

文章编号: 1007-3701(2012)04-298-09

湖南七宝山石英斑岩地球化学特征及其与成矿的关系

胡俊良, 徐德明, 张 鲲

(武汉地质矿产研究所, 武汉 430205)

摘要:湖南浏阳七宝山铜多金属矿床位于钦杭成矿带西南段,是湘东北规模最大的铜多金属矿床,其中矿区内的石英斑岩对成矿贡献非常大。七宝山矿区的石英斑岩是一套高钾($K_2O \gg Na_2O$)、富铝、贫硅的亚碱性的粗面安山岩—安山岩—英安岩组合,地球化学上显示了富轻稀土(LREE)、大离子亲石元素(LILE)(Ba, K等)、成矿元素(Cu、Pb、Zn等),以及贫重稀土元素(HREE)特征。稀土元素配分模式为右倾,有轻微的Eu负异常,说明它具有部分幔源特征;而明显的Sr负异常,且与地壳丰度相似,加上较高 Al_2O_3/TiO_2 、 K_2O/Na_2O 比值,投图后均显示岩石为地壳来源。综合上述特征本文认为该石英斑岩属壳幔同熔型花岗岩。矿体与岩体在空间、时间上关系密切,岩体很高的成矿元素含量正是形成矿体的物质来源。其作用过程是岩浆作为载体携带成矿元素从地幔到近地表,并且在各种导矿构造作用下充填交代成矿。

关键词:石英斑岩;地球化学;岩石成因;成矿元素;湖南七宝山

中图分类号: P595

文献标识码: A

钦杭成矿带是在钦杭结合带的基础上提出的。钦杭结合带是指扬子与华夏两大古陆块于晋宁期碰撞拼贴形成的巨型板块结合带,但是自从这一概念产生以来,其边界在哪里等一系列问题仍然未有定论,同时也是钦杭结合带饱受争议的原因。然而,近十多年来,王德滋、万天丰、周新民、王剑、李昌年、章邦桐、汪庆华、洪大卫、孙枢、李继亮、舒良树、丁鹏飞等一批地质工作者分别从岩石学、大地构造学、地球化学、地球物理等不同学科对钦杭结合带进行了探讨,取得了一系列新的认识。杨明桂等^[1-4]对钦杭结合带进行了较系统的研究,进一步明确了“钦州湾至杭州湾为扬子古板块与华夏古板块的结合带(简称钦杭结合带)”的认识。钦杭结合带及其旁侧是华南地区最为重要的Cu-Pb-Zn-Au和

W-Sn-Mo-Bi多金属成矿带,长达1500 km,分布着一大批特大型铜金铅锌钨铀矿床^[5-9]。2009年,这一成矿带正式成为全国二十个重要成矿带之一。对这一成矿带具体矿床进行系统全面的研究对了解这一区域矿产分布情况、对比区域矿床成因等具有重要意义,并对下一步在该成矿带内找矿探矿具有非常重要的指导意义。

湖南浏阳七宝山铜多金属矿床位于钦杭成矿带西南段,是湘东北规模较大的铜硫多金属矿床,对其进行详细地研究,对弄清钦杭成矿带西南段矿床成因机制以及类似矿床的对比工作具有十分重要的意义。从构造上讲,矿区位于新华夏构造体系第二隆起带南部西侧湘东隆起的浏阳—衡东凸起与扬子江E-W向构造带的复合地段,即湘东醴陵—浏阳S型构造的次级NW向永和—横山向斜的东端。并发育与成矿关系密切的石英斑岩(也有学者定名为花岗斑岩)侵入体,据研究,该岩体具有很高的成矿元素含量^[10]。因此,笔者对七宝山多金属矿床进行采样分析,其中重点对石英斑岩体进行

收稿日期: 2011-10-18; 修回日期: 2011-11-23.

基金项目: 中国地调局地质矿产调查评价专项项目(编号: 121201108405, 1212011120956).

作者简介: 胡俊良(1982—),男,工程师,主要从事矿床地球化学研究, E-mail: hjl1982da@163.com.

了系统采样,希望能较为详尽地揭示该岩体的地球化学特征并对它与成矿的关系进行探讨。

1 矿区地质概况

七宝山矿床至今已有五十多年勘探研究历史,包括从最初认为的铁矿到后来详细勘探的以 S、Cu、Pb、Zn 为主,并伴有 Au、Ag、Ga、In、Te、Cd、Mo、Bi 和 U 等有用元素的大型多金属矿床。矿区位于新华夏构造体系第二隆起带南部西侧湘东隆起的浏阳—衡东凸起与扬子江东西向构造带的复合地段,即湘东醴陵—浏阳 S 型构造的次级 NW 向永和—横山向斜的东端。区内地层出露较全,断裂褶皱发育,岩浆活动频繁,非金属及有色金属矿产均非常丰富。

矿区内出露地层简单,由老至新依次为前震旦系冷家溪群(Ptln)、震旦系莲沱组(Z₁)、下石炭统大塘阶(C_{1d}),以及中上石炭统壶天群(C_{2+3ht})。冷家溪群为一套经区域浅变质的浅海相变质岩系,分布在矿区的南北两侧;莲沱组分布在矿区北侧边缘,为一套浅变质砂岩、砂质板岩,与下伏冷家溪群呈角

度不整合接触。大塘阶为灰白色石英砾岩,零星分布于矿区北侧;壶天群为灰白色厚层状白云质灰岩、白云岩,广布于矿区的中部及西部,石炭纪地层与下伏地层呈明显的角度不整合接触。

矿区构造复杂,总体构造为一倒转向斜,该向斜西部开阔,东部狭窄,轴向近 E-W,往南倾,北翼倾角约 30°,南翼倾角约 60°。向斜轴部由中上石炭统壶天群白云质灰岩组成,两翼分别由震旦系莲沱组及冷家溪群组成。矿区断裂构造发育,其中古港—横山断裂从矿区中南部通过,该断裂 E-W 走向,往南倾,是一多期活动的区域性大断裂。

近矿围岩蚀变主要为矽卡岩化,次为硅化、碳酸盐化、绿泥石化和铁锰碳酸盐化。

矿区岩浆活动频繁,时间持续长,其活动期次明显地分为三期:雪峰期、加里东期和印支—燕山期,其中以雪峰期岩体的规模最大。但与矿床成因密切相关的石英斑岩侵入体,出露于矿区中部,早期研究^[1]认为其属印支—燕山早期产物(如图 1,包含图中 $\sigma\pi_5^{1a}$ 和 $\sigma\pi_5^{1b}$)。该期岩体为一个多次侵入的复式岩体,侵入于中、上石炭统及元古代地层中,受构造控制明显,呈岩枝状产出。

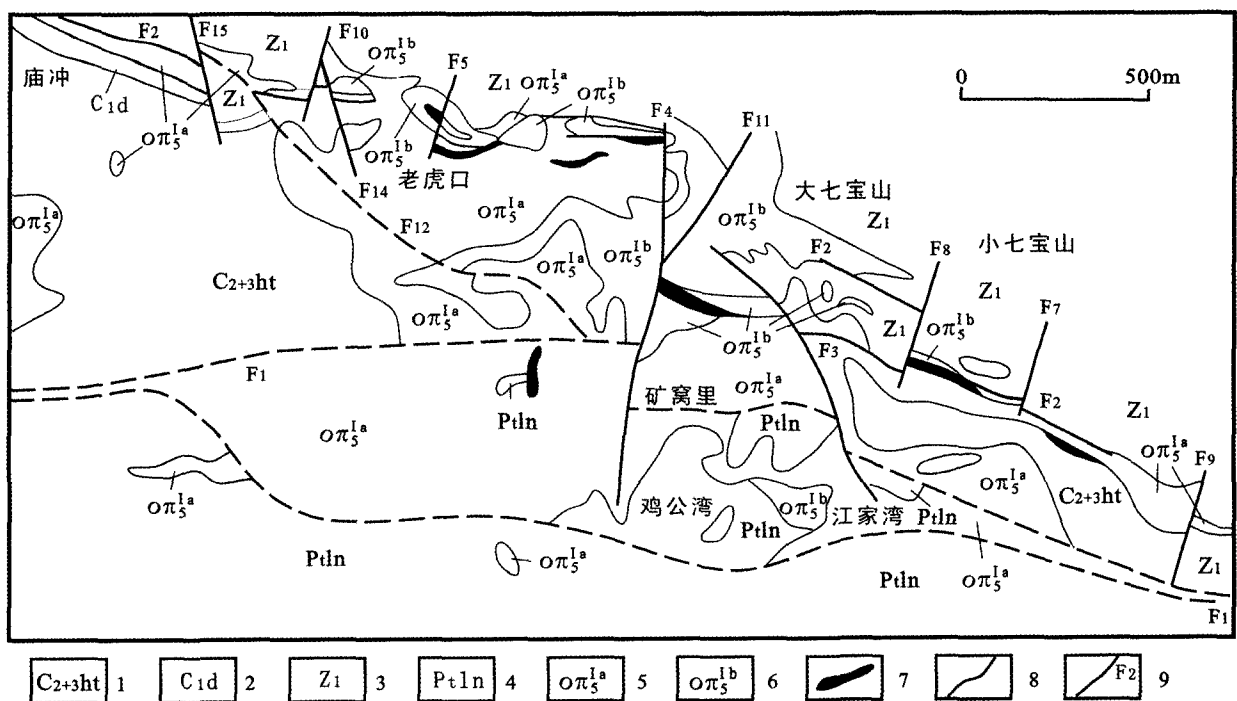


图1 七宝山矿区地质略图(据陆玉梅等^[1]修改)

Fig. 1 Simplified geological map of mining area in Qibaoshan deposit

1—中上石炭统壶天群;2—下石炭统大塘阶;3—下震旦统;4—前震旦纪冷家溪群;5—燕山早期第一次侵入石英斑岩;6—燕山早期第二次侵入石英斑岩;7—矿体;8—地质界线;9—断层及编号。

2 岩石地球化学特征

本次研究的重点是矿区内石英斑岩体,共采集岩体样品 9 件,进行了室内岩相学分析、主、微量分析。另外采集黄铁矿矿石、砂卡岩、板岩等样品 13 件,进行了微量元素分析。主、微量元素测试在武汉地质矿产研究所测试中心进行。主量元素用 X-射线荧光光谱法(XRF)测试,微量元素使用 ICP-MS 测试。XRF 分析精度为 2%,ICP-MS 的精度高于 5%。

2.1 岩体形态、产状及年龄

石英斑岩体地表出露形态十分复杂,总体为一蘑菇状产出的岩株,主岩体东西长 6 km,南北宽 20 ~ 1 000 m,出露面积约 2 km²。岩体中见大量的灰岩捕虏体和残留体。岩体剖面上为一筒状体。岩体与围岩呈突变侵入接触关系,接触面陡,但形状复杂。岩体顶部具明显爆破特征,爆破角砾岩及由爆破产生的裂隙网脉很多。

石英斑岩中磷灰石 U-Pb 年龄为 227 Ma^[12],胡祥昭等^[10]所做的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 195 Ma。可见该岩体为燕山早期产物。

2.2 岩相学特征

石英斑岩主要矿物成分为正长石、石英、斜长石,有少量黑云母,同时也含有少量磷钼矿、锆石、

磷灰石等副矿物。

石英呈斑晶及基质产出。石英斑晶粒径一般为 3 mm 左右,斑晶普遍受到溶蚀,大多被溶蚀呈浑圆状及港湾状,基质石英无色透明,大多为它形粒状,粒径一般小于 0.2 mm。正长石呈少量斑晶及基质产出。斑晶正长石多为半自形,粒径为 2 ~ 4 mm,卡斯巴双晶发育,基质正长石粒径大多小于 0.02 mm,均蚀变强烈,大多已蚀变为高岭石等粘土矿物。斜长石斑晶一般为半自形板状,粒径一般为 3 mm,常见聚片双晶;基质斜长石粒径均在 0.01 mm 以下,且已大多蚀变为绢云母。

2.3 岩石化学特征

七宝山石英斑岩体的主量元素分析结果见表 1。本文所采样品均相对较新鲜,而因为矿区内石英斑岩均有少量黄铁矿化及蚀变,故有个别样品存在黄铁矿化(QB-10)或者蚀变(QB26),但并不影响本次研究的整体可靠性。根据测试数据和前人研究资料^[10-11],七宝山矿区石英斑岩在化学成分上具有以下特征:

(1) SiO₂ 含量较低。本区石英斑岩 SiO₂ 含量变化范围为 53.86% ~ 69.6%,低于华南花岗岩及世界花岗岩中 SiO₂ 的平均值,与铜矿化母岩中的 SiO₂ 含量接近,这一点从微量元素表(表 2)的前三项中

表1 七宝山石英斑岩主量元素质量分数(%)

Table 1 Major element contents from quartz-porphyry in Qibaoshan deposit

样品编号	QB-5	QB-10	QB-15	QB-16	QB-18	QB26	QB27	QB28	QB29
岩石名称	石英 斑岩	黄铁矿化 石英斑岩	石英 斑岩	石英 斑岩	石英 斑岩	蚀变石 英斑岩	石英 斑岩	花岗 斑岩	石英 斑岩
SiO ₂	66.24	53.86	67.92	59.94	61.08	67.14	63.66	69.46	69.6
Al ₂ O ₃	15.56	21.06	13.81	14.45	15.41	14.49	13.76	17.03	15.94
Fe ₂ O ₃	4.25	5.27	2.23	9.81	4.31	2.86	8.29	1.49	2.92
FeO	1.32	1.43	1.23	1.33	1.09	1.71	1.4	1.34	1.15
CaO	0.436	0.526	3.58	0.503	1.72	0.718	0.6	0.846	0.294
MgO	1.05	1.52	1.71	0.649	1.92	3.64	0.604	1.04	0.668
K ₂ O	4.59	6.31	1.58	4.41	6.82	5.28	3.98	2.61	3.42
Na ₂ O	0.435	0.478	2.46	0.501	0.502	0.495	0.479	0.468	0.463
TiO ₂	0.438	0.738	0.407	0.325	0.42	0.356	0.327	0.492	0.352
P ₂ O ₅	0.197	0.289	0.18	0.133	0.224	0.182	0.17	0.25	0.048
MnO	0.014	0.019	0.029	0.012	0.03	0.032	0.011	0.024	0.011
灼失	4.44	6.8	4.37	7.37	5.69	3.47	6.16	5.35	4.88

也可以看出, 岩石中 Cu、Pb、Zn 的含量均比较高。说明本区矿化与石英斑岩密切相关。

(2) 碱含量低。本区石英斑岩碱含量 $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 总体偏低, 低于华南及世界花岗岩的含量。在 TAS 分类图^[13]上, 样品大多落在 O_2 、 O_3 范围内, 少量在 S_2 、 S_3 , 即为粗面安山岩—安山岩—英安岩岩石组合, 且大多数均在碱性与亚碱性分界线的下方(图 2), 为亚碱性系列岩石。

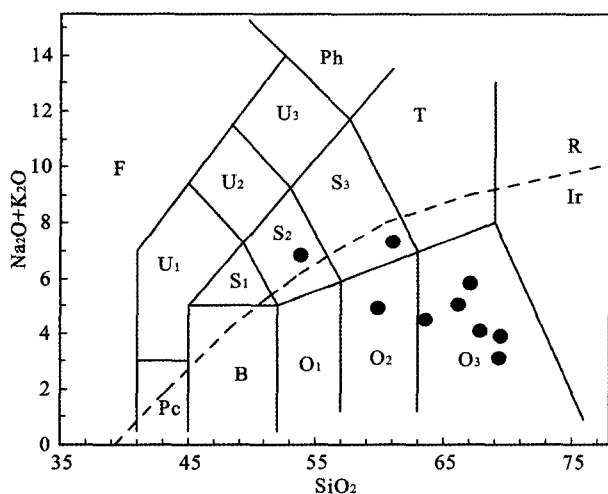


图2 $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 图(TAS分类图)^[13]

Fig. 2 Petrological classification and silica-alkali diagram of the quartz-porphyry in Qibaoshan deposit

F—副长石岩; U_1 —碱玄岩; U_2 —响岩质碱玄岩; U_3 —碱玄质响岩; Ph—响岩; S_1 —粗面玄武岩; S_2 —玄武质粗面安山岩; S_3 —粗面安山岩; T—粗面英安岩; R—流纹岩; Pc—苦橄玄武岩; B—玄武岩; O_1 —玄武安山岩; O_2 —安山岩; O_3 —英安岩

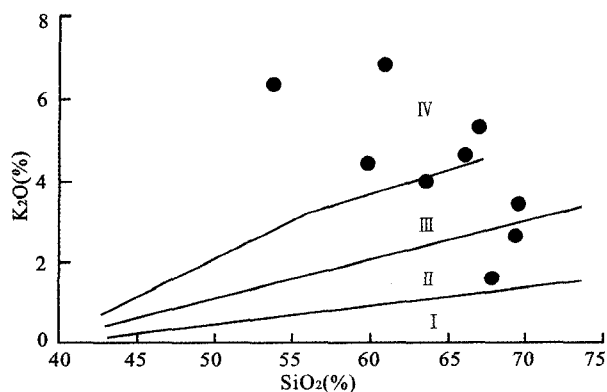


图3 七宝山矿区石英斑岩 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 关系图^[14]

Fig. 3 SiO_2 vs. K_2O diagram of the quartz-porphyry in Qibaoshan mining area

I—岛弧拉斑玄武岩系; II—钙碱性岩系; III—高钾钙碱性岩系; IV—橄榄安粗岩系。

(3) 富钾贫钠。其中除个别样品(QB-15)外, 本区石英斑岩的 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 为 5.6 ~ 13.6, 说明岩石 K_2O 含量远大于 Na_2O 含量。在 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 关系图上^[14], 样品在钙碱性岩系区、高钾钙碱性岩系区、橄榄安粗岩系区均有分布, 但其中有 6 个样品均在橄榄安粗岩系区(图 3), 属于一种高钾质系列岩石。

(4) 富铝。 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 13.76% ~ 21.06%, 远大于 $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, 且 A/CNK 值 1.13 ~ 3.32, 明显地显示了铝过饱和现象。

(5) 贫钙贫镁。 $w(\text{CaO}_2)$ 为 0.294% ~ 1.72%; $w(\text{MgO}_2)$ 为 0.604% ~ 3.64%, 均普遍低于世界花岗岩平均值。

可见, 根据氧化物含量, 岩石总体上属高钾铝饱和和亚碱性到弱碱性岩石, 绝大部分属亚碱性岩石。

2.4 微量元素特征

七宝山矿区石英斑岩的微量元素分析结果见表 2。石英斑岩具有富轻稀土(LREE)和大离子亲石元素(LILE)(Ba, K 等), 以及贫重稀土元素(HREE)的特点(图 4), 同时富集 Cu, Pb, Zn 等成矿元素, 是华南花岗岩平均值的数十倍(表 2)。Ba、K 等大离子亲石元素明显富集, 其含量相当于原始地幔的数十至数百倍, 明显高于大陆地壳的平均值^[15], 说明岩石成分并非大陆地壳成分熔融而成; 但是 Sr 含量除少数两个超过 100 外, 其他均在 30 左右, 与地壳丰度(38)非常相近, 且 Ce/Nb 的比值较高(均 > 1), 又反映其成分与大陆地壳非常相似, 说明七宝山矿区的石英斑岩的岩石组分中包含地壳组分, 但又不全是地壳组分。

岩石稀土元素总体含量较低, ΣREE 为 $65.78 \times 10^{-6} \sim 222.11 \times 10^{-6}$, 低于华南花岗岩的稀土元素总量, 而与铜矿床母岩的较为接近^[16]。但 LREE 分馏显著, $(\text{La}/\text{Gd})_N = 4.70 \sim 10.23$; HREE 弱分馏, $(\text{Dy}/\text{Yb})_N = 2.10 \sim 2.82$, 这种明显的右倾型稀土配分模式与常规幔源岩石(如洋脊玄武岩)常具有的重稀土富集的分布模式存在不同之处^[17], 说明其源区并非单一的原始地幔或亏损地幔; 在 REE 分布模式图上(图 5)表现为 LREE 较富集、Eu 弱异常的右倾分布型式, $\text{LREE}/\text{HREE} = 10.15 \sim 16.66$, $(\text{La}/\text{Yb})_N = 21.09 \sim 57.87$, 类似于洋岛玄武岩(OIB)^[18], 但比 OIB 更具右倾趋势, 说明其具有部分幔源特征。样品的 Eu 负异常不明显, δEu 为 0.51 ~ 0.83, 可能与其经历了较为强烈的分异作用有关^[19]。

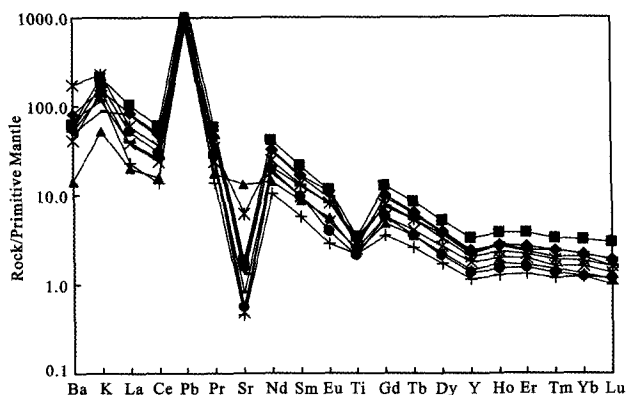


图4 七宝山矿区石英斑岩微量元素原始地幔标准化图

Fig. 4 Primitive mantle-normalized spidergrams of trace elements of the quartz-porphyry in Qibaoshan deposit

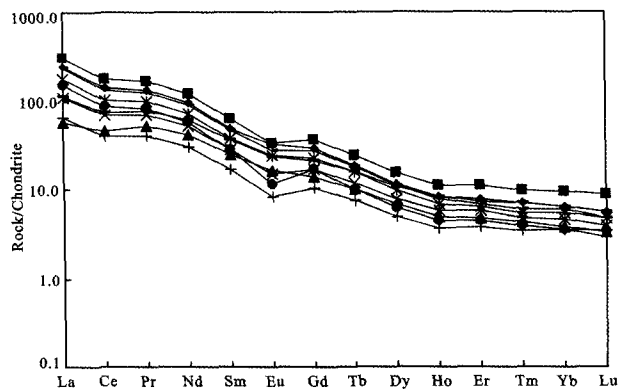


图5 七宝山矿区石英斑岩稀土元素球粒陨石标准化图

Fig. 5 Chondrite-normalized REE distribution patterns of the quartz-porphyry in Qibaoshan deposit

表2 七宝山石英斑岩微量元素含量($\times 10^{-6}$)

Table 2 Trace element contents from the quartz-porphyry in Qibaoshan deposit

样品编号	QB-5	QB-10	QB-15	QB-16	QB-18	QB26	QB27	QB28	QB29
岩石名称	石英斑岩	黄铁矿化石英斑岩	石英斑岩	石英斑岩	石英斑岩	蚀变石英斑岩	石英斑岩	花岗斑岩	石英斑岩
Cu	1340	7820	1240	208	99	33.4	416	5.45	297
Pb	81.9	128	56	58.7	120	82.8	104	52.8	65.4
Zn	100	526	195	34.3	127	190	104	109	42.5
Cr	16.1	15.4	11.3	11.8	11.8	12.2	11.8	5.25	13
Ni	4.95	7.29	4.1	2.89	4.22	3.31	3.79	3.21	4.25
Co	6.94	8.39	5.99	6.6	13.7	2.77	9.95	6.43	20.2
W	17.9	40.8	8.2	93.4	29	52.2	53	3.1	35.5
As	48.7	66.6	35.1	37.7	25.9	15.9	56.9	37.6	32.4
Sb	11.7	13	2.01	5.76	0.67	0.46	4	3.8	12.4
Bi	11.4	14	0.79	5.72	2.51	0.53	26.2	0.088	0.68
Hg	0.23	0.19	0.11	0.35	0.14	0.14	0.26	0.15	0.42
Sr	33.1	39.6	280	10.2	131	11.7	9.59	27.6	17.1
Ba	569	432	100	286	1200	396	366	342	474
V	47.6	66.2	38.1	34.8	45	40.5	36.1	53.2	40.4
Au	16.9	9.83	8.78	17.5	8.98	1.15	44.8	12.7	8.99
Ag	1.41	8.54	1.74	0.59	1.04	0.38	4.89	0.1	0.37
Ti	3440	4490	3100	3290	3940	2800	2850	3840	4470
Mn	63.2	115	195	69.1	208	219	87.5	189	43.2
La	57.2	71.4	13.5	25.9	41.5	35.3	15.5	55.8	26.9
Ce	86.1	107	27.5	41.9	63	53	24.2	79.3	44.4
Pr	12.6	15.7	4.84	6.57	9.36	7.66	3.77	11.9	7.33
Nd	44.2	54.9	19.1	24.1	33.1	26.3	14	41.9	28.2
Sm	7.44	9.5	3.82	4.27	5.78	4.33	2.57	7.14	5.59
Eu	1.86	1.93	0.93	0.85	1.37	0.67	0.48	1.55	1.36
Gd	5.94	7.49	2.87	3.47	4.66	3.45	2.11	5.52	4.37
Tb	0.69	0.9	0.38	0.44	0.58	0.38	0.28	0.67	0.58
Dy	2.92	3.85	1.7	1.99	2.44	1.59	1.26	2.82	2.71
Ho	0.46	0.63	0.28	0.33	0.39	0.25	0.21	0.44	0.46
Er	1.28	1.85	0.8	0.96	1.05	0.74	0.64	1.14	1.19
Tm	0.18	0.25	0.11	0.12	0.14	0.1	0.087	0.15	0.18
Yb	1.1	1.57	0.64	0.79	0.91	0.61	0.6	1	1.1
Lu	0.14	0.22	0.084	0.1	0.12	0.089	0.075	0.12	0.14
Y	11.2	15	6.7	8.25	9.32	6.17	5.16	10.7	10

3 七宝山矿区石英斑岩与成矿的关系讨论

3.1 岩石成因分析

前文对七宝山矿区石英斑岩体的微量元素地球化学特征分析得到其岩石成分包含大陆地壳组分,但部分元素又说明它具有部分幔源特征,这里我们就对其岩石成因进行具体分析。一般而言,幔源岩浆(M型)的 Al_2O_3/TiO_2 比值一般在30左右,而沉积岩部分熔融所形成火成岩(S型)此比值较大,有些甚至可达100以上^[20],七宝山矿区石英斑岩的 Al_2O_3/TiO_2 比值在28.54~45.28之间,在30附近,说明岩浆源具有幔源特征,但相对纯幔源岩石较大,又说明岩石可能有壳源物质存在。

然而,我们将七宝山矿区石英斑岩进行Pb-Pb/Ce关系投图(图6),样品点均在海洋沉积物范围或其附近,远离洋脊玄武岩(MORB)源区、洋岛玄武岩(OIB)源区,说明岩石源区为沉积岩源区,为沉积岩部分熔融所成。另外对岩石进行花岗岩类型判别(图7),除QB-15落在I型花岗岩区域外,

其他全部落在S型花岗岩范围内。而S型花岗岩是一种以壳源沉积物质为源岩,经过部分熔融、结晶而产生的花岗岩。由此看来,七宝山矿区石英斑岩的岩浆源区主要为沉积岩部分熔融,而其具有幔源性质的稀土配分模式和其他部分元素特征,说明在岩浆熔融的过程中有幔源物质的加入,属壳幔同熔型花岗岩。

3.2 成矿元素特征

七宝山矿区石英斑岩体虽然 ΣREE 乃至微量元素总体较低,绝大部分微量元素含量也均低于其相应的维氏平均值,但是一些成矿元素W、Bi、Ag、Cu、Pb、Zn、Au等高出维氏值数倍至数十倍(表3)。表3中列举了本次研究所采9个石英斑岩岩石样品的平均值,同时也列举了本次实验一起所采的围岩地层——莲沱组板岩进行对比分析(由于该板岩采自矿体不远处,受到了少量矿化影响,所以其金属元素含量应该较未受矿化影响高一些,但是仍然具有对比意义)。从表中可以看出,除Zn、Ni、Mn外,岩体平均值比板岩中的成矿元素均要高出许多,跟维氏值比更是高了很多倍,说明七宝山多金

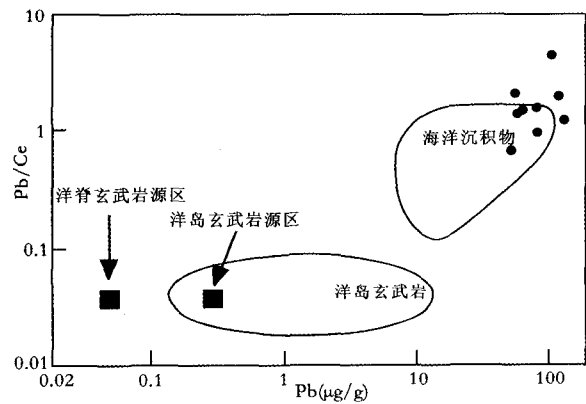


图6 七宝山矿区石英斑岩Pb/Ce-Pb关系图^[21]

Fig. 6 Pb/Ce vs. Pb diagram of the quartz-porphyry in Qibaoshan deposit
图中圆点即为样品点.

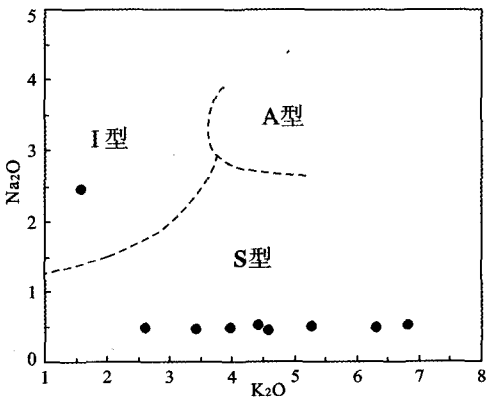


图7 七宝山矿区石英斑岩Na₂O-K₂O图解^[22]

Fig. 7 Na₂O vs. K₂O diagram of the quartz-porphyry in Qibaoshan mining area
图中圆点即为样品点.

表3 七宝山矿区石英斑岩及板岩主要成矿元素含量(×10⁻⁶)

Table 3 Major minerogenetic elements of the quartz-porphyry and the slate in Qibaoshan mining area(ppm)

岩石名称	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	W	As	Bi	V	Au	Ag	Mn
板岩	846	50.1	400	19.2	5.96	4.08	2.32	16.4	2.56	23.2	2.02	1.26	486
岩体平均值	1273.2	83.3	158.6	12.1	4.2	9.0	37.0	39.6	6.9	44.7	14.4	2.1	132.1
维氏值	1340	20	60	25	8	5	1.5	1.5	0.01	40		0.05	1200

属矿体的成矿元素很有可能是来自于矿区内的石英斑岩体。

由此,石英斑岩体中含量很高的成矿元素为七宝山多金属矿体提供了物质基础,同时也说明本区的成矿作用与岩浆作用在地球化学上是紧密联系的,胡祥昭^[23]通过对成矿流体的研究也证明了成矿流体就是来源于岩浆热液。

3.3 与成矿的关系

七宝山石英斑岩体在空间上均与七宝山矿体

相伴出现。绝大多数矿体分布在离岩体侵入中心 1 km 的范围内(图 8)。主矿体中浅部的顶板及部分底板均为石英斑岩(或花岗斑岩),矽卡岩型矿体就赋存于岩体与围岩的接触带中,部分小矿体直接赋存在岩体中。岩体与围岩底层的接触构造包括捕掳体接触、舌状体接触、平缓超覆接触、穿插接触等,这些接触构造使得岩体与围岩接触面积最大化,为矿体的形成提供了更有利的条件。并且当矿体远离岩体时就变薄或尖灭,在岩体 2 km 之外,基本无矿体。

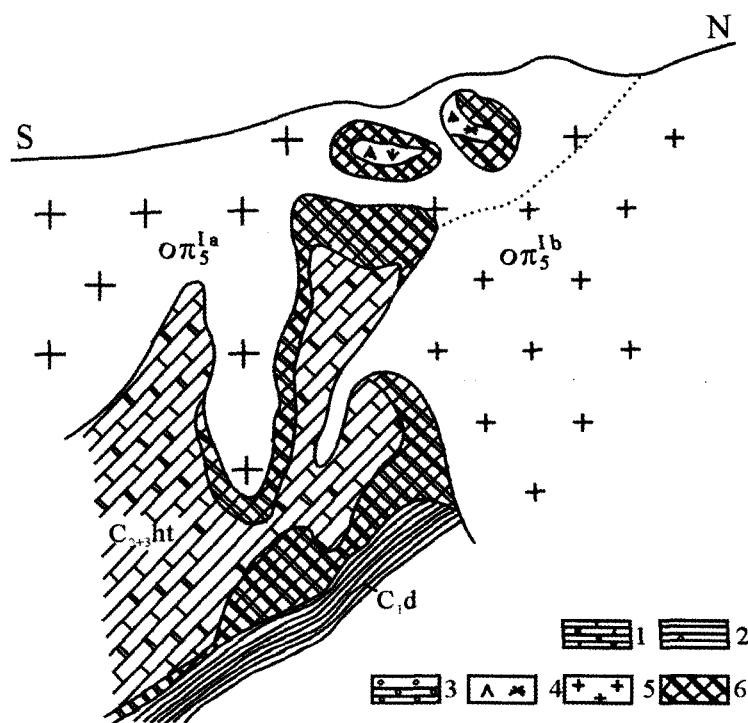


图8 七宝山矿区石英斑岩与围岩接触关系示意图

Fig. 8 Sketch map showing the contact plane of the quartz-porphyry and adjoining rock in Qibaoshan mining area

1-壶天群白云质灰岩; 2-大塘阶页岩; 3-大塘阶砾岩; 4-矽卡岩; 5-石英斑岩; 6-矿体

上一节中分析得到石英斑岩体比围岩板岩中的成矿元素要富集得多,浓集系数也很大;且胡祥昭^[24]按照 Holmes-Houtermans 模式^[25]求得矿床铅模式年龄为 195 Ma 左右,与石英斑岩体年龄非常吻合;结合前人对矿体和岩体中的 δO^{18} 研究结果,矿液中的 δO^{18} 与岩浆热水中的 δO^{18} 基本一致,均约为 11.2‰^[26],这些都说明了岩浆侵位确实为矿体的形成提供了成矿元素物质来源,同时成矿作用与岩浆作用在地球化学上也是紧密联系的。

石英斑岩体的成因是由地壳物质和地幔源物质共同作用的壳幔同熔花岗岩,其地球动力学过程应为地幔物质受到挤压熔融,并形成岩浆,然后在构

造的作用下岩浆开始侵位上升,而在上升过程中不断吞噬地壳物质,最后在近地表位置冷却形成岩体。所以岩体地球化学特征表现出壳源和幔源的双重特性。同时我们对成矿元素的分析认为地壳中不具有如此之高的金属成矿元素,而该成矿元素就应该来自于地幔。岩浆作为载体携带成矿元素从地幔到近地表,整个上升过程不停进行了各种地球化学作用,并且在构造裂隙等各种导矿构造作用下充填交代成矿。因此,该矿床为同源伴生型矿床,其成因类型属岩浆期后热液充填交代型矿床。根据以上过程,结合矿床生成的时间、空间、构造^[27]和成矿流体^[23, 26]的研究,建立了七宝山多金属矿床的成矿模式(图 9)。

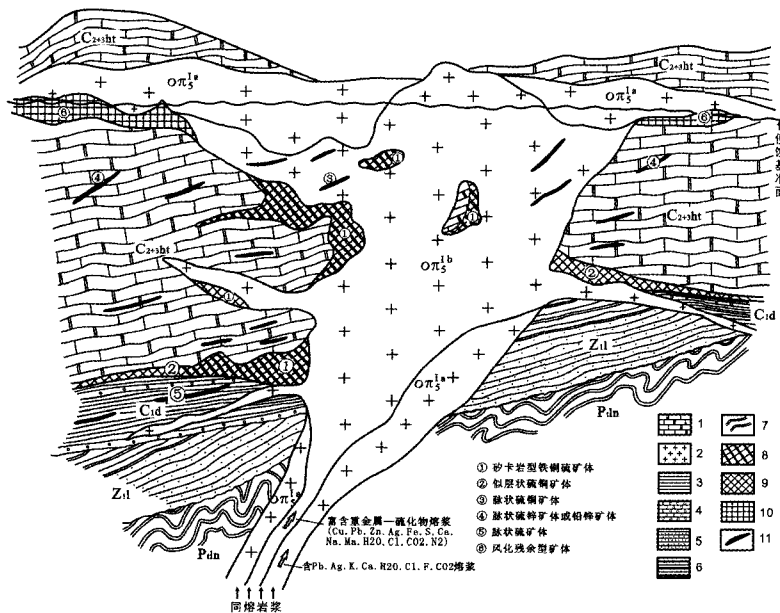


图9 七宝山铜多金属矿床成矿模式图(据陆玉梅等^[11]修改)

Fig. 9 Cartoon showing the mineralization modal in Qibaoshan Cu-polymetal deposit

1-壶天群白云质灰岩(C_{2+sh1});2-石英斑岩($\sigma\pi_5^{1a}$ 和 $\sigma\pi_5^{1b}$ 代表不同期次);3-大塘阶页岩(C_{1d});4-大塘阶砾岩(C_{1d});5-莲沱组浅变质砂岩(Z_{1l});6-莲沱组板岩夹片岩(Z_{1l});7. 冷家溪群板岩(Ptln);8-砂卡岩型铁铜硫矿体;9-似层状铜矿体;10-风化残余型矿体;11. 脉状矿体

4 结论

(1)七宝山铜铅锌多金属矿床内与矿产成因密切相关的石英斑岩体为一个多次侵入的复式岩体;前人所做年龄为 227–195 Ma,属燕山早期产物。

(2)石英斑岩是一套高钾 ($K_2O \gg Na_2O$)、富铝、贫硅的粗面安山岩—安山岩—英安岩组合,总体上属高钾铝饱和亚碱性到弱碱性岩石,绝大部分属亚碱性岩石。

(3)地球化学上显示了富轻稀土(LREE)、大离子亲石元素(LILE)(Ba, K 等)、成矿元素(Cu、Pb、Zn 等),以及贫重稀土元素(HREE)特征。针对具体元素分析认为七宝山矿区石英斑岩的岩浆源区主要为沉积岩部分熔融,而熔融的过程中有幔源物质的加入,属壳幔同熔型花岗岩。

(4)经过对石英斑岩中成矿元素、斑岩体与矿体的接触关系、形成年龄、成因联系等逐项分析认为七宝山矿床的形成与矿区内大量燕山早期的石英斑岩关系密切;其模式极大可能是壳幔同熔成因的石英斑岩作为载体携带成矿元素从地幔到近地表,整个上升过程不停进行了各种地球化学作用,并且在构造裂隙等各种导矿构造作用下充填交代成矿。

参考文献:

- [1] 杨明桂,梅勇文. 钦—杭古板块结合带与成矿带的主要特征[J]. 华南地质与矿产, 1997, (3): 52–59.
- [2] 杨明桂, 罗霄—武夷隆起及郴州—上饶拗陷成矿规律及预测[M]. 北京: 地质出版社. 1998.
- [3] 杨明桂, 王发宁, 曾勇. 赣东北地区的成矿环境与成矿作用[J]. 资源调查与环境, 2002, 23(2): 122–129.
- [4] 杨明桂, 王发宁, 曾勇. 江西西北部金属成矿地质[M]. 北京: 中国大地出版社. 2004.
- [5] 杨明桂, 黄水保, 楼法生, 等. 中国东南陆区岩石圈结构与大规模成矿作用[J]. 中国地质, 2009, 36(3): 528–543.
- [6] 毛景文, 谢桂青, 郭春丽, 等. 南岭地区大规模钨锡多金属成矿作用: 成矿时限及地球动力学背景 [J]. 岩石学报, 2007, 23(10): 2329–2338.
- [7] 毛景文, 谢桂青, 郭春丽, 等. 华南地区中生代主要金属矿床时空分布规律和成矿环境[J]. 高校地质学报, 2008, 14(4): 510–526.
- [8] 毛景文, 张建东, 郭春丽. 斑岩铜矿—浅成低温热液银铅锌远接触带热液金矿床模型: 一个新的矿床模型[J]. 地球科学与环境学报, 2010, 32(1): 1–14.
- [9] 毛景文, 陈懋弘, 袁顺达, 等. 华南地区钦杭成矿带地质特征和矿床时空分布规律[J]. 地质学报, 2011, 85(5): 636–658.

- [10] 胡祥昭, 肖宪国, 杨中宝. 七宝山花岗斑岩的地质地球化学特征[J]. 中南工业大学学报, 2002, 33(6): 551 – 554.
- [11] 陆玉梅, 殷浩然, 沈瑞锦. 七宝山多金属矿床成因模式[J]. 矿床地质, 1984, 3(4): 53 – 60.
- [12] 沈瑞锦, 陆玉梅. 湖南七宝山多金属矿床成因模式[C]// 铌钨家达. 湖南地质新进展[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1996: 29 – 36.
- [13] LeBas M J, Le Maitre R W, Streckeisen A, et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram [J]. Journal of Petrology, 1986, 27: 745 – 750.
- [14] Peccerillo A, Taylor S R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey [J]. Contribution to Mineralogy and Petrology, 1976, 58: 68 – 81.
- [15] Hofmann A W. Chemical differentiation of the Earth: The relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust[J]. Earth and Planet Science Letters, 1988, 90: 297 – 314.
- [16] 王中刚. 稀土元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [17] Frey F A. Rare earth element abundance in upper mantle rocks [C] // Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam: Elsevier, 1984: 153 – 204.
- [18] 胡俊良, 赵太平, 徐勇航, 等. 华北克拉通大红峪组高钾火山岩的地球化学特征及其岩石成因 [J]. 矿物岩石, 2007, 27(4): 70 – 77.
- [19] 刘洪, 邱检生, 罗清华, 等. 安徽庐枞中生代富钾火山岩成因的地球化学制约 [J]. 地球化学, 2002, 31 (2): 129 – 140.
- [20] 丁建华, 肖成东, 秦正永. 洞子沟地区大红峪组富钾火山岩岩石学、地球化学特征[J]. 地质调查与研究, 2005, 28 (2): 100 – 105.
- [21] Othman D B, White W M and Patchett J. Geochemistry of marine sediments, island arc magma genesis and crust-mantle recycling [J]. Earth and Planet Science Letters, 1989, 94: 1 – 21.
- [22] Collins W J, Beams D, White A J R et al. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia [J]. Contribution to Mineralogy and Petrology, 1982, 80(2): 189 – 200.
- [23] 胡祥昭, 杨中宝. 浏阳七宝山铜多金属矿床成矿流体演化与成矿的关系[J]. 地质与勘探, 2003, 39(5): 22 – 25.
- [24] 胡祥昭, 彭恩生, 孙振家. 湘东北七宝山铜多金属矿床地质特征及成因探讨 [J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24(4): 365 – 370.
- [25] 地矿部宜昌地质研究所同位素室. 铅同位素研究的基本问题[M]. 北京: 地质出版社, 1979: 127 – 131.
- [26] 杨中宝, 彭省临, 胡祥昭, 等. 浏阳七宝山铜多金属矿床流体包裹体特征及成矿意义 [J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(2): 11 – 15.
- [27] 曹兴男. 湖南七宝山多金属矿床控矿构造及成矿预测[J]. 地质与勘探, 1987, (5): 17 – 21.

Geochemistry of Quartz-Porphyry and Its Relationship with Mineralization in Qibaoshan Deposit, Hunan Province

HU Jun-Liang, XU De-Ming, ZHANG Kun

(Wuhan Institute of Geology and Mineral Recourses, Wuhan 430205, China)

Abstract: Qibaoshan Cu-polymetallic deposit of Liuyang, Hunan province, is occurred in the southwest section of Qinzhou-Hangzhou metallogenic belt. And it is the largest Cu-polymetallic deposit in northeastern Hunan province. The quartz-porphyry is in a very large contribution to the mineralization of the Qibaoshan Cu-polymetallic deposit. The quartz-porphyry of the ore district is consist of trachyandesite, andesite and dacite with the geochemical feature of high K ($K_2O \gg Na_2O$) and Al, low Si, and is characterized by significant enrichments in LREE, LILE (Ba and K), and minerogenetic elements (Cu, Pb, Zn etc.), as well as depletion in HREE. The slight right-dip model of REE and slight Eu negative anomaly considers that the source of magma is partly from the mantle. However, clear Sr negative anomaly is so similar to the crustal source magma. Higher Al_2O_3/TiO_2 , K_2O/Na_2O ratio than ordinary granite is indicated that quartz porphyry is mainly coming from the crust. The quartz-porphyry may be the crust-mantle syntectic granite. The ore bodies are so close with the quartz-porphyry which is rich in ore-forming elements in space and timing is indicated that the magma may provide the metals. The process is that the magma carries ore-forming elements from the mantle to the near surface, then mineralization after filling or metasomatism in a variety of structure.

Key words: quartz-porphyry; geochemistry; ore-forming elements; petrogenesis; Qibaoshan copper polymetallic deposit.