

doi: 10.12029/gc20160512

曾钦旺, 彭陆军, 田威武, 等. 湖南大义山岩体白沙子岭矿区钨锡矿深部找矿探索[J]. 中国地质, 2016, 43(5): 1625–1636.

Zeng Qinwang, Peng Lujun, Tian Weiwu, et al. Deep ore exploration of the Baishaziling tungsten–tin ore district, Dayishan pluton, Hunan[J]. Geology in China, 2016, 43(5): 1625–1636(in Chinese with English abstract).

## 湖南大义山岩体白沙子岭矿区钨锡矿深部找矿探索

曾钦旺<sup>1</sup> 彭陆军<sup>2</sup> 田威武<sup>2</sup> 钱 滔<sup>3</sup> 游光辉<sup>4</sup> 陈雨林<sup>2</sup> 龙 利<sup>2</sup>

(1. 湖南省地质矿产勘查开发局, 湖南 长沙 410011; 2. 湖南省地质矿产勘查开发局 409 地质队, 湖南 永州 425100;  
3. 湖南省核工业地质局 304 地质大队, 湖南 长沙 410000; 4. 中国五矿湖南桂阳锡业有限公司, 湖南 桂阳 442216)

**摘要:** 大义山花岗岩体受“大义山式”北西向张扭性断裂构造控制, 具多次侵位的特点, 与岩体有关的矿产主要为锡多金属矿。本次补勘的白沙子岭锡矿区有云英岩脉型、蚀变岩体型、矽卡岩型等 3 类锡多金属矿类型。白沙子岭矿段平行排列的矿脉群在平面上整体呈一椭圆形展布, 脉群从中间向两侧单脉的长度、厚度、品位逐渐变小, 单个脉体从中间向两端厚度、品位逐渐变低。矿脉两端顶底板断层面上见到产状完全相反的擦痕, 推断深部存在着一个椭圆形隐伏母岩体, 成矿母岩的上部会形成蚀变岩体型矿体。为此本次补勘工作施工了一坑内深钻, 上部见到了蚀变岩体型富锡矿体, 下部见钨矿, 预测深部找矿有较大的找矿前景。

**关键词:** 大义山花岗岩体; 锡多金属矿; 椭圆形; 隐伏母岩体; 深部找矿; 找矿前景

中图分类号: P611; P624.6; P618.44 文献标志码: A 文章编号: 1000–3657(2016)05–1625–12

## Deep ore exploration of the Baishaziling tungsten–tin ore district, Dayishan pluton, Hunan

ZENG Qin–wang<sup>1</sup>, PENG Lu–jun<sup>2</sup>, TIAN Wei–wu<sup>2</sup>, QIAN Tao<sup>3</sup>,  
YOU Guang–hui<sup>4</sup>, CHEN Yu–lin<sup>2</sup>, LONG Li<sup>2</sup>

(1. Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development of Hunan Province, Changsha 410011, Hunan, China;  
2. No. 409 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development of Hunan Province, Yongzhou 425100, Hunan, China; 3. No. 304 Geological Party, Nuclear Industry Geological Survey of Hunan Province, Changsha 410000, Hunan, China; 4. Hunan Guiyang Tin Co., Ltd., China Minmetals, Guiyang 442216, Hunan, China)

**Abstract:** Dayishan granite is controlled by the Dayishan NW–trending tenso–shear fault structure, with the multiple intrusion characteristics, and the main mineral deposits related to the granite are tin–polymetallic deposits. There are three types of tin deposits in this prospecting area, i.e., altered greisen vein type, granite type and skarn type. The greisen veins of Baishaziling ore block in the planar alignments exhibit oval distribution on a flat, and the length, thickness and quality of veins taper from the middle

收稿日期: 2016–05–11; 改回日期: 2016–09–01

基金项目: 湖南省大义山地区锡多金属矿整装勘查(201003005)及五矿桂阳锡业有限公司白沙子岭锡矿补充勘查项目联合资助。

作者简介: 曾钦旺, 男, 1949 年生, 研究员级高级工程师, 长期从事有色、贵金属、稀有、稀土金属的找矿勘查工作;

E-mail: zqw5160032@163.com。

part outwards, and so does the single vein. The veins at both ends of roof and floor present opposite scratches, and hence it is concluded that there is an oval concealed mother rock body, with its top forming the granite type. For this study the authors conducted tunnel deep drilling, with rich tin orebody of granite type seen in the upper part, and tungsten orebody seen in the lower part. The authors predict that the deep ore exploration has good prospect.

**Key words:** Dayishan granite rock; tin polymetallic; oval; concealed mother rock; deep ore exploration; prospecting perspective

**About the first author:** ZENG Qin-wang, male, born in 1949, senior engineer, engages in non-ferrous and precious metals, rare, rare-earth metallic ore exploration; E-mail: zqw5160032@163.com.

**Fund support:** Supported by Hunan Dayishan Survey Program (No. 201003005) and China Minmetals Corporation Guiyang Tin Supplementary Exploration Program.

大义山花岗岩体处于北西向郴州—邵阳构造成矿带、南北向耒阳—临武构造成矿带与东西向阳明山—塔山—大义山基底断隆带的三角交汇部位<sup>[1]</sup>,是南岭地区重要的锡多金属矿成矿区域。经过多年的地质工作,发现了狮形岭、师茅冲、白沙子岭等一大批大、中、小型矿床。

中国五矿湖南桂阳锡业有限公司委托湖南省地质矿产勘查开发局409地质队,于2013—2015年,在区内开展了白沙子岭矿区锡矿补充勘查和白沙子岭矿段的深部找矿探索工作,取得了较大成果,新增了一个中型锡矿床的资源储量。在白沙子岭矿段的深部发现了富锡矿体及与晚期岩浆有关的蚀变岩体型钨矿,对大义山地区深部找矿具有重要的指导意义。白沙子岭矿区锡矿补充勘查是“湖南省大义山地区锡多金属矿整装勘查”项目的子项目。

## 1 大义山岩体区域成矿背景

### 1.1 区域地质

区域内地层较发育,除缺失志留纪、古近—新近纪地层外,其他地层均有出露,围绕大义山岩体周边分布。以碳酸盐岩为主的泥盆系及石炭系为主要赋矿层位,碳酸盐岩地层与岩体接触时往往形成矽卡岩型锡多金属矿,岩体周边河谷多赋存有砂锡矿。区内构造十分发育,由基底构造、盖层构造和深断裂构造共同构成该区总体构造格局。阳明山岩体—塔山岩体东西向构造带与大义山岩体北西向构造带形成该区域的主干构造,其中“大义山式”北西向张扭性断裂构造具有继承性发展的特征,控制了大义山花岗岩体的侵入活动<sup>①</sup>。与断裂构造活动有关的花岗质岩浆有沿北西向构造带从南东向

北西斜上方先后多期次顺序侵位的规律<sup>[2]</sup>。大义山花岗岩体为燕山期花岗岩,经历了从早侏罗世到早白垩世4次岩浆侵入活动,划分了4个超单元,14个单元。岩体为“被动”侵位,定位方式为剪切扩张型<sup>[1]</sup>。与岩体有关的矿产主要有锡、钨、铜、铅锌、金、砷、锑、硼、萤石、高岭土等,以锡多金属矿为主(图1)。

燕山晚期花岗岩有利于钨锡矿的成矿,成矿单元往往是 $J_2-K_1$ 的晚期单元(表1)。白沙子岭矿区地表出露的成矿单元是 $J_2J_3$ ,其后的5个成矿单元还在其下部,越晚的成矿单元岩石蚀变越强,成矿作用也越强。岩体内及附近,有少量正长岩脉、细晶岩脉、伟晶岩脉、云英岩脉出露,其中云英岩脉及伟晶岩脉与钨锡多金属矿化关系密切。

### 1.2 区域地球物理特征

区域重、磁异常成果显示(图2),阳明山岩体—塔山岩体—大义山岩体形成了两头宽、中部窄的规模大、封闭良好的东西向重力负异常带。各个岩体的上部及周边均出现了航磁正异常,航磁异常总体形态与地表形态相似。其中在大义山岩体的出露部位及整个北东部较大范围内出现重力低异常,而大义山岩体的航磁正异常与大义山岩体的重力低异常的形态、范围基本叠合,形成了北西向展布的重力低异常和正磁异常大透镜体状异常带。异常带的西边界与岩体吻合,而异常带的东界却离岩体出露边界较远。根据重磁异常情况推断大义山岩体在东北部存在大面积的隐伏岩体。大义山岩体的总体走向NW,倾向NE,因此在大义山岩体东部接触带及隐伏岩体下部形成具有一定深度的隐伏矿床。经过长期的找矿勘查,大义山岩体东部已发

①湖南省地质调查院. 湖南阳明山—大义山锡钨铅锌矿评价报告[R].2002.

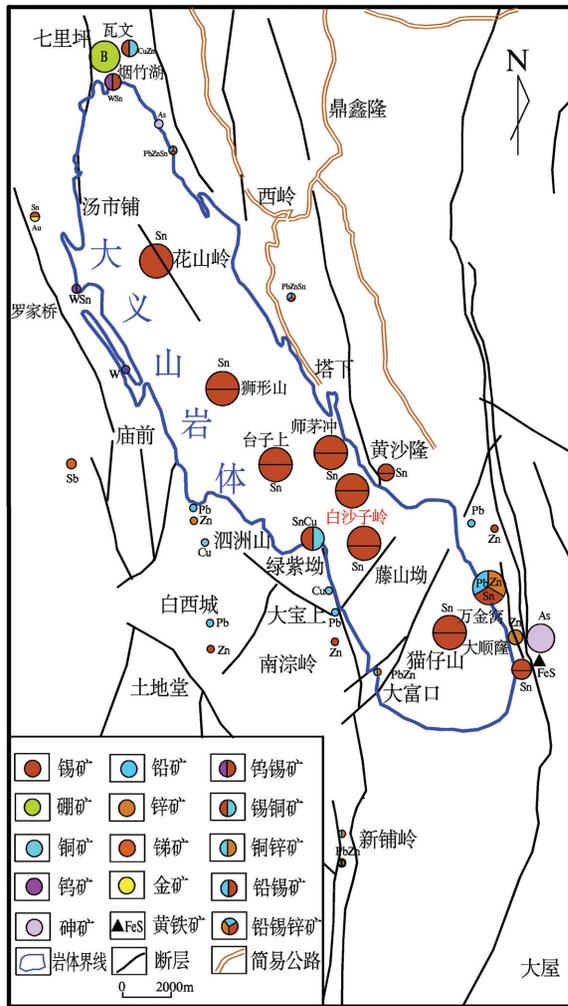


图1 大义山地区区域矿产简图

Fig.1 Simplified map of Dayishan area showing distribution of mineral resources

现一批铅、锌、铜、锡多金属矿床。白沙子岭矿区东南部的中生代铜矿,在石炭纪地层下部525 m深处见到了厚度达13.52 m的蚀变岩体型Cu、Sn矿体,Sn品位0.67%,Cu品位0.25%。

### 1.3 区域地球化学特征

区域内1:20万水系沉积物测量成果显示,沿阳明山岩体—塔山岩体—大义山岩体分布了Sn、W、Bi、B、F、Li、Pb、Zn、Cu、As、Hg、Sb、Ag、Au等元素一系列地球化学异常。以Sn、W、Bi、B、F、Li元素异常最为显著(图3),其中又以大义山岩体的异常面积最大,强度最高,且浓集中心突出,浓度分带现象明

表1 大义山岩体岩石谱系单位划分<sup>①</sup>  
Table 1 Subdivision of hierarchical units of the Dayishan granitic intrusion<sup>①</sup>

岩体	超单元	单元	代号	主体岩石名称
大	下马塘	下马塘	K <sub>1</sub> X	细粒含斑锂云母花岗岩
义	泥板田	小江	J <sub>2</sub> XJ	细-微粒电气石花岗岩
山	下楞形		J <sub>2</sub> X	中细粒斑状二云母二长花岗岩
	墨烟瑶		J <sub>2</sub> M	细-微粒少斑状二长花岗岩
	青洞		J <sub>2</sub> Q	细粒少斑状二长花岗岩
汤市铺	介头		J <sub>2</sub> J	细粒(少斑)二云母二长花岗岩
	藤山坳		J <sub>2</sub> T	细粒(少斑)黑云二长花岗岩
	杉树排		J <sub>2</sub> SH	细粒斑状黑云二长花岗岩
	道士仙		J <sub>2</sub> D	中粗粒斑状黑云二长花岗岩
	岩前		J <sub>2</sub> Y	中粗粒巨斑黑云二长花岗岩
	小恒		J <sub>2</sub> X	细(微细)粒斑状黑云二长花岗岩
关口	下东卡坪		J <sub>1</sub> X	中细粒斑状黑云钾长花岗岩
湖冲庵			J <sub>1</sub> HC	中粗粒斑状-巨环斑状黑云钾长花岗岩
洪水江			J <sub>1</sub> H	细粒斑状黑云钾长花岗岩

显,这些异常构成了大义山北西向异常带。规模最大的W、Sn两元素异常,面积和平面展布形态及其浓集中心基本一致。因此在大义山地区往往形成以W、Sn为主的多金属矿床,说明从深部带上来了大量的成矿物质,这也是进行钨锡深部找矿探索的前提条件。

综上所述,白沙子岭矿区区域成矿背景有利于钨锡多金属矿的成矿,具有深部找矿探索的地质前提。

## 2 白沙子岭钨锡矿床地质特征

### 2.1 矿区地质

白沙子岭矿区位于大义山岩体东部接触带内。矿区内主要出露花岗岩,地层不甚发育。区内出露地层主要为泥盆系锡矿山组,局部出露石炭纪马栏边组,出露面积约占矿区面积的15%。区内断裂构造发育,褶皱次之。受区域大断裂“大义山式断裂带”的影响,矿区断裂构造极为发育,多为张扭性次级断裂构造。规模较大的有40余条,具有成带、成组、集中分布的特点,均具不同程度的锡矿化,为脉状钨锡多金属矿体的主要容矿构造。按展布方向分为近东西、近南北、北东、北北东向、北西向等5组。岩浆岩分布于矿区除北东部外的大部分地

①湖南省地质调查院. 湖南阳明山—大义山钨锡铅锌矿评价报告[R].2002.

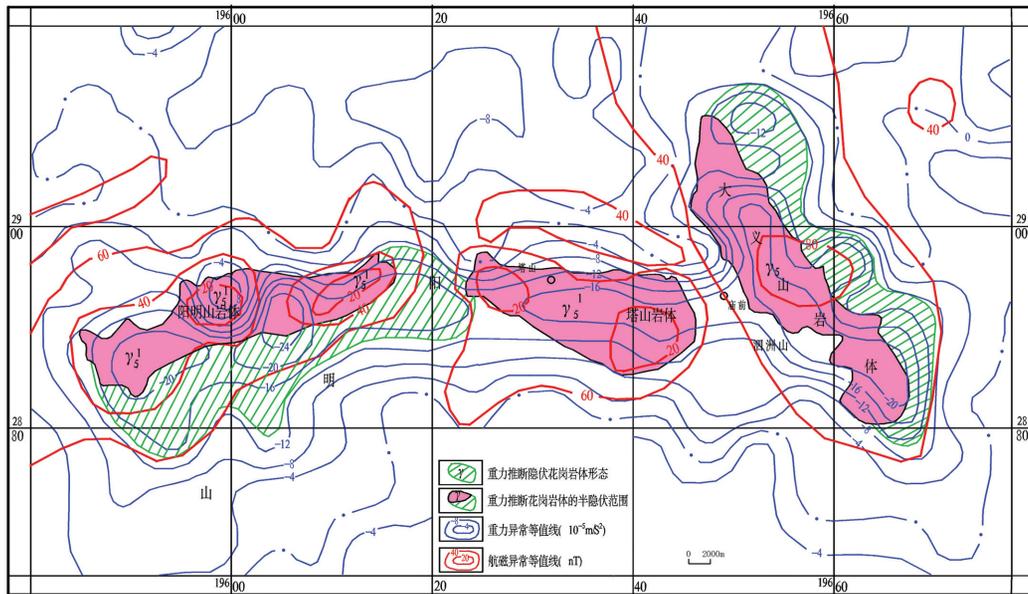


图2 重磁推断的大义山—阳明山岩体深部形态图

Fig.2 Map showing the form of deep rock body in Dayishan–Yangmingshan area inferred by gravity and aeromagnetic survey

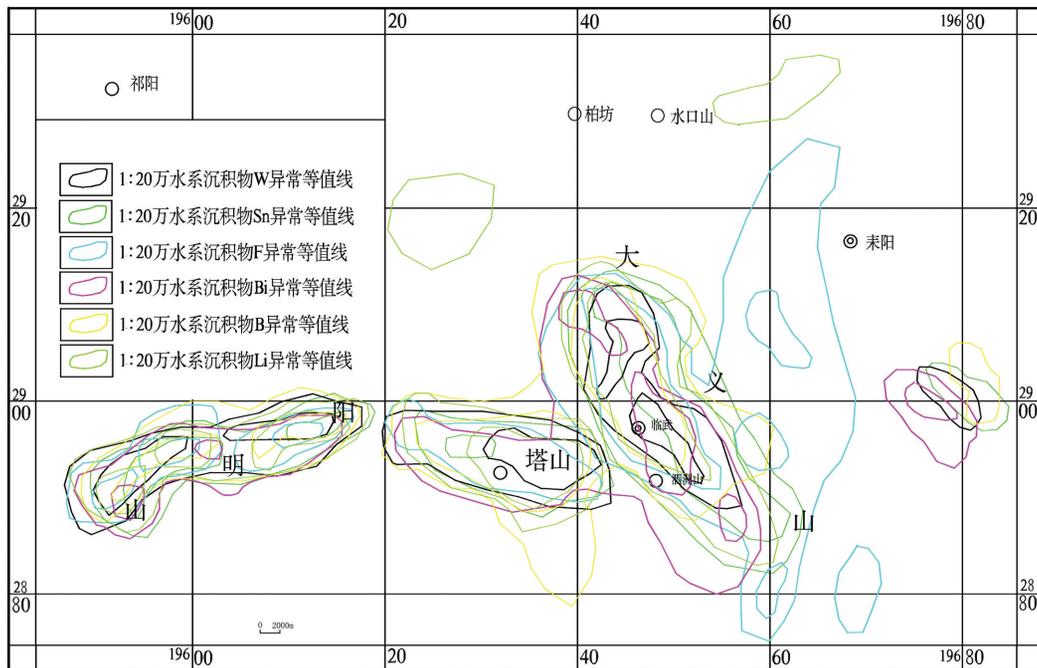


图3 大义山—阳明山W、Sn、Bi、B、Li、F元素地化异常图

Fig.3 Map showing the W, Sn, Bi, B, Li, F elements geochemical anomalies in Dayishan–Yangmingshan area

段,出露面积占矿区总面积的85%以上,主要为中侏罗世汤市铺超单元( $J_2$ ),属铝过饱和酸性岩类,其中介头单元( $J_2J$ )是蚀变岩体型锡矿体的载体和成矿

母岩<sup>①</sup>。云英岩型脉状矿体在地表和地下切穿了 $J_2J$ 的细粒蚀变花岗岩脉体,说明云英岩型脉状矿体的成矿母岩是晚于 $J_2J$ 的更富矿质和挥发组分的 $J_3-K_1$ 岩

①湖南省地质矿产勘查开发局409队.湖南省桂阳县白沙子岭矿区锡矿资源储量核实报告[R].2015.

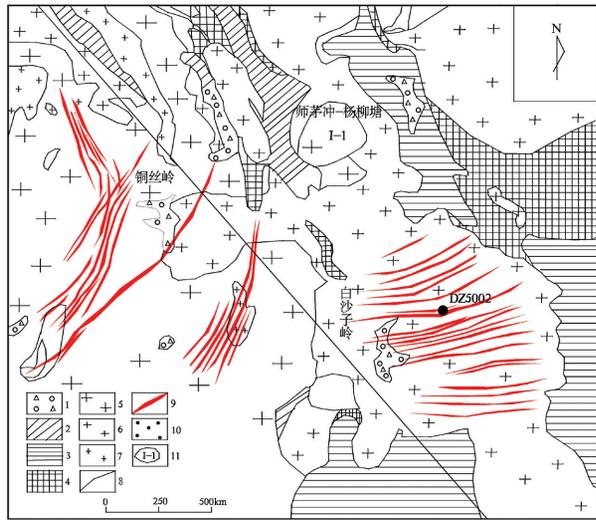


图4 白沙子岭矿区地质简图

1—第四系;2—马栏边组;3—锡矿山组;4—矽卡岩;5—岩前单元;  
6—小恒单元;7—介头单元;8—地质界线;9—云英岩脉型锡矿脉;  
10—蚀变花岗岩;11—蚀变岩体型锡矿

Fig. 4 Geological sketch map of the Baishaziling ore district  
1-Quaternary; 2-Malanbian Formation; 3-Xikuangshan Formation;  
4-Skarn; 5-Yanqian unit; 6-Xiaoheng unit; 7-Jietou unit;  
8-Geological boundary; 9-Greisen vein-type tin vein; 10-Altered  
granite; 11-Altered granite tin deposit

浆岩。矿区岩浆岩分异演化程度高,其中W、Sn、Bi、Cu、As和挥发组份F、Li、B含量较高,有利于钨锡多金属矿的成矿。

## 2.2 矿床地质

矿区内有云英岩脉型、蚀变岩体型、矽卡岩型等3类锡多金属矿,以前两者为主。白沙子岭主要矿石类型特征见表2。云英岩脉型锡多金属矿严格受岩体内的断裂控制,具有成带、成组、集中分布的特点,主要呈近东西向、近南北向、北东向及北西向有序展布;岩体型锡多金属矿主要呈隐伏的似层状、透镜状产出,地表仅见矿化蚀变体或以伟晶岩

壳为标志,零星出露于白沙子岭北东部杨柳塘矿段和铜丝岭矿段;矽卡岩型锡矿主要分布于矿区北东部的岩体上部及北部内接触带的捕虏体处。

白沙子岭矿段矿脉带呈近东西向展布,脉带南北分布1200 m,东西走向宽400~900 m,工程控制矿体标高为712~470 m。各矿体产状与控矿断裂产状一致,走向近东西,倾向北—北北西,倾角59°~88°。矿体具分段富集特点。矿脉由碎裂化蚀变花岗岩及多条厚0.1~0.3 m的云英岩脉、电英岩脉组成,电英岩多数发育于云英岩脉间(图5),往中部含矿云英细脉合并为1~3条,厚度则增至0.50~1.50 m的大脉,沿云英岩脉脉壁多分布毒砂及锡石等金属矿物。矿脉具尖灭再现、分枝复合的现象,脉壁平直。

铜丝岭矿段矿脉带呈近南北—北北西向展布,工程控矿标高为720~400 m,最低达40 m。各矿脉(体)受相应的容矿断裂控制,产状与容矿断裂一致,走向南北—北北西,倾向西—南西西,倾角51°~87°,矿体具分段富集、浅中部富、深部有贫富不均的现象。铜丝岭矿段出露的蚀变岩体型锡矿体赋存于介头单元上凸部位,多数被云英岩脉切割(图6)。

杨柳塘矿段主要发育岩体型和矽卡岩型锡矿,共圈出隐伏岩体型锡矿体3个,总体呈北西向展布,控制走向长400 m,倾向宽140~800 m,控制标高360~463 m。矽卡岩型锡矿体仅控制1个,呈面状分布,走向长约360 m,倾向展布宽75~150 m,展布面积约 $2.88 \times 10^4 \text{m}^2$ 。

## 2.3 控矿因素

(1)岩浆岩条件。富含W、Sn、Cu等成矿元素的燕山期花岗岩体是钨锡多金属成矿的基本条件。多期次岩浆上侵和演化分异,早期次岩浆岩是云英岩脉型和岩体型锡矿脉(体)的赋存围岩,晚期次岩浆岩为钨锡多金属成矿提供丰富的成矿热液。侏

表2 白沙子岭矿区主要矿石类型及特征

Table 2 The main type of minerals and characteristics of the Baishaziling tin ore district

矿石类型	成矿母岩时代	容矿构造	赋矿围岩	矿体形态	矿石结构构造	围岩蚀变	矿物组合
云英岩脉型	J <sub>3</sub> -K <sub>1</sub>	断裂	中细-中粗粒斑状花岗岩	成组、成带分布的陡脉状矿体	浸染状、脉状、角砾状、块状	云英岩化、硫化物化、电气石化	锡石、毒砂、黄铁矿、黄铜矿、黑钨矿、石英、电气石、黄玉、绢云母等
蚀变岩体型	J <sub>2</sub> /	岩体凸起构造	细粒花岗岩	透镜状、似层状	浸染状、块状	云英岩化、硫化物化、	锡石、毒砂、黄铁矿、黄铜矿、黑钨矿、闪锌矿、石英、白云母
矽卡岩型	J <sub>2</sub>	岩体接触带	碳酸盐岩、花岗岩	似层状	角砾状、块状、浸染状	矽卡岩化、硫化物化	锡石、磁铁矿、黄铜矿、黄铁矿、萤石、石榴子石、透闪石等

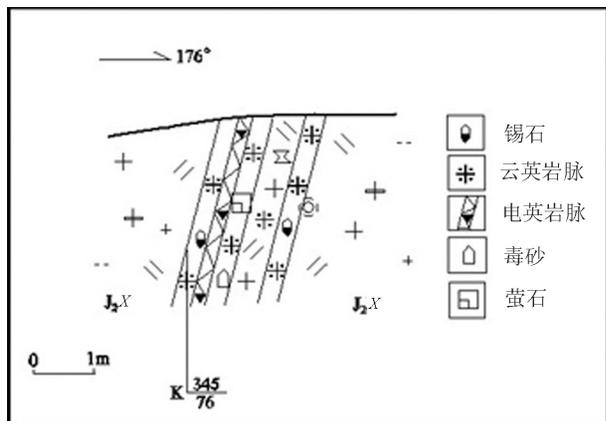


图5 白沙子岭矿段11号矿脉结构图

Fig. 5 The structure of No. 11 lode in Baishaziling ore block

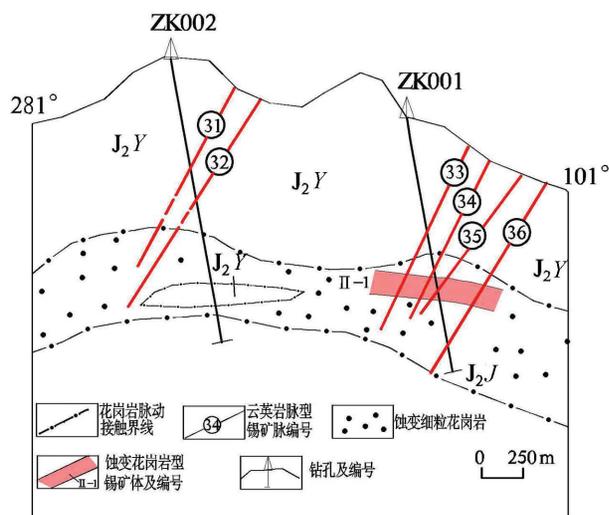


图6 白沙子岭锡矿区0线剖面图

Fig. 6 Geological section along No. 0 exploration line of the Baishaziling tin ore district

罗世中晚期和白垩世早期花岗岩为区内主要成矿单元,为成矿提供了丰富的成矿元素、气水热液和热动力。

(2)构造条件。区内云英岩脉型锡矿脉赋存于近东西向、北东向、近南北向、北北东向等不同方向组的断裂中,断裂构造控制了矿脉的形态和展布。岩体型锡矿化主要赋存于成矿单元上部及顶部,受岩体上凸构造和断裂构造控制,主要以花岗岩枝、岩脉、岩株出现。矽卡岩型锡矿与岩体接触带构造密切相关,在与断裂构造叠加部位矿化较好,有的

矽卡岩型锡矿体就是受断裂构造控制的。

(3)蚀变条件。与云英岩脉型关系较密切的蚀变主要为云英岩化、硫化物化、萤石化、电气石化、绢云母化、黄玉化等,部分矿脉自内而外有明显分期分带性;与岩体型锡矿较密切的蚀变主要有云英岩化、硫化物化、萤石化、黄玉化、钠长石化等,且自上而下具有明显分带性。矽卡岩型锡矿主要有矽卡岩化、硫化物化、蛇纹石化、电气石化等蚀变。

(4)地层条件。含碳酸盐岩的地层是形成矽卡岩型锡矿的重要条件。

## 2.4 成矿规律

(1)多期次的构造叠加部位、构造分支复合部位以及晚期次岩浆活动的前峰部位是成矿的有利部位。

(2)构造蚀变带是成矿有利地段。地表及浅部为成群成组的网脉、复脉,中下部矿脉复合归并变厚;矿脉复合、交汇部位矿化富集更加明显。

(3)黄铁矿、毒砂、黄铜矿等硫化物化,黄玉、萤石、绢云母化和云英岩化等蚀变强烈地段,常形成富矿体或富矿包。

(4)岩体的自变质作用愈强、愈复杂,蚀变种类愈多,则越有利锡多金属矿的成矿和富集。

## 3 矿床成因分析

发生在侏罗纪末的燕山主幕宁镇运动,造成强烈的构造-岩浆活动,使北西向的郴(州)—邵(阳)走滑深断裂和北东向及东西向基底断裂活动进一步加强,并使上地壳及先成岩体重熔,并有幔源物质注入,诱发岩浆上侵,形成了大面积的侏罗纪花岗岩岩基,并控制形成了大义山式北西向张扭性断裂带和大义山复式花岗岩体。“大义山式断裂”具有继承性发展的特征,所派生的多方向低序次扭张断裂常成群、成带分布,是区内矿床(体)形成的空间;多期次的岩浆活动提供了丰富的成矿物质来源,形成富含Sn等元素和矿化剂F、B、S等的中高温岩浆气水热液,含矿气水热液沿导矿构造运移至有利部位,交代(充填)沉淀析出成矿元素而形成了锡多金属矿床。白沙子岭矿区的铅同位素说明矿石中的铅源属于造山带类型,即幔源与壳源的混合型,硫及氢氧同位素指示成矿流体主要为沸腾岩浆水<sup>[1]</sup>。

白沙子岭锡多金属矿床为高中温岩浆热液矿床。

## 4 深部找矿探索

### 4.1 问题的提出

白沙子岭矿区白沙子岭矿段地质图(图4)显示,云英岩型脉状矿体群平面上呈一个NNW向展布的椭圆形,中间的11号矿脉伸展最长,厚度最大,品位较高;11号脉两侧矿脉的长度和厚度分别向NNW和SSE逐渐缩小。所有的脉状矿体平行排列,矿脉均向NNW倾,倾角59°~88°(表3)。沿脉坑道编录资料显示单个矿脉也是中间部位厚度大、品位相对较高,向两端品位具变低趋势,厚度逐渐变小,直至尖灭(表4)。

沿脉坑道揭露的脉状矿体东西两侧围岩擦痕倾向、倾角相反(图7,图8)。因此,认为白沙子岭矿段脉状矿体群的分布特征是典型的深部晚期隐伏岩体的上拱作用力和区域构造应力共同作用的地质现象,推断下部存在着一个隐伏的成矿母岩体,这个成矿母岩体的水平截面形态是一个与脉状矿体群地表形态相似的椭圆形,立体是一个上小下大的似椭圆柱体。根据岩浆热液矿床成矿的一般规律和成矿模式,以及众多的矿床实例,在大致具备“五层楼”格局脉状矿体的下部,往往存在蚀变岩体型矿体,即“地下室”<sup>[2]</sup>,故认为白沙子岭矿段脉状矿体群下部成矿母岩的顶部会形成大透镜体状的蚀

变岩体型矿体,预测的成矿模式图如(图9)所示。

钨锡矿床具有多期多阶段成矿的特征,其深部找矿潜力巨大<sup>[3]</sup>。在南岭成矿带上,钨锡矿床多期多阶段成矿的特征,不仅表现在赣南地区,而且在湘南地区的体现更为完整<sup>[3]</sup>。大义山花岗岩体为燕山期花岗岩,规模大,活动频繁、强烈,经历了从早侏罗世(燕山早期)到早白垩世(燕山晚期)4次大的岩浆侵入活动,划分了4个超单元,14个单元(表1)。与岩体有关的矿产有锡、钨、铜、铅、锌、金、砷、锑、硼、萤石、高岭土等,以锡多金属矿为主。白沙子岭矿区钨锡多金属矿,已发现云英岩脉型、蚀变岩体型、矽卡岩型等3种成矿类型。划分为3个成矿阶段,从早到晚可分为:岩浆接触交代矽卡岩成矿阶段,中期岩浆热液沿断裂渗滤交代(充填)成矿阶段,形成云英岩脉型矿体,晚期为岩浆自变质作用成矿阶段,在岩体上部形成蚀变岩体型矿体。矽卡岩分布在地表或浅部,云英岩脉型矿体从地表到深部均有分布;蚀变花岗岩(脉)体型矿体,因成矿母岩的期次和侵位不同,从上到下都有分布。许多花岗岩成矿母岩的上部常见矿化的花岗岩枝、岩脉,有的就是矿体,甚至是富矿体。《中南地区重要矿产成矿规律》一书在总结中南地区蚀变岩体型锡矿特征时指出,蚀变岩体型锡矿产于花岗岩体顶部或细粒花岗岩脉中,矿体形态简单,多呈脉状、覆盆状产出<sup>[4]</sup>。湖南道县魏家钨矿床受断裂构造和隐伏岩体控制,祥林铺斑岩体周围小岩体及顺层贯入的斑岩脉有的整个为矿体<sup>[5]</sup>。大义山地区、湘南及中南地区,把有一定厚度的蚀变矿化花岗岩枝、岩脉、岩株矿体统称为蚀变岩体型矿体。在南岭隐伏花岗岩体的上方常有一些矿化的岩枝、岩脉存在,这些矿化的岩枝、岩脉,因其相对埋深较成矿母岩浅,往往先于隐伏成矿花岗岩母岩体而剥露于地表或隐伏于成矿岩体之上,从而成为预测隐伏成矿花岗岩体

表3 白沙子岭矿段云英岩脉型锡矿体特征

Table 3 Characteristics of greisen vein-type tin veins in the Baishaziling ore block

矿体编号 (从北至南)	矿体走向长度/m	平均厚度/m	平均品位/%
8	410	1.64	0.85
9	556	1.24	0.77
10	640	1.48	0.81
11	760	1.59	0.78
12	712	1.45	0.71
13	692	1.43	0.66
15	668	1.41	1.13
16	718	1.07	1.26
17	654	1.37	0.38

表4 白沙子岭矿段11号脉厚度品位变化

Table 4 The thickness and grade variation of No. 11 lode in Baishaziling ore block

块段编号 (自西向东)	1	3	6	8	9	4	2	5	7
平均厚度/m	1.11	1.19	1.08	1.70	2.87	2.06	2.09	1.52	1.86
平均品位/%	0.64	0.69	0.62	0.80	0.50	0.42	0.54	0.52	0.49

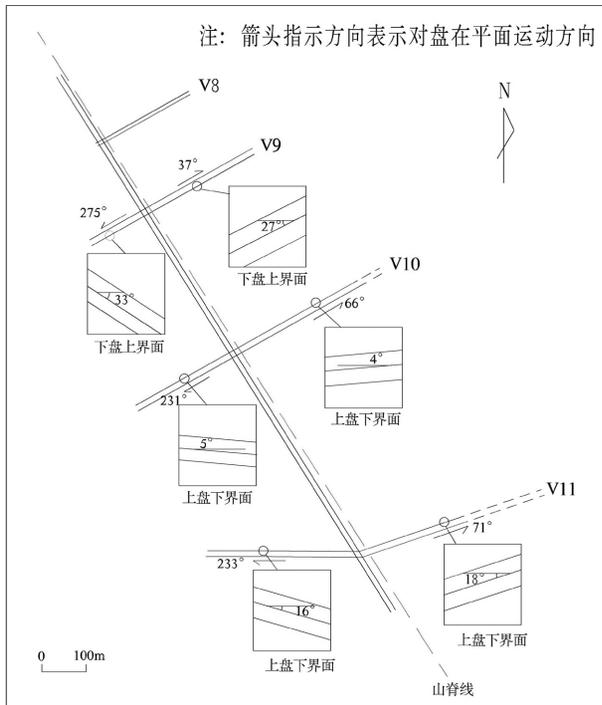


图7 白沙子岭矿段PD505擦痕分布图

Fig.7 The distribution of slickenside in underground tunnel PD505 of Baishaziling ore block

的重要标志<sup>[6]</sup>。厚大的蚀变花岗岩体型矿体埋藏在深部,呈壳状产于成矿岩体的顶部,成矿岩体岩突部位,对成矿更为有利<sup>[7]</sup>。白沙子岭矿区及邻区所见蚀变岩体型矿体,多为蚀变花岗岩脉型矿体,厚大的蚀变岩体型锡矿的蚀变岩体有较大的分布面积和厚度,上部分布有似伟晶岩壳。南岭成矿带和湘南地区钨锡多金属矿的成矿岩体具有多期多阶段成岩成矿的特点,成矿类型多<sup>[8]</sup>。湘南骑田岭超大型锡矿床,成矿类型划分了2大类,4个亚类,11个类型,甚至同一条脉会出现矽卡岩型和构造蚀变带复合型锡矿体<sup>[8]</sup>。多期多阶段成岩成矿作用,造成了成矿类型的多样性,也显示了成矿作用的复杂性和成矿条件的优越性,因而具有较大的找矿潜力<sup>[9]</sup>。

白沙子岭脉状矿体切穿了早阶段蚀变岩(脉)体(图6),说明脉状矿体母岩体的时代晚于早阶段蚀变岩(脉)体,晚阶段的成矿岩体在岩浆演化分异后期,含矿热液更丰富,所以蚀变和矿化也就越强,就越易形成规模大的矿(体)床。大义山岩体的晚期次的岩浆活动有利成矿,成矿专属性明显,成矿



图8 白沙子岭矿段坑道擦痕图

Fig.8 The slickenside in underground tunnel of Baishaziling ore block

元素 W、Sn、Mo、Bi、和 B、F、As 等元素含量自早至晚依次增高,与之相关的矿化也随之增强,同一超单元内晚次单元的含矿性优于早次单元<sup>[10]</sup>。

白沙子岭矿区以38号脉为代表的脉状矿体只控制了地表及浅中部,未控制矿体的深部及根部,更没有见到成矿母岩体。大义山岩体和白沙子岭矿区是多期多阶段成岩成矿,成矿热液的富集及运移也是多阶段的,成矿热液在沿断裂由下向上运移的行程中,在成矿热液沉淀的物化条件下,在控矿断裂任何一个部位都可成矿,在深部由于离母岩体近,成矿温度、压力和成矿热液的容量和浓度等条件就更易满足成矿的要求,就应该更加容易成矿,有时还可以形成富矿。本次补勘针对38号脉设计的两个中深孔中,由于矿脉下部产状变陡,钻孔深度加大,分别在116 m标高(控制矿体高差538 m)和40 m标高(控制矿体高差614 m)见到了一层较富的簿脉矿体(锡品位 $1.054 \times 10^{-2}$ ,厚0.38 m)和一层簿岩体型矿体(锡品位 $0.243 \times 10^{-2}$ ,厚0.32 m),说明38号脉深部确实有矿,向下矿体厚度、品位还可能变大和变高。山东焦家金矿深部就出现了第二个成矿

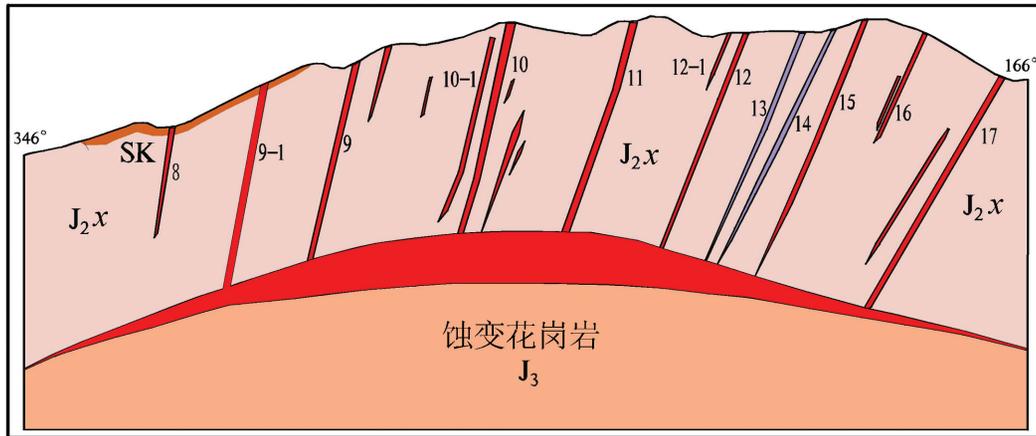


图9 白沙子岭矿段成矿模式图

Fig.9 The metallogenic model of Baishaziling ore block

平台,深部的金资源储量远远超过了浅部的资源储量,胶西北金矿集中区深部探获大型—超大型金矿资源储量已超过600 t<sup>[1]</sup>。况且白沙子岭脉状矿体是以渗滤交代为主的充填交代矿脉,故认为控矿断裂的中深部同样可以成矿,脉状矿体根部的成矿母岩体上部亦可形成蚀变岩体型矿体,而会具有一定的资源潜力。赣南的西华山钨矿和湘南的芙蓉锡矿田、瑶岗仙钨矿等矿床都具有多层空间赋矿的特点,深部找矿都有重大的突破。科研和矿床勘查实践证明,在已知矿床的深部存在晚期成矿作用形成的隐伏工业矿体<sup>[3]</sup>。

许多矿区脉状矿体下部形成了厚大的蚀变岩体型矿体,如广西栗木W-Sn-Nb-Ta矿床,脉状矿体下部见到了巨厚的蚀变岩体型矿体;广西珊瑚WSn矿床,在距地表970 m的脉状矿体下部见到了厚10.53 m的含WO<sub>3</sub> 0.155×10<sup>-2</sup>, Sn 0.01×10<sup>-2</sup>的缓倾斜的蚀变岩型钨(锡)矿体<sup>[12]</sup>;江西浮梁县朱溪世界级超大型钨铜多金属矿床,具有“三位一体”成矿模式,上部为热液脉型矿体,中深部为矽卡岩矿体,更深部为斑岩(蚀变花岗岩)矿体,蚀变花岗岩成矿元素含量更高<sup>[13]</sup>。矿山的深部开采和老矿山的深部探矿,使经典的“五层楼”成矿模式变成了“五层楼+地下室”成矿模式,在“五层楼”脉状体之下,又发现了蚀变岩体型的缓倾斜矿体,即第六层“地下室”<sup>[2]</sup>。白沙子岭矿区及外围矿区浅部多处见早期J<sub>2</sub>J(早于

脉状矿体)蚀变岩体型矿体,并且有较大的资源量,白沙子岭矿区岩体型矿体的单层最大厚度为10.04 m,单孔蚀变岩体型矿体累计厚13.18 m,蚀变岩体最大厚度达136.11 m<sup>①</sup>。邻区师茅冲矿区蚀变岩体型矿体最厚达17.22 m<sup>②</sup>,邻区新生锡铜矿蚀变岩体型矿体厚度达13.52 m,那么J<sub>2</sub>J之后的晚期岩体,特别是矿区内的主要矿体类型——云英岩脉型矿体的成矿母岩体规模更大,成矿热液更丰富,深部形成厚大蚀变岩体型矿体的可能性就更大。

#### 4.2 白沙子岭矿段深部找矿探索

本次补勘工作,在白沙子岭矿段470 m中段施工了坑内立钻DZ5002(80°倾角)孔,具体位置见图4,目的是揭露11号脉下部的成矿母岩上部的蚀变岩体型的矿体。在470 m标高以下孔深4.17 m、13.60 m发现两层富锡矿体,视厚度分别为1.03 m和1.52 m, Sn品位分别为1.94×10<sup>-2</sup>、3.83×10<sup>-2</sup>(图10)。富矿石呈深灰色,具细粒鳞片变晶结构,浸染状、块状构造,蚀变强,以云英岩化为主,伴有黄玉化、电气石化、金属硫化物化,矿体顶底板裂隙极发育,轴夹角5°~10°,其内多充填有金属硫化物。以上特征说明这两层矿是云英岩脉型富Sn矿体。其一,产状陡,倾角70°~75°;其二,品位高。在其他脉状矿体中,常见富矿段和富矿包,而本区蚀变岩体型矿体产状一般都比较平缓,品位总体不高。钻探在657.63~662.30 m(标高-169 m)和671.34~673.02

①湖南省地质矿产勘查开发局409队.湖南省桂阳县白沙子岭矿区锡矿资源储量核实报告[R].2015.

②湖南省地质矿产勘查开发局418队.湖南省桂阳县师茅冲矿区锡矿普查报告[R].2009.

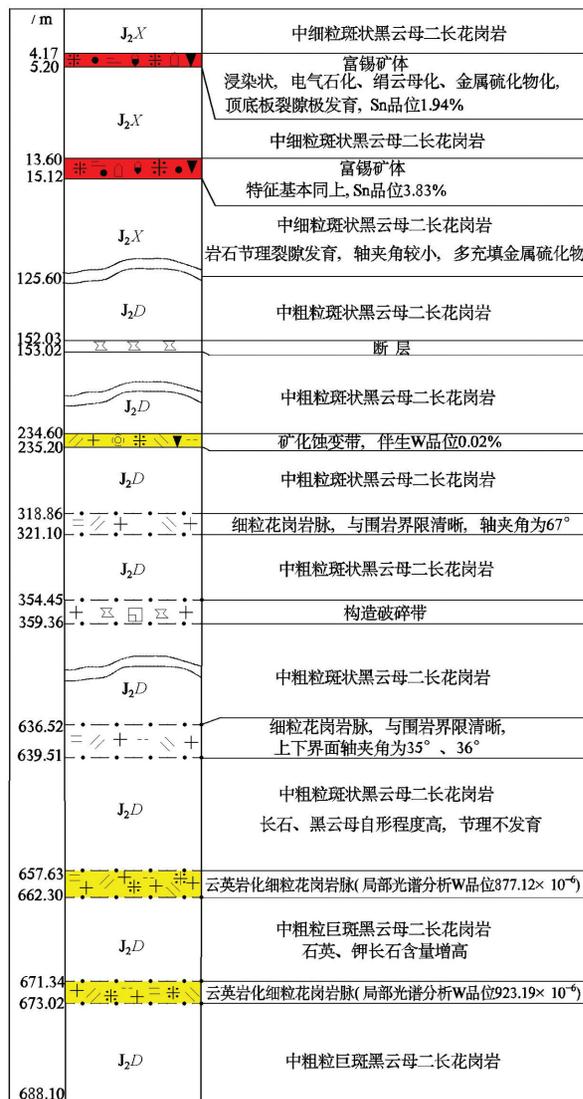


图 10 钻孔 DZ5002 综合柱状简图(1:500)

Fig.10 The comprehensive columnar section of drill hole DZ5002 (1:500)

m(标高-179 m)见视厚为 4.67 m 和 1.68 m 的云英岩化细粒花岗岩。经对岩心单点采样,光谱分析 W 局部含量达  $877.12 \times 10^{-6}$  (折合  $WO_3$   $0.1106 \times 10^{-2}$ ) 和  $923.19 \times 10^{-6}$  (折合  $WO_3$   $0.1164 \times 10^{-2}$ )。该钻孔全孔为不同岩性花岗岩,在 573 m 以上岩性变化较频繁,共编录了 42 个地质体,见多层蚀变细粒花岗岩,断裂、裂隙发育;573 m 以下为比较完整的中粗粒和粗中粒黑云母花岗岩,长石和黑云母自形程度较高,裂隙不发育,向下钾长石和石英含量增高,仅在下部见两层厚度不大的含钨云英岩化细粒花岗岩。

经对全孔岩心每 10 m(下部 150 m 每 5 m)采 5 cm 左右岩心做光谱分析样,不同岩性不论厚薄均采样。光谱分析显示:裂隙带和晚期岩脉 Sn、W、Cu、Zn 等成矿元素及指示元素 Li、F、As、B 含量较高,挥发分 F 元素含量最高,说明成矿物质主要来源于下部的晚期岩浆热液。正常花岗岩除 Li、F 高于维氏(1962)值数倍外,成矿元素 Sn、W、Cu、Zn 和其他指示元素含量均低于维氏(1962)值,也未显示出明显的变化规律。坑内钻上部见到的富锡矿体和下部的钨矿都与云英岩化为主的蚀变密切相关,白沙子岭矿区的云英岩脉型 W、Sn、Cu 多金属矿是多次岩浆热液以渗滤交代为主形成,与充填为主的石英脉型 W、Sn 矿相比,成矿物质的运移速度和富集程度都会差一些,云英岩脉型矿体品位比石英脉型矿体品位一般要低,由于深部的成矿母岩体在岩浆的多次侵入活动中,还会不断得到含矿热液的补充,因此深部的成矿母岩体 W、Sn 等成矿元素含量就不会有太大的下降。

在成矿热液缓慢渗滤交代形成云英岩脉型矿体过程中,在母岩体上部同样存在成矿热液与岩浆岩的自变质交代成矿作用。大义山花岗岩的多次岩浆侵入活动和多次成矿作用,使成矿母岩体积聚了丰富的成矿物质和热液,因而在多次成矿作用过程中,就可能在成矿母岩体上部形成规模较大的工业矿体,但可能有一定的埋藏深度。矿化蚀变细粒花岗岩应该是成矿母岩的不同阶段上侵的岩脉(枝)体,如果钻孔下部所见 2 层含钨云英岩化细粒花岗岩是云英岩脉型矿体成矿母岩体的岩枝,那么离白沙子岭矿段矿脉群的成矿母岩体的深度就不会太大了。江西浮梁县朱溪世界级超大型钨铜多金属矿床,ZK4210 孔 722.40~1077.70 m 处见花岗岩枝频繁穿插于围岩中,普遍发育白钨矿化、黄铜矿化、辉钼矿化、闪锌矿化,且向深部矿化有增强趋势,说明成矿母岩还在下部,经深部钻探,在深部控制了比上部矿体品位更高的蚀变花岗岩体型 W、Zn、Cu 矿体<sup>[13]</sup>。广西珊瑚钨(锡)矿床,在距地表 970 m 的脉状矿体下部见到蚀变岩型钨(锡)矿体<sup>[13]</sup>,相关的剖面图和文字说明这里的蚀变岩是蚀变沉积岩,而不是蚀变花岗岩体,蚀变岩体型矿体和成矿母岩体还在下部;湖南瑶岗仙钨矿从线脉带标高 1700 m 到根脉带进入母岩体的标高 100 m,高

差1600 m<sup>[4]</sup>。因此,白沙子岭矿段脉状矿体群下部隐伏的晚阶段成矿母岩体上部的蚀变岩体型矿体埋深也会比较大。有研究表明;与花岗岩类有关的成矿系统多发育在上地壳或距地表较大深度的范围内<sup>[5]</sup>,说明了花岗岩类有关的成矿系统发育是比较深的。《勘查区找矿预测理论与方法》提出:位于岩体顶部上方大型网状矿脉垂直延深空间范围(幅度)1200~1500 m,且矿床下部还可伸入花岗岩中200~250 m。矿源深度愈大,分离出的含矿热液愈均一,可在很大的垂直距离内保持最优的聚矿条件<sup>[6]</sup>。白沙子岭矿段矿脉群和以38号脉为首的矿脉带的矿源体埋深大,就更有利于脉状矿体深部的成矿和成矿母岩体上部的蚀变岩体型矿体的成矿。

白沙子岭矿段坑内钻孔施工至-191 m标高(孔深688.10 m),因600型钻机发生孔内机械事故,不能继续钻进而终孔。

## 5 结 语

地质、物探、化探特征显示白沙子岭矿区深部具有钨锡矿成矿的优越条件。大义山花岗岩体具多期次岩浆侵入活动和多次成矿作用。白沙子岭矿区下部还有5个成矿单元可以成矿,越晚的成矿单元蚀变和成矿作用就越强。白沙子岭矿段云英岩型矿脉群地表呈椭圆形展布,且脉群矿脉皆倾向NNW,是典型的隐伏岩体的上拱作用力和区域构造应力共同作用的地质现象,推断下部存在一个上小下大的椭圆柱状母岩体。白沙子岭矿区的云英岩脉型W、Sn矿是多次岩浆热液以渗滤交代为主而形成,在成矿热液缓慢渗滤交代过程中,在母岩体上部亦存在着成矿热液与上部岩浆岩的自变质交代成矿作用,而形成工业矿体。钨矿的“五层楼”成矿模式改写成“五层楼+地下室”的“六层楼”成矿模式,以及许多矿床实例和成矿模式都证实这个推断依据是充分的。470 m标高坑内立钻在650 m深度以下见到了两层含钨云英岩化细粒花岗岩脉,说明含矿母岩体还在深处。38号脉两个中深孔深部各见到了一层薄矿体,说明白沙子岭矿区中深部确实还有矿,下部应具有较大的找矿前景,值得进一步研究和探索。如果白沙子岭矿区深部找矿能够突破,它将推动整个大义山地区乃至南岭地区的深部找矿突破。

**致谢:**感谢中国五矿湖南桂阳锡业有限公司领导对白沙子岭矿区深部找矿勘查的大力支持,感谢湖南省国土资源厅地勘项目管理办公室对白沙子岭矿区深部找矿勘查的支持和指导。

## 参考文献(References):

- [1] 曾志方,曾佐勋,曾永红,等.湖南省桂阳县白沙子岭锡矿床地质地球化学特征及其成因[J].中国地质,2008,35(4):728-734.  
Zeng Zhifang, Zeng Zuoxun, Zeng Yonghong, et al. Geological and geochemical characteristics and genesis of the Baishaziling tin deposit, Guiyang County, Hunan[J]. Geology in China, 2008, 35(4): 728(in Chinese with English abstract).
- [2] 王登红,唐菊兴,应立娟,等.“五层楼+地下室”找矿模型的适用性及其对深部找矿的意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2010,(4):734-735.  
Wang Denghong, Tang Juxing, Ying Lijuan, et al. "Five-storey + basement" prospecting model of the relevance and significance of prospecting in the deep [J]. Journal of Jilin University (Earth Science), 2010, (4): 734-735 (in Chinese with English abstract).
- [3] 刘善宝,陈毓川,范世祥,等.南岭成矿带中、东段第二找矿空间——来自同位素年代学的证据[J].中国地质,2010,37(4):1034-1049.  
Liu Shanbao, Chen Yuchuan, Fan Shixiang, et al. East section of nanling metallogenic belt, the prospecting space—evidence from isotope chronology [J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1034-1049 (in Chinese with English abstract).
- [4] 魏道芳,邹先武,等.中南地区重要矿产成矿规律上册[M].武汉:湖北人民出版社,2016:116-132.  
Wei Daofang, Zhou Xianwu, et al. South Africa on Important Mineral Metallogenic Regularity[M]. Wuhan: Hubei People's Publishing House, 2016: 116-132(in Chinese with English abstract).
- [5] 李福顺,康如华,胡绪云,等.南岭魏家钨矿地质特征及找矿前景分析[J].中国地质,2012,39(2):445-457.  
Li Fushun, Kang Ruhua, Hu Xuyun, et al. Geological characteristics and ore-search prospect of the Weijia tungsten deposit in Nanling region[J]. Geology in China, 2012, 39(2): 445-457(in Chinese with English abstract).
- [6] 地矿部南岭项目组.南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用[M].北京:地质出版社,1989:363-371.  
Ministry of Geology and Mineral Resources of Nanling Project Group. Nanling Granite Geology and Genesis and Mineralization[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 363-371(in Chinese with English abstract).
- [7] 蔡明海,汪雄武,潘仲芳,等.南岭中段锡矿床主要类型及找矿模式[J].华南地质与矿产,2005,(2):22-28.  
Cai Minghai, Wang Xiongwu, Pan Zhongfang, et al. Main types and prospecting models of tin deposits in the mid-Nanling region[J].

- Geology and Mineral Resources of South China, 2005, (2): 22–28. (in Chinese with English abstract).
- [8] 魏绍六, 曾钦旺, 许以明, 等. 湖南骑田岭地区锡矿床特征及找矿前景[J]. 中国地质, 2002, 29(1):67–75.  
Wei Shaoliu, Zeng Qinwang, Xu Yiming, et al. Characteristics and ore prospects of tin deposits in the Qitianling area, Hunan[J]. Geology in China, 2002, 29(1): 67–75(in Chinese with English abstract).
- [9] 伍光英, 潘仲芳, 候增谦, 等. 湖南大义山锡多金属矿田矿体分布规律、控矿因素及找矿方向[J]. 地质与勘探, 2005, 41(2): 6–11.  
Wu Guangying, Pan Zhongfang, Hou Zengqian, et al. Ore body distribution pattern, ore–controlling factors and prospecting potentiality in the Dayishan tin deposit, Hunan province[J]. Geology and prospecting, 2005, 41(2): 6–11(in Chinese with English abstract).
- [10] 伍光英, 潘仲芳, 李金冬, 等. 湖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(4): 435–441.  
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(4): 435–441(in Chinese with English abstract).
- [11] 宋明春, 崔书学, 伊丕厚, 等. 胶西北金矿集中区深部大型–超大型金矿找矿与成矿模式[M]. 北京:地质出版社, 2010: 1–6.  
Song Mingchun, Chui Shuxue, Yi Pihou, et al. Prospecting and Metallogenic Model of the Deep Large–ultra Gold Deposit in Northwestern Jiaodong Gold Deposit Concentration Area[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010: 1–6(in Chinese with English abstract).
- [12] 罗德宣, 杨明德, 等. 广西钟山县珊瑚钨锡矿接替资源勘查[C]// 吕志成, 薛建玲, 周圣华, 编. 危机矿山接替资源找矿勘查案例(上册). 北京:地质出版社, 2014: 53–61.  
Luo Dexuan, Yang Mingde, et al. The Shanhu tungsten–tin ore resources exploration, Zhongshan County of Guangxi [C]// Lv Zhicheng, Xue Jianling, Zhou Shenghua, et al. The Replacement Resources Exploration of Crisis Mines Case ,Beijing:Geological Publishing House, 2014: 53–61(in Chinese).
- [13] 吴筱萍, 欧阳永棚, 周耀湘, 等. 景德镇朱溪钨铜多金属矿床岩浆岩地球化学特征及其对成矿的约束[J]. 中国地质, 2015, 42(6):1885–1896.  
Wu Xiaoping, Ouyang Yongpeng, Zhou Yaoxiang, et al. Jingdezhen tungsten–copper polymetallic ore deposit magmatite geochemical characteristics and their constraints on mineralizations [J]. Geology in China, 2015, 42 (6): 1885–1896 (in Chinese with English abstract).
- [14] 蒋中和, 蒋家躁, 甘先平. 湖南省宜章县瑶岗仙钨矿接替资源勘查[C]// 吕志成, 薛建玲, 周圣华, 编. 危机矿山接替资源找矿勘查案例(上册). 北京:地质出版社, 2014: 135–149.  
Jiang Zhonghe, Jiang Jiaozao, Gan Xianping. Yaogangxian tungsten mine, Yizhang, Hunan province, to replace resources prospecting of the mineral resources exploration of crisis mines case volume[C]// Lv Zhicheng, Xue Jianling and Zhou Shenghua, et al. The Replacement Resources Exploration Of Crisis Mines Case. Beijing:Geological Publishing House, 2014: 135–149(in Chinese).
- [15] 翟裕生, 邓军, 王建平, 等. 深部找矿研究问题[J]. 矿床地质, 2004, 23(2): 144–147.  
Zhai Yusheng, Deng Jun, Wang Jianping, et al. Study of deep problems[J]. Geology of Ore Deposits, 2004, 23 (2): 144–147(in Chinese with English abstract).
- [16] 叶天竺, 吕志成, 庞振山, 等. 勘查区找矿预测理论与方法[M]. 北京:地质出版社, 2014: 81–90.  
Ye Tianzhu, Lv Zhicheng, Pang Zhenshan, et al. Prospecting Prediction Theory and Method[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014: 81–90(in Chinese with English abstract).