

doi: 10.6053/j.issn.1001-1412.2019.01.008

河南省荥巩煤田大峪沟矿段深部铝土矿床地质特征及找矿方向

代耕¹, 李志勇², 付永乾², 邵卫东², 李小帅²

(1. 河南省国土资源科学研究院, 郑州 450053;

2. 河南大峪沟煤业集团有限责任公司, 河南 巩义 451200)

摘要: 荥巩煤田大峪沟矿段深部铝土矿床是最近找矿突破发现的一个大型铝土矿床。该铝土矿床成矿时代为早二叠世, 成矿物源主要为古陆铝硅酸岩风化物, 少量为中奥陶统马家沟组碳酸盐岩风化产物, 成矿环境为潮坪-沼泽环境, 由长期的沉积间断、特定的岩相古地理环境、构造变形和表生风化作用共同控制着矿床的形成; 上石炭统本溪组是铝土矿形成的含矿岩系; 海湾泻湖相沉积环境是铝土矿床形成的有利条件; 下古生界奥陶系、寒武系古岩溶侵蚀面是铝土矿形成的有利场所, 古岩溶侵蚀面洼地及漏斗是铝土矿的定位空间。大峪沟矿段铝土矿床成因模式属于“古陆风化+碎屑和化学沉积”; 成矿机制为机械和化学分异。含矿岩系底部铁质风化壳/铁质黏土岩为碳酸盐岩风化形成, 铝(黏)土矿来源于铝硅酸盐岩。大峪沟深部铝土矿床的发现为河南省寻找深部铝土矿床指明了方向。

关键词: 铝土矿床; 矿体特征; 本溪组; 荥巩地区, 河南省

中图分类号: P618.42; P613 **文献标识码:** A

0 引言

河南省富铝名扬中外, 铝土矿是河南省的优势矿产^[1], 铝工业是河南省的支柱产业^[2]。随着铝工业的快速发展^[3], 特别是来自航空航天、建筑、冶金、铸造、运输、电器、轻工、包装、通讯、医药, 多品种氧化铝、高强高韧 7000 系、2000 系铝合金及铝锂合金对铝的需求旺盛, 加之近几十年来对铝土矿的强力开采, 导致河南省优势富铝土矿资源将消耗殆尽; 为缓解铝土矿资源保障的压力, 近年来通过对河南省巩义市大峪沟矿段煤下铝土矿的勘查, 并取得了找矿历史性的重大突破。

目前在 19.942 8 km² 的勘查区内, 找矿工作共完成巷道浅井、钻孔 186 个, 进尺 3 000 m, 采集化学

样 1 567 件; 探获铝土矿资源储量 (332)+(333) 类为 4 486.60×10⁴ t, 耐火黏土矿 (332)+(333) 类资源量 1 384.18×10⁴ t, 硫铁矿 (332)+(333) 类资源量 2 717.79×10⁴ t, 菱铁矿 (332)+(333) 类资源量 4 464.94×10⁴ t, 镓 (332)+(333) 资源量 3 526 t。

1 区域地质概述

大峪沟矿段深部铝土矿床位于荥巩煤田西部, 属河南小关铝土矿^[4]成矿区范围。区域地质划分属华北地层区豫西分区嵩箕小区^[1]。区域上主要发育地层: 古生界寒武系、奥陶系中统、石炭系上统、二叠系, 中生界三叠系下统及中统和新生界第四系。其中, 石炭系一二叠系为矿区主要含煤地层; 矿区主要可采煤层为二叠系山西组二₁ 煤 (平均厚 4 m)、石

收稿日期: 2017-08-11; 改回日期: 2017-10-23; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 河南省地勘“豫财招标采购[2011]36-12 号、豫国土资发[2011]82 号、豫国土资发[2012]80 号、豫国土资发[2015]70 号”项目联合资助。

作者简介: 代耕 (1954—), 男, 教授级高级工程师, 1978 年毕业于长春地质学院地勘系矿产地质及勘探专业, 主要从事矿产地质研究及勘查工作。通信地址: 河南省郑州市黄河路 41 号, 河南省国土资源科学研究院; 邮政编码: 450053; E-mail: dg63857540@163.com

炭系太原组一₁煤(平均厚1.3 m)。

勘查区地处华北板块南缘嵩箕构造区之嵩箕断隆内^[1],其基本构造形态为单斜构造,地层呈近EW走向,倾向北,倾角5°~20°。构造形迹以断层为主,按其展布方向,大致可分为近EW向、NE向和NW向三组,其中近EW向断层最为发育,且构成了矿区的基本构造格架。荥巩煤田自东往西发育有徐庄滑动构造、大峪沟滑动构造等数个滑动构造。

勘查区内的岩浆活动较弱,时代较早,对区内铝(黏)土矿床无影响。

2 矿区地质特征

2.1 地层

矿区地层受嵩箕断隆控制,地层走向近EW向,倾向北,倾角5°~20°。矿区含矿地层为上古生界石炭系上统本溪组^[5],其与下伏的奥陶系呈平行不整合接触(图1)。

(1) 含矿岩系

含矿岩系石炭系本溪组(C_2b)分布于煤系地层——太原组(C_2t)下部,其在矿区南部、东部的地表有零星出露。本溪组从颜色、层状构造的发育程度、 Al_2O_3 含量、岩石结构予以划分为三段:上段(C_2b^3)以薄层黏土岩或炭质黏土岩及铝质黏土岩铝(黏)土矿为主;中段(C_2b^2)以铝土矿、耐火黏土矿、硫铁矿及铝质黏土岩等高铝、低铁的岩石为特征,厚度0.99~3.43 m;下段(C_2b^1)以含铁黏土岩及赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿体(山西式铁矿)等高铁、低铝、高

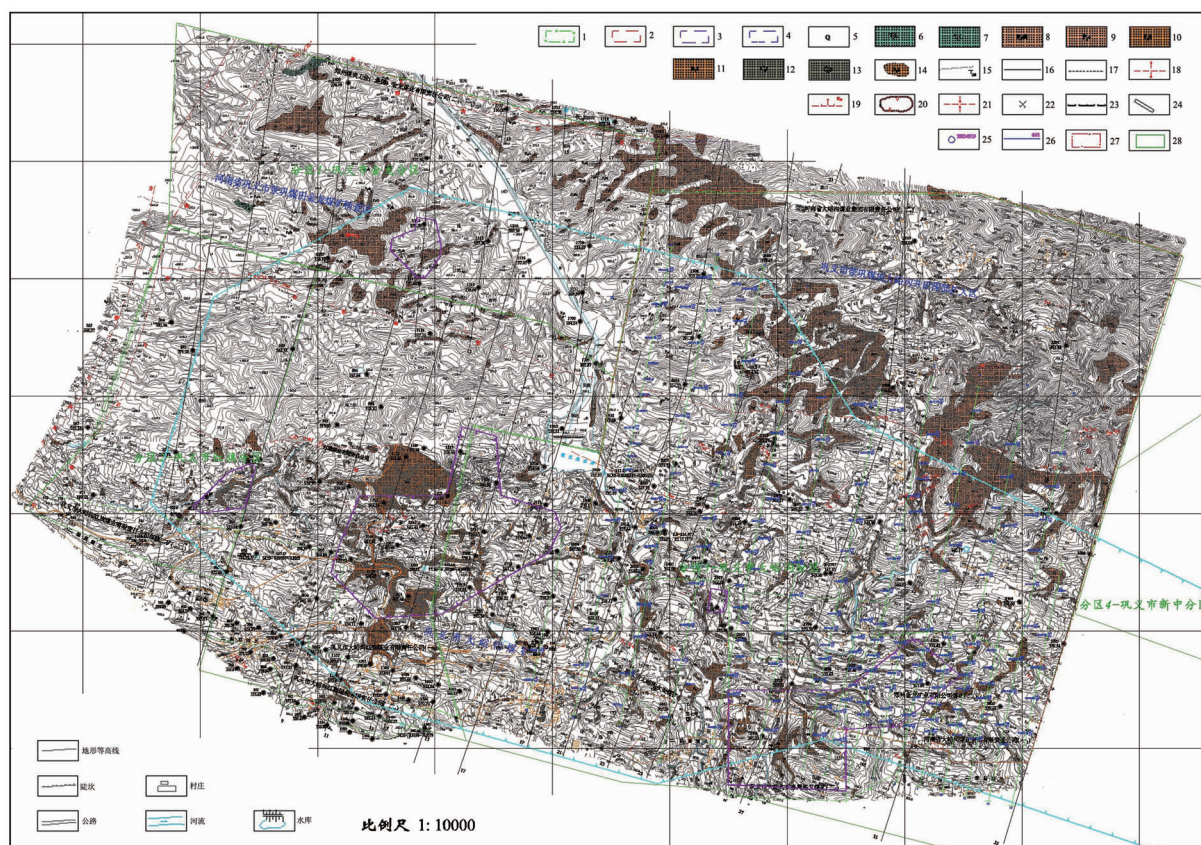


图1 河南省荥巩煤田深部铝(黏)土矿勘查区(大峪沟矿段)地形地质与勘查工程布置图

Fig.1 Geological and topographic map with bauxite-caly prospecting layout in deep Danyugou bauxite (clay) prospecting area to depth of the Xingong coalfield, Henan province

1. 采矿权边界;2. 原煤炭勘探区范围;3. 原煤炭详查区范围;4. 原煤炭普查区范围;
5. 第四系;6. 三叠系下统和尚沟组;7. 三叠系下统刘家沟组;8. 二叠系上统石千峰组;9. 二叠系上统上石盒子组;
10. 二叠系下统下石盒子组;11. 二叠系下统山西组;12. 石炭系上统太原组;13. 石炭系上统本溪组;
14. 基岩与第四系分界线;15. 地质界线及地层产状符号和倾角;16. 实测假整合界线;17. 推测整合地质界线;
18. 推测背斜轴;19. 推测正断层及其编号;20. 滑动构造;21. 推断向斜轴;22. 废弃老窑;23. 推测煤层露头线;
24. 探槽;25. 设计钻孔及编号;26. 设计勘探线及编号;27. 勘查区范围;28. 矿区分区边界线

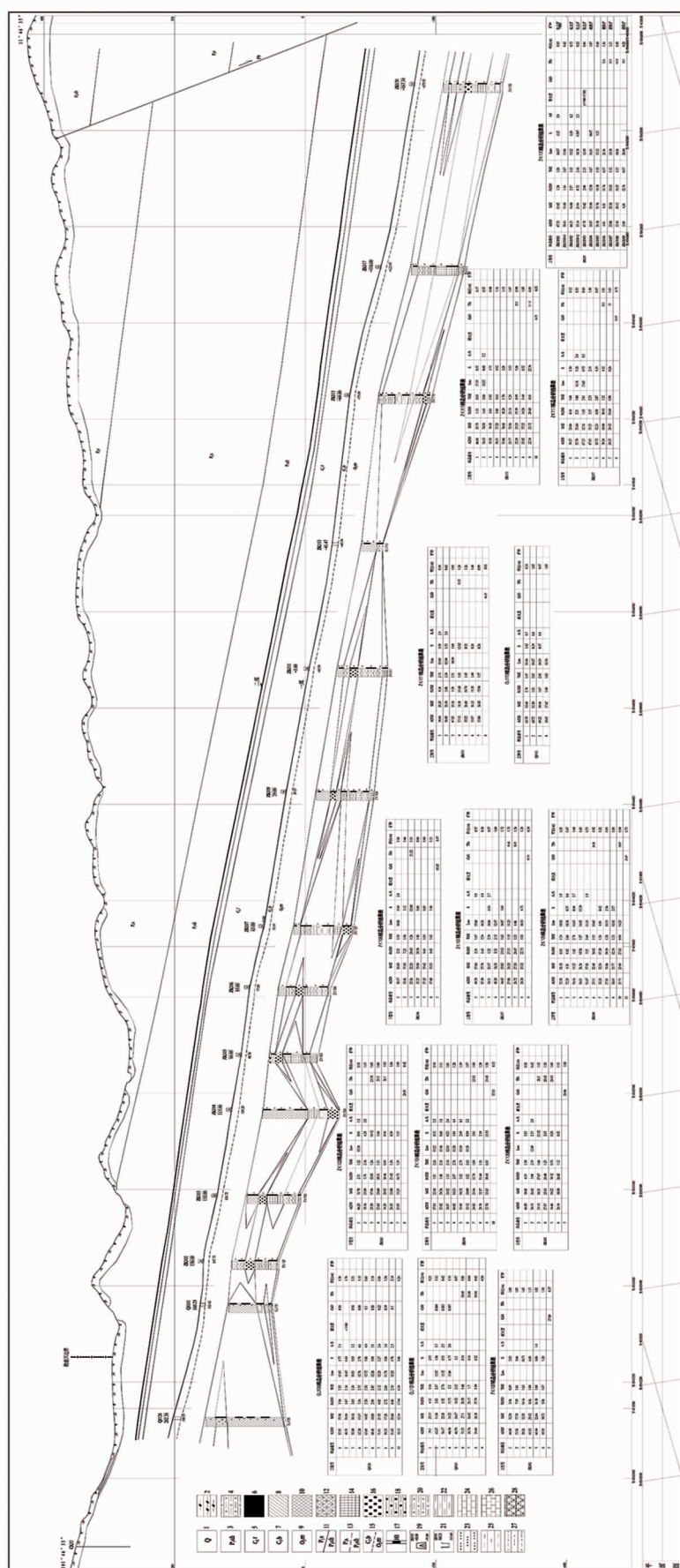


图 2 河南省荥巩煤田深部铝(黏)土矿勘查区(大峪沟矿段) 1 勘探线地质剖面图

Fig. 2 Geological profile of exploration line 1 of deep Danyugou bauxite (clay)

prospecting area to depth of the Xingong coalfield, Henan province

1. 第四系; 2. 炭质泥岩; 3. 二叠系下统山西组; 4. 铝质黏土; 5. 石炭系上统太原组; 6. 煤; 7. 石炭系上统本溪组;

8. 采空区; 9. 奥陶系马家沟组; 10. 铝土矿; 11. 地质界线; 12. 黏土矿; 13. 推测地质界线;

14. 铁矿; 15. 平行不整合地质界线; 16. 硫铁矿; 17. 取样位置及编号; 18. 铁砂土; 19. 坑道钻孔;

20. 铝质泥岩; 21. 浅井及编号; 22. 黏土岩; 23. 砂岩; 24. 灰岩; 25. 泥岩; 26. 白云质灰岩; 27. 砂质泥岩; 28. 鲕状菱铁矿

硅的黏土岩为特征。但是,区内 C_2b^3 、 C_2b^2 地层常有缺失,矿区含铝岩系发育不完整,本溪组厚度 2.57~33.69 m,平均厚度 7.47 m。各段的岩层岩性除铝土矿外都无明显界线,多为渐变关系。

含矿岩系剖面底部以赤铁矿、菱铁矿、黄铁矿为主,且地表以发育赤铁矿、深部以发育菱铁矿为特征。铝土矿、耐火黏土矿主要产于含铝岩系上部或中上部(上层矿),个别铝土矿、黏土矿小透镜体赋存于含铝岩系下部。

铝土矿主要矿物为一水硬铝石、伊利石、高岭石,含少量锐钛矿、金红石;铝土矿石主要呈块状、碎屑状及豆鲕状,矿石类型以低铁、高硫型铝土矿为主。

(2) 含矿岩系顶底板

含矿岩系底板为中奥陶统马家沟组(O_2m),其岩性为灰色厚层状隐晶灰岩加紫色泥质灰岩、白云质灰岩、白云岩、泥岩,厚度 148.4~237.07 m,平均厚度 193 m。顶板为太原组(C_2t),其岩性为灰岩、生物碎屑灰岩、泥岩、砂岩及煤层组成,厚度 19.84~126.94 m,平均厚度 74.72 m。

2.2 构造

矿区构造较简单,总体为地层走向 NWW、倾向 NNE、倾角 $7^\circ\sim 14^\circ$ 的单斜构造,且发育近 EW 向、NE 向、NW 向三组断层;近 EW 向断层为一组主干断层,以走向正断层为主,呈阶梯式排列,构成区内的基本构造格架。在二₁煤层附近,发育有一条低缓角度滑动断裂,且不切割铝土矿层。

3 矿床特征

3.1 矿体特征

大峪沟铝土矿赋存于下古生界奥陶系古岩溶侵蚀面之上,分布于石炭系上统本溪组中上部,岩性自上而下为铁铝质黏土岩、铝(黏)土矿层、黏土岩层、硫铁矿层,常与山西式铁矿相伴生。矿体严格受古岩溶地貌地控制,风化面低洼处形成厚层状、漏斗状、透镜状铝土矿体,凸起处形成薄层或无矿地段,平缓处则形成似层状铝土矿体。一般而言,风化面低洼处,矿石质量较好。同层矿,上部为高硅质致密块状矿,中部为豆鲕状矿,下部为低硅薄层矿(图 2);厚度变化大,一般 1~3 m,最厚可达 10 余米。

大峪沟铝土矿床含铝岩系最大厚度为 33.69 m,平均含铝岩系厚 7.47 m;铝土矿最大厚度为

10.05 m,平均铝土矿厚 1.88 m,矿体厚度变化大。矿石化学成分,以高铝、高硅、含铁、高硫、中低铝硅比为特征。矿区矿石平均 $w(Al_2O_3) = 60.18\%$, $w(SiO_2) = 15.66\%$, $w(Fe_2O_3) = 3.62\%$, $w(S) = 1.68\%$;铝硅比最高 10.5,最低 2.1,平均 4.0; $w(Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3)$ 值,一般为 $79\%\sim 80\%$ 。铝土矿矿石类型为一水硬铝石型,矿石品位为中低品位, $w(Al_2O_3)/w(SiO_2) = 4\sim 6$;局部中高品位, $w(Al_2O_3)/w(SiO_2) = 7\sim 9$ 。漏斗中的厚大矿体一般铝硅比较高。

3.2 矿石组构

(1) 矿石结构

矿石的主要结构为豆鲕状结构、显微晶质结构、碎屑状结构等。

豆鲕状结构:鲕粒由一水硬铝石、伊利石组成,豆粒呈不规则拉长或压扁状(图 3a),大小 $1.2\text{ mm}\times 1.2\text{ mm}\sim 1.7\text{ mm}\times 2.7\text{ mm}$,分布不均匀;鲕粒大小为 $0.012\text{ mm}\times 0.015\text{ mm}\sim 0.45\text{ mm}\times 0.6\text{ mm}$,成分为一水硬铝石,部分具同心层(图 3b)。

显微晶质结构:一水硬铝石呈晶粒状,粒度细小(图 3c),大小 $0.01\text{ mm}\sim 0.03\text{ mm}$,颗粒间紧密,多聚集分布,胶结物镜下粒度细小,不易分辨。

碎屑状结构:碎屑呈次圆状、不规则状,大小 $0.3\text{ mm}\times 0.45\text{ mm}\sim 1.50\text{ mm}\times 2\text{ mm}$,个别可达 $2\text{ mm}\times 3\text{ mm}$;碎屑相互混杂,部分粒屑相互接触(图 3d);个别粒屑为圆形鲕粒,内部大致呈同心层状,核部色暗,疑为泥质,中间为鳞片状伊利石集合体,边部为一水硬铝石;大多粒屑,其内部成分为一水硬铝石。

(2) 矿石构造

矿石的主要构造为致密块状构造、定向构造、土状构造、蜂窝状构造等。

致密块状构造:由微晶和隐晶质的铝质黏土矿物组成的块状,具有手感光滑细腻,破碎后呈棱角状。主要分布在下部铝质黏土岩的不同层位。

定向构造:多由一水硬铝石组成的粒屑整体呈定向性分布。主要分布在上部铝质黏土岩的不同层位。

蜂窝状构造:矿石表面较粗糙,空隙发育。其往往地表形成土状、糖粒状、蜂窝状外观。

3.3 物质成分

本次工作利用扫描电镜分析、X 光衍射分析、能谱分析、红外光谱分析等研究方法对大峪沟铝土矿含矿岩系铝(黏)土矿中含铝矿物进行了详细研究。

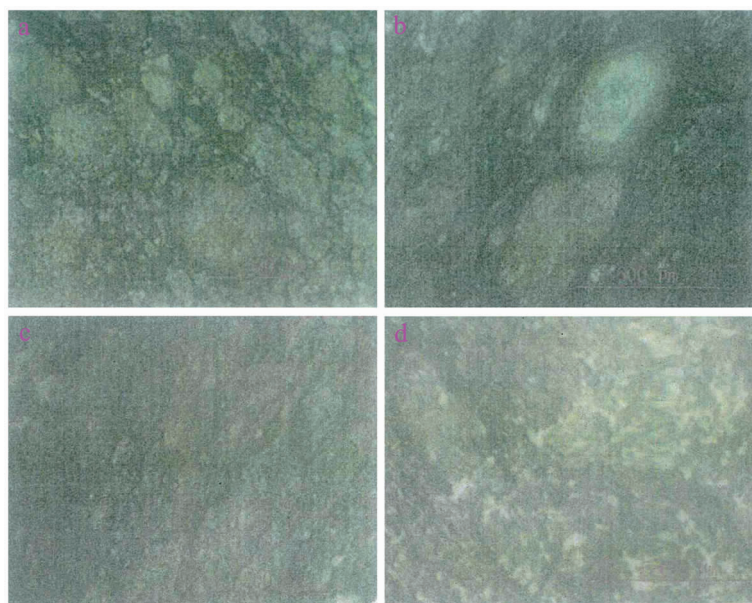


图3 大峪沟铝土矿的矿石结构构造

Fig. 3 Ore structure and texture of bauxite ore in Dayuogou bauxite deposit

- a. 豆鲕状结构,定向排列;b. 鲕状结构,层状构造;
c. 微晶结构,层状构造;d. 碎屑结构,层状构造

结果表明,铝土矿主要矿物成分:含铝矿物为一水硬铝石及高岭石、伊利石;含铁矿物为黄铁矿、赤铁矿、菱铁矿、磁铁矿、针铁矿、钛铁矿;含钛矿物主要为锐钛矿;含硫矿物以黄铁矿为主。

本溪组下段(C_2b^1)以富含 Fe、S 质的高岭石—伊利石—蒙脱石黏土岩为特征,含铝矿物—一水硬铝石以隐晶质的形式赋存于黏土矿物伊利石中。该岩性段硫铁矿、赤铁矿、菱铁矿发育,常常形成硫铁矿体(黄铁矿呈团块状、结核状分布,晶体多为立方体和五角十二面体,聚晶最大 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$)、赤(菱)铁

矿体;深部菱铁矿有增多趋势。

本溪组中段(C_2b^2)是铝土矿的主要赋存层位,含铝矿物主要赋存在铝土矿的碎(粒)屑——鲕粒、豆粒中。粒屑(鲕粒、豆粒)呈椭圆形、不规则形,鲕粒大小 $0.12 \sim 0.15\text{ mm} - 0.15 \sim 0.3\text{ mm}$,豆粒大小 $1.5 \sim 1.65\text{ mm}$;部分粒屑相互接触,部分不接触;大部分粒屑内部成分为一水硬铝石,部分粒屑成分为硬铝石与高岭石、叶蜡石混杂分布。扫描电镜下可见,先结晶的呈柱状、板状的硬水铝石赋存于不规则状粒屑中;粒屑被隐晶质的硬水铝石,绿泥石,高岭石等黏土矿物胶结。

本溪组上段(C_2b^3)以发育耐火黏土矿为特征,矿石薄片中所见硬水铝石含量较少,且其粒度细,一般几至十几微米,呈微晶或隐晶分布。对黏土矿物

上的 X 光衍射分析表明,主要矿物成分为伊利石、蒙脱石、高岭石。伊利石呈显微鳞片状集合体,一般鳞片较小 $0.005\text{ mm} \times 0.008\text{ mm} - 0.01\text{ mm} \times 0.03\text{ mm}$,部分为 $0.15\text{ mm} \times 0.06\text{ mm} - 0.12\text{ mm} \times 0.27\text{ mm}$;高岭石呈显微鳞片集合体,大小 $0.005\text{ mm} \times 0.008\text{ mm} - 0.01\text{ mm} \times 0.03\text{ mm}$,鳞片间结合紧密;蒙脱石呈显微鳞片状集合体,与伊利石、高岭石混杂分布。局部见有伊利石与高岭石聚集成圆形、次圆形团粒,大小 $0.3 \sim 0.9\text{ mm}$,核内与边缘分布有铁质。

综上,大峪沟铝土矿床其上部铝质黏土岩以伊利石、一水硬铝石为主,下部铝质黏土岩中以高岭石、蒙脱石、一水硬铝石为主,中部豆鲕(粒屑)状铝土矿主要以结晶较好的一水硬铝石为主。在含矿层位分布上,具有耐火黏土含矿层、铝土矿含矿层,而且二者多为同层异体,铝土矿发育好的地段耐火黏土矿不发育的特点。

3.4 共伴生矿产

大峪沟铝土矿主要共伴生矿产有耐火黏土矿、硫铁矿、铁矿、镓矿、煤炭、溶剂灰岩。

耐火黏土矿与铝土矿相共生,呈同层异体似层状产出,铝土矿富集区则耐火黏土矿不发育,主要为硬质黏土,少量高铝黏土及软质黏土,矿石品质 I、II 级居多。硫铁矿呈双层结构,上矿层与铝(黏)土

矿共生,下矿层赋存在铁矿层之上,呈似层状产出,平均品位 $w(S)=13\%$,其中达到工业品位的 $>80\%$ 。菱铁矿平均品位 $w(TFe)=25\%$ 。伴生镓,镓的平均品位 $w(Ga)=76.78\times 10^{-6}$ 。

4 成因分析

大峪沟铝土矿床成因研究表明,铝土矿床成矿时代为早二叠世,成矿物源主要为古陆铝硅酸岩风化物,少量为中奥陶统马家沟组碳酸盐岩风化产物,成矿环境为潮坪-沼泽环境。

大峪沟地区在马家沟组沉积期后,由于长期的沉积间断、表生风化作用、特定的岩相古地理环境和构造作用等因素共同控制了铝土矿床的形成;既有残留下来的红土风化壳型,也有钙红土-沉积型、浊流堆积型和胶体化学沉积型^[5],且以钙红土-沉积型为主。钙红土-沉积型,属于钙红土风化壳形成之后,受到破坏经过短距离搬运再沉积下来^[6]。晚石炭世时期的古岩溶地貌还原分析,发现在矿区尺度上古岩溶漏斗成群发育,沿走向高低相间,沿倾向成排分布;在区域上具有斗盆过渡的规律性,具明显不同的古岩溶地貌控矿区带;矿石的高品位区与古岩溶漏斗区相对应,古岩溶洼地为高品位矿石富集中心^①。

综上,大峪沟矿段铝土矿床成因为“古陆风化+碎屑和化学沉积”的成矿模式。其主要成矿机制为机械和化学分异。含矿岩系底部铁质风化壳/铁质黏土岩为碳酸盐岩风化形成,铝(黏)土矿来源于铝硅酸盐岩。

5 找矿方向及前景

(1) 控矿因素分析

大峪沟铝土矿床主要控矿因素有:矿源层、成矿环境、含矿岩系、古岩溶地貌及区域构造-岩浆侵位。

①矿源层:成矿物源主要为古陆铝硅酸岩风化产物,少量为中奥陶统马家沟组碳酸盐岩风化产物。

②成矿环境:潮坪-沼泽环境,由长期的沉积间断、特定的岩相古地理环境、构造变形和表生风化作用共同控制着铝土矿床的形成。

③含矿岩系:上石炭统本溪组是铝土矿床形成

的含矿岩系,铝土矿的厚度和品质与本溪组厚度有着明显的正相关关系,含矿岩系的厚度及矿体形态严格受古岩溶地貌地制约;一般而言,含矿岩系厚度大,铝土矿层厚度也大。

④古岩溶地貌:矿体厚度和矿石品位主要由古岩溶地貌与地表物化条件控制。古岩溶漏斗等洼陷的酸性环境更有利于含 Al_2O_3 矿物(硬水铝石)和含 SiO_2 矿物(黏土)的分离,并为 Al_2O_3 的富集提供了有利条件。

(2) 控矿条件

①沉积环境条件:海湾泻湖相沉积环境是铝土矿床形成的有利条件;寒武系、奥陶系古岩溶侵蚀面是铝土矿形成的有利场所,古岩溶侵蚀面洼地及漏斗是铝土矿的定位空间。风化面低洼处形成厚层状、漏斗状、透镜状铝土矿体,凸起处形成薄层或无矿地段,平缓处则形成似层状铝土矿体。

②物化条件:“古陆风化+碎屑和化学沉积”成矿模式,其主要成矿机制为机械和化学分异,古岩溶漏斗等洼陷为 Al_2O_3 的富集提供了有利条件;酸碱度制约着铝硅的分离,酸性环境下有利于富铝土矿的形成。

(3) 找矿方向及远景

沿郑州—平顶山—三门峡一线 $1.8\times 10^4\text{ km}^2$ 范围内是我国著名的铝(黏)土矿成矿带^[1],且煤系地层及含铝岩系广布。其深部铝土矿勘查具有成矿条件好、铝土矿找矿潜力大^[2],同时又有一定的工作基础,有生产矿井的闲置坑道,易于开展寻找铝土矿的勘查工作。

通过勘查实施,预测成矿区内可探获埋深 300 m 以浅的铝土矿资源储量 $10\times 10^8\text{ t}$ 。

6 结语

(1)荥巩煤田大峪沟矿段深部铝土矿的找矿勘查项目是由“政府搭台,企业唱戏,科研提供技术支持、服务”的一个全新的合作勘查找矿模式。此模式具有投资少、见效快、收益大、效益高、找矿效果显著等特点;既节省了大量的人力、物力和财力,又解决了企业煤炭资源枯竭、资源转型的难题。

(2)利用煤矿废弃的生产系统勘查、开发铝土矿资源,研究、设计合理的勘查、开发方案,可谓事半功倍。如此同时,本文也为河南省寻找深部隐伏铝土矿床指明了方向。

注释:

- ① 戴耕. 铝资源分析[R], 郑州: 河南省国土资源科学研究院, 1991.

参考文献:

- [1] 河南省地质矿产厅. 河南省地质矿产志[M]. 北京: 中国展望出版社, 1992.
- [2] 戴耕. 河南省铝土矿资源开发利用现状及其前景[J]. 地质与勘探, 2000(3): 22-24.

- [3] 戴耕. 世界铝市场回顾与展望[J]. 世界有色金属, 2003(12): 47-48.
- [4] 吴国炎, 姚公一, 吕夏. 河南铝土矿床[M]. 北京: 中国地质大学, 2009: 41-49.
- [5] 温同想. 河南石炭纪铝土矿地质特征[J]. 华北地质矿产杂志, 1996, 11(4): 491-579.
- [6] 廖士范, 梁同荣. 中国铝土矿地质学[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1991: 7-11.

Geological characteristics and prospecting direction of bauxite deposit to depth of Dayugou domain of Xinggong coalfield in Henan province

DAI Geng¹, LI Zhiyong², FU Yongqian², SHAO Weidong², LI Xiaoshuai²

(1. Henan Academy of land and Resources Sciences, Zhengzhou 450053, China;

2. Henan Dayugou coal Refco Group Ltd, Gongyi 451200, Henan, China)

Abstract: The bauxite deposit to depth of Dayugou domain in Xinggong coalfield is a large deposit discovered recently and a prospecting breakthrough in the area. It is formed at Early Permian Epoch. The ore materials are mainly derived from the weathered ancient continental silicate rocks, a little from weathered carbonate rock of Middle Ordovician Majiagou formation. The bauxite ore is formed under tidal flat-swamp environment and the deposit is controlled by long term deposition break, special lithofacies paleogeography environment, tectonic deformation and supergene weathering. Upper Carboniferous Benxi formation is the bauxite ore-bearing rock series; the bay lagoon sedimentary environment the favorable condition; Lower Paleozoic Ordovician and Cambrian paleo-karst erosion surface favorable site and depression and funnel at the ancient karst erosion surface the location of bauxite ore. The model of Dayugou bauxite deposits is ancient continental weathering + clastic and chemical deposition. The main metallogenic mechanism is mechanical and chemical differentiation. The iron-bearing weathering crust/iron-bearing clay rock at the bottom of the ore-bearing rock series is formed by weathering of carbonate rocks, and the bauxite-clay ore is derived from aluminosilicate. Discovery of the deep Dayugou bauxite deposit will be a guide for bauxite ore prospecting in Henan province.

Key Words: bauxite deposit; ore characteristic; Benxi formation; Xinggong area; Henan province