文章编号：1006－544X（2007）04－0469－05

仁差火山盆地多金属成矿条件分析

刘延勇[1,2]，卢映新[2,3]，梁业武[3]，彭卓伦[1,2]，黄秋荣[4]，马浩明[5]

（1. 中山大学 地球科学系，广州 510275；2. 广核中大花岗岩与铀矿资源研究所，广州 510800；3. 广东省核工业地质局，广州 510800；4. 西部矿业西藏资源投资有限公司，拉萨 850000；5. 广东省地震局，广州 510070）

摘 要： 仁差盆地内构造发育，其中盖层火山岩内的裂隙带、破碎带及基底凹槽与成矿关系密切，矿化产于红色蚀变带和暗色蚀变带中. 火山岩富硅偏碱贫钙镁、$K_2O > Na_2O$，为铝过饱和的酸性火山岩；岩石含铀量较高，背景值为$(21 \sim 51) \times 10^{-6}$，平均为$38 \times 10^{-6}$，高于克拉克值约10倍，Th/U = 3.5，评价参数为26.26，对成矿比较有利. 区域内各时代岩浆岩含铀量在$(5.9 \sim 16.8) \times 10^{-6}$，前泥盆系变质砂页岩的铜、银丰度值分别为$30.32 \times 10^{-6}$、$0.04 \times 10^{-6}$，这些富含多种金属成矿元素的原始地层在发生原地重熔时，能为多金属矿床的形成提供丰富的物质来源. 该盆地多金属成矿条件优越，是寻找火山岩型多金属矿床的远景区，特别是盆地的东部和南部边缘地区及基底是未来优先的工作重点区.

关键词： 火山盆地；多金属矿床；成矿条件；广东

中图分类号： P588.14；P612 **文献标志码：** A

粤东北的仁差盆地是形成于中生代的典型的火山断陷盆地. 在中生代，由于构造岩浆活动强烈，造成了盆地构造发育并受阶梯状正断层控制，火山岩广泛发育. 盆地具有优越的区域地质成矿背景，经过前人多年的勘探工作，在盆地内发现多个以钼为主的多金属矿床（点），显示出良好的找矿前景，被列为寻找大型、超大型火山岩型多金属矿床的一类远景区之一[1－5].

1 盆地地质概况

仁差火山盆地位于武夷山脉南段东侧，永（安）－梅（州）晚古生代拗陷的西南部，处于东西向南岭多金属成矿带东端与北东向武夷山多金属成矿带南端的交汇部位. 大地构造位置处于华南褶皱带的武夷山隆起带与南岭隆起带的相交处，受NNE向猪麻坝断裂、鹧鸪隆断裂夹持，盆地内还有众多次级的断裂和火山构造[6].

1.1 盆地盖层

盆地盖层主要由上侏罗统菖蒲群火山岩组成，其次为上白垩统周田群沉积岩及少量火山岩. 地层产状平缓，为开阔的地堑盆地. 根据接触关系、岩性组合及邻区资料对比，将菖蒲群划分为上、中、下组，详见文献［6］.

盆地内火山活动以溢流和间歇性喷发沉积为主，从晚侏罗世到晚白垩世，喷发由弱—强—弱，多阶段喷发，岩浆由基性—中性—中酸性—酸性演化. 前两次火山喷发之间有一次较长的喷发间断. 盆地的火山作用可划分为3个大的喷发旋回，每一旋回的喷发途径各有特征：第1喷发旋回主要是熔岩为主，少量火山碎屑岩，为基性至酸性喷溢；第2喷发旋回由熔岩开始、火山碎屑岩沉积结束，主要为酸性熔岩的喷溢和火山碎屑的强烈喷发；第3喷发旋回仅有少量细火山碎屑岩和极少量熔岩加次火山岩，为微弱火山灰喷出和次火山岩的侵入. 在火山活动晚期，盆地内次火山岩发育，其中，南部次流纹斑岩沿麻楼断裂充填，长5.5 km，宽80～100 m，呈东西向岩墙产出. 北部3112火山口辉绿岩，呈小岩株状产出. 闪长岩、花岗斑岩、石英斑岩多沿东西两侧猪麻坝断裂、鹧鸪隆断裂充填，呈岩墙状或小岩株状产出.

收稿日期： 2006－03－21

基金项目： 教育部高等院校博士点基金资助项目（20030558005）；中山大学科学基金资助项目

作者简介： 刘延勇（1967－），男，博士研究生，研究方向：构造与花岗岩成因学.

1.2 盆地基底

盆地基底由寒武系、泥盆—石炭系浅变质岩和燕山早期花岗岩组成. 其中，寒武系主要分布在仁差盆地南端，是黄田复背斜的核部地层，岩性主要为绿色板岩、千枚岩及绢云母片岩等，为一套巨厚的碎屑建造. 泥盆—石炭系主要分布在盆地东侧，是黄田复背斜东翼的主要组成地层，岩性为轻微变质的灰白色、灰色白云质灰岩、砂岩、砂页岩、长石石英砂岩、石英砂粒岩及石英质砾岩等，为一套浅海—滨海相沉积，厚度不详，与下伏寒武系呈不整合接触. 燕山早期花岗岩是盆地基底岩石，呈岩基状，具文象花岗结构.

1.3 盆地构造

1.3.1 *断裂构造* 盆地内断裂构造十分发育，按走向可分为6组，以NNE组为主，次为EW向组和NWW向组；按规模可分为Ⅴ级. NNE向和EW向两组断裂相互交切，形成盆地内网格状和断块状构造格局，基本特征如下.

①NNE向组：Ⅰ、Ⅱ级构造以鹧鸪隆断裂（Ⅰ级）、猪麻坝断裂（Ⅱ级）为代表（图1），是控盆控岩构造. 它们控制了盆地的形成和火山活动，构造规模大，活动强烈，形成大的硅化带或破碎角砾岩带，活动具有长期性和继承性；Ⅲ级构造以鹿子坑断裂、文西断裂、咸水断裂、胡屋－上蔡断裂为代表；土祭－磷石下王竹冈一号断裂为Ⅳ级构造；发育在潘屋、曹屋、苏坑、土窝里等断裂为Ⅴ级构造. Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ构造均发育在鹧鸪隆断裂构造上盘，自北向南呈左行斜列，多为正断层，构成阶梯状地堑构造.

②NNW向组：该组构造由Ⅳ级构造上村二、三号断裂和塔下、华山断裂组成.

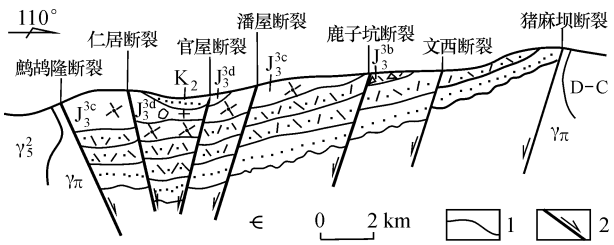


图1 仁差盆地剖面图（据广东292队资料）

Fig. 1 Profile of Rencha Basin

K_2—白垩系砂岩；J_3^{3d}—侏罗系晶屑凝灰岩；J_3^{3c}—侏罗系熔结凝灰岩；J_3^{3b}—侏罗系含砾凝灰岩；D－C—泥盆、石炭系石英砂砾岩、砂岩；∈—寒武系板岩、片岩；$\gamma\pi$—花岗斑岩；γ_5^2—粗粒花岗岩

③NWW向组：以Ⅳ级构造松溪桥断裂为代表. 在盆地内还发育有几组近等间距出现的北西西向构造，为中基性脉岩，如罗车、鹿子坑、文西－胡屋中基性岩脉.

④EW向组：Ⅱ级构造为南部的麻楼断裂，Ⅲ级构造为北部的书院—竹子岭断裂，该组构造形成较早，多以断裂组形式展布. EW向与NNE向相互交切、复合，控制着菖蒲群上组酸性岩浆的活动.

⑤NW向组：该组构造为Ⅴ级构造，以仙子宫、五指山、任地等断裂为代表.

⑥NE向组：该组构造为Ⅴ级构造，以野胡村一、二号等断裂为代表，规模小，为盖层断裂，形成时间较晚，往往错断NNE向和EW向断裂.

1.3.2 *褶皱构造* 盆地内褶皱构造主要表现为开阔的向斜盆地，如上举－大水坝、仁居－差干向斜盆地，仁居、官屋、潘屋、差干等4个小向斜盆地.

1.3.3 *火山构造* ①火山凹陷：盆地内分布着4个火山凹陷，即凉子石－差干、文峰阁－文西、五福－仁居、鹅石－畲脑. 火山凹陷有的是次级破火山口，有的是后期断陷中心.

② 火山口：分布在盆地内的凉子口－3112矿化点、鹅石山－畲脑、五福－塔下、文西、下举等. 除盆地南缘一带为线型喷发口外，其他为中心式喷发口.

1.3.4 *基底凹槽构造* 基底凹槽构造主要受隐伏基底断裂、火山塌陷和古地理地貌所控制. 槽长4 km以上，宽1.4 km左右，走向290°～300°. 槽内J^{3a-2}含砾泥灰岩已被后期表生作用所剥蚀. 中部控制一组NW向硅化带、辉绿岩的分布. 凹槽既是控制了流纹岩舌状体的空间，又是控制矿床的一级凹槽.

2 火山岩化学成分特征

盆地内火山岩SiO_2含量均较高，其中流纹岩、凝灰岩、火山碎屑岩类在74.98%～75.42%，集块岩类最高，达78.25%，将本区的火山岩化学成分与中国酸性岩（黎彤，1963）、中国流纹岩、国外（戴里，1959）流纹岩平均值相比，集块岩、绿色火山碎屑岩、熔结凝灰岩、熔岩晶屑凝灰岩中均是TiO_2、Fe_2O_3、FeO、Al_2O_3、CaO、Na_2O、P_2O_5偏低，SiO_2、K_2O则偏高. K_2O+Na_2O含量7.8%～8.8%，且$K_2O > Na_2O$. 与附近福建、浙江同类型火山岩相比，岩石富硅钾，贫铝、铁、钙、镁，为流纹质富硅富钾系列. 其具体特征详见文献[6].

3　盖层围岩热液蚀变特征

3.1　蚀变种类及其特征

盆地内围岩蚀变包括区域性蚀变和近矿围岩蚀变两大类.

区域性蚀变是指盆地中绿色火山碎屑岩层的伊利水云母化. 伊利水云母呈丝片状、鳞片状集合体交代岩石中的浆屑和胶结物，致使岩石呈绿色. 由于绿色火山碎屑岩层分布广、厚度大，热液蚀变广泛发育.

近矿围岩蚀变种类较多，主要有伊利水云母化、钾（钠）长石化、硅化、粘土化、赤铁矿化、绿泥石化、萤石化和碳酸盐化.

3.2　蚀变分带及其与多金属矿化关系

盆地内，近矿围岩蚀变与矿化有着时间和空间的联系，各种蚀变常见有相互渗透叠加现象，但总体上有一定的分带，特征如下：

①矿前期蚀变范围较大，以伊利水云母化、钾（钠）长石化、硅化为主，并具不均一性；成矿期蚀变是叠加性蚀变，自非矿围岩向矿体中心，蚀变的色素有逐渐变暗的趋势.

②流纹岩蚀变外带为粘土化或水云母化，内带为赤铁矿化，核部强赤铁矿化并往往有铀钼黑（黑色物质）.

③绿色火山碎屑岩蚀变外带主要为硅化、钾钠长石化；内部为赤铁矿化，核部往往有铀钼黑.

④熔岩晶屑凝灰岩蚀变外带为粘土化；内带为赤铁矿化，核部往往有铀钼黑.

综上所述，自围岩到矿体，颜色逐渐加深，即灰白色或浅绿—肉红或绛红—灰绿或灰黑色. 从外带到内带，蚀变强度逐渐加强，矿化由贫到富. 矿化产于红色蚀变带和暗色蚀变带中，而暗色蚀变带中往往是富矿石.

4　多金属矿化特征

仁差盆地现已查明金属矿床数个、矿化点几十个，以及一大批异常点. 多金属矿床矿化范围较大，但钼、铀、金、银的富集部位有差别. 上白垩统沉积岩底部和上侏罗统的火山碎屑岩及熔岩的一定部位铀和钼都可以富集形成工业矿床，而金、银的富集部位却在深部流纹岩及其下伏地层，浅部仅有零星分散的异常. 经多年的地质工程揭露，279 矿床被认为盆地内规模最大、最具多金属矿化的典型矿床. 该矿床在平面上，处于差干古火山口北西 4.5 km 左右的范围内，鹿子坑断裂上盘 500 ~ 600 m. 各矿种主要赋存于深部 F_2、F_3、F_4等隐伏断裂构造带，角砾岩带、破碎带，以及层间破碎带和裂隙发育带中.

279 矿床中钼、铀矿体规模较大，且比较集中，主要矿化岩石为气孔、球粒状流纹岩（J_3^{3a-2}）、砂岩和砂砾岩（J_3^{2b}），次为集块熔岩（J_3^{3a-3}）. 其中，钼 7 号矿体为规模最大、储量最多的一个钼矿体，钼平均品位 0.57%. 矿体随断裂构造延伸而跨层，由集块熔岩→流纹岩→砂岩、砂砾岩. 铀 65 号矿体是该矿床中最大的一个铀矿体，平均品位 0.107%，矿体随着断裂构造延伸而跨层. 金银矿体规模较小，矿化岩性为气孔、球粒状流纹岩、砂岩、砂砾岩，其中金 3 号矿体平均品位 6.21 g/t，银 4 号矿体平均品位 155.3 g/t，矿化岩石呈灰黑色、肉红色，见较多的黄铁矿和其他金属硫化物. 总之，各矿种矿体形态较为复杂，钼、铀矿体主要为脉状、透镜状、似层状. 金、银矿体主要为脉状、小透镜状、团块状. 各矿种主要矿体重合叠加明显，产出标高主要在 -100 ~ -350 m.

矿石经化学多项分析表明（表 1），钼、铀、

表 1　矿石的化学分析结果

Table 1　Chemical analysis of ores

	样号	U	Mo	Ag	Au	Th	Co	Cu	Pb	Zn	C	As	S
流纹岩中的矿石	1	0.078	0.317	66.5	1.19	0.0025	0.005	0.05		0.154	0.11		0.91
	2	0.0118	0.256	30.9	1.05		0.003	0.012		0.131	0.11		0.7
	3	0.031	2.13	1.1	0.19			0.003	0.069	1.79		0.72	2.47
砂岩中的矿石	4	0.054	1.42	247	8.48			0.089	0.51	2.81		0.99	11.53
	5	0.041	0.5	43.3	0.77								

注：据广东 292 队资料；w(Ag、Au)/10^{-6}，其余 w_B/10^{-2}

金、银、锌均达到工业可利用指标要求. 矿石工业类型为铝硅酸盐型，其自然类型为铀、钼硫化物细脉浸染型，金、银多金属硫化物型. 多金属矿化段蚀变明显，岩石普遍破裂、裂隙发育，见有较多的金属硫化物. 与矿化有关的围岩蚀变主要有伊利水云母化、钾（钠）长石化、硅化、粘土化、赤铁矿化、绿泥石化、“黑化”（铀钼黑）. “黑化”与赤铁矿化强的地段是钼、铀的富矿段，“黑化”、黄铁矿化强的地段是金银矿化的富矿段.

5 盆地多金属成矿条件分析

5.1 构造条件

盆地位于华南褶皱带的武夷山隆起带与南岭隆起带的交汇处，与相邻的华南褶皱系东部的大型紫金山铜（金）矿床同属于东南沿海中生代火山活动带西部亚带、环太平洋金属成矿带内，基本的地质构造背景相近. 盆地内断裂构造发育，是有利的成矿地质条件，也是控矿、导矿、储矿的良好空间，特别是北北东向区域性断裂——鹧鸪隆断裂和猪麻坝断裂、近东西向的麻楼断裂. 此 3 条断裂构造规模大，多期次构造活动强烈，形成大的硅化带、破碎角砾岩带、构造岩等，构造活动具有继承性，是该区控盆控岩构造，也是控矿构造. 鹿子坑断裂是多金属矿主要控矿构造，在鹿子坑断裂带内或其附近见有钼、铀、金、银工业矿化，多金属矿体主要赋存在神背地段深部隐伏断裂构造带及其附近. 278 铀矿床赋存于麻楼断裂中，古火山口构造是导矿的优越通道，凹槽构造是控制多金属矿床定位的有利空间.

5.2 盖层火山岩条件

盆地内发育一套沉积岩和层状火山岩，具有化学成分和机械物理性质差异大的特点. 盖层厚度大，岩石种类多，火山岩具有多相性和多旋回性，发生多次喷发间断，岩浆分异完善，火山岩建造具单峰式特征，火山活动从早期到晚期形成一个基性、中酸性、酸性的完整演化序列. 盆地的这种火山岩盖层特点，表明在盆地的深部存在强烈的构造岩浆活动，是多金属成矿的热源条件，对成矿作用具有重要意义. 火山岩中矿化主要分布在流纹岩、次流纹斑岩和含砾凝灰岩中，流纹岩、次流纹斑岩是脆性岩石，受力后易碎，沿接触面附近易形成裂隙带和破碎带；含砾凝灰岩是塑性岩石，具多层面，受力后多沿层面产生滑动或张开，加之含砾凝灰岩孔隙度比较大，为矿液的运移和沉淀提供了空间条件. 火山岩岩石化学特点是富硅偏碱贫钙镁，$K_2O > Na_2O$，为铝过饱和的酸性火山岩；含铀量较高，背景值为（21 ~ 51）$\times 10^{-6}$，平均为 38×10^{-6}，高于克拉克值约 10 倍，Th/U = 3.5，评价参数为 26.26，对成矿比较有利.

5.3 岩浆岩条件

陆相火山断陷盆地的形成与区域构造岩浆活动密切相关，而花岗岩的形成又与区域构造岩浆活动密切相关. 据相关资料和研究表明[6-10]：花岗岩的形成是陆壳发生大规模原地重熔的结果，而火山断陷盆地则是重熔层上覆盖层发生地质效应的结果. 在仁差地区，陆壳重熔，一方面导致花岗岩形成以及火山断陷盆地形成；另一方面，为多金属矿床的形成提供丰富的物质来源. 本区多次的岩浆活动，形成了大面积分布的岩浆岩，各时代含铀量（5.9 ~ 16.8）$\times 10^{-6}$. 资料显示[3]：广东地区前泥盆系变质砂页岩的铜、银丰度值分别为 30.32×10^{-6}、0.04×10^{-6}. 因此，富含多种金属成矿元素的原始地层，在发生原地重熔时，能为多金属矿床形成提供丰富的物质来源.

6 结束语

仁差火山盆地多金属矿成矿条件优越，区域地质背景、成矿地质条件与产有紫金山铜金矿床的上杭火山盆地成矿条件相似，是寻找大型多金属矿床的一类远景盆地. 但是，由于工作程度不够及认识的偏差，以往找矿工作仅仅是集中在火山岩范围及盆地中部地区，大部分钻孔在火山岩内终孔也未控制盆边断层. 目前盆边找矿和基底找矿已得到人们的高度重视. 有关研究认为，盆地边缘是多金属、贵金属矿床成矿的四大必要条件——矿源、热源、水源和沉淀空间的最佳匹配场所[3]. 上杭紫金山大型 Cu（Au）矿床产于上杭盆地的西北缘次级狭小断陷盆地内；浙西龙泉八宝山 Au、Ag 矿定位于陈蔡 - 遂昌隆起南西段龙泉八宝山火山盆地边缘断裂中；我国东北、华北一系列火山盆地金银矿床定位或多或少与盆地边缘构造有关. 过去人们从主岩类型特征上划分出了花岗岩型和火山岩型、接触带（外带）型 3 种金

属矿床类型，在当时曾有其积极的找矿意义. 近年来的科研成果显示，从成矿机理出发，这 3 种类型均受同一成矿机制控制，即当时的构造、岩浆（流体）体系控制. 而矿化产于不同主岩部位是由于受深源岩浆（流体）体定位的部位及成矿构造发育的程度控制的，主岩类型的差别仅是围岩不同而已[4]. 由于矿床的形成具有长期性和多期性，就陆相火山断陷盆地而言，产于火山岩中的矿床，从上往下矿化是从早到晚，但晚期的矿化完全有可能出现在盆地基底附近或基底以下.

近年来，国外曾在陆相火山断陷盆地基底找到斑岩铜金矿床[11]. 最近的补充勘探表明，在仁差盆地流纹岩下伏基底砂岩、花岗岩中发现了含矿的断裂构造. 因此，本文认为，仁差盆地矿尚未找完，下一步工作应开展基底的含矿性研究，以及加强在盆地边缘的找矿工作，尤其是盆地南部及东部的工作.

本文在修改过程中得到了中山大学地球科学系陈国能教授的悉心指导，深表感谢!

参考文献：

[1] 谢佑新，卫三元，刘小宇. 大型、超大型火山岩型铀矿床找矿模式及闽粤赣边区成矿远景评估［R］. 中国核科技报告，1998.

[2] 沙德铭，苑丽华. 浅成低温热液型金矿特点、分布和找矿前景［J］. 地质与资源，2003，12（2）：115－124.

[3] 贺菊瑞，金准，郑济林. 火山断陷盆地边缘成矿论［J］. 火山地质与矿产，1994，15（3）：25－32.

[4] 余达淦. 华南中生代花岗岩型、火山岩型、外接触带型铀矿找矿思路(I)[J]. 铀矿地质,2001,17(5):258－265.

[5] 王玉生，李文君. 华南东部中新生代火山岩型铀矿成矿规律、勘查模式及找矿远景［J］. 铀矿地质，1995，11（3）：140－176.

[6] 刘延勇,卢映新,梁业武,等. 粤东北仁差盆地火山岩基本特征[J]. 桂林工学院学报,2007,27(2):159－164.

[7] 陈国能. 原地重熔——中国东南地洼区中生代花岗岩的重要形成途径［J］. 大地构造与成矿学，1989，13（2）：136－149.

[8] 陈国能. 关于花岗岩成因研究的若干问题［J］. 大地构造与成矿学，1990，14（2）：185－189.

[9] 陈国能. 中国东南地洼区中生代陆壳重熔的构造过程和地质效应［J］. 大地构造与成矿学，1991，15（3）：31－40.

[10] 陈国能. 中国东南地洼区上陆壳多次重熔的效应和机制［J］. 大地构造与成矿学，1993，17（2）：191－189.

[11] 肖龙. 汇聚板块边缘的金矿成矿作用［J］. 地质科技情报，2000，19（1）：46－50.

Analysis on Metallogenic Conditions of Rencha Volcanic Basin

LIU Yan-yong[1,2], LU Ying-xin[2,3], LIANG Ye-wu[3], PENG Zhuo-lun[1,2], HUANG Qiu-rong[4], MA Hao-ming[5]

(1. *Department of Earth Sciences*, *Sun Yat-Sen University*, *Guangzhou* 510275, *China*; 2. *Guanghe-zhongda Institute of Granite and Uranium Resource Studies*, *Guangzhou* 510800, *China*; 3. *Geology Bureau of Nuclear Industry of Guangdong*, *Guangzhou* 510800, *China*; 4. *Tibet Resources Investing* (*Western Mining*). *Ltd*, *Lasa* 850000, *China*; 5. *Earthquake Administration of Guangdong Province*, *Guangzhou* 510070, *China*)

Abstract: Structures are developed in Rencha Basin. Among them the volcanic rock roof, fragmentized belt and basement groove are closely related to mineral deposit. The compositions of acid (somewhat alkaline) volcanic rocks are characterized by Al-supersaturation and Si-rich while depleted in Ca and Mg. The content of uranium in host rocks is comparatively high (almost 10 times higher than its clarke value), with an average background value of 38×10^{-6} (ranges from 21×10^{-6} to 51×10^{-6}). In addition, the value of Th/U is 3.5, with its evaluating parameter up to 26.26, indicating an advantage in ore-forming. The U content of Rencha Basin volcanic rocks ranges from 5.9×10^{-6} to 16.8×10^{-6} in the geological record. In the metamorphic sandshale of Pre-devonian, the concentrations of Cu and Ag are respectively up to 30.32×10^{-6} and 0.04×10^{-6}. Thus the metalliferous original strata (source rocks) can contribute abundant ore metals to the formation of polymetallic ore deposits when the in-situ melting occurs. In conclusion, due to the excellent ore-forming conditions of the Rencha Basin, as the prospect area for volcanic polymetallic ore deposits, the east and south of the Basin and the basement should be preferentially considered. .

Key words: volcanic basin; polymetallic deposit; metallogenic condition; Guangdong