

安徽铜陵大团山石英闪长岩 岩石化学特征及成因探讨

王云健¹, 刘经华², 徐兆文¹, 方长泉¹,
蒋少涌¹, 杨小男¹, 张 军¹, 李海勇¹

(1. 南京大学 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京大学 地球科学系, 南京 210093;

2. 安徽铜都铜业股份有限公司 冬瓜山铜矿, 安徽 铜陵 244031)

摘 要: 大团山石英闪长岩体位于安徽铜陵狮子山矿田内, 属于燕山期侵入岩。岩石的主量元素分析结果表明: $w(\text{SiO}_2) = 57.5\% \sim 64.1\%$, $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 6.94\% \sim 7.71\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.57 \sim 0.97$, 属于高钾碱钙性岩系; 微量元素分析结果显示具有高 Ba, Sr, 低 Y, 亏损 Nb, Ta 和 Ti 的特点; 稀土元素球粒陨石标准化曲线显示轻稀土富集而重稀土亏损, Eu 负异常不明显。研究成果表明, 大团山石英闪长岩的形成环境类似于火山弧型花岗岩, 可能与富 Ba, Sr 的基性岩浆的底侵作用有关, 成岩物质主要来自于富集地幔, 在上升过程中受到了地壳物质混染。

关键词: 岩石化学; 成因探讨; 石英闪长岩; 大团山铜矿床; 安徽铜陵

中图分类号: P581; P584 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)04-0264-06

0 引言

狮子山矿田位于安徽铜陵市东郊, 是我国重要的铜、金矿产基地之一。矿田内分布着不同规模的层状铜、金、硫等矿床, 大团山层状铜矿床就是其中之一。为了进一步研究大团山铜矿成因, 本文试图通过岩石化学方法, 探讨大团山石英闪长岩成因及与铜矿化的关系。

1 狮子山矿田地质概况

狮子山矿田处于扬子板块北缘, 长江深大断裂南部。矿田地表主要出露下、中三叠统; 钻孔证实深部发育上泥盆统一上二叠统。褶皱构造主要为 NE 向青山背斜, 断裂构造主要为近 SN 向、近 EW 向、NE 向、NW 向断裂及层间断裂。火成岩主要为燕山期中酸性岩浆岩及晚期脉岩^[1-4]。矿田内分布有

东西狮子山、大团山、老鸦岭、花树坡、冬瓜山层状铜(金)矿床和包村、朝山、胡村金(铜)矿床, 鸡冠石银(金)矿床等。容矿层位以中石炭统黄龙组—船山组(包括上泥盆统五通组界面)最为重要, 其次为二叠系上统大隆组、三叠系下统小凉亭组下部、三叠系下统塔山组中上部等^[5-8]。

2 大团山石英闪长岩地质学及岩相学特征

2.1 地质特征

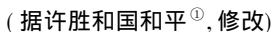
大团山石英闪长岩位于东西狮子山矿床的东南方向, 大团山矿床的南部、西部和东部(图 1), 呈半封闭状包围矿床^[9]。地表岩体出露的位置自 15 线向北, 至 23~25 线分为东西两支, 平面上呈“V”字形。东支为岩体的主体, 沿 30° 方向延伸, 经西狮子山东南坡至东狮子山南坡, 呈近陡立的岩墙状产出, 出露长约 900 m, 最宽处达 200 m; 西支沿 315° 方向延伸, 在西风井附近与青山脚闪长岩体相接。大团

收稿日期: 2006-07-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 49873016)和高等学校博士点研究基金项目(编号: 20020284035)资助。

作者简介: 王云健(1982), 男, 湖南怀化人, 硕士研究生, 研究方向为矿床学。

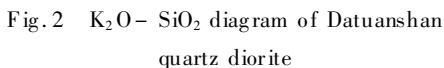
含量 45% ~ 55%, 环带构造明显, 且多为韵律环带; 角闪石主要为褐绿色, 半自形- 自形柱状、长柱状, 含量 10% ~ 15%; 黑云母呈片状 (0.4 mm × 0.2 mm), 含量 3% ~ 5%; 石英多呈细粒状, 粒径一般小于 0.1 mm, 含量 5% ~ 8%; 辉石呈半自形- 自形柱状, 含量 2% ~ 5%; 钾长石主为正长石, 多呈细小的他形粒状。围岩蚀变主要有钾化、硅化、碳酸盐化, 局部可见微弱的绿帘石化、绢云母化。



1. 黄马青组 2. 龙头山组 3. 分水岭组 4. 南陵湖组 5. 塔山组 6. 闪长岩 7. 石英闪长岩 8. 花岗岩斑 9. 花岗闪长岩 10. 辉石闪长岩 11. 大理岩 12. 夕卡岩 13. 铁帽 14. 铜矿化 15. 断层 16. 地层界线 17. 研究区范围

镜下观察, 大团山石英闪长岩主要矿物为斜长石、角闪石、石英及少量黑云母、辉石和钾长石, 副矿物主要为榍石、磷灰石、磁铁矿、锆石、钛铁矿等。岩石主要为全晶质半自形粒状结构、斑状结构, 块状构造。斑晶主要为斜长石、角闪石及少量辉石, 基质呈显晶质, 主要成分为斜长石、角闪石、石英、黑云母、辉石和钾长石等。斜长石主要为中长石($A_n = 40 \sim 55$), 半自形柱状、板柱状, 粒径多为 $1.0 \sim 1.9 \text{ mm}$,

大团山石英闪长岩主量元素中, $w(\text{SiO}_2) = 57.5\% \sim 64.1\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) = 2.65\% \sim 3.69\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.57 \sim 0.97$, $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) = 6.94\% \sim 7.71\%$, 平均 7.34% , $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, 但 K_2O 的质量分数最高可达 3.69% (表 1)。 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 图解投影点主要落在高钾钙-碱性系列范围(图 2), 说明大团山石英闪长岩属于高钾钙-碱性岩系列。



主量元素 Harker 图解显示, 随着 SiO_2 的增加, TiO_2 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 MnO 和 P_2O_5 的质量分数逐渐减小, CaO 质量分数逐步增大; TiO_2 和 P_2O_5 质量分数的持续下降反映了富含 Ti 和 P 的矿物(如磷灰石、钛铁矿和榍石等)的分异。 Al_2O_3 、 Na_2O 和 K_2O 的质量分数则未出现明显的变化, 这反映在钙-碱性系列火成岩中分离矿物相的数量很大, 单个矿物相的进入或移出可能不足以影响熔体总的化学成分, 所以在协变图解中没有表现出特征的变化规律^[10]。

3.2 微量元素

大团山石英闪长岩 Ba, Sr, Rb, Th 等大离子亲石元素(LILE)的质量分数偏高, 而 Nb, Ta 和 Y 等高场强元素(HFSE)的质量分数偏低(表 1)。在球粒陨石标准化蜘蛛图上(图 3), Rb, K, Zr, Tb 等元素出现峰值, Nb, Ta, Ti 等元素出现谷值。在 $(\text{La}/\text{Yb})_N - \xi(\text{Eu})$ 图解(图 4)中, 投影点全部落在壳幔型范围, 指示大团山石英闪长岩成岩物质主要来源于上地幔, 但有一定地壳物质的混染^[11]。在 $\text{Ce}/\text{Yb} - \text{Eu}/\text{Yb}$ 关系图(图 5)上, 投影点呈线性分布, 说明岩浆演化过程中有外来物质的加入, 成岩过程可能以混合作用为主。其中外来物质的加入可能是在地幔部分熔融过程中, 或者是在岩浆上侵过程中^[12]。成矿元素则以富 Au, Ag, Cu, Pb, Zn 和 Mn 为特征^[13], 其中 $w(\text{Cu}) = 87 \times 10^{-6} \sim 219 \times 10^{-6}$, 高于维氏值(35×10^{-6})。Sr 和 Ba 的质量分数高, Nb, Ta 呈负异常, 指示大团山石英闪长岩具有岛弧火山岩和大陆壳岩石的特征^[14]。从微量元素特征来看, 岩浆可能是由地幔部分熔融下地壳并发生分离结晶作用形成的^[15]。

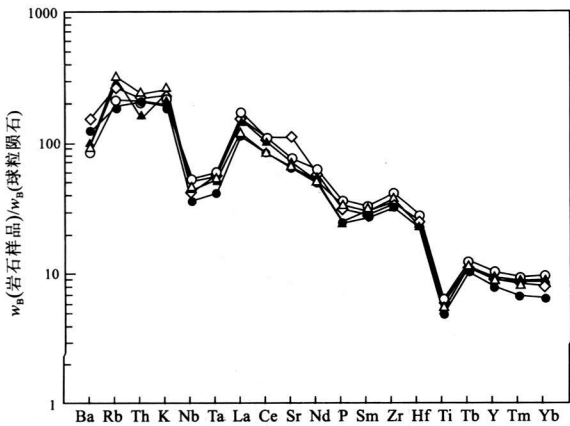


图 3 大团山石英闪长岩球粒陨石标准化蜘蛛图解

Fig. 3 Chondrite normalized spidergrams of the Datuanshan quartz diorite

表 1 大团山石英闪长岩的主要元素和微量元素化学组成
Table 1 Major element and trace element composition of Datuanshan intrusions

样号	D1	D2	D3	D4	D6	D21
SiO_2	63.27	62.46	64.10	58.38	59.78	57.50
TiO_2	0.61	0.67	0.60	0.79	0.81	0.77
Al_2O_3	16.51	17.15	16.57	17.27	17.05	16.43
Fe_2O_3	0.56	1.07	1.52	3.22	3.46	2.97
FeO	1.54	1.54	1.39	3.08	3.18	3.16
MnO	0.05	0.07	0.04	0.10	0.10	0.08
MgO	1.59	2.07	1.76	1.91	2.28	1.57
CaO	6.31	6.42	6.22	5.96	5.58	5.81
Na_2O	3.82	4.35	4.26	4.54	4.61	3.91
K_2O	3.69	3.36	2.68	2.79	2.65	3.37
P_2O_5	0.25	0.28	0.26	0.35	0.37	0.34
LOI	1.26	1.41	0.73	1.08	0.79	2.01
T total	99.46	100.85	100.13	99.47	100.66	97.92
V	87.07	90.72	80.22	110.8	113.8	109.2
Co	10.78	10.66	12.74	15.53	12.03	25.69
Rb	109.1	100.8	66.46	66.60	71.68	94.45
Sr	720.3	753.1	723.3	866.2	853.6	1308.0
Y	17.58	16.00	18.23	20.23	20.07	19.81
Zr	227.1	221.7	217.4	267.6	275.8	257.6
Nb	14.94	12.84	15.11	18.28	17.46	17.93
Ba	683.1	649.1	588.9	855.0	840.6	1040.5
Hf	5.04	4.79	4.61	5.34	5.33	5.08
Ta	1.10	0.82	1.05	1.17	1.09	1.08
Th	9.51	6.77	8.67	9.25	9.03	9.11
U	1.94	1.48	2.23	1.99	2.29	2.17
La	39.50	37.46	41.22	51.12	53.52	51.09
Ce	71.99	70.36	75.18	90.20	93.49	93.68
Pr	8.47	8.12	8.58	10.41	10.64	10.57
Nd	30.80	31.64	31.24	38.48	37.84	38.63
Sm	5.23	5.59	5.28	6.11	6.49	6.37
Eu	1.49	1.50	1.49	1.80	1.91	1.77
Gd	4.66	4.70	4.68	5.48	5.48	5.39
Tb	0.61	0.53	0.56	0.62	0.61	0.63
Dy	3.33	3.17	3.38	3.79	3.69	3.64
Ho	0.66	0.61	0.69	0.74	0.74	0.74
Er	1.97	1.71	1.99	2.12	2.11	2.10
Tm	0.29	0.23	0.28	0.30	0.31	0.30
Yb	1.78	1.45	1.77	1.94	2.05	1.87
Lu	0.29	0.23	0.28	0.34	0.29	0.30
ΣREE	171.05	167.32	176.62	213.48	219.16	217.09
LREE/HREE	11.59	12.25	11.96	12.92	13.34	13.50
$(\text{La}/\text{Yb})_N$	15.03	17.52	15.70	17.78	17.66	18.43
$\xi(\text{Eu})$	0.92	0.89	0.92	0.95	0.98	0.92

测试单位: 南京大学现代分析中心 XRF 实验室, 南京大学内生金属矿成矿机制研究国家重点实验室。

量的单位: 主元素为 $w_B/\%$, 微量元素和稀土元素为 $w_B/10^{-6}$ 。

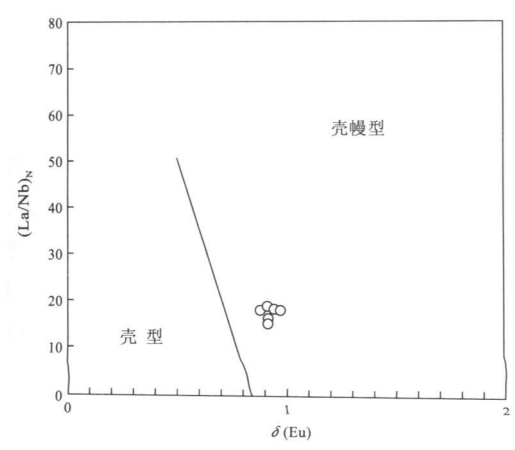


图 4 大团山石英闪长岩的 $(La/Yb)_N - \delta(Eu)$ 关系图
(据邵拥军等, 2003)

Fig. 4 $(La/Yb)_N - \delta(Eu)$ diagram of Datuanshan quartz diorite

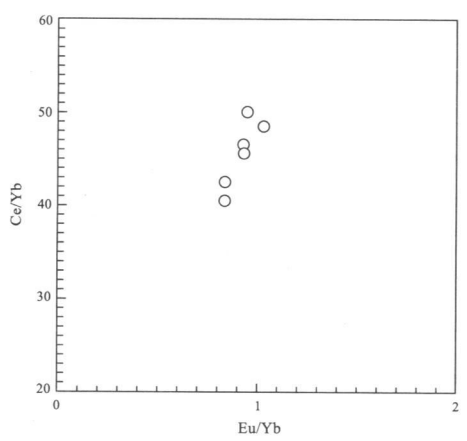


图 5 大团山石英闪长岩 $Ce/Yb - Eu/Yb$ 关系图
(据邵拥军等, 2003)

Fig. 5 $Ce/Yb - Eu/Yb$ diagram of Datuanshan quartz diorite

3.3 稀土元素特征

大团山石英闪长岩稀土总量 $\Sigma REE = 167.32 \times 10^{-6} \sim 219.16 \times 10^{-6}$ (表 1), 平均 194.12×10^{-6} ; 轻重稀土比值 $LREE/HREE = 11.59 \sim 13.50$, 平均 12.59; $(La/Yb)_N = 15.03 \sim 18.43$, 平均 17.02; $\delta(Eu) = 0.89 \sim 0.98$, 平均 0.93。稀土总量偏高可能与岩石中辉石相对富集有一定关系, 在中酸性岩浆体系中, 岩浆的结晶分异作用可能引起辉石富集, 从而导致岩体稀土总量升高^[16]; 轻重稀土及 $(La/Yb)_N$ 比值高说明轻稀土元素与重稀土元素分馏较明显。球粒陨石标准化的稀土元素配分模式 (图 6) 显示, 配分曲线呈现右倾平滑趋势, 表现出轻稀土明显富集而重稀土明显亏损, 也反映出轻重稀

土分馏明显; $\delta(Eu)$ 值具有轻微负铕异常, 说明大团山石英闪长岩分异演化不强。

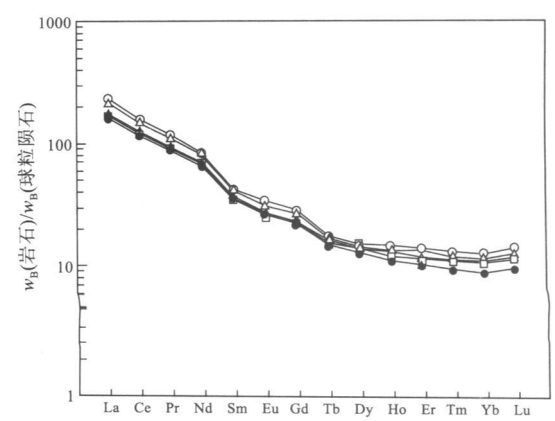


图 6 大团山石英闪长岩稀土元素配分模式

Fig. 6 REE patterns for the Datuanshan quartz diorite

4 讨论

4.1 大团山石英闪长岩形成的构造环境

在 $R1 - R2$ 判别图解上^[17] (图 7), 大团山石英闪长岩和铜陵地区与热液叠加改造型铜矿有关的岩浆岩的投影点主要落在后碰撞隆升范围, 说明大团山与狮子山、青山脚、铜官山形成于相同的构造环境^[10, 18]。一般来讲, 高钾钙碱性列岩常与碰撞后或造山后阶段强烈的壳-幔相互作用有关, 且其中部分的中酸性岩浆为幔源岩浆在底侵作用下, 地壳和幔源岩浆共同作用的结果^[19, 20]。

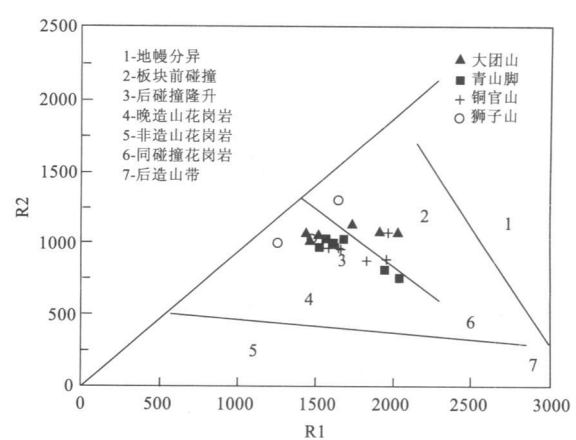


图 7 侵入岩形成构造环境的主量元素

$R1 - R2$ 因子判别图 (据 Bat delor 等, 1985)

Fig. 7 $R1$ vs $R2$ plot of major elements for tectonic discrimination

铜官山、狮子山数据据翟裕生, 青山脚数据据黄顺生

4.2 大团山石英闪长岩成因

前人曾对铜陵地区侵入岩的成因做过大量研究,取得许多研究成果^[10, 14, 16, 21]。王元龙等认为铜陵地区中生代中酸性高钾钙碱性岩可能是加厚的下地壳底部基性岩部分熔融的产物,也可能是由于幔源岩浆与下地壳物质混合程度不同引起源区成分不同形成的,不太可能是分离结晶作用或地壳混染的结果^[22];邢凤鸣等认为本区的高钾钙碱型系列侵入岩是亏损地幔岩浆同化下地壳,并通过 AFC 混合机制形成的产物^[23];杜杨松、吴才来等的研究表明,岩浆的形成过程中存在幔源岩浆和壳源岩浆的混合作用^[13, 16];近来有研究者认为铜陵地区侵入岩为埃达克质岩^[22]。

铜陵地区与热液改造型铜矿有关的岩浆岩形成于燕山中晚期,属于高钾碱钙性岩系,具有高 Ba, 高 Sr, 低 Y, 亏损 Nb, Ta 和 Ti 的特点;轻稀土富集而重稀土亏损, Eu 负异常不明显等特点,说明该区初始岩浆属于深成同熔型,即由下地壳或上地幔物质经部分熔融所形成^[16]。Nd-Sr 同位素分析表明, (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i 和 (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_i - (⁸⁷Nd/⁸⁶Nd)_i 值分别为 0.7062~0.7101 和 0.5116~0.5121, 接近 EM I 型富集, (⁸⁷Nd/⁸⁶Nd)_i 与 (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_i 呈负相关,表明来自 EM I 和下地壳的两种成分岩浆的混合作用,其中下地壳物质的加入量约为 70%^[10]。在早白垩世,中国东部的构造环境在太平洋板块大规模的构造转折事件的驱使下,由挤压环境逐渐向伸展环境转变^[24],在长江中下游地区形成了伸展-拉张构造环境,同时,幔源的富 Ba, Sr 基性岩浆侵位到下地壳底部,使围岩受到烘烤,并进一步发生熔融,形成了花岗质岩浆^[25];有时,幔源的基性岩浆自身也会作为端元组分与地壳共同熔融^[26],于是又产生出了巨量的岩浆。大团山石英闪长岩岩石化学特征以及形成构造环境与铜陵地区大多数岩体相似,故推测大团山石英闪长岩同样来自 EM I 和下地壳的两种成分岩浆的混合作用。

4.3 石英闪长岩与层状铜矿化的关系

虽然人们对铜陵地区层状铜矿床成因持有不同观点^[1, 18, 27-32],但对燕山期岩浆成矿作用争议并不多。吴才来等运用黑云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄法,测得狮子山矿田内岩浆岩年龄为 139.8~135.8 Ma^[33];梅燕雄等通过辉钼矿 Re-Os 年龄法,测得大团山层状夕卡岩矿体中辉钼矿形成时代为 139.1 Ma^[6];Xu et al 运用 Rb-Sr 年龄法,测得冬瓜山含矿石英中流体包裹体形成时代为 134 Ma^[34];这些都充分证实

燕山期岩浆在铜陵地区层状铜矿成矿作用中的地位。尽管大团山石英闪长岩研究不多(尤其是与铜矿化的关系),但它确实与燕山期岩浆作用存在一定的关系。本次通过岩石化学的研究,证实了大团山石英闪长岩具有与铜陵地区燕山中晚期中酸性岩浆岩相同的特征,推测它们形成于同一个构造环境,来自于同一个源区。大团山层状铜矿赋存于上二叠统大隆组一下三叠统塔山组之中,矿体主要呈似层状、透镜状;矿石类型主要为含铜夕卡岩型、含铜角岩型、含铜磁黄铁矿型、含铜硅质岩型、含铜钼硅质(页)岩型等;主要矿石矿物为磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿,次为方黄铜矿、闪锌矿、方铅矿;矿石结构主要为自形晶结构、半自形-他形粒状结构、固溶体分离结构、交代结构,矿石构造主要为条带状构造、浸染状构造、脉状-网脉状构造;这些特征都标志着大团山层状铜矿与热液作用密切相关。大团山石英闪长岩与大团山层状铜矿紧密共生,在接触带附近的岩体中存在弱铜矿化,所以说大团山层状铜矿的成矿热源应来自于燕山期石英闪长岩岩浆。杜杨松等研究证实大团山石英闪长岩成矿元素质量分数偏高,其中 $w(\text{Cu})$ 平均值高出维氏值(35×10^{-6}) 3 倍以上;并通过铜陵地区流体包裹体的研究,肯定了本区各种变质岩的(残余)包体是深部变质基底熔融后残余下来的碎块,而有关矿床的成矿物质部分来自赋矿地层,部分来自变质岩(残余)包体所表征的深部变质基底^[13]。肖新建等通过狮子山矿田成矿流体研究,证实早期的流体具有类似于岩浆的性质,在侵入体与碳酸盐岩的接触带上,形成了早期夕卡岩;随着岩浆岩的结晶分异,岩浆演化为后期的热液体系;成矿气液萃取了围岩中的成矿元素,叠加在原始沉积矿胚层上,使原始沉积矿胚层品位提高,规模扩大;后期构造和流体多次作用进一步加速了叠加成矿^[35]。以上研究都表明大团山层状铜矿床的形成与燕山期石英闪长岩密切相关。

参考文献:

- [1] 唐永成, 吴言昌, 储国正, 等. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 1-351.
- [2] 俞沧海. 安徽铜陵天马山硫金矿床物质来源探讨[J]. 黄金地质, 2000, 6(1): 44-481.
- [3] 徐兆文, 陆建军, 陆现彩, 等. 安徽省铜陵狮子山铜金矿床地质特征及成因[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(4): 233-234.

- [4] 张淑贞, 凌其聪. 夕卡岩型铜矿床特征——以安徽铜陵东狮子山铜矿床为例[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1993, 18(6): 801-809.
- [5] 凌其聪, 程惠兰. 岩浆夕卡岩的地质特征及其形成机理讨论——以铜陵地区为例[J]. 长春科技大学学报, 1998, 28(4): 366-372.
- [6] 梅燕雄, 毛景文, 李进文, 等. 安徽铜陵大团山铜矿床层状夕卡岩矿体中辉钼矿 Re-Os 年龄测定及其地质意义[J]. 地球学报, 2005, 26(4): 327-331.
- [7] 胡欢, 王汝成, 陆建军, 等. 安徽铜陵狮子山矿田夕卡岩型金矿床的矿物组合、化学成分及成因意义[J]. 矿床地质, 2001, 20(1): 86-98.
- [8] 储国正, 王训诚, 周育才, 等. 安徽铜陵地区铜金矿化关系及其成因初探[J]. 贵金属地质, 2000, 9(2): 71-77.
- [9] 凌其聪, 周贵斌, 黄许陈, 等. “层控式”夕卡岩矿床特征及成矿机制——以铜陵大团山铜(金)矿床为例[J]. 贵金属地质, 1998, 7(2): 91-103.
- [10] 黄顺生, 徐兆文, 顾连兴, 等. 安徽铜陵狮子山矿田岩浆岩地球化学特征及成因机制探讨[J]. 高校地质学报, 2004, 10(2): 217-226.
- [11] 李立平, 邵洁涟. 贵池铜山铜矿微量元素地球化学特征研究[J]. 地质与勘探, 1994, 30(3): 9313.
- [12] 邵拥军, 彭省临, 吴淦国, 等. 铜陵凤凰山岩体成岩机制探讨[J]. 地质与勘探, 2003, 39(5): 35-43.
- [13] 杜杨松, 田世洪, 李学军. 安徽铜陵天马山矿床与大团山矿床流体成矿作用对比研究[J]. 地球科学, 2000, 25(4): 433-437.
- [14] Zou H B, Zindler A, Xu X S, *et al.* Major, trace element, and Nd, Sr and Pb isotope studies of Cenozoic basalts in SE China: mantle sources, regional variations, and tectonic significance[J]. Chemical Geology, 2000, 171: 33-47.
- [15] 高庚. 安徽铜陵朝山金矿床成矿地球化学及成因研究[D]. 南京: 南京大学地球科学系, 2006.
- [16] 吴才来, 陈松永, 史仁灯, 等. 铜陵中生代中酸性侵入岩特征及成因[J]. 地球学报, 2003, 24(1): 41-48.
- [17] Batchelor R A, Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoids series using multicationic parameters[J]. Chemical Geology, 1985, 48: 43-55.
- [18] 翟裕生, 姚书振, 林新多, 等. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律[M]. 北京: 地质出版社, 1992. 1-235.
- [19] Bonin B, Azzouni-Sekkal A, Bussy F, *et al.* Alkali calcic and alkaline post-orogenic (PO) granite magmatism: Petrologic constraints and geodynamic settings[J]. Lithos, 1998, 45: 45-70.
- [20] Liegeois Jean-Paul, Navez Jacques, Hertogen Jan, *et al.* Contrasting origin of post-collisional high-K calc-alkaline and shoshonite versus alkaline and peralkaline granites: the use of sliding normalization[J]. Lithos, 1998, 45: 1-28.
- [21] 陈江峰, 喻钢. 安徽沿江地区铜矿床的物质来源: Pb 同位素组成的制约[J]. 安徽地质, 2003, 13(3): 27-33.
- [22] 王元龙, 王焰, 张旗, 等. 铜陵地区中生代中酸性侵入岩的地球化学特征及其成矿—地球动力学意义[J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 325-338.
- [23] 邢凤鸣. 扬子岩岩浆带东段基性岩地球化学[J]. 地球化学, 1998, 27(3): 258-368.
- [24] 李武显, 周新民. 中国东南部晚中生代俯冲带探索[J]. 高校地质学报, 1999, 5(2): 164-169.
- [25] Collins W J. Lachlan Fold Belt granitoids: products of three-component mixing[J]. Trans. R. Soc. Edinb. Earth Sci., 1996, 87: 171-181.
- [26] Liegeois Jean-Paul, Navez Jacques, Hertogen Jan, *et al.* Contrasting origin of post-collisional high-K calc-alkaline and shoshonite versus alkaline and peralkaline granites: the use of sliding normalization[J]. Lithos, 1998, 45: 1-28.
- [27] 徐克勤, 朱金初. 我国东南部几个断裂拗陷带中沉积(或火山沉积)—热液叠加类铁铜矿床成因探讨[J]. 福建地质科技情报, 1978, (4): 1-68.
- [28] 顾连兴, 徐克勤. 论长江中、下游中石炭世海底块状硫化物矿床[J]. 地质学报, 1986, 60(2): 176-188.
- [29] 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 长江中下游铜铁成矿带[M]. 北京: 地质出版社, 1991. 1-379.
- [30] 吴言昌. 论岩浆夕卡岩——一种新类型夕卡岩[J]. 安徽地质, 1992, 1(2): 12-26.
- [31] 赵斌, 赵劲松, 刘海臣. 长江中下游地区若干 Cu(Au), Cu-Fe(Au) 和 Fe 矿床中钙质夕卡岩的稀土元素地球化学[J]. 地球化学, 1999, 28(2): 113-125.
- [32] 陆建军, 华仁民, 徐兆文, 等. 安徽铜陵冬瓜山铜、金矿床两阶段成矿模式[J]. 高校地质学报, 2003, 9(4): 678-690.
- [33] 吴才来, 周珣若, 黄许陈, 等. 铜陵地区中酸性侵入岩年代学研究[J]. 岩石矿物学杂志, 1996, 15(4): 299-306.
- [34] Xu Zhaowen, Lu Xiancai, Ling Hongfei *et al.* Metallogenetic Mechanism and Timing of Late Superimposing Fluid Mineralization in the Dongguashan Diplogenetic Stratified Copper Deposit, Anhui Province[J]. Acta Geologica Sinica, 1999, 79(3): 405-413.
- [35] 肖新建, 顾连兴, 倪培. 安徽铜陵狮子山铜—金矿床流体多次沸腾及其与成矿的关系[J]. 中国科学(D辑), 2002, 32(3): 199-206.

[4] Ohmoto H. Systematics of sulphur and carbon isotopes in hy-

drothermal ore deposits[J]. *Econ. Geol.*, 1972, 67: 551-579.

THE GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE XIAOSHIMEN SILVER-GOLD DEPOSIT, HEBEI PROVINCE

GONG Ling-lan, XI Xiao-shuang, HU Xiang-zhao

(*School of Geoscience and Environmental Engineering of Central
South University, Changsha 410083, China*)

Abstract: The Xiaoshimen silver-gold deposit is a deposit newly discovered which located in southwest of the Xiaosigou porphyry copper-molybdenum deposit. The ore body is in vein or lens. The silver-gold mineralizations are mainly controlled by NNE faults, and connected with the Xiaosigou magmatic body and ivernite. Mineral assemblage is mainly medium-low-temperature mineral. The ore-forming temperatures are in the range of 240-365 °C. Fluid inclusion studies indicate that the ore-forming fluid is rich in sulfur, and has higher K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Na^+ content. The ore-forming fluid is mainly composed of magmatic water. Sulfur isotopic results indicate that sulfur of the deposit come from the magmatic system. REE investigations also show that the ore-forming materials originate from ivernite and the Xiaosigou magmatic body, and lead-zinc ore maybe partly come from the stratum. According to these data, the Xiaoshimen silver-gold deposit can be deduced to be a medium-low-temperature hydrothermal deposit.

Key Words: Xiaoshimen silver-gold deposit; geological characteristics; sulfur isotope; REE, deposit genesis; Hebei province

(上接第 269 页)

PETROCHEMICAL CHARACTERISTICS AND DISCUSSION ON THE GENESIS OF THE DATUANSHAN QUARTZ DIORITE IN TONGLING AREA, ANHUI PROVINCE

WANG Yuan-jian¹, LIU Jing-hua², XU Zhao-wen¹, FANG Chang-quan¹,
JIANG Shao-yong¹, YANG Xiao-nan¹, ZHANG Jun¹, LI Hai-yong¹

(*1. The State Key Laboratory of Mineral Deposit Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Dongguashan Copper Mine of Tongdu Co., Ltd., Tongling 244031, Anhui, China*)

Abstract: Datuanshan quartz diorite, which is located in Shizishan orefield, Tongling area, Anhui Province, belongs to high K calc-alkali series intruded in late Yanshanian period. The analyzing results of major elements show that the content of SiO_2 is from 57.5% to 64.1%, $Na_2O + K_2O$ from 6.94% to 7.71%, and K_2O/Na_2O from 0.57 to 0.97. The analyzing results of trace elements show that the content has the character of high Ba, Sr, low Y and a depletion Nb, Ta, Ti; The chondrite normalized patterns of rare earth elements reveals a depletion of light rare earth and enrichment of heavy one. δEu shows little negative anomaly. All these studies indicate that the origin environment of Datuanshan intrusion is similar to volcanic arc granite and related to the underplating of the mafic igneous rocks which are rich in Ba and Sr. The source materials is from enriched mantle and was contaminated by the crustal material during the ascending process.

Key Words: petrochemistry; discussion on the genesis; quartz diorite; Datuanshan copper deposit; Tongling, Anhui province