

北淮阳构造带东段隐爆角砾岩型 多金属矿床的地质特征及成因

陆三明¹, 徐晓春¹, 彭 智²

(1. 合肥工业大学资源和环境工程学院, 合肥 230009; 2. 安徽省地勘局 313 地质队, 六安 230010)

[摘 要] 北淮阳构造带东段含矿角砾岩主要有全筒矿化型和复合矿化型两种, 前者与浅成岩有一定距离, 后者在空间上与浅成岩伴生。两种类型含矿角砾岩的角砾、胶结物成分存在差异, 但产出状态、岩石化学、同位素等分析均表明, 岩浆隐蔽爆破作用是受浅部流体的生成方式、区域构造应力和岩浆热动力的联合作用控制的, 这一规律为该带的找矿工作指明了方向。

[关键词] 隐爆角砾岩 多金属矿床 北淮阳构造带

[中图分类号] P618.2 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2005)03-0007-05

北淮阳构造带蕴藏着丰富的内生矿产资源, 其西段河南地区较著名的矿床有围山城银矿、银洞坡金矿、老湾金矿、白石坡银矿、皇城山银矿等大中型

金银多金属矿床。东段安徽地区则以中小型矿床为主, 如东溪金矿、银水寺铅锌矿、汞洞冲铅锌矿床等 (图 1)。

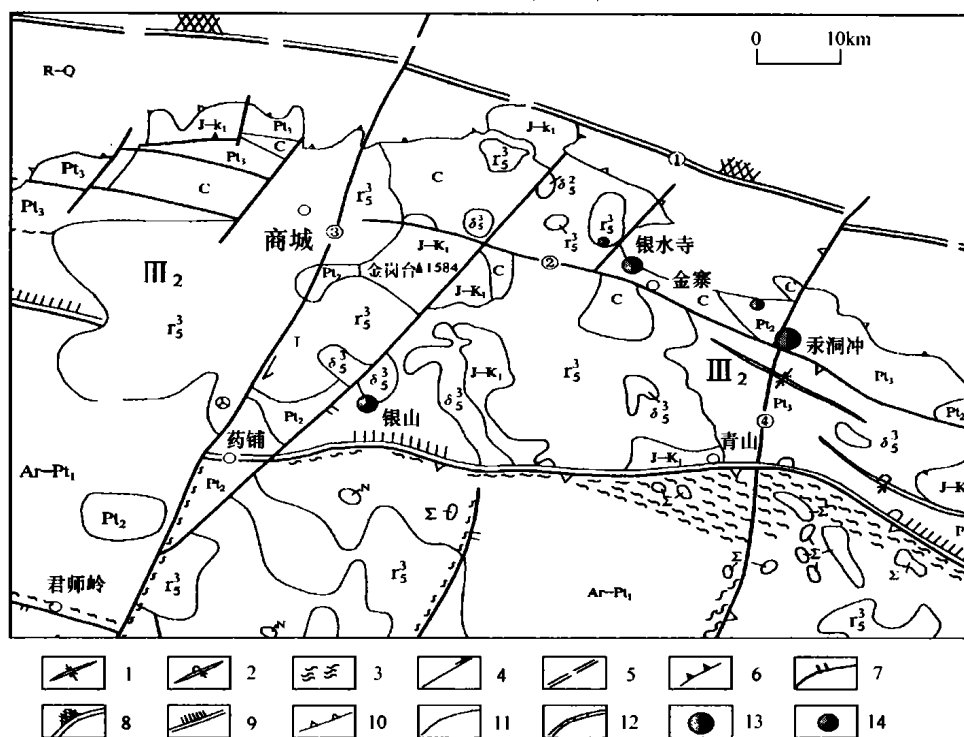


图 1 北淮阳东段矿床分布略图

R-Q—新生界盖层; J-K₁—中生界火山岩地层; C—古生界石炭系; Pt₃—上古界浅变质岩系 (佛子岭); Pt₂—中元古界变质岩系; Ar-Pt₁—太古宇到元古宇岩系; δ_3^1 —闪长岩; r_3^1 —花岗岩; Σ —基性岩; 1—向斜; 2—倒转向形; 3—切性和脆性剪切带; 4—实、推测走滑断层; 5—深断裂; 6—俯冲对接带; 7—实、推测逆断层; 8—一级构造单元界线; 9—二级构造单元界线; 10—北东向隆起边界线; 11—实、推测地质界线; 12—地层不整合界线; 13—铅锌矿; 14—多金属矿; ① 明港—六安断裂; ② 龟山—梅山断裂; ③ 商城—麻城断裂; ④ 青山断裂

[收稿日期] 2004-07-15; [修订日期] 2004-11-26; [责任编辑] 余大良。

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (编号: 40472052) 资助。

[第一作者简介] 陆三明 (1967 年—), 男, 2003 年毕业于合肥工业大学, 获硕士学位, 在读博士生, 高级工程师, 现主要从事成岩成矿地球化学研究工作。

近几年来在北淮阳构造带东段安徽地区,笔者通过大量野外工作发现铅锌矿床不仅空间上与浅成岩相联系,而且在成因上认为岩浆隐蔽爆发是区内多金属矿床浅部成矿流体生成的主要方式。矿床的形成与岩浆隐蔽爆破作用(岩浆隐爆角砾岩)有关。岩浆隐爆角砾岩不仅在岩石学与成矿学理论研究中,而且在金属矿床找矿实践中都具有非常重要的意义。在东段安徽地区的找矿实践中相继寻找到金寨银山、洪家大山、仓房等铅锌多金属等矿床。

1 地质概况

北淮阳地区在中国成矿区带划分中属于秦祁昆成矿域秦岭—大别金、银、铅、锌、铜、锰成矿带^[1]。北淮阳成矿带地跨皖豫两省,东起郟庐断裂,西至南阳盆地,绵延 500km,桐柏—桐城断裂和明港—六安断裂构成南北边界,宽约 50 km。由于构造区位特殊,该带历来为地质学界所重视。习惯上,以商城—麻城断裂为界把北淮阳构造带分为东段(安徽境内)和西段(河南境内)。区内地层主要为新元古界佛子岭岩群(相当地层信阳岩群)、下古生界梅山群(相当地层歪庙群、二郎坪群)、中生界陆相山间盆地和火山盆地堆积。

燕山期以来,区内岩浆活动比较频繁,形成以中酸性为主的火山—侵入岩,早期为钙碱性系列,晚期以碱性系列、钾玄岩系列为主。

2 含矿角砾岩地质特征

北淮阳构造带东段含矿隐爆角砾岩在空间上主要沿区域性断裂展布,汞洞冲含矿角砾岩、银山含矿角砾岩分别沿龟山—梅山断裂、桐柏—桐城断裂与北东向断裂交汇处产出。

隐爆角砾岩往往与火山作用或岩浆的浅成作用有关,呈筒状和脉状产出。区内与岩浆的浅成作用有关的角砾岩主要有两种类型:一种角砾岩不含岩浆岩的成分,空间上与侵入体的关系不明显,含矿角砾岩与浅成侵入体在空间上有一定的距离,隐爆角砾岩体即为含矿地质体,故称为全筒矿化型角砾岩(图 2),汞洞冲隐爆角砾岩体即为这种含矿地质体,以佛子岭群白云石英片岩为围岩的全筒式矿化,角砾成分主要为白云石英片岩,角砾岩体与热液活动、矿化作用在时间和空间上一致,形成典型的角砾岩型矿床;另一种含矿角砾岩不仅含佛子岭岩群、梅山群的角砾,而且含有岩浆岩的角砾。爆发角砾岩与浅成岩过渡,后期花岗岩与之呈侵入接触关系(图 3)。空间上在浅成岩的顶部。银山含矿角砾岩即

为该类型矿床的代表,岩浆岩、爆发角砾岩、铅锌钼多金属矿化为三位一体系统,构成了复合型含矿角砾岩体。

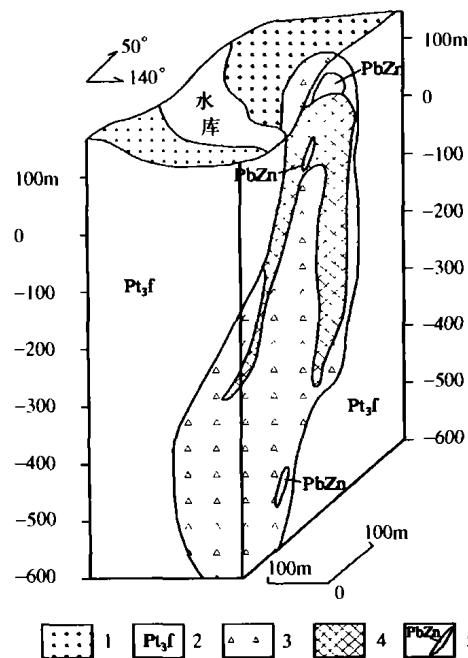


图 2 汞洞冲矿床全筒矿化型角砾岩立体图

1—第四系;2—新元古界佛子岭群;3—爆破角砾岩;4—铅锌矿体;5—铅锌矿脉

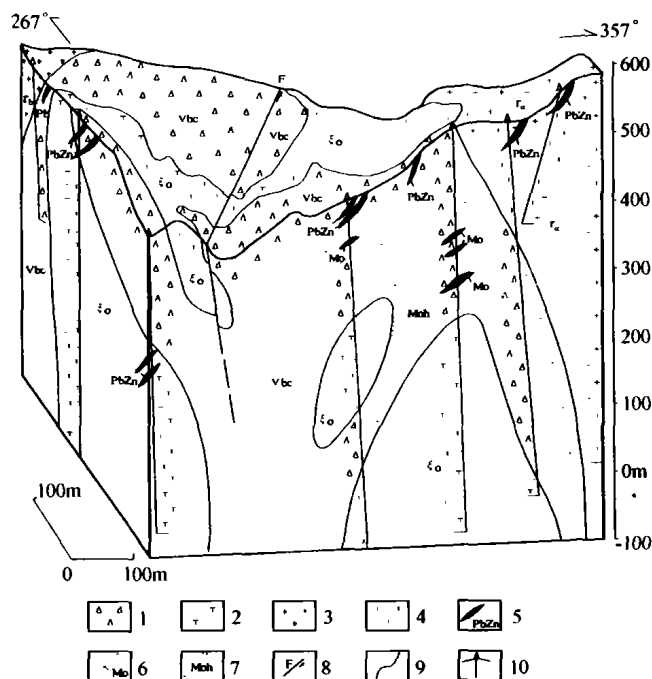


图 3 银山含矿角砾岩立体图

1—爆破角砾岩;2—石英正长岩;3—中粒花岗岩;4—细粒花岗岩;5—铅锌矿体;6—矿体;7—钼矿化体;8—断裂;9—地质界线;10—钻孔

2.1 汞洞冲全筒矿化型角砾岩地质特征

地表形态呈哑铃状,纵剖面上由北东向南西侧呈斜卧筒状。角砾成份上部为白云石英片岩,下部

以二云石英片岩为主,灰绿—灰白色,棱角状明显,砾径1~50cm,无分选性,排列无序。金属硫化物与石英、方解石、白云石等脉石矿物组成胶结物,含量15%~20%,孔隙式胶结,因角砾间的空隙发育,胶结物多表现为自形晶,其中方铅矿晶粒在1cm左右,石英晶柱最长可达20mm(33m中段)。上述特征显示岩浆晚期和岩浆期后的特征较为明显。矿体赋存于角砾岩体之内,矿体形态、产状均受控于角砾岩体。

矿体主体位于角砾岩体的上部。成矿作用以充填为主,角砾及围岩一般不发生蚀变或仅具微弱的黄铁矿化、硅化蚀变。矿体顶底板和夹石主要是角砾岩,矿石的矿物成分主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿,其次为铅黄、菱铁矿、褐铁矿以及少量自然铜、微量自然金等;脉石矿物主要为石英、白云石、方解石等。矿石的结构为中—粗粒半自形粒状结构,其次为乳浊状结构(固溶体分离结构)和包含结构、交代残余结构、压碎结构等;矿石构造以块状和浸染状构造为主,其次为稀疏浸染状、脉状、蜂窝状构造等。

含矿角砾岩往往蚀变较强,主要表现为矿体内部的热液交代,镜下鉴定和综合分析表明,矿床金属矿物至少有两个成矿阶段,矿体内后期热液对已形成的早期矿物进行交代、溶蚀,形成诸如交代残余、交代假象等结构。矿体围岩的蚀变作用不强,主要有弱石英碳酸盐化、硅化、黄铁矿化以及呈脉状或团块状产出的云英岩化。

2.2 银山复合型矿化角砾岩的地质特征

银山角砾岩体位于两条断裂交叉部位。其平面上呈不规则的环状体,剖面形态为不规则的漏斗状,深部呈枝状。爆发角砾岩具碎屑结构、角砾状结构,块状构造,碎屑和角砾呈棱角状、次棱角状、次浑圆状,反映了碎屑物的分选较大。区内各种岩性都可作为角砾岩的角砾成分。胶结物由钾长石、斜长石、石英碎屑(岩粉及次生的细小黑云母片)等组成,具镶嵌结构。在部分薄片见角砾为石英正长岩所胶结,亦见熔岩胶结。在角砾正长斑岩基质中长条状钾长石定向排列,有时显示流动痕迹,有时见到基质中石英有破裂现象,边部熔蚀成浑圆状,黑云母、角闪石等矿物次生定向排列,局部较集中。

通过爆发角砾岩、角砾正长斑岩光性测定条纹长石有序度 $\delta=0.8\sim0.9$,部分主晶有序度在 δ 在 $0.5\sim0.6$ 之间,斜长石有序度 $\delta=0.85\sim1$,说明岩体近于侵入型,即形成于近浅成—浅成条件。

值得一提的是在爆发角砾岩的碎屑中除含钾长石、正长斑岩外,还有爆发角砾岩的碎屑,该碎屑中

有长石、黑云母、片岩等,胶结物为细小的黑云母、长石嵌晶,为熔岩胶结,从而说明爆发不止一次。该区爆发活动具有多期次的特点。

区内钼矿化极为分散,但矿化明显与爆发角砾岩体有明显的成因联系。辉钼矿主要赋存于爆发角砾岩体内长英质胶结物中,呈针点状或斑点状嵌于长石、石英颗粒之间。其次正长岩体内辉钼矿主要呈细脉状,沿节理裂隙充填。

地表和深部的地质工作表明矿区内多金属矿化范围较大,总体呈环形围绕爆发角砾岩中心分布,矿区内已发现铅锌银矿点9处,笔者野外工作中对角砾岩筒的控矿性进行了研究,并发现了洪家大山斑岩体露头。矿化在平面上以角砾岩筒为中心向四周为钼矿化—铅锌银化,显示了复合式矿化的特点。区内矿化的多阶段性与爆发活动多期性具有一定的关系。王照波^[2]对爆发活动具有多期性进行了研究,认为隐爆角砾岩筒是经“自下而上一顺次推进—序次叠加”的形式爆破而成的,早期形成的角砾叠加了多次爆破作用,变得砾径较均匀,成分混杂的角砾固结成岩后,便形成正常隐爆角砾岩。从而指示了成矿作用的多阶段性。因此该区爆发活动多期次性可能是形成复合式矿化角砾岩的主要因素。

3 含矿角砾岩岩石化学特征

汞洞冲爆发角砾岩全筒式矿化,铅锌品位较富。通过对矿化角砾岩体的主要剖面研究、开采坑道素描及矿物共生组合特征分析,矿床的矿化分带主要表现为垂直分带,方铅矿、闪锌矿和黄铁矿为贯通矿物,以100m标高线为界分为上、下两带,上带伴生组分为铜、银、金,与主要组分铅、锌的相关性明显;下带伴生组分以铜、银为主,与主要组分铅、锌的相关性不明显,且金含量明显减少。矿化水平分带不明显,仅表现为矿体中心部位主要组分和伴生组分大于边缘部位。

银山角砾岩体与石英正长岩过渡性明显,统称银山复式岩体,是主要的含钼及多金属岩体。从表1中可以看出,其中石英正长岩富钾、钠,碱总量较高,碱度指数达0.87,为铝过饱和、 SiO_2 过饱和的偏碱性的钙碱性系列;爆发角砾岩碱度指数0.77,角砾状石英正长斑岩碱度指数0.92,均属铝过饱和岩石。

银山复式岩体的微量元素表明,Mo元素明显高出花岗岩维氏值,其质量分数均大于 1×10^{-6} ,个别是维氏值的30多倍,说明银山复式岩体为钼成矿岩体,区内各类岩体包括银山复式岩体,铅元素质量分

数大多高于维氏值, 锌元素质量分数变化较大。岩石的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$ 值与 Pb、Zn、Cu 等元

素(银山主要成矿元素) 有一定的联系, 含矿岩体明显高于非矿岩体。

表1 银山复式岩体的岩石化学成分

样品	岩石	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	Na_2O	K_2O
大 TC3 - GS3	石英正长岩	66.73	0.29	16.62	1.38	1.89	0.077	0.44	5.01	6.40
大 TC4 - GS4	石英正长岩	68.12	0.50	14.45	2.09	1.59	0.04	0.33	4.08	6.05
银 TC2 - GS8	角砾正长斑岩	65.50	0.32	17.42	1.12	2.08	0.065	0.34	5.88	5.90
银 TC2 - GS9	石英正长岩	72.80	0.19	13.53	1.00	1.84	0.039	0.23	2.84	5.00
大 TC4 - GS10	爆发角砾岩	63.75	0.64	15.81	2.98	2.12	0.052	1.61	4.17	3.76
小 TC3 - GS11	爆发角砾岩	63.51	0.64	16.67	3.19	1.57	0.22	0.77	5.93	3.98
银 TC4 - GS12	正长岩	63.99	0.40	17.03	2.70	0.75	0.024	0.88	5.60	6.00
银 TC4 - GS13	正长岩	72.91	0.20	13.46	1.11	0.97	0.02	0.25	4.20	5.36

在 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Ca} - \text{SiO}_2$ 图解中银山复式岩体以及金刚山单元中细粒二长花岗岩落在含矿岩区。

张正伟^[3]等总结了与银山多金属矿同属一构造成矿带的东秦岭地区钼矿、多金属矿的岩石化学成份与矿化的关系, 斑岩型钼矿床成矿母岩 SiO_2 一般大于 70%, 全碱 ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) 在 8% 以上, K_2O 大于 5%, MgO、FeO、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、MnO 等基性元素含量偏低, 总体上高硅、富碱、高钾。银山矿区内石英正长岩 SiO_2 平均 68.91%, K_2O 平均 5.69%, Na_2O 平均 4.35%。岩石化学成份显示了向偏酸、富钾、富钠的方向变化, 这种变化与东秦岭地区钼矿、多金属的岩体的化学成分变化相类似。

4 含矿角砾岩筒的成因

关于角砾岩筒的成因: 不少国内外的学者开展了深入的研究。刘家远 (1982)^[4]、王照波 (2001)^[2]、章增凤 (1991)^[5]等研究了隐爆岩的特征及其形成模式; 喻亨祥等 (1998; 2001)^[6]研究了隐爆角砾岩型矿床的地球化学特征、成岩成矿物质来源; 黄定华等 (1997)^[7]讨论了中浅成岩浆的隐爆机制及其成矿动力学意义。另外, 还有学者^[8~10]研究并提出了包括隐爆角砾岩型在内的热液矿床元素迁移和沉淀可能存在的新机制。有学者认为流体沸腾和混合是成矿元素沉淀富集的重要作用。目前影响较大的有岩浆热液沸腾爆破说^[11]和潜水岩浆爆发火山作用说等。

中浅成岩浆的隐爆机制实验学的研究表明^[7], 在隐爆的瞬间, 岩浆中的多相组分因密度的差异而发生分离流动, 围岩在隐爆时的热冲下局部碎裂并汽化, 从而使相关热液活动和成矿作用得以进行, 其主要条件为岩浆上升至低围压的中浅成环境、气水组分产生气泡、后续岩浆提供高压梯度。

北淮阳构造带燕山期大规模的岩浆活动以及构

造体制由挤压向拉伸的重大转变为隐爆角砾岩的形成创造了良好的区域条件。燕山晚期浅成岩广泛发育, 岩浆活动强烈, 岩浆上升至中浅成环境, 在一定的物理化学条件下通过岩浆隐蔽爆破作用形成含矿爆发角砾岩。后期岩浆热液沸腾爆破是区内矿床形成的主导因素。

区内矿床的铅同位素组成为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 16.863 ~ 18.16; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.373 ~ 16.049; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 37.624 ~ 38.426, 与区内白垩纪花岗岩同位素^[12]比较, 矿石铅同位素组成变化较大, ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16.114 \sim 17.063$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.240 \sim 15.438$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36.912 \sim 37.805$)^[13], 放射性成因的铅较高, 但在铅同位素组成的图解中, 岩石和矿石铅多数数据落在克拉通化地壳铅区域内, 是上地壳环境中演化的多阶段铅或混合铅。

区内矿床硫同位素分析结果, δs^{34} 变化于 -2.28‰ ~ +5.8‰ 之间, 接近陨硫, 显示其具深源硫的特点, 与岩浆活动有关, 因此区内有可能存在自下而上的岩浆侵入柱或通道。其稍宽的硫同位素变化范围反映成矿具多源化特点, 可能有地表水的加入。

区内矿床流体包裹体成份测定, 成矿流体类型为 $\text{Na}^+ + \text{K}^+ (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) + \text{SO}_4^{2-}$ 型, 气相组分以 H_2O 、 CO_2 为主, 含少量 CH_4 、CO 等还原气体, 显示矿床处于近地表浅成环境。

区内汞洞冲矿床包裹体测温爆裂法(黄铁矿、方铅矿、方解石) 温度 155℃ ~ 315℃, 均一法(石英) 127℃ ~ 330℃, 银山矿床均一法温度(石英) 245℃ ~ 320℃。成矿温度属中低温范围。

利用包裹体成分估算成矿压力为 $250 \times 10^5 \sim 321 \times 10^5 \text{ Pa}$, 反映了成矿属浅成环境。

综合地质特征、岩石化学特征分析: 汞洞冲含矿角砾岩本身就是矿体, 含矿角砾岩可能是构造作用和热液注入作用联合力的结果。北西向 - 南东向压应力形成一组共轭节理, 岩石发生裂隙化。而且区

内断裂具有多次活动的特点,使岩石破碎程度加大,这种破碎的岩石具有更好的速通性^[14],优先成为成矿热液上升的通道。燕山期岩浆作用(鲍冲岩体南缘隐伏部分)在岩浆结晶分异作用演化晚期产生大量气液沿张裂部位上侵、顶蚀,交代裂隙化岩石,角砾岩形成,角砾岩体本身的有效孔隙度为热水溶液提供了较好的物理化学条件。富含挥发份的气化热液携矿质上涌,地表水下渗环流并萃取围岩(矿源层)中的矿物质进入角砾岩体,导致物理化学条件的改变,成矿物质析出沉淀物成了角砾岩的胶结物。

银山铅锌钼多金属矿床爆发角砾岩与石英正长岩在岩性上具过渡关系,应该肯定区内这种爆发角砾岩和石英正长(斑)岩类岩石有密切的内在成因联系,是同一种岩浆活动的产物。但是,不是所有的岩浆活动都能产生这种角砾岩,而只是岩浆在特定的条件下发生隐蔽爆炸才能产生,因为只有在相当高的温度和极大的压力条件下,这种爆炸才能导致早期固结的岩浆岩和围岩强烈破碎,并进行剧烈的混杂程度很高的运动。探讨区内上述特定的条件才能确定角砾岩筒定位的过程,依据物理常数,水的临界温度在 374℃,临界压力 217atm,临界比容为 0.4g/cm³,在地壳中按正常的地热增温率推算,要在 12km 以下深处才能有大于 374℃ 的温度环境,因此在地壳中没有特殊的热力条件出现的情况下,其中的水一般呈液体状态存在。在熔浆中和在熔浆活动通过附近时由于岩浆的高温沸腾使水汽化,下渗的大气降水温度大于水的临界温度,同时由于断裂构造活动,导致压力迅速降低,水溶液气化膨胀、爆破,从而形成爆破角砾岩。

5 结语

1) 区内含矿角砾岩有两种不同类型,岩石中的角砾、胶结物成分存在差异,空间上与浅成岩距离远近不同,但两种类型岩浆期后和晚期热液活动的特

征均较明显。

2) 两种含矿角砾岩成因机制不同,全筒矿化型角砾岩是岩浆演化晚期富水岩浆“二次沸腾”的产物;复合型矿化是在特定的条件下后期岩浆高温沸腾汽化的产物。

3) 区内浅成岩指示较好的成钼和成铅锌的地球化学背景,矿床岩石化学、同位素等分析均表明与岩浆隐藏爆破作用是浅成局部流体生成方式。

[参考文献]

- [1] 陈毓川. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [2] 王照波. 隐爆岩及其形成模式探讨[J]. 地质找矿论丛, 2001, 16(3): 201~205.
- [3] 张正伟,朱炳泉,常向阳,等. 东秦岭钼矿带成岩成矿背景及时空统一性[J]. 高校地质学报, 2001, 7(3): 307~315.
- [4] 刘家远. 岩浆隐蔽爆破构造与贵重、有色金属成矿[J]. 新疆地质, 1996, 14(3): 238~246.
- [5] 章增凤. 隐爆角砾岩的特征及其形成机制[J]. 地质科技情报, 1991, 10(4): 1~5.
- [6] 喻亨祥,夏斌,郑永飞,等. 新疆老山口金矿岩浆隐爆角砾岩[J]. 地质地球化学, 2001, 29(4): 179~184.
- [7] 黄定华,向树元,朱云海,等. 中浅成岩浆隐爆机制及其成矿动力学意义[J]. 地质科技情报, 1997, 16(1): 77~80.
- [8] Hedenquist J W, Lowenstern J B, the role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits Nature[J], 1994, 370(18): 519~527.
- [9] 陈天虎,岳书仓. 热液矿床中气相成矿作用[J]. 合肥工业大学学报, 2001, 24(4): 470~476.
- [10] 范宏瑞,谢亦汉,王英兰. 小秦岭含金石英脉复式成因的流体包裹体证据[J]. 科学通报, 2000, 45(3): 537~545.
- [11] 邵世才. 爆破角砾岩型金矿床的成因和形成机制[J]. 矿物学报, 1995, 15(2): 230~235.
- [12] 张宏飞,高山,张本仁,等. 大别山地壳结构的铅同位素地球化学示踪[J]. 地球化学, 2001, 30(4): 395~401.
- [13] 杜建国. 大别造山带中生代岩浆作用与成矿地球化学研究[D]. 合肥工业大学博士学位论文. 2000, 142~145.
- [14] 葛良胜. 熊耳山东部岩浆隐爆角砾岩体地质特征及其含矿性差异原因初探[J]. 黄金地质科技, 1994, 2(3): 21~28.

GEOLOGIC FEATURE AND GENESIS OF CRYPTO - EXPLOSION BRECCIA IN THE EAST PART OF NORTH HUAIYANG TECTONIC ZONE

LU San - ming¹, XU Xiao - chun¹, PENG Zhi²

(1. School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009;

2. No. 313 Geological Team, Anhui Bureau of Geology for Mineral Resources, Lu'an 237010)

Abstract: Ore - bearing breccias can be divided into complete - pipe and compound mineralizing types in the east part of north Huaiyang tectonic zone, in which the former type keeps certain distance from the hypabyssal rock, the latter one is accompanied by the hypabyssal rock in space. Although there exist differences among breccia and cement, analysis results of occurrence, chemical composition and isotope suggest that magma crypto explosion causes crypto fluids. The forming of breccias is controlled by regional tectonic stress and magma thermodynamics. This role points out polymetallic deposit's prospect direction.

Key words: crypto - explosion breccia, polymetallic deposit, north Huaiyang tectonic zone