

闽北中生代火山岩浆活动与 金属成矿的关系

方继专

(宜昌地质矿产研究所)

提 要 在岩石学和微量元素地球化学研究的基础上,通过对典型区的解剖,探讨了中生代火山岩浆活动与金属成矿的关系,认为与板块运动两个阶段相对应发育两个不同的金属成矿系列。一个系列与挤压环境内晚侏罗世火山岩浆活动有关,矿质来源有两重性(晚侏罗世火山—岩浆岩和/或围岩),是主要的成矿系列;另一系列与挤压—拉张环境内早白垩世火山岩浆活动有关,成矿发生在火山盆地边缘相对较深的部位。

关键词 中生代火山岩浆活动 金属成矿 成矿系列

研究区位于浙闽粤中生代火山活动带上,属于环太平洋金属成矿带的一部分。中生代期间太平洋板块向欧亚大陆板块俯冲,导致了广泛、强烈的火山岩浆活动,晚侏罗世和早白垩世火山岩浆活动反映了板块运动的两个不同阶段,它们不仅在活动形式、空间展布、岩石特征方面,而且在金属成矿(Cu、Pb、Zn、Au、Ag等)方面都存在明显差异。

1 中生代火山岩浆活动

1.1 晚侏罗世火山岩浆活动

本期火山—岩浆岩是浙闽粤火山—岩浆岩带的主体,空间上呈北东向带状展布,表现为裂隙式火山喷发、溢出。火山岩与安第斯山典型大陆边缘火山活动带岩石特征相似^[2],表明火山岩浆活动发生于强烈挤压环境中。火山岩自下而上分为长林组和南园组,长林组 J_{3c} 为一套沉积—火山碎屑岩,下段以凝灰质砂岩、粉砂岩为主,上段以叶腊石化流纹质晶屑凝灰熔岩、流纹质角砾岩和凝灰质砂岩为主;南园组 J_{3n} 为一套巨厚的陆相中、中酸性—酸性熔岩,夹火山碎屑岩和沉积岩。次火山岩、侵入岩大多分布于南园组中,有闪长岩类和次英安岩、花岗斑岩等,它们与同成分的熔岩既有穿插关系,又有过渡关系。

1.2 早白垩世火山岩浆活动

早白垩世与晚侏罗世的火山岩特征基本相似,但在哈克图解中 SiO_2 含量呈现双峰的特

点^[2]。这说明本期火山岩浆活动发生于挤压—拉张的环境,可能与大洋板块俯冲减速,在地壳强烈挤压过程中出现松弛状态有关。火山岩浆活动呈现出中心式的特征,且岩浆的碱性和分异程度升高。岩石展布多呈大面积火山盆地,各盆地在区域上沿北西和北东方向串珠式排列,构成盆地的主体为石帽山群 K_{1sh} ,它是一套陆相红色沉积—火山碎屑岩系,次火山岩和侵入岩主要分布于早白垩世火山活动中心附近,有花岗斑岩、二长斑岩、正长斑岩和流纹斑岩等。

2 中生代火山—岩浆岩微量元素特征

2.1 铜、铅、锌、锡、钼矿化(表 1)

Cu, Pb, Sn 高于地壳丰度和中酸性岩的平均含量,但富集系数不大, Mo 略高于地壳丰度, Zn 低于地壳丰度,这说明晚侏罗世和早白垩世火山—岩浆岩区具有一定的铜、铅、锡成矿潜力。

表 1 晚侏罗世、早白垩世火山—岩浆岩微量元素平均含量(ppm)

Table 1 Average content (PPm) of some rare elements in Late Jurassic and Early Cretaceous volcanic and magmatic rocks

时代	岩石名称	Cu	Pb	Zn	Sn	Mo
K_1	花岗闪长岩	47	39	49	7	15
	花岗岩	54	42	41	8	6
K_{1sh}	英安岩	47	33	50	5	2
	凝灰熔岩	55	44	58	7	4.8
J_3	花岗闪长岩	47	52	73	12	4
	花岗岩	54	87	55	12	6
J_{3n}	英安岩	71	36	62	8	4
	流纹岩	61	54	47	9	4
	中酸性凝灰熔岩	46	51	53	7	4
	酸性凝灰熔岩	49	56	48	6	4
J_{3c}	凝灰熔岩	43	66	31	7	4
地壳克拉克值		45	15	65	3	3
维诺格拉多夫	酸性岩	20	20	60	3	1
克拉克值	中性岩	35	15	72		0.9

资料引自《福建省区域地质志》

2.2 金、银矿化

本区晚侏罗世中性和中酸性火山—岩浆岩具有较高的金、银含量(表 2),显示了较好的金、银成矿远景。而早白垩世火山—岩浆岩 140 多件样品分析结果表明各种岩石类型其金含量均低于地壳丰度(一般为 $0.83 \sim 2.2ppb$), Ag 近于地壳丰度,这是因为金、银有在岩浆早期阶段

(晚侏罗世)的中酸性和中性岩中富集的趋势。

3 中生代火山岩浆活动与金属成矿的关系

为阐明中生代火山岩浆活动与金属成矿的关系,选择了具有代表性的晚侏罗世小坑—翁坑矿化区和早白垩世东坑火山盆地进行重点研究。

3.1 晚侏罗世火山岩浆活动与金属成矿的关系——以小坑—翁坑矿化区为例

表 2 晚侏罗世火山岩浆岩金、银平均含量(ppb)

Table 2 Average content(PPb) of gold and silver in some Late Jurassic Volcanic and magmatic rocks

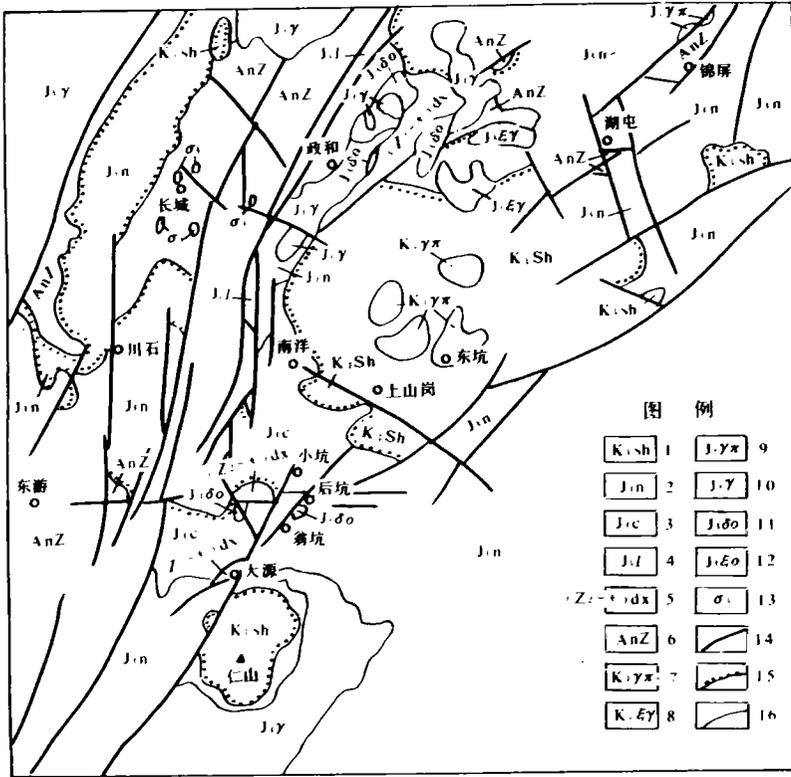
时代	J _{3n} *				J _{3c}	J ₃	地壳丰度 (R. 博伊尔)
	英安质晶屑凝灰岩	角闪英安岩	安山岩	凝灰质砂砾岩			
岩石名称	英安质晶屑凝灰岩	角闪英安岩	安山岩	凝灰质砂砾岩	中酸性熔岩	闪长岩	
Au	27.2	36.8	20.3	32.5	23	46	3.5
Ag					625	668	65

* 据闽北地质大队资料

区内出露地层(图 1)有稻香组浅变质岩系、长林组火山碎屑岩系和南园组火山碎屑熔岩。长林组下段 J_{3c}¹ 自下而上为凝灰质砂砾岩、紫红色凝灰岩—深灰色硅化凝灰岩、流纹质熔岩角砾岩(具较强叶腊石化、绿泥石化、碳酸盐化和绢云母化,在横向上岩性可过渡为流纹质晶屑凝灰熔岩),厚层状具叶腊石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化和碳酸盐化流纹质晶屑凝灰岩,中至薄层状流纹质晶屑凝灰岩、凝灰质砂岩和粉砂岩;上段 J_{3c}² 与 J_{3c}¹ 呈喷发不整合接触,分布于矿化区东北角,以叶腊石化流纹质晶屑凝灰熔岩为主,夹流纹质晶屑凝灰岩和英安质晶屑凝灰熔岩。南园组上段为流纹质晶屑凝灰熔岩、中酸性熔岩,具有较强的叶腊石化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化和硅化。

侵入岩为闪长岩类,主要沿翁坑—后坑—小坑一线北东向分布,往小坑方向岩体埋深增大。在后坑一带,自上而下流纹质晶屑凝灰熔岩、碎斑熔岩、斜长流纹岩和细粒石英闪长岩之间在矿物组合、结构构造和蚀变特征等方面存在相互过渡关系,反映它们是同源、不同深度的产物,在不同钻孔的不同深度分别见有强度不一的硅化、叶腊石化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化、多金属矿化、绿帘石化和钾化等蚀变。

3.1.1 金、银矿化 区内发育有 Au—Ag 石英脉型和 Au 破碎带蚀变岩型矿化。前者见于 J_{3c}¹ 厚层状流纹质晶屑凝灰岩中,矿脉受 NE 向断裂控制,产状为 NE40°~60°/NW∠65°~85°,蚀变以矿化脉为中心对称分带,即矿化脉两侧依次发育黄铁绢英岩化和硅化、绢云母化。矿化垂向分带明显,自上而下为含 Ag、Au 石英细脉带(Au 4.73g/t, Ag 417g/t)—含 Ag、Au 石英脉(Au 16.30g/t, Ag 725g/t)—含 Au、Ag 硫化物石英脉(Au 12.64g/t, Ag 202g/t)—含 Ag、Au 稠密浸染状至块状金属硫化物(Ag 398g/t, Au 0.36g/t)。含 Ag、Au 硫化物矿石由碎裂状黄铁矿、铁闪锌矿(Fe 达 16.61%)、方铅矿、黄铜矿和少量石英、绿泥石、方解石组成,金、银主要呈辉银



图例说明: 1. 白垩系下统石帽山群 2. 侏罗系上统南园组 3. 侏罗系上统长林组 4. 侏罗系下统梨山组 5. 寒武系—震旦系上统稻香组 6. 建群 7. 早白垩世花岗岩斑岩 8. 早白垩世钾花岗岩 9. 晚侏罗世花岗岩斑岩 10. 晚侏罗世花岗岩 11. 晚侏罗世石英闪长岩 12. 晚侏罗世石英正长岩 13. 加里东期超基性岩 14. 断裂 15. 不整合界线 16. 地质界线
(据闽北地质大队 1/20 万政和一尤溪地质图改编)

图 1 福建省政和一建瓯一带地质图

Fig. 1 Geological map os Zhenghe—Jian ou area, Fujinn

矿、自然银和金银矿包体存在于前三种矿物中,石英中发现含 NaCl 子晶的三相包裹体,矿石与晚侏罗世闪长岩具有很相似的稀土分布模型(图 2),说明其形成温度较高、与晚侏罗世闪长岩有密切成因联系,矿石富 Eu 反映这类矿化与斜长石蚀变有关,因为斜长石是 Eu 的主要富集矿物,且又为闪长岩中成矿元素的主要载体。

破碎带蚀变岩型矿化主要发育于后坑—翁坑一带的南园组和稻香组中,矿化带由构造岩、蚀变岩、硅化石英细脉—网脉、石英脉和含硫化物石英脉构成,蚀变强度大,表现为面型(叶腊石化、绿泥石化、碳酸盐化等)和线型蚀变(硅化、黄铁矿化、金属硫化物矿化)的叠加。闪长岩与熔岩的关系、矿化与蚀变特征以及航、卫片解译结果,均反映出后坑—翁坑很可能为晚侏罗世的火山岩浆活动中心。闪长岩类的侵入提供了局部的热异常中心,打破原来的水动力平衡条件,围绕其形成新的水热循环系统,通过叶腊石化、绿泥石化和碳酸盐化等作用,岩石中的成矿组分转入热水溶液中(如新鲜的石英闪长岩和中酸性熔岩含 Au 5.5~50ppb、Ag 6.25ppm,而强烈叶腊石化、绿泥石化和碳酸盐化者含 Au 0.25~6.5ppb、Ag 0.12~0.80ppm),并运移至有利的构造部位沉淀富集,同时伴随硅化、黄铁矿化等线型蚀变。成矿应属于浅成热液型金、银矿

化,即上部为 Ag、Au 矿化—中部为 Au 矿化—下部为含 Ag、Au 矿化,但地表的矿石富 Au、贫 Ag,可能表明上部 Ag、Au 段已被剥掉。根据含石英中 CO₂ 包裹体研究,求得压力为 $(4\sim 5)\times 10^7\text{Pa}$ (相当于 1.3~1.6km),证明剥蚀深度超过了 1km。

不同产状黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 和石英的 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ (表 3) 反映矿石硫与岩浆成因硫 ($\delta^{34}\text{S}$ 2.6~4.7‰) 不同、石英的 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 与东南沿海地区中生代大气降水 $\delta\text{D}=-40\sim-50\text{‰}$ (据张理刚,1985) 相近,这证明大气降水在成矿中起重要作用。

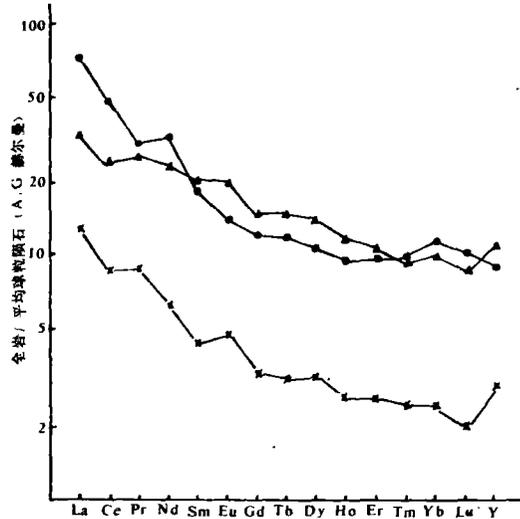
3.1.2 铜、铅、锌矿化 根据:a、晚侏罗世中性和中酸性火山—岩浆岩具有较高 Cu、Pb 背景值;b、晚侏罗世火山—岩浆岩强烈、广泛蚀变,在叶腊石化、绿泥石化和碳酸盐化过程中 Cu、Pb 等组分析出,并通过硅化和黄铁矿化作用发生富集,如强叶腊石化、绿泥石化和碳酸盐化岩石含 Cu 一般低于 40ppm、Pb<50ppm,而强硅化、黄铁矿化者 Cu 和 Pb 含量分别达 0.2%和 1%;c、含 Ag、Au 硫化物矿石 Cu、Pb、Zn 含量均大于 1%;d、福建上杭紫金山晚侏罗世中酸—中性火山—岩浆岩内的隐爆角砾岩筒中发现了大型铜金矿床。作者认为在强烈蚀变的中酸至中性火山—岩浆岩区(主要在南园组分布区)存在较好的 Cu、Pb、(Zn)成矿远景,矿化有两种类型:一为与中酸性岩类有关的 Au、Ag、Cu、Pb、(Zn)矿化;另一为与偏中性岩类有关的(Au)、Cu 矿化,空间上与斑岩体和角砾岩筒有关。

3.2 早白垩世火山岩浆活动与金属成矿的关系—以东坑火山盆地为例

这是一个典型的中心式复合火山机构,面积约 242km²,地形切割深,从两侧向中央岩性具有对称的特点。石帽山群 K₁sh 可分为上、下两个组和四个岩性段:K₁sh₁ 为紫红色凝灰质砂砾岩、杂砂岩;K₁sh₂ 为灰紫色熔结角砾凝灰岩、火山角砾岩、英安岩、流纹岩;K₁sh₃ 为紫红色凝灰质杂砂岩、杂砂砾岩;K₁sh₄ 为安粗质熔结角砾岩、熔结凝灰岩、流纹质和英安质晶屑凝灰熔岩、火山角砾岩、英安岩、粗安岩、流纹岩和粗面岩等。

根据北西、北东向两条剖面以及九蓬火山穹窿和石洪坑破火山口的研究,发现在高差达 800m 区间内,不论何种岩石,矿化和蚀变均很微弱,仅在次火山岩和火山角砾岩发育处,可见弱硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化、叶腊石化、萤石化及铅锌矿化等现象。金、银矿化程度低,142 件岩石金、银化学光谱样品中仅 3 件(黄铁矿化者)金高出地壳丰度 3~6 倍,其余样品金均低于地壳丰度,银近于地壳丰度。

位于盆地西南部海拔 900m 土处的上山岗金银矿点,是福建早白垩世火山岩中唯一的金银



说明:●晚侏罗世石英闪长岩 ▲晚侏罗世闪长玢岩
×硫化物(黄铁矿、闪锌矿)矿石

图 2 闪长岩、硫化物矿石稀土元素球粒陨石标准化模型

Fig. 2 Chondrite-normalized REE distribution patterns of diorite and sulfide ore in the area

矿点,主要赋矿岩石为 $K_2Si_2O_7$ 流纹质晶屑凝灰熔岩和熔结凝灰岩。矿化和蚀变带规模小,与二长斑岩体有关,但垂向分带清楚,上为石英细脉、网脉带, Au 1~10g/t, $Ag > 20g/t$; 下为矿化蚀变破碎带,具绿泥石化、碳酸盐化、铅锌矿化、黄铁矿化和萤石化, Au 、 Ag 含量降低, Pb 、 Zn 高达 4.65% 和 7.88%。这些特点表明应属浅成热液型 Au 、 Ag —贱金属矿化。

早白垩世火山盆地内岩石蚀变、矿化微弱,反映与干旱缺大气水环境有关,即使某些岩石类型的 Cu 、 Pb 背景值较高,由于缺乏成矿热液活动,形成有工业意义矿床的可能性很小,但不排除在早白垩世火山岩浆活动波及区内成矿的可能性。

表 3 不同产状黄铁矿和石英的硫、氢同位素组成

Table 3 Sulfur and hydrogen isotope composition for different occurrences of pyrite and quartz

矿 物	产 状	$\delta^{34}S\%$	$\delta D_{H_2O}\%$
黄 铁 矿	硫化物矿石	-1.9~0.98	
	呈立方体产于凝灰熔岩中	2.6	
	呈立方体产于石英闪长岩中	4.7	
石 英	小坑石英脉		-43.1~-50
	后坑—翁坑破碎蚀变带中的石英脉		-42.8~-53.9

4 金属成矿系列

综上所述,晚侏罗世和早白垩世火山岩浆活动与金属成矿的关系可用两个成矿系列来体现,它们在空间分布、发育程度、物质来源及组成等方面均有显著区别。

4.1 晚侏罗世火山—岩浆成矿系列

晚侏罗世火山—岩浆岩具有较高的 Au 、 Ag 、 Cu 、 Pb 背景值,在强烈的水/岩交换过程中,本身及作用围岩的成矿物质被萃取出,反映矿质来源有两重性,成矿既可发生于晚侏罗世火山—岩浆岩中,也可发生于其它岩石中。组成该系列的有:与中酸性岩类有关的浅成热液型 Au — Ag 、 Ag — Au —贱金属矿化(位于火山岩浆活动中心)和 Au — Ag 石英脉型、 Au — Ag — Cu — Pb — Zn 硫化物脉型矿化(远离活动中心);与偏中性岩类有关的 (Au) — Cu 矿化(与斑岩体和角砾岩筒空间关系密切)。其中 (Au) — Cu 矿化和 Au — Ag — Cu — Pb — Zn 硫化物脉型矿化是作者在本区首次提出的矿化类型。

4.2 早白垩世火山—岩浆成矿系列

由于早白垩世火山盆地内不具备成矿的条件,且当时为干旱缺大气水的环境,金属成矿只能发生在盆地边缘相对较深的部位,矿质主要源于围岩、部分矿质(Cu 、 Pb 、 Zn 等)可能来自早白垩世的岩体,矿化种类主要取决于围岩的含矿特点。与中性—中酸性岩类有关的铜矿化和与中酸性—酸性岩类有关的 Pb 、 Zn 矿化(如东坑盆地北缘的夏山铅锌矿)应为该系列的主要组

成。

在工作中得到夏卫华教授和冯志文副教授的指导,以及闽北地质大队的协助,诚致谢意。

参考文献

- 1 福建省区调队. 1/20 万建瓯幅地质调查报告. 地质出版社, 1978
- 2 福建省地质矿产局. 福建省区域地质志. 地质出版社, 1985
- 3 依万金 П Ф 等. 次火山金银矿床成矿作用的主要特征. 国内地质资料, 1980, (2)

THE RELATIONSHIP BETWEEN MESOZOIC VOLCANIC MAGMATISM AND METAL MINERALIZATION IN NORTHERN FUJIAN

Fang Jizhuo

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Based on the study of petrology and geochemistry, the author approached the relationship between Mesozoic volcanic magmatism and metal mineralization by analysing some typical districts, and suggested that two different epochs of ore-forming series corresponding to the two stages of plate movement respectively be developed. The former is more important, with relation to Late Jurassic volcanic magmatism taking place in compressional environment. And its source of ore materials has ambiguity (coming from itself and/or host rocks). This series include mineralization with relation to intermediate acidic rocks (epithermal Au—Ag and Ag—Au base metal, Au—Ag quartz vein, and Au—Ag Au Pb Zn sulfide vein type), and Au—Cu mineralization related to nearly intermediate rocks and having closely spatial association with porphyry bodies and breccia pipes. The latter developed in relatively deep sites along the margin of Early Cretaceous volcanic basins, with relation to Early Cretaceous magmatism in compressional—extensional environment. And the ore-forming metal depends on the ore-bearing characteristics of wall rocks. Cu and Pb—Zn mineralizations are the main components of this series.