维普资讯 http://www.cqvip.com

一种特殊的矿化分带——银山 Cu—Au 多金属矿床多级多中心矿化分带模式

莫测辉

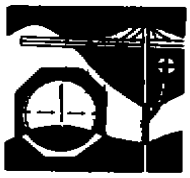
（中国科学院广州地球化学研究所·510640）

刘丹英　冯志文　夏卫华

（中国地质大学·武汉）

根据银山 Cu—Au 多金属矿床是由构造动力热液和火山—岩浆热液双重耦合成矿作用而形成的新认识，建立了银山矿床新的矿化分带体系——二级多中心矿化分带模式，并探讨了其形成机制及找矿意义。

关键词　多金属矿床　矿化分带　成矿作用　斑岩　江西银山



关于银山矿床的成因、成矿作用和矿化分带，前人多认为属火山—岩浆热液成因，并且成矿作用与 3 号英安斑岩有关，围绕该岩体形成蚀变和矿化分带（王德滋等，1984；杜杨松等，1987；叶同庆，1987；陈克荣等，1988；郝正平等，1988）。但也有少数持异议者，张理刚（1986）认为该矿床属于大气降水成因；邱德同（1991）认为由变形变质作用形成。我们研究结果表明，银山 Cu—Au 多金属矿床是构造动力热液和火山—岩浆热液双重耦合成矿作用的产物，并形成了独特的矿化分带现象（Mo Cehui et al.，1993）。本文根据成矿作用的新认识而建立的新的矿化分带体系，对矿区外围和深部的找矿具有重要指导意义。

1　成矿地质背景

银山矿床位于乐德有色—贵金属成矿带中部，其北东 15km 是著名的德兴斑岩型 CuMo(Au) 矿床，东部 10km 是产于中元古界双桥山群中具有超大型潜力的金山构造动力热液型金矿。该成矿带地处江南台隆与钱塘坳陷的交汇处，赣东北深断裂带的上盘（图 1）。赣东北深断裂带走向北东 35～60°，是一个强烈挤压断裂带，具有长期性、阶段性和继承性活动的特点。到了燕山期，断裂带活化，构造面（特别是伴生、派生构造）处于引张状态，对区内成岩成矿作用有重要影响。

区域地层主要是中元古界双桥山群浅变质火山沉积岩，是 Au(Cu) 成矿的矿源层（赵瑞麟，1990）。区域岩浆活动频繁而发育，燕山期是最重要的构造—岩浆活动期，以中酸性岩浆活动为主，与成矿关系密切。

2　矿区地质特征

矿区地层主要是中元古界双桥山群上亚群第四段，上侏罗统鹅湖岭组火山碎屑岩呈不整合零星出露。双桥山群变质岩是主要的容矿岩石，其岩性主要为绢云母千枚岩间夹砂质和凝灰质千枚岩。

矿床主体构造为银山背斜轴及以其轴部为中心的韧—脆性剪切带。银山背斜由双桥

本文 1995 年 7 月收到，张旭明编辑。

维普资讯 http://www.cqvip.com

山群组成，两翼岩层产状陡立，明显叠加有与岩层斜切（交角为10°左右）的糜棱岩片理化带，且伴有退变质现象，背斜轴走向北东45～50°，向北东侧伏，倾伏端变形强烈，扭折带、尖棱褶皱发育，枢纽陡倾（51～82°），这些特征及结合岩石学研究表明，双桥山群千枚岩遭受了不同程度的变形变质作用，表明银山背斜是构造动力变形变质作用的产物，或原有背斜经受了改造而更多地显示了后期构造动力变形变质的特征。前人所谓沿银山背斜轴部发育的"断裂破碎带"，经我们研究结果实为银山韧－脆性剪切带。银山韧－脆性剪切带以背斜轴为中心，长约10km，宽几十至百余米。剪切带构造及背斜构造对矿床有明显的控制作用，矿化仅限于距背斜轴部一强应变带1000m以内，超出此范围矿化逐渐消失。

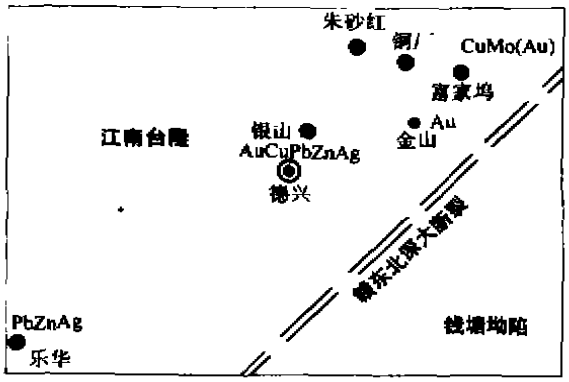


图1 银山矿床区域构造及成矿带示意图

矿区火山－岩浆活动主要发育于燕山早期，具有多旋回活动的特征。前人把矿区火山－岩浆活动划分为3个旋回，由酸性→中酸性→中基性演化。根据作者野外观测：①火山岩剖面中从早期旋回到晚期旋回，主要由英安质岩浆向流纹质岩浆演化；②石英斑岩中有英安斑岩包体，英安斑岩中有石英斑岩岩枝或岩脉。因此，作者认为矿区火山－岩浆活动的演化很可能由中酸性→酸性，而以小规模的中基性岩浆活动而告终。本文划分的3个火山－岩浆活动旋回是：

第一旋回：中酸性火山－岩浆喷发、喷溢、侵入，形成英安质火山碎屑岩、熔岩和英安斑岩（1#、3#）；

第二旋回：酸性火山－岩浆喷发、喷溢、侵入，形成流纹质集块岩、角闪流纹岩和石英斑岩（4#、5#、13#）；

第三旋回：是本区火山－岩浆活动的尾声，形成安山玢岩，规模小，分布局限。

3 矿床地质特征

矿体可分为3类：①陡倾斜脉状Cu－Au矿体、Cu（Au）PbZn（Ag）矿体、PbZn（Ag）矿体；②细脉浸染状、网脉浸染状Cu－Au矿体；③平缓似层状Pb(Zn)Ag矿体（图2）。

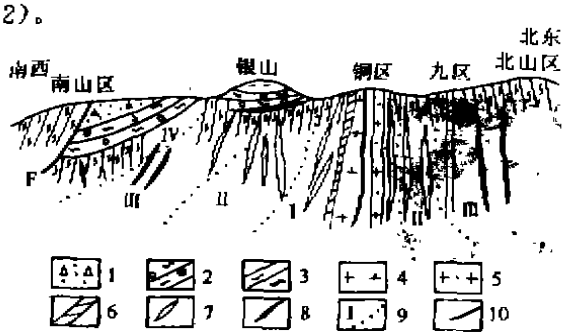


图2 银山矿床类型、蚀变及矿化分带剖面示意图

（据江西有色一队改编）

1－火山碎屑岩；2－千枚岩质砾岩；3－千枚岩；4－英安斑岩；5－石英斑岩；6－接触带细脉、网脉浸染状CuAu矿体；7－大脉状CuAu矿体；8－大脉状及似层状PbZn(Ag)矿体；9－蚀变矿化分带界线及编号；10－断层

矿石矿物及矿物组合主要有：①黄铁矿－石英；②黄铁矿－黄铜矿－石英；③硫砷铜矿－砷黝铜矿－黝铜矿；④黄铁矿－铁闪锌矿－方铅矿；⑤闪锌矿－方铅矿；⑥方铅矿－碳酸盐矿物。金矿物主要为自然金，有少量银金矿和碲金矿，主要与组合②和③共生。银矿物主要有深红银矿、淡红银矿、辉银矿、自然银和螺状硫银矿等，主要与组合⑤和⑥共生。

4 矿化分带

构造动力热液与火山岩浆热液双重耦合

维普资讯 http://www.cqvip.com

成矿作用导致了银山多金属矿床的形成。这两种成矿作用基本同时发生，后者稍后。早期构造动力热液成矿作用导致了 Au－Cu 元素的初步富集，局部地段已达工业品位，构成工业矿体，奠定了银山矿床矿化分带的基本格局。稍后，由于构造活动的进一步加强，导致了多旋回的火山－岩浆活动，形成了火山岩和次火山岩，并伴随着火山－岩浆热液成矿作用的发生，这是银山矿床成矿作用的主体。

上述两种成矿作用在时间上基本同时发生，起始有先后，但共同延续，相互耦合，在空间上相互叠加又自成体系，形成了银山矿床独特的矿化分带现象——两级多中心分带模式。

4.1 一级矿化分带

一级矿化分带以银山背斜轴部－韧－脆性剪切带核部强应变带为中心，在平面上呈椭圆形的北东向展布，中心为 Cu－Au 矿化，向外（北西和南东两侧）渐变为 Pb－Zn－Ag 矿化（图 3、图 4）。

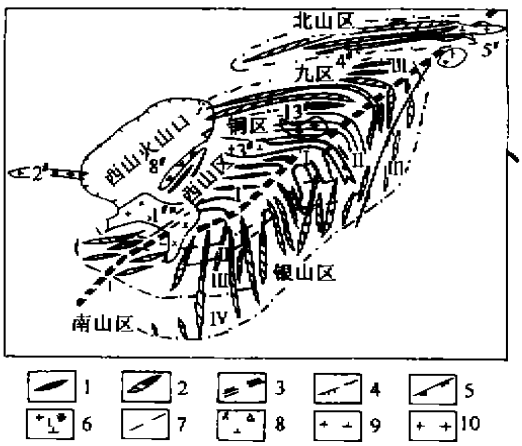


图 3　银山矿床－60m 标高矿化分带示意图

1－CuAu 矿体；2－PbZnAg 矿体；3－背斜轴部－剪切带中心；4－压性断层；5－压扭性断层；6－岩体编号；7－矿化分带界线；8－英安质角砾熔岩；9－英安斑岩；10－石英斑岩；Ⅰ－CuAu 矿带；Ⅱ－Cu(Au)PbZn(Ag)矿带；Ⅲ－PbZn(Ag)矿带；Ⅳ－Pb(Zn)Ag 矿带

4.2 二级矿化分带

在一级矿化分带的总体轮廓下，二级矿化分带以 3 号（13 号）和 5 号斑岩体为中心，从内向外依次形成 Cu－Au→Cu(Au)－Pb－Zn(Ag)→Pb－Zn－Ag→PbAg 的矿化分带（图 4）。其中以围绕 3 号（13 号）岩体的分带最为发育。现就几点简述如下：

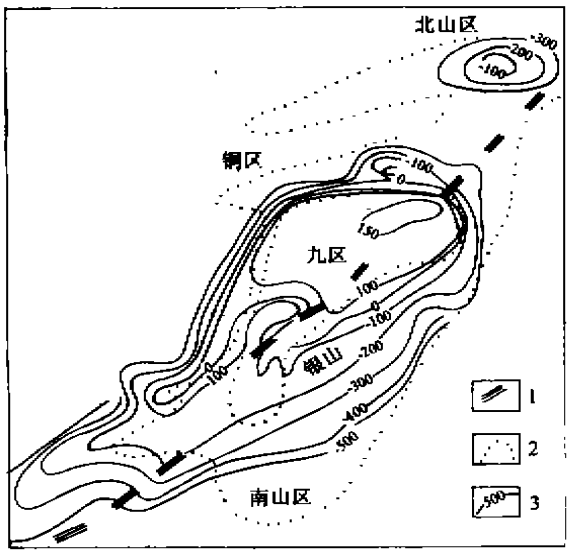


图 4　银山矿床 Cu－Au 矿体顶部赋存标高等值线图

（据郝正平修改）

1－银山背斜轴部及韧－脆性剪切带中心；2－PbZnAg 矿化分布范围；3－AuCu 矿体顶部赋存标高等深线及标高

4.2.1 围岩蚀变分带

矿床的围岩蚀变可分为早期的面型蚀变和晚期的线型蚀变，以前者为主，围绕岩体在平、剖面上呈球形分带（图 2、图 3）：Ⅰ带－硅化＋绢云母化，分布于铜区和西山区及矿床深部；Ⅱ带－硅化＋绢云母化＋绿泥石化，分布于九区和银山区及矿床中部；Ⅲ带－绿泥石化＋碳酸盐化，分布于九区北部和银山区西部及矿床中上部；Ⅳ带－碳酸盐（＋绿泥石化），分布于南山区及矿床上部。

4.2.2 原生矿化分带

围绕 3 号、13 号斑岩体的原生矿化分带与上述的蚀变分带是对应的（图 2 和图 3），

维普资讯 http://www.cqvip.com

即从斑岩体向外依次为：Ⅰ带—Cu—Au矿化带，分布于3号斑岩体南北两侧约200～400m范围内，矿体主要产于岩体边部隐爆角砾岩及外接触带千枚岩中，少数产于内接触带中。在垂向上，该带在深部逐渐扩展，并且随着远离斑岩体，矿化带的产出标高越来越低；Ⅱ带—Cu—(Au)—Pb—Zn—(Ag)矿化带，分布于Ⅰ带的外侧，范围在200～300m左右，有时仅几十米，该带是Cu—Au矿化带和Pb—Zn—Ag矿化带的过渡和重叠带，上部为Pb—Zn—Ag带，下部为Cu—Au矿化；Ⅲ带—Pb—Zn—Ag带，分布于Ⅱ带的外侧和上部，带宽250～300m，含Cu低，Pb、Zn、Ag含量高；Ⅳ带—Pb(Zn)—Ag带，分布于矿床矿化范围的最外侧和浅部，带宽几十至150m，Cu、Au含量最低，Ag含量最高，Zn含量较低。

上述分带中，从Ⅰ带到Ⅳ带，Cu、Au含量迅速降低，Pb、Zn、Ag含量逐渐增高，然后Pb、Zn含量又降低，Ag含量继续增高（表1和图5）。

4.2.3 矿化类型分带

表1 银山矿床各矿化分带成矿元素含量(%)表

矿化分带	Cu	Au(g/t)	Pb	Zn	Ag(g/t)
Cu—Au矿化带	0.536	0.598	0.182	0.272	7.607
Cu—Au—Pb—Zn—Ag矿化带	0.312	0.300	2.840	1.570	116
Pb—Zn—Ag矿化带	0.041	0.133	3.95	2.38	187
Pb(Zn)—Ag矿化带	0.009	0.100	1.680	1.180	280

据江西冶勘一队资料整理。

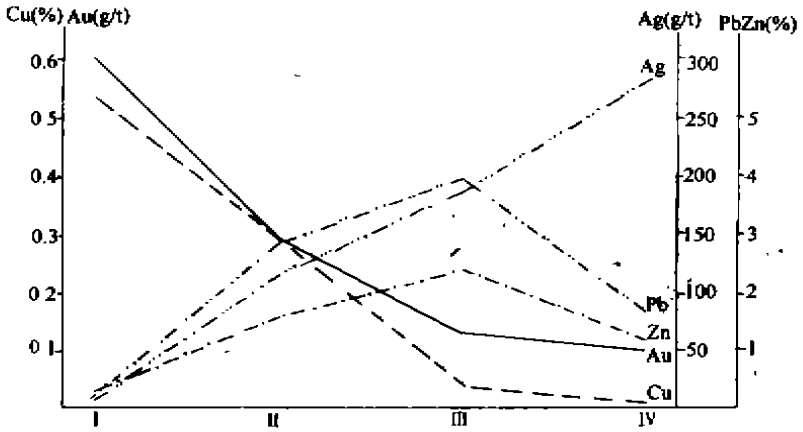


图5 银山矿床各矿化带成矿元素含量变化曲线图

Ⅰ—Cu—Au矿化带；Ⅱ—Cu—Au—Pb—Zn—Ag矿化带；Ⅲ—Pb—Zn—Ag矿化带；Ⅳ—Pb(Zn)—Ag矿化带

银山矿床的矿化类型主要有两种，即细脉+网脉浸染状矿体和脉状矿体，前者主要分布于3号斑岩体南北接触带，大量硫化矿物细脉、网脉充填于岩体边部、隐爆角砾岩及千枚岩中，并伴有大量硫化矿物浸染，构成以细脉浸染状和网脉浸染状矿石为主的厚大的Cu—Au矿体；后者受断裂构造控制，形成内部为细脉、网脉浸染型Cu—Au矿化，形成脉型矿体，由致密块状Cu—Au矿石，Cu—(Au)—Zn—(Ag)矿石和Pb—Zn—Ag矿石组成。这些矿脉常组成脉群，大致呈等距展布。因此，以3号岩体为中心，向外逐渐过渡为致密块状的脉型Cu—Au、Cu—(Au)—Pb—Zn—(Ag)和Pb—Zn—Ag矿化分带。

维普资讯 http://www.cqvip.com

上述蚀变分带、原生矿化分带及矿化类型分带3者是密切相关的(表2)。

表2 银山矿床矿化分带特征表

矿化类型	与3#岩体关系		蚀变矿化分带	脉幅(cm)	含脉密度(条/m)	分布
细脉浸染状Cu—Au	接触带	近↓远	Ⅰ	<1	18～23	铜区
网脉浸染状Cu—Au矿化				<1	20～25	
小脉浸染状Cu—Au矿化				1～5	15～20	
大脉状Cu—Au				>5	1～15	
大脉状Cu—Au—Pb—Zn—Ag矿化			Ⅱ	>5	1～15	九区南部,银山区5矿带
大脉状Pb—Zn—Ag			Ⅲ+Ⅳ	>5	1～20	九区北部,银山区2、4矿带,南山区

5 矿化分带成因讨论

银山矿床矿化分带主要与构造—岩浆活动有关,成矿元素的地球化学性质及成矿热液在运移过程中物理化学条件的变化也起了重要作用,而围岩的性质则影响不大。

5.1 构造活动

研究表明,构造不仅控岩控矿,而且成岩成矿(冯志文,1987)。银山矿床的一级矿化分带之所以围绕银山背斜轴—剪切带核部强应变带呈北东向展布,是因为银山背斜及韧—脆性剪切带是主要的控矿构造,并对矿床的形成起了积极作用,在其形成过程中,导致了以Cu、Au为主的成矿元素的初步富集,局部可构成规模不等的工业矿体,并为稍后叠加耦合的火山—次火山岩浆热液成矿作用奠定了物质基础,也奠定了矿化分带的基本格局。银山背斜及韧—脆性剪切带中成矿元素的这种分布规律受构造应力控制。元素在应力梯度下发生有规律的调整和组合,在成矿过程中从强应力区到弱应力区金属元素依次按Au—Cu—Mo、Zn—Pb呈有规律分带(杨开庆,1984)。银山矿床一级矿化分带显示了这种元素分带机制,同时也与内蒙古乌拉山韧性剪切带型金矿床金属元素的分带规律一致(徐学纯,1989)。此外,强烈的构造活动导致了3个火山—岩浆旋回的发生,伴随了Cu—Pb—Zn(Au、Ag)的火山—岩浆热液成矿作用及多中心矿化分带的形成。

5.2 岩浆活动

银山矿床的成矿作用主要发生于火山—岩浆活动期后热液阶段。稳定同位素($\delta^{34}S$、$\delta^{18}O$、δD、Pb、Sr)、流体包裹体成分及微量元素地球化学研究表明,银山矿床的成矿物质主要来源于岩浆。因此,成岩与成矿具有密切的时空和成因联系,矿化围绕岩体呈有规律的带状分布。次火山岩侵入期后,从岩浆中分异出来的含矿热液(主要是深部岩浆房来的含矿热液)沿接触带向上和两侧运移,并在浅部与地表水混合产生对流。在成矿热液远离岩体向外运移过程中,随着温度、压力的降低,不同的成矿元素受其地球化学性质的控制,在有利的物理化学条件下依次沉淀,从而形成有规律的矿化分带。

5.3 成矿元素及其化合物的性质和成矿热液的物理化学条件对矿化分带的影响

Scherbina指出,Au的富集(高的Au/Ag值)主要出现在较高温和较深部的矿床中,而Ag的富集(低的Au/Ag值)则出现于中深或近地表形成的低温矿床中,这种特征与这两种元素的汽压有关。当$T>700℃$,Ag的汽压高于Au,故Ag比Au的挥发性强,能从热液(岩浆)向外迁移得更快些,趋向于富集在地表附近。

维普资讯 http://www.cqvip.com

热液中成矿元素是以络合物的形式搬运的。络合物的稳定性以络离子的电离常数 $K_{\mp}$ 值的大小来衡量。$K_{\mp}$ 值愈大，络离子电离能力愈强，络离子在成矿热液中愈不稳定，参加该络离子的成矿元素就愈早从热液中析出，迁移距离就越短。因此，成矿元素络合物的稳定性大小是矿化分带的主要因素之一。银山矿床成矿元素 Cu、Pb、Ag 的氯络合物 $K_{\mp}$ 值为：$(CuCl_2)^- = 0.77$，$(PbCl_3)^- = 1.4 \times 10^{-2}$，$(AgCl_2)^- = 1.76 \times 10^{-5}$，$(AgCl_4)^{3-} = 4.8 \times 10^{-5}$。该序列与矿床元素分带序列是吻合的。

成矿热液的物理化学条件(pH、Eh、T、P 等)也对元素沉淀有重要影响。巴夫洛夫通过热力学分析证明，原始热液在其刚分异出来时具有明显的碱性和还原特征。当成矿热液从深部向浅部运移时，随着温度和压力的降低，其酸度和 Eh 值逐渐升高。正是成矿热液的酸碱度和氧化还原电位的改变，决定了成矿元素在时间和空间上的沉淀顺序。通过热力学计算，巴夫洛夫指出，Cu、Zn、Pb 在热液中可能以 $(HS)^-$ 络合物的形式搬运，随着 pH 值从 8.6→9.1→8.3→8.2 变化(表 3)，从成矿热液中依次沉淀出 Cu→Zn→Pb 的硫化物。该结论与银山矿床的分带序列(从早期的 Cu－Au 矿化到晚期的 Zn－Pb－Ag 矿化)是一致的。

S/M 值，即硫化矿物中硫和金属元素比值的大小对成矿元素的沉淀顺序也有一定的影响。硫化矿物的 S/M 值越高，从热液中沉淀出来就越早，反之愈晚。如黄铁矿的 S/M 值为 2.3，黄铜矿为 1.07，黝铜矿为 0.48，闪锌矿为 0.48，方铅矿为 0.15，从而按照 S/M 值降低的顺序从热液中依次沉淀出 Cu→Zn→Pb，形成矿化分带。

表 3　硫化矿物从热液中沉淀的 pH 值

序　列	迁移形式	沉淀形式	矿物沉淀的 pH 值	附　注
Cd	$Cd(HS)_3^-$	硫化矿物	7.7	
Pb	PbS_2^{2-}、$Pb(HS)_3^-$	硫化矿物	8.2	
Zn	ZnS_2^{2-}、$Zn(HS)_3^-$	硫化矿物	8.8	
Cu^{2+}	CuS_2^{2-}、$Cu(HS)_3^-$	硫化矿物	8.5～9.1	$CuFeS_2$ 型
Bi	BiS_3^{3-}、BiS_2^-	硫化矿物	9.2(到 5.0)	

注：$T = 25℃$，总溶解硫 $= 10^{-1}$ 克分子/升，总溶解 MSn^{x-} 和 $M(HS)_n^{x-} = 10^{-6}$ 克分子/升。

总之，银山矿床的矿化分带是构造－岩浆活动和成矿元素地球化学性质综合作用的结果，其中，构造活动是形成一级矿化分带的主导因素，火山－岩浆活动在二级矿化分带中起主要作用，而元素地球化学性质的差异是造成矿化分带的内在因素。

6　新的矿化分带体系对找矿的启示

银山矿床二级多中心矿化分带模式的建立，对矿区深部和外围找矿提供了有益的启示。一级矿化分带的建立及其形成机理的探讨，突破了以往的火山－岩浆热液成矿作用模式的找矿框框，显示了良好的找矿远景。根据一级矿化分带的空间展布及其构造动力热液成因机制的认识，今后应着重加强矿区北东－南西方向的找矿工作，尤其是南西方向，银山剪切带向南西延伸至红源坞、天子堂一带，长达 10 余公里，带中有不同程度的蚀变矿化现象，其强度与动力变形变质强度成正比，有的地段已发现了矿点，是今后银山及外围进一步找矿的最有利地段；二级矿化分带，即多中心矿化分带体系的建立，表明了火山－岩浆热液成矿作用不仅与英安斑岩有关，形成矿化分带，而且更晚阶段的石英斑岩也可以成矿，并且与矿化关系更为密切，今后应

维普资讯 http://www.cqvip.com

加强石英斑岩体深部Cu、Au矿体的找矿工作。

参考文献

1 叶庆同.赣东北铅锌矿床成矿系列和成矿机理.北京:科学技术出版社,1987.

2 王德滋等.江西银山火山机构特征及矿床成因研究.南京大学学报(自然科学版)地质学增刊,1984,(12).

3 冯志文.试谈构造动力热液的成生与成矿.地质与勘探,1987,(8).

4 杜杨松,陈克荣.德兴银山铜铅锌矿床成矿作用与火山作用的关系.桂林冶金地质学院学报,1987,(4).

5 陈克荣等.论银山铅锌铜矿与德兴铜矿的关系及找矿方向.地质与勘探,1988,(1).

6 邱德同.江西银山矿床成矿构造及成因的新认识.地质与勘探,1991,(6).

7 张理刚.大气降水热液矿床同位素研究.地质与勘探,1986,(9).

8 冷学纯.内蒙古乌拉山地区韧性剪切带型金矿地质特征及形成机理.成都地质学院学报,1990,(2).

9 杨开庆.构造动力作用中地球化学.大地构造与成矿,1984,(8).

10 华仁民等.江西银山外围地层中金的地球化学降低场及其成矿意义.矿床地质,1993,12(4):289~295.

11 郝正平.江西银山多金属矿床的矿化分带.矿床地质,1988,(3).

12 Mo Cehui, Liu Danying, Feng Zhiwen, Xia Weihua. Multi-order and multi-center metallogenic zoning of Yinshan Cu-Au polymetallic ore deposit, Jangxi province, china, Journal of China University of Geosciences, 1933, 4(1):6~8.

13 Kishida A. et al., Hydrothermal alteration zoning and gold concentration at the Kerrdison Lode deposit, Kirklank Lake, Onlario, Econ Geol, 1987, 81(3): 649~690.

14 Nicholas J. Susak, David A Crerar, Factors contralling mineral zoning in hydrothermal Ore deposit Econ Geol, 1982, 77:476~482.

15 Phillips GN. Geology and alteration in the Geolohen Mild, Kalgoorlie, Econ Geol, 1986, 81:779~808.

A SPECIAL KIND OF MINERALIZATION ZONING: MULTI-GRADE AND MULTICENTRE MINERALIZATION ZONING MODEL OF Cu-Au POLYMETALLIC ORE DEPOSIT IN YINSHAN

Mo Cehui, Liu Danying, Feng Zhiwen, Xia Weihua

According to the new recognition that Yinshan Cu-Au polymetallic deposit was formed by double-coupling mineralization between tectonic dynamic hydrothermal solution and volcanic-magmatic hydrothermal solution, the system of mineralization zoning of the deposit, second-order and multi-centre mineralization zoning model, was set up, and the mechanism and ore prospecting significance were approached.

Key Word: polymetallic ore deposit, mineralization zoning, mineralization, porphyry, Yinshan in Jangxi