

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

周红春 李建全 陈永才 席善峰 张 清 陈 光 杨园园 郝金玉

河南省地质矿产勘查开发局 第四地质勘查院 河南 郑州 450001

摘 要 :偃龙煤田深部铝土矿床是豫西典型的隐伏铝土矿床 ,通过该沉积型矿产铝土矿、黏土矿、铁矾土、菱铁矿等诸矿产的含矿岩系特征认识 ,对该矿床的垂向上和纵向上的岩相相变特征和元素含量变化特征进行深入的分析 ,元素含量变化与岩相相变关系密切 ,矿种之间存在相变过渡关系的特征。根据该认识 ,对沉积型铝土矿的诸矿种资源量估算方法提出了科学合理的认识。

关键词 :铝土矿 ;黏土矿 ;地球化学 ;相变 ;偃龙 ;河南省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyz.2016.05.007

LITHOFACIES TRANSITION AND RESOURCES ESTIMATION OF THE YANLONG BAUXITE DEPOSIT IN HENAN PROVINCE

ZHOU Hong-chun ,LI Jian-quan ,CHEN Yong-cai ,XI Shan-feng ,ZHANG Qing ,CHEN Guang ,

YANG Yuan-yuan ,HAO Jin-yu

No. 4 Institute of Geological Exploration ,Henan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development ,Zhengzhou 450001 ,China

Abstract :The Yanlong bauxite deposit is a typical concealed deposit in western Henan Province. The authors analyze the phase relationship and element contents of the orebodies of bauxite ,clay ,laterite and siderite in vertical and profile with ore-bearing characteristics. The variation in elements in ore has a close relationship with lithofacies. The relation between minerals is characterized by lithofacies transition. Based on this understanding ,the paper offers a reasonable resources estimation for the sedimentary minerals.

Key words :Yanlong bauxite deposit ;clay ;geochemistry ;lithofacies transition ;Henan Province

0 引言

河南省偃龙煤田深部铝土矿床属于嵩箕成矿区中的偃师-巩义-荥阳铝土矿成矿带^[1] ,铝(黏)土矿为赋存于寒武-奥陶系古风化剥蚀面上的一水硬铝石型铝(黏)土矿 ,成矿时代为晚石炭世本溪组^[2-3]。该矿床是在河南省铝土矿资源整装勘查项目的实施中发现的。在资源量估算的过程中 ,根据已实施的 159 个钻孔的见矿情况 ,结合化验测试的基本分析结果 ,研究认为偃龙深部铝土矿、黏土矿、铁矾土之间呈相变过渡关系特征 ,并对资源量估算方法进行了研究 ,提出了科学的建议。

1 区域地质概况

偃龙深部铝土矿床位于洛阳盆地的东南侧 ,处于嵩山背斜北翼(图 1)。南部为寒武系地层 ,主要岩性为灰色细粒石英砂岩、粉砂岩、砂质页岩、厚层灰岩。东部为二叠系地层 ,主要岩性为杂色砂质页岩、长石石英砂岩、钙质粉砂岩及页岩组成。西部为新近系 ,大面积被第四系坡积物、级阶地冲洪积物覆盖。铝(黏)土矿赋存于石炭系上统本溪组中。

勘查区整体呈单斜状向北倾伏 ,倾角 10~20°。成矿地质体的具体形态与下伏古岩溶侵蚀面有密切关系。基底岩溶侵蚀面较平坦时 ,成矿地质体呈似层状或

收稿日期 2015-11-11 ,修回日期 2016-01-12。编辑 :李兰英。

基金项目 :中央地勘基金河南省地质勘查基金项目(编号 52:预查 ,8:普查)。

作者简介 :周红春(1969—) ,男 ,地质高级工程师 ,从事矿产勘查与评价工作。通信地址 :河南省郑州市高新技术开发区科学大道 81 号 地质科技大厦 1221 室 ,E-mail://1873510243@qq.com

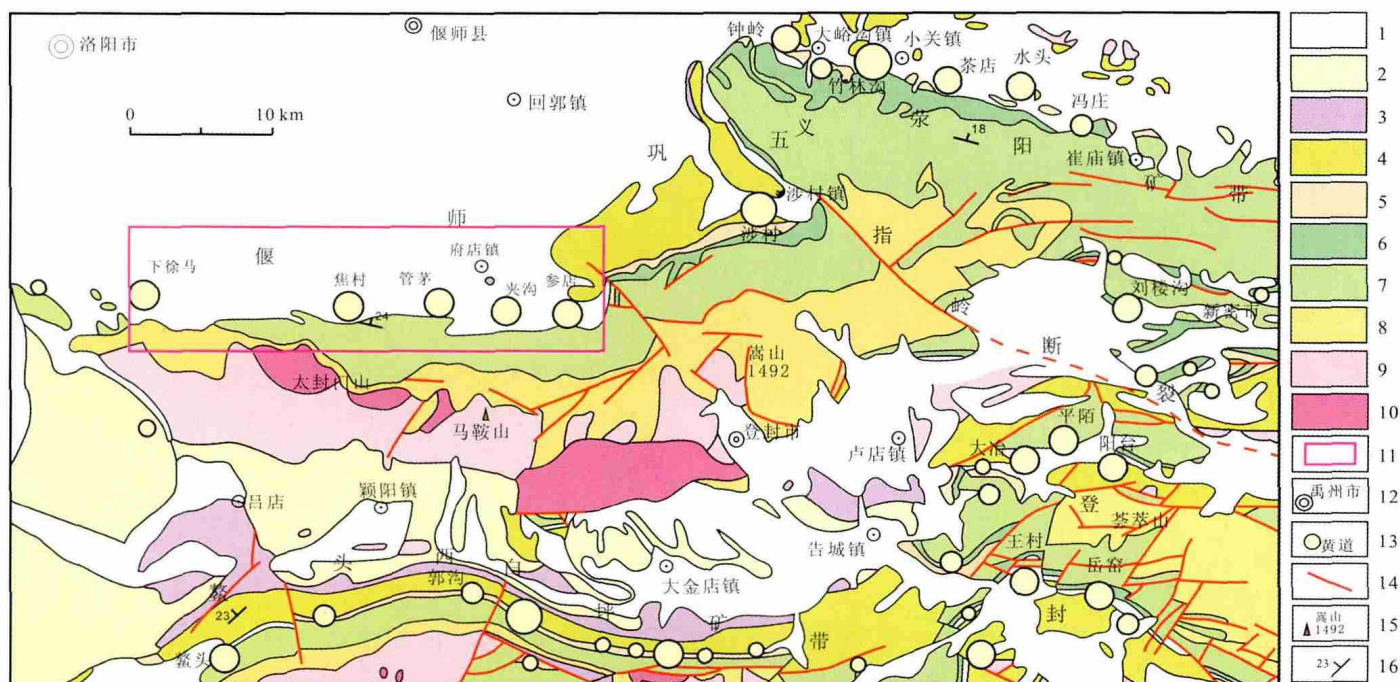


图1 区域地质图

(底图据文献[1])

Fig. 1 Regional geological map of Yanlong deposit

(Based on Reference [1])

1—第四系(Quaternary) 2—新近系(Neogene) 3—三叠系(Triassic) 4—二叠系(Permian) 5—石炭系(Carboniferous) 6—奥陶系(Ordovician) 7—寒武系(Cambrian) 8—元古宇(Proterozoic) 9—太古宇(Archean); 10—元古宙花岗岩(Proterozoic granite); 11—工作范围(study area); 12—城市(city); 13—铝土矿点(bauxite occurrence); 14—断层(fault); 15—山峰(peak); 16—产状(attitude)

连续的透镜状。基底岩溶侵蚀面为溶坑或者溶斗时,则为透镜状、溶斗状、鸡窝状及不规则状。往往在古岩溶坑凹处形成厚度较大的透镜体,而古岩溶坑凹中心向外逐渐变薄。由于沉积时在古岩溶侵蚀面上起了填平补齐的作用,因而上平下凹为其基本的形态特征。

2 含矿岩系特征

本区铝土矿的含矿岩系主要由铝土矿、黏土矿、铁矾土矿、硫铁矿、菱铁矿组成,厚0.5~57.95 m,一般1~10 m。含矿岩系赋存在上石炭统本溪组(C_2b)中,自下而上分3段(图2)。

下段(C_2b^1):为铁质页岩,呈紫红、灰及深灰色,由铁质、黏土质和砂质组成,与黏土矿、铝土矿呈逐渐过渡关系。该段中下部常由深灰、灰黑色鲕状菱铁页岩或灰、浅灰色黄铁页岩组成“山西式”硫铁矿。其厚度0~9.72 m。

中段(C_2b^2):为铝土矿、黏土矿和铁矾土矿层,主要矿物为一水硬铝石,其次为高岭石、水云母等,厚度为0.40~28.15 m,平均为2.95 m。呈似层状、透镜状,在溶斗中常呈洼斗状产出。铝土矿主要呈灰色—黑色气

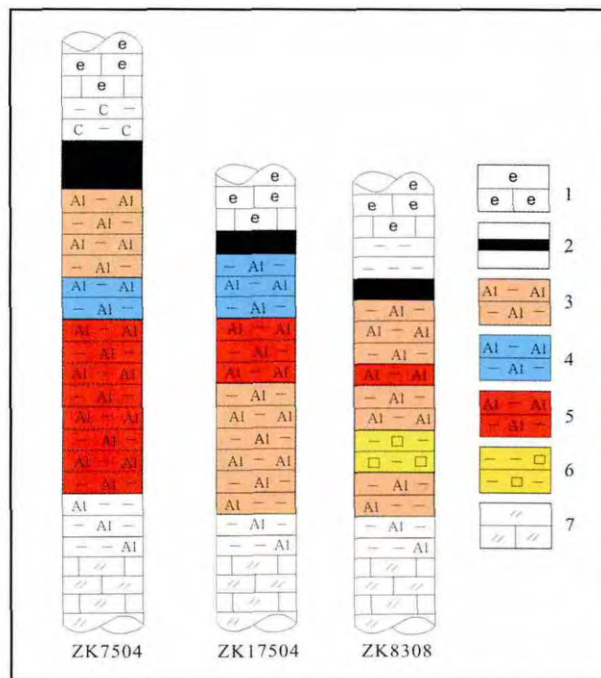


图2 铝土矿、黏土矿和铁矾土矿之间的上下关系

Fig. 2 The interrelation of bauxite, clay and laterite in drill holes
1—生物碎屑灰岩 (bioclastic limestone) 2—煤层 (coal) 3—铁矾土矿 (laterite) 4—耐火黏土矿 (refractory clay) 5—铝土矿 (bauxite) 6—硫铁矿 (pyrite) 7—白云质灰岩 (dolomite limestone)

孔状、块状、豆鲕状,黏土矿主要呈致密状或稀豆鲕状。铝土矿、黏土矿和铁矾土的矿物成分相近,且不同矿种的工业指标有交叉特征。在同一钻孔中部分样品属于铝土矿、黏土矿和铁矾土矿中的2种,甚至3种,多数情况下该3个矿种互为某一矿种的顶底板(图2),且时常呈相变过渡并有相互消长的特征。

上段(C_2b^3):一般以黏土页岩为主,有时相变为砂质页岩或炭质页岩。黏土页岩呈浅灰白色,局部深灰色—黑色,偶因铁质污染呈土黄、紫红等杂色,泥质结构,显页理,岩性柔软,易风化破碎,含植物化石和根系化石。矿物成分以水云母为主,次为高岭石及铁质氧化物。厚度一般在1 m至数米之间。

3 相变特征

3.1 岩相相变特征

从垂向上看,含矿岩系具有明显的三层结构。

下段为灰黑色致密状铝土质泥岩,粒度较细,手感细腻,块状构造,见有不规则的纹层,局部见有与纹层平行排列的碎屑层,碎屑呈棱角状,一般在1 cm以下,成分单一,含有较多的团块状、不规则状和细层状黄铁矿,团块状黄铁矿不均匀分布在铝土质泥岩中,细层状黄铁矿分布在灰色致密状铝土矿与代表还原环境的黑色炭质泥岩岩性界面之间。根据岩石组合、岩性特征,该段属浅湖相^[4]。该岩相环境的变化,不仅有利于含铝矿物的凝聚和沉淀,而且使铁质以 Fe^{2+} 形式发生沉淀,生成黄铁矿。该段主要赋存“山西式”硫铁矿,个别钻孔见有铁矾土矿,且该段在浅部常缺失,在深部发育较好。

中段为灰色豆鲕状和碎屑状铝土矿,豆粒和鲕粒多为圆状和椭圆状,粒径一般在2~4 mm之间,多数豆鲕粒圈层构造明显(图3),在纵向上常产生正粒序的粒度变化,长轴有时见定向排列,并平行于层理。碎屑

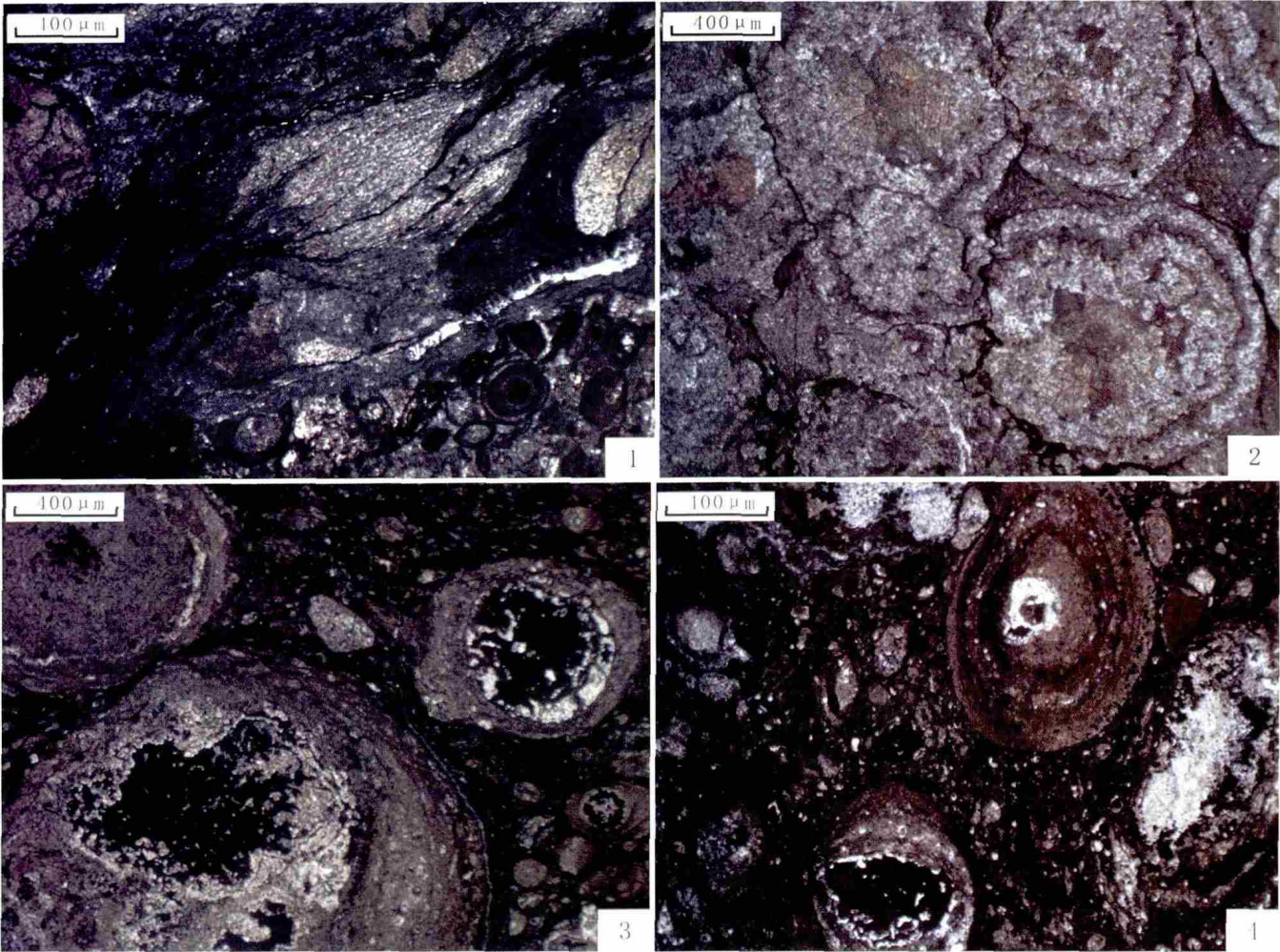


图3 偃龙铝土矿含矿岩系沉积特征

Fig. 3 Sedimentary characteristics of the ore-bearing rock series in Yanlong deposit

1—豆状铝土矿中豆粒的圈层(lenticular bauxite), ZK7608, 549 m; 2—豆粒的镶嵌现象(mosaic texture of ooid), ZK10808, 330 m; 3—撕裂的颗粒及其流动现象(split ooid), ZK1206, 257 m; 4—豆状铝土矿及黄铁矿的交代现象(bauxite ooid and pyrite), ZK7608, 549 m

常呈不规则状, 粒度一般小于 3 mm. 在垂向上由该段下部的豆鲕状逐渐变为豆鲕状与碎屑状共存, 再渐变为以碎屑状为主的特点. 这种岩性特征表明形成环境为水深不大的动荡条件^[5], 其形成主要受化学沉积和机械作用共同影响^[6], 形成的沉积相为浅海相, 反映成矿物质被带入浅海盆地以后, 在滨岸动荡环境中形成铝土矿或黏土矿. 中段的底部黄铁矿呈星点状不均匀分布, 且局部交代豆鲕和碎屑, 与下部铝土质泥岩呈渐变过渡关系. 该段除了赋存铝土矿, 部分地段有铁矾土矿.

上段为灰黑色铝土质泥岩, 细纹层发育, 常夹有厘米级的煤线, 夹有植物茎叶化石, 并向上部煤线逐渐增多, 厚度一般在 1 m 至数米之间, 最后过渡为本溪组与太原组交界的煤层, 沉积环境为沼泽相. 该段主要赋存

黏土矿和铁矾土矿. 在纵向上, 浅部铝土矿、黏土矿和铁矾土矿多发育, 且彼此厚度呈互为消长的特征. 铁矾土矿多赋存在铝土矿之下, 向深部延伸, 硫铁矿逐渐发育(图 4), 且硫铁矿与铝土矿、黏土矿呈渐变过渡和互为消长的关系. 含铝矿物由浅部的豆鲕状铝土矿或铝土质黏土岩向深部逐渐过渡为致密状铝土矿. 这些泥质沉积物由浅部向深部粒度渐细, 整个含矿岩系的厚度也有逐渐变薄的趋势, 反映出机械沉积的分异作用. 随着向深部延伸, 沉积环境逐渐变为中性—偏碱性的还原环境. 该环境提高了 SiO_2 的溶解度, 使其趋于不饱和状态, 间接地导致了过饱和的 Al_2O_3 发生沉淀, 形成致密状的铝土矿. 还原环境也促使黄铁矿发生大量的沉淀, 形成浅部没有硫铁矿而深部易形成硫铁矿的格局.

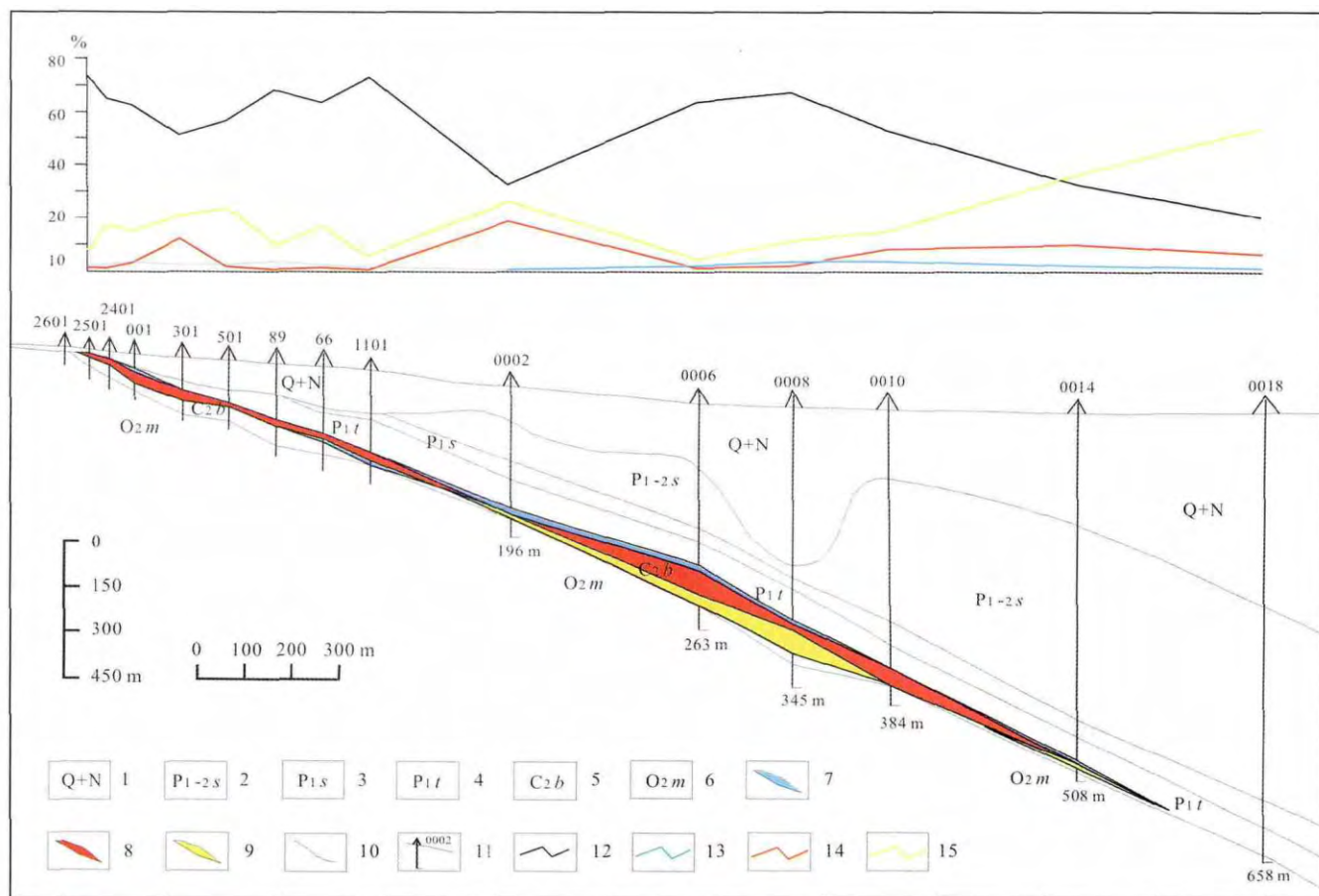


图 4 偃龙煤田深部铝土矿区 00 勘探线剖面图

Fig. 4 Profile along the prospecting line 00 in Yanlong bauxite deposit

1—第四系和新近系(Quaternary and Neogene) 2—下中二叠统石盒子组(Lower-Middle Permian Shihezi fm.) 3—下二叠统山西组(Lower Permian Shanxi fm.) 4—下二叠统太原组(Lower Permian Taiyuan fm.) 5—上石炭统本溪组(Upper Carboniferous Benxi fm.) 6—中奥陶统马家沟组(Middle Ordovician Majiagou fm.) 7—耐火黏土矿(refractory clay) 8—铝土矿(bauxite) 9—硫铁矿(pyrite) 10—地质界限(geologic boundary) 11—钻孔位置及编号(drill hole and number) 12— Al_2O_3 含量曲线(curve of Al_2O_3 content) 13— TiO_2 含量曲线(curve of TiO_2 content) 14— Fe_2O_3 含量曲线(curve of Fe_2O_3 content) ; 15— SiO_2 含量曲线(curve of SiO_2 content)

3.2 元素含量相变特征

在垂向上, Al_2O_3 的含量在上部和下部相对较低, 向中部逐渐增高, 高值主要集中在中段豆鲕状铝土矿中, 但含量变化是连续的, 均匀的, 变化系数为 16% (图 5)。 SiO_2 含量变化特征与 Al_2O_3 的变化特征相反, 由下段的硫铁矿和上段的耐火黏土向中部豆鲕(碎屑)状铝土矿逐渐降低, 其含量变化也是连续的, 较均匀, 变化系数为 86%。单工程 Al_2O_3 含量和 SiO_2 含量具有较明显的规律: 二者的含量变化呈此消彼长的特征, 其相关系数偏大。在 ZK0006 中, 二者的相关系数为 -0.73, 属于中度负相关。

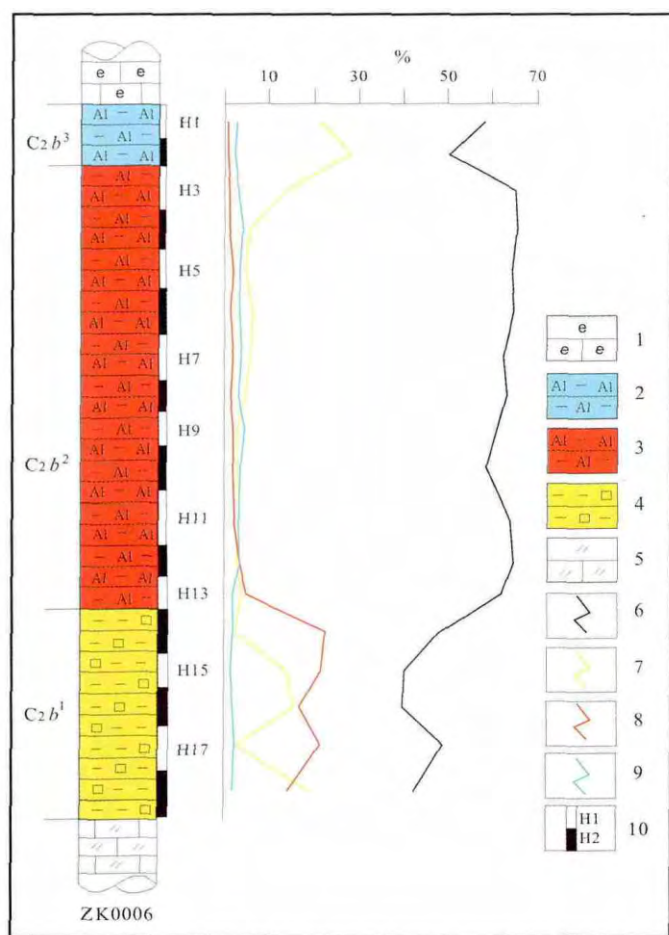


图 5 ZK0006 含矿岩系主要化学成分质量分数曲线图

Fig. 5 Content curve of major components in the aluminiferous rocks from drill hole ZK0006

1—生物碎屑灰岩 (bioclastic limestone) 2—耐火黏土矿 (refractory clay) 3—铝土矿 (bauxite) 4—硫铁矿 (pyrite) 5—白云质灰岩 (dolomitic limestone) 6— Al_2O_3 含量曲线 (curve of Al_2O_3) 7— SiO_2 含量曲线 (curve of SiO_2) 8— Fe_2O_3 含量曲线 (curve of Fe_2O_3) 9— TiO_2 含量曲线 (curve of TiO_2) 10—采样位置及编号 (sampling position and code)

Fe_2O_3 和 TiO_2 的含量在中段含量变化稳定, 在下段含量变化较大, 这是由于下段沉积是还原环境, 导致

黄铁矿含量增高, 反映了 2 个特征 (1) 铝土矿与耐火黏土矿、硫铁矿为相变关系, 这是由于形成铝土矿与形成耐火黏土矿、硫铁矿的沉积环境具有继承性, 变化不大 (2) 铝土矿与硫铁矿由于沉积环境的变化较大, 相变关系不明显。

在纵向上, Al_2O_3 的含量在南部和北部相对较低, 向中部逐渐增高, 高值主要集中在 ZK0006、ZK0008 钻孔中, 但含量变化是连续的, 变化系数为 21%。 SiO_2 含量变化虽具有突变性, 但总体是连续的, 变化系数为 60%, 含量变化与 Al_2O_3 的变化截然相反, 由南部和北部钻孔向中部的钻孔降低, 其与 Al_2O_3 的高低对应关系非常明显, SiO_2 含量与 Al_2O_3 含量相关系数为 -0.48, 属于明显的负相关关系。

Fe_2O_3 和 TiO_2 的含量在浅部变化较大, 变化系数分别为 145% 和 28%, 而在深部其含量变化稳定, 这是由于深部地球化学条件为还原环境, 水体的能量低, 矿物含量变化不大的缘故。同时向深部, Al_2O_3 的含量降低, SiO_2 含量增高, 这是由于在低能量的还原环境下, 从浅部向深部搬运的含铝矿物减少, 水体中细碎屑物沉积成岩的原因。同样, S 的含量由浅部向深部有逐渐增高的趋势, 与 Al_2O_3 含量相关系数为 -0.45, 属于低度负相关。从化学成分上反映了 2 个特征 (1) 纵向上铝土矿与耐火黏土矿为相变关系 (2) 纵向上铝土矿与硫铁矿相变关系不明显, 不是相变关系。

4 资源量估算方法探讨

偃龙煤田深部铝土矿矿床的含矿岩系由铝土矿、黏土矿、铁矾土矿和硫铁矿等矿种相互共生, 因此在估算各种矿产的资源量时, 按照以铝土矿为主要矿种, 耐火黏土矿为次要矿种, 铁矾土矿和硫铁矿按照“达标成型”的原则进行圈定和估算, 对上石炭统本溪组的含矿岩系予以综合评价。

铝土矿等各矿种之间在垂向上和纵向上存在相变关系, 单工程的基本分析样品存在同一或同一组样品既属于铝土矿又属于黏土矿, 或者属于铁矾土矿, 以及同一样品既属于铁矾土矿又属于硫铁矿的现象。这时圈定某一矿种的矿体边界时, 首先按照主次矿种的顺序圈定, 其次假设两个钻孔中某一个样品或一组样品同时属于两种矿产, 次要矿产的矿体边界从一钻孔尖灭到另一钻孔, 矿体资源量计算边界平推 2 个钻孔间距中间 (图 6A)。假设某一个钻孔中某一个样品或一组样品同时属于两种矿产, 而相邻钻孔中同一层位的一个样品或一组样品仅属一种矿产, 则该矿产的矿体边界尖推到 2 个钻孔中间, 矿体资源量边界从见矿钻孔外平推 1/4 工程间距 (图 6B)。

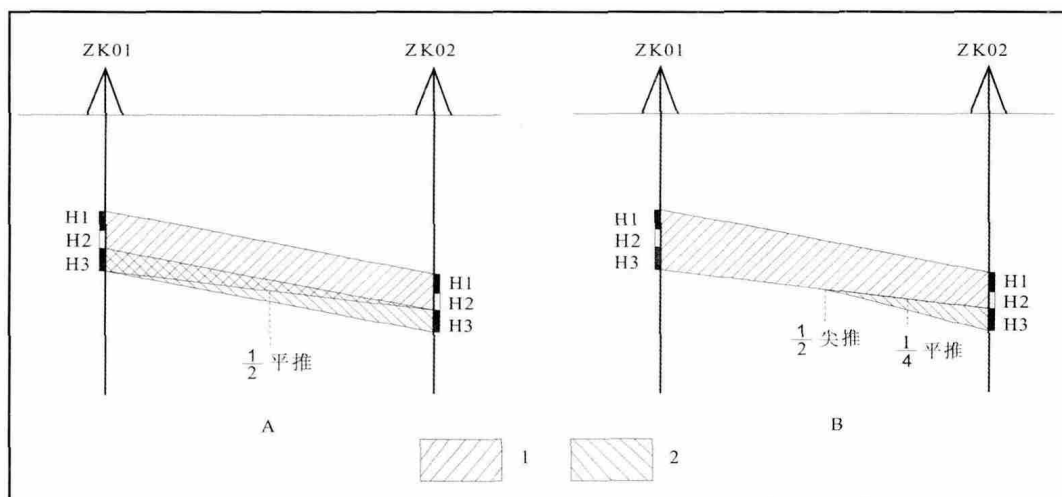


图6 矿体相变外推图

Fig. 6 Extrapolation of orebody

1—铝土矿体(bauxite body) 2—铁矾土矿体(ferruginous bauxite body)

各种矿体的各自连接,首先严格按照各矿种的工业指标,对单工程矿体边界,以及矿体中夹石厚度进行确定。由于铝土矿、黏土矿等属于沉积型矿产,且159个钻孔仅有1个钻孔受溶蚀洼地而见到厚大矿体呈漏斗状,其余钻孔见到的矿体呈层状、似层状,因此当单工程中某一矿种的组分达到边界品位要求,而厚度小于可采厚度时,应严格按照内插法确定最小可采厚度边界。

同时由于钻孔中见到多个矿种的相变过渡,在剖面图中应严格按照同一矿种的同一层位进行对比连接,禁忌矿体的穿层连接。

矿体的其他圈定连接和外推方法均按照正常矿种的各种规范、规程、国土资源部相关文件规则及中国矿业权评估师协会的各种公告等。

5 结论

通过沉积型矿产铝土矿、黏土矿、铁矾土、菱铁矿等诸矿产的含矿岩系特征认识,结合偃龙煤田深部铝土矿矿床,对该矿床的垂向上和纵向上的岩相相变特征和元素含量变化特征进行深入的分析和研究,元素含量变化与岩相相变关系密切,并且说明矿种之间存

在相变过渡关系的特征。

根据该认识,对沉积型铝土矿、耐火黏土矿等矿种,的资源量估算方法提出了新的科学方法:各种矿产的资源量按照以铝土矿为主要矿种,耐火黏土矿为次要矿种,铁矾土矿和硫铁矿按照“达标成型”的原则进行圈定和估算,对石炭系上统本溪组的含矿岩系予以综合评价,认真分析样品数据的含矿属性,按照矿种相变的特征,进行相应的外推,验证对不同勘探线间的剖面的对比连接,防止不同矿床的连接出现穿层的现象。

参考文献:

- [1]陈旺. 豫西石炭纪铝土矿成矿系统[D]. 北京:中国地质大学,2009,41-49.
- [2]吴国炎,姚公一. 河南铝土矿床[M]. 北京:冶金工业出版社,1996:72-137.
- [3]廖士范,梁同荣. 中国铝土矿地质学[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1991:41-51.
- [4]李战明,马晓辉,郭锐,等. 河南大冶矿区晚石炭世岩相古地理特征及铝土矿找矿方向[J]. 地质找矿论丛,2012,27(4):433-439.
- [5]刘长龄,覃志安. 我国沉积铝土矿中豆鲕粒的特征与成因[J]. 地质找矿论丛,1990,5(1):72-83.
- [6]胡旭,伊海生,王刚,等. 沉积型铝土矿鲕豆粒结构特征及其成因分析[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版),2013,15(2):5-9.