

文章编号:1007—3701(2004)02—0046—06

江西彭山岩体的地球化学特征及成矿关系探讨

卢树东^{1,2}, 杜杨松¹, 肖 镠², 朱元松²

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 江西地质矿产勘察开发局 916 大队地质勘察院, 江西 九江 332100)

摘要:彭山岩体是由白云母碱长花岗岩、二云母碱长花岗岩和黑云母二长花岗岩组成的钙碱性花岗复式岩体。其地球化学特征表明它是一种富硅、富碱、贫钙、过铝且轻稀土相对富集的陆壳重熔型花岗岩。通过与典型矿区铅、硫同位素及稀土元素的对比,发现其侵位与多金属矿床的形成有着密切的联系。区域上基底深断裂的活化及板块间的相互作用,为该区燕山晚期的岩浆活动创造了条件。岩浆活动在提供了大量热动力的同时,也为本区带来了丰富的成矿物质,岩浆在侵位过程中进行了较为彻底的结晶分异,最终成矿物质在彭山穹窿构造及各级次级构造中富集成矿。

关 键 词:彭山岩体;地球化学特征;成矿关系

中图分类号:P588.12⁺1

文献标识码:A

彭山岩体位于江西德安县境内,大地构造位置处于扬子板块与华南板块相接地带之中生代“江南碰撞剪切混杂岩带”^①的北部边缘,偏扬子板块一侧。而作为主体的花岗岩体隐伏于彭山穹窿构造北段近轴部的转折位置,平面形态呈 NE 向延伸(图 1),北西侧略呈舌状突出。彭山隐伏岩体侵入震旦—寒武系之中,一般与围岩呈相交接触,局部可与地层层面一致。岩体周边出露地层主要是前震旦系板岩夹石英角斑岩及细碧岩以及寒武系中下统至奥陶系灰岩地层。研究区内发育有丰富的断裂构造,东部可见近 NNE 向展布的 F9 断裂及较多次级横向断裂。而围绕岩体从内到外发育的 F3、F4 环弧状滑动断裂带,主要是岩体上侵造成的顶部隆起,由于岩层之间软硬程度不同而形成的岩层重力滑脱。岩体边缘产状平稳(倾角 20°~25°),以岩体为中心,四周分布有大小多个岩体。

近年来,在该区开展的一系列国土资源大调查

项目,相继在岩体周边发现了以锡、铅、锌为主的数十个大中型矿床^②。如曾家垄锡矿、黄金洼锡矿、尖峰坡锡矿、张十八铅锌矿等。在平面上形成了以岩体为中心,各类矿产围绕其分布的“晕圈式”的格局。

1 岩体特征

1.1 岩石类型

彭山岩体是一个由先后侵入的二云母碱长花岗岩、黑云母二长花岗岩、伟晶花岗岩以及白岗岩等岩石组成的花岗杂岩体。其中又以二云母碱长花岗岩为主体,黑云母二长花岗岩仅发育于岩体的西部及西南部,在曾家垄矿区中部个别地段见其隐伏于二云母碱长花岗岩之下,两者接触界线大体清楚。另外沿 NEE 方向的 F9 断裂带产有花岗斑岩脉,而在其中穿插了后期侵入的规模相对较小的辉绿岩脉和煌斑岩脉。

1.2 化学成分

从彭山岩体化学成分(表 1)可以看出:

收稿日期:2003—12—10

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(0499136096)。

作者简介:卢树东(1973—),男,硕士,工程师,从事矿床学、矿物学和岩石学研究。

① 江西省地质矿产局九一六大队,江西德安曾家垄锡矿,1986。

② 江西地质调查院,江西德安彭山地区锡铅锌评价,2001。

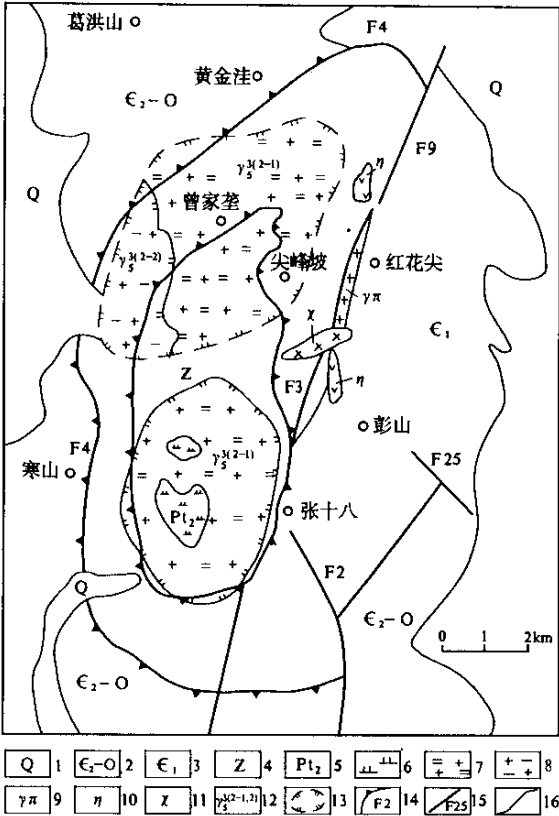


图 1 彭山岩体地质简图

Fig.1 Geological sketch map o Pengshan pluton
1. 第四系;2. 寒武系中统一奥陶系;3. 寒武系下统;4. 震旦系;5. 中元古界;6.3 细碧角斑岩系;7. 二云母碱长花岗岩;8. 黑云母二长花岗岩;9. 花岗斑岩;10. 辉绿岩;11. 煌斑岩;12. 燕山晚期第一阶段一、二次;13. 中深成岩;14. 层间滑动断裂;15. 次级断裂;16. 地层界线

- (1)岩体中 SiO_2 含量从 73.94%~76.22%, 其中二云母碱长花岗岩与中国或世界花岗岩平均化学成分相比,明显富硅。
- (2) Al_2O_3 含量从 12.43%~13.89%,略低于中国和世界花岗岩的平均含量,而与世界含锡花岗岩及中国二云母花岗岩相接近,在岩石化学类型上

属于铝过饱和系列。

(3)富碱、贫钙为该岩石的重要特征之一, Na_2O 从 3.13%~3.59%, K_2O 从 4.55%~5.00%,碱量总值达 8%以上, K_2O 略大于 Na_2O , 钾钠比介于 1.4~1.5 之间。 CaO 含量特低,平均 0.52%,大大低于中国及世界花岗岩或二云母花岗岩的平均值,也低于世界含锡花岗岩的平均含量, 与我国多数含锡花岗岩及南岭地区含钨花岗岩相似^[1,2]。里特曼指数 σ 均变化在 1.9~2.1,总体性质属钙碱性岩系。花岗岩体具有较高的分异指数 DI (91.17~92.82),反映出岩浆的分异程度较为彻底,符合含锡花岗岩的一般特征^[3]。

(4)铁镁含量偏低,其中以镁质更低, MgO 含量从 0.12%~0.20%,为世界及中国花岗岩镁值的五分之一,同时也低于我国多数含锡花岗岩。 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} < 1.5\%$ 。以亚铁为主, $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ 变化在 0.1~0.35 之间,铁镁总含量不高于 2%,与多数钨锡花岗岩相似。

(5)由岩体中心向边缘,酸度降低,暗色组分及挥发组分增高,表明岩浆的结晶分异及其后的自变质作用对成岩具有一定的影响。

1.3 地球化学特征

1.3.1 微量元素特征

从彭山岩体微量元素含量(表 2)可看出岩体具有以下特点:

- (1)亲铁元素钒、铬、镍含量较低,与维氏同类岩石^[4]的平均值相近或略高,总体自岩体内部向边缘有增高,但与含铜斑岩,如铜厂的花岗闪长岩相比则明显要低得多。
- (2)亲氧元素中的锡含量高出维氏同类岩石平均含量的 7~11 倍,钨约高出 1~3 倍,为一个富锡

表 1 彭山岩体岩石化学成分

Table 1 Chemical composition of Pengshan pluton

岩石名称	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
		w _B /%											
细粒白云母碱长花岗岩	1	74.21	0.06	13.89	0.55	0.99	0.10	0.53	0.12	3.59	4.55	0.41	0.80
中粒白云母碱长花岗岩	2	73.94	0.07	13.83	0.11	1.02	0.03	0.49	0.16	3.54	4.78	0.27	0.61
二云母碱长花岗岩	3	74.72	0.11	13.33	0.29	1.11	0.10	0.54	0.15	3.37	4.68	0.32	0.65
黑云母二长花岗岩	4	76.22	0.12	12.43	0.11	1.54	0.07	0.50	0.20	3.13	5.00	0.05	0.49

注:资料源于江西地矿局 916 队地质勘察院“江西德安彭山地区锡铅锌矿评价”,2001。

花岗岩。其中岩体中心比边缘较高。

(3)亲铜元素中铜、铋、钼、锑等元素含量较高,普遍较高,铷含量通常达 0.046%~0.075%,局部高出维氏同类岩石平均含量的数倍,铅锌等元素则略低。

(4)作为矿化剂的砷含量高,高出维氏值十至百余倍,空间上岩体边部(特别是顶峰)高度富集,以至形成具有相当规模的独立砷矿床。

(5)稀散元素含量大多较高,其中亲氧的铷、锂普遍较高,铷含量通常达 0.046%~0.075%,局部达 0.45%,分布较均匀。

从稀土元素含量(表 2)可以得知:

(1)岩石中的稀土丰度稍低, ΣREE 分别为 141.07×10^{-6} 及 41.34×10^{-6} 。LREE/HREE 值为 1.27 及 1.2,属轻稀土相对富集型。

表 2 彭山岩体微量元素及稀土元素分析结果														
Table 2 Analyses of trace elements and REE of Pengshan pluton														
样号	Be	As	Sb	Sn	W	Ga	Yb	Nb	In	Bi	Mo	V	Cu	Ti
$w_{\text{B}}/10^{-6}$														
1	7	19.2	7	21	50	21	2	67	1	67	10	63	110	1000
2	6	20	5	21	48	17	4	8	2	8	6	35	75	400
3	6	22	4	34	22	16	2	11	2	11	4	12	43	667
4	12	17	5	26	17	15	3	17	3	17	6	28	70	1670
样号	Zn	Zr	Co	Ni	Cr	Li	La	Ce	Pr	Nd	Sm			
$w_{\text{B}}/10^{-6}$														
1	36	36	5	10	68	77								
2	55	48	5	7	90	10								
3	39	51	8	10	76	8	16.94	37.35	4.46	15.35	4.62			
4	33	75	5	5	16	3	4.21	10.52	1.51	4.75	1.78			
样号	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE			
$w_{\text{B}}/10^{-6}$														
3	0.28	4.72	0.72	6.42	1.76	3.81	0.61	4.86	0.66	38.51	141.07			
4	0.12	1.89	0.33	2.34	0.52	0.96	0.14	0.87	0.23	11.17	41.34			

注:岩石名称及资料来源同表 1。

(2)岩石具有较强的铕负异常,稀土元素球粒陨石标准化模式呈强烈铕亏损的“V”型曲线,总体略向右呈平缓下降之势。与我国主要的锡矿区个旧、大厂的含锡花岗岩及华南 403 岩体^[2,5]、安徽黄山岩体具有相似稀土分布特征,而和铜厂、武山、阳储岭等花岗闪长岩(或斑岩)的稀土分布特征有着明显的差异。

(3)上述特点表明本区花岗岩属于陆壳重熔型花岗岩。

1.4 成岩温度、压力

根据长春地质学院对岩体所做的成岩试验,岩体中白云母碱长花岗岩在 2 kPa 的初熔温度大致可确定为 670℃或略高,720℃时仅部分熔融,而在 1 kPa 的初熔温度为 710℃。表明岩浆侵入就位时的温度至少在 720℃以上,岩浆结晶作用在 720℃即已开始进行。

据彭山岩体的标准矿物含量在 Tuttle 等人的 Ab—Q—Or—H₂O(图 2)相图上的投影,二云母碱长花岗岩位于 700~750℃的低熔区,压力范围在 0.5~1 kPa,黑云母二长花岗岩位于 750℃温度线附近,压力近 0.5 kPa,这与测温资料和地质推测深度以及熔化实验的结果相近,表明成岩深度在 3.5~4 km 范围,属中深成相。

2 岩体与成矿关系探讨

2.1 矿化类型

彭山矿田中矿化类型多样,主要有以下几种。

(1)锡石矿化,这是彭山矿田内最重要的矿化,根据锡的赋存状态及产出特征可分为锡石矿化、硅锡酸盐矿化及硫化锡矿化三种,其中以锡石矿化最

为广泛和重要,主要分布在隐伏花岗岩体、层状砂卡岩、大理岩、硅化带及砂砾岩等中。

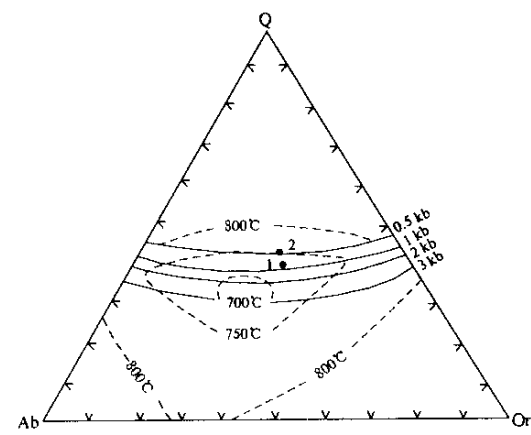


图 2 彭山花岗岩 Ab—Or—Q—H₂O

Fig. 2 Ab-Or-Q-H₂O chart of Pengshan granites
1. 二云母碱长花岗岩; 2. 黑云母二长花岗岩

(2) 砷矿化,以毒砂矿化的形式出现,主要发育在彭山隐伏岩体顶峰内接触带,与面型萤石相云英岩密切共生,在梁家山一带矿化强,形成厚大的毒砂化带,其中砷含量一般 3%~7%。

(3) 多金属硫化物矿化,为发育最广泛的矿化,具有矿种多、形式复杂、范围广及产出条件多样的

(4) 萤石及重晶石矿化,发育在岩体的外围,均沿层圈重力活动断裂充填交代,矿化强烈,规模巨大。

2. 2 成矿来源与成矿演化

彭山岩体的侵位与锡铅锌多金属矿的形成之间存在明显的成因联系,除了提供热源以外,还提供了大量的成矿物质。

2. 2. 1 成矿物质来源

(1) 地层地球化学特征

区域地层的成矿元素丰度,就 Sn, W, Cu, Pb 和 Zn 来看^[6],双桥山群变质岩系中,除 Pb 外,含量都相对较高,Au 也较高。震旦纪地层中的 Sn 及 Zn 也比较高,特别是碓门组的砂砾岩及陡山沱组下部的硅质岩中更高。古生代地层中以炭质岩及硅质、泥质岩中成矿元素较为富集。

(2) 铅同位素地球化学特征

曾家垄矿区锡石砂卡岩中的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 分别为 21. 046, 16. 808, 38. 306, 与彭山岩体中二云母碱长花岗岩的铅比值相近(表 3),表明曾家垄矿区的成矿作用与岩体关系相当密切。

表 3 彭山岩体铅同位素分析结果

Table 3 Pb isotopic data of Pengshan pluton

样号	产 状	Pb 同位素值/%				²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb
		²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb	²⁰⁸ Pb			
Yt12	曾家垄锡石砂卡岩	1. 295	27. 26	21. 84	49. 61	21. 046	16. 808	38. 306
Yt20	二云母碱长花岗岩	1. 309	21. 12	20. 85	50. 72	20. 717	15. 930	38. 746

注:资料来源同表 1。

(3) 硫同位素地球化学特征

通过对与各类蚀变矿化相关的矿物中硫同位素的分析^①, δ³⁴S 为 7. 6‰~11. 6‰,算术平均值 9. 17‰,曾家垄 8‰~11. 6‰,尖峰坡 8. 2‰~11. 6‰,红花尖 7. 9‰,张十八 7. 6‰~8. 5‰,葛洪矿区 9. 09‰~19. 91‰,黄金洼 8. 75‰~11. 95‰,表明它们具有极相似的形成条件及相同硫源。它们与彭山岩体内部云英岩中黄铁矿的

δ³⁴S(10. 2‰)相比也基本一致,表明矿石与岩体中矿源的一致性。

(4) 稀土元素特征

从曾家垄矿区锡石、磁铁矿两个矿物中的稀土全分析结果(表 4)来看,LREE/HREE 的比值分别为 1. 07 及 1. 24,这与二云母花岗岩的 1. 27 基本一致,再将镧系的 15 个元素按特性 La—Nd(L)、Sm—Ho(S)、Er—Lu(E)三组元素组合,按百分量投影在 L—S—E 的三角图解上(图 3),发现其与彭山岩体中二云母碱长花岗岩之间关系紧密。从而

万方数据

① 江西地质调查院,江西德安彭山地区锡钴锌评价,2001。

充分支持了成矿物质主要来自陆壳重熔花岗岩浆的设想。

2.2.2 成矿温度

从曾家垄矿区采取的 12 件(锡石、石英)样品,通过均一法测定锡石—云英岩脉、石英—电气石—锡石脉及锡石硫化物矽卡岩中的锡石均一温度变化在 563~570℃,与之相伴生的石英均一温度变化在 312~420℃,平均温度 392℃^①。考虑压力因素,上述温度将有所修正。

2.2.3 岩浆演化与成矿

区域上呈 NW 与 NE 向交叉的基底断裂对区内岩浆活动与成矿作用起到了重要的影响,断裂自晋宁期形成以来一直处于活动状态,且强度逐渐加大。这些基底断裂与盖层断裂在深部相通时,常成

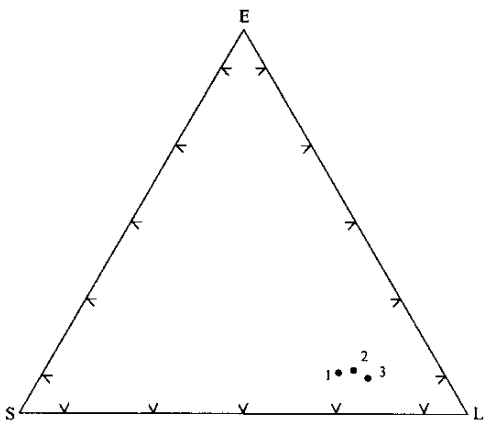


图 3 L—S—E 三角图解

Fig. 3 Triangle chart of L—S—E
1. 曾家垄锡石;2. 曾家垄磁铁矿;3. 二云母碱长花岗岩

表 4 曾家垄矿区单矿物与彭山岩体稀土配分对比

Table 4 Comparson of REE between single mineral of Zengjialong deposit and Pengshan pluton

样品	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	
$w_{\text{B}}/10^{-6}$										
锡石	2.38	0.90	0.05	0.45	0.18	0.058	0.35	0.10	0.50	
磁铁矿	0.68	1.40	0.30	0.76	0.20	0.13	0.21	0.076	0.16	
二云母碱长花岗岩	16.94	37.35	4.46	15.35	4.62	0.28	4.72	0.72	6.42	
样品	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	$\Sigma\text{La—Nd}$	$\Sigma\text{Sm—Ho}$	$\Sigma\text{Er—Lu}$	LREE/HREE
$w_{\text{B}}/10^{-6}$										
锡石	0.18	0.35	0.052	0.20	0.032	1.98	3.78	1.368	0.634	1.07
磁铁矿	0.06	0.15	0.026	0.25	0.10	1.80	2.018	0.90	0.526	1.24
二云母碱长花岗岩	1.76	3.81	0.61	4.86	0.66	38.51	74.1	18.52	9.94	1.27

注:资料来源同表 1。

为岩浆上升的通道和控制岩浆房的主要构造,而且也是重要的导岩导矿通道,控制了矿田的形成与展布。在印支期—燕山早期由于太平洋板块活动产生的由东向西的挤压力,在下扬子板块形成了一系列 NE、NEE、EW 向的褶皱及新的断裂^[7]。燕山晚期,主压应力方向发生转变,NE—SW 方向的作用对早期形成的 NE、NEE 向压性及张剪性断裂进行拉张,从而诱发了区内深部的岩石熔融,造成彭山地区较大规模的中酸性岩浆沿断裂上侵。侵位过程使上覆地层隆起,这些软硬互层的岩层在重力作用

下,沿层间接触面发生层间滑脱,形成了围绕岩体发育的各级环形层间滑脱断裂(如图 1 中 F3、F4)及次级横断裂(如图 1 中 F25),这些断裂的产生为本区岩浆热液提供了重要的迁移和储集空间。

燕山晚期的前期是本区成矿作用发生的主要阶段,随着岩浆向上迁移,岩浆热液不断发生结晶分异。由于岩浆本身强大的热动力,使周围地下水受热并加入到岩浆热液中,同时造成地层中成矿物质的活化及向流体中迁移,从而丰富了热液中的矿物质。岩浆中大量挥发份(如 F、B 和 H₂S 等)有助于形成各种稳定的络合物,对矿物质的迁移起到重要的作用。当热液沿裂隙渗透并与围岩发生交代作

① 江西省地质矿产局九一六大队,江西德安曾家垄锡矿,1986。

用后,以锡为主的各类金属络合物由于平衡条件被破坏而发生解体,并在一定的物化条件下,在层间滑动断裂带内,岩体与围岩接触带部位以及各级有利的次级构造部位结晶沉淀,局部富集形成矿体。

在燕山晚期的后期阶段,构造及岩浆活动减弱,含矿热液与围岩中孔隙热液的物化条件渐渐达到了新的平衡,热液活动趋向终止,因而,矿化不强烈,但保留原有的矿化特征。

3 结论

- (1)彭山岩体是由白云母碱长花岗岩、二云母碱长花岗岩及黑云母二长花岗岩组成的钙碱性复式岩体,是以燕山晚期岩浆活动为主体的产物。
- (2)彭山岩体较大的分异指数、流体包裹体变化较大的均一温度及相应变化的压力和后期穿插的各类岩脉,均表明该区岩浆演化的长期性和侵入活动的多阶段性,且岩浆经过了充分的分异。
- (3)铅、硫同位素资料表明,彭山以锡为主的多金属矿床的成矿物质和热液主要来源于彭山岩体,

两者具有同源特征,岩体在提供大量热动力的同时,也提供了丰富的成矿物质。

总之,彭山锡多金属矿床是燕山晚期的岩浆热液经历了充分结晶分异的产物,在岩浆热液中各类矿化剂的作用下,成矿物质不断迁移并富集于穹窿构造中各级有利部位,最终形成了以岩体为中心,呈“晕圈式”的矿产分布格局。

参考文献:

[1]中国科学院贵阳地球化学研究所. 华南花岗岩类的地球化学[M]. 北京: 科学出版社,1979.

[2]莫柱荪,等. 南岭花岗岩岩石学[M]. 北京:地质出版社,1980.

[3]汪雄武,王晓地. 花岗岩成矿的地球化学判别标志[J]. 华南地质与矿产,2001,(4):36—44.

[4]赵伦山,张本仁. 地球化学[M]. 北京:地质出版社,1988.

[5]南京大学地质系. 华南不同时代花岗岩及其与成矿的关系[M]. 北京:科学出版社,1981.

[6]江西省区测队. 江西省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1984.

[7]万天丰,朱鸿. 中国大陆及邻区中生代—新生代大地构造与环境变迁[J]. 现代地质,2002,16(2):107—117.

Geochemical characteristics and related mineralization of Pengshan granitic body in Jiangxi Province

LU Shu-dong^{1,2}, DU Yang-song¹, XIAO E², ZHU Yuan-song²

(1. Faculty of Earth Science and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. No. 916 Geological Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Jiujiang 332100, China)

Abstract: The Penshan granitic body is a calc-alkaline pluton composed of muscovite alkali granite, two-mica alkali feldspar granite and biotite adamellite. It is geochemically characterized by rich in Si, alkali, aluminum, comparatively rich in LREE and poor in calcium, belonging to crust-source remelting granitoids. Study of lead-sulfur isotopes and REE geochemistry shows that polymetallic mineralization in the study area is of close relationship with emplacement of the Pengshan granitic body; magmatism provided not only heat source but also ore-forming materials; the deposition of metals in the Pengshan dome and its secondary structures from the metallogenetic fluid formed after crystallization differentiation resulted in mineralization. The re-activation of regional basement faults and plate collision might provide tectonic condition for Late Yanshanian magmatism.

Key words: Pengshan pluton; geochemical characteristics; related mineralization