

# 江西相山巴泉隐爆角砾岩型铀矿床 地质特征及形成过程

高 琰, 周玉龙

(江西省核工业地质局 261 大队, 鹰潭 335001)

**摘要:**以相山巴泉隐爆角砾岩型铀矿床为研究对象,介绍该矿床的成矿地质背景及矿床地质特征,探讨隐爆角砾岩的形成过程及铀成矿过程。相山巴泉隐爆角砾岩受火山机构制约,成岩成矿作用与火山一次火山作用密切相关。铀矿化与隐爆角砾岩(筒)在时空上具有密切关系,矿化严格受岩筒控制,且产于岩筒内及其接触带附近裂隙中。矿化与岩筒范围、形态相吻合,矿体与岩筒产状相同。矿化富集程度与岩筒内的角砾大小密切相关,角砾愈小矿化愈富集。矿化在水平和垂直方向上也呈规律性变化,自隐爆角砾岩(筒)中心至边缘、从顶部至底部,铀矿品位逐渐降低。

**关键词:**巴泉铀矿床;隐爆角砾岩;矿床特征;形成过程

**中图分类号:**P619.14

**文献标识码:**A

**文章编号:**2096-1871(2017)02-126-06

隐爆角砾岩是岩浆上侵至低围压的浅成—超浅成环境的斑岩小岩株,若气浆组分聚集,在岩浆顶部内压力大于围岩压力的应力条件下发生的爆破作用或地下火山活动而产生斑状角砾岩<sup>[1]</sup>。国内很多金矿、银矿、铜矿和铀矿等直接赋存于隐爆角砾岩(筒)中。江西省也发现一些与隐爆角砾岩时空、成因关系密切的铀矿床<sup>[2-6]</sup>,如相山矿田的巴泉矿床、河草坑矿田的草桃背矿床和小富足矿床、鹅公山地区的林家矿床<sup>[7]</sup>等。此类铀矿床矿化集中、易采易选、经济效益好,是我国重要的铀矿类型之一。近年来,“整装勘查区关键基础地质研究”工作的新进展进一步深化了巴泉隐爆角砾岩(筒)认识和研究。本文分析了相山巴泉隐爆角砾岩型铀矿床产出的地质背景,梳理了该矿床地质特征,系统研究了隐爆角砾岩的结构构造、矿化蚀变及其相互关系,推测了隐爆角砾岩形成过程和铀成矿过程,为相山矿田攻深找盲及预测部署提供参考。

## 1 地质背景

相山矿田位于扬子准地台和华南加里东褶皱

系结合部位,处于赣杭构造火山岩成矿带 WS 段之华南活动带铀成矿省<sup>[8]</sup>与赣中南乐安—宁都 SN 向花岗岩铀成矿带交汇部位的相山火山盆地中。

相山火山盆地为一大型塌陷式火山盆地<sup>[7]</sup>,由基底和盖层两部分组成。矿区内出露的地层主要为基底震旦系(Z)变质岩、黑云母石英片岩;其次为盖层晚侏罗世打鼓顶组下段( $J_3d^1$ )陆相沉积碎屑岩,紫红色砂岩、砂砾岩,以及晚侏罗世打鼓顶组上段( $J_3d^2$ )火山碎屑岩、火山熔岩,熔结凝灰岩、凝灰岩及流纹英安岩等<sup>[9]</sup>(图1)。

相山火山盆地燕山晚期大规模火山喷发均伴随不同程度的岩浆侵入活动,次火山岩浆浅成—超浅成侵入作用与火山作用为同一时期或稍晚,形成时序具有延续性<sup>[10]</sup>。矿区内次火山岩较发育,主要为花岗斑岩和石英闪长玢岩。花岗斑岩为次火山岩浆沿推覆构造面侵入于推覆体(又称“飞来峰”)<sup>[11]</sup>黑云母石英片岩与打鼓顶组下段底部紫红色砂岩、砂砾岩之间,形成近 EW 向展布、角度缓倾的岩盖,或沿拱起的巴泉背斜顶部纵张构造破碎带侵入于中心核部地层基底黑云母石英片岩中,形成

\* 收稿日期:2016-07-22 修订日期:2016-11-15 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局“江西相山铀矿整装勘查区专项填图与技术应用示范(项目编号:12120114034401)”资助。

第一作者简介:高琰,1966年生,女,高级工程师,主要从事铀矿找矿勘查与技术管理工作。

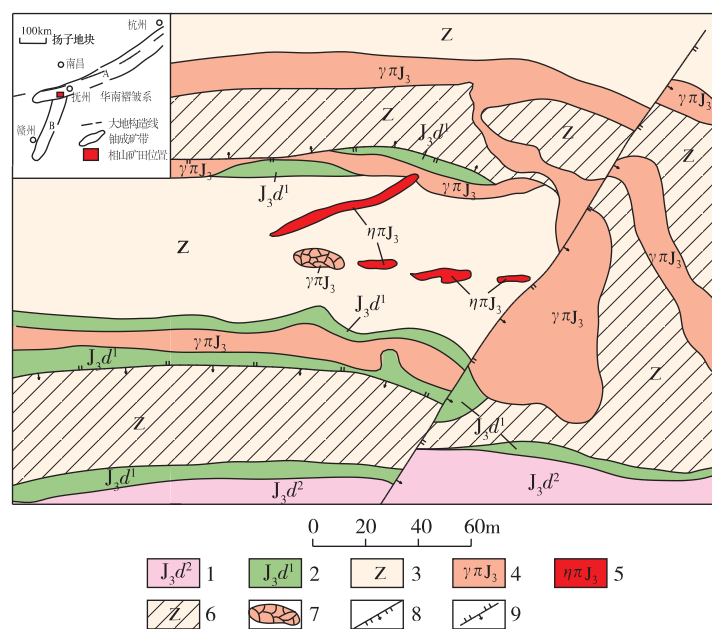


图1 巴泉铀矿床地质简图(据华东铀矿地质志,2005 修改)

Fig. 1 Generalized geologic map of the Baquan uranium ore deposit

1-晚侏罗世打鼓顶组火山碎屑、火山熔岩;2-晚侏罗世打鼓顶组陆相沉积碎屑岩;3-震旦系黑云母石英片岩;4-花岗斑岩;5-石英闪长玢岩;6-推覆体黑云母石英片岩;7-隐爆角砾岩体(筒);8-正断层;9-逆断层

陡倾的岩枝。石英闪长玢岩沿巴泉背斜顶部纵张构造破碎带侵入于黑云母石英片岩或花岗斑岩体内,呈脉状,近乎直立产出,走向 $70^{\circ}\sim 75^{\circ}$ ,倾向SE,倾角 $80^{\circ}$ ,长约50~200 m,厚度 $<15$  m。花岗斑岩岩枝东侧和北侧被几条近EW向的石英闪长玢岩脉环绕,岩盖、岩枝和岩脉构成一个复杂的次火山岩系。深部常见石英闪长玢岩穿插、切割花岗斑岩,既表明二者呈侵入接触关系,也说明石英闪长玢岩的侵入时间略晚于花岗斑岩。次火山岩侵入体的岩石演化序列为一套花岗斑岩、石英闪长玢岩等中酸性岩石组合,由酸性向中酸性演化,属于逆鲍文反应序列。

矿区处于相山大型塌陷式火山口北侧边缘,构造—岩浆活动频繁,褶皱和断裂发育,主要构造有巴泉背斜、巴泉断层、逆冲推覆和裂隙等。这些构造制约矿体的分布,控制铀矿床的定位,对铀矿体的形成具有重要作用。

## 2 角砾岩体地质特征

隐爆角砾岩体产于巴泉铀矿床中部震旦系黑云母石英片岩内,以岩筒状隐伏于逆冲推覆构造作用产生的推覆体之下,浅表以下被石英闪长玢岩包

围。现今矿床范围内推覆体已剥蚀殆尽,且演变为推覆构造窗。隐爆角砾岩体对铀矿化的形成和富集具有重要作用,铀矿化与岩浆活动具有密切关系,不仅为铀矿的形成提供充足的热能,也为铀成矿提供铀源,并为矿体的形成提供通道和空间。角砾岩筒平面呈EW向椭圆形,剖面呈陡倾的“倒喇叭状”。125 m标高中段岩筒主要为花岗斑岩,长约70 m,宽约30 m。该岩筒近乎直立往深部向下延深约190 m,至-35 m标高收敛至几米,最后尖灭于石英闪长玢岩中(图2)。石英闪长玢岩脉向深部继续延伸,至-300 m标高仍未揭穿。角砾岩体因中心爆破力强外围弱,由内至外岩石碎屑物粒度逐渐变粗。岩筒内部由爆破角砾岩构成,角砾大小不一,形态各异,呈次棱角状或次圆状,分选性差。岩筒边缘宽约0~1 m或0~6 m,最宽约12 m的震碎角砾岩带或密集的裂隙带,表现为密集的不规则裂隙,震碎角砾岩的角砾可拼接,未发生明显位移,构成了爆破岩筒的外部边界<sup>[12]</sup>。

巴泉隐爆角砾岩由花岗斑岩岩枝和少量石英闪长玢岩脉经隐爆爆炸而成。岩筒上部角砾以花岗斑岩为主,下部角砾以石英闪长玢岩为主。根据角砾成分划分为花岗斑岩角砾岩→英安玢岩角砾

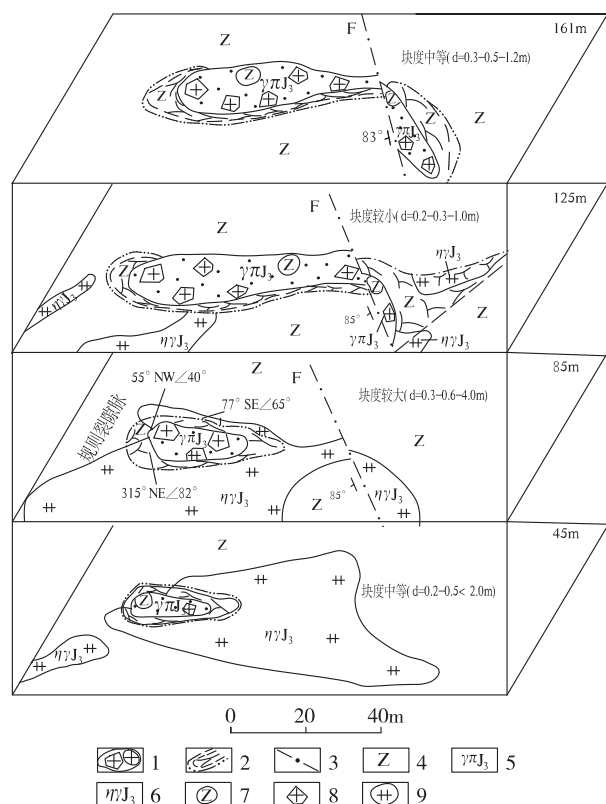


图2 巴泉隐爆角砾岩筒水平断面对比图

Fig. 2 Horizontal cross-section comparison of the Baquan crypt-explosive breccia pipe

1-角砾岩带;2-震碎角砾带;3-断裂;4-黑云母石英片岩;5-花岗斑岩;6-石英闪长玢岩;7-片岩角砾;8-花岗斑岩角砾;9-石英闪长玢岩角砾

岩→片岩角砾岩3个岩相。由于原地岩石距离爆炸中心的远近不同,因而被爆炸炸碎的岩石大小也不同。按角砾的成因方式划分为爆破角砾岩→爆破集块角砾岩→震碎角砾岩3个岩相。角砾大小悬殊,角砾粒径一般30~50 cm,最大角砾粒径达1 m以上,最小角砾粒径仅几厘米。胶结物主要由原地岩石爆炸而成的细小碎屑岩、极微细岩石粉末和熔浆,且几乎蚀变为绿泥石。

### 3 矿床地质特征

巴泉隐爆角砾岩型铀矿床位于相山大型塌陷式火山盆地北部,产于逆冲推覆构造作用形成的推覆体之下。铀矿化受侵入于EW向巴泉背斜轴部的次火山岩-隐爆角砾岩体(筒)控制。

#### 3.1 矿体特征

铀矿体主要赋存于隐爆角砾岩体(筒)内及接

触带黑云母石英片岩中,呈似柱状和脉状产出。整个角砾岩体(筒)是一个大矿体,似柱状矿体是巴泉铀矿床的主矿体。该矿体平面呈EW向展布的椭圆状,剖面呈近乎直立、上大下小的“倒喇叭状”。走向长约110 m,宽约19 m,垂深约190 m(图3)。铀矿化以充填为主,浸染交代为次。矿化富集程度与角砾岩中角砾大小有关,角砾愈小铀矿愈富,角砾越大铀矿越贫。角砾粒径 $>0.4$  m,矿化较弱。铀矿化在垂向上呈规律性变化,岩筒上部位为0.160%,下部位位仅为0.063%。

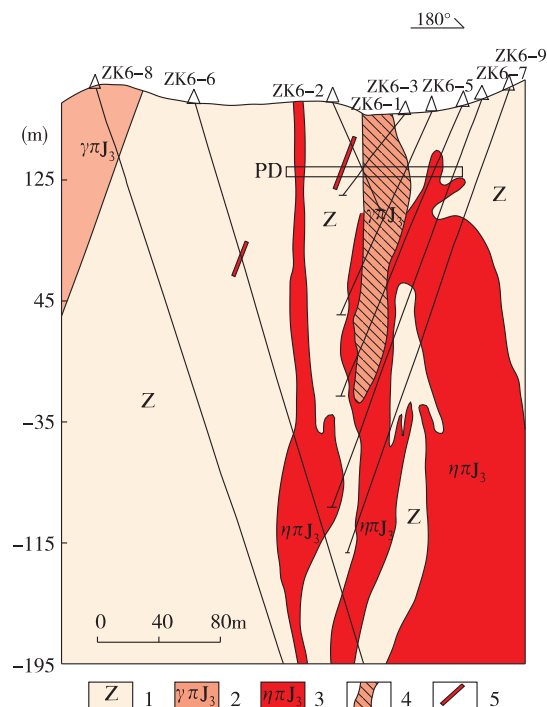


图3 巴泉铀矿床6号勘探线剖面图

Fig. 3 Profile of the exploration line 6 of the Baquan uranium ore deposit

1-黑云母石英片岩;2-花岗斑岩;3-石英闪长玢岩;4-隐爆角砾岩体(筒);5-矿体

#### 3.2 矿石特征

矿石结构主要为半自形、他形粒状结构、残余交代结构、乳滴状结构、压碎结构。矿石构造为浸染状、胶结角砾状、团块状、裂隙充填状及细脉—细网脉状。

根据矿石物质成分、结构构造等,矿石分为铀—绿泥石型和铀—赤铁矿型2种矿石类型,且前者为该矿床的主要矿石类型。因矿石类型不同,其矿物组合也不同。铀—绿泥石型矿石由沥青铀

矿—钛铀矿—黄铁矿—钠长石—绿泥石—方解石等矿物组成,矿石呈黑绿色,主要赋存于岩筒内角砾岩带中,铀与绿泥石、方解石、黄铁矿组成角砾间胶结物。铀—赤铁矿型矿石由沥青铀矿—钛铀矿—赤铁矿—钠长石—方解石等矿物组成,矿石呈红色,主要赋存于岩筒外侧裂隙带中,多为细脉状、细网脉状矿化,暗色矿物较少。

### 3.3 矿石成分

矿石矿物种类简单,数量较少。铀元素以独立铀矿(沥青铀矿)或类质同像形式存在于矿物(绿泥石晶格)中。铀矿物种类主要有沥青铀矿和钛铀矿。金属矿物主要有赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、磁铁矿、辉钼矿等,非金属矿物有绿泥石、钠长石、磷灰石、方解石、石英等。

沥青铀矿:具有典型的胶状结构,呈微细鱼子

状、细小球粒状、鲕状。颗粒细小,一般粒径 $<0.01\text{mm}$ 。矿物集合体呈斑点状、环带状、串珠状,构造为细脉状、微细网脉状及浸染状。

钛铀矿:多呈柱状、短柱状、针状,粒径为 $0.01\sim 0.05\text{mm}$ ,最大约 $0.1\text{mm}$ 。钛铀矿常与沥青铀矿共生,常被沥青铀矿熔蚀。

### 3.4 矿石化学成分

将不同矿石类型主量元素分析结果与巴泉铀矿床花岗斑岩、中国标准花岗岩岩石化学成分<sup>[13]</sup>比较(表 1)发现,矿石  $\text{U}_3\text{O}_8$  含量与  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  等含量的变化相关。随  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  含量增加, $\text{U}_3\text{O}_8$  含量降低,表明原岩矿化蚀变过程发生去硅、去钾作用, $\text{Si}$ 、 $\text{K}$  是热液带出组分。随  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量增加, $\text{U}_3\text{O}_8$  含量增加, $\text{Na}$ 、 $\text{Fe}$  是热液带入组分,铀矿化与钠长石化、赤铁矿化有关。

表 1 不同矿石类型与巴泉铀矿床花岗斑岩及中国标准花岗岩化学成分对比(%)

Table 1 Comparison of chemical composition about different ore types, granite porphyry of the Baquan uranium deposit and china standard granite

矿石类型或岩石	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{H}_2\text{O}$	LOI	Total	$\text{U}_3\text{O}_8$
铀-赤铁矿型矿石	55.58	0.73	16.16	2.28	0.83	0.085	1.07	5.73	8.07	0.13	0.303	2.27	6.61	99.85	1.120
铀-赤铁矿型矿石	56.14	0.82	16.88	4.83	2.34	0.049	2.14	3.03	6.98	0.36	0.27	3.15	4.35	101.34	0.813
铀-绿泥石型矿石	43.91	0.51	13.16	7.56	5.50	0.105	7.40	9.39	4.10	0.18	0.145	4.65	4.89	101.50	0.171
花岗斑岩(巴泉)	69.52	0.29	13.85	1.59	1.94	0.08	0.75	1.95	3.14	5.06	0.11	0.35	1.48	100.11	—
中国标准花岗岩	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03	0.16	0.56	0.89	100.00	—

### 3.5 围岩蚀变

围岩蚀变有钠长石化、赤铁矿化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐矿化等。按其 与 铀 成 矿 时 间 先 后 顺 序,分为矿前期、成矿期和矿后期 3 个时期。矿前期蚀变岩石呈灰绿色,以钠长石化为主,伴随绿泥石化和碳酸盐化,分布于角砾岩筒的内、外接触带。成矿期进一步分为早、晚 2 个阶段,早阶段蚀变岩石呈红色,以赤铁矿化为主,伴随钠长石化,主要分布于角砾岩筒的外接触带;晚阶段蚀变岩石呈黑绿色,以绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化为主,伴随钠长石化,主要分布于岩筒内的角砾岩中。矿后期主要为绿泥石化、碳酸盐矿化,以细脉状充填于裂隙构造中。

钠长石化:分布广泛。钠长石呈细小板条状集合体交代部分斜长石,或呈棋盘格子状交代钾长石,形成以钠长石为主要成分的钠交代岩。

赤铁矿化:分布较广泛,与铀矿化关系密切。赤铁矿呈极微细的尘埃状沿裂隙浸染交代两侧围

岩中的钾长石和斜长石。

绿泥石化:分布最广泛,可分为 3 个成矿期。矿前期绿泥石化由岩石中黑云母蚀变而成,伴随钠长石化,与铀矿化关系不密切;成矿期绿泥石化是此类蚀变的主要发育阶段,呈黑绿色充填于角砾间,并对角砾进行部分交代,常赋存分散状态的铀,与铀矿化关系十分密切;矿后期绿泥石化主要与方解石、少量石英共同组成脉体充填于裂隙构造中。

黄铁矿化:主要与成矿期绿泥石伴生,呈星点状分布于角砾之间的胶结物中,与铀矿化关系密切。

## 4 隐爆角砾岩形成与铀成矿过程

综合以上隐爆角砾岩体(筒)的地质特征,对隐爆角砾岩的形成和铀过程成矿作如下推断。

产于推覆体之下的角砾岩体(筒)处于特殊的构造—地质环境。第一,勾通深部岩浆房的岩浆活动频繁,其演化具有多旋回性和继承性,不仅维持高热的地质环境,且使成矿物质得以最大程度汇

聚,形成了热液对流循环系统。第二,花岗斑岩岩枝侵入拱起的巴泉背斜顶部纵张构造破碎带核部,应是构造应力集中区域,有利于原生裂隙发育。若在后期构造—岩浆作用下,脆性的次火山岩(花岗斑岩)比相对塑性的变质岩(黑云母石英片岩)更易破碎,形成高裂隙化的地段。第三,花岗斑岩侵入于塑性致密的黑云母石英片岩之围岩中,具有良好的封闭性,能有效屏蔽气液,为隐蔽爆炸创造有利条件,其形成过程如下。

斑(玢)岩成岩和裂隙化阶段:在岩浆活动晚期,深部石英闪长玢岩岩浆侵入后,来自深部岩浆房的岩浆分异出高压高温流体,岩浆沿岩筒、火山管道或基底断裂通道迅速上升至被推覆体掩盖的早已裂隙化的花岗斑岩体内。

隐蔽爆炸和角砾岩成岩阶段:当富含水的岩浆上侵至压力较小的浅成—超浅成部位,由于减压降温,流体结晶分异,岩浆二次沸腾并不断析出流体和气体,向早已裂隙化的花岗斑岩体顶部汇集,形成气帽。在局部圈闭环境下,花岗斑岩体内流体压力逐渐增大,当其内压力超过上覆围岩抗张强度和岩石静压力之和时发生隐爆作用<sup>[14]</sup>,产生环状、放射状裂隙,同时形成各类角砾岩。这种爆炸可能不止一次,每次爆炸后,上部裂隙更为发育,随后上升的流体不断反复爆炸,逐步将花岗斑岩体全部炸碎而呈岩筒状构造。

铀成矿过程:爆炸形成角砾岩后,富铀流体上侵,与岩筒中的角砾和围岩中的裂隙进行钠交代作用,形成钠交代岩。经过钠交代后,富铀流体内含矿溶液的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  等阳离子与溶液中的  $\text{Si}^{2-}$ 、 $\text{O}^{2-}$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{PO}_4^{2-}$  等阴离子结合生成绿泥石、黄铁矿、黄铁矿、方解石、磷灰石等蚀变矿物,充填交代角砾、胶结物和裂隙中。铀以  $(\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2)^{2-}$  和  $(\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3)^{4-}$  等铀酰络离子形式迁移,充填和交代于角砾岩筒内的角砾、胶结物及接触带的裂隙中并还原沉淀,形成独特的隐爆角砾岩型铀矿化。

隐爆作用形成的裂隙及空隙为含矿热液活动创造了有利条件,导致角砾岩(筒)内发生多期次铀成矿过程。如此连续多次循环发生的隐爆—成矿作用,形成巴泉隐爆角砾岩型铀矿床。

## 5 认 识

(1)巴泉隐爆角砾岩型铀矿床位于中生代火山机构中,矿体赋存于隐爆角砾岩(筒)中,成岩成矿作用与相山火山一次火山作用关系密切。

(2)巴泉隐爆角砾岩型铀矿床时空上受燕山期次火山岩—隐爆角砾岩(筒)制约,是以中心式筒状矿体为主的铀矿床。

(3)铀矿体的产状、矿石的结构构造、矿石物质成分和矿物的共生组合与火山作用有关,具有火山热液成矿的特点。

## 参考文献

- [1] 刘家远.江西燕山期隐爆相岩石特征与成矿[J].地质与勘探,1982,18(5):18-25.
- [2] 周炳煌.山东七宝山隐爆角砾岩筒特征与成矿[J].地质与勘探,1990,26(5):26-30.
- [3] 徐兴旺,张小允.山东七宝山角砾岩筒成矿流体构造动力学过程[J].黄金地质,1999,5(3):19-26.
- [4] 张北延.支家地银矿区隐爆角砾岩特征及其与成矿的关系[J].地质与勘探,1994,30(1):20-22.
- [5] 胡承琦,冯佐海,王林江,等.中酸性隐爆角砾岩、次火山(超浅成)岩与成矿的关系——以广西贵港新民—吉塘铜银矿区为例[J].地质与勘探,1997,33(4):1-6.
- [6] 肖晋,郑福瑞,韩兰生.320 铀矿床隐爆成矿特征及其找矿意义[J].铀矿地质,1994,10(2):285-293.
- [7] 张金带,戴民主,邵飞,等.华东铀矿地质志[M].北京:地质出版社,2005:519-588.
- [8] 黄净白,黄世杰.中国铀资源区域成矿特征[J].铀矿地质,2005,21(3):129-138.
- [9] 周玉龙,高琰.赣中相山矿田梅峰山地区地质特征及找矿前景[J].华东地质,2016,37(2):131-135.
- [10] 周玉龙.相山北部次火山岩与铀成矿的关系[J].铀矿地质,2016,32(2):79-84.
- [11] 朱志澄.逆冲推覆构造[M].武汉:中国地质大学出版社,1991:1-80.
- [12] 周玉龙.相山铀矿田巴泉隐爆角砾岩(筒)地质特征与铀成矿[J].铀矿地质,2012,28(5):274-280.
- [13] 黎彤,饶纪龙.中国岩浆岩的平均化学成分[J].地质学报,1963,43(3):271-280.
- [14] 卿敏,韩先菊.隐爆角砾岩型金矿研究述评[J].黄金地质,2002,8(2):1-6.

## Geological characteristics and formation process of the Baquan cryptoexplosive breccia-type uranium ore deposit in Xiangshan, Jiangxi

GAO Yan, ZHOU Yu-long

(NO. 261 Geological party, Jiangxi Bureau of Geology for Nuclear Industry, Yingtan 335001, China)

**Abstract:** With the Baquan cryptoexplosive breccia-type uranium ore deposit as an objective, we summarize geological background and geological characteristics of the deposit, and discuss the formation process of cryptoexplosive breccia and uranium deposit. Constrained by its volcanic edifice, diagenetic mineralization is closely related to subvolcano and volcanism. It can be inferred that uranium mineralization is spatially and temporally related to and controlled by the cryptoexplosive breccia, and occurs mainly in pipes and fractures close to contact zones. Uranium mineralization couples with pipe range and morphology and orebodies have the same occurrence as pipes. The enrichment degree of uranium mineralization is closely related to the size of the breccias, the smaller breccias, the higher mineralization. On the other hand, uranium mineralization also shows regular changes in vertical and horizontal directions, with ore grade decreasing gradually from center to edge and from top to bottom of the cryptoexplosive breccia (pipes).

**Key words:** Baquan uranium ore deposit; cryptoexplosive breccia; deposit characteristics; formation process