

# 城隍山地区铅锌（银）矿床的地质特征及其成因探讨

宁仁祖 强小虎

(江苏省地矿局地质矿产研究所, 南京)

**摘要:** 城隍山地区铅锌（银）矿床分布于石英斑岩体接触带, 矿体以矽卡岩型为主, 伴有石英脉型和细脉浸染型。矿石中 Cd、Bi、Se 和 Te 等微量元素的含量较高。主要矿化阶段的均一温度为 220~330℃, 盐度多数在 4.4wt%~24wt% NaCl 范围内。同位素研究表明: 石英斑岩中锆石年龄 (243×10<sup>6</sup> a) 与矿石年龄 (232.6×10<sup>6</sup> a 和 201×10<sup>6</sup> a) 接近, 矿石铅为幔壳混合铅, δ<sup>34</sup>S 在 -4.6‰~+3.57‰, δ<sup>18</sup>O<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 在 -7.63‰~+5.03‰ 范围内变化。初步认为该矿床的成因在很大程度上与石英斑岩有关, 岩浆期后热流体中有部分大气水和地层 (包括围岩) 物质的加入。

**关键词:** 铅锌（银）矿床 江苏城隍山

苏州市西约 18km 的城隍山地区有多个铅锌（银）矿床（点），分布于石英斑岩体周围，其中达中型规模有迂里和吴宅两个矿床。“七五”期间对该区矿化类型进行了较为详细的划分，并对矿床成因有了粗浅看法，为成矿预测提供一些思路。

## 1 矿区地质

矿区位于木渎短轴向斜北西翼（图 1），出露和揭露的地层及其岩性：泥盆系中下统茅山群（D<sub>1-2</sub>）三角洲相碎屑岩；石炭系下统高骊山组（C<sub>1</sub>）海陆交互相碎屑岩；石炭系中统黄龙组—二叠系下统栖霞组（C<sub>2</sub>—P<sub>1</sub>）和上统长兴组为海相碳酸盐岩；二叠系下统堰桥组（P<sub>2</sub>）滨海相碎屑岩、上统龙潭组（P<sub>3</sub>）海陆交互相含煤碎屑岩。潭山—浒墅关断裂（经过倪芝圩）和潭山—倪芝圩逆推断裂控制岩浆岩呈北东向展布。逆推断裂由于被后期东西向、北西向等次级断裂和岩浆活动的破坏及改造，已支离破碎，推覆体往往呈较为孤立的零星残体。泥盆系常呈飞来峰或为逆推断裂上盘地层，石炭—二叠系为原地体。原地体的地层厚度

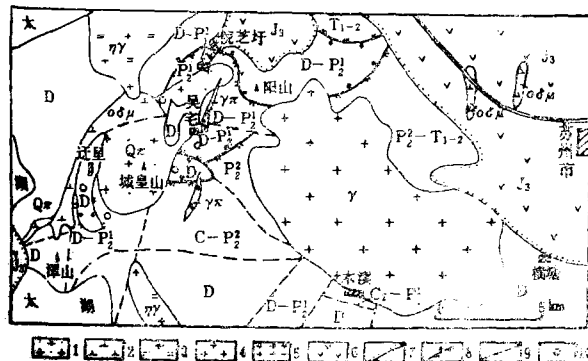


图 1 苏州西部地区地质略图

1—石英斑岩；2—石英闪长玢岩；3—二长花岗岩；4—花岗岩；5—花斑岩；6—火山岩；7—不整合面界线；8—逆推断裂；9—断裂；10—矿床（点）

Fig. 1. Diagrammatic geological map of west Suzhou.

1—Quartz porphyry; 2—Quartz diorite porphyry; 3—Adamellite; 4—Granite; 5—Granophyre; 6—Volcanic rocks; 7—Unconformity; 8—Overthrust fault; 9—Fault; 10—Ore deposit (ore spot).

明显变薄，局部呈“岩片”，地层重复出现（如吴宅矿区），层间构造发育；上盘碎屑岩往往产出陡倾断裂。

城隍山石英斑岩体在平面上呈“火腿”状北东向延伸，西侧上部与围岩接触较陡，而下部平缓向西延伸并被燕山早期石英闪长玢岩切割；东侧吴宅矿区，石英斑岩沿逆推断裂面侵入呈舌状岩体，故其侵位时代晚于二叠纪。石英斑岩普遍产生弱蚀变和强烈风化，现根据岩体中锆石 U-Th-Pb 年龄 ( $243 \times 10^6$  a<sup>①</sup>) 及其接触带矽卡岩矿石 Sm-Nd 等时线年龄 ( $232 \times 10^6$  a) 和 Rb-Sr 等时线年龄 ( $201 \times 10^6$  a<sup>②</sup>)，结合区域构造分析<sup>③</sup> [1]，石英斑岩体是在中生代（印支期）扬子板块与华南板块碰撞时期侵位的，属印支期岩体。

石英斑岩为少斑结构，几乎未见长石斑晶，约有 5% 具强烈熔蚀现象的石英斑晶位于微文象结构的碱性长石和石英交生的基质中。岩石化学分析结果（重量%）： $\text{SiO}_2=73.13$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3=13.75$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}=1.84$ ， $\text{MnO}=0.052$ ， $\text{MgO}=0.19$ ， $\text{CaO}=0.87$ ， $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{K}_2\text{O}$  分别为 3.64 和 4.49，属准铝质钙碱性至弱碱性过渡类型。石英斑岩  $\Sigma\text{REE}=121.97 \times 10^{-6}$ （9 个样平均值）， $\text{LREE}/\text{HREE}=6.05$ ， $\delta\text{Eu}=0.54$ 。

## 2 矿化与蚀变

迁里和吴宅矿床由三种类型的矿体（或矿化类型）构成。矿体产在石英斑岩接触带及附近（图 2、图 3），其中矽卡岩型占总矿石量 60% 以上，其余依次为石英脉型、细脉浸染型。三种类型之间有的部位存在过渡关系。

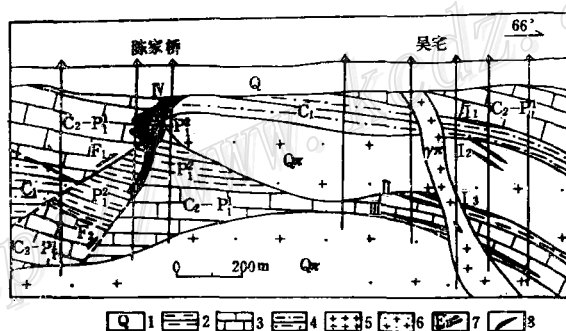


图 2 吴宅矿床地质剖面示意图

1—第四系；2—堰桥组 ( $P_1^2$ ) 粉砂岩夹泥质岩；3—黄龙-栖霞组 ( $C_2-P_1$ ) 灰岩、局部白云岩；4—高骊山组 ( $C_1$ ) 泥砂质岩；5—花岗岩；6—石英斑岩；7—断裂；8—矿体；I<sub>1</sub>—矽卡岩-细脉浸染型 PbZn(Ag) 矿体；I<sub>2</sub> 和 I<sub>3</sub>—细脉浸染型 PbZn(Ag) 矿体；II—矽卡岩-细脉浸染型 PbZn(CuAg) 矿体；III—矽卡岩型 ZnFe(CuPbAg) 矿体；IV—石英脉型 CuPbZn(Ag) 矿体

Fig. 2. Diagrammatic geological section of the Wuzhai ore deposit.

1—Quaternary; 2—Siltstone intercalated with argillaceous rocks of Yanqiao Formation ( $P_1^2$ ); 3—Limestone with localized dolomite of Huanglong-Qixia Formation ( $C_2-P_1$ ); 4—Argillaceous-arenaceous rocks of Gaolishan Formation ( $C_1$ ); 5—Granophyre; 6—Quartz porphyry; 7—Fault; 8—Ore body; I<sub>1</sub>—Skarn-veinlet disseminated type lead-zinc (silver) ore body; I<sub>2</sub> and I<sub>3</sub>—Veinlet disseminated type lead-zinc (silver) ore body; II—Skarn-veinlet disseminated lead-zinc (copper-silver) ore body; III—Skarn type zinc-iron (copper-lead-silver) ore body; IV—Quartz vein type copper-lead-zinc (silver) ore body.

① 测试单位：宜昌地质矿产研究所

② 测试单位：南京大学测试中心；资料来源：江苏地矿局实验室

③ 周开朗等，1986，江西德安曾家垅锡矿，第1~8页。江西地质矿产局 916 大队

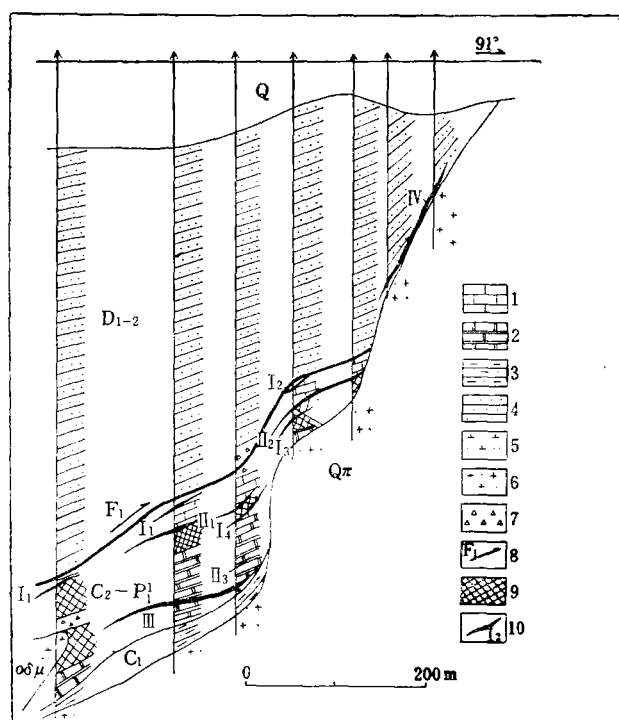


图 3 迂里矿床 9 线地质剖面图

I—灰岩,局部白云岩; 2—大理岩; 3—泥砂质岩; 4—石英砂岩夹泥质粉砂岩; 5—石英闪长玢岩; 6—石英斑岩; 7—构造角砾岩; 8—逆推断裂; 9—砂卡岩; 10—砂卡岩型矿体; I<sub>1</sub>—I<sub>4</sub>—PbZn (Ag) 矿体; II<sub>1</sub>—II<sub>3</sub>—CuPbZn (Ag) 矿体; III—Zn (Fe) 矿体; IV—细脉浸染型PbZn (Ag) 矿体

Fig.3. Geological section along No. 9 exploration line of the Xuli ore deposit.

1—Limestone with localized dolomite; 2—Marble; 3—Argillaceous-arenaceous rocks; 4—Quartz sandstone intercalated with pelitic siltstone; 5—Quartz diorite porphyrite; 6—Quartz porphyry; 7—Tectonic breccia; 8—Overthrust fault; 9—Skarn; 10—Skarn type ore body; I<sub>1</sub>—I<sub>4</sub>—Lead-zinc (silver) ore body; II<sub>1</sub>—II<sub>3</sub>—Copper-lead-zinc (Silver) ore body; III—Zinc (iron) ore body; IV—Veinlet disseminated lead-zinc (silver) ore body.

2.1 砂卡岩型 矿体主要产于黄龙—栖霞组层间构造带, 部分与石英斑岩体接触, 多呈似层状和扁豆体状, 长一般 100~300m, 最长达 400m 以上, 延深 100~200m, 厚 3~10m 左右。矿体产状平缓, 与地层产状基本一致, 但也有穿层的。矿体埋深一般在 -200~-600m 之间, 从上到下大致有三个产出部位, 栖霞组顶部、栖霞组与船山组接触处和黄龙组白云岩段之上的灰岩。具有代表性矿体的矿石中主要有有用金属以迂里矿床为例 (表 1): 上部 (5 号样) Pb、Zn、Ag, 中部 (6 号样) Cu、Pb、Zn、Ag, 下部 (7 号样) Zn、Fe (表中未列出)。相应的主要矿石矿物: 上部为方铅矿、闪锌矿、少量黄铁矿, 中部为黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿, 少量辉铜矿和斑铜矿, 下部为闪锌矿 (深色)、磁铁矿, 少量穆磁铁矿和磁黄铁矿。银主要赋存于方铅矿中, 偶见稀少微细颗粒的碲银矿、辉铋银铅矿、斜方辉铋铅矿、辉铋矿、硫铋铜矿和碲铅矿等 (经电子探针分析<sup>①</sup>) 与方铅矿、黄铜矿和黄铁矿连生或呈填隙状产出, 部分在铜和铅的硫化物中呈不混溶包体。

2.2 石英脉型 矿体产出主要有两个部位, 即石炭—二叠系中断裂交汇处和茅山群中陡倾裂隙。前者如吴宅矿床陈家桥矿段 (图 2, 1974 年正式开采), 矿体明显受逆推断裂和其它方向的陡倾断裂联合控制, 与围岩接触界线清晰。矿体产状陡立, 呈不规则囊状体, 向下变小呈脉状, 长达 300m, 延深大于 200m, 最厚约 30~40m, 矿体埋藏较浅。矿石以块状和浸染状为主。在浸染状铜铅锌矿石中银的含量为 77.9g/t (表 1 中 9 号样)。主要矿石矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿, 少量磁铁矿、磁黄铁矿、白铁矿及毒砂。

① 测试单位: 南京地质矿产研究所, 资料来源: 江苏地矿局实验室

表 1 矿石、矿物的化学分析结果 (%)

Table 1. Chemical analyses of ores and minerals (in percentage)

矿化类型	样品序号	矿石、矿物	Cu	Pb	Zn	Ag (g/t)	Cd	Bi	In	Se	Te	Co	Ni	Co/Ni
砂卡岩型	1	方铅闪锌矿石 (3)	0.39	3.09	12.26	156.2	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	方铅闪锌矿石	0.24	3.20	7.74	85.5	0.0290	0.0336	0.0003	0.0629	0.0009	—	—	—
	3	方铅闪锌磁铁矿石	—	0.53	5.12	31.1	0.1500	0.2840	0.0010	0.0171	0.0039	—	—	—
	4	闪锌矿	—	—	53.88	44.0	0.3900	—	0.0022	0.0187	0.0009	0.0187	0.0009	20.8
	5	闪锌方铅矿石	0.23	1.89	6.56	141.0	—	—	—	0.0030	0.0015	0.0020	—	—
	6	黄铜方铅闪锌矿石	0.75	3.64	6.00	138.9	0.1620	0.0425	0.0015	0.0298	0.0013	0.0035	0.0017	2.1
	7	闪锌(磁铁矿)矿石(3)	0.07	0.37	2.09	47.9	—	—	—	—	—	0.0024	0.0021	1.1
	8	闪锌矿	—	—	53.00	515.0	0.4000	—	0.0011	—	—	0.0437	0.0008	54.6
石英脉型	9	黄铜方铅闪锌矿石	0.62	3.68	4.65	77.9	0.1820	0.1700	0.0012	0.0025	0.0048	—	—	—
	10	方铅闪锌矿石 (13)	0.02	0.47	3.75	74.0	0.0447	0.0178	—	—	—	0.0086	0.0040	2.2
	11	闪锌矿	—	—	52.61	41.4	0.3060	—	0.0034	0.0015	—	0.0027	0.0005	5.4
	12	闪锌矿	—	—	56.08	31.5	0.5300	—	0.0027	—	—	0.0071	0.0004	17.8
细脉浸染型	13	方铅矿石	0.01	7.6	0.30	289.0	0.0040	0.0750	0.0096	0.0373	0.0096	0.0027	0.0023	1.2
	14	方铅闪锌矿石	—	1.31	0.80	54.5	—	—	—	—	—	—	—	
	15	闪锌矿	—	—	53.25	207.0	0.5000	0.0304	0.0026	—	—	—	—	

注: 采样位置, 1~4、9、11 吴宅矿床, 5~8、10、12 迁里矿床, 13~15 吴宅矿床石英斑岩体中; ( ) 括号内为样品数; ——实线上为两个样品平均值; 序号 2、3、5、6、9、13 的资料取自矿石物质成分研究报告 (江苏地矿局实验室, 1982、1989); 序号 1、7、10、14 的资料取自矿区地质组; 闪锌矿均属硫化物阶段; 分析单位: 江苏地矿局实验室

产于茅山群碎屑岩陡倾裂隙的石英脉型矿体以迁里矿床北段为典型, 矿体呈脉状、雁行排列, 产状陡倾, 延深 100~200m, 假厚最大约 20m。矿石中金属含量 (重量%): Cu=0.2~0.24, Pb=6.0~9.9, Zn=0.16~11.5, Ag=97~98.57 (g/t)。矿石矿物为方铅矿、闪锌矿, 少量黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿和赤铁矿。通过光片和电子探针分析, 偶见微细颗粒的碲银矿、铋银矿与方铅矿连生。

2.3 细脉浸染型 矿体赋存于石英斑岩与碎屑岩接触带及舌状岩体边部, 矿体由细小含矿石英脉组成。矿体长达 150m, 延深 20~104m, 厚度 1.85~5m 不等。矿体产状多受接触面控制。矿石中金属含量: Pb 大于 Zn, Ag 高达 289 g/t (表 1 中 13~14 号样)。

该区地层围岩蚀变围绕石英斑岩体不超过 0.5 km 范围, 而且一般是产生于构造破碎带部位, 蚀变分带不明显。主要蚀变类型与围岩岩性有关, 砂卡岩较为发育。

受层间构造控制的砂卡岩型矿体, 有的在发育程度较低的热变质带中与大理岩或灰岩的接触界线清晰, 矿体边缘和尾端的裂隙充填构造、枝叉状构造发育。砂卡岩型矿化可分四个阶段 (表 2)。早阶段砂卡岩主要由具镶嵌结构的细粒透辉石 ( $Di_{86} Hd_{10} Jo_4$ ) 砂卡岩和灰绿色致密块状粗晶的锰钙铁辉石 ( $Hd_{48-50} Jo_{30-50} Di_{10-20}$ ) 砂卡岩组成, 这两种砂卡岩之间接触界线一般较为平缓, 有的接触部位见到锰钙铁辉石细脉穿插透辉石砂卡岩并对透辉石进行交代。局部出现蔷薇辉石或硅灰石砂卡岩, 矿体底板的大理岩化白云岩中仅仅产生细纤状透闪石的蚀变。透辉石砂卡岩中有时出现闪锌矿 (深色) ± 磁铁矿呈不规则条纹分布; 可见到闪锌矿 (偶尔伴有石英) 充填于锰钙铁辉石的微裂隙及其颗粒间, 呈细脉浸染状产出。晚

表 2 不同矿化类型的成矿阶段及主要矿物组合  
Table 2. Ore-forming stages and major mineral assemblages of different mineralization types

矿化类型	成矿阶段	主要矿物组合
砂卡岩型	早阶段砂卡岩	透辉石±闪锌矿(深色)±磁铁矿, 硅灰石, 锰钙铁辉石±石英±蔷薇辉石±闪锌矿
	晚阶段砂卡岩	钙铁榴石±石英+闪锌矿±磁铁矿, 钙铁榴石±透闪石±绿泥石+闪锌矿±黄铜矿±方铅矿±黄铁矿
	硫化物阶段	石英±透闪石+黄铜矿+闪锌矿+方铅矿+黄铁矿±碲银矿±硫铋铜矿, 石英+闪锌矿+方铅矿+黄铁矿+辉铋银铅矿+辉铋矿, 闪锌矿+方铅矿
	碳酸盐阶段	方解石±石英
石英脉型	石英硫化物阶段	斜长石+绿帘石±石榴石±磁铁矿, 石英+绿帘石±金云母+黄铜矿+闪锌矿+方铅矿, 石英±绿泥石+闪锌矿+黄铁矿, 闪锌矿+方铅矿±碲银矿±铋银矿
	碳酸盐阶段	石英+方解石, 方解石
细脉浸染型	石英硫化物阶段	石英+绢云母±绿帘石+闪锌矿+方铅矿±黄铜矿±黄铁矿, 偶见: 石榴石+绿帘石±磁铁矿±闪锌矿
	碳酸盐阶段	方解石

注: 细脉浸染型中银、铋矿物没有进行研究

阶段钙铁榴石 ( $Ad_{84.3\sim 97.7} Gr_{2.6\sim 13} Sps_{0.1\sim 1.8}$ ) 砂卡岩 (钙铁榴石有时含透辉石变嵌晶) 常见穿插或包裹早阶段发生破碎的锰钙铁辉石砂卡岩。围绕钙铁榴石颗粒晶出的闪锌矿(深色), 其均一温度为  $307\sim 322^{\circ}C$ , 与钙铁榴石均一温度接近 ( $328\sim 340^{\circ}C$ )。在碎裂岩级的砂卡岩裂隙带普遍发生硫化物交代充填成矿脉, 标志矿化进入硫化物阶段。最后为碳酸盐阶段, 没有发生金属矿化。

石英脉型矿体的碎屑岩围岩产生弱的绢云母+绿泥石蚀变; 在灰岩围岩中局部见  $1\sim 2m$  厚的砂卡岩“薄壳”, 大理岩化不发育。矿化主要与硅化、绿帘石化较为密切。

细脉浸染型矿体的碎屑岩围岩蚀变及与矿化有关的蚀变与石英脉型相似。产在石英斑岩中矿体的围岩蚀变为绢云母化, 与矿化有关的蚀变有硅化、绢云母化和绿帘石化。

以上三个矿化类型的主要金属、微量元素(表1)和矿石矿物组合基本相同; 在空间上密切伴生, 如吴宅矿末东段细脉浸染型过渡到砂卡岩型, 迂里矿床从上到下大致为石英脉型—砂卡岩型—细脉浸染型。从而显示出它们来自相同的热液体系, 彼此具有一定成因联系。

### 3 成矿与石英斑岩的关系

迂里-吴宅矿床明显受接触断裂构造控制<sup>[2]</sup>, 地层岩性对矿化富集及矿化类型也起了一定控制作用, 然而成矿与石英斑岩侵入活动的关系非常明显, 主要依据如下:

(1) 成矿年龄与石英斑岩年龄接近; 砂卡岩矿石  $\varepsilon_{Sr}(t) = +73.8\sim +85.2$ , 平均  $+79.7$  (7件),  $\varepsilon_{Nd}(t) = -10.03\sim -10.28$ , 平均  $-10.17$  (7件<sup>①</sup>), 石英斑岩  $\varepsilon_{Sr}(t) = +37$ ,  $\varepsilon_{Nd}(t) = -10.95$ <sup>②</sup>, 根据 Faure G (1986) 的简单二元混合方程计算, 砂卡岩矿石含上地幔组

① 测试单位: 南京大学测试中心

② 测试单位: 宜昌地质矿产研究所; 资料来源: 江苏地矿局实验室

分34%、下地壳组分16.5%、上地壳组分49.5%，石英斑岩含上地幔组分为50%、下地壳组分为30%、上地壳组分为20%。岩体与矽卡岩矿石这种时间上的先后顺序和物质上的继承，表明两者成因上有联系。

(2) 矿体围绕石英斑岩体展布：细脉浸染型分布于斑岩体边部及其与碎屑岩接触带；矽卡岩型产在斑岩体与灰岩的接触带；石英脉型产在外接触带陡倾断裂及断裂交汇处。矿体与岩体在空间上的依存关系是两者成因上有联系的反映。

(3) 石英斑岩中  $K_2O > Na_2O$ ，Cu、Pb、Zn、Ag等元素的含量较高（表3），属亲碱性岩浆，显示出与矿床成矿元素组合一致，具有岩浆岩成矿专属性。尽管地层中局部地段Cu、

表3 石英斑岩和地层中微量元素的含量 ( $10^{-6}$ )

Table 3. Minor element contents of quartz porphyry and strata (in  $10^{-6}$ )

名称	Cu	Pb	Zn	Ag(g/t)	Cd	Bi	Co	Ni	Co/Ni
石英斑岩 (16)	50.73	46.71	103.37	0.38	0.47	0.92	3.36	5.16	0.65
绢云母化石英斑岩 (10)	23.90	19.10	24.80	0.18	0.26	0.62	5.01	5.60	0.90
堰桥组	31.90	35.20	83.30	0.119	0.22	0.66	11.70	25.60	0.46
栖霞组	12.90	11.00	8.30	0.164	0.71	0.19	7.20	15.00	0.48
船山组	5.75	7.75	7.00	0.093	0.963	0.11	5.00	15.00	0.33
黄龙组	11.00	12.00	15.00	0.345	0.449	1.28	7.00	12.00	0.58
高骊山组	22.00	2.80	86.70	0.439	0.21	0.10	10.00	25.00	0.40
五通组	25.00	27.00	42.00	0.143	0.207	0.407	8.45	15.00	0.56
茅山群	22.00	20.00	63.20	0.127	0.276	0.35	8.70	16.60	0.52

注：( ) 括号内为样品数；地层分析资料取自地矿部第一物探大队苏州项目组；分析方法：石英斑岩中Cu、Pb、Zn、Ag为化学分析，其余为等离子光谱分析

Pb、Zn、Ag的含量比较高，但矿石和矿物中微量元素特征与层控矿床有很大的差别<sup>[3]</sup>。另外一个方面，矿异常地球化学特征也显示出岩浆期后热液矿床的特征。如迂里矿床：矽卡岩型矿体，逆推断裂上盘有Hg、As、Sb、Mn等组成帽晕，Hg、Ba、As、Sb前缘晕发育呈倒钟状分布，Pb、Zn、Ag、Cu、Cd、Bi成矿晕呈条带状紧包裹矿体，Ni、Co、W、Sn尾部晕呈条带状在矿体下部或尾部出现，矿异常中心Mn大量富集，Ba明显贫化，条带状异常与层间破碎带一致；逆推断裂上盘碎屑岩中石英脉型矿体，Hg、Ba、As、Sb前缘晕呈倒钟状盖在成矿晕上方（可能有剥蚀），Pb、Zn、Ag、Cd、As成矿晕包裹矿体，Co、Sn尾部晕在矿体下部或尾部出现。吴宅矿床斑岩体中的细脉浸染型矿体，Hg、Ba、As、Sb前缘晕呈倒钟状盖在矿体上方，Pb、Zn、Ag、Cd、Bi成矿晕呈不规则带状包裹矿体。上述三种类型的矿异常地球化学特征基本相似。

#### 4 稳定同位素

11件矿石中方铅矿同位素数据在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{201}\text{Pb}$ 图解中（图4），其投影以较大斜率（ $m=0.3798$ ）穿过增长线，为幔壳混合铅。

硫化物矿物的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值从 $-4.6\%$ ~ $+6.54\%$ （5件），主要集中在 $+1\%$ ~ $+4\%$ 之间，平均为 $+2.5\%$ ，接近陨石硫；地层中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-21.33\%$ ~ $-3.75\%$ 。表明硫主要源于岩浆热流体。

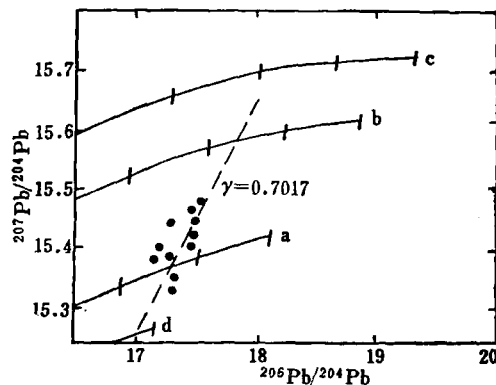


图4 铅同位素图解

a—上地幔; b—造山带; c—上地壳; d—下地壳

Fig. 4. Diagram of lead isotope composition.

a—Upper mantle; b—orogenic belt; c—Upper crust; d—Lower crust.

矽卡岩阶段磁铁矿的氧同位素  $\delta^{18}\text{O}$  为  $-6.904\text{‰} \sim -1.4\text{‰}$ , 计算出  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = -0.47\text{‰} \sim +5.03\text{‰}$  (5件); 硫化物阶段石英的氧同位素  $\delta^{18}\text{O}$  为  $+1.69\text{‰} \sim +0.3\text{‰}$ , 计算出  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = -7.41\text{‰} \sim -7.63\text{‰}$  (4件)。这些结果显示出岩浆水与雨水的混合, 并从矽卡岩阶段到硫化物阶段雨水的加入更为明显。

## 5 流体包裹体

研究样品采自矽卡岩型矿体 29 件, 石英脉型矿体 1 件, 细脉浸染型矿体 3 件, 共测定包裹体 70 个 (表 4)。

5.1 流体包裹体类型 矿物中包裹体较少, 主要呈椭球体, 长轴  $10 \sim 15 \mu\text{m}$ , 短轴  $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 。通过镜下观察鉴别出的原生包裹体分三种类型: A 型为气液包裹体, 气液比一般为  $5\% \sim 30\%$ ; B 型为气相包裹体, 气相占  $60\% \sim 70\%$  左右; C 型为多相包裹体 (气相 + 液相 + 固相)。其中绝大多数为 A 型包裹体, 部分矿物中存在两种类型以上的包裹体。

5.2 均一温度和盐度 矿物流体包裹体中, 矽卡岩阶段均一温度 (未经压力校正, 以下同)  $260 \sim 350^\circ\text{C}$ , 盐度在  $7.8\text{wt}\% \sim 24\text{wt}\% \text{NaCl}$  范围内变化, 个别达  $53\text{wt}\% \text{NaCl}$ , 为多相包裹体; 硫化物阶段均一温度  $161 \sim 322^\circ\text{C}$ , 但主要在  $220 \sim 285^\circ\text{C}$ , 盐度  $4.4\text{wt}\% \sim 8\text{wt}\% \text{NaCl}$ 。细脉浸染型矿体均一温度  $319 \sim 358^\circ\text{C}$ , 气相包裹体和多相包裹体的盐度分别为  $9\text{wt}\% \text{NaCl}$  和  $47.3 \text{wt}\% \text{NaCl}$ 。石英脉型矿体均一温度在  $262 \sim 311^\circ\text{C}$  范围。

从均一温度趋势反映出细脉浸染型矿体的成矿温度略高于矽卡岩阶段的成矿温度。硫化物阶段的盐度低于矽卡岩阶段的盐度, 细脉浸染型矿体和矽卡岩阶段中形成高、低两种盐度, 结合氧同位素资料推测这些溶液可能是由盐度较高的岩浆热流体与含盐较低的水混合而形成的<sup>[4]</sup>。

## 6 讨论

根据成矿年龄、矿体空间分布、金属元素、微量元素、矿异常地球化学、同位素和流体包裹体等特征, 城隍山铅锌(银)矿床的成因与石英斑岩有关, 成矿以岩浆热液为主。由于

表4 矿物流体包裹体数据

Table 4. Data of fluid inclusions in minerals

样号	位置		包体赋存的矿物	测定包体数目	测定包体类型 <sup>①</sup>	均一温度(°C)		盐度(%)
	钻孔号	深度(m)				变化范围	平均	
矽卡岩型矿体(矽卡岩阶段)								
02-12	901,	518.9	Ad	1	A		310	
02-15	901,	524.9	Hd	2	A(B,C)	334~350	342	14.2
02-15	901,	524.9	Ad	2	A(B,C)	320~334	327	10.4
24-14	91,	496	Ad	2	A	281~309	295	
24-21	91,	577.8	Ad	2	A	332~338	335	
24-24	91,	583	Sp	1	C		310	53
25-9	5,	374	Ad	2	A	334~350	342	
25-9	5,	374	Sp	1	A		333	
25-17	5,	396	Ad	2	A	316~320	301	
01-16	105,	652	Ad	1	A		319	
31-3	505,	601	Sp	3	A	307~322	316	
31-3	505,	601	Ad	2	A	328~343	336	
07-15	103,	371	Ad	2	A(B,C)	298~324	311	
07-15	103,	371	Sp	2	A(B)	305~316	311	7.8
09-15	104,	568.5	Ad	2	A	262~282	272	
04-4	4203,	484	Ad	1	A		283	
83-117	201,	237	Ad	2	A(C)	274~279	277	24
83-118	201,	285	Ad	4	A(B)	322~341	336	
83-393	01,	205	Ad	2	A	260~286	273	
矽卡岩型矿体(硫化物阶段)								
25-17	5,	583	Qz	3	A(C)	278~322	310	
09-6	104,	547	Sp	2	A	233~243	238	8
09-12	104,	564	Sp	3	A	245~281	266	
06-7	01,	180	Sp	2	A(B)	281~285	283	
83-743	5,	382.5	Qz	2	A	272~273	273	5.4
24-14	91,	496	Sp	4	A(B)	161~190	175	4.6
02-11	901,	518	Sp	1	A		220	6.3
24-21	91,	577.8	Sp	2	A	225~227	226	
09-6	104,	547.3	Sp	2	A	233~243	238	
04-4	4203,	484	Sp	2	A(B)	183~186	185	4.4
细脉浸染型矿体和石英脉型矿体								
83-127	201,	172	Qz	2	B(A,C)	356~358	357	9
83-128	201,	311	Qz	2	B	319~326	323	
83-127	201,	172	Qz	1	C	未测		47.3
83-742	151,	179	Qz	6	A	262~311	277	

注: Hd—锰钙铁辉石; Ad—钙铁榴石; Sp—闪锌矿; Qz—石英; A—气液相包裹体; B—气相包裹体; C—多相包裹体; ①( ) 内为矿物中存在其它类型未测定的包裹体; 分析者: 江苏地矿局地质矿产研究所顾国华

热液成矿作用是以热液运动为前提, 而热液运动以构造为动力, 因此接触断裂构造(翟裕生, 1981) 是成矿热液有利活动场所。裂隙和围岩性质对金属富集及矿化类型有重要控制作用; 灰岩接触带及灰岩层间构造带形成矽卡岩型, 岩体与碎屑岩接触带及斑岩体内的裂隙



带形成细脉浸染型, 断裂交汇处和碎屑岩中陡倾裂隙形成石英脉型。这三种矿化类型的主要金属、矿石矿物及微量元素基本一致, 空间上紧密伴生, 说明它们是在同一岩浆热液作用下形成的。

本文取材于《苏州西部地区多金属成矿规律及预测研究》报告(江苏省地矿局第四地质大队、地质矿产研究所、中心实验室, 1990)。插图由曹建华等清绘, 撰稿中承蒙张俭高级工程师、汪建明工程师鼎力相助, 在此表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- 1 许靖华等, 是华南造山带而不是华南地台, 中国科学, 1987, (10): 1107~1115
- 2 韩克从, 宁仁祖等, 江苏苏州西部铁、铜和多金属的断裂成矿构造学, 大地构造与成矿学, 1987, 11: 15~29
- 3 涂光炽等, 中国层控矿床地球化学, 第一卷, 北京: 科学出版社, 1984, 13~66
- 4 Shelton K L. 碳酸盐岩内斑岩铜矿和矽卡岩矿床成矿流体的成分和成因(加拿大魁北克加斯佩矿区流体包体和稳定同位素的研究), 矽卡岩, 包裹体(矿产专辑“六”), 沈承珩译, 北京: 地质出版社, 1986, 200~202

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF LEAD-ZINC(SILVER) DEPOSITS IN CHENGHUANGSHAN AREA

Ning Renzu and Qiang Xiaohu

(Institute of Geology and Mineral Resources, Jiangsu Bureau of Geology and Mineral Resources,  
Nanjing, Jiangsu Province)

### Abstract

In Chenghuangshan area of west Suzhou, lead-zinc (silver) deposits occurring along or near the contact zone of quartz porphyry are dominated by skarn type ore bodies associated with quartz vein type and veinlet disseminated ore bodies. The relationship between skarn type mineralization and skarn shows synchronicity and superimposition. There exists a distinct boundary between skarn and limestone which only experienced slight thermometamorphism, showing characteristics of infiltration metasomatism. The veinlet disseminated ore body might sometimes grade into the skarn type or quartz vein type ore body. Ores contain fairly high trace elements such as Cd, Bi, Se and Te.

The age of zircon from quartz porphyry ( $243 \times 10^6$  a) is close to that of skarn ore ( $232.6 \times 10^6$  a and  $201 \times 10^6$  a). Rb-Sr and Sm-Nd isotopic calculation reveals that skarn ore contains more upper crust component (49.5%) than quartz porphyry (20%). The projection of lead isotope data of ore crosses the increment line at a relatively large slope ( $m=0.3798$ ), suggesting the character of mantle-crust mixed lead.  $\delta^{34}\text{S}$  values are in the range of  $-4.6\% \sim +6.54\%$ . In skarn mineralization type,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  values are  $-7.41\% \sim -7.63\%$  for quartz. Salinity varies discontinuously in a wide range, i. e. generally from 7.8 to 24 wt% NaCl. Homogenization temperatures are concentrated in the range of  $220 \sim 330^\circ\text{C}$ . These data, combined with geological facts, indicate that the deposits are genetically related to quartz porphyry, with some underground water and stratigraphic substances (including ore materials) added to magmatic fluids.