B S, Li Z M, et al. Geological characteristics of the Yushan bauxite deposit in Xin'an County, Henan Province [J]. Geology and Prospecting, 2012, 48(3): 479-486.
- [12] 席善峰, 欧阳兆灼, 李健全, 等. 河南省三门峡铝土矿地质特征及控矿条件研究[J]. 地质与资源, 2019, 28(4): 339-344.
- Xi S F, Ouyang Z Z, Li J Q, et al. Study on the geology and ore-controlling conditions of the bauxite deposits in Sanmenxia area, Henan Province[J]. Geology and Resources, 2019, 28(4): 339-344.
- [13] 杨振军, 刘国范, 马庚杰, 等. 豫西铝土矿成矿地质条件及找矿前景[J]. 矿产与地质, 2005, 19(3): 280-285.
- Yang Z J, Liu G F, Ma G J, et al. Ore-forming geological conditions and ore prospects of bauxite in western Henan[J]. Mineral Resources and Geology, 2005, 19(3): 280-285.
- [14] 郎岩峰, 殷建锋, 何鹏, 等. 河南铝土矿成矿地质特征及深部勘查方向[J]. 矿产勘查, 2016, 7(5): 767-773.
- Lang Y F, Yin J F, He P, et al. Geological characteristics and prospecting target in the depth of bauxite deposit in Henan [J]. Mineral Exploration, 2016, 7(5): 767-773.
- [15] 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): 252-256, 270.
- Chen Q S, He W P, Zhou D. 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): 252-256, 270.
- [16] 翟东兴, 刘国明, 陈德杰, 等. 河南省陕-新铝土矿带矿床地质特征及其成矿规律[J]. 地质与勘探, 2002, 38(4): 41-44.
- Zhai D X, Liu G M, Chen D J, et al. Deposit geology and metallogenic regulation of Shan-Xin bauxite belt, Henan Province[J]. Geology and Prospecting, 2002, 38(4): 41-44.
- [17] 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- Henan Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional geology of Henan Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989. (in Chinese)
- [18] 朱东晖, 李国平, 郭保健, 等. 河南铝土矿[M]. 北京: 地质出版社, 2012: 63-70.
- Zhu D H, Li G P, Guo B J, et al. Bauxite deposits in Henan Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2012: 63-70. (in Chinese)
- [19] 陈旺. 豫西石炭纪铝土矿成矿系统[D]. 北京: 中国地质大学, 2009: 35-49.
- Chen W. Carboniferous bauxite ore-forming system, western Henan [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2009: 35-49.
- [20] 罗铭玖, 黎世美, 卢欣祥, 等. 河南省主要矿产的成矿作用及矿床成矿系列[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- Luo M J, Li S M, Lu X X, et al. The mineralization and metallogenic series of major minerals in Henan Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000. (in Chinese)
- [21] 胡安国, 张天乐, 蒋伯昌, 等. 中国河南粘土-铝土矿床和江西高岭土-瓷石矿床及应用研究[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- Hu A G, Zhang T L, Jiang B C, et al. Clay-bauxite deposits in Henan Province and kaolin and pottery stone deposits in Jiangxi Province, China and their application research [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993.
- [22] 陈丽娟, 张建东. 豫西偃师南部铝土矿地质特征及控矿地质条件[J]. 地质找矿论丛, 2008, 23(2): 144-148.
- Chen L J, Zhang J D. The geological characteristics and ore controlling geological conditions of bauxite deposits in southern Yanshi, western Henan[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2008, 23(2): 144-148.

(上接第 67 页/Continued from Page 67)

- [21] 李必红, 程纪星, 杨龙泉, 等. 放射性物探在相山盆地深部火成岩型铀矿勘查中的应用[J]. 世界核地质科学, 2017, 34(3): 161-166, 179.
- Li B H, Cheng J X, Yang L Q, et al. Application of radioactive geophysical exploration for the deep volcanic rock type uranium deposit exploration in Xiangshan basin[J]. World Nuclear Geoscience, 2017, 34(3): 161-166, 179.
- [22] 李贤芳, 张玉洁, 田世洪. 锂同位素在伟晶岩矿床成因研究中的应用[J]. 中国地质, 2019, 46(2): 419-429.
- Li X F, Zhang Y J, Tian S H. Application of lithium isotopes in genetic study of pegmatite deposits[J]. Geology in China, 2019, 46(2): 419-429.