

广西红土型高铁三水铝土矿资源潜力预测

王瑞湖^{1,2}, 李 梅², 陈定雄³

WANG Rui-hu^{1,2}, LI Mei², CHEN Ding-xiong³

1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074;

2. 广西地质勘查总院, 广西 南宁 530023;

3. 广西第六地质队, 广西 贵港 537100

1. *China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;*

2. *Guangxi General Institute of Geology and Exploration, Nanning 530023, Guangxi, China;*

3. *No. 6 Geological Exploration Party of Guangxi, Guigang 537100, Guangxi, China*

摘要:在对区域成矿特征与典型矿床研究的基础上,系统总结了广西红土型高铁三水铝土矿的成矿地质特征,深入分析了红土型高铁三水铝土矿成矿的控制因素。进而运用基于 GIS 的“矿床模型综合地质信息预测方法”对广西红土型高铁三水铝土矿进行了综合定位和定量预测,共圈定了 42 个最小预测区,估算未查明预测资源量 7.67×10^8 t。该成果对广西红土型高铁三水铝土矿进一步勘查开发具有重要的指导意义。

关键词:红土型高铁三水铝土矿;矿产预测;广西

中图分类号:P618.45; P612

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2011)08-1303-09

Wang R H, Li M, Chen D X. Resource potential prediction for lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits in Guangxi. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(8):1303-1311

Abstract: According to characteristics of regional mineralization and typical ore deposits in Guangxi, the authors made a systematic summarization of features of lateritic high-iron gibbsite bauxite mineralization and a thorough analysis of the factors controlling this type of bauxite deposits. Comprehensive localization and quantitative prognosis of lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits were carried out by using the GIS-based deposit model comprehensive geological information prediction method. 42 ore targets were delineated, and potential resources are estimated to be about 767 million tons. These results have important guiding significance for further prospecting and development of the lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits.

Key words: lateritic high-iron gibbsite bauxite deposit; mineral prediction; Guangxi

中国铝土矿资源较为丰富,但绝大部分(97%以上)为一水铝石型,三水铝石型只发现几处小型矿床,如福建漳浦、海南蓬莱等。直至 1987 年在广西贵港发现了红土型三水铝土矿,才突破了中国不具备形成大型三水铝石型铝土矿成矿条件的认识。广西红土型高铁三水铝土矿是中国迄今发现的唯一特大型铁、铝共生矿床。近年来随着国家经济的持续高速发展,铁、铝等大宗矿产的对外依存

度越来越高,铁精矿和氧化铝的市场价格不断攀升,立足国内,充分利用现有的铁、铝资源已刻不容缓。桂中红土型高铁三水铝土矿已列入广西“十二五”规划矿产资源总体规划的重点勘查开发对象之一。因此,系统研究总结全区红土型高铁三水铝土矿的成矿特征和控矿因素并定量预测资源潜力,对广西铝土矿整装勘查部署和未来开发基地布局均有重要的指导意义。

收稿日期:2011-03-21;修订日期:2011-05-11

资助项目:中国地质调查局全国矿产资源潜力评价项目之工作项目《广西矿产资源潜力评价》(编号:1212010813019)

作者简介:王瑞湖(1965-),男,教授级高级工程师,从事地质矿产勘查和研究工作。E-mail:wrh20080808@163.com

1 红土型铝土矿成矿特征

1.1 成矿地质背景

广西红土型高铁三水铝土矿主要分布于贵港、横县、宾阳、来宾、武鸣等地(图 1),大地构造上属扬子陆块东南缘的湘桂断陷盆地和十万大山碳酸盐台地。主要出露寒武系和泥盆系一二叠系,泥盆系一二叠系以台地相碳酸盐岩建造为主,其次为“台盆”相富含有机质、黄铁矿、锰质的黑色碎屑岩、泥岩、泥质灰岩及硅质岩建造,局部发育生物礁建造,为本区红土型高铁三水铝土矿成矿提供了丰富的物源。

1.2 矿床特征

1.2.1 含矿建造特征

广西红土型高铁三水铝土矿均产于岩溶准平原区内低丘、矮岭和台地的第四纪钙红土风化层中,含矿岩系一般厚 3~30m,平均 8~15m,属第四系更新统,与基底呈角度不整合接触。具有明显的垂向分带性,从上至下可细分为下述 3 个带^[4](图 2)。

(1) 红土带

①红土层(表土层):由棕红色松散状粘土夹微量细粒三水铝土矿石组成,顶部常覆盖有 0.1~0.5m 厚的棕褐色腐殖层。该层粘土粘性差,结构疏松,厚 0~10m,一般为 0.5~4m。

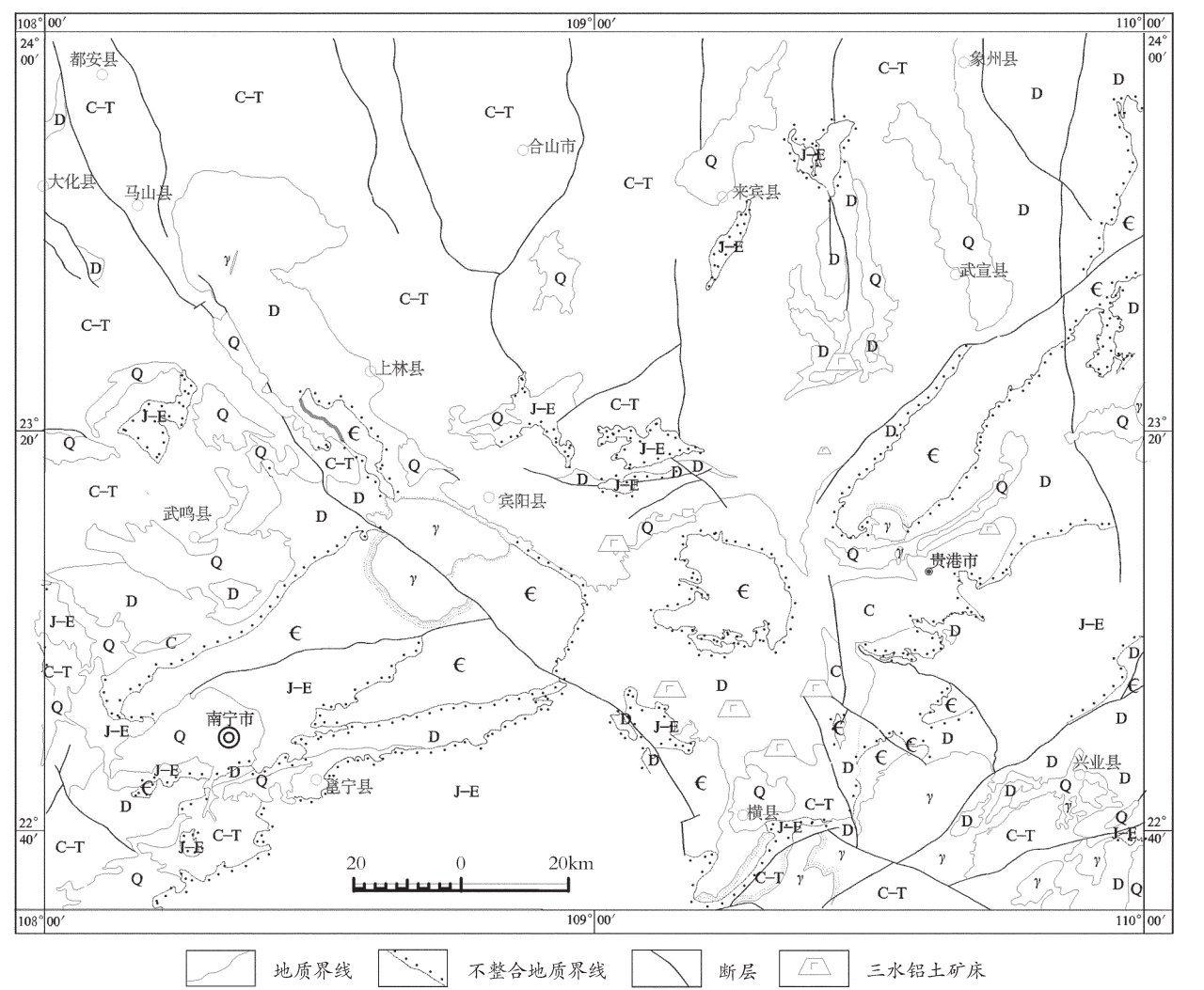


图 1 广西红土型高铁三水铝土矿分布示意图

Fig. 1 Distribution of lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits in Guangxi

Q—第四系;J-E—侏罗系-古近系;C-T—石炭系-三叠系;D—泥盆系;ε—寒武系;γ—花岗岩体

②高铁三水铝土矿层:由棕黄—褐红色松散状粘土基质与三水铝土矿砾块、碎屑、少量褐铁矿结核组成。矿石块度大小不一,一般 0.1~5cm,个别大于 2m;矿块坚硬,多呈豆粒状、鲕粒状、蠕虫状、结核状或由其组成的砾块状集合体,少量为不规则碎屑状,磨圆度差。该层厚 0~16m,一般为 2~6m,从上至下在矿石含量、块度、基质结构等方面均有较明显的递变规律,一般中上部含矿量高、矿石块度大,基质粘土结构疏松、粘性弱,为高铁三水铝土矿的主矿层;下部含矿量较低、矿石块度较小,含铁、锰相对较高,基质粘土结构较紧密、粘性中等,为次要含矿层。但两者呈渐变过渡关系,无明显分界线。

(2)杂色粘土带

③网纹状粘土层(斑状粘土层):主要由紫红、褐

红、橙黄、灰白、黑褐等杂色含锰、铁铝质粘土夹少量三水铝土矿石组成。该层粘土厚 2~8m,粘性较大,常呈胶状,其中铁、锰质常沿橙黄色、灰白色粘土的裂隙渲染充填,构成花斑状或网纹状构造。

④黄色粘土层:为浅黄—黄色粘土,上部色深,结构较松散,下部色浅、质软、细腻,微具滑感,粘性中等。上部局部富集三水铝土矿石,与上层界线清楚,厚度 2~3m。

⑤高岭石粘土层:为紫红、橙黄、灰白色高岭石粘土,位于潜水面以上呈橙黄色,在潜流带内的呈紫红色、灰白色。粘土细腻、具滑感、粘性强,厚度 1~4m。

(3)半风化基岩带

⑥伊利石粘土层:由浅黄、黄褐、灰白色伊利石粘土夹半风化基岩碎块组成,基岩碎块主要为半风化泥岩、泥灰岩、生物碎屑泥灰岩、白云质灰岩、钙质白云岩、灰岩、白云岩等,厚度 0.5~7m。

1.2.2 矿体特征

矿体均分布于溶蚀准平原内,由不纯碳酸盐岩强烈风化形成的第四纪低丘、矮岭和台地的红土化风化壳中,出露高程一般在 80~160m 之间。矿体形态复杂,平面上呈面型分布,边界不规则;剖面上主要呈层状、似层状、透镜状,其产状与地形坡度基本一致,倾角 2~10°。矿体规模大小悬殊,一般长几百米至几千米,宽几十米至几百米,面积几百平方米至几千平方米,最大可达 30km²。矿体一般厚度 2~6m,最厚 17m。含矿量一般为 400~1100kg/m³,最高可达 1500kg/m³。

1.2.3 矿石特征

矿石矿物组分复杂,以三水铝石、含铝针铁矿、赤铁矿和高岭石为主,次为伊利石、石英、钛铁矿、一水铝石及刚玉、铝凝胶等 20 余种微量矿物。

矿石主要呈细—隐晶结构、粒状结构、凝胶结构等。矿石构造主要有砾状、豆状、鲕状、结核状、蠕虫花斑状等,其中豆(鲕)状、结核状构造最为常见。

1.2.4 地球化学特征

用 4km² 网格元素含量圈定元素(或氧化物)等值线图,以累频为 85%、92%、98% 的含量(表 1)作为异常的外、中、内带进行单元素(氧化物或其比值)异常圈定。经典型矿田研究发现:Al₂O₃、Fe₂O₃、Ga 和 A/S(Al₂O₃/SiO₂)异常规模大、强度高、浓度分带明显,且相互套合好,其分布与已知矿床(点)吻合性较好,反映由高铁三水铝土矿引起,属矿致异常,具有

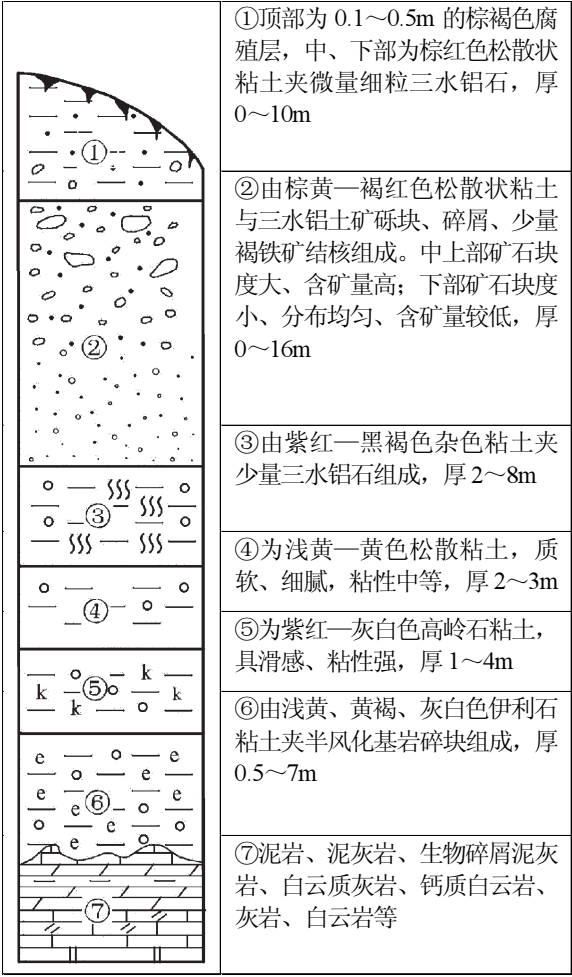


图 2 红土型高铁三水铝土矿含矿建造柱状示意图

Fig. 2 Columnar section of ore-bearing rocks in lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits

表 1 王灵高铁三水铝土矿化探异常分带含量范围

Table 1 Content range of geochemical anomaly zoning in the Wangling high-iron gibbsite bauxite deposit

元素或 化合物	异常外 带含量	异常中 带含量	异常内 带含量
Al ₂ O ₃ /%	20.4~22.4	22.4~24.9	>24.9
Fe ₂ O ₃ /%	9.1~10.1	10.1~11.5	>11.5
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.40~0.50	0.50~0.60	>0.60
Ga/10 ⁻⁶	25.5~28.2	28.2~31.6	>31.6

重要找矿意义。

1.2.5 遥感影像特征

广西红土型铝土矿成矿区以广泛出露碳酸盐岩为特征,其遥感影像呈紫红色、粉红色夹黄绿色、青绿色、蓝黑色,色调较均匀,边界隐晦,地貌形态以岩溶孤峰、岩溶谷地为主,属准平原地貌,地表水体较多。红土型高铁三水铝土矿均赋存于溶蚀平原或准平原的低丘、矮陵和台地中,其色彩以红色为主夹少量杂色,色调较均匀,边界隐晦(图 3)。这种独特的影纹、色调特征使得运用中一大比例尺遥感影像解译较准确地圈定岩溶地貌与岩溶区第四系红土分布范围成为可能。

1.3 成矿控制因素

(1)矿源层和岩性条件:广西红土型高铁三水铝土矿的成矿物质主要来源于下伏的泥盆系—二叠系基岩,而矿体均赋存于以该矿源层为基底的第四系更新统红土风化壳中。矿源层的岩性主要为含 Al、Fe、Mn、Si 等不纯的碳酸盐岩,化学性质活泼,易于风化、溶蚀、淋滤,使 Fe、Al、Si、Mn、Ti 等稳定氧化物残留富集或交代淀积^[3],形成典型的红土风化壳。

(2)构造条件:自新近纪以来,广西地壳运动进入了相对平静时期,以间歇性缓慢隆升的构造运动为主,在桂中形成了多期溶蚀阶地、岩溶谷地或溶蚀准平原,为高成熟度含矿红土层的形成与保存提供了必要的条件。

(3)古气候条件:桂中铝土矿成矿区位于北回归线附近,新近纪以来属热带、亚热带季风气候,具雨热同季、炎热潮湿的特点;年均气温大于 21℃,年稳定积温达 7000~9500℃,年积雨量达 1500~2000mm,年蒸发量 1500~1700mm。在这种炎热潮湿的气候下,矿源层的物理风化,特别是化学风化和生物风化作用十分强烈,是红土型铝土矿形成的必要条件。

(4)地形地貌条件:桂中地区以红土化溶蚀平原或准平原低矮丘陵地貌为特征,属老年期岩溶地貌类型。在这种平缓、开阔的准平原地区,剥蚀作用不

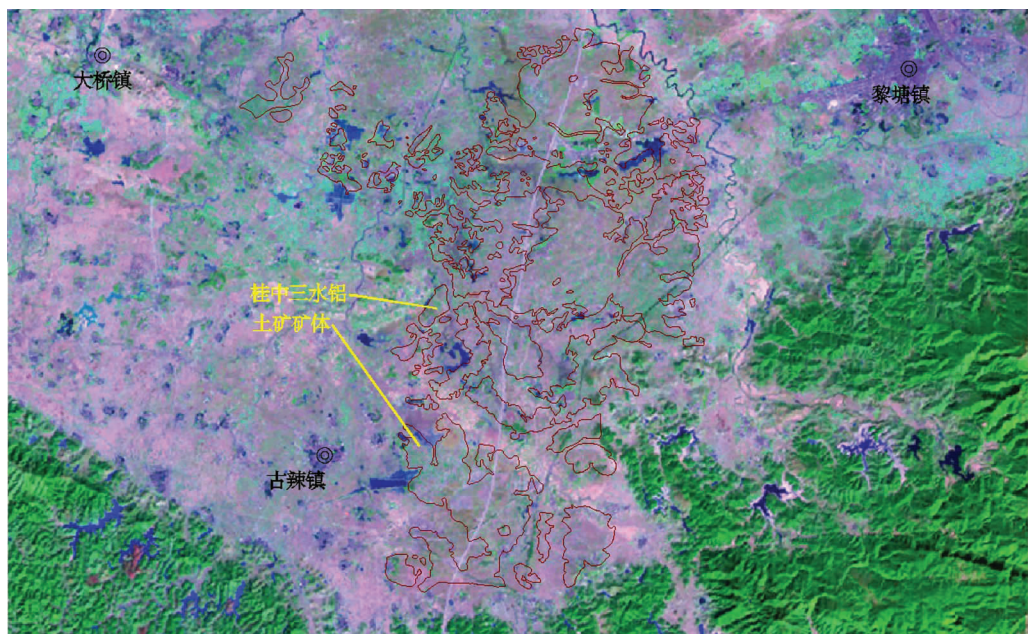


图 3 广西宾阳县王灵红土型高铁三水铝土矿遥感影像

Fig. 3 Remote sensing image map of the Wangling lateritic high-iron gibbsite bauxite deposit in Binyang County, Guangxi

明显,地表水与地下水补给、径流、排泄系统完善,地下水潜水面较低,且地下水位随季节变化所产生的相对高差较大,水的垂直循环、淋滤和矿物水解等化学风化作用强烈,有利于典型红土风化壳的形成和高铁三水铝土矿的聚集和保存。

2 红土型铝土矿资源潜力预测

2.1 矿产预测类型与预测方法

矿产预测类型^[3-4]是开展矿产预测工作的基本单元,凡是在同一地质作用下形成的,成矿要素和预测要素基本一致,在同一张预测底图上完成预测工作的矿床、矿点和矿化线索可以归为同一矿产预测类型。广西红土型高铁三水铝土矿形成于第四纪,矿床赋存于岩溶(准)平原区内低丘、矮岭和台地中的第四纪钙红土风化层中,成矿物质主要来源于泥盆系—二叠系含 Fe、Al、Mn、Si 等不纯的碳酸盐岩。按全国潜力评价矿产预测类型划分原则,本区红土型铝土矿划属为“贵港式”红土型高铁三水铝土矿床,预测方法类型选择沉积型矿产预测方法,预测底图采用 1:10 万地貌与第四纪地质图,定量预测方法为地质体积分法。

2.2 预测要素与预测模型

通过对典型矿床和预测工作区的成矿地质背景、成矿规律的分析研究,总结提取了广西红土型高铁三水铝土矿预测要素,其中泥盆系—二叠系不纯碳酸盐岩矿源层,岩溶(准)平原区内的低丘、矮岭和台地地貌,潮湿炎热的古气候和第四系更新统红土是必要的预测要素,并在此基础上建立了“贵港式”红土型高铁三水铝土矿描述性预测模型(表 2)。

2.3 预测单元划分与变量选择

预测单元的划分方法大致可分为网格单元法和综合信息地质单元法。根据广西红土型高铁三水铝土矿的成矿特点与工作程度,本次预测拟选择综合信息地质单元法来划分红土型高铁三水铝土矿的预测单元。综合信息地质单元法,是指应用对预测矿种具有明显控制作用的地质条件和找矿意义明确的标志圈定地质统计单元的方法。该方法主要取决于综合信息解译模型中 2 种找矿标志,即以成矿的必要条件为基础、以成矿有利(或不利)标志为补充来确定综合信息地质统计单元。

广西红土型铝土矿预测思路可概括为:在分布有第四系更新统的岩溶溶蚀(准)平原中,如果具有

Al₂O₃、Fe₂O₃、A/S、Ga 的化探异常,同时存在铁染和羟基的遥感异常,则可预测该区域有可能存在红土型高铁三水铝土矿。具体预测单元的划分:在 MRAS(基于 GIS 的矿产资源评价系统)^[9]软件中使用要素叠加法,以泥盆系—二叠系不纯碳酸盐岩矿源层形成的溶蚀(准)平原为先导,以遥感解译的第四系更新统红土分布为限定,结合化探、遥感、矿产等成矿有利标志信息来确定预测远景区的边界,并通过与邻近已知矿床的类比研究,对预测远景区的边界进行适当的人工修正。

预测变量的筛选以地质研究为基础,在不损失与预测对象有直接或间接联系的主要信息的同时,精简变量,突出必要和重要的预测要素。本次定位预测选择匹配系数法对预测变量进行筛选。设有 n 个模型单元,观测了 m 个二态变量的取值,原始数据矩阵为:

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

则变量 x_i 与 x_j 之间的匹配系数计算公式为:

$$l_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n x_{ki} \cdot x_{kj}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{ki} \sum_{k=1}^n x_{kj}}}$$

匹配系数法主要用来筛选二态地质变量,即考察两预测变量同时存在的地质找矿意义。如果某预测变量与其它所有预测变量的匹配系数均较大,则认为该预测变量重要,应保留,否则可以将变量剔除。在本次预测中,采用如下指标作为衡量标准。

$$l_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m l_{ij}^2}$$

根据 m 个变量 l_j 值的相对大小,选择前几个上述指标较大的变量。通过匹配系数法筛选,广西红土型高铁三水铝土矿最小预测区优选的预测变量为:岩溶溶蚀(准)平原的第四系更新统(Qp)分布面积,Al₂O₃、Fe₂O₃、A/S、Ga 化探异常存在标志,铁染、羟基遥感异常存在标志,已知红土型高铁三水铝土矿床(点)存在标志(表 3)。

2.4 预测区圈定与优选

在 MRAS 矿产资源评价系统^[9]上,利用 MRAS 建模器,分别对第四系更新统 Qp 层变量,Al₂O₃、

表 2 广西“贵港式”红土型高铁三水铝土矿描述性预测模型
Table 2 Prognostic model for lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits of “Guigang type” in Guangxi

预 测 要 素 和 特 征 描 述		分类
(1)成矿地质环境要素		
成矿时代	第四纪更新世	必要的
构造背景	晚古生代断陷—拗陷盆地	重要的
矿源层	泥盆系—二叠系含 Fe、Al、Mn、Si 等不纯碳酸盐岩	必要的
地貌	岩溶准平原区内的低丘、矮岭和台地，高程一般为 80~160m	必要的
赋矿建造	第四系更新统红土	必要的
古气候	潮湿炎热气候	必要的
成矿作用	表生风化、红土化	必要的
(2)铝土矿矿床特征		
已知矿床	大型矿床 5 个、中型矿床 8 个、小型矿床 4 个	重要的
矿层厚度	2~6m，最厚 17m	重要的
含矿率	400~1100kg/m ³	重要的
矿石品位	Al ₂ O ₃ 20.98%~38.85%，其中三水铝石相约占 60%；Fe ₂ O ₃ 24.95%~44.82%	重要的
铝硅比值	A/S 1.81~3.71	重要的
矿物组合	主要为三水铝石、含铝针铁矿、赤铁矿和高岭石，次为伊利石、石英、钛铁矿	重要的
结构构造	细—隐晶结构、粒状结构、凝胶结构、砾状、豆状、鲕状、结核状、蠕虫状构造	次要的
蚀变	褐铁矿化、赤铁矿化	次要的
(3)物、化、遥、自然重砂信息		
化探异常	Al ₂ O ₃ 、Fe ₂ O ₃ 、A/S、Ga 等元素（或氧化物）的 1：20 万化探异常有指示意义	重要的
遥感异常	铁染、羟基遥感异常有一定指示意义	重要的

Fe₂O₃、A/S、Ga 化探异常区变量和铁染、羟基遥感异常区变量进行两两叠加分析，根据叠加分析结果初步圈定预测靶区范围；之后，再结合地貌边界、已知矿床（点）和化探异常的分布情况，对其进行人工经验补充、修正，获得各预测靶区的准确范围。具体圈定流程见图 4。经对广西来宾—贵港预测工作区进行定位预测，累计圈定了 42 个最小预测区。

预测区的优选采用特征分析法。设有 m 个变量 $x_j(j=1,2,\cdots,m)$ ， n 个模型单元，第 j 个变量在第 i 个单元上的取值为 $x_{ij}(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,m)$ ，原始数据矩阵为：

$$x=\begin{bmatrix}x_{11}&x_{12}&\cdots&x_{1m}\\x_{21}&x_{22}&\cdots&x_{2m}\\\vdots&\vdots&&\vdots\\x_{n1}&x_{n2}&\cdots&x_{nm}\end{bmatrix}$$

成矿有利程度可用单元联系度(y_i)评价，一般认为，预测单元与模型单元联系程度越高，成矿有利度也越大。可设线性关系如下：

$$y_i=a_1x_{i1}+a_2x_{i2}+\cdots+a_mx_{im}$$

其中 $a_j(j=1,2,\cdots,m)$ 为 j 变量的变量权，它反映变量 j 的重要性，可在 MRAS 矿产资源评价系统上采用平方和法求得。然后再采用线性插值法计算出各最小预测区的成矿概率值。经计算，42 个最小预测区的成矿概率均在 0.31~1.00 之间(图 5)，按照成矿概率值的大小可将其划为 A 类预测区(成矿概率 ≥ 0.8)11 个、B 类预测区($0.6 \leq$ 成矿概率 < 0.8)19 个和 C 类预测区($0.3 \leq$ 成矿概率 < 0.6)12 个(图 6)。

2.5 预测资源量估算

广西红土型高铁三水铝土矿属第四纪沉积型矿产，成矿物质来源于泥盆系—二叠系含 Fe、Al、Mn、

表 3 广西“贵港式”红土型高铁三水铝土矿优选预测变量组合

Table 3 Prognostic variable combination for lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits of “Guigang type” in Guangxi

变量名称	级别	变量取值	对应预测底图的图层属性	变量的意义
岩溶溶蚀(准)平原的第四系更新统 Qp 层变量(A1)	必要	Qp 面积	地质面图层 (面元)	红土型高铁三水铝土矿赋矿层位
Al ₂ O ₃ 化探异常区变量(A2)	重要	Al ₂ O ₃ 异常存在标志	化探异常面图层 (面元)	红土型高铁三水铝土矿主要产于 Al ₂ O ₃ 高异常区, 是重要标志
Fe ₂ O ₃ 化探异常区变量(A3)	重要	Fe ₂ O ₃ 异常存在标志	化探异常面图层 (面元)	红土型高铁三水铝土矿与 Fe ₂ O ₃ 异常区关系密切, 是重要标志
Ga 化探异常区变量(A4)	重要	Ga 异常存在标志	化探异常面图层 (面元)	红土型高铁三水铝土矿与 Ga 异常区关系密切, 是重要标志
A/S 化探异常区变量(A5)	重要	A/S 异常存在标志	化探异常面图层 (面元)	红土型高铁三水铝土矿与 A/S 异常区关系密切, 是重要标志
铁染遥感异常区变量(A6)	重要	铁染异常存在标志	遥感异常面图层 (面元)	红土型高铁三水铝土矿与铁染异常区关系密切, 是重要标志
羟基遥感异常区变量(A7)	重要	羟基异常存在标志	遥感异常面图层 (面元)	红土型高铁三水铝土矿与羟基异常区关系密切, 是重要标志
已知矿床	重要	存在标志	矿床点图层 (点元)	矿床重要标志

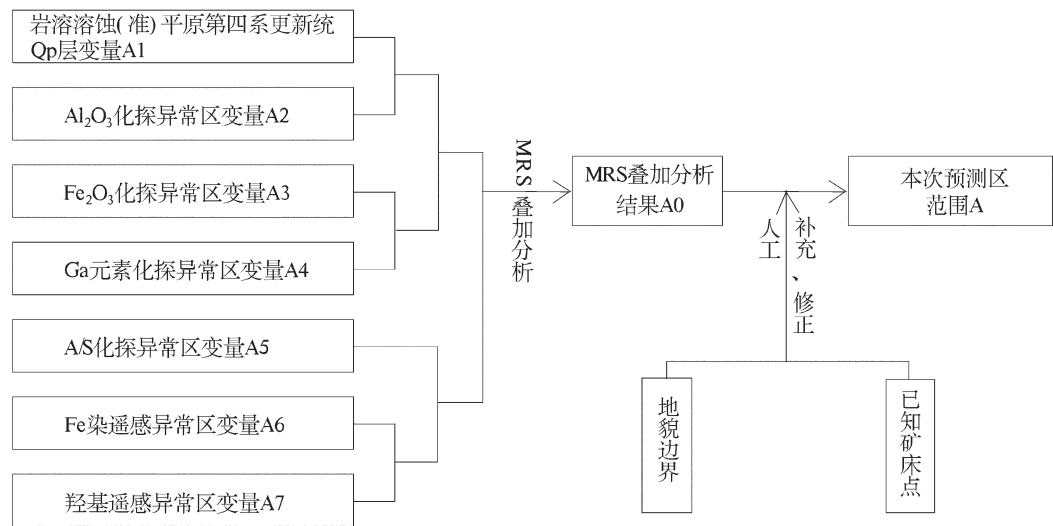


图 4 广西红土型高铁三水铝土矿预测区圈定流程

Fig. 4 Flowchart for delineating prognostic areas of lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits in Guangxi

Si 等不纯碳酸盐岩,主要成矿时代为早更新世,矿床成因与碳酸盐岩红土化作用有关,矿体呈层状、似层状产于岩溶(准)平原区内低丘、矮岭和台地中的第四纪钙红土风化层中,迄今已查明的 17 处大、中、小型矿床,其矿床类型相同、成矿特征相似,适合建立定量方法模型。因此,本次选用地质体积法来估算各

最小预测区的预测资源量。计算公式为:

$$Z_{\text{预}}=S_{\text{预}}\times H_{\text{预}}\times K_{\text{模}}\times K_s\times\alpha\times10^2$$
$$K_s=S_{\text{地}}\div S_{\text{预}}$$

$Z_{\text{预}}$: 预测区预测矿石资源量(10⁴t);

$S_{\text{预}}$: 预测区水平投影面积(km²);

$S_{\text{地}}$: 预测区含矿地质体水平投影面积(km²);

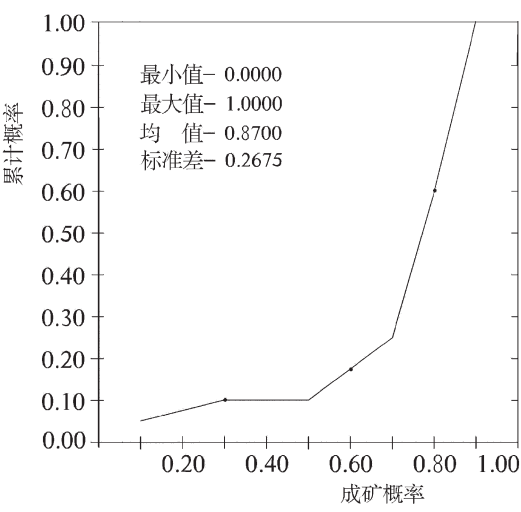


图 5 广西红土型高铁三水铝土矿成矿概率图

Fig. 5 Metallogenic probability map for lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits in Guangxi

$H_{\text{预}}$: 预测区含矿地质体平均垂深(m);
 $K_{\text{模}}$: 模型区含矿地质体含矿系数(t/m^3);
 K_s : 含矿地质体面积参数;
 α : 相似系数。

地质体积估算法的实质是将模型区高铁三水铝土矿的平均含量的估计值外推到预测区的体积上,关键是模型区的平均含矿系数($K_{\text{模}}$)和反映模型区与预测区关联程度的相似系数(α)的确定。模型区是指典型矿床所在位置的最小预测区。广西已发现高铁三水铝土矿床(点)34处,其中小型以上17处。根据已查明矿床的分布位置和工作程度,选择蒙公、马岭、稔竹-王灵、校椅、石卡、石牙、长安、颜塘-振南、大圩、龙庆、云表、大岭、石塘、旺垌、旺庄、长寨、邓广圩-太平17个典型矿床所在的最小预测区作为模型区,分别估算各模型区含矿地质体平均含矿系数($K_{\text{模}}$),计算公式如下:

$$K_{\text{模}}=Z_{\text{模}}\times10^{-2}\div(S_{\text{模}}\times H_{\text{模}})$$
$$Z_{\text{模}}=M_{\text{查}}+M_{\text{预}}$$

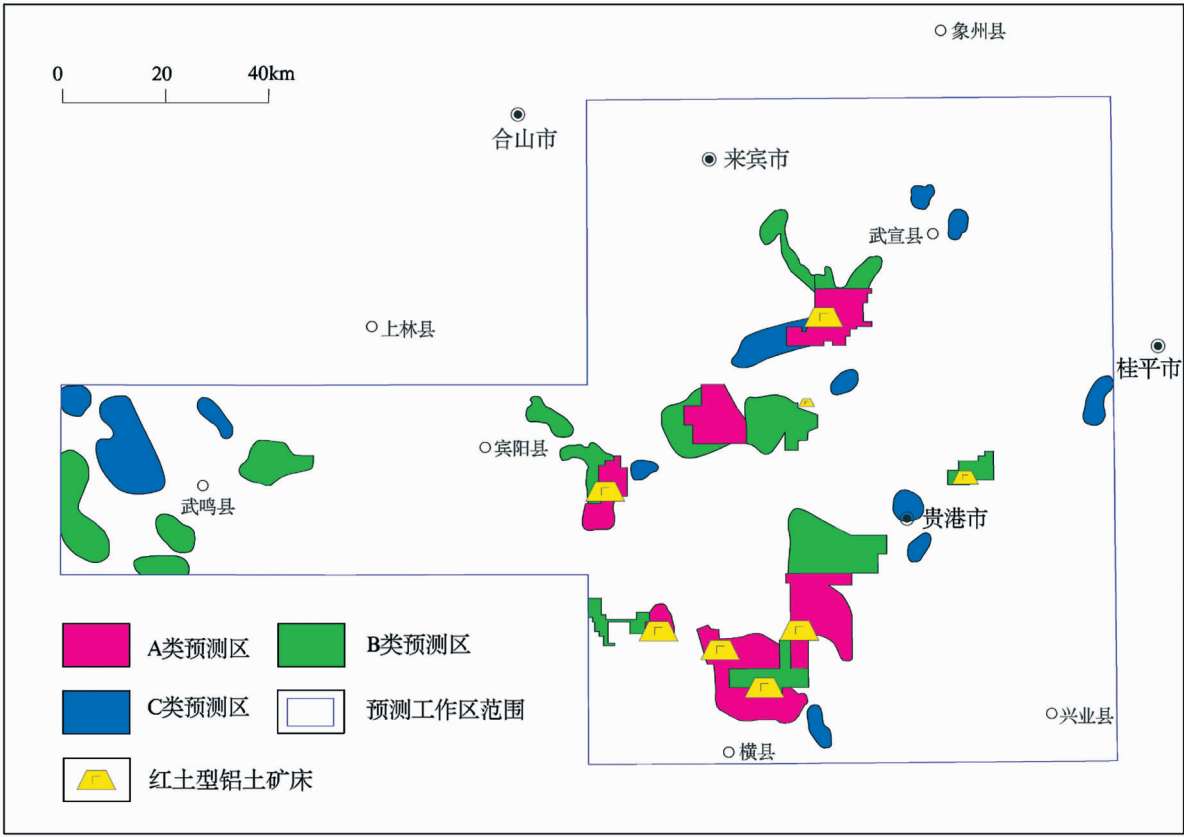


图 6 广西红土型高铁三水铝土矿预测成果示意图

Fig. 6 Results of forecasting lateritic high-iron gibbsite bauxite deposits in Guangxi

$$M_{\text{预}} = S_{\text{矿}} \times H_{\text{典}} \times P_{\text{典}} \times 10^2$$

$$P_{\text{典}} = M_{\text{典}} \times 10^{-2} \div (S_{\text{典}} \times H_{\text{典}})$$

$Z_{\text{模}}$:模型区预测矿石资源总量(10^4t);

$S_{\text{模}}$:模型区含矿地质体水平投影总面积(km^2);

$H_{\text{模}}$:模型区含矿地质体平均垂深(m);

$M_{\text{查}}$:模型区查明矿石资源量(10^4t);

$M_{\text{预}}$:模型区预测矿石资源量(10^4t);

$S_{\text{矿}}$:模型区预测矿体水平投影面积(km^2);

$P_{\text{典}}$:典型矿床体积含矿率(t/m^3);

$M_{\text{典}}$:典型矿床查明矿石资源量(10^4t);

$S_{\text{典}}$:典型矿床查明矿体水平投影面积(km^2);

$H_{\text{典}}$:典型矿床查明矿体平均厚度(m)。

上述各参数均可从已知典型矿床和所圈定的最小预测区或模型区中获得,运用 MRAS 系统可方便地计算出各模型区的平均含矿系数($K_{\text{模}}$),对于相似系数(α)可用反映成矿可能性大小的成矿概率值来代替。经对全区 42 个最小预测区分别进行定量估算,累计预测广西红土型高铁三水铝土矿预测资源总量达 $10.30 \times 10^8\text{t}$,其中 A 类预测区 $4.71 \times 10^8\text{t}$ 、B 类预测区 $3.72 \times 10^8\text{t}$ 、C 类预测区 $1.87 \times 10^8\text{t}$ 。截至 2009 年底,全区已查明红土型高铁三水铝土矿资源量 $2.63 \times 10^8\text{t}$,即广西尚有 $7.67 \times 10^8\text{t}$ 的红土型高铁三水铝土矿资源潜力有待进一步勘查评价。

3 结论与讨论

(1)广西红土型高铁三水铝土矿是由不纯碳酸盐岩经强烈表生红土化形成的,其发现打破了中国不具备形成大型、特大型三水铝土矿成矿条件的传统认识。中国南方碳酸盐岩普遍发育,气候炎热潮湿,表生风化、红土化强烈,具备形成大型红土型三水铝土矿的基本条件。因此,深入研究桂中红土型高铁三水铝土矿的矿床特征、控制因素对拓宽南方红土型三水铝土矿找矿思路具有重要的促进作用。

(2)首次采用 ETM⁺遥感影像数据解释方法提取了赋存红土型高铁三水铝土矿的岩溶地貌与岩溶区第四系红土分布范围,解决了在以往地质填

图中,发育于岩溶区内的残坡积红土未作为正式地层单位填图而无法编制地貌与第四纪地质底图的实际问题。

(3)首次运用 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、A/S、Ga 地球化学异常和铁染、羟基遥感异常对红土型高铁三水铝土矿进行定位预测,经校验其作为定位预测的重要预测要素有效可行。

(4)红土型高铁三水铝土矿为表生风化矿产,风化壳发育厚度在同一地区较为稳定。因此,可用典型矿床已查明矿体的平均厚度代替模型区含矿地质体的平均垂深。

(5)运用最接近预测区的模型区内已知矿体的平均厚度和模型区含矿系数作为该预测区含矿地质体的平均垂深和含矿系数,来定量估算预测区预测资源量更符合客观实际。

(6)广西红土型高铁三水铝土矿资源预测结果显示:全区尚未查明的预测资源量达 $7.67 \times 10^8\text{t}$,其中 A 类预测区预测资源量 $4.71 \times 10^8\text{t}$,约占预测总量的 61.4%,它们主要集中分布于贵港、横县、宾阳三角地区。这为国家整装勘查和自治区大规模地质找矿工作部署提供了十分重要的资料依据。

致谢: 本文是在广西壮族自治区矿产资源潜力评价项目的铝土矿单矿种预测成果基础上归纳总结完成的,其间得到肖克炎研究员、姜德波博士的悉心指导,林建辉、马天龙、韦盛孔等参加了潜力评价工作,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

- [1]李建强,刘志乾. 广西三水铝土矿矿床地质特征及成因探讨[J]. 甘肃冶金, 2008, 30(6): 56-59.
- [2]陈世益. 黎塘碳酸盐岩红土风化壳形成的地球化学过程演绎[J]. 广西地质, 1994, 7(4): 13-19.
- [3]肖克炎,张晓华,李景朝,等. 全国重要矿产总量预测方法[J]. 地学前缘, 2007, 14(5): 20-26.
- [4]叶天竺,肖克炎,严光生. 矿床模型综合地质信息预测技术研究[J]. 地学前缘, 2007, 14(5): 11-19.
- [5]宋国耀,张晓华,肖克炎,等. 矿产资源潜力评价理论和 GIS 技术[J]. 物探化探计算技术, 1999, 21(3): 199-205.