

# 南岭中段锡资源总量预测

张怡军 许以明 雷泽恒

(湖南省湘南地质勘察院, 湖南 郴州 423000)

**摘要:**南岭中段地区成矿地质条件优越,是中国主要的锡矿产区,近年来的地质找矿又取得了新的突破。笔者从成矿地质背景分析、矿床类型划分入手,在成矿地质条件优越、锡矿资源丰富、矿床类型复杂及工作程度较高的区域,运用“三步式”资源评价方法,结合中国地质类比法及综合地质法等多源地学综合预测理论,采用 MRAS 资源量评价系统对南岭锡资源潜力进行预测。

**关键词:**锡矿;矿床类型;资源量;预测

**中图分类号:**P618.44 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)02-0436-08

南岭中段跨越湖南南部、广东北部、广西东部、江西西部等省(区)的相邻地区,区内锡矿床数量多,规模大、类型齐全,矿石质量好,矿床经济价值高,是世界锡矿的最主要产区,也是中国及世界最大的锡矿集区,产量也足以对世界锡市场产生决定性影响。因此南岭地区以其丰富的锡资源举世闻名。近年来国土资源大调查中,南岭地区以锡为主的找矿工作取得了丰硕成果,找到了芙蓉特大型锡多金属矿等一批锡矿床,实现了找矿新的突破。

## 1 锡矿成矿地质背景

南岭地区横跨扬子、华夏两板块,位于中生代欧亚大陆板块构造岩浆活动带的华南板块中南华活动带中部,为环太平洋成矿带的组成部分,区域成矿地质条件优越,是中国南方有色、稀有、稀土、放射性矿产的重要成矿远景区带。

本区自古一中元古代以来,各时代地层发育比较齐全。元古宙及早古生代地层以活动型沉积为主,泥盆纪及其以后地层皆属浅海或陆相稳定型沉积。锡矿分布区均为巨厚的硅铝质岩,主要赋矿层位一是前寒武系和寒武系砂板岩中的脉型锡矿床,二是中泥盆至二叠系碳酸盐岩中的层控型矿床。

该区根据地壳演化和岩石圈板块运动特点划分为晋宁、加里东、海西—印支、燕山—喜马拉雅 4 个发展阶段,以燕山运动表现强烈<sup>[1]</sup>。构造以断块运动为主,华南古陆块在太平洋板块、菲律宾海板块及印支板块的联合作用下,发育深断裂以及被其切割而形成的隆、陷地块,从而奠定了本区现有构造格架。褶皱构造划分为基底褶皱(晋宁、加里东期)和盖层褶皱(海西—印支期)两种类型,以加里东、印支期最为发育。基底褶皱形态具有紧闭、同斜甚至倒卧的共同特征,且叠加褶皱普遍。燕山期盖层褶皱则较微弱,以东北—北北东向为主。区内断裂极其发育,构造线方向以北东、东西、北西为主,局部发育近南北与东西的弧形断裂。北东向构造带,为本区最重要的构造带,以复式褶皱、断裂、花岗岩和混合岩为主。

区内岩浆活动频繁,由四堡期至燕山期均有岩体出露,且岩类全、分布广,占本区总面积的近五分之一。据岩体同位素年龄样统计<sup>[2]</sup>,华南花岗岩形成时代在 1063~66 Ma,在各期岩体中,燕山期(161~131 Ma)花岗岩分布最广,约占花岗岩类出露总面积的 55.2%。其中又以燕山早期晚阶段花岗岩出露面积最大,占花岗岩类出露总面积的 45.4%。区内花岗岩类自北西向南东,总体具有时代逐渐更新的递

变规律。燕山期花岗岩亦具同样演变趋势,

沿此方向由以早期早阶段为主逐步变为以晚期晚阶段为主,这一分布特点可能与大地构造运动及陆壳增生相关。本区花岗岩类岩石种类齐全。其中的超酸性岩类占花岗岩类出露总面积的 99.43%,为中性酸性岩类出露面积的 300 倍。花岗岩中的二长花岗岩(亚种)占 84.34%,是钾长花岗岩的 28 倍,而是碱长花岗岩的 210 倍。

南岭岩浆岩分布广泛,重要的成锡岩体主要是燕山期岩体,主要岩石类型有中粗粒似斑状花岗岩、中粗粒钾长花岗岩、中细粒黑云母花岗岩、花岗斑岩、花岗伟晶岩等。锡矿主要产于这些岩体的西侧或西南侧的内弯部位,并自东往西出现 W、Sn 矿化—Sn、Pb、Zn 矿化—Sn 矿化的递变规律,可能反映成锡花岗岩的侵入方向。与锡相关的成矿岩体副矿物富含挥发组分<sup>[3-4]</sup>。扬子板块成矿花岗岩富含电气石,华夏板块成矿花岗岩富含黄玉,板块接合带则出现二者兼有的过渡组合。燕山早期早阶段较晚期晚阶段岩石偏中性,一般从早至晚具有酸性增加、基性降低的演化趋势。花岗岩成矿元素较之其他时代岩体其 Rb、Be、W、Sn、Pb、Zn、Ag、Nb、U、Th 含量相对较高,Ni、Cr、Co、Fe、Cu 相对较低;从燕山早期晚阶段至晚期晚阶段,元素组合具有由简单到复杂,Sn、Pb、Zn 增高的变化总趋势,且大岩基一般较复式小岩体简单。

## 2 锡矿矿床类型

南岭中段地区锡矿成矿在空间、时间上多与燕

山期花岗岩有关<sup>[5]</sup>,且多位于有成矿小岩体存在的大岩体内。为统一锡矿类型提法并指导找矿和进行成矿预测,本次根据赋矿围岩性质(主要系指岩浆岩、沉积岩两类)、容矿构造、成矿岩体初步认识及其控制矿体形态上的差别,作为锡矿类型划分的主要依据,将全区锡矿初步划为 5 种类型(表 1)。

## 3 锡矿资源形势

中国是锡矿资源大国,锡矿储量占世界的 12.4%,居世界第三。保有的锡矿基础储量 184.3 万 t,占世界锡基础储量(770 万 t)的 20.25%,居世界首位<sup>[6]</sup>。从 20 世纪 90 年代以来随着对锡资源开采能力的不断提高,锡保有储量迅速减少。如果按照目前中国锡金属的年产量 11.7 万 t 估算,中国锡资源保障程度少于 9 年,低于世界的平均水平,国内锡矿资源短缺问题业已凸现,中国已经开始从南美和东南亚进口锡精矿,并开始在东南亚开采锡矿。此外在中国锡矿资源中占有相当比重的砂锡矿,因环境原因属暂不能开发的矿产资源;在原生锡资源中,除常与钨矿共生外,在各类锡矿床中,一般都有较多的共伴生矿种,部分可综合回收,有的目前还不能综合利用,所以锡资源形势更为紧张。

经过 50 余年地质工作者的辛勤劳动,对研究区内已发现的锡矿床投入了大量的工作,经过详查和勘探的锡矿床 56 个,其探明的资源储量 158 万 t,锡矿矿床地质工作程度较高,区内大部分矿区都作过普查以上的地质工作。全国锡矿产量在 2001 年前以

表 1 南岭中段地区主要锡矿类型划分  
Table 1 Division of deposit types in Nanling region

类 型	产出位置	控矿构造	矿体形态	矿化蚀变	矿床(体)实例
云英岩型	岩体中	节理裂隙带	脉状 不规则面状体	绿泥石化 云英岩化	湖南白腊水 10 号脉 广东银岩
裂隙充填型	岩体中 岩体外	断裂	脉状 大脉状 透镜体	绿泥石化 云英岩化 绢云母化 电英岩化	湖南红旗岭 湖南麻子坪 广西新路观音山
矽卡岩型	岩体接触带	接触带	不规则似层状	矽卡岩化 绿泥石化	广西大厂 湖南狗头岭
构造蚀变带 -矽卡岩复 合型	岩体中	有碳酸盐岩块 体的断裂带	大脉状 透镜状 似层状	矽卡岩化 绿泥石化 硅化	湖南白腊水 19 号脉 广西八块田 3 号脉
砂锡矿	冲、坡积物		层状、似层状		湖南大浪江、湖南白砂

南岭中段地区为主(表 2),由于矿业整顿,近年广西大厂锡矿锡精矿锐减,导致全区锡矿产量不足全国一半。但探明的锡储量占全国的 58.2%(图 1),而且曾经的产量达 5 万 t 以上,而当前产量仅 1.4 万 t,所以对南岭中段地区锡矿进行资源总量预测,为加强锡矿找矿工作部署显得尤其重要。

#### 4 锡矿资源量预测

本次以美国地质调查局“三部式”资源评价方法<sup>[4]</sup>为基础,结合中国地学综合预测理论,采用中国自主开发的 MRAS 资源量评价系统对南岭钨锡资源潜力进行预测。

##### 4.1 预测单元的圈定

###### 4.1.1 地质类比法

依据区域构造控矿规律和区域成矿模式,在具有与已知矿田(区)地质条件类似的地段,通过对围岩蚀变、矿化类型、成矿元素组合及物、化探异常等找矿信息进行对比,圈定预测单元。

采用类比法必须重视矿床形成的必备条件,南岭中段地区成矿构造和成矿花岗岩是必不可少的条件,前者提供成矿物质运移通道和聚集的空间,后者为成矿提供物质来源。区内主要金属矿床分布于北东向、北西向构造岩浆岩带及其交汇部位,由于矿床的形成是在先期各种地质作用下形成的构造环境、围岩条件和成矿物质初始富集的基础上,经成矿期构造运动、岩浆活动等作用使成矿物质进一步富集成矿,并在不同的贮矿部位产生有成因联系的矿床类型和矿石矿物组合。因此,在成矿条件相同的部位则有可能出现类型相同(或相似)的矿床。

区内不同构造单元,不同构造部位的成矿条件有明显的差异。岩浆热液充填(石英脉)型矿床,一般以震旦系、寒武系浅变质碎屑岩为主的褶皱隆起区,具有构造-岩浆岩-成矿带“三位一体”和上部铅、锌,下部锡、钨、铋的成矿特征,矿床主要受花岗岩体上部及其边缘断裂构造控制;接触交代型矿床由泥盆系—石炭系碳酸盐岩组成的裂隙槽区和大陆板块拼贴带,

表 2 中国各省 2001 年锡精矿产量统计(金属含量吨)

Table 2 Statistics of tin concentrate ore output of every province in China in 2001 (metal content/ ton)

省名	内蒙	福建	云南	四川	江西	湖南	广东	广西	合计
产量/t	473	77	41987	736	1390	9871	10	38332	92876
比例/%	0.51	0.08	45.21	0.79	1.50	10.63	0.01	41.27	53.41

注:据中国有色金属年鉴,2002。

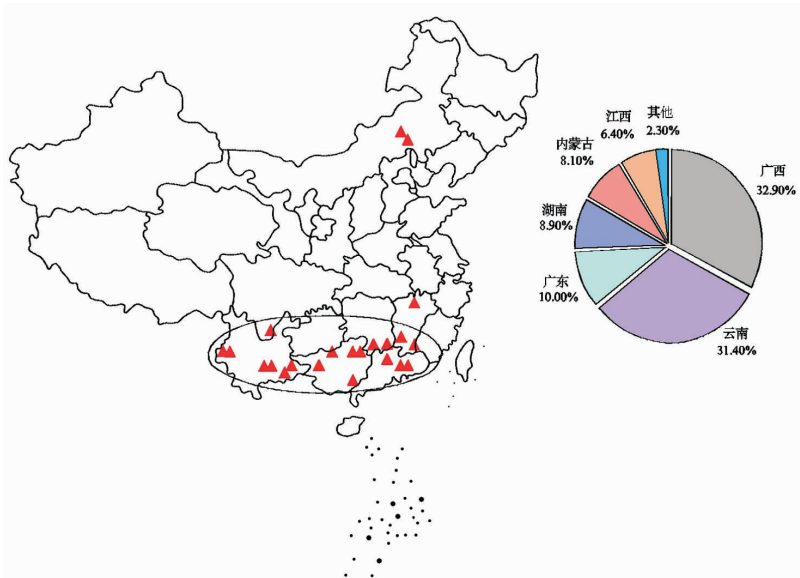


图 1 中国锡资源分布图

Fig.1 Distribution of tin resources in China

具有构造-岩浆岩-岩相变异带-成矿带“四位一体”的成矿特征,矿床群聚于北东向与近东西向、北西向构造带交汇重叠部位的花岗岩侵入接触带。

#### 4.1.2 综合地质法

根据南岭中段地区地层、构造、岩浆岩地质条件、锡矿产的分布情况,结合区内锡物化探异常特征,通过成矿条件、控矿因素分析以及锡矿床矿化分带特征研究,选择有成矿物质基础、有导岩、导矿和容矿的构造系统,有利于成矿物质活化迁移和聚集的物理、化学环境等条件的地段圈定预测单元。

#### 4.1.3 预测单元圈定结果

根据以上预测单元圈定的条件及圈定的方法,在南岭中段地区内圈出了 18 个具有较大找矿前景的锡预测单元(表 3)。

### 4.2 建立矿床区域综合信息预测模型

系统收集区内锡矿产资料,对锡矿按不同的矿床类型、矿床规模(资源量)、品位及伴生组分的品位进行统计<sup>[6-10]</sup>,为建立矿床数据模式提供基础资料。选择工作区内典型矿床进行研究,抽取寻找该类型矿床的特征预测要素,建立描述性模型;其次是对区域地质、矿产、物探、化探、遥感等综合信息进行分析及综合,抽取与区域成矿有关的决定性要素,结合矿床描述性模型,建立区域综合信息预测模型(表 4~5)。

### 4.3 对潜在资源量定量估算

在矿产资源潜力评价中,资源量评价与估算一直是较困难的,传统方法有地球化学块体法、数学地质多元回归方法等。这些方法试图建立资源量与多变量的线性关系。但实质上资源量与地质因素关系

是十分复杂的,地球化学异常高的地方,不一定资源量就高。资源量到底和哪个变量有关的各人理解也不同。对项目潜在资源量的定量估算选用蒙特卡罗模拟法进行。

通过前面的预测区的圈定、锡矿床类型的统计分析、各预测单元可能出现的不同类型的矿床数据等工作,利用区域性的品位、吨位模型的数据,建立不同类型的锡矿床模型如图 2~5。

根据上面所建立的锡矿床预测模型,采用 MRAS 对区内锡矿资源量进行预测估算,锡矿资源量为 456.4815 万 t,其中脉状锡矿资源量为 246.5450 万 t、矽卡岩型锡矿资源量为 125.4990 万 t、云英岩型锡矿资源量 3.1512 万 t、砂锡矿资源量为 81.2861 万 t(表 6)。

## 5 结 论

南岭地区锡矿主要产于与燕山早期晚阶段碱长石化花岗岩顶部或内外接触带相关的矿床,矿床类型有脉状矿床、矽卡岩型矿床、云英岩型矿床及砂矿床等。硅铝质围岩中,从岩体向外,依次出现云英岩体型锡矿→伟晶岩壳型锡矿(相对封闭时)→爆破斑岩型锡矿或云英岩脉或石英脉型锡矿(相对开放时);在碳酸盐围岩中由岩体向外则为云英岩体型锡矿→矽卡岩型锡矿→硫化物型锡矿。

本次南岭中段地区锡资源量评估采用 GIS 资源量预测评估方法,评估结果认为南岭中段地区矽卡岩型锡矿床与云英岩型锡矿床的数量接近,脉状锡矿床数量是它们的 5 倍以上,矽卡岩型锡矿单个

表 3 南岭中段地区钨锡成矿预测区

Table 3 Tungsten and tin ore prognostic area in central Nanling region

编号	名 称	面积/km <sup>2</sup>	编号	名 称	面积/km <sup>2</sup>
1	大厂成矿远景区	1041	10	高陇成矿远景区	1299
2	砂坪成矿远景区	1642	11	锡田成矿远景区	1727
3	六秀成矿远景区 4	1505	12	千骑成矿远景区	1469
4	牛塘界成矿远景区	1461	13	香花岭成矿远景区	255
5	长岗岭成矿远景区	1290	14	骑田岭南成矿远景区	528
6	古怪冲成矿远景区	571	15	五里坑成矿远景区	846
7	栗木成矿远景区	944	16	汝城成矿远景区	849
8	珊瑚成矿远景区	1478	17	石人嶂成矿远景区	1108
9	大义山成矿远景区	1440	18	全南成矿远景区	1382

表 4 云英岩型锡矿综合信息预测模型

Table 4 Integrated information prognostic model for greisen type tin deposits

标志分类		信息 显 示
地质要素	地层、岩性	出露的地层以石炭系、二叠系为主，以浅海相碳酸盐岩建造为主，夹滨海沼泽相粉砂岩建造
	构造	构造发育，形成了以东向西向、南北向、北东向和北西向构造为主的纵横交错、组合复杂的构造格局
	岩浆岩	岩浆活动频繁，从中三叠世至晚侏罗世都有活动，以晚侏罗世为主。岩性为细中粒斑状角闪石黑云母二长花岗岩
	围岩蚀变	呈现云英岩化、绢云母化、绿泥石化、电气石化、硅化组合。其中云英岩化、绢云母化、硅化与成矿关系密切
	矿化	沿断裂破碎带充填的云英岩脉走向上稳定，规模较大、含矿性好；而中粒斑状黑云母钾长（二长）花岗岩顶板的云英岩呈面状分布，范围大，似层状，含矿性稍差。主要矿化有锡石、黄铜矿、磁铁矿
地球物理特征		地面有高精度磁测圈出磁测异常，异常主要分布在岩体的内外接触带， $\Delta T$ 为-100~2681nT
地球化学要素	矿区化探异常特征	区内共圈出单元素异常 118 处，异常总体呈北东向带状展布，具明显的浓集中心。Sn 元素异常内带>200（单位 $10^{-6}$ ，下同），中带 100~200，外带<100。南区异常范围大，强度高
	矿床化探异常特征	有土壤元素综合异常，异常主要沿岩体内外接触带分布，异常元素以 Sn、Bi、Pb 为主。Sn 为直接找矿元素，在土壤中 Sn 最高含量达 $8565 \times 10^{-6}$

表 5 脉型锡矿综合信息预测模型

Table 5 Integrated information prognostic model for veinlike tin deposits

标志分类		信息 显 示
地质要素	地层岩性	主要出露寒武系至前寒武系浅变质砂岩夹板岩，少量的泥盆系中统跳马涧组石英砂岩
	构造	北东向、北北东向断裂很发育
	岩浆岩	燕山期黑云母花岗岩，有的地表出露有燕山晚期的花岗斑岩脉
	围岩蚀变	硅化、绿泥石化、绢云母化、电气石化、萤石化组合
	矿化	裂隙充填型主要矿化有锡石、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、磁铁矿；而石英细脉带型矿物组合为黑钨矿、锡石、石英、黄玉、云母，地表以含锡石为主，深部多伴生黑钨矿
矿区地球物理特征		区内有重力低负异常和航磁异常，呈带状分布， $\Delta f_{max}$ 为 140~220nT
地球化学要素	矿区化探异常特征	土壤测量中矿田发育各类异常，有明显的 W、Sn、Mo、Bi 多元素组合异常，Sn 极大值 $2525 \times 10^{-6}$
	矿床化探异常特征	土壤测量中，异常元素组合为 Sn、Pb、Zn、As、Cu、W、Mo、Bi 等，极大值分别为 Sn $903.3 \times 10^{-9}$ 、Pb $777 \times 10^{-9}$ 、Zn $173 \times 10^{-6}$ 、As $2683 \times 10^{-6}$ 、Cu $517 \times 10^{-6}$ 、W $76 \times 10^{-6}$ 、Mo $12.7 \times 10^{-6}$ 、Bi $94 \times 10^{-6}$

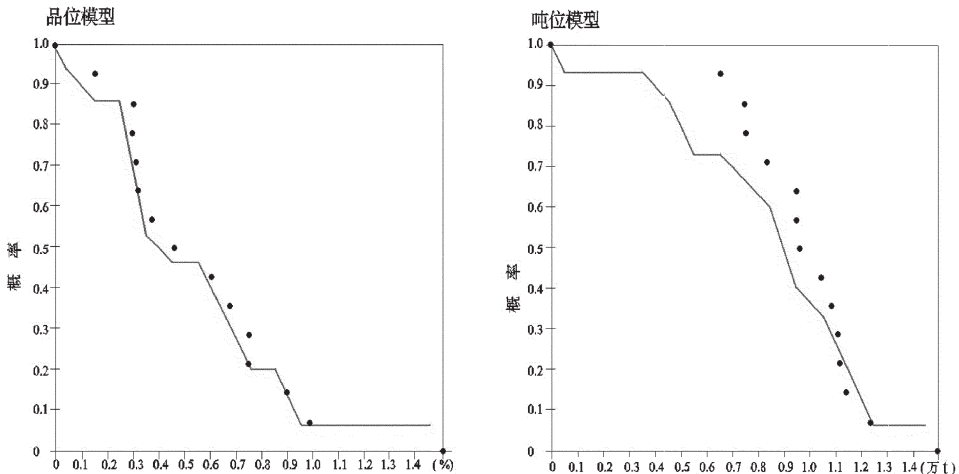


图 2 矽卡岩型锡矿品位、吨位模型

Fig.2 Skarn type tin grade and tonnage model

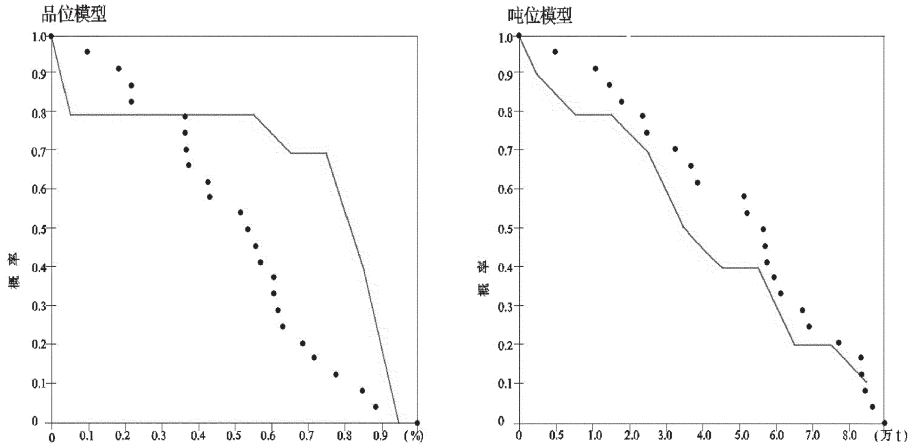


图 3 云英岩型锡矿品位、吨位模型  
Fig.3 Grade and tonnage model for greisen type tin deposits

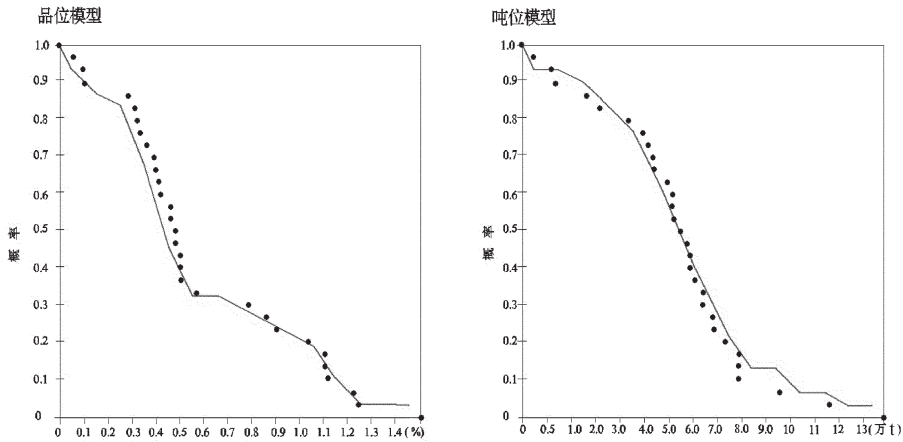


图 4 脉矿锡矿品位、吨位模型  
Fig.4 Grade and tonnage model for veinlike tin deposits

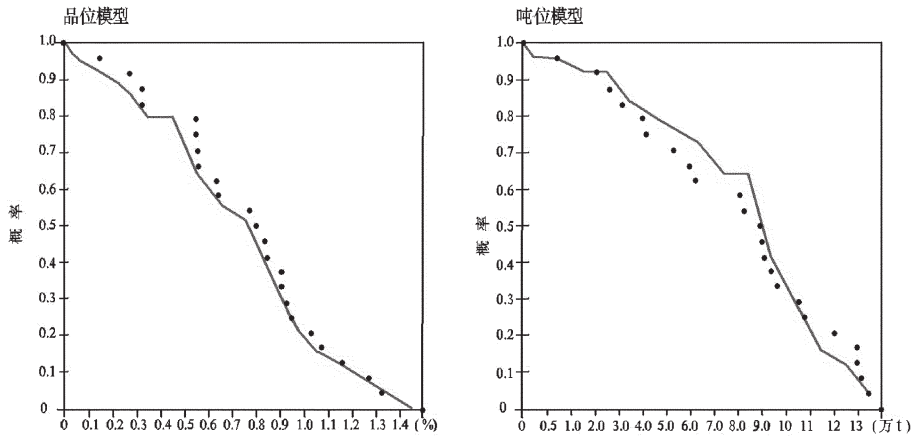


图 5 砂锡矿品位、吨位模型  
Fig.5 Grade and tonnage model for stream tin ore deposits

表 6 南岭中段地区锡矿预测资源量/t

Table 6 Prognostic tin resources in central Nanling region/t

单元	脉型	矽卡岩型	云英岩型	砂锡	合计
1	332869.16			49687.18	382556.34
2	44048.86				44048.86
3	27341.9				27341.9
4	55426.95			12299.98	67726.93
5	33939.65	88035.23			121974.88
6	308838.66				308838.66
7	481636.45				481636.45
8	350557.13	419940.58	3382.55	717792.53	1491672.80
9	190246.49	213193.5	14032.93		417472.92
10	233113.9	171592.88		15055.4	419762.18
11	36727.29		2699.76	10466.04	49893.09
12	113175.97	200581.07	3398.09		317155.13
13	28263.4				28263.4
14	168287.76	106742.77	7998.95	7560.64	290590.12
15	5014.13	37683.5			42697.63
16	14989				14989
17	27341.9				27341.9
18		17221.23			17221.23

矿床的规模较大,脉状锡矿大型的少,以中小型规模为主。笔者除了运用新的方法进行资源量预测之外,其主要目的是用于地质找矿的部署。

### 参考文献 (References):

- [1] 柏道远, 黄建中, 刘耀荣, 等. 湘东南及湘粤赣边区中生代地质构造发展框架的厘定[J]. 中国地质, 2005, 32(4):557-570.  
Bai Daoyuan, Huang Jianzhong, Liu Yaorong, et al. Work of Mesozoic tectonic evolution in Southeastern Hunan and the Hunan-Guangdong-Jingxi border area [J]. Geology in China, 2005, 32(4):557-570(in Chinese with English abstract).
- [2] 邓诗谔. 花岗岩类及成矿作用研究[J]. 湖南省地质学会会讯, 1980年第1期.  
Deng Shikai. Investigation of granite genus and metallogenetic effect [J]. Message from Geology Institute of Hunan. 1980 1st issue(in Chinese).

- [3] 庄锦良, 刘钟伟, 谭必祥, 等. 湘南地区小岩体与成矿关系及隐伏矿床预测[J]. 湖南地质增刊, 1988, (增刊 1):2-13.  
Zhuang jinliang, Liu zhongwei, Tan bixiang, et al. The relationship of small rock mass and metallogenetic and the forecast of the blind deposit deposit[J]. Hunan Geology, 1988, (S1):2-13(in Chinese).
- [4] 伍光英, 潘仲芳, 李金冬, 等. 湘南大义山花岗岩地质地球化学特征及其与成矿的关系[J]. 中国地质, 2005, 32(3):434-442.  
Wu Guangying, Pan Zhongfang, Li Jindong, et al. Geological and geochemical characteristics of The Dayishan granitoids in southern Hunan and their relations to mineralization[J]. Geology in China, 2005, 32(3):434-442(in Chinese with English abstract).
- [5] 张怡军. 湘南锡矿找矿方向探讨[J]. 中国地质, 2007, 34(6):1073-1081.  
Zhang Yijun, The discuss of prospecting orientation tin deposit in south of Hunan[J]. Geology in China, 2007, 34(6):1073-1081(in Chinese with English abstract).
- [6] 中国有色金属工业年鉴编辑委员会. 中国有色金属工业年鉴[M]. 北京: 中国印刷总公司, 2005.  
The Yearbook Nonferrous Metals Industry of China. The Yearbook of Nonferrous Metals Industry of China [M]. Beijing: China Printing Corporation. 2005(in Chinese).
- [7] 中国地质科学院矿产资源研究所. 国外矿产资源潜力评价资料汇编[R]. 2005:42-50.  
Chinese Academy of Geological Sciences. Foreign mineral resources potential evaluation data assembly[R]. 2005:42-50(in Chinese).
- [8] 湖南省地质矿产局湘南地质队. 东坡矿田锡矿成矿规律及找矿方向[R]. 1987.  
Hunan Bureau of Geology and Mineral Geologic Division in South of Hunan. Metallogenetic rule and prospecting direction of the tin deposit in Dongpo orefield[R]. 1987(in Chinese).
- [9] 蔡新华, 贾宝华. 湖南锡田锡矿的发现及找矿潜力分析 [J]. 中国地质, 2006, 33(5):1100-1108.  
Cai Xinhua, Jia Baohua. Discovery of the Xitian tin deposit, Hunan, and its ore potential[J]. Geology in China, 2006, 33(5):1100-1108 (in Chinese with English abstract).
- [10] 李人科, 骆良羽, 李泽世. 广西锡矿[M]. 北京: 地质出版社, 1993.  
Li Renke, Luo Liangyu, Li Zeshi. Tin Mine in Guangxi [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993(in Chinese).

## The prediction of total tin resources in the central part of Nanling region

ZHANG Yi-jun, XU Yi-ming, LEI Ze-heng

*(South Hunan Institute of Geological Exploration, Chenzhou 423000, Hunan, China)*

**Abstract:** Nanling region has favorable geological conditions for mineralization and hence serves as the main tin producing area in China. In recent years new breakthrough has been made in geological prospecting. Beginning with an analysis of ore-forming geological background and the classification of ore deposit types, the authors chose some study areas where ore-forming geological conditions are favorable, tin resource are abundant, ore deposit types are complex and working extent is relatively high. Adopting the “three step” resource estimation method in combination with other multi-source geological synthetic prediction means such as the Chinese geological analogy method and the integrative geological method, the authors utilized the resources extent evaluation system to predict the tin resource potential.

**key words:** tin deposit; deposit type; resource extent; prediction

---

**About the first author:** ZHANG Yi-jun, male, born in 1955, senior engineer, long engages in geological and mineral resources survey; E-mail: zyj2401@163.com.