

煌斑岩与某些热液矿床关系新探 ——兼论幔源 C-H-O 流体的分异演化^①

孙丰月 石准立

(长春地质学院) (中国地质大学)

提 要 本文指出了煌斑岩与某些热液矿床之间在大的时、空尺度上密切相关,而在小尺度上则具有明显的独立性。提出并论证了煌斑岩及某些热液矿床形成过程中的幔源 C-H-O 流体的分异演化模式,即溶解了大量常量及微量元素的高温幔源 C-H-O 流体上升进入地壳后,因压力降低及挥发分组成的变化发生分异作用,形成相对富含铁镁质的硅酸盐流体及相对富含硅碱质的 C-H-O 流体,前者在地壳浅部定位形成钙碱性煌斑岩,而后者则引发并参与了地壳中的某些热液成矿作用。

关键词 煌斑岩 热液矿床 幔源 C-H-O 流体 ‘类岩浆’

自 Rosenbusch 于 1887 年提出煌斑岩这个术语至今已经 100 多年了。但长期以来人们对这类岩石的重视程度远不及其它岩石,无论是对煌斑岩成因还是煌斑岩与热液矿床关系的研究都存在大的争论。本文在分析煌斑岩与某些热液矿床关系基础上,结合对幔源 C-H-O 流体活动的研究,创造性地提出了幔源 C-H-O 流体的分异演化模式,为研究深部地质作用对煌斑岩及某些热液矿床形成的影响提出了一条新的途径,并从理论上探讨了煌斑岩的找矿意义。

1 煌斑岩与某些热液矿床的时、空关系

1.1 与煌斑岩有关的热液矿床

直到近 10 年来人们才逐渐认识到一些热液矿床与钙碱性煌斑岩有关。起初,主要发现 Au 和 U 矿床与煌斑岩有关,Boyle(1979)曾指出“一些勘探者中流传着一个谚语——煌斑岩是金的良好标志”。八十年代至今一些研究者强调 Au 矿床与煌斑岩具有密切的时、空关系^[1-6],杜乐天^[7]曾指出我国华南地区 W、Sn 矿化之后,U 矿化之前存在煌斑岩的侵入活动,金景福等^[8]、王学成等^[9]也先后认为煌斑岩与花岗岩型 U 矿化时、空关系密切,向茂木^[10]则提出贵州

^① 该项研究受博士后基金资助

收稿日期 1994. 12. 7 改回日期 1995. 1. 11

Hg 矿床也与煌斑岩有关, Rock^[11]在其煌斑岩的专著中指出, 除 Au、U 矿床外, 世界范围内许多 W、Sn、Mo、Cu、Pb、Zn、Ag、Be 等矿床也与钙碱性煌斑岩关系密切。总之, 随着时间的推移, 已经发现了一些热液矿床与煌斑岩有关。

1.2 煌斑岩与一些热液矿床间的独特时、空关系

目前人们在描述煌斑岩与某些热液矿床的时、空关系时多用“两者具有密切的时、空关系”来表示。但笔者认为这过于笼统, 有必要从不同的时、空尺度上作进一步的分析。

时间上, 若从区域地质演化出发, 世界上许多矿区煌斑岩的形成时代变化范围不大, 且与成矿年龄接近, 两者应属同一构造岩浆活动期的产物。但当分析具体的成岩、成矿年龄及其相互穿插关系时, 它们又有明显的先后关系, 可分出成矿前、成矿期及成矿后三种煌斑岩。对不同矿种来说有所差异, 如我国华南地区煌斑岩多形成于 W、Sn 矿化之后, U 矿化之前。金矿区内往往三种煌斑岩都有, 成矿年龄被包含在煌斑岩成岩年龄的变化范围内, 如胶东地区煌斑岩成岩年龄在 83~149Ma 之间^[6,12], 而金矿化年龄则在 100~135Ma 之间。加拿大地盾中的绿岩带型金矿床也存在类似的现象。^[4]

从空间关系看, 在一些热液矿床的成矿带和矿化集中区内往往发育与矿化同期的煌斑岩脉群, 矿田和矿床范围内同期煌斑岩也较发育。在西澳、加拿大、我国的胶东及小秦岭等金矿化集中区都存在这种现象, 反映出在较大的空间尺度上煌斑岩与金矿化具有密切的空间相伴性。但当进一步分析矿脉、矿体与煌斑岩脉的关系时, 除了有些岩脉与矿脉(体)共用相同的构造空间(断裂)而表现出密切的空间关系外, 多数情况下两者独立存在。首先, 煌斑岩与矿体的产状多不一致, 除走向和倾向常有差别外, 岩脉以近直立产出为最多, 而矿脉(体)的倾角变化很大; 其次, 大部分煌斑岩与围岩界线截然清楚, 其边部矿化或蚀变作用不明显, 许多煌斑岩都切割矿化蚀变带(图 1); 第三, 虽然煌斑岩中成矿元素含量往往较高, 但岩脉边部的围岩中成矿元素含量与岩脉不发育地段并无差别。如王学成等^[9]在研究华南铀矿时, 通过系统的取样分析发现, 虽然煌斑岩中的铀含量较高, 但岩脉两侧的围岩中并不存在铀的升高或降低。胶东地区金矿床中这种情况普遍存在。

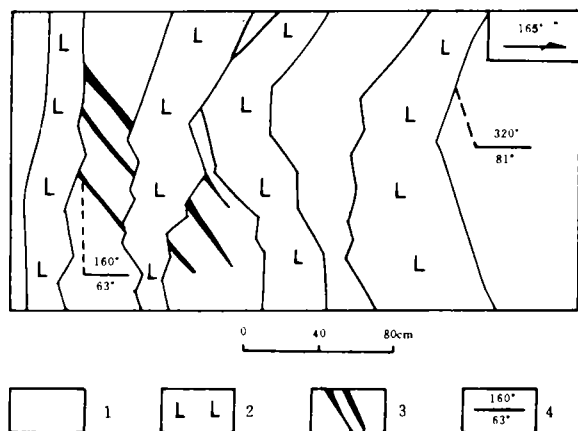
综上所述, 笔者认为无论在时间上还是在空间上, 煌斑岩与某些热液矿化之间表现为在大尺度上密切相伴, 而在小尺度上则相互独立。

2 幔源 C-H-O 流体与煌斑岩的成因

2.1 煌斑岩简介

煌斑岩与其它类型岩石相比富含挥发分及不相容元素、其它成分变化较大, 为中到暗色脉岩, 具煌斑结构。Rock^[11]在 Streiksen(1979)分类基础上, 依据岩石的矿物及化学成分划分出五类煌斑岩, 并把金伯利岩作为煌斑岩的一类, 它们是: 钙碱性煌斑岩、碱性煌斑岩、超镁铁质煌斑岩、钾镁煌斑岩及金伯利岩, 这些岩石除各有特点而相互区别外, 又具有共同的特点而区别于其它类型岩石。

2.2 幔源 C-H-O 流体分异与煌斑岩成因



1. 钾长石化花岗岩 2. 煌斑岩 3. 石英黄铁矿脉 4. 产状

图1 山东招远罗峰金矿煌斑岩切割矿脉

Fig. 1 Lamprophyres crosscutting quartz — pyrite veins in Luofeng gold mine, Shandong province

资料看,幔源 C-H-O 流体主要有两个来源:(1)洋壳俯冲,Ito 等(1983)、Peacock(1990)曾估算出每年大约有 10^{13} kg 的 H_2O 随洋壳俯冲进入上地幔;(2)地核及地幔脱气。

长期以来,人们对岩浆可以分异出 C-H-O 热液并形成有关矿床这一过程比较熟悉并做了大量的研究工作。但 C-H-O 流体能否分异出硅酸盐流体却一直是我们的认识上的空白。经研究认为第二种过程在自然界同样可以存在。

目前积累的上地幔温压条件下进行的高温高压实验成果及有关的流体包裹体资料给我们带来了许多重要启示。(1)幔源 C-H-O 流体可以溶解大量的常量及微量元素(表 1),并非通常所认为的幔源挥发分流体仅溶解碱质。Ryabchikov 等^[15]实验发现在高温高压下流体中溶质总含量可达 50%±。Navon 等^[16]在金刚石中发现的显微流体包裹体中含 $(20 \sim 1270) \times 10^{-6}$ 的金属氧化物,主要为 SiO_2 、 K_2O 、 CaO 、 FeO 、 Al_2O_3 、 MgO 、 Na_2O 、 TiO_2 等,并含有 Cl 和 S 等元素。笔者利用 Navon 等的资料计算出各种氧化物在流体中的含量达 54%±。金刚石中的流体包裹体直接反映了深度 >150km 的上地幔中流体的成分特征。(2)各种元素存在明显的不一致溶解现象。如 H_2O 与天然铁闪石或金云母橄榄岩发生溶解反应时, SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 等比其它组分更易进入溶液中^[14], H_2O - CO_2 流体在与尖晶石橄榄岩共存时,Ca、Na、Fe、Ti 比 Mg、Al 等更易进入挥发分流体中^[17]。从地幔交代作用及流体包裹体的资料看,许多微量不相容元素在幔源流体中都有较高的含量。由于元素在幔源 C-H-O 流体中的不一致溶解现象,致使这种幔源流体的成分与周围地幔及地幔熔体的成分都有很大的差异。(3) H_2O 和含 CO_2 流体的溶解能力相差很大,前者远大于后者,且前者的溶质显过铝性,后者则呈过碱性^[14]。(4)C-H-O 流体的溶解能力是压力的函数,一般讲,压力(深度)越大,流体的溶质含量越高。^[15,18]

煌斑岩成因一直存在大的争论,虽然人们已经做了各种探索,但仍存在难以解决的矛盾。对此,笔者等^[19]曾做过专门论述,并在前人研究基础上,结合煌斑岩特征及幔源 C-H-O 流体的活动,提出了煌斑岩的‘类岩浆’成因机制,合理地解释了煌斑岩的形成。所谓‘类岩浆’(para-magma)是指幔源 C-H-O 流体在上升过程中分异出的饱和挥发分的硅酸盐流体,因并非地幔物质直接熔融的产物,故引入了‘类岩浆’一词来表示。为了便于以后的论述,以下对此作一简单介绍。

目前幔源矿物的流体包裹体资料、大陆裂谷及大洋中脊附近的喷气活动以及广泛发育的地幔交代作用都说明上地幔中存在独立的 C-H-O 流体相。从现有

表 1 高温高压条件下流体中溶质化学成分表

Table 1 Chemical composition of solutes in high-T and P solutions

实验物质		天然铁闪石			金云母橄榄岩		
压力(GPa)		1.3	1.5		2.0	2.0	
温度(℃)		750	750		1100	1100	
时间(小时)		24	24		24	24	
H ₂ O/(H ₂ O+CO ₂)		1.0	1.0		1.0	0.91	
化 学 成 分 (%)		溶质化学成分		矿物化学成分	溶质化学成分		岩石化学成分
	SiO ₂	59.0	57.1	38.9	71.4±0.1	72.2±0.6	51.2
	TiO ₂	2.1	1.3	5.1			
	Al ₂ O ₃	17.6	18.6	14.5	13.1±0.1	14.1±0.2	5.7
	FeO*	3.0	3.5	12.7			
	MgO	6.4	7.6	11.9	5.8±0.1	5.3±0.2	36.3
	CaO	3.0	2.4	10.6			
	Na ₂ O	6.0	6.1	2.4			
	K ₂ O	2.9	3.4	1.7	9.7±0.1	8.4±0.4	4.65
溶质含量(%)		2.33	2.70		11.8	1.0	

FeO* = Fe₂O₃ + FeO(据 Schneider 等^[14]实验资料编制)

总之,幔源 C-H-O 流体是一种高温高密度的超临界流体,其中的挥发分主要为 H₂O 和 CO₂,含少量的 F、Cl、S、P 及惰性气体等组分,其中溶解了大量的常量及微量元素。在其上升过程中,虽然自身的温度变化不会太大^[19],但随深度的变浅,压力降低是必然的(减压也可因构造因素引起),同时上地幔顶部因角闪石可稳定存在而消耗 H₂O,使 C-H-O 流体变得更富 CO₂。这些变化都会大大降低幔源 C-H-O 流体的溶解能力,导致其发生分异作用。从实验资料看,铁镁质更易脱离流体。由于幔源流体的高温特点,挥发分流体中难以直接析出固体矿物,而是形成了饱和挥发分且相对富含铁镁质的硅酸盐‘类岩浆’并使分异后 C-H-O 流体更富硅碱质。这种‘类岩浆’可以合理解释煌斑岩的各种特征,这里不再赘述。

笔者^[13]还论证了‘类岩浆’形成深度对煌斑岩类型的影响。综合考虑各种煌斑岩特征及其中所含的岩石包体所反映的深度资料,我们推测各类煌斑岩‘类岩浆’房的深度如下:金伯利岩(>150km)≥钾镁煌斑岩(>150km)>超镁铁质煌斑岩(66~120km)>碱性煌斑岩(66km~莫霍面)>钙碱性煌斑岩(下地壳)。世界范围内,与热液矿床有关的主要是钙碱性煌斑岩,笔者认为这是由于钙碱性煌斑岩的‘类岩浆’房形成于下地壳,说明分异出此种‘类岩浆’的幔源 C-H-O 流体已进入地壳之中,从而参与成矿。但其它四类煌斑岩的‘类岩浆’房形成于地幔中,分异后的 C-H-O 流体在上升过程中易于被地幔物质吸收而使其进入地壳中参与成矿的机会大大减小。倪师军等^[20]的煌斑岩的包裹体资料反映了‘类岩浆’的富挥发分特点(表 2)。

表 2 小秦岭地区煌斑岩的岩浆和流体包裹体成分(摩尔分数)^{〔20〕}

Table 2 Composition of magma and fluid inclusions in lamprophyres in Xiaoqinling area

包裹体成分		液相成分				气相成分			
		CO ₂	H ₂ O	H ₂ S	SO ₂	CO ₂	H ₂ O	H ₂ S	NH ₃
岩浆包裹体	L—6	85		15					
	L—1	85	15						
流体包裹体	L—5	45	34	21		50.3	26.9	11.6	11.2
	L—6	54	36	10					

3 钙碱性煌斑岩与某些热液矿床的成因联系

3.1 现有的几种观点

3.1.1 强调两者同源 刘辅臣等^{〔1〕}指出玲珑金矿的中基性脉岩(含煌斑岩)与金都来自深部,但未做进一步分析。刘连登等^{〔2〕}则认为花岗岩—脉岩—金矿化并非结晶分异作用形成,而是地壳深部同一岩浆源分离结晶序列。

3.1.2 煌斑岩从深部带来成矿金属 Rock 等^{〔5〕}认为煌斑岩是深部物质熔融的产物,煌斑岩岩浆从深部带来了金,并强调煌斑岩可以与地壳物质发生强烈反应形成中酸性岩浆岩。我国一些研究者也相继认为煌斑岩可以为金矿化提供金或部分金。

3.1.3 两者无成因联系仅共用相同的构造空间 McNeil 等^{〔3〕}和 Wyman 等^{〔4〕}指出没有证据显示加拿大地盾中的金矿化直接因煌斑岩的侵位而形成,两者只是共用了相同的构造条件。

3.1.4 煌斑岩主要为成矿提供沉淀富集场所 王学成等^{〔9〕}认为华南铀成矿过程中,煌斑岩不能为成矿提供铀源,主要为铀提供了沉淀富集场所。同时认为煌斑岩所代表的构造-岩浆活动还可为铀活化转移创造条件。

3.1.5 煌斑岩为成矿提供热液 金景福等^{〔8〕}研究希望铀矿时认为煌斑岩岩浆贯入过程中分异出的富 CO₂ 流体是成矿热液的主要来源,铀来自花岗岩。倪师军等^{〔20〕}认为小秦岭金矿区中基性脉岩反映了地壳的拉张环境,这有利于形成热液体系,金则来自矿源层。

以上观点虽都有其合理性,但并不能说明不同时、空尺度上煌斑岩与某些热液矿床间所表现出的独特关系。有的强调了两者的时、空关系的密切性,忽视了其相互独立性,而有的则相反,从而得出了不同甚至相反的看法。

3.2 幔源 C-H-O 流体的分异演化模式

3.2.1 模式的具体含义 前已述及,煌斑岩与某些热液矿床之间在大的时、空尺度上密切伴生,而在小尺度上相互独立。同时,除煌斑岩的幔源特征明显外,大量资料表明许多热液矿床中有幔源物质加入,如许多脉状金、铀矿床中方解石的 δ¹³C 值与幔源岩浆碳酸岩一致,矿石与

煌斑岩的硫、铅同位素反映两者同源,^[4,8,20,21]矿石和煌斑岩中都富含 Cr、Co、Ni、V 等深源元素^[1]。为了合理解释这些现象,并结合煌斑岩的‘类岩浆’成因机制,笔者提出了幔源 C-H-O 流体的分异模式,即高温、高密度的幔源 C-H-O 流体上升进入下地壳中,因压力的降低且流体变得更富 CO₂,导致其溶解能力降低而发生分异作用,形成钙碱性煌斑岩质的‘类岩浆’及密度降低但相对富含硅碱质的 C-H-O 流体,两者虽源于同一流体,但在地壳中经历了相互独立的演化过程。

首先,C-H-O 流体的活动性大于硅酸盐流体,故‘类岩浆’的上升往往滞后于 C-H-O 流体。其次,分异后的 C-H-O 流体在地壳中经历了复杂的演化过程。这种流体可直接从地幔带来成矿元素并在地壳不同层次上成矿,如 Groves^[22]最近研究指出太古代脉状金矿的分布可以贯穿次绿片岩相到麻粒岩相的范围,成矿温度可从小于 180℃变化到 700℃,反映了地壳垂向上的连续成矿特点,并指出这需要一个巨大的、统一的深源热液体系参与成矿。另外,这种 C-H-O 流体在地壳某一层上富集时可以产生强的热力场、化学场和动力场,从而使地壳物质发生交代、重熔作用,笔者^[23]认为至少部分壳源长英质岩浆活动及有关矿床的形成与这种机制有关。第三,上述‘类岩浆’可上升至地壳浅部定位形成钙碱性煌斑岩,同时也可与地壳物质相互作用而形成与之有成因联系的其它中基性脉岩,当然并非所有这类脉岩都以这种机制形成。

幔源 C-H-O 流体的分异演化见图 2。

该模式中幔源 C-H-O 流体与成矿热液有何关系呢?因幔源 C-H-O 流体可直接从上地幔带来成矿物质,故它本身就是一种成矿热液。同时,高温的幔源流体在地壳中活动会产生异常高的地热梯度而加强地表水的深循环,或两者形成混合热液矿床,或地表水本身形成浅成低温热液矿床。由此可见,许多热液矿床的氢、氧同位素组成反映有地表水加入与本模式并不矛盾。另外,当幔源 C-H-O 流体引发地壳中的长英质岩浆活动时,有关的热液矿床则显示岩浆热液的特点。

那么成矿物质的来源是什么呢?(1)幔源 C-H-O 流体可以直接从上地幔带来金属元素及硅碱质参与成矿。对金矿来说,虽然各种资料显示上地幔的金丰度(1×10^{-9})低于地壳的金丰度(3×10^{-9}),但 Mitchell 等^[24]研究发现,世界范围内上地幔二辉橄榄岩中的金仅少部分赋存于主要造岩矿物中,而 60%~80%的金产在主要矿物颗粒间的显微硫化物颗粒中。由此可见,上地幔中金多呈易活化状态,高温高压的 C-H-O 流体理应可以从上地幔中搬运大量金。另外,在金伯利岩中所发现的一系列矿物如自然铁、铜、锡、硅铁石、二硅铁矿、碳化钨等^[25],说明这些元素在上地幔中某些条件下也呈易活化状态。Durasova 等^[26]实验发现,上地幔温压条件下, H₂O 蒸汽对 Sn 和一些亲铜元素的搬运能力比在近地表条件下大的多。Navon 等^[16]发现金刚石的显微流体包裹体中含有较多的 Th、U、REE 等。总之,幔源 C-H-O 流体可以从上地幔带来一些金属。(2)幔源 C-H-O 流体在改造地壳物质形成中酸性岩浆岩过程中,可使地壳中原有的金属元素发生活化转移而参与成矿。(3)地表水循环过程中淋滤地壳浅部物质成矿。综上所述,在地壳中存在某种金属(如 Au)的矿源层时,对成矿有利,但在没有矿源层的条件下,同样可以成矿。

3.2.2 幔源 C-H-O 流体分异模式的研究意义

(1)可以合理解释煌斑岩与某些热液矿床间在大的时、空尺度上密切相伴,而在小尺度上

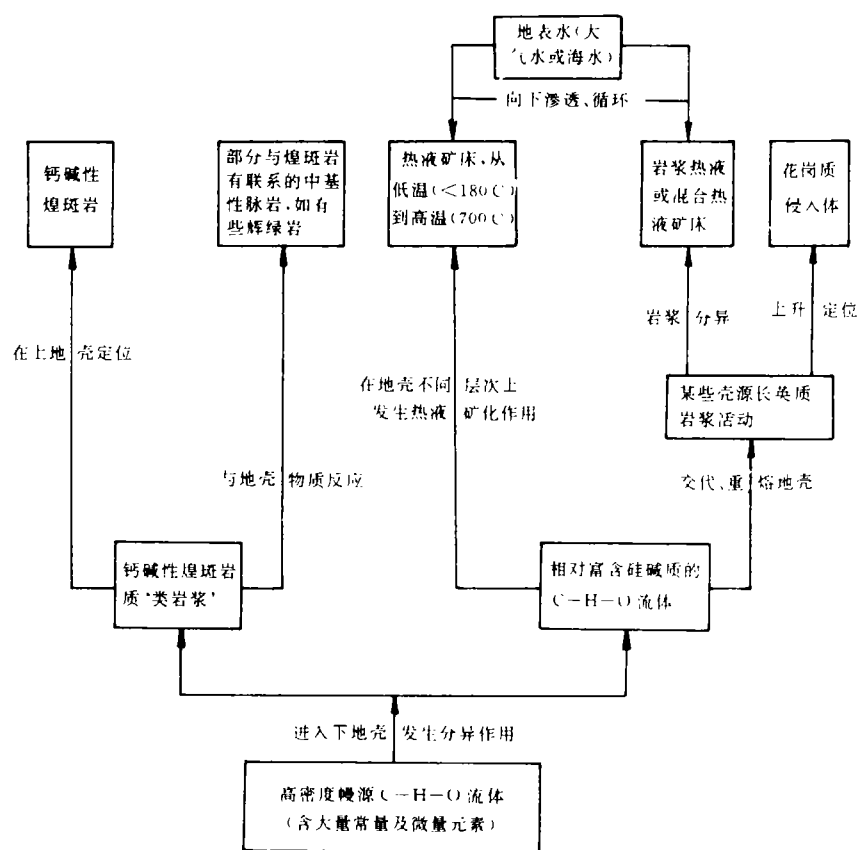


图2 幔源C-H-O流体在地壳中分异演化流程图

Fig. 2 The differentiation model of mantle-derived C-H-O fluids in the crust

相互独立。

(2)合理解释了脉岩与矿石(如金矿石)在S、Pb、C等同位素组成上的一致性。

(3)对某些与煌斑岩有关的热液成矿作用的热源、流体源及矿源做出了新的系统解释。

(4)可以合理解释热液矿床、钙碱性煌斑岩及壳源中酸性岩浆活动三者间的关系。某些热液矿化虽与煌斑岩同源,但仍可与中酸性岩浆活动有成因联系,二者并不矛盾。同时,因‘类岩浆’的上升多滞后于C-H-O流体,因此钙碱性煌斑岩常切割花岗质岩体。

(5)从理论上确定了煌斑岩的找矿意义,打破了以前仅把成矿前和成矿期脉岩作为找矿标志的认识,成矿后煌斑岩同样是重要的找矿标志。但煌斑岩对矿脉和矿体并无直接的找矿意义,主要是作为区域成矿潜力评价的重要标志。

3.3 成矿评价时煌斑岩研究应注意的问题

- (1)注意煌斑岩发育程度的研究,这可用来推测幔源 C-H-O 流体在地壳中的活动强度。
- (2)注意煌斑岩含矿性的区域性特点的研究。从目前资料看,不同矿种的成矿区内煌斑岩的含矿性也不同(表 3)。笔者认为这反映了地幔源区的不均一性。

表 3 不同矿区钙碱性煌斑岩的含矿性
Table 3 Contents of some elements in lamprophyres of different ore districts

矿区名称	Au	Hg	U	Th	资料来源
胶东金矿区	5.7(6)				季海章等,1992
	33.5(15)				罗天明,1992
辽南地区金矿	25(3)				彭金起等,1988
华南铀矿区			2.65	5.84	王学成等,1991
			2.37	8.32	王学成等,1991
贵州汞矿区		0.315			向茂木,1985
西澳 Yilgarn 地块	7(38)				Rock,N. M. S,1991
加拿大 Arrow 金矿区	281(3)				McNeil,A. M. ,Kerrich,R. ,1986
西南苏格兰	99(9)				Rock,N. M. S. 1991
玄武岩平均含量	4	0.09	0.5	3	维诺格拉多夫,1962

注:Au 为 $\times 10^{-9}$,其它为 $\times 10^{-6}$,括号内数字为样品数

- (3)应加强成矿元素在 C-H-O 流体和‘类岩浆’之间分配系数的研究,以便通过煌斑岩的含矿性而定量估算 C-H-O 流体从地幔带来的成矿物质的数量。
- 总之,虽然参与成矿的幔源 C-H-O 流体目前已不复存在,但煌斑岩则为我们认识这种流体提供了重要实物标志。但需要指出的是,热液成矿作用是一个很复杂的问题,且并非全与煌斑岩有关,故该文主要是对与煌斑岩有关的一些热液矿床的形成所作的一种新的探索,不当之处,敬请指正。

参考文献

1 刘辅臣,等. 玲珑金矿中基性脉岩与矿化关系探讨. 地球科学,1984,(4):37~46

2 刘连登,等. 岩脉在热液矿床成因研究中的意义——以胶西北金矿床为例. 长春地质学院学报,1984,(4):13~27

3 McNeil A M, Kerrich R. Archean lamprophyre dykes and gold mineralization, Matheson, Ontario; the conjunction of LILE-enriched mafic magmas, deep crustal structures, and Au concentration. Can. J. Earth Sci. ,1986,23:324~343

4 Wyman D, Kerrich R. Alkaline magmatism, major structures, and gold deposits; implications for greenstone belt gold metallogeny. Econ. Geol. ,1988,83:454~461

5 Rock N M, Groves D I. Can lamprophyres resolve the genetic controversy over mesothermal gold deposits?Geology.,1988,

- 16:538~541
- 6 罗天明. 脉岩与热液脉状金矿化的时空伴生及其地质意义. 矿产与地质, 1992, 6(2): 118~125
- 7 杜乐天, 等. 花岗岩型铀矿文集. 北京: 原子能出版社, 1982, 1~100
- 8 金景福, 胡瑞忠. 希望铀矿床物质来源探讨. 矿床地质, 1990, 9(2): 141~148
- 9 王学成, 等. 暗色岩脉与铀成矿关系研究. 矿床地质, 1991, 10(4): 359~370
- 10 向茂木. 论贵州汞矿成因——地幔(裂隙)喷气成矿. 中国区域地质, 1985, 14, 43~55
- 11 Rock N M. Lamprophyres. Blackie and Sons Ltd., 1991, Glasgow
- 12 李兆龙, 杨敏之, 等. 胶东金矿床地质地球化学. 天津: 天津科学技术出版社, 1993, 29
- 13 孙丰月, 石准立. 初论煌斑岩的‘类岩浆’成因模式, 现代地质(印刷中)
- 14 Schneider M E, Eggler D H. Fluids in equilibrium with peridotite minerals; implications for mantle metasomatism. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1986, 50: 711~724
- 15 Ryabchikov I D, et al. Experimental evidence at high pressure for potassic metasomatism in the mantle of the earth. *Am. Mineral.*, 1980, 65: 915~919
- 16 Navon O, et al. Mantle-derived fluids in diamond micro-inclusions. *Nature*, 1988, 335: 784~789
- 17 Ryabchikov I D, et al. Reactions of spinel lherzolite with H_2O-CO_2 fluids at 20 kb and 900 C. *Geochem. Int.*, 1989, 26(10): 56~62
- 18 Holloway J R. Composition of fluid phase solutes in a basalt- H_2O-CO_2 system. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1971, 82: 233~238
- 19 Spera F J. Dynamics of translithospheric migration of metasomatic fluid and alkaline magmo. in: Menzies M A, et al, (eds). *Mantle Metasomatism*, 1987, 1~20
- 20 倪师军, 等. 中基性脉岩对金矿成矿的贡献——以小秦岭金矿区为例. 成都理工学院学报, 1994, 21(3): 70~78
- 21 季海章, 等. 胶东地区煌斑岩与金矿关系初探. 地质与勘探, 1992, (2): 15~18
- 22 Groves D I. The crustal continuum model for late-Archean lode-gold deposits of the Yilgarn Block. *Western Australia, Mineral. Deposita*, 1993, 28: 366~374
- 23 孙丰月, 石准立. 试论幔源 C-H-O 流体与大陆板内某些地质作用. 地学前缘(印刷中)
- 24 Mitchell R H, et al. Abundance and distribution of Au, Pd and Ir in some spinel and garnet lherzolites; implications for the nature and origin of precious metal-rich intergranular components in the upper mantle. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1981, 45: 2425~2442
- 25 赵磊, 等. 在金伯利岩中新发现的几种矿物及其意义. 岩石矿物学杂志, 1993, 12(3): 284~287
- 26 Durasova N A, et al. Tin in a water-saturated basaltoid at mantle-process parameters. *Geochem. Int.*, 1991, 28(2): 125~129

THE RELATIONSHIP BETWEEN LAMPROPHYRES AND SOME HYDROTHERMAL DEPOSITS: IMPLICATIONS FOR A DIFFERENTIATION MODEL OF MANTLE—DERIVED C-H-O FLUIDS

Sun Fengyue

(Changchun College of Geology)

Shi Zhunli

(China University of Geosciences)

Abstract

In regional scale, calc—alkaline lamprophyres are related to hydrothermal deposits temporally and spatially while they are independent in small scale. On the basis of analysing the geological features of lamprophyres and hydrothermal deposits and the activity of mantle—derived C-H-O fluids, the authors have proposed the differentiation model of the mantle—derived C-H-O fluids with respect to the formation of lamprophyres and mineral deposits. When the high—temperature dense mantle—derived C-H-O fluids that contain a large amount of major and minor elements move upwardly into the lower crust, differentiation takes place, due to pressure drop or other changes, forming a Mg—and Fe—rich volatile—saturated silicate liquid phase and a Si—and alkalis—rich C-H-O fluid phase. The former migrates upwardly and emplaces in the upper crust to form lamprophyre dykes. And the latter takes part in some hydrothermal mineralization.