

# 辰山岩体周边白钨矿床地质特征与找矿前景

孙际茂<sup>1</sup>, 娄亚利<sup>1</sup>, 黄杰<sup>1</sup>, 尹华峰<sup>1</sup>,  
崔立峰<sup>1</sup>, 吴俊<sup>1</sup>, 鲍振襄<sup>2</sup>, 包觉敏<sup>2</sup>

(1. 湖南辰州矿业股份有限公司, 湖南 沅陵 419067;

2. 湘西矿产资源综合研究发展中心, 湖南 乾州 416009)

**摘要:** 近年在辰山岩体内外接触带相继发现多处层控夕卡岩型、接触交代型和石英脉型的大中型白钨矿床(点)。矿床多层位、多部位赋存并与一定的岩性、构造密切相关,为夕卡岩型白钨矿床。岩体和特定层位是主要的控矿条件。矿床形成于印支晚期同造山阶段后碰撞构造环境。沿岩体接触带形成的宽达数百米至数千米的角岩化带及夕卡岩化角岩带、夕卡岩带等蚀变带,以及W元素地球化学异常和白钨矿重砂异常带(区)都是成矿的有利地带(段)。区域成矿潜力大,找矿前景良好。在勘查工作中,除对地表出露的夕卡岩化带开展直接找矿外,应加强隐伏矿床的找矿研究工作。辰山岩体外接触带层控夕卡岩型白钨矿床是岩体周边找矿勘查的主要矿床类型。

**关键词:** 辰山岩体;层控夕卡岩型白钨矿床;成矿控制因素;成矿过程;找矿前景;湖南省

**中图分类号:** P613;P618.67 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2013)01-0085-10

## 0 引言

随着找矿勘查与研究工作的不断深入,辰山花岗岩体周边白钨矿床(点)找矿工作取得了许多重要成果,先后成功地探明了大溶溪大型层控白钨矿床<sup>①②</sup>,发现了易家湾、把关坳中小型接触交代夕卡岩型和隐伏的层控夕卡岩型白钨矿床<sup>③</sup>,以及石英脉(云英岩脉)型白钨矿(化)点<sup>④</sup>等。大量的勘查资料表明,辰山花岗岩体周边区域成矿地质条件优越,找矿潜力大,极有可能构成湘西雪峰山钨锡金成矿带新的白钨矿床成矿集中区。

## 1 区域成矿地质背景

辰山花岗岩体位于扬子地体与湘中南地体结合部位,湘西雪峰弧形构造成矿带北东段向东偏转、向

北西凸出的转折地段。区域出露地层主要为新元古界板溪群一套厚大的浅变质岩系,其次为震旦系、寒武系及奥陶系等碎屑岩、碳酸盐岩。目前,已在上述多个地层层位发现层控夕卡岩型、接触交代夕卡岩型及石英脉型白钨矿床(点)。其中,赋存于南沱砂岩组的大溶溪层控夕卡岩型白钨矿床规模最大,达大型矿床;次为板溪群马底驿组、震旦系留茶坡组接触交代夕卡岩型白钨矿床、小烟溪组层控夕卡岩型白钨矿床,规模为中小型;石英脉型(云英岩型)白钨矿仅在乌沙等地发现矿(化)点等。

区域EW向构造十分突出,NNE-NE向构造最为发育。主体构造EW向香岩溪复背斜出露长25 km,轴部地层为板溪群马底驿组,两翼地层依次为板溪群五强溪组、震旦系、寒武-奥陶系、志留系等,因被2条平行的EW向、NEE向区域逆冲断裂所挟持,两翼地层不对称,多为断层接触。

区内出露的辰山花岗岩体(株)位于EW向香

收稿日期: 2011-12-31; 改回日期: 2012-07-24; 责任编辑: 赵庆

基金项目: 2007年度中央地质勘查基金项目(编号:2007-066)和湖南辰州矿业股份有限公司勘查项目(2007-2008)联合资助。

作者简介: 孙际茂(1962-),男,高级工程师,1983年毕业于秦皇岛冶金职工大学,主要从事地质矿产勘查和技术管理工作。通信地址:湖南省吉首市人民南路69号,湖南省有色地质勘查局二四五队;邮政编码:416007;E-mail:hnxxjssin@163.com

通信作者: 鲍振襄(1933-),男,高级工程师,1955年毕业于南京大学地质系金属非金属矿产地质普查勘探专业,长期从事地质找矿勘查与综合研究工作。通信地址:湖南省乾州建新路1号,湘西矿产资源综合研究发展中心;邮政编码:416009。

岩溪复背斜北翼近轴部地段与区域性唐家田斜冲断裂(F<sub>2</sub>)的复合部位(图1),长约9 km,宽6 km,面积34 km<sup>2</sup>,呈椭圆状,大致呈EW向展布,为正地形凸出地表。岩体主要由黑云母花岗闪长岩和二云母二长花岗岩组成,岩石属高钾钙碱性系列铝质花岗岩,U-Pb年龄分别为226.5 Ma和224 Ma<sup>[1]</sup>,表明岩体成生于晚三叠世,其成因属“S”型壳源花岗岩,形成于同造山阶段相对松弛的后碰撞构造环境<sup>[2]</sup>,与区域钨矿床的成矿有着密切的时空关系。

区内由岩浆上侵所产生的热接触变质作用十分强烈,围绕岩体接触带及附近的围岩形成了宽达数百米至数千米的热接触变质晕(带)<sup>[3]</sup>,区域白钨矿床(点)即产于热接触变质晕(带)范围内。与钨矿化有关的围岩热液蚀变主要有夕卡岩化、角岩化、硅化等。

据辰山岩体北部32 km<sup>2</sup>范围1:10 000比例尺土壤地球化学测量成果<sup>⑤</sup>,共获得8个W元素地球化学异常,最高峰值273.7×10<sup>-6</sup>。这些异常主要沿岩体接触带呈弧形、串珠状分布,为深部找矿的良好地球化学标志。此外,通过250 km<sup>2</sup>区域1:50 000比例尺的重砂普查<sup>⑥</sup>,发现白钨矿重砂异常

范围甚大,与已知矿床(点)和矿化(点)分布范围吻合,表明区域成矿的地球化学条件良好。

## 2 矿区地质

### 2.1 地层

区内与钨矿成矿关系最密切的地层有板溪群、南沱砂岩组及小烟溪组等。

(1)板溪群分上下2组。①板溪群下组为马底驿组,主要分布于岩体南部白沙溪—桔子园一带,厚1 260 m,以紫红色条带状、层纹状板岩为主,间夹灰绿色板岩、细砂岩等;下部岩层为含钙质结核板岩夹白云质灰岩与泥质白云岩,厚150~450 m,为易家湾钨矿的主要近矿围岩;②板溪群上组为五强溪组,整合于马底驿组之上;下段为深灰-灰绿色条带状板岩、砂质板岩、细砂岩夹含凝灰质砂岩、凝灰质板岩等,厚约700 m,主要分布于岩体北部;上段为青灰色、灰绿色层纹状板岩、变质砂岩夹层凝灰岩等,厚592~1 517 m;最近在大溶溪钨矿发现,该组含钙板岩、含钙粉砂质板岩之断裂破碎带赋存有脉状夕卡岩型白钨矿体。

(2)南沱砂岩组。假整合于板溪群五强溪组之上,厚34.8~57.6 m,为区内钨矿主要容矿层位,著名的大溶溪大型白钨矿床即产于该层位。按岩性及其含矿性可分为上下2层:①下部为深灰色巨厚层石英砂岩、长石石英砂岩夹变质石英砂岩,厚28.5~48.3 m,系下部钨矿的主要容矿岩石,据最新探采资料<sup>⑤</sup>,整层砂岩均有程度不同的白钨矿化;②上部为硅质板岩、砂质板岩夹不纯碳酸盐岩,厚2.60~10.53 m,为上部钨矿的主要容矿岩石。

### 2.2 构造

位于岩体北部和南部的钨矿区构造各有特点。产于岩体北部的大溶溪、把关坳—界山钨矿,矿区主要构造为近EW向的大溶溪—界山向斜,轴部地层向西扬起,岩层产状平缓,幅度开阔,上部钨矿层随向斜构造展布形态(似“马蹄形”)出露于地表,向斜东段的把关坳—界山钨矿,由于F<sub>2</sub>断裂强烈的挤压作用和南部花岗岩体刚性岩石的抗压

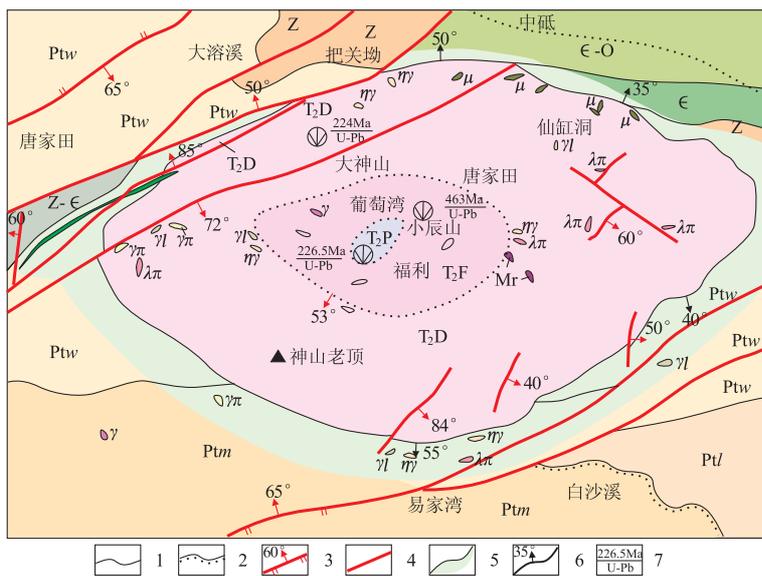


图1 辰山岩体及周边地区地质图

Fig. 1 Geological map of Chenshan granite and the peripheral region  
O. 奥陶系; ∈. 寒武系; Z. 震旦系; Ptsw. 板溪群五强溪组; Ptm. 板溪群马底驿组; Ptl. 冷家溪群; γl. 花岗细晶岩脉; ηγ. 二长花岗岩脉; γπ. 花岗斑岩脉; λπ. 石英斑岩脉; νπ. 霏细班岩; q. 石英脉; 1. 整合接触界线; 2. 不整合接触界线; 3. 实测逆断层及产状; 4. 实测性质不明断层; 5. 角岩及斑点板岩带; 6. 花岗岩接触界线及产状; 7. 同位素年龄值(Ma)/微量锆石、铀-铅模式年龄值

作用,造成岩层产状变陡,褶幅变窄,北翼地层出现倒转现象,但向斜轴部岩层产状仍较平缓,并成为钨矿层良好的容矿构造。产于辰山岩体南部的钨矿,矿区(床)构造基本上为向 S 倾斜的单斜构造,其间次生面理构造十分发育,走向  $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ,倾向 SE,倾角一般  $60^{\circ}$  左右,局部达  $80^{\circ}$ 。研究表明,该组构造属于区域性的劈理构造,成生于岩层变形变质作用期间,为结晶作用较低的低级变质岩的典型次生面理构造,通常表现为密集的劈理面,并且在相当程度上掩蔽了层理构造,为易家湾钨矿的主要控矿和容矿构造。

### 2.3 围岩蚀变

区内围岩蚀变主要由岩体侵入引起的热接触变质作用导致,包括角岩化、夕卡岩化、大理岩化和硅化等,角岩化分布最广,夕卡岩化、硅化与成矿的关系最为密切。

(1)角岩化:随着岩体上侵作用在其周边形成广泛的热接触变质晕(带)即角岩化,宽达数百米至千余米,围绕岩体呈环带状分布,系白钨矿化早期发育最广泛、影响最大的热接触变质作用所发生的蚀变,在不同矿物成分的碎屑岩中均有发育。其中黏土类、硅质页岩类及不纯碳酸盐岩中主要形成长英质角岩。粗碎屑岩在热接触变质作用下比较稳定,不易发生变化,主要由于其胶结物的性质不同,故而形成不同成分的角岩。硅质胶结物形成石英或长石石英岩;泥质胶结物形成黑云母、堇青石、白云母、长石石英组合的长英质角岩;钙质胶结物形成方解石、绿帘石、角闪石(透闪石)、石榴石等长英质角岩。白钨矿化与新生的热变质矿物和石英脉有关。

(2)夕卡岩化:夕卡岩化为与成矿作用最密切、最重要的围岩蚀变。从成矿作用过程分析,夕卡岩化与夕卡岩有 2 种成矿意义:一是叠加在角岩化之上的夕卡岩化,形成夕卡岩化硅钙质角岩,大溶溪白钨矿床的成矿作用主要是夕卡岩化阶段所形成的大量的石榴石、透辉石、透闪石的钙硅质角岩,白钨矿化与夕卡岩矿物密切共生或被其交代;二是形成交代夕卡岩,把关垌白钨矿化即产于岩体与留茶坡组硅质岩接触带及小烟溪组黑色页岩中的透辉石夕卡岩内,它是在热接触变化作用及高温气化热液作用下,经接触变质作用所形成的一种变质岩石。

(3)硅化:硅化与钨矿化的关系也十分密切,从其形成过程分析,硅化可能发生于夕卡岩化之后,或者说是继夕卡岩化之后的重要成矿蚀变,在某种意义上说是“无矿不硅”。硅化的形式主要是以石英细

脉、微脉等沿岩石节理裂隙充填,为大溶溪下部钨矿的主要成矿形式,其次见于大溶溪矿区西部的张马冲和易家湾西部的沿层间充填的层状、似层状石英大脉(脉厚  $0.40\sim 0.48\text{ m}$ ),具浸染状白钨矿化。

(4)大理岩化:在南沱砂岩组上部含粉砂质的不纯灰岩,经热接触变质作用常形成大理岩化灰岩、大理岩等热接触变质岩。若后期叠加有透辉石、透闪石以及硅化(石英、石英脉)等夕卡岩矿物、热液蚀变石英等,则伴随白钨矿化的发生。前者白钨矿化与夕卡岩矿物共(伴)生,尤其与石榴石关系密切,往往嵌生于石榴石晶粒间;后者白钨矿化集中分布于石英脉旁,或嵌布于石英晶体中,其形成与石英关系密切并略早于石英,此为大理岩化砂质灰岩中钨的主要矿化形式,局部可构成矿体。

## 3 矿床地质特征

### 3.1 含矿岩系岩石类型及组合

#### 3.1.1 大溶溪钨矿<sup>[4]</sup>

该钨矿赋存于震旦系南沱砂岩组内,自下而上含矿岩系岩石类型及岩石组合为:

下部:灰绿色、浅灰色,厚层-巨厚层块状粗粒石英砂岩、长石石英岩及变质石英砂岩,厚  $28.48\sim 51.18\text{ m}$ 。岩石具砂状结构、变余砂状结构、花岗变晶结构等。矿物成分主要为碎屑和胶结物,有少量新生矿物。碎屑成分主要是石英和石英集合体;胶结物较少,主要为微晶质石英,少量显微鳞片绢云母等,局部见火山尘物质。后期成分系热变质作用形成的少量透闪石、透辉石和石榴石等夕卡岩矿物,不均匀地稀疏散布于碎屑颗粒间,并交代胶结物和碎屑。系下部钨矿层的主要容矿岩石类型。

上部:为硅质、砂质板岩夹不纯碳酸盐岩,厚度  $2.64\sim 10.52\text{ m}$ ,岩性组合如下(自下而上)。

(1)钙硅质角岩:系矿床主要容矿岩石,厚  $0.89\sim 2.08\text{ m}$ ,深灰色,层状,具纤维显微花岗变晶结构、显微花岗变晶结构,矿物成分主要为透辉石、透闪石、石榴石及石英等。

(2)粉砂质灰岩:灰白色,层状,具粉砂状、显微花岗变晶鳞片结构、显微花岗变晶结构。矿物成分主要由微晶状、不规则状方解石组成基底,不均匀地散布着少部分微细石英碎屑,厚度  $0.20\sim 1.07\text{ m}$ 。由于受热变质作用,常形成大理岩化灰岩、透辉石(透闪石)大理岩等,有时可见细脉状及浸染状白钨

矿化伴生。

(3) 硅质板岩: 深灰色、紫灰色, 厚层状, 层纹清晰。岩石具斑点状构造, 显微花岗鳞片变晶结构、显微鳞片花岗变晶结构。矿物成分为显微鳞片状绢云母和隐晶-微晶石英, 少数岩石中见有玉髓, 但已重结晶, 厚度 0.44~4.45 m。该层岩石部分经热变质作用形成石英透闪石角岩、石英角岩等, 局部有白钨矿化。

(4) 粉砂质板岩: 深灰色、紫灰色, 厚层, 层纹状。岩石具显微花岗鳞片变晶结构, 矿物成分主要为显微鳞片状绢云母和部分粉砂级石英碎屑, 与硅质板岩无明显界线, 厚度 2.12~2.61 m。由于热变质作用, 常产生斑点状构造, 矿物出现次生加大现象, 成为变晶粒状和细片状, 并大致定向排列。

### 3.1.2 易家湾钨矿

该钨矿主要赋存于岩体与接触带之围岩一侧, 岩体为辰山角闪花岗岩和中粗粒花岗岩, 与围岩接触界面明显, 多以倾角 48°~55°倾向围岩。围岩为板溪群马底驿组紫红色含钙板岩夹泥灰岩和含钙质结核板岩等, 矿脉产于接触带之厚大的角岩带夹夕卡岩中, 走向长 1 200 m, 宽 150~500 m, 主要受近 EW 向的劈理化带控制, 倾向 S, 倾角 60°~65°, 最大 80°, 甚至直立。

探采资料表明<sup>①</sup>, 矿区有含钨夕卡岩 6 条, 与角岩带相间产出, 间隔 2.14~4.80 m, 最大 6.8 m, 厚度 1.65~3.65 m, 最厚 8.10 m;  $w(\text{WO}_3) = 0.19\% \sim 0.22\%$ , 最高 2.5%, 矿石属夕卡岩型。主要含矿岩石为透辉石夕卡岩, 灰白色, 厚层状。岩石具粒状、变晶粒状结构, 块状、条带状构造, 透辉石含量一般在 80% 左右。白钨矿呈稀疏或密集细粒状与夕卡岩矿物共生。

## 3.2 矿体产状形态

以辰山岩体周边勘查程度较高的大溶溪白钨矿床为例。按容矿层岩性、含矿性及其蚀变矿化特征划分为上、下两矿层。其中, 上部矿层(I)为主要矿体, 出露地表, 容矿岩石主要为夕卡岩化钙硅质角岩; 中下部矿层则为隐伏地下 40~80 m(垂深)的夕卡岩化、变质石英砂岩、钙质砂岩以及长石石英砂岩夕卡岩型矿体, 该层在以往的勘查报告中细分为 3 层平行的矿体(II-IV)<sup>①</sup>, 包括上部矿体共 4 个矿层。矿体呈层状、似层状沿容矿地层延深。但近年来的探采资料表明, 产于南沱组下部砂岩中的矿体, 基本上为厚大的似层状、透镜状矿体, 统称下部矿体, 局部或少部分地段由于矿化不均匀而成为“夹

层”, “矿”与“非矿”无明显界线。

勘查表明, 矿体产状与围岩基本一致, 倾角 17°~25°(东段局部增至 40°), 倾向 NNW, 并呈现侧伏成矿现象, 西部矿体产状平缓, 东部矿体产状稍陡。上部矿体长度 1 300 m, 最大倾斜延深已达 860 m, 呈稳定的层状、似层状产出, 矿体形态为板状体, 厚度 1.12~3.10 m, 最厚达 7.82 m, 平均 2.58 m,  $w(\text{WO}_3) = 0.33\% \sim 1.02\%$ , 单样最高 6.75%, 平均 0.78%。矿体厚度变化系数 51.47%, 品位变化系数 93.13%, 属于厚度变化较稳定、品位分布较均匀的矿体。下部矿体长 600 m, 与上部矿体平行分布, 最大倾斜延深达 770 m, 宏观上呈厚大的“似层状”透镜体产出, 矿体形态为近于柱板状的过渡类型, 平均厚度 17.81~19.99 m, 平均  $w(\text{WO}_3) = 0.326\% \sim 0.569\%$ 。矿体厚度变化系数 75%, 品位变化系数 108%, 属于厚度变化比较稳定、品位分布较均匀的矿体。

## 3.3 矿石特征

### 3.3.1 矿石组分

矿石矿物以白钨矿为主, 含少量磁黄铁矿、闪锌矿及黄铁矿, 但局部较集中, 微量方铅矿、黄铜矿、毒砂等; 脉石矿物主要为透辉石、石榴石、透闪石及石英等。

白钨矿呈半自形、他形粒状或极不规则残晶状, 极少为浑圆, 少量为板状晶体等, 粒度一般 0.2~0.6 mm。部分白钨矿受后期变质作用影响, 被变质矿物或脉石矿物交代。多数晶体产生破裂纹, 大致定向排列, 呈致密条带浸染状分布于矿石中, 或呈极不规则状之残晶, 甚至成为孤岛状残留体, 其轮廓边缘凹凸不平, 呈锯齿状外形, 残缺不全。白钨矿在矿石中分布不均匀, 一般含量 3%~5%, 部分富集达 10%~15%。

### 3.3.2 夕卡岩矿物特征

透辉石: 为本区分布最普遍的夕卡岩矿物。Einaudi 等(1981)及 Meinert(1989, 1992)研究认为<sup>[5]</sup>, 与夕卡岩矿床有关的辉石主要为透辉石-钙铁辉石系列, 钙铁辉石一般占辉石总量的 80% 以上。辰山岩体周边所见夕卡岩大部分都是透辉石夕卡岩, 透辉石含量 65%~85%, 灰白色, 具鲜艳的 II 级干涉色, 高正突起, 常呈板状、束状、同心放射状、纤维状集合体产出, 并已开始形成透闪石。白钨矿呈浸染状分布。而区内含透辉石夕卡岩化角岩仅见于大溶溪矿床上部矿层, 透辉石多呈他形粒状、显微粒状, 少量短柱状、板状、柱板状等, 含量 5%~15%,

最多 35%,它常与透闪石共生,有时还有石榴石、斜黦帘石等,彼此紧密镶嵌在一起,组成基底,白钨矿即嵌布于基底中。但镜下观察,透辉石常交代白钨矿,而其自身则又受绢云母交代。根据本区夕卡岩成矿特点,大部分应属钙铁辉石。透辉石在夕卡岩化岩石中的含量变化与晶形的变化有一定关系,当透辉石含量 $<10\%$ 时,呈他形细粒状、微细粒状;随着含量的增多则出现短柱状、柱板状、板状晶形。透辉石含量升高与其晶形的这种变化,反映形成过程中温压条件逐渐降低的趋势<sup>[6]</sup>。此外,在大溶溪矿床上部矿体中有时有透闪石透辉石夕卡岩,透辉石呈他形粒状、柱板状晶体,彼此紧密结合在一起,组成基底,白钨矿即分布于基底(矿石)中,同时又受透闪石、透辉石交代。

石榴石:本区石榴石均产于接触变质形成的夕卡岩化岩石中,属于钙系榴石<sup>[7]</sup>,其成分接近 $\text{Ca}_3(\text{Al,Fe})_2[\text{SiO}_4]_3$ 。石榴石主要见于大溶溪矿床上部矿层,一般含量 $7\% \sim 10\%$ ,最高 $25\%$ ,粒度 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ ,少数达 $0.5 \text{ mm}$ 。呈自形、半自形晶粒状集合体,大部分晶体中产生有裂纹,为均质性矿物,部分晶体具异常干涉色,并显环带构造,少数晶体还包裹有其他矿物成分。矿物的这些特点与钙铁榴石相近,反映了石榴石形成时物理化学条件的改变,以及石榴石的形成经历了较长的时间。据镜下观察,石榴石常与透闪石、透辉石、石英(硅化)等共生,多半集中成不规则带状、条带状、粒状、微散粒状与透辉石、绿帘石等共生,白钨矿呈条带浸染状赋存于变质矿物中,或被变质矿物交代而其自身又受绢云母和方解石等的交代。

透闪石:含量不等,最少 $2\%$ ,最多 $32\%$ ,纤维状、不规则状晶体,多为集合体,集中或分散分布于岩石中,并交代原岩成分。局部见透闪石透辉石夕卡岩。

### 3.3.3 矿石化学成分

矿石化学成分分析结果表明,钙硅质角岩型矿石(2件)主要化学成分为 $w(\text{SiO}_2) = 59.68\%$ , $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 12.88\%$ , $w(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) = 7.83\%$ , $w(\text{CaO}) = 7.93\%$ ,其次为 $w(\text{MgO}) = 2.61\%$ 等。由此推测其原岩为正常海相沉积岩经角岩化、夕卡岩化后形成的热变质岩石。岩石中 $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ 及 $\text{TiO}_2(0.6\%)$ 含量较高,其物源应以陆源为主,原岩为泥质、砂泥质岩类。

变质砂岩型矿石(4件)主要化学成分为: $w(\text{SiO}_2) = 72.63\%$ , $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 9.30\%$ , $w(\text{Fe}_2\text{O}_3 +$

$\text{FeO}) = 5.26\%$ , $w(\text{FeO}) = 2.26\%$ , $w(\text{CaO}) = 8.61\%$ , $w(\text{MgO}) = 0.21\%$ , $w(\text{K}_2\text{O}) = 0.90\%$ , $\text{SiO}_2$ 含量高, $\text{FeO}$ , $\text{MgO}$ 含量低,为长英质碎屑岩经热接触变质作用和接触交代作用所形成的热变质岩石。

### 3.3.4 矿石类型

依据容矿岩石类型,可将辰山岩体周边的白钨矿矿石划分为角岩型、夕卡岩型、砂岩型及大理岩型等 4 种矿石类型。

(1)角岩型矿石:主要见于大溶溪钨矿上部矿层,呈灰色、深灰色,致密块状,具花岗变晶结构、显微花岗变晶结构、显微花岗鳞片结构,局部呈现斑点变晶结构、变余砂状结构等。白钨矿呈条带浸染状、星散浸染状,不均匀分布,具他形、半自形粒状结构。主要赋矿岩石为透辉石石榴石石英角岩、含透闪石透辉石石英角岩、含透辉石石榴石石英角岩、透辉石石榴石绿帘石石英角岩、透闪石石英角岩等硅钙质角岩。矿物生成顺序:白钨矿 $\rightarrow$ 变质矿物(透辉石、石榴石、透闪石、绿帘石等) $\rightarrow$ 黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、毒砂 $\rightarrow$ 石英 $\rightarrow$ 方解石。

(2)夕卡岩型矿石:区内分布最广泛,见于不同的容矿层位,呈浅灰色、灰白色,致密块状,具不等粒状变晶结构、花岗变晶的纤状变晶结构、半自形粒状变晶结构及柱状变晶结构等。主要容矿岩石类型为透辉石夕卡岩,少量透闪石夕卡岩、透闪石透辉石夕卡岩等。白钨矿呈半自形、他形粒状,具浸染状及条带浸染状结构,分布不均匀,局部产于透辉石颗粒间,与已开始蚀变的透闪石共生。

(3)变质砂岩型矿石:仅见于大溶溪钨矿的下部矿层。矿石主要具变余砂状结构,少量中粒砂状结构,块状构造。矿石为不等粒砂状结构,浸染状构造。由于变质作用,均有重结晶现象,与胶结物及新生变质矿物呈齿状接触。白钨矿呈半自形-他形粒状晶体,粒度为 $0.2 \text{ mm}$ 左右,或以粒状、不规则状晶形呈稀疏浸染状分散于胶结物中,与后期石英关系密切,嵌布于石英脉中者颗粒较粗,一般 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ ;而分散于岩石胶结物中的颗粒较细小,一般 $0.15 \sim 0.3 \text{ mm}$ ,但均与后期石英有关,可以说,这是赋存于变质砂岩型矿石中白钨矿的主要存在形式。而赋存于含透闪石透辉石变质砂岩型矿石中的白钨矿呈他形不规则粒状晶体,零星分布于胶结物中,有的包裹石英,而其自身多半受到透辉石和透闪石交代,故其生成略早于新生变质矿物。主要含矿岩石类型为变质石英砂岩、透辉(透闪石)变质石英砂岩,其次为钙质石英砂岩、石英砂岩等。

### 3.3.5 矿石结构构造

矿石结构构造依矿石类型而异。钙硅质角岩型和夕卡岩型白钨矿主要分布于条带状、脉状和块状石榴石、透辉石、透闪石发育的夕卡岩矿物间,以及条带状、脉状石英细脉中;以条带状矿石为主,次为细脉状等。夕卡岩化、硅化变质砂岩型白钨矿主要嵌布于石英颗粒间、石英脉微脉内以及胶结物中,主要呈不规则的细脉状、细脉浸染状产出。本区白钨矿石金属矿物少,容矿岩石和脉石成分多,故矿石构造多为条带浸染状、浸染状及细脉状。矿石结构主要为他形晶粒状,少量呈半自形晶、板状晶,以及浑圆碎屑状等。

## 4 成矿控制因素

### 4.1 地层层位及岩性

辰山岩体周边白钨矿床(点)成矿的显著特点是具有明显的地层效应,矿床(化)赋存于特定的地层层位并与一定的岩性有关,但不局限于某一固定层位,常存在于层位和岩相(性)之中,沿层位呈带状展布,延长很远。矿体呈层状、似(依)层状和透镜状,与围岩结合成斜交产出,但总体上按一定层位发育。如大溶溪矿床主要赋存于南沱砂岩组碎屑岩内,把关坳矿床主要赋存于小烟溪组页岩、留茶坡组硅质岩,易家湾矿床主要赋存于马底驿组下部含钙岩等,上覆和下伏地层斑点状岩石及角岩中偶见有分散或零星的白钨矿化。矿床的空间分布与容矿地层展布一致,即容矿地层分布范围基本上也就是矿床范围<sup>[8]</sup>,一旦容矿地层被岩体同化或部分同化,白钨矿化即不存在。矿床(化)无论纵向上、横向上的延伸都与岩体保持一定的空间关系,除成矿温压条件外,这与容矿地层初始W丰度不无关系。

以大溶溪矿床为例。据光谱分析结果,作为含钨岩系的南沱砂岩组 $\omega(W)$ 高达 $61.19 \times 10^{-6}$ (561件),分别是上覆地层南沱冰碛岩组( $8.61 \times 10^{-6}$ (480件)和下伏地层五强溪组( $13.29 \times 10^{-6}$ (171件)的7.1倍和4.1倍<sup>[19]</sup>,是上部大陆地壳平均值( $2.0 \times 10^{-6}$ ; Taylor, S. R. 等, 1985)的30倍。W在区域及矿区地层中的高含量为含钨岩系或含钨建造的重要地球化学标志<sup>[10]</sup>。

研究表明,处于新元古界板溪群五强溪组侵蚀间断面上的震旦系南沱砂岩组,于海侵序列自下部砂质、粉砂质向泥质或泥灰质的沉积过渡中,在沉积

分异,尤其是早期海底伴有火山喷溢的同沉积过程中,富含与钨亲和力强的锰、铁及钙质组分的“富集障”<sup>[11]</sup>,可以通过岩性和岩石组合达到最佳聚矿作用,从而使钨元素浓集,形成含钨建造。

大量的勘查资料表明,辰山岩体周边,甚至湖南西部地区,包括雪峰山钨铋金成矿带及其邻区,凡是有白钨矿床(化)的地段,其含钨岩系必然会有含钙岩石或不纯碳酸盐岩的存在<sup>[12-13]</sup>。大溶溪矿床碎屑岩系中有含钙板岩、不纯碳酸岩及含钙砂岩;把关坳矿床黑色岩系中有含钙页岩;湘西最著名的沃溪钨铋金矿床白钨矿化最强烈地段,就是含钙板岩分布的地段<sup>[14]</sup>;安化廖家坪钨铋金成矿区的白钨矿化也出现在黑色岩系中的含钙板岩、泥灰岩为容矿岩石的含矿建造,等等。这充分说明,含钙岩石、不纯碳酸盐岩之存在是白钨矿成矿的一个不可或缺的岩性因素;否则,不可能有白钨矿(化)的形成,这已被众多矿例所证实。由此认为,含钙岩石的存在是白钨矿(化)成矿有利的围岩,它可以为白钨矿的形成提供钙质。

### 4.2 构造控矿与构造成矿

#### 4.2.1 区域及矿区的构造与成矿

本区陆壳形成作用始于新元古代,定型于加里东期。中生代早期的印支运动是一次重要的构造-岩浆活动,导致广泛的断裂构造产生和岩浆侵入,使含钨建造中的钨质活化、转移,并在有利的构造空间富集成矿。

区域近EW向的褶皱构造香岩溪背斜,和NEE向的唐家田斜冲断层、南金冲断层对辰山岩体接触带、外接触带钨矿的空间定位和分布起着重要的控制作用,矿床(化)均产于区域及矿区构造的有利部位,所以构造是成矿的重要条件。

区域及矿区(床)勘查资料表明,本区夕卡岩型矿床主要控矿构造为近EW向断裂和褶皱构造。容矿构造主要为岩体外接触带碎屑岩间夹不纯碳酸盐岩的层间剥离构造带、层间破碎带,碎屑岩与含火山物质碎屑岩之间的层间滑动带、节理裂隙密集带,其次为岩体与碎屑岩、化学沉积岩等的接触构造带,但均显示出一定的“层控”特点,而后夕卡岩化作用的“叠加”除外,有利的构造圈闭,是层控钨矿化富集的重要因素。如大溶溪钨矿床含矿层上覆岩层为南沱冰碛岩组,岩性为含砾粉砂-砂质板岩,致密块状,不透水层,故钨矿化被严格地屏蔽在该层之下的薄层状、层理发育的构造脆弱带,形成对成矿有利的构造圈闭组合。

研究表明,对于沉积矿床和层控矿床而言,向斜构造是层控钨矿重要控矿构造。在沉积成岩过程中,向斜构造尤其是地层产状平缓的向斜构造,是沉积物质(包括金属物质)最有利的聚集(聚矿)构造;在成岩期后,向斜构造往往成为控制与花岗岩在成生上相关、在空间位置上相近的热液充填、交代矿床展布的十分有利的构造形态<sup>⑤</sup>。大溶溪大型夕卡岩化层控白钨矿床、把关坳小型层控夕卡岩型白钨矿床都是赋存在向斜构造中,只不过平缓开阔的向斜构造形成的矿床规模大(大溶溪),褶皱紧密、岩层产状较陡的向斜构造成矿规模受限而已(把关坳)。

#### 4.2.2 层间剪切滑动构造的控矿作用

区内容矿地层沉积成岩后,历经加里东和印支等多期构造运动,在宏观上产生了与区域同步的褶皱构造和断裂构造。矿床内整合矿体与不整合矿体并存。整合矿体主要受层间剪切滑动构造的控制<sup>[15]</sup>。这种层间剪切滑动构造主要包括有与含钨岩系产状平行或近于平行的规模不一的舒缓波状弯曲褶皱以及层间断裂、层间剥离、虚脱构造。从岩石受力后的变形分析,具不同矿物成分组成的薄层岩石,其层理面本身就是构造脆弱带,易产生层间剥离构造、层间断裂以及虚脱构造,有利于矿液的进入而富集成矿,对于形成层状、似层状钨矿具有特殊的成矿意义<sup>[4]</sup>,并可使含矿热液在远离侵入体接触带的围岩中形成稳定的层状、似层状及透镜状矿体。

#### 4.2.3 节理裂隙带的控矿作用

矿床内由层间剪切滑动断裂派生的横向密集节理裂隙带,对于形成不整合矿体具有重要的控制作用。受构造作用的影响,本区厚层块状的脆性岩石(如石英砂岩等)由于长期处于扭应力及引张状态,往往发育疏密不等的陡倾斜裂隙带、节理带,成为矿化的有利空间,尤其在节理裂隙密集及两组节理裂隙交叉部位矿化更为富集,如大溶溪钨矿底部石英砂岩由于发育密集的节理裂隙及 2 组或多组裂隙,矿化最为富集。虽然这类节理裂隙构造的产状一般较陡,与岩层产状有较大的交角,空间上反映为非整合型构造,但总体上均发育和被限制在南沱砂岩组容矿层位内,矿化延伸与岩层产状空间位置一致,宏观上仍为层控型矿床。可以认为,产于南沱砂岩组的密集节理带、裂隙带是大溶溪厚大透镜状钨矿体重要的控矿构造和矿化定位空间。

#### 4.2.4 不整合或假整合界面的控矿作用

区内板溪群五强溪组与震旦系南沱砂岩组之间呈假整合(局部为不整合)接触关系。研究认为,不

整合面或假整合面是机械物理性质和化学成分有明显差别的岩石界面,是明显的地球化学异常面,含矿溶液在其间流动易于发生分异作用,导致某些矿物集中<sup>[15]</sup>;同时,不整合面或假整合面又是构造薄弱带,岩石易于破碎,产生裂隙,当矿液活动穿过该界面时,钨矿化即在其假整合面之上的南沱砂岩中聚集成矿,所以南沱砂岩组中钨矿化以底部矿化最强。

#### 4.2.5 岩体接触构造带的控矿作用

侵入体的接触带在构造上属较弱地带,由于侵入体的影响,围岩易产生大量裂隙,利于矿液移动形成矿体,在本区主要表现在以下几个方面:

(1)辰山岩体北部地区所圈出的 8 个 W 元素地球化学异常都是沿岩体接触带呈串珠状分布<sup>⑥</sup>。岩体接触带应是成矿溶液上升的重要通道。

(2)区域内夕卡岩型白钨矿床(体)均产于花岗岩体外接触带范围内。花岗岩浆在侵位过程中,在围岩中形成热晕,成矿流体向岩体周边扩散,在合适的热晕梯度带内沉淀富集,导致钨矿床(体)多产于岩体外接触带范围内。

(3)把关坳等钨矿主要赋存于岩体接触带呈波折状产出的接触交代夕卡岩内,这与岩体侵位造成的侧向挤压和差异顶托有关。

### 4.3 岩浆岩控矿

在各种成矿控制因素中,岩浆岩的控矿作用十分重要<sup>[4]</sup>,可以说岩浆演化过程析出的气水溶液,是本区形成夕卡岩型矿床的先决条件。研究认为,在本区主要表现为接触热变质作用,使泥质、粉砂质、砂质的沉积岩变为角岩、大理岩、大理岩化灰岩及斑点状板岩。这些热变质岩石围绕岩体呈环带状分布;角岩往往出现在内带,斑点板岩往往出现在外带。除热变质外,从岩浆中分泌的挥发性组分与围岩还产生接触交代变质作用,使岩石化学成分发生显著变化,接触交代变质作用发生在侵入体与围岩的接触带上并扩展到围岩中,往往形成夕卡岩或夕卡岩化岩石,并伴有白钨矿化的发生。

根据微量元素分析结果,作为重要控矿因素的辰山岩体,平均含  $w(W) = 0.8 \times 10^{-6}$ ,  $w(Sn) = 7.62 \times 10^{-6}$ ,  $w(Bi) = 0.73 \times 10^{-6}$ ,明显低于华南典型钨矿成矿岩体的含量水平<sup>[10]</sup> ( $w(W) = 33.9 \times 10^{-6}$ ,  $w(Sn) = 59.8 \times 10^{-6}$ ,  $w(Bi) = 33.1 \times 10^{-6}$ ),属于非含矿岩体,故在成矿作用过程中,岩体以巨大的热(动)力使围岩发生广泛的接触热变质作用和接触交代变质作用,从而在岩体的热力和动力梯度作用下,促使围岩中的钨质产生有效的活化,并由岩浆

活动的中心高能部位向岩体外围相对低能封闭的有利成矿空间转移、聚集,发生钨的成矿作用,导致矿床的形成。

## 5 成矿过程与矿床成因

本区经历了过加里东期区域变质作用和印支期热接触变质作用,区域变质作用使岩石产生了强烈重结晶,形成的矿物主要为石英、绢云母等。而当侵入体与围岩之间发生热接触变质及交代作用,则形成角岩、大理岩和夕卡岩等。接触变质作用与夕卡岩型白钨矿化关系密切,空间上夕卡岩体和矿体是一致的,夕卡岩体基本上也就是矿体。

由前述区域及矿区地质特征及控矿因素看出,区域白钨矿床(点)主要沿辰山岩体周边的接触带、外接触带分布,矿床与构造岩浆活动关系密切。在其成矿过程中,岩浆岩起主导作用,特定的容矿层位是必要的,构造则是不可或缺的容矿空间。矿化热液活动强烈而广泛,形成了从高温到中温的一系列蚀变。矿石结构构造表明,除极少数保留了沉积成岩特征外,绝大部分的成矿都晚于硅酸盐蚀变矿物并与同期或稍晚的夕卡岩矿物、硅化(石英、石英细脉、网脉、层脉等)蚀变岩石相伴随,说明区域钨的成矿主要是由接触热变质热液直接析出或接触交代变质热液与围岩反应沉淀的。

区域及相邻地区与白钨矿床成矿相关的围岩岩性研究资料表明,岩石化学性质对钨矿床的成矿有相当大的影响。化学沉积的碳酸盐岩和化学-机械混合沉积的含钙碎屑岩都有利于钨的热液渗滤交代,常形成夕卡岩型和石英脉型白钨矿床,可见钙质岩石和含钙岩石是形成白钨矿床必不可少的因素。矿床地质研究及室内模拟实验的大量资料证明<sup>⑧</sup>,白钨矿是在碱性介质条件下钙离子浓度高时形成的。钙质来源主要是近矿围岩中的钙质岩石或含钙岩石。根据 M. T. 爱纳迪(Einaudi, 1981)的资料<sup>[16]</sup>,结合本区白钨矿床成矿的地质特点,可将辰山岩体周边夕卡岩型白钨矿床的成矿过程可划分为3个阶段,即热接触变质作用阶段、交代夕卡岩形成阶段以及硫化物沉淀和退化蚀变阶段。

(1)热接触变质作用阶段:当岩浆与围岩接触时产生了热晕圈,在含钙的泥质、砂泥质岩石中形成钙-铝硅酸盐矿物,在粉砂质灰岩中形成钙-镁硅酸盐矿物,在石英砂岩、长石石英砂岩中形成新生的变质

钙-铝硅酸盐矿物等。在该阶段中,除  $H_2O$ 、 $CO_2$  等挥发性组分外,没有非挥发性组分的带进带出。但本区在相对高的温度和压力下,由富 Al、Mg 而贫 Ca 的泥质岩石受岩浆侵入而产生的接触变质带中,经重结晶和变质反应可以形成石榴石、透辉石、透闪石等新生的硅钙质变质矿物,在碱性条件下伴随有白钨矿的形成。这就是本区角岩型矿石中白钨矿的生成早于变质矿物的原因。

(2)交代夕卡岩形成阶段:随着岩浆的结晶作用,水热流体逐渐析出,并引起侵入体或角岩的水裂作用(hydrofracturing)。这些流体可与变质水混合,沿接触带上升,在围岩中渗滤。溶液沿通道的活动梯度,导致早期的无水夕卡岩矿物的形成;在含钙的泥质、泥砂质岩石、粉砂质岩中加入铁、硅、铝等,形成外夕卡岩,即钙夕卡岩。此阶段为本区大规模的夕卡岩型白钨矿床成矿的主要阶段。

(3)硫化物沉淀和退化蚀变阶段:该阶段在本区的作用不强烈,仅局部见有团块状、不规则状磁黄铁矿、闪锌矿等的形成,这些硫化物穿插早期夕卡岩矿物。退化蚀变矿物亦不发育,主要为含水硅酸盐,从原岩中带出钙和带入水等挥发性组分。如低铁的绿帘石、绿泥石和方解石等交代钙铁榴石,透闪石、阳起石交代透辉石等。值得注意的是,这些退化蚀变作用导致富钙的夕卡岩析出钙,钙进入溶液后可构成晚期白钨矿沉淀的有利条件。

综合上述,赋存于辰山岩体周边接触带、外接触带的白钨矿床,主要是由岩浆分泌的挥发性组分所产生的热接触变质热液,沿特定的含钨建造渗滤形成的夕卡岩、夕卡岩化的层状、似层状及透镜状白钨矿床,这是一个连续的、多次的、统一的成矿过程。本区与白钨矿床有关的夕卡岩及夕卡岩(化)矿床与一般夕卡岩矿床有所不同。其一,夕卡岩中以透辉石夕卡岩最常见,表明在高温溶液作用下,从围岩中活化出来的  $Mg^{2+}$  较多时,透辉石  $CaMg[Si_2O_6]$  将优先结晶的缘故。其二,具有特定的水平和垂向分带特点,在水平方向上,靠近岩体夕卡岩中透辉石、透闪石含量较高,远离岩体的夕卡岩化硅钙质角岩中出现石榴石或石榴石含量较高。近年来一些模拟夕卡岩实验研究表明,无论何种热液,只要含有定量的 Si, Al, Fe, 有足够的温度和压力,就能与碳酸盐岩、碎屑岩发生反应生成石榴石、透辉石等夕卡岩矿物<sup>[16]</sup>,或形成非碳酸盐以及岩体的外接触带,故有人称其为似夕卡岩或似夕卡岩型白钨矿床<sup>[17]</sup>。研究表明,区内白钨矿床的成矿作用主要发生在雪峰

运动(800 Ma)之后的构造旋回,钨在外生作用下,可以“纳米级”的微粒以重矿物形式被搬运,也可以吸附在黏土质、有机质和铁、锰氧化物胶体中被带走,从而沉积并初步富集在容矿层内,形成含钨建造<sup>[4]</sup>,后经印支运动导致辰山岩体入侵并产生热接触变质作用和接触交代变质作用,驱使含钨建造中 W 质活化、迁移,在碱性介质条件下于钙离子浓度高的环境里,在有利的构造部位富集成矿。

区域钨矿的成矿经历早期热接触变质作用(角岩化)阶段,在酸性岩浆体散发的热量和挥发作用下,促使化学反应,使原岩发生重结晶和变质结晶作用,随之有钨的矿化发生,伴随有少量新生变质矿物形成;在热接触变质作用基础上和高温气化热液影响下,经接触交代变质作用,有较多的夕卡岩矿物生成大量钨的矿化随即在夕卡岩化阶段形成;晚期退化变质作用,导致富钙的夕卡岩析出钙,同时有硅化作用发生,形成后期钨矿化,辰山岩体周边的钨矿化都是一个连续的成矿过程,具有多次矿化特点。

总之,产于辰山岩体周边接触带、外接触带的夕卡岩型白钨矿床,沿容矿地层自然延伸,矿床具有明显地层层位和岩性效应,相邻矿体在岩石柱状剖面上可作对比,产状与地层产状基本一致,具有层控矿床的基本特征。其成矿作用是在容矿地层具有较高 W 元素含量的基础上,经接触交代变质作用形成夕卡岩或夕卡岩化而成矿。区域白钨矿床虽然产于不同的地层层位、不同的岩性及其岩石组合,但均沿地层延伸,岩体和层位是矿床存在的必要条件<sup>[18]</sup>,故称之为层控夕卡岩型白钨矿床<sup>[19]</sup>,其形成石榴石的最佳温度和压力模拟夕卡岩化的实验表明,温度 700~500 °C 时,压力为  $6 \times 10^7 \sim 10 \times 10^7$  Pa;温度为 600~400 °C 时,压力为  $5 \times 10^7 \sim 8.5 \times 10^7$  Pa<sup>[16]</sup>。

## 6 找矿前景分析

辰山岩体周边夕卡岩型白钨矿床成矿受地层、构造和岩体等多种因素控制,矿床主要赋存于泥质、砂泥质、长英质碎屑岩中,空间上矿体与花岗岩侵入体密切相关,矿床(体)主要产于外接触带。矿床的主要控矿构造为近 EW 向褶皱、断裂及其层间破碎带、滑动带、劈理化带。其成矿作用发生在晚三叠世,表明矿床形成于印支晚期同造山阶段相对松弛的后碰撞构造环境<sup>[2]</sup>,印支运动引起的热接触变质作用和夕卡岩化(热液活动)对该区的成矿具有重要

意义,它们的形成受控于伸展作用形成的 EW 向(侧向)构造,从而为岩体就位和矿床定位提供了构造条件和空间,以及良好的地球动力学背景。这与华南印支期花岗岩形成于同造山阶段的后碰撞环境是一致的<sup>[20]</sup>。辰山岩体周边内外接触带层控夕卡岩型白钨矿床具有多层位、多部位的层控特点。区域及矿区成矿地质条件优越,找矿潜力大,远景可观。仅据辰山岩体边部与资源潜力评估,其钨的潜在资源量可达 103 t 以上。

### 注释:

- ① 湖南冶金地质勘探公司二四五队. 湖南省安化县大溶溪白钨矿区评价地质报告,1985.
- ② 湖南有色地质勘查局二四五队. 湖南省安化县把关坳钨矿普查报告,1985.
- ③ 湖南省有色地质勘查局研究院,湖南省有色地质勘查局二四五队. 湖南省安化县大神山北部钨矿普查地质报告,2009.
- ④ 湖南省有色地质二四五队. 湖南省安化县大神山岩体普查地质报告,1975.
- ⑤ 湖南省有色地质勘查局二四五队. 安化大神山北部钨矿土壤地球化学测量报告,2008.
- ⑥ 湖南省有色地质勘查局二四五队. 安化县辰山岩体重砂普查报告,1974.
- ⑦ 湖南省有色地质勘查局二四五队. 湖南省安化县白沙溪金钨矿普查地质报告,2010.
- ⑧ 湖南湘安钨业有限公司. 湖南省安化县大溶溪白钨矿区 410—290 中段Ⅱ-Ⅲ-Ⅳ矿层资源储量估算报告,2008.
- ⑨ 卢德揆. 向斜构造对钨矿产出的控制——重点剖析西华山—漂塘钨矿带. 江西地质科技,1982(1):9—11.
- ⑩ 杨超群. 钨矿地质研究动态资源趋势. 湖南地质科技情报,1982(1):2—8.
- ⑪ 湖南省有色地质勘查局二四五队. 湖南省安化县大溶溪白钨矿区资源潜力调查,2010.

### 参考文献:

- [1] 湖南省地质矿产局 403 队. 1:5 万安化县幅、柘溪水电站幅区域地质调查报告[R]. 长沙:湖南省地质矿产局,1992.
- [2] 周晓岩. 辰山岩体岩石学地球化学特征及其大地构造环境意义[J]. 国土资源导刊,2008(1):37—40.
- [3] 湖南省地质局区测队. 湖南省 1:20 万安化幅区域地质报告[R]. 长沙:湖南省地质矿产局,1973.
- [4] 艾国栋,戴塔根,陈明辉,等. 大溶溪层控夕卡岩型白钨矿床之成矿与控矿因素[J]. 地质找矿论丛,2011,26(1):12—17.
- [5] 徐林则,毛景文,杨富全,等. 新疆蒙库铁矿床夕卡岩矿物学特征及其意义[J]. 矿床地质,2007,26(4):455—463.
- [6] 刘妍,赵元艺,王瑞江,等. 西藏拉屋锌铜多金属矿床岩矿相学特征及意义[J]. 矿床地质,2010,29(6):1054—1078.
- [7] 戈定夷,田慧新,曾若谷. 矿物学简明教程[M]. 北京:地质出版社,2005:153—155.

- [8] 包正相. 安化县大溶溪层控白钨矿床地质特征及富集规律的探讨[J]. 湖南地质, 1986, 5(4): 44-50.
- [9] 鲍正襄, 万榕江, 包觉敏. 湖南省安化大溶溪白钨矿床成矿特征及富集规律[J]. 江西地质, 2000(4): 21-25.
- [10] 刘英俊, 马东升. 钨的地球化学[M]. 北京: 科学技术出版社, 1987.
- [11] 王发宁. 与区域变质作用有关的钨矿床控矿因素[J]. 地质评论, 1987, 33(5): 417-425.
- [12] 包正相. 湘西层控白钨矿床地质特征及其成矿作用[J]. 矿床地质, 1987(4): 455-463.
- [13] 鲍正襄, 万榕江, 包觉敏. 湘西前寒武纪白钨矿床成矿特征及控矿因素[J]. 江西地质, 2001, 15(1): 39-44.
- [14] 鲍正襄, 万榕江, 包觉敏. 湘西沃溪钨铋金矿成矿的独特性[J]. 湖南冶金, 2002(4): 11-14.
- [15] 吴振寰. 层控矿床构造及其控矿作用[J]. 长春地质学院学报, 1983(2): 83-91.
- [16] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 矿床学[M]. 北京: 科学技术出版社, 2007: 104-130.
- [17] 章振根. 夕卡岩及其主要矿物形成条件[J]. 地质地球化学, 1987, 6(4): 11-14.
- [18] 朱焱龄, 李崇佑, 林运淮. 赣南钨矿地质[M]. 南昌: 江西人民出版社, 1981.
- [19] 常印佛, 刘学圭. 关于层控夕卡岩型矿床——以安徽省内下扬子拗陷中的一些矿床为例[J]. 矿床地质, 1983, 2(1): 11-20.
- [20] 柏道远, 周亮, 马铁球, 等. 湘东南印支期花岗岩成因及构造背景[J]. 岩石矿物学杂志, 2007, 26(3): 197-212.

## Geological feature and prospecting potential of scheelite deposits in surrounding of Chenshan intrusion

SUN Jimao<sup>1</sup>, LOU Yali<sup>1</sup>, HUANG Jie<sup>1</sup>, YIN Huafeng<sup>1</sup>,  
 CUI Lifeng<sup>1</sup>, WU Jun<sup>1</sup>, BAO Zhenxiang<sup>2</sup>, BAO Juemin<sup>2</sup>

(1. Chenzhou Mining Co Ltd, Yuanling 416009, Hunan, China;

2. Western Hunan Comprehensive Research Centre, Qianzhou 416007, Hunan, China)

**Abstract:** In recent years medium-large-sized scheelite deposits (occurrences) have been successively discovered at the inner and outer contact zones of Chenshan intrusion. The deposits include stratobound skarn type, contact metasomatic type and quartz vein type of scheelite deposit. The skarn type formed at different horizons and localities are closely related to certain lithologies and structures and are commonly controlled by specific horizons of the intrusion. The deposits were formed in post-collision tectonic environment of Late Indosinian syn-orogenic movement. Hornfelization zones and skarnized hornfel zones which are several hundreds or several thousands of meter wide, alteration zones and W-geochemical anomalies and heavy mineral anomalies (scheelite) are all the targets for further prospecting. In addition to skarnized zones at surface attention should be paid to blind ore bodies during prospecting. Prospecting of stratobound skarn scheelite deposit should be focused on outer contact zone of Chenshan intrusion.

**Key Words:** Chenshan intrusion; skarn type scheelite deposit, stratobound skarn scheelite deposit; ore-control factor; metallogenic process; prospecting potential; Hunan province