

# 广西铝土矿遥感综合成矿预测及资源总量估算

罗允义

(广西壮族自治区地质调查研究院, 南宁 530023)

**[摘要]**前人在已知矿床、点的基础上对广西铝土矿做过系统的成矿预测及资源总量估算,但原有工作限于储量级别要求,划入预测区的范围较小,部分有矿层分布的区带未圈出,且参与资源总量估算的块段尚有向外延伸部分。通过遥感综合方法,在原有基础上扩大预测区,增加三水型铝土矿预测区,并对已知块段外延矿带、新增预测区进一步估算其资源总量,较全面地解决了资料不完整地区的铝土矿资源量估算问题。

**[关键词]**铝土矿 遥感 成矿预测 资源总量估算 广西

**[中图分类号]**P618.45 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2003)03-0058-05

广西铝土矿资源十分丰富,相对于我国其它几个大型铝土矿富集区而言<sup>[1]</sup>,具有品位高,特大型矿山高度集中的特点。自平果大型铝基地建成后,为国家及地方创造了巨额财政收入,经济效益非常显著。为保证铝业基地的后续发展,广西第二地质队曾在20世纪80年代末期进行过广西铝土矿成矿预测及资源总量估算<sup>①</sup>,但通过新的数字化地质制图及遥感综合调查,证实原来仅在已知矿床、矿点基础上采取有限外推方法圈定成矿预测区及估算资源总量有一定局限性,因此在广西主要矿产资源遥感综合调查<sup>②</sup>时,采用新方法进行了重新测算,并将后来发现和评价的三水型铝土矿资源统计在内,使广西铝土矿成矿预测区划分及资源总量问题有了一个较完满的阶段性的结论。

## 1 广西铝土矿主要特征

广西铝土矿有原生沉积型及残坡积—堆积型两大类<sup>[2]</sup>,其中原生沉积类型矿床受控于平行不整合面,产出铝土矿的不整合面主要有:(1)桂西南的泥盆系顶部与石炭系底部之间;(2)桂西北的石炭系顶部与二叠系底部之间;(3)遍布全区的中二叠统顶部与上二叠统底部之间;(4)桂西南的中二叠统顶部与下三叠统底部之间。其中能形成铝土矿床的

仅上、中二叠统之间的平行不整合面,其它不整合面因铝土矿层薄、出露零星,仅有少量矿化点分布。区域上,广西铝土矿以分布于桂西地区为主,桂中、桂东、桂东南仅有少量小矿点分布。桂西地区的铝土矿分布特征如图1所示。

### 1.1 沉积型铝土矿

沉积型铝土矿主要分布于平果、田阳、德保、靖西等地,有大型矿床1处、中型3处、小型7处,总体资源达特大型。矿床均为海相沉积成因,产于上二叠统合山组底部,矿层与中二叠统茅口组灰岩为平行不整合接触,一般为一层矿。矿体呈层状、透镜状,厚度一般1~4 m,最厚达30余m,矿石品位 $Al_2O_3$  45%~64%,最高73%以上。平果—靖西等地的铝土矿层发育较好,厚度稳定,矿体规模较大,矿石质量较好,绝大部分可满足工业要求。其它地区如乐业、上林、马山、巴马、都安、隆林、凌云等地铝土矿虽品位偏低,但均有达到工业品位的地段出露。

### 1.2 残坡积—堆积型铝土矿

该类型可分为一水型和三水型两个亚类。一水型堆积铝土矿是由沉积型铝土矿风化后在其层位附近的岩溶洼地、谷地及低山丘陵第四系残坡积层中堆积而成,其分布多受原生矿控制,主要分布于桂西平果—靖西一带,矿层为松散状新近系(?)—第四

**[收稿日期]**2002-04-11;**[修订日期]**2002-07-17;**[责任编辑]**曲丽莉。

**[基金项目]**国家计委“广西国土资源遥感综合调查”项目资助。

①广西地质矿产局,广西壮族自治区铝土矿资源总量预测报告,1989。

②广西地质调查研究院,广西主要矿产资源遥感综合调查工作成果报告,2000。

**[作者简介]**罗允义(1962年—),男,1983年毕业于武汉地质学院,获学士学位,在读硕士生,高级工程师,主要从事成矿预测、矿物综合利用研究及矿产勘查管理工作。

系残坡积粘土层,厚度0.2~21.5 m,一般3~5 m,矿层平面上呈带状及不规则状分布,剖面上呈缓倾斜的层状、扁豆状、透镜状,铝土矿一般粒径1~50

cm,最大可达100 cm以上,含矿率700~2500 kg/m<sup>3</sup>。矿块经进一步风化淋滤,铝的含量进一步提高。

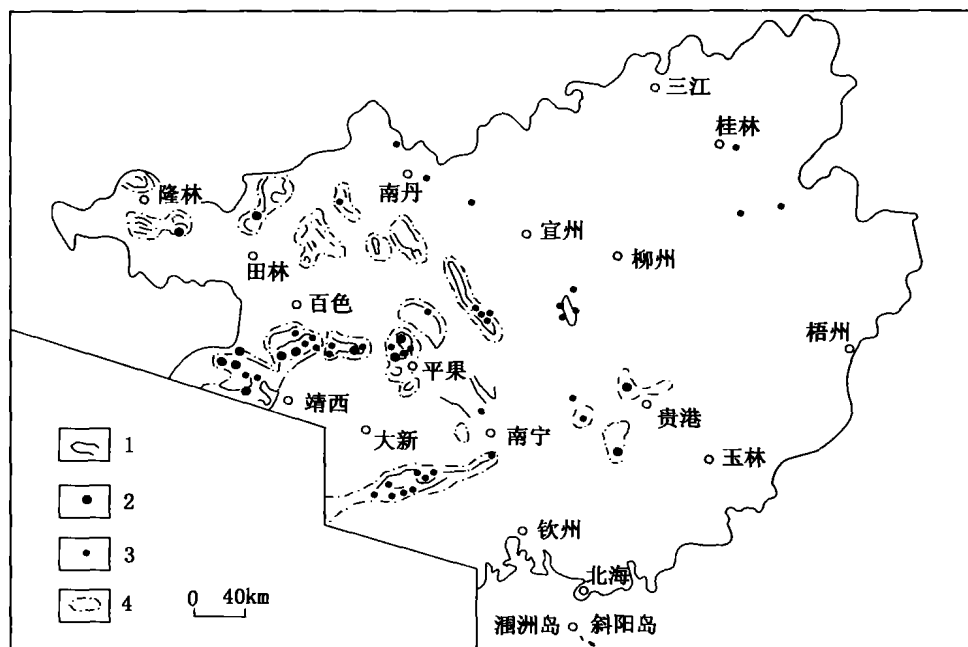


图1 广西铝土矿成矿预测简图

1—原生铝土矿分布带;2—铝土矿矿床;3—铝土矿矿点;4—成矿预测区边界

三水型铝土矿有桂西式和贵港式两个型式,前者指伴生于堆积—水型铝土矿基质中的三水铝石矿泥<sup>[3]</sup>,一般在一水铝土矿残坡积地段较老的残积层中含三水铝石较高,矿粒小于1 mm,且粒度越细含量越高,矿泥中三水铝石含量多在30%以下,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15%~25%,最高不超过35%。贵港式三水铝土矿分布于桂西南、桂中等地,以贵港一带分布较广,矿层较厚,一般含矿层厚度可达2 m以上,最厚达28 m,矿层即第四系残积层,均为上古生界碳酸盐岩经红土型风化残积而成。矿石呈块状、结核状、粒状等,粒径0.1~100 cm,一般2~25 cm。矿石矿物主要为三水铝石、针铁矿,矿石品位为Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 20%~37%,平均28%,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 35%~46%,平均40%,矿石含矿率500~1500 kg/m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>。

一水铝石型残坡积—堆积铝土矿已探明的矿床规模较大,其中大型6处、中型1处,总体资源达特大型;而贵港式三水铝土矿经估算储量亦达特大型。

## 2 广西铝土矿成矿预测

### 2.1 前人对铝土矿的成矿预测

1989年广西第二地质队将桂西为主的铝土矿成矿带进行了较详细的成矿预测,其划分预测区的

基本原则为已知矿床或矿点按矿带有限延伸推断,虽可大致将桂西地区的铝土矿分布区进行圈定,但仍有不少资料较缺的矿带未作圈定;贵港式三水铝土矿也未列入当时的预测范围中。

### 2.2 利用遥感方法进行成矿预测

本次开展遥感方法对铝土矿进行成矿预测以桂西、桂西南成矿区为主,采用美国5号陆地卫星(Landsat)TM7、4、3波段合成的影像图,比例尺为1:25万。图像中条带状影像区、向斜构造区边缘带是铝土矿带分布的主要标志,上二叠统合山组底部含铝岩系、已知大中型矿床及矿点的分布、残坡积堆积地貌等,均是配合影像解译对预测区进行圈定的主要依据。同时参考新编的1:50万广西数字地质图,将桂西、桂西南大部分底部有铝土矿层分布的合山组作为铝土矿资源远景带圈出,包括少量品位达不到工业要求的部分。主要预测区分布于平果—靖西一带,新区包括扶绥—凭祥地区、隆林地区、东兰—河池地区等,均参考前人圈定的成矿预测区作适当外延,将一些前人划定的小预测区作必要的合并。另外,从影像图中识别影像标志,结合以往工作资料,对贵港式三水铝土矿进行了预测。铝土矿预测区的划分如图1所示。

### 3 广西铝土矿资源总量估算

#### 3.1 前人铝土矿资源总量估算

广西第二地质队 1989 年开展广西铝土矿资源总量估算工作中,曾对桂中、桂西南、桂西等地区进行过较系统的资源总量估算,现介绍如下。

1) 沉积型铝土矿:根据已开展地质工作的程度分五种情况进行资源量估算,即 ①未开展过地质工作;②进行过少量地质工作,对矿体长宽、品位有一定了解;③经普查估算了地质储量;④经普查提交过 D 级(C<sub>2</sub> 级)储量;⑤经勘探的矿床。按各类情况估算所得的资源量分别为 G、F、E 级,按体积法求算结果,资源量为 E + F + G 级:33.87 亿 t。

2) 堆积型铝土矿:分两种情况进行资源总量估算,即 ①在未进行过堆积型铝土矿地质工作的地区,只在沉积型铝土矿露头带附近的背斜内侧和向斜的外侧估算堆积铝土矿储量,至于是否有工业矿体存在及矿石质量等未作考究,可靠程度均较差,估算级别为 G 级;②在工作程度较高的地区,由于堆积型铝土矿工业矿体的存在和质量等了解较清楚,有的在已知矿区附近或已知矿体的延伸部份,可估算 E 级资源量,而已做过少量地质工作,但对矿石质量了解较差、工业矿体规模不大的地区,则只估算 F 级资源量。

各预测块段资源量估算结果为:E + F + G 级约 7.25 亿 t。

以上两者,合计资源量为 41.12 亿 t,加上已探明的储量 2.36 亿 t,总资源量约为 43.48 亿 t。

1993 年广西第二地质队与原地矿部宜昌地矿所合作对桂西堆积铝土矿中的胶结物进行三水铝土矿成矿特征研究<sup>①</sup>,证实堆积一水型铝土矿的胶结基质中伴生三水铝土矿,并利用原有资料进行了三水铝土矿资源量的估算(其范围包括桂西北及桂西南),其统计值为 5.02 亿 t。

从前人的资源总量估算范围来看,已知矿床点有限周边地区在 0~1000 m 下延垂深原生矿带及相邻区域的残坡积铝土矿层均已作过详细资源总量估算,但由于铝土矿层在一定区域延伸具有相当的稳定性,在已知区矿层延伸较远的同一向斜范围内,出露含矿层的地段应有铝土矿分布,且矿石质量相差不会太大。然而,前人所作的资源总量估算并未将这种资源统计在内。

#### 3.2 利用遥感方法对铝土矿资源总量的估算

##### 3.2.1 估算的原则和方法

本次遥感方法对铝土矿资源总量估算原则和方法为:

1) 利用遥感技术视野开阔的优势,在已统计区外围圈出可参与估算的区带,进而求算资源量;

2) 在未进行过总量预测的新区,根据近年工作成果认为可能存在矿层的,均进行新的估算,其级别相当于 G 级或更低;

3) 增加贵港式三水型铝土矿预测区圈定工作,其依据是近年工作取得的成果,以及历年我院对相似地区的查证资料,共划出三水型铝土矿预测区 4 处。贵港式三水铝土矿资源总量的估算级别暂定为 G 级,其估算原则可与前人估算原则相当或条件相应放宽,其品位、厚度参考前人资料,分布面积按如下方法确定:在前人已初步圈定矿体范围的地区按其圈定的面积计算;其它地区根据遥感影像圈定的面积计算;

4) 总量估算方法参考原进行总量估算的体积法和面积法,对原生矿体为主的预测区以及三水型铝土矿,采用体积法计算;堆积一水型铝土矿采用面积法计算。

主要参与总量估算计算公式及参数如下。

体积法公式:  $Q_1 = V \cdot r$  (a)

$Q_1$  为估算资源量(万 t),  $V$  为估算区体积(m<sup>3</sup>),  $r$  为模型体积法含矿率(t/m<sup>3</sup>)

$V = L \cdot H \cdot N$

$L$  为含矿层出露长度(m),  $H$  为含矿层平均厚度(m),  $N$  为含矿层斜深宽度(m);

面积法公式:  $Q_2 = S \cdot k$  (b)

$Q_2$  为估算资源量(万 t),  $S$  为估算区面积(m<sup>2</sup>),  $k$  为模型面积法含矿率(t/m<sup>2</sup>)

$S = L \cdot W$

$L$  为含矿层长度(m),  $W$  为含矿层宽度(m)。

由于本次总量估算是在前人估算基础上进行的,在前人已进行过详细估算的区块一般不再做重复,主要是对前人未划分为估算区而有远景的地段或虽已划分为估算区但估算范围较小的区块外延部分,这些地段进一步求算一水型铝土矿的资源量;前人未作资源估算的贵港式三水型铝土矿资源量加入本次估算中。桂中东部地区、桂东地区等有少量一水型铝土矿层分布的地区因资源分散则不参与统

<sup>①</sup> 地质矿产部宜昌地质矿产研究所、广西第二地质队. 桂西堆积型铝土矿胶结物的含铝性研究, 1995。

计。  
 3.2.2 估算方法的参数确定

体积( $V$ ):通过影像解译圈出的合山组分布带  
 原生铝土矿层体积;

表1 遥感方法对广西原生铝土矿新增区块及已知区块外延地段资源总量估算表

| 估算块段分布地区及块段数    | 含矿层长度变化范围<br>$L/m$ | 含矿层平均厚度<br>$H/m$ | 含矿层平均倾角/ $^{\circ}$ | 0~1000 m 垂深含矿层斜深宽度<br>$N/m$ | 单块段含矿层体积变化范围<br>$V/万 m^3$ | 模型含矿率<br>$r/t \cdot m^{-3}$ | 新增预测资源量<br>$Q_1/万 t$ |
|-----------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 天峨—乐业地区共6个块段    | 18 000~34 000      | 2.73~9.5         | 15~32               | 1887.08~3863.70             | 10 130.62~66 069.27       | 0.2264                      | 70 359.58            |
| 隆林地区共3个块段       | 26 000~92 500      |                  | 26~40               | 1555.72~2000.00             | 38 551.77~93 537.67       |                             | 44 621.05            |
| 东兰—都安地区共4个块段    | 20 100~51 700      | 3.09~7.75        | 25~69               | 1071.14~2366.20             | 17 681.84~42 290.09       | 0.3709~0.6503               | 64 193.86            |
| 凌云—大化地区共5个块段    | 10 000~29 500      | 3.26~6.5         | 15~65               | 1103.38~3863.70             | 10 611.21~59 350.81       | 0.2264~0.8066               | 32 701.14            |
| 平果—田东—德保地区共7个块段 | 10 000~49 000      | 2.50~9.40        | 16~32               | 1887.08~3627.96             | 14 352.93~112 683.2       | 0.6954~0.8838               | 253 441.99           |
| 凭祥—扶绥地区共3个块段    | 52 500~86 000      | 5.77             | 15~32               | 1887.08~3863.70             | 59 886.48~191 724.5       | 0.7503                      | 276 599.7            |
| 总计28个块段         |                    |                  |                     |                             |                           |                             | 741 917.32           |

注:表中模型含矿率采用原广西第二地质队统计结果,其余原始数据为本次工作(2000年)测定而得。

表2 遥感方法对广西残坡积—堆积铝土矿(含三水铝矿)新增区块及已知区块外延地段资源总量估算表

| 估算块段分布地区及块段数    | 估算区参数         |             |                     | 模型面积含矿率<br>$k/t \cdot m^{-2}$ | 资源量<br>$Q_2/万 t$ |
|-----------------|---------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
|                 | 长 $L/m$       | 宽 $W/m$     | 面积变化范围<br>$S/万 m^2$ |                               |                  |
| 天峨—乐业地区共6个块段    | 18 000~34 000 | 1500        | 2700~5100           | 0.4580                        | 9995.85          |
| 隆林地区共3个块段       | 26 000~92 500 |             | 3900~13 875         |                               | 11575.95         |
| 东兰—都安地区共4个块段    | 20 100~51 700 |             | 3015~7755           |                               | 9350.07          |
| 凌云—大化地区共5个块段    | 10 000~29 500 |             | 1500~4425           |                               | 6643.29          |
| 平果—田东—德保地区共7个块段 | 10 000~49 000 | 1500~3500   | 1500~8200           | 0.4580~0.8568                 | 25 612.12        |
| 凭祥—扶绥地区共3个块段    | 52 500~86 000 | 1000        | 5250~8600           |                               | 8862.30          |
|                 | 长 $L/m$       | 宽 $W/m$     | 厚 $H/m$             | 含矿率 $r/t \cdot m^{-3}$        |                  |
| 贵港式三水铝土矿共7个块段   | 3500~26 360   | 2270~10 000 | 2.0                 | 1.0                           | 87 123.06        |
| 总计35个块段         |               |             |                     |                               | 159 162.64       |

注:表中模型含矿率采用原广西第二地质队统计结果,三水铝土矿含矿率及其它原始数据为本次工作(2000年)测定及综合而得。

模型体积法含矿率( $r$ ):因前人在进行资源总量估算时对区域性原生铝土矿层进行过较系统的含矿率模型统计,其中在乐业、天峨、隆林等地仅有少量矿点而未探明储量的大量铝土矿层分布区,均以 $0.2264t/m^3$ 为模型含矿率,有较强的代表性;已知矿区模型含矿率一般为实际统计值建立起来的模型,所以遥感法估算资源量亦采用前人统计结果,在已求算一定资源量而需外推估算的区块,采用原有模型含矿率;新圈区块采用最相邻的已估算区块模型含矿率;

含矿层长度( $L$ ):直接从1:50万数字地质图上量取合山组出露带长度作为统计含矿层长度;

含矿层厚度( $H$ ):已求算一定资源量而需外推估算的区块,采用原估算时的厚度值;新区块有铝土矿层厚度值的选用该值,没有时采用最相邻的已估算区块厚度值;

含矿层斜深宽度( $N$ ):前人采用垂深0~500 m及500~1000 m两个储量段分别计算F、G级资源储量,本次统计不分级别,一律用0~1000 m换算成的斜深宽度求算资源量,其值为含矿层的倾角( $\alpha$ )正弦除1000 m所得;

堆积矿体面积( $S$ ):为已出露原生矿矿体两侧残坡积矿模型统计面积,已知矿区的按实际出露面积计算,未知区按前人统计的模型面积法求算;

堆积矿区含矿体长度( $L$ ):一水型矿采用原生矿体出露长度值;三水型矿采用前人圈定矿层分布范围的长度值或直接从估算区影像图中量取矿层长度;

堆积矿区含矿体宽度( $W$ ):一水型矿已知区按实际出露宽度计算;未知区则根据模型统计值按不同区域含矿特点分别采用 1500 m 及 1000 m 两个数值参算;三水型矿采用前人圈定矿层分布范围的宽度值或直接从估算区影像图中量取矿层宽度值;

模型面积法含矿率( $k$ ):已知矿床外推区按实际含矿率计算;未知区一般按系统化统计值 0.4580 t/m<sup>2</sup> 计算;贵港式三水铝土矿已做过较粗略的含矿层厚度统计,一般厚度为 2~4 m,计算时采用 2 m 为模式厚度值,含矿率统计一般为 0.5~1.5 t/m<sup>3</sup>,平均值为 1.0 t/m<sup>3</sup>。

### 3.2.3 估算结束

估算结果(表 1、表 2),新增原生矿、堆积矿(含贵港式三水铝土矿)资源预测量分别约为 74.19 亿 t、15.92 亿 t,加上已知储量及前人预测的资源量,即 1989 年估算的原生及堆积一水型铝土矿资源量 43.48 亿 t 及 1993 年估算的桂西三水铝土矿资源量 5.02 亿 t,广西铝土矿的资源总量为 138.61 亿 t。

## 4 结论

上述可见,开展遥感资源总量估算的基础是地

质法,并与其相互补充才能取得较完满的结果。通过本次引进遥感技术,加深了对某些沉积型矿种尤其如铝土矿为代表的易识别、大范围分布矿种的区域成矿预测及资源总量估算的认识,可得到以下几点体会:

1) 遥感技术在沉积型矿产成矿预测及资源总量估算中大有用武之地,能获得更令人满意的效果;

2) 利用遥感方法进行沉积矿产成矿预测及资源总量估算主要优势在识别未知矿带和原有矿带的外延推测。在完成数字化地质图的地区,有可能利用沉积矿层控性将远景成矿区带从遥感图上详细圈定出来;

3) 进行资源总量估算时,各具体计算参数原则上应以地质法统计结果为基础,尽可能利用遥感影像显示特点,将矿化类型差别造成的影像区别与实际矿带解译紧密结合起来,进而采用不同的方法求算资源量。

### [参考文献]

- [1] 戴耕,李进化,孙枫. 河南省铝土矿资源开发利用现状及前景[J]. 地质与勘探, 2000, 36(3): 22~24.
- [2] 曹信禹. 试论桂西铝土矿的类型和成因[J]. 广西地质科技, 1982(1): 38~46.
- [3] 湛建国,刘云华,许俊文,等. 铝土矿新类型桂西三水铝石硬水铝石矿床[J]. 广西地质, 1997, 10(1): 37~44.
- [4] 陈世益,罗德宣,周芳,等. 广西贵港三水型铝土矿矿石特征及应用研究[J]. 广西地质, 1992, 5(3): 9~16.

## SYNTHETIC REMOTE SENSING METALLOGENIC PROGNOSIS AND TOTAL AMOUNT ESTIMATION OF BAUXITE RESOURCES IN GUANGXI

LUO Yun-yi

(Geological Survey Research Institute of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530023)

**Abstract:** Although the predecessors have finished systematic metallogenic prognosis and total amount estimation of bauxite resources base on known deposits (or points), owing to the demand of reserves grades, the ranges delimited into prognosis regions are relatively small. Some regions which ore-layers are distributed aren't delineated and there are still some uncalculated out-stretch-parts in the regions selected to estimate total resources amounts. Through adopting synthetic remote sensing method, enlarging ranges of prognosis regions, adding new prognosis regions of gibbsite and estimating the total resources amounts of out-stretch-parts and new-add ones, the author fairly solves the problem of estimating total resources amounts in incomplete material areas.

**Key words:** bauxite, remote sensing, metallogenic prognosis, total resource estimation, Guangxi