

# 湖南省永兴县新生矿区隐伏岩体地质地球化学特征及其与成矿的关系

费利东<sup>1</sup>, 全铁军<sup>1,2</sup>, 孔华<sup>1</sup>, 王高<sup>1</sup>, 郭碧莹<sup>1</sup>

(1. 中南大学有色金属成矿预测教育部重点实验室; 地球科学与信息物理学院, 湖南长沙 410083;  
2. 湖南省有色地质勘查局, 湖南长沙 410007)

[摘要] 湖南省永兴县新生矿区锡铜多金属矿床是南岭地区典型的矽卡岩型矿床之一, 矿体在围岩、矽卡岩和岩体中均有产出。矿区内地表无岩体出露, 但其存在隐伏岩体, 该隐伏岩体在深部可能与大义山岩体相连。岩石地球化学特征表明, 矿区 K/Rb 值不到 100, 说明该区岩浆分异作用强烈, 易于成矿; 而铝饱和指数和稀土元素球粒陨石标准化分布型式图则说明矿区铝岩浆来源比较复杂, 既有壳源的, 也有壳源混合源的。研究还表明, 矿区及大义山岩体为 A 型花岗岩, 而非之前所认为的 S 型花岗岩。该矿床的形成除受构造特征的控制外, 富含 Cu、Sn 等成矿元素及 F 等挥发组分的岩浆侵位是本区最主要的因素。

[关键词] 矽卡岩矿床 A 型花岗岩 地球化学 新生矿区 湖南

[中图分类号] P618.51 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2012)01-0110-9

Fei Li-dong, Quan Tie-jun, Kong Hua, Wang Gao, Guo Bi-ying. Geological and geochemical characteristics of the concealed granite orebodies in the Xinsheng ore district and their relationship with metallogeny in Yongxing county, Hunan Province [J]. Geology and Exploration, 2012, 48(1): 0110-0118.

湖南省永兴县新生矿区为一锡铜多金属矿床, 位于该县西部, 毗邻桂阳县。矿区位于大义山岩体南东缘, 从属于南岭区域成矿带扬子准地台(江南台隆)构造单元。南岭地区地质构造复杂, 矿产资源丰富, 其中与花岗岩有关的金属矿产资源居全国首位, 而大义山-大宝山北西向构造带, 是南岭中段最主要的矿聚区, 集中了南岭地区近 50% 的中大型矿床。大义山岩体受北西向郴州-邵阳构造带严格控制, 呈长条状侵入于印支期构造层之中, 总面积约 210 km<sup>2</sup>。根据岩体的岩石学、矿物学、岩石化学、地球化学特征和各侵入体接触关系, 岩体侵入时代属印支期(210 ~ 278 Ma)至燕山期(156 ~ 185 Ma; 128 ~ 148 Ma)解体为 76 个侵入体, 划分为 12 个单元, 归并成 3 个超单元: 即观音阁超单元(包括三渡江单元, T<sub>2</sub>s、银岗岭单元, T<sub>2</sub>y、王茶冲单元, T<sub>2</sub>w 和党田单元, T<sub>2</sub>t)构成大义山岩体南岩体的主体, 总面积约 50 km<sup>2</sup>; 汤市铺超单元(岩前单元, J<sub>2</sub>y、道士仙单元, J<sub>2</sub>d、杉树排单元, J<sub>2</sub>sh、介头单元, J<sub>2</sub>j)构成

大义山北岩体的主体, 总面积约 118 km<sup>2</sup>; 泥板田超单元(包括青洞单元, J<sub>3</sub>q、墨烟瑶单元, J<sub>3</sub>m、下螺形单元, J<sub>3</sub>x 和小江单元, J<sub>3</sub>xj)主要分布在大义山岩体北(西)端, 出露面积约 42 km<sup>2</sup>(图 1)。这说明岩体是三叠世的印支晚期和中侏罗世燕山期共 3 期岩浆活动形成的复式岩体。而与岩体有关的金属矿床主要与中侏罗世及晚侏罗世的燕山期 8 次岩浆定位活动密切相关, 而第 4 次介头单元岩浆活动(160 ± 5 Ma)与成矿最密切。这与区域上北西向郴州-邵阳构造岩浆成矿带各产锡多金属矿花岗岩的成矿期是一致的(伍光英等, 2005)。新生矿区地表虽岩体出露, 但钻探资料显示该矿区存在隐伏岩体, 且有证据显示该隐伏岩体与大义山岩体相类似, 应为大义山岩体在其南东缘的延伸。在新生矿区和毗邻的雷坪矿田采集的岩体样品, 经 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 法对该隐伏岩体进行同位素年代学研究, 测得样品的年龄分别为 142.5 ± 2.8 Ma 和 155.1 ± 9.6 Ma(数据另文发表), 这分别为晚侏罗世和中侏罗世的燕

[收稿日期] 2011-04-28; [修订日期] 2011-08-18; [责任编辑] 郝倩倩。

[第一作者] 费利东(1982 年—), 男, 工程师, 中南大学在读硕士研究生, 目前主要从事矿床学与同位素地球化学的研究。E-mail: feilidong@ yahoo. com. cn。

山期岩浆侵入活动的产物,从侵入年代上看,应与泥板田超单元和汤市铺超单元的岩体相对应。这表明燕山期为该矿区的一个重要的成岩成矿时期。在此基础上,本文对新生矿区岩体做岩石学与地球化学特征以及岩体与成矿的关系研究,对于新生矿区的找矿工作有重要的指导意义。

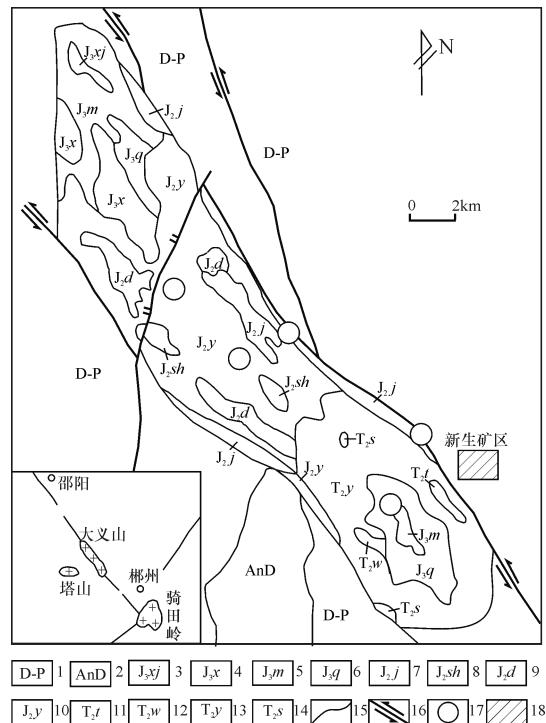


图1 湖南大义山岩体地质简图(据伍光英等,2005 修改)

Fig. 1 Geological sketch map of the Dayishan granite body in Hunan Province(modified from Wu et al., 2005)

1—印支构造层;2—前泥盆系褶皱基底;3—小江单元;4—侏罗系下螺形单元;5—侏罗系墨烟瑶单元;6—侏罗系青洞单元;7—侏罗系介头单元;8—侏罗系杉树排单元;9—侏罗系道士仙单元;10—侏罗系岩前单元;11—三叠系党田单元;12—三叠系王茶冲单元;13—三叠系银岗岭单元;14—三叠系三渡江单元;15—地质界线;16—(走滑)断裂;17—矿床;18—研究区

1—Devonian–Permian structural layer; 2—pre–Devonian fold basement; 3—Xiaojiang unit; 4—Xialuoxing unit; 5—Moyanyao unit; 6—Qingdong unit; 7—Jietou unit; 8—Shashupai unit; 9—Daoshixian unit; 10—Yanqian unit; 11—Dangqian unit; 12—Wangchachong unit; 13—Yinganglin unit; 14—Sandujiang unit; 15—geological boundary; 16—(strike-slip) fault; 17—deposit; 18—study area

## 1 地质概况

新生矿区位于湘南大义山岩体南东部接触带,即南岭东西向构造带中段北缘与耒阳临武南北向构造带中段的交汇部位,该部位同时也为大义山—骑田岭—柿竹园—瑶岗仙钨锡多金属成矿带中段。

矿区断裂较为发育,依走向可分为两组,一组为近南北向的F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>,均为走向逆断层;另一种为近东西向的F<sub>11</sub>、F<sub>12</sub>、F<sub>13</sub>,均为平移断层(图2)。

矿区出露的地层为泥盆系上统的锡矿山组上段(D<sub>3</sub>x<sup>2</sup>)、石炭系下统的孟公坳组(C<sub>1</sub>m<sup>1</sup>、C<sub>1</sub>m<sup>2</sup>)、石磴子组下段(C<sub>1</sub>sh<sup>1</sup>)及第四系(Q)(图2)。主要发育页岩、砂岩、灰岩和白云岩以及第四纪洪积层、冲积层及残坡积层。

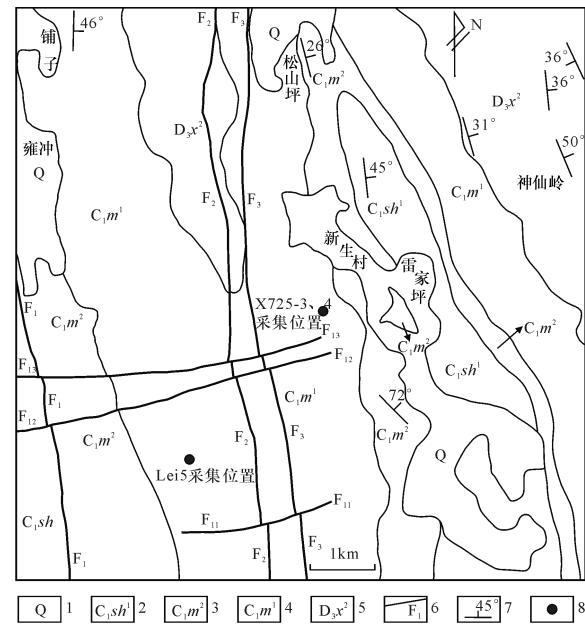


图2 新生锡铜多金属矿区地质简图

(据湖南省有色地质勘查局一总队,2008 简化)

Fig. 2 Geological sketch map of the Xinsheng tin-copper polymetallic deposit (simplified from No. 1 General Geological Team of Hunan Nonferrous Metal Geological Survey Bureau, 2008)

1—第四系;2—石磴子组下段;3—孟公坳组上段;4—孟公坳组下段;5—锡矿山组上段;6—断裂;7—地层产状;8—样品采集位置  
1—Quaternary; 2—Shidengzi Fm. lower Member; 3—Menggong'ao Fm. upper Member; 4—Menggong'ao Fm. lower Member; 5—Xikuangshan Fm. upper Member; 6—fault; 7—occurrence; 8—sampling location

矿区内地表基本无岩体出露,但在矿区外周围有大义山复式花岗岩体出露。钻探工程揭示该区存在隐伏岩体,岩性为花岗闪长岩和黑云母花岗岩等,岩体隆起的顶部产状平缓且在其顶部见有矽卡岩及云英岩。隐伏岩体的岩石化学特征及蚀变分带特征与大义山成矿花岗岩岩体相类似。同大义山岩体一样,矿区锡铜多金属矿体与岩浆岩存在空间上和成分上的联系。

## 2 矿床地质特征及矿石特征

### 2.1 矿床地质特征

综合钻探等各方面工作研究表明,新生矿区锡铜多金属矿为矽卡岩型矿床。按矿体的赋存部位可将矿床分为三种类型:分别为产于围岩中的Ⅰ号锡铜多金属矿床、产于矽卡岩中的Ⅱ号锡铜多金属矿体和产于岩体(有时具云英岩化)中的Ⅲ号锡铜多金属矿体(图3)。

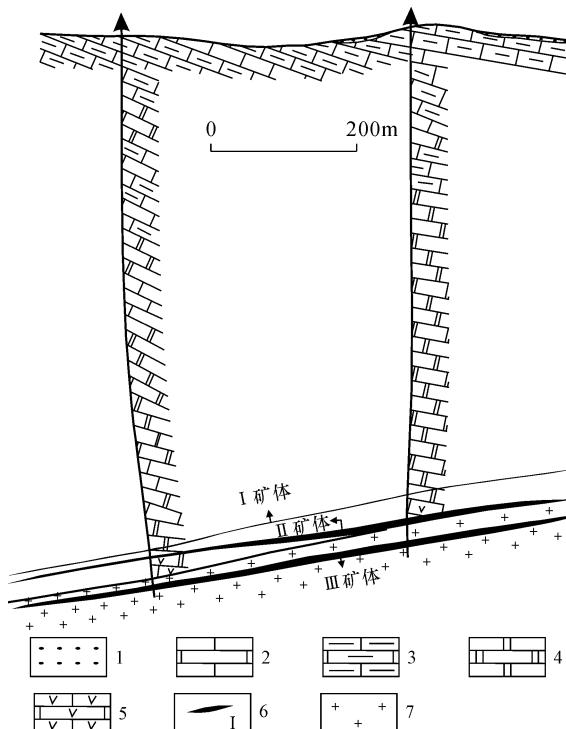


图3 新生锡铜多金属矿区地质剖面示意图  
(据湖南省有色地质勘查局一总队,2008 综合)

Fig. 3 Geological section of ore of the Xinsheng tin-copper polymetallic deposit (synthesized form No. 1 General Geological Team of Hunan Nonferrous Metal Geological Survey Bureau, 2008)

1—第四系;2—灰岩;3—白云质灰岩;4—泥质灰岩;5—矽卡岩;  
6—矿体及编号;7—燕山早期花岗岩

1—Quaternary; 2—Limestone; 3—Dolomitic limestone; 4—Argillaceous limestone; 5—Skarn; 6—Ore body and number; 7—Early Yanshanian granite

I号锡铜多金属矿体赋存于外接触带灰岩或大理岩层间裂隙中,矿体基本上呈似层状产出,大致沿走向北西、倾向北东展布。矿体厚0.31~1.86 m,平均厚度0.92 m。矿体顶底板均为大理岩或大理岩化灰岩。

Ⅱ号锡铜多金属矿赋存于矽卡岩中,矽卡岩矿物主要有透辉石、透闪石和石榴子石等。同Ⅰ号矿

体相似,Ⅱ号矿体基本上也呈似层状产出,大致沿走向北西、倾向北东展布,矿体厚0.61~9.21 m,平均厚度3.35 m。矿体顶板一般为大理岩或矽卡岩化灰岩,底板一般为矽卡岩或花岗闪长岩以及黑云母花岗岩,属矽卡岩型矿体。

Ⅲ号锡铜矿体赋存于云英岩或岩体中,矿体基本上呈似层状或透镜状产出,大致沿走向北西、倾向北东展布,矿体厚1.02~14.36 m,平均厚度4.77 m。矿体顶板一般为矽卡岩、云英岩,底板一般为云英岩或花岗闪长岩、黑云母花岗岩,矿体受隐伏岩体控制。

### 2.2 矿石特征

矿区矿石矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、白铁矿、磁铁矿和锡石等。其次有磁黄铁矿、赤铁矿、钛铁矿、黝铜矿、黝锡矿、斑铜矿和褐铁矿等。其中磁黄铁矿为自形-半自形粒状结构,且交代黄铜矿;黄铁矿为半自形-它形粒状结构,浸染状、草莓状构造;闪锌矿也为半自形-它形粒状结构,交代前期黄铁矿、黄铜矿,且保留前期形成的黄铁矿、黄铜矿残余,并被后期黄铁矿交代、环绕。黄铜矿为半自形-它形粒状结构,被闪锌矿和后期黄铁矿交代。经镜下鉴定,矿物生产顺序为早期黄铁矿-黄铜矿-闪锌矿-后期黄铁矿。

矿区脉石矿物主要有透辉石、透闪石、方解石,石英、金云母、白云石、白云母、绿泥石、蛇纹石、黄玉、石榴石和绢云母等。其次有阳起石、黑云母、滑石、绿帘石、电气石、方柱石、硅灰石、钾长石、斜长石、正长石、磷灰石、高岭土和红柱石等。

按照矿物共生组合可以划分铁闪锌锡石黄铜矿石、黄铁黄铜闪锌矿石和黄铁闪锌锡石黄铜矿石。

## 3 样品采集和分析结果

本次研究测试样品均采自坑道,包括1件肉红色黑云母花岗岩、1件灰白色黑云母花岗岩(具轻微蚀变)及邻近雷坪矿田的1件灰白色黑云母花岗岩。岩石化学分析在武汉综合岩矿测试中心完成(表1、2、3、4)。为了对比,表中还引用了中国花岗岩和正长花岗岩的平均值及位于扬子准地台中的花岗岩和正长花岗岩的平均值,同时也引用了前人测试的大义山岩体化学分析值。

## 4 岩体地球化学特征及其与成矿关系

矿区及邻近雷坪矿田岩体SiO<sub>2</sub>含量为70.4%~72.35%,平均含量为71.09%,与中国花岗岩的平均值72.26%和正长花岗岩的平均值72.17%、中

表1 新生矿区、大义山岩体及中国部分花岗岩平均化学成分值

Table 1 Major earth element compositions of the Xinsheng ore district, Dayishan granite bodies and average values of some granite bodies in China

样品	X725-3	X725-4	Lei5	A1	A2	Y1	Y2	J3	J2
SiO <sub>2</sub>	70.40	72.35	70.51	72.26	72.17	72.45	71.94	74.06	74.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.92	12.27	12.11	14.19	14.21	14.11	14.12	13.27	12.93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.76	0.69	1.87	0.86	0.84	0.83	0.86	0.39	0.62
FeO	3.60	2.87	1.33	1.03	1.08	1.21	1.41	2.17	2.68
CaO	1.91	1.69	3.01	1.32	1.41	1.34	1.49	0.38	0.62
MgO	0.47	0.62	0.46	0.50	0.52	0.56	0.69	0.19	0.27
K <sub>2</sub> O	5.20	5.41	6.68	4.35	4.36	4.31	4.33	4.68	4.68
Na <sub>2</sub> O	2.88	1.14	1.75	3.54	3.53	3.16	3.01	2.98	2.70
TiO <sub>2</sub>	0.44	0.32	0.07	0.27	0.28	0.30	0.35	0.14	0.15
MnO	0.06	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.10	0.02	0.09	0.09	0.10	0.12	0.075	0.059
A/KNC	0.93	1.14	0.78	1.09	1.09	1.15	1.14	1.24	1.22
A/NK	1.25	1.59	1.19	1.35	1.35	1.44	1.47	1.34	1.37
AR	3.39	2.77	3.52	3.07	3.04	2.87	2.78	3.56	3.39

注:① X725-3、X725-4 和 Lei5 为实测;A1 和 A2 分别为中国花岗岩和正长花岗岩平均值,Y1 和 Y2 分别为扬子准地台花岗岩和正长花岗岩平均值,引自史长义等(2008),下同;J3 和 J2 为大义山岩体值,引自吴迎春等(2008);② 化学成分值单位为( $\times 10^{-2}$ )。

表2 新生矿区、大义山岩体稀土元素含量及中国花岗岩体平均值( $\times 10^{-6}$ )Table 2 REE of the Xinsheng ore district and Dayishan granite orebodies and average value of granite bodies in China ( $\times 10^{-6}$ )

样品	X725-3	X725-4	Lei5	A1	A2	Y1	J <sub>2</sub> J	J <sub>2</sub> Y
La	132	120.8	57.69	33	35	39	36.19	65.73
Ce	247.7	225	128.2	63	67	71	79.78	127.8
Pr	27.06	23.47	15.65	7	7.4	8.4	10.39	14.84
Nd	92.66	76.77	55.28	25.3	26.7	28.2	39.25	51.35
Sm	17.83	13.79	15.43	4.6	4.9	5.5	11.64	9.58
Eu	1.03	0.77	0.18	0.82	0.82	0.93	0.28	1.32
Gd	16.16	11.51	16.12	4.6	4.6	5.5	13.15	7.32
Tb	2.5	1.74	3.01	0.64	0.65	0.91	2.45	1.09
Dy	14.36	10.1	21.01	4	4.3	5	15.8	5.63
Y	78.58	58.05	135.8	20.1	20	19.4	88.41	24.73
Ho	2.71	1.95	4.34	0.8	0.87	1	3.26	1.01
Er	7.65	5.60	13.53	2.25	2.35	2.66	9.26	2.64
Tm	1.15	0.89	2.29	0.38	0.41	0.45	1.51	0.38
Yb	7.52	5.9	15.52	2.1	2.05	2.62	9.76	2.26
Lu	1.05	0.83	2.02	0.33	0.32	0.4	1.5	0.31
ΣREE	571.34	499.10	350.37	148.82	157.37	171.57	234.22	291.26
LREE	518.28	460.59	272.43	133.72	141.82	153.03	177.53	270.62
HREE	53.06	38.51	77.94	15.1	15.55	18.54	56.69	20.64
LREE/HREE	9.77	11.96	3.49	8.86	9.12	8.25	3.13	13.11
δEu	0.18	0.18	0.04	0.54	0.52	0.52	0.07	0.473

注:① J<sub>2</sub>J 和 J<sub>2</sub>Y 为大义山岩体值,引自伍光英等(2005);② HREE 值不包括 Y。

表 3 新生矿区微量元素含量表( $\times 10^{-6}$ )  
Table 3 Trace elements of the xinsheng ore district( $\times 10^{-6}$ )

样品号	X725-3	X725-4	A1	A2	Y1	Y2
Rb	488.2	709.8	160	169	197	199
Ba	515.6	324.8	558	644	380	526
Th	83.45	77.76	16.9	18	19.1	22.9
U	20.37	21.25	2.88	3.02	4.09	4.43
K	43148.94	44891.49	36095.74	36178.72	35763.83	35929.79
Nb	40.43	33.98	13.8	13.8	14.3	14
La	132	120.8	33	35	39	38
Ce	247.7	225	63	67	71	72
Sr	73.51	53.58	171	197	117	136
Nd	92.66	76.77	25.3	26.7	28.2	28.9
P	611.27	436.62	409	408	428	576
Zr	285.9	290.9	147	148	152	159
Hf	9.911	9.796	5	4.8	5.5	6.2
Sm	17.83	13.79	4.6	4.9	5.5	5.62
Ti	3771.43	2742.86	1480	1510	1588	1979
Y	78.58	58.05	20.1	20	26	26
Yb	7.518	5.9	2.1	2.05	2.2	2.6
K/Rb	88.38	63.25	225.60	214.08	181.54	180.56

国扬子准地台中的花岗岩的平均值 72.45% 和正长花岗岩的平均值 71.94% 及大义山岩体值相近。K<sub>2</sub>O 含量为 5.2% ~ 6.68%, 平均含量为 5.76%, 均显著高于中国总体及扬子准地台中的花岗岩和正长花岗岩的平均值及大义山岩体值; Na<sub>2</sub>O 含量为 1.14% ~ 2.88%, 平均含量为 1.92%; 均显著低于中国总体及扬子准地台中的花岗岩和正长花岗岩的平均值及大义山岩体值。岩体总体上具高钾(K<sub>2</sub>O>Na<sub>2</sub>O), 高硅、低钛(TiO<sub>2</sub> 平均含量为 0.28%)。

在 SiO<sub>2</sub>-AR 图解中, 表格中所列数据全部落入碱性岩区(图 4-a)。在 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O 图解中, 矿区及邻近矿区岩体全部落入钾玄岩系列, 其余全部落入高钾钙碱性系列(图 4-b), 反映矿区及邻近矿区岩体相对富钾。我们知道, 花岗岩类岩石一般认为可能有三种来源, 分别为壳源、幔源或壳幔混合源, 而铝的饱和指数 ASI(即 A/KNC)是判别过铝质花岗岩类(ASI>1)和偏铝质花岗岩类(ASI<1)的化学识别指数。对于研究区, 考虑到 X725-4 和 Lei5 这两块样品有轻微蚀变, 剔除这两块样品后将数据投入 A/KNC-A/NK 图解中, 发现 X725-3 其 ASI 值<1, 而 A/NK 值>1, 大义山岩体 ASI 值均>1, 这说明 X725-3 为钙碱性花岗岩类, 而所引用的大义山岩体数据全部落入过铝质花岗岩类区(图 4-c)。

一般认为, 过铝质花岗岩类为壳源, 钙碱性花岗

岩类为壳幔混合源, 这说明矿区和大义山岩浆侵入比较复杂, 既有壳源的, 也有壳幔混合源的(X725-3)。将数据投入 Collins 等人的 K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O 花岗岩判别图解中, 数据全部落入 A 型花岗岩区(图 4-d)。高 Ga/Al 比值是碱性花岗岩的典型特征。矿区和邻近矿区及大义山岩体样品 Ga 含量较高, 为 (25.9 ~ 30.4)  $\times 10^{-6}$ , Ga/Al  $\times 10000$  比值平均为 4.22 (3.98 ~ 4.74), 高于世界 A 型花岗岩(均值 3.75), 在 Ga/Al-Ce, Nb, Y 和 Zr 微量元素 I&S-A 型花岗岩判别图解中, 矿区和邻近矿区及大义山岩体样品(H51)也均落入 A 型花岗岩区(图 5), 反映矿区及大义山岩体属于典型的 A 型花岗岩, 而非之前所认为的 S 型花岗岩。

矿区及邻近矿区岩体的稀土总量( $\Sigma$ REE, 不包括 Y, 下同)在  $350.37 \times 10^{-6}$  ~  $571.35 \times 10^{-6}$  之间, 显著高于中国总体及扬子准地台中的花岗岩和正长花岗岩的平均值及大义山岩体值; 轻重稀土比值(LREE/HREE)为 3.49 ~ 11.96, 具有轻稀土中等富集特征。从稀土元素球粒陨石标准化分布型式图(图 6)看, 轻稀土部分相对较陡, 重稀土部分趋于平缓, 显示本区稀土配分属轻稀土富集型, 且轻稀土的分馏系数比重稀土高。同时, 本区具强烈的 Eu 负异常, 说明岩体物质来源于地壳深部或上地幔。

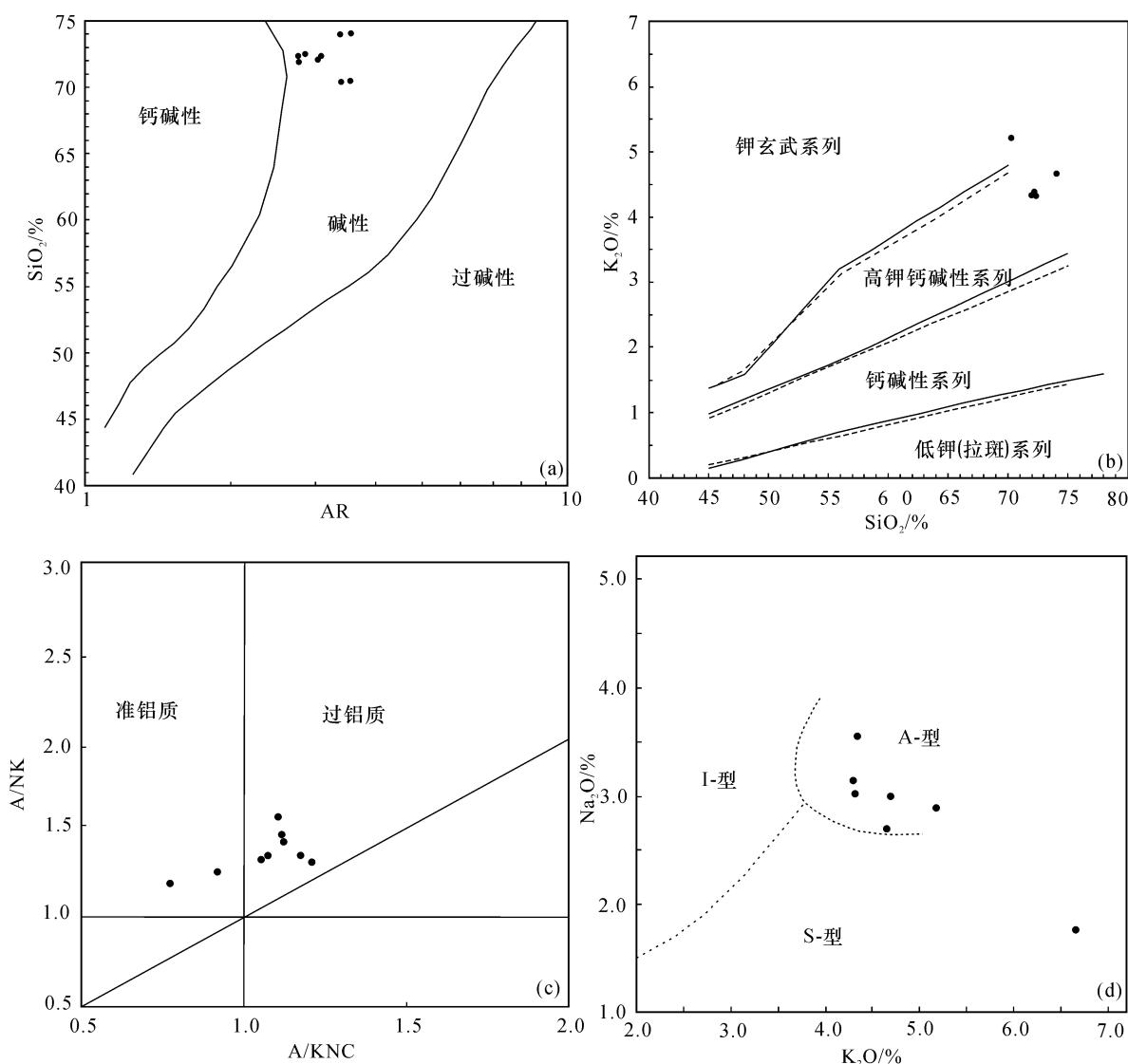


图4 常量元素图解

Fig. 4 Diagrams discriminating granite types

与中国花岗岩及正长花岗岩平均值相比,本区显著富集Rb、U等大离子亲石元素,但Sr有较大程度的亏损,Ba也有一定程度的亏损,且该区K/Rb值不到100,远小于全国平均值,反映该区岩浆分异作用强烈,且有利于成矿。高场强元素(HSPE)中,除Th亏损外,Nb、Ta、Zr和Hf则都显著富集。另外,作为含锡花岗岩分异程度标志的 $TiO_2/Ta$ 值远小于全国平均值,反映该区容易富集Sn矿床。

由于本区岩浆分异充分及多期次活动明显,而本区花岗岩岩浆富Cu、Sn等成矿元素和F等挥发组分(表4)。这就为本区提供了丰富的矿质来源及迁移富集的动力和有利的介质,而有轻微蚀变的岩体样品其Cu、Sn等元素更是显著富集,说明岩体的侵位是本区最主要的控矿因素。

在微量元素原始地幔标准化蛛网图上(图7),

我们发现未蚀变的岩体与轻微蚀变岩体相差不大。并且与全国平均情况一致,都有显著的Ba、Nb、Sr、P和Ti等元素的负异常,Hf则无明显亏损。

我们知道离大义山不远的千里山岩体也曾经很长时间被认为是S型花岗岩,但赵振华(2000)指出千里山岩体实际上更符合A型花岗岩的特征,同样,前人一般认为大义山岩体为S型花岗岩,而本文认为矿区及大义山岩体应为A型而非S型花岗岩。另外本区及整个大义山地区均有锡矿产出,而锡矿床往往与S型花岗岩密切相关,这似乎与本文所述的矿区及大义山岩体为A型花岗岩相矛盾。其实不然,锡矿床除与S型花岗岩密切相关外,与A型花岗岩也可以密切相关,如湖南芙蓉锡矿田就是与A型花岗岩有关的一个超大型锡矿田(李晓敏,2005;李兆丽,2006;蒋少涌,2006)。

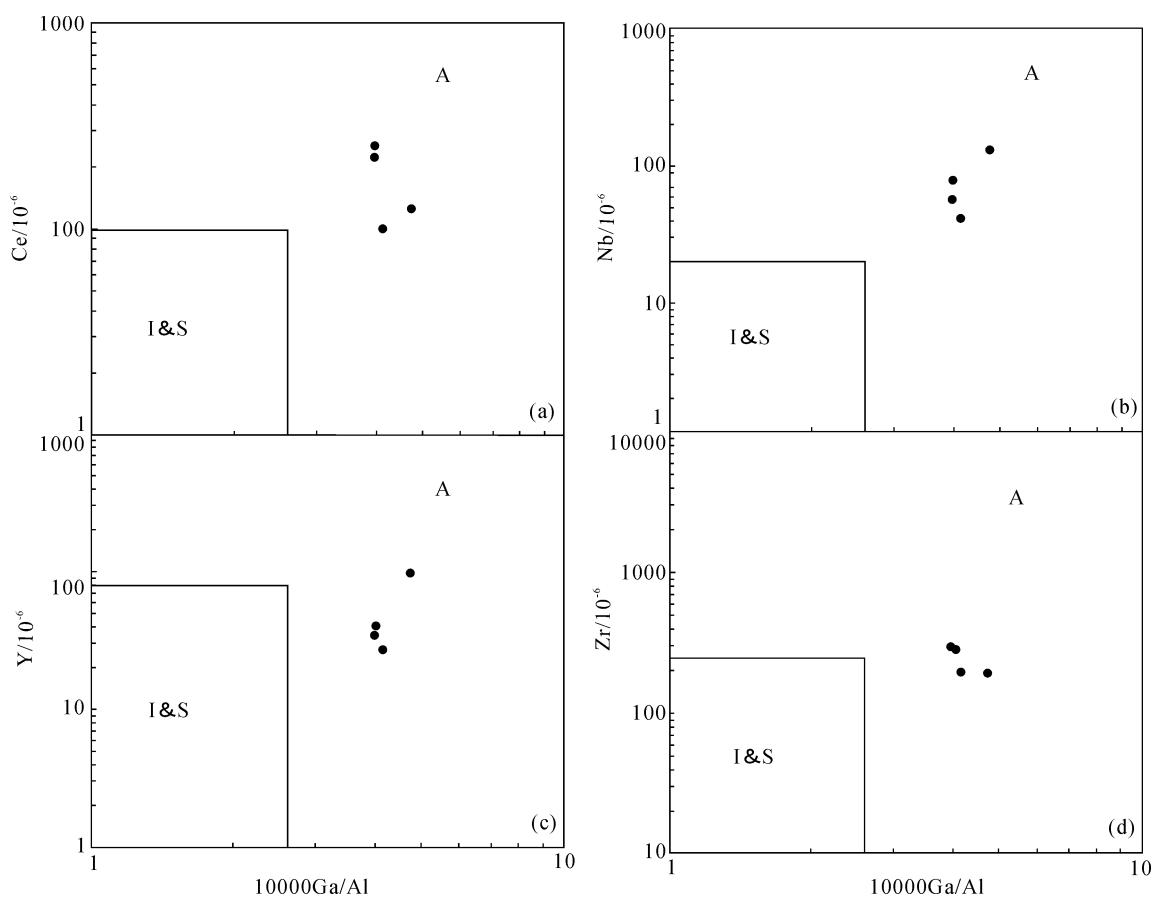


图 5 I&amp;S- A 型花岗岩判别图解

Fig. 5 Discrimination diagrams for I- and S-A type granites

注: 图中样品 3 个来源于实测, 另有 1 个(H51)来源于刘耀荣等(2005), 该样品  $\text{Al}_2\text{O}_3$  为 13.3%,  $\text{Ga}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Nb}$  和  $\text{Zr}$  值分别为 29.1、 $100.8$ 、 $42.24$ 、 $27.4$  和  $201 (\times 10^{-6})$ 。

表 4 新生矿区和中国微量元素平均值( $\times 10^{-6}$ )Table 4 Rare earth element compositions of the Xinsheng ore district and average values of granite bodies in China ( $\times 10^{-6}$ )

样品	X725-3	X725-4	A1	A2	样品	X725-3	X725-4	A1	A2
Li	58.66	211.2	21	22	Sr	73.51	53.58	171	187
Be	10.89	23.14	2.7	2.7	V	13.59	9.615	22	22
Sc	7.854	5.446	4.9	4.8	Zr	285.9	290.9	147	148
Cr	10.38	11.71	5	5	Nb	40.43	33.98	13.8	13.8
Co	3.799	2.73	2.9	3	Ba	515.6	324.8	558	644
Ni	2.579	1.824	4.4	4.2	Hf	9.911	9.796	5	4.8
Cu	17.67	164.8	5	4.9	Ta	4.802	5.083	1.29	1.3
Zn	92.63	357.8	43	41	Ag	0.415	1.353	52	50
Ga	27.37	25.87	18	18	B	16.23	94.9	4.4	4
Rb	488.2	709.8	160	169	Sn	15.08	134	2	2.2
Cs	39.76	50.86	3.8	4.3	W	10.37	37.4	0.7	0.69
Pb	42.97	107.5	26	27	Mo	3.67	4.04	0.49	0.49
Bi	2.2	2.624	0.14	0.13	F	3754	6724	450	482
Th	83.45	77.76	16.9	18	Cl	540	49	58	57
U	20.37	21.25	2.88	3.02	Au	1.5	1.3	0.37	0.38

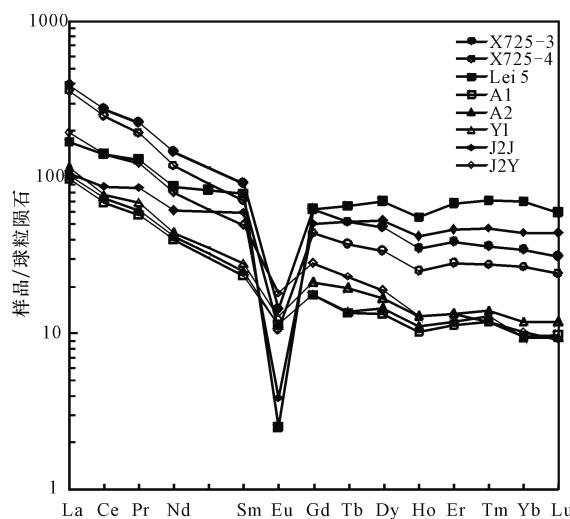


图6 稀土元素球粒陨石标准化分布型式图

Fig. 6 Diagram showing Chondrite-normalized REE distribution patterns

注:球粒陨石为12个球粒陨石组合样(Wakita等,1971)。

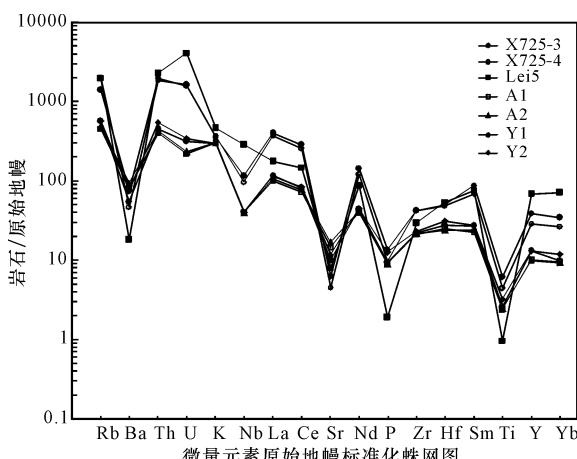


图7 岩体原始地幔标准化微量元素蛛网图

Fig. 7 Spider diagram showing primitive mantle-normalized trace elements

注:原始地幔标准引自Thompson(1982)。

## 5 讨论与结论

新生锡铜多金属矿床位于大义山岩体南东部，属于南岭成矿带扬子准地台构造单元。矿区地表无岩体出露，但存在隐伏岩体，且该隐伏岩体为A型花岗岩，其性质与大义山岩体虽有所不同但大体类似。矿区REE明显比大义山岩体和全国平均水平更为富集，但从REE球粒陨石标准化型式图上看，矿区岩体与大义山岩体轻稀土部分均相对较陡，重稀土部分也均趋于平缓，且轻稀土的分馏系数比重稀土高，说明矿区岩体与大义山岩体具有相似的物

源，应为同一大地构造背景下的产物。

矿区岩体为多期次侵入形成的复式岩体，岩体为典型的A型花岗岩，从铝的饱和指数ASI和稀土元素球粒陨石标准化分布型式图看，岩体物质来源于地壳深部或上地幔。

矿床为典型的矽卡岩型矿床，在围岩、矽卡岩和岩体中均有产出。本区岩浆分异充分及多期次活动明显，而本区花岗岩岩浆富Cu、Sn等成矿元素和F等挥发组分为本区提供丰富的矿质来源及迁移富集的动力和有利的介质，这些都表明岩体的侵位是本区最主要的控矿因素。

致谢：感谢审稿人对本文提出的宝贵意见，湖南省有色地质勘查局一总队钟江临高级工程师和刘仕杰工程师在野外工作中给予了极大的帮助，谨此一并致以诚挚谢意！

### [注释]

- ① 湖南省有色地质勘查局一总队. 2008. 湖南省永兴县新生矿区锡铜多金属矿普查报告[R]. 内部资料: 1-64

### [References]

- Collins W J, Beams S D, White A J R, Chappell B W. 1982. Nature and origin of A-type Granites with particular reference to southeastern Australia[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 80: 189–200
- Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development. 1988. Regional geology of Hunan Province[M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-729 (in Chinese)
- Jiang Shao-yong, Zhao Kui-dong, Jiang Yao-hui, Ling Hong-fei, Ni Pei. 2006. New type of tin mineralization related to granite in South China: evidence from mineral chemistry, element and isotope geochemistry[J]. Acta petrologica, 22(10): 2509–2516 (in Chinese with English abstract)
- Li Hui, Sun Kai, Zhang Lin-lin, Huang Kai. 2011. Progresses in the research of igneous rocks [J]. Geology and Exploration, 47(2): 180–186 (in Chinese with English abstract)
- Li Xiao-ming. 2005. Tin mineralization related to A-type granites in South Hunan province: A Case of the Furong Tin Orefield[D]. Post-doctoral Dissertation, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Science, Guiyang: 1-107 (in Chinese with English abstract)
- Li Zhao-li. 2006. Geochemical relationship between tin mineralization and A-type Granite: A case of the Furong Tin orefield, Hunan Province, South China[D]. Geochemistry Institute of Chinese Academy of Science, Guiyang: 1-114 (in Chinese with English abstract)
- Liu Yao-rong, Kuang Jun, Ma Tie-qiu, Bai Dao-yuan. 2005.  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating of biotite in south Dayishan granite and its geological significance[J]. Resources Survey & Environment, 26(4): 244–249 (in Chinese with English abstract)
- Peccerillo R, Taylor S R. 1976. Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 58: 63–81

- Shi Chang-yi, Yan Ming-cai, Chi Qing-hua. 2008. On-anitoid of China [M]. Beijing: Geological Publishing House; 31–49 (in Chinese)
- Whalen J B, Currie K L, Chappell B W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 95: 407–419
- Wu Guang-ying, Pan Zhong-fang, Hou Zeng-qian, Li Jin-don, Che Qian-jian, Chen Hui-ming. 2005. Ore body distribution pattern, ore-controlling factors and prospecting potentiality in the dayishan tin deposit, Hunan province [J]. Geology and Prospecting, 41(2): 6–11 (in Chinese with English abstract)
- Wu Guang-ying, Pan Zhong-fang, Li Jin-dong, Xiao Qing-hui, Che Qian-jian. 2006. Geological and geochemical characteristics of the Dayishan granitoids in southern Hunan and their relation to mineralization [J]. Geology in China, 32(3): 434–442 (in Chinese with English abstract)
- Wu Ying-chun, Zheng Bo-ren, Tang Zhao-hui. 2008. Characteristics and ore prospecting of tin deposits in the dayishan area, Hunan [J]. Geology and Prospecting, 44(4): 14–19 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Zhen-hua. 1997. principles of trace element geochemistry [M]. Beijing: Science press; 101–102 (in Chinese)
- Zhao Zhen-hua, Bao Zhi-wei, Zhang Bai-you, Xiong Xiao-lin. 2000. Crust–mantle interaction background for formation of Shizhuyuan giant tungsten polymetallic deposit [J]. Science in China (series D): 30(Supp.) 161–168 (in Chinese)
- Zhu Jin-chu, Chen Jun, Wang Ru-cheng, Lu Jian-jun, Xie Lei. 2008. Early Yanshanian NE Trending Sn/W-Bearing A-type granites in the Western–Middle Part of the Nanling Mts Region [J]. Geological Journal of China Universities, 14(4): 474–484 (in Chinese with English abstract)
- [附中文参考文献]
- 湖南省地质矿产局. 1988. 湖南省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社; 1–729
- 蒋少涌, 赵葵东, 姜耀辉, 凌洪飞, 倪培. 2006. 华南与花岗岩有关的一种新类型的锡成矿作用矿物化学、元素和同位素地球化学证据 [J]. 岩石学报, 22(10): 2509–2516
- 李振晖, 孙摇凯, 张琳琳, 黄摇凯. 2011. 火成岩研究若干进展 [J]. 地质与勘探, 47(2): 180–186
- 李晓敏. 2005. 湖南地区与 A型花岗岩有关的锡矿床成矿作用研究——以芙蓉锡矿田为例 [D]. 博士后出站报告, 中国科学院地球化学研究所, 贵阳; 1–107
- 李兆丽. 2006. 锡成矿与 A型花岗岩关系的地球化学研究——以湖南芙蓉锡矿田为例 [D]. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳; 1–114
- 刘耀荣, 邝军, 马铁球, 柏道远. 2005. 湖南大义山花岗岩南体黑云母<sup>40</sup>Ar–<sup>39</sup>Ar 定年及地质意义 [J]. 资源调查与环境, 26(4): 244–249
- 史长义, 鄢明才, 迟清华. 2008. 中国花岗岩类化学元素丰度 [M]. 北京: 地质出版社; 31–49
- 伍光英, 潘仲芳, 侯增谦, 李金冬, 车勤建, 陈辉明. 2005. 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, 41(2): 6–11
- 伍光英, 潘仲芳, 李金冬, 肖庆辉, 车勤建. 2006. 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, 32(3): 434–442
- 吴迎春, 郑伯仁, 唐朝晖. 2008. 湖南大义山地区锡矿床特征及找矿前景分析 [J]. 地质与勘探, 44(4): 14–19
- 赵振华. 1997. 微量元素地球化学原理 [M]. 北京: 科学出版社; 101–102
- 赵振华, 包志伟, 张伯友, 熊小林. 2000. 柿竹园超大型钨多金属矿床形成的壳幔相互作用背景 [J]. 中国科学(D辑), 30(增刊): 161–168
- 朱金初, 陈骏, 王汝成, 陆建军, 谢磊. 2008. 南岭中西段燕山早期北东向含锡钨 A型花岗岩带 [J]. 高校地质学报, 14(4): 474–484

## Geological and Geochemical Characteristics of the Concealed Xinsheng Granite Orebodies and Their Relationship with the Metallogeny in Yongxing County, Hunan Province

FEI Li-dong<sup>1</sup>, QUAN Tie-jun<sup>1,2</sup>, KONG Hua<sup>1</sup>, WANG Gao<sup>1</sup>, GUO Bi-ying<sup>1</sup>

- (1. Key Laboratory of Metallogenic Prediction of Non-ferrous Metals, Ministry of Education, School of Geosciences and Info-physics, Central South University; Changsha, Hunan 410083;
2. Hunan Geological & Mining Organization for Non-Ferrous Metals, Changsha, Hunan 410007)

**Abstract:** The Xinsheng tin–copper polymetallic deposit in Yongxin County, Hunan Province is one of the typical skarn deposits in the Nanling area. Its orebodies occur in the wall rock, skarn and granite bodies. Granite bodies are not exposed on the surface, but concealed bodies exist there, which may be connected with the Dayishan granite bodies at depth. Geochemical characteristics of granite bodies in the Xinsheng ore district indicate K/Rb value is less than 100, and strong magmatic differentiation may be favorable to ore formation. And the source of magma is complex, including both crust source and crust–mantle mixed source. The granite bodies in the Xinsheng ore district and the Dayishan body are not of S-type, but A-type. The deposit is controlled by structural features, and the intrusion of magma which contains such ore-forming elements as Cu and Sn, and volatile components F is the most significant ore-controlling factor.

**Key words:** skarn type deposit, A-type granite, geochemistry, Xinsheng ore district, Hunan Province