

# 大义山矿田岩体型锡矿地质特征及矿床成因

刘铁生

(湖南省地质调查院湘中矿产所,湖南 娄底 417000)

摘要:大义山岩体型锡矿产于汤市铺超单元的晚期介头单元(J<sub>2</sub>J),品位中等偏低、易选、规模大,形成于局限封闭环境,具垂直分带。区域性构造、岩浆岩、围岩及局限环境联合控制了岩体型锡矿的产出及规模。笔者分析了岩体型锡矿的成因:岩浆在局限环境下分异演化,成矿元素不均匀分配,使介头单元侵入体富含W、Sn,在侵入体前峰或上拱部位形成岩体型锡矿的理想成矿模式和岩体型锡矿床垂向上由上而下,具由高温至低温的蚀变与矿化分带特征。

关键词:岩体型锡矿;地质特征;矿床成因;介头单元;大义山

中图分类号:P618.44 文献标识码:A 文章编号:1000-3657(2002)04-0411-05

大义山位于南岭纬向成矿构造带北缘,郴州—邵阳北西向构造带与阳明山—大义山—上堡东西向隆起带的交会部位。大义山岩体是一个多期次、多阶段侵位的复式岩体,依侵入的先后顺序可划分为4个超单元,后3个超单元控制了区内内生矿产的形成和分布。岩体型锡矿床的形成和分布主要受第二超单元的控制。

## 1 矿田地质

矿田位于郴州—邵阳北西向基底断裂中段,并与阳明山—大义山—上堡东西向基底断裂隆起带交会。出露地层为震旦纪—寒武纪类复理石建造的砂岩、页岩,泥盆纪—二叠纪碳酸盐岩、砂页岩和砾岩,第四纪洪积、冲积及残坡积层。矿田经历了多期次的构造活动,以断裂为主,褶皱次之,褶皱分布在岩体周边,多呈近南北向展布。断裂以李四光教授早年创名的北西向“大义山式断裂”为主体,控制了大义山岩体的分布。近南北向和北东向断裂分布在岩体周边地层中,与褶皱相伴而生,少部分北东向断裂穿过接触带进入岩体(图1)。矿田岩浆岩发育,大义山岩体几乎占据了整个矿田,岩体受郴州—邵阳基底断裂控制呈北西向

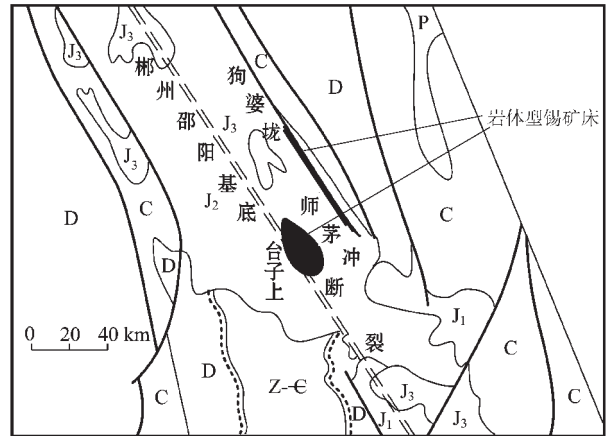


图 1 湖南省大义山矿田地质略图

Fig.1 Geological sketch map of the Dayishan ore field, Hunan Province

P—二叠系 C—石炭系 D—泥盆系 Z—ε—震旦系—寒武系;  
J<sub>3</sub>—泥板田超单元 J<sub>2</sub>—汤市铺超单元 J<sub>1</sub>—关口超单元

展布,为燕山期多期次多阶段侵入的深成复式岩体。依侵入顺序划分为4个超单元,自早至晚为:关口超单元(J<sub>1</sub>)、汤市铺超单元(J<sub>2</sub>)、泥板田超单元(J<sub>3</sub>)及大义山早白垩世超单元(K<sub>1</sub>)。岩体中SiO<sub>2</sub>含量除关口超单元外,均大于73%,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O,且

收稿日期:2002-01-04;改回日期:2002-07-20

基金项目:中国地质调查局国土资源大调查项目(199910200220)资助。

作者简介:刘铁生,男,1968年生,工程师,主要从事地质找矿工作。

$K_2O > Na_2O$  属铝过饱和超酸性岩类。岩体型锡矿主要产于汤市铺超单元晚期介头单元岩体中。

## 2 矿床特征

(1) 含矿岩系特征: 汤市铺超单元晚期介头单元为蚀变岩体型锡矿的成矿母岩。岩石具细粒、中细粒花岗结构, 由石英(30%~35%)、钾长石(条纹长石30%~32%)、斜长石(更钠长石、钠长石28%~30%)、浅色云母(白云母、铁叶云母、铁锂云母、黑鳞云母3%~8%)及黄玉、楣石(<1%)等组成。岩体自变质程度从下而上增强, 出现了岩性蚀变及矿化的垂直分带。岩体顶部与围岩接触带常发育似伟晶岩壳, 在其外带有花岗伟晶岩或花岗岩脉。汤市铺超单元经过了多阶段的分异演化, 随分异演化的进行, 在其晚期介头单元岩石中Sn、F、B、As等与矿化相关元素含量显著增高。其中Sn含量为早期单元的2~6倍(表1)。

介头单元花岗岩具高硅( $SiO_2$  74.24%)、富碱( $Na_2O + K_2O = 7.89%$ , 且  $K_2O > Na_2O$ )、贫Ti、 $R^{2+}$ ( $FeO + MnO + CaO + MgO = 1.86%$ )及富F的岩石化学特征。稀土元素中轻稀土(Ce族)浓度显著偏低, 相对重稀土(Y族)富集, Eu强烈亏损( $\delta Eu$ 为0.03)<sup>①</sup>。这些特征都反映该花岗岩为超酸性铝过饱和S型花岗岩。

(2) 矿体形态特征: 矿田内岩体型锡矿床已发现2处: 师茅冲—狗婆垅矿床、台子上矿床(图1), 均呈北西向展布, 与介头单元展布方向基本一致。矿体均产于介头单元的上拱或前峰部位, 呈似层状、帽盖

状。单个矿体长320~1400 m, 宽60~500 m, 厚0~23.84 m, 平均厚十几米(图2)。锡品位一般 $0.15 \times 10^{-2} \sim 1.37 \times 10^{-2}$ , 局部富集可达 $40 \times 10^{-2} \sim 50 \times 10^{-2}$ 。

(3) 矿石物质成分: 矿石具自形、半自形粒状结构、镶嵌结构。矿石以浸染状构造为主, 局部为块状、团块状构造, 偶见条带状构造。矿石主要为锡石, 呈棕褐、褐黑色, 少数为黑棕红色。环带结构不发育, 粒度细, 多小于1mm。呈半自形正方双锥柱状或不规则粒状, 多分布于造岩矿物粒间空隙(多为铁锂云母、黄玉)和微裂隙中, 部分见有硫化矿物(毒砂、黄铁矿等), 矿石中还含有黑钨矿、毒砂、黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、辉铋矿、铁闪锌矿等。非金属矿物主要有石英、钾长石、钠长石、电气石、铁锂云母、黄玉、萤石、绢云母、绿泥石等。

岩体型锡矿含锡矿物基本上全为锡石, 选矿流程简单, 采用以摇床为主的重—浮选流程。回收率达80%~85%, 锡产品含锡达50%~60%。

(4) 蚀变特征: 含矿岩体顶部不同程度发育似伟晶岩壳, 表明岩体处于封闭—半封闭构造环境。此时, 岩浆分异充分, 并伴有强烈的变质作用, 主要有云英岩化、钠长石化、白云母化、黄玉化、绢云母化、硫化物等蚀变。微观上, 云英岩化表现为长石被绢云母、白云母交代并析出石英, 钠长石化表现为钾长石(类)被交代形成钠长石条纹, 和斜长石中钙被钠交代,  $A_n$ 值降低, 形成更长石或钠长石。白云母化表现为白云母交代长石、黑云母。黄玉化表现为含氟的气水热液对长石类矿物进行交代, 形成黄玉。绢云母化

表1 大义山复式花岗岩体汤市铺超单元各单元微量元素特征  
Table 1 Trace element geochemical features of various units of the Tangshipu super-unit in the Dayishan composite granite body

单元	样品数量	微量元素平均含量( $10^{-6}$ )/出谱率( $10^{-2}$ )									
		W	Sn	Mo	Bi	Cu	Pb	Zn	F	As	Be
介头单元(J <sub>2</sub> J)	309	$\frac{49.0}{100}$	$\frac{151.42}{100}$	$\frac{0.93}{100}$	$\frac{15.09}{100}$	$\frac{48.8}{100}$	$\frac{34.5}{100}$	$\frac{78.05}{100}$	$\frac{8351.9}{100}$	$\frac{136.8}{100}$	$\frac{33.2}{100}$
杉树排单元(J <sub>2</sub> SH)	17	$\frac{25.0}{100}$	$\frac{68.0}{100}$						$\frac{5443}{100}$	$\frac{82.1}{100}$	
道士仙单元(J <sub>2</sub> D)	95	$\frac{30.95}{100}$	$\frac{50.74}{100}$	$\frac{1.02}{100}$	$\frac{16.03}{100}$	$\frac{43.05}{100}$	$\frac{38.04}{100}$	$\frac{60.32}{100}$	$\frac{5492}{100}$	$\frac{91.8}{100}$	$\frac{31.92}{100}$
岩前单元(J <sub>2</sub> Y)	215	$\frac{48.7}{96}$	$\frac{41.3}{100}$	$\frac{3.9}{100}$	$\frac{26.6}{84}$	$\frac{42.4}{100}$	$\frac{40.6}{100}$	$\frac{52.1}{100}$	$\frac{4967}{100}$	$\frac{118.9}{100}$	$\frac{31.74}{100}$
小恒单元(J <sub>2</sub> X)	131	$\frac{29.4}{94}$	$\frac{28.3}{100}$	$\frac{2.3}{100}$	$\frac{61.6}{47.9}$	$\frac{56.87}{100}$	$\frac{86.9}{100}$	$\frac{48}{100}$	$\frac{5530}{100}$	$\frac{136.3}{100}$	$\frac{22.87}{100}$
维氏值		1.5	3	1	0.01	20	20	60		1.5	0.05

注: 由湖南省地质调查院邵阳物化探所测试

① 湖南省地质矿产局湘南地质队, 1:5万阳嘉洲幅区调报告, 2000。

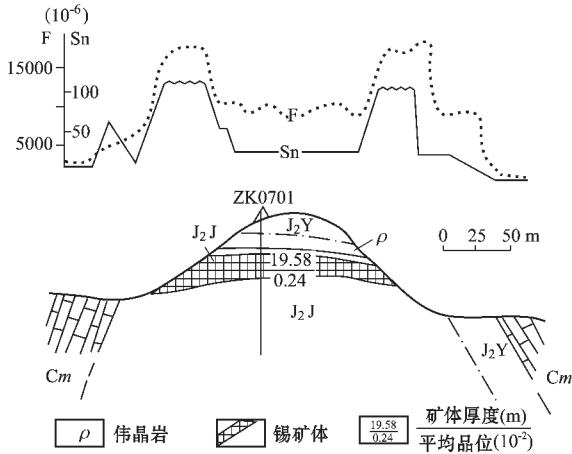


图2 师茅冲岩体型锡典型剖面及Sn、F含量变化曲线图

Fig. 2 Typical section of the Shuaimaochong rock body-type tin deposit and curve of Sn and F contents  
Cm—石炭纪马栏边组 J<sub>2</sub>J—介头单元 J<sub>2</sub>Y—岩前单元

表现为绢云母对钾长石的交代，一般还保留钾长石的假象。在空间上这些蚀变组合具垂向上的分带特征，自上而下，为伟晶岩(化)—钠长石化—云英岩化、黄玉化、硫化物化—绢云母化，表明热液温度由高到低的变化趋势。这种逆向分带特征，是在相对稳定、封闭条件下，岩浆不断冷凝、温度降低过程中变质作用的反映。

(5) 地球化学特征：通过对矿区岩石光谱进行统计分析，除Sn为直接指示元素外，W，Mo，Bi，F，B，As等与锡成矿关系密切。当蚀变花岗岩出露地表或残坡积物覆盖很浅时，Sn元素形成异常，含量一般 $1\ 000 \times 10^{-6} \sim 10\ 000 \times 10^{-6}$ ，当Sn含量大于 $500 \times 10^{-6}$ 时，可直接圈为矿化体，当上覆早期次侵入体时，Sn一般不形成异常，而两侧有蚀变花岗岩出露时形成两侧高、中间低的“M”型变化曲线。F、As为远程指示元素，构成矿化体前缘晕，在矿化体上方形成低缓异常，F含量 $4\ 000 \times 10^{-6} \sim 10\ 000 \times 10^{-6}$ ，平均 $8\ 000 \times 10^{-6}$ ，高于背景值1~2倍，As含量 $30 \times 10^{-6} \sim 150 \times 10^{-6}$ ，平均 $80 \times 10^{-6}$ ，高于背景值2~3倍。当F含量大于 $15\ 000 \times 10^{-6}$ 时，可圈为矿化体。

(6) 矿床的带状分布：围绕介头单元，蚀变花岗岩体自上部围岩向岩体内部分为4个带(图3)：I—锡钨石英脉带，赋存于介头单元上部老单元花岗岩中。石英脉两侧具云英岩化，见锡、钨矿化，一般脉体规模小，多数地段此带不明显。II—花岗伟晶岩带，分布于介头单元蚀变岩体顶部，多数不具矿化，局部

可见钨、锡矿化、以钨矿化为主。III—钠长石化、云英岩化带，分布于介头单元蚀变花岗岩体上部，紧邻花岗伟晶岩。该带内矿化可分两层：上层以钨矿化为主，多形成透镜体、扁豆状钨矿体，同时有锡矿化；下层以锡矿化为主，形成似层状、帽盖状锡矿体。IV—绢云母化带主要产于云英岩化带下部，该带矿化以毒砂、黄铜矿、黄铁矿、铁闪锌矿为主，见弱锡矿化。III、IV两带呈渐变过渡关系。

### 3 控矿因素初步分析

(1) 岩浆岩的控矿性：岩浆活动是锡矿的主要控制因素，矿区岩体型锡矿只局限于介头单元，是与岩浆的分异、演化分不开的。大义山岩体汤市铺超单元岩石中锡含量为克拉克值的10~15倍，随着岩浆分异演化至晚期介头单元，岩浆中 $SiO_2$ 、 $Na_2O+K_2O$ 含量均显著增高， $FeO+MgO$ 含量减少，锡迁移的载体元素F、B含量显著增高，这些都有利于锡的富集。因此，介头单元为岩体型锡矿的母岩，在其前峰部位形成似层状或帽盖状矿体。

(2) 构造的控矿性：构造是成矿母岩及矿体形成的基本因素，北西向郴州—邵阳基底断裂及其低序次断裂是岩浆侵位及矿质流体的通道。控制了岩体的分布及矿化带的产出位置、形态和规模。岩浆上拱时形成的原生层节理及多期的构造活动形成的小断

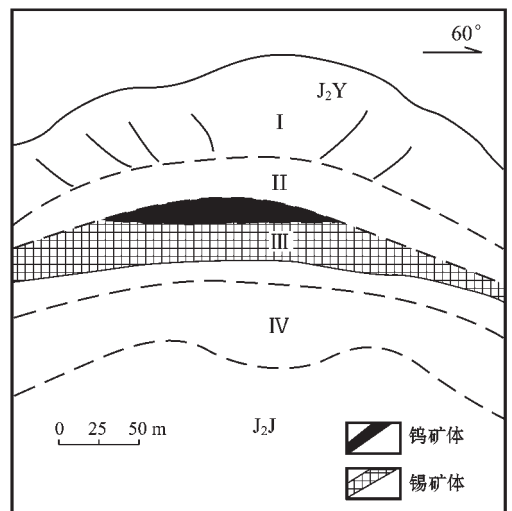


图3 大义山岩体型锡矿垂直分带示意图

Fig. 3 Diagram showing the vertical zoning of the Dayishan rock body-type tin deposit

层、节理、裂隙、剪劈理是后期气水热液活动的通道和汽水热液中矿质沉淀的场所,这些部位经过后期的矿化叠加,形成了岩体型锡矿的富矿包。

(3) 硅铝质围岩及其环境的控矿性:岩体型锡矿上覆围岩一般为先于介头单元形成的早期单元,为硅铝质岩性而非碳酸盐岩性。碳酸盐岩性化学性质活泼,易与岩浆的气水热液产生强烈的蚀变,导致矿质的分散,不利于成矿。同时,早期单元岩石处于凝固、半凝固状态,构造不发育,介头单元侵入早期单元,环境局限封闭,矿质不易分散,而在介头单元前峰部位聚集形成矿体。

(4) 找矿标志:①介头单元细粒二云母二长花岗岩是找矿的岩浆岩标志;②云英岩化、黄玉化及多种硫化物分布是找矿的蚀变标志;③伟晶岩帽盖越发育,指示岩浆冷凝固结晶时间越长,岩浆分异越彻底,越利于锡的富集形成岩体型锡矿;④控制岩浆侵位的剪切断裂、岩浆上侵形成的原生节理及多种构造(小断层、节理、裂隙、劈理)密集分布区是寻找该类型锡矿的构造标志;⑤微量元素Sn为直接指示元素,F、As构成矿化体前缘晕,研究微量元素的变化对寻找半隐伏岩体型锡矿最为有利。

## 4 矿床成因

根据岩体的岩石化学,微量元素等资料,大义山岩体属深部地壳重熔型花岗岩类,岩浆为矿田锡矿成矿的主要物质来源<sup>①</sup>。

地温递增及深部热源使地壳硅铝层产生局部熔融,形成熔融岩浆。岩浆形成过程中,通过地下热液的对流,萃取了地层中的W、Sn、Cu、Pb、Zn等成矿元素,发生了成矿元素的第一次不均匀分配作用,导致岩浆中成矿元素的富集<sup>[1]</sup>(A阶段)。

岩浆侵位具有同源异动,深成浅就特征,通过多次异动侵位,形成多期多阶段复式岩体。W、Sn在岩浆中大部分以类质同象存在于以黑云母为主的载体矿物中外,少部分为氟酸锡络合物、氟—羟基锡酸盐络合物型式存在于岩浆岩流体中,随岩浆一同上侵。进入岩浆房中的岩浆不断分异演化,随分异演化,岩浆中成矿元素再次产生不均匀分配,早期单元上侵冷凝,含锡载体矿物黑云母等被清洁矿物、长石等交代,锡以络合物形式残留岩浆热液中<sup>[2]</sup>,较低温岩浆

中由于碱金属富集,挥发分含量高,更利于W、Sn等成矿元素富集,形成富含W、Sn的岩浆熔体<sup>[3]</sup>(介头单元B阶段)。

富W、Sn岩浆异动上侵,侵位于早期花岗岩,由于早期花岗岩构造不发育,环境封闭,岩浆缓慢冷却,形成垂向上岩体顶部由上往下,蚀变和矿化由高温至低温的垂直分带。冷却过程中分异出的少量岩浆热液充填早期单元构造裂隙,形成含W、Sn石英脉。同时在侵入体顶部,汇聚大量气水热液和长英质,在接触带附近虚脱空间内逐步冷凝、结晶形成伟晶岩壳。这一阶段,温度高于锡矿物的析出温度,仅局部见少量钨矿物。随温度降低,产生钠长石化、云英岩化等高温蚀变,黑云母等载体矿物进一步被清洁矿物交代,温度进一步降低至 $WO_3$ 的临界温度,首先析出黑钨矿,形成透镜状、扁豆状钨矿体。随后锡络合物在 $f_{O_2}$ 、pH值等条件改变情况下解体,以 $SnO_2$ 形式析出呈浸染状分布于蚀变花岗岩中,形成似层状、帽盖状锡矿体。温度的进一步降低,岩浆冷凝,产生层节理等张性裂隙,构造作用使岩体裂隙进一步发育。在岩体冷凝过程中,晶出水与残余岩浆热液会合,此时热液中主要富集硫化物,热液沿裂隙运移,在有利部位沉淀,形成硫化物,析出部分锡石,形成富矿包。随温度的进一步降低,进入成矿后的晚期热液阶段,主要蚀变作用为绢云母化、黄铁矿化、萤石化,伴随蚀变有极少量的锡石析出,但一般构不成工业矿体(C阶段)。

综上所述,介头单元是一种分异彻底,含大量挥发分及成矿元素的岩浆。上侵侵位于早期单元,在封闭的局限环境中蚀变演化,各种蚀变作用叠加、穿插。但由于各种蚀变作用在岩体垂向上的强弱不同,而出现了岩体蚀变及矿化的垂直分带,与氧化物阶段密切相关的锡、钨矿体也只产于岩体的前锋或上拱部位。

## 5 锡矿找矿新思路

(1) 在岩体内部找矿,岩浆内部不仅存在脉型锡矿,而且存在岩体型锡矿。后者品位中等偏低,规模大,含锡矿物简单,易选,单个矿体可达中—大型,极具找矿意义。(2) 大区域性构造及其交会部位,区域性构造控制岩浆侵位,控制了岩体的形态、规模,也

① 1:5万白沙镇幅区调报告,1982。



就间接控制了岩体型锡矿的产出及规模。(3)燕山中期及以后的花岗岩是岩体型锡矿的成矿母岩,特别是岩浆演化晚期阶段F、B等含量高的小岩株对岩体型锡矿成矿最有利,南岭地区岩浆岩从加里东期向燕山期演化。岩性由中→中酸性→酸性演化,Sn含量总体增高,燕山中期后,岩体中Sn丰度值为克拉克值的几倍至几十倍,具备了形成岩体型锡矿的物质条件<sup>[4]</sup>。(4)成矿期构造相对较稳定地段,构造不发育局限封闭的环境利于矿质聚集,形成岩体型锡矿。特别是在已有锡矿田、矿区中构造相对稳定的地段寻找岩体型锡矿,可望收到事半功倍的效果。

成文过程中,得到了教授级高级工程师虞有光,高级工程师王高道、陈强春、许云舟、周厚祥等同志

的精心指导,在此表示谢意!

#### 参考文献:

- [1] 石玉泉,陈德松. 华南锡矿床构造控矿特征的探讨[A] 见: 锡矿床地质论文集[C] 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院. 1987, 83~84.
- [2] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等.元素地球化学[M]北京:科学出版社,1984.242~264.
- [3] 曾骥良,莫志雄,陈昌益,等. 个旧花岗岩的实验研究: 熔体特点及其成岩成矿机制的探讨[A] 锡矿床地质论文集[C] 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院.1987, 132~133.
- [4] 张宏良,裴荣富,熊成云,等.南岭地区有色稀有金属矿床的控矿条件、成矿机理分布规律及成矿预测[M]武汉:武汉地质学院出版社,1987.20~26.

## Geological characteristics and genesis of rock body-type tin deposits in the Dayishan ore field

Liu Tie-sheng

(Central Hunan Institute of Mineral Resources, Hunan Institute of Geological Survey, Loudi 417000, Hunan, China)

**Abstract:** Rock body-type tin deposits in Dayishan, Hunan, occur in the Late Jurassic Jietou unit of the Tangshipu super-unit. The ore is slightly below the medium grade and easy to dress. The deposits are large in size and formed in a restricted environment, showing vertical zoning. Regional structures, magmatic rocks, country rocks and restricted environment jointly control the occurrence and size of the rock body-type tin deposits. In this paper the genesis of the rock body-type tin deposits is analyzed. As the magma is differentiated and evolved in a restricted environment, ore-forming elements are unevenly distributed, causing the intrusion of the Jietou unit to be rich in W and Sn and an ideal metallogenic model of rock body-type tin deposits is formed in the front or uparching portion of the intrusion. From above downward the rock body-type tin deposits show the characteristics of vertical zoning of alteration and mineralization from high to low temperatures.

**Key words:** rock body-type tin deposit; geological characteristics; genesis of deposit; Tietou unit; Dayishan