

交代岩分类及其含矿性初探

赵一鸣

(中国地质科学院矿床地质研究所)

交代作用在自然界十分普遍。它与内生、变质成矿作用关系尤为密切,许多矿床主要以交代方式形成,常伴生广泛和强烈的围岩蚀变现象,形成各类交代岩。这些交代岩石与矿体常形影相随,有着紧密的时空成因联系。研究交代岩的类型、矿物共生组合、分带性及其含矿性,不但能揭示矿床形成的物理化学条件和成岩成矿机理,而且还可以为预测隐伏矿体提供重要找矿标志。

在岩石学的分类中,长期以来交代岩没有独立的位置,只是附在变质岩或矿床学中顺便提一下。这种情况已远不能适应当前地质找矿工作的急需。交代岩的分类基础应是交代建造和交代相。交代相是一定交代柱中的交代矿物组合,而交代建造则是交代相的总和,形成于相似的地质条件和同一个成矿作用。由于温度、深度、溶液性质和原岩成分等条件的不同,有可能形成不同的交代建造^[24]。有关交代建造的特征和标志在一些大的成矿区内的相似地质条件下有可能重复出现。一定的交代建造伴生有一定的矿化组合,这就是交代岩的含矿性。

最近十多年来,国外对交代岩的成因分类,主要是根据有关侵入岩的酸碱度和深度的不同来划分的,并把它们划归为不同类型岩浆岩的热液演化阶段的交代产物^[24,25,30]。这种分类,对于大多数交代岩来说是合适的。但国内外已知的不少交代矿床,未找到与岩浆岩侵入体的直接联系。例如产于混合岩化变质老地层中的某些镁矽卡岩型硼(铁)矿床和高温热液交代富铁矿床中的许多交代岩,是与混合岩化高温气液作用有关;又如产于火山岩地区的某些钙矽卡岩型矿床、热液交代矿床和有关交代岩,是在火山气液的作用下生成的。此外,还有部分主要产于碳酸盐岩地层中的低温热液交代矿床,也未发现与岩浆岩的明显联系,但这些矿床的交代成因及其所伴生的大量交代岩是客观存在的。在本分类中,笔者考虑到了上述因素。

表1列出了六个交代系列的交代建造及其各自所包含的主要交代相和可能伴生的矿化:①与中、基性和超基性岩浆岩有关的交代岩;②与花岗岩类有关的交代岩;③与碱性、偏碱性和超基性-碱性岩浆岩有关的交代岩;④与混合岩化热液作用有关的交代岩;⑤与火山气液作用有关的交代岩;⑥与岩浆岩没有联系的交代岩。限于篇幅,本文不可能对所有交代建造都一一作详细叙述,仅把其中几个新划分出的和以往国内文献中未作过报导的或报导较少的重要交代建造作一简单介绍,并对交代系列的概念进一步加以说明。

一、岩浆期镁矽卡岩和岩浆期后镁矽卡岩

岩浆期镁矽卡岩的概念是柯尔仁斯基最先提出来的。他认为在花岗岩化作用时,镁矽卡

表 1 主要交代建造及其含矿性分类表

Table 1. Classification of major metasomatic formations and their associated mineralizations

交代系列	交代建造	主要交代相	含矿性	实 例	资料来源
1. 与中、基性和超基性岩浆侵入活动有关的	镁砂卡岩	尖晶石-镁橄榄石相、尖晶石-钙镁橄榄石相、尖晶石-深绿辉石相、金云母-蛇纹石相、硅镁石相、金云母-透辉石相	Fe(Co), Fe(Ti, P, V), Fe, Cu	山东莱芜、济南, 河南赵案庄	本文
	钙砂卡岩	辉石-石榴石相、石榴石相	Fe, Cu, As, Fe, (Co)	新疆磁海	盛继福等, 1981
	钠质交代岩	辉石-钠长石相、阳起石-钠长石相、辉石-针(钠)柱石相	Fe, Co, (As)	华北, 宁芜地区	本文, 参考文献〔2〕
	角闪石-绿泥石交代岩	角闪石相、绿泥石相	Fe, Ti, (V), Fe, (Ti), Cu, Ni, Cu, pt,		参考文献〔24〕
	蛇纹岩	利蛇纹石相、纤维蛇纹石相、叶蛇纹石相	石棉	四川金厂	参考文献〔18〕
	滑石-碳酸盐交代岩	滑石相、石英-碳酸盐相、绿泥石相	Au, Fe, Cu, Co	乌拉尔、中亚	参考文献〔26〕
2. 与中酸性和酸性岩浆侵入活动有关的	镁砂卡岩	透辉石-镁橄榄石相、透辉石相、透闪石相、粒硅镁石相、碳酸盐-蛇纹石相	Fe, Cu, Zn, Mo, Fe, Sn, B, Fe, Zn, Au, Cu, Zn, Bi, As	东秦岭, 云南个旧, 瑞典中部	本文
	钙砂卡岩	次透辉石相、方柱石相、辉石-石榴石相、辉石(石榴石)-符山石相、硅灰石相、绿帘石-辉石相	Fe, Fe, Cu(Co), Fe, Sn, Cu, Au, W, (Pb, Zn), Sn, W, Cu, Fe, Mo, Pb, Zn	湖北大冶, 马坑, 黄冈, 沂南等	本文
	锰质钙砂卡岩	蔷薇辉石相、钙蔷薇辉石相、钙锰辉石相、锰铅榴石相、锰钙铁辉石相、锰黑柱石相	Pb, Zn, Ag	福建大排, 马坑, 辽宁八家子	本文
	缟纹状云英岩-砂卡岩	萤石-符山石-石榴石相、萤石-符山石-透辉石相、萤石-石榴石相、尖晶石-氟硼镁石-萤石相、萤石-石英相等	Fe, Sn, Be	香花岭, 马坑, 个旧	本文
	碱质交代岩	辉石-钠长石相、钾长石相、辉石-条纹长石相、钠长石相	Fe, Cu, Li, Ta, Nb, Be, W, Su, U, Th	大冶, 个旧, 南岭	本文参考文献〔10〕

续表

交代系列	交代建造	主要交代相	含矿性	实 例	资料来源
	石英-长石交代岩	石英-钾长石相、石英-钠长石相、石英-钠长石-钾长石相	Mo, Sn, W	杨家杖子, 澳大利亚北昆士兰	林文蔚 (1985), 参考文献[17]
	云母-长石交代岩	白云母-钾长石相、白云母-萤石相、白云母相	Mo, W, Be	苏联瑞琴斯克	参考文献[20]
	云 英 岩	白云母-石英相、黄玉-白云母相、萤石-白云母相、黄玉-萤石相、白云母-电气石相	Sn, W, Su, W, Sn, Mo, Bi, (Be), TR	瑶岗仙、柿竹园	本文
	氟硼质交代岩	萤石-赛黄晶相、斧石相、硅硼钙石相、萤石-含硼角闪石相、萤石-电气石相	Sn, W, Be	个旧	本文
	电 英 岩	电气石-绢云母相、方解石-电气石相、电气石相、石英-电气石相	Mo, Cu, B, Au, As, Bi, Sn, Cu	广西宝坛	毛景文 (1985)
	黄铁绢英岩	绢云母相、碳酸盐-绢云母-石英相	Au, (As), Cu, Pb, Zn, Mo	乌拉尔, 五道岭	
	绢 英 岩	石英-绢云母相、绢云母相、石英相	Cu, Mo, W, Pb, Zn, Mo	金堆城, 五部	
	青 磐 岩	阳起石-绿帘石相、绿泥石-绿帘石相、绿泥石-碳酸盐相	Ag, Au, Hg, Sb, As, Cu, Pb, Zn, Cu, Mo	玉龙, 不列颠哥伦比亚	参考文献[3, 14]
	泥 化 岩	高岭土相、蒙脱石相、水云母相、沸石相	Au, Ag, U, Pb, Zn, Cu, Hg, As, W, Au, Fe, S	河北贾家营, 宁芜庐枞	参考文献[5]
	碳酸盐-碱性长石交代岩	碳酸盐-钠长石相(爱依西岩)、石英-冰长石相(古别依岩)	Pb, Zn, Cu, U, U, P, Au, Ag, Pb, Zn		参考文献[20]、[27]
3. 与碱性岩、碱性花岗岩或超基性-碱性岩有关的	长 霓 岩	霓石-钠长石相、金云母-微斜长石相、霓辉石-钠长石-微斜长石相		科拉半岛, 赛马	参考文献[33]
	刚玉-碱性长石交代岩	尖晶石-刚玉-歪长石相、刚玉-歪长石相、刚玉-磁铁矿-歪长石相	(刚玉)	山东金岭	本文
	镁矽卡岩	尖晶石-镁橄榄石相、金云母-透辉石相、透闪石-金云母相	Fe, Cu, U, Nb, TR	赛马	参考文献[11]

续表

交代系列	交代建造	主要交代相	含矿性	实例	资料来源
	钙矽卡岩	硅灰石相、辉石-石榴石相、石榴石相、辉石-绿帘石相			参考文献[24]
	碱性矽卡岩	霓石相、钠闪石相、钠铁闪石相、金云母(钾长石)-钠铁闪石相	Fe、Nb、Ta、TR、U、Th、TR	白云鄂博、赛马	本文
	霞石交代岩	霞石-辉石相、辉石-磷灰石-霞石相、霓石-微斜长石-霞石相	Nb、Zr、TR	科拉半岛	参考文献[33]
	碳酸岩	方解石相、白云石相、铁白云石相	Nb、Ta、U、Th、Zr、Nb、Th	白云鄂博, 科拉半岛	
4. 与混合岩化热液作用有关的	铁铝榴石-镁铁闪石交代岩	铁铝榴石-镁铁闪石相、铁绿泥石相	Fe	鞍山弓长岭	参考文献[12]
	碱性交代岩	霓石相、碱性角闪石相、钠长石相	Fe	苏联克里沃洛克	参考文献[21]
	石英-长石交代岩	石英-钠长石-微斜长石-碱性角闪石相、石英-钠长石-微斜长石-霓石相	TR、Nb、Ta、Zr、Be、U	东西伯利亚乌拉尔、中亚	参考文献[28]
	镁矽卡岩	透辉石相、斜(粒)硅镁石相、金云母-透闪石相、蛇纹石相、金云母相	Fe、B、TR、B、金云母	辽南, 苏联西伯利亚	参考文献[11]、[35]
	钙矽卡岩	硅灰石相、辉石-石榴石相、辉石-绿帘石相	W	羊鼻山	
	黄铁绢英岩	黄铁矿-绢云母-石英相、绢云母相、铁白云石-石英相	Au、Ag	山东焦家、玲珑	
	硼酸盐交代岩	硼镁石相、纤维硼镁石相、硼镁铁矿相、电气石相	B、(Fe)、TR	辽南, 塔约热	参考文献[35]
5. 与火山气液活动有关的	钙矽卡岩	石榴石相、辉石-石榴石相、绿帘石-辉石相	Fe、Zn、Fe	谢尔塔拉、雅满苏	据艾永德等(1981)
	锰质钙矽卡岩	蔷薇辉石相、锰铝榴石相	Pb、Zn、Ag	黄岩五部	李嘉增(1985)
	石英-绢云母交代岩	石英-绢云母相、石英相、绿泥石-绢云母相	Cu、Pb、Zn、(Au、Ag)	白银厂, 乌拉尔	
	青磐岩	阳起石-钠长石相、绿泥石-碳酸盐相、绢云母-绿泥石相、绿帘石-绿泥石相	Pb、Zn、Ag、(Au)		

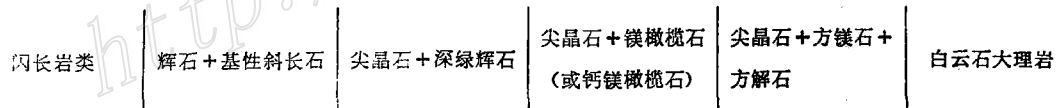
续表

交代系列	交代建造	主要交代相	含矿性	实例	资料来源
	次生石英岩	明矾石相、叶蜡石相、绢云母相、红柱石-刚玉相、石膏相	Au, Pb, Zn, Cu, Be, (Mo)	哈萨克斯坦, 华南	参考文献 [4], [29]
	泥化岩	高岭石相、蒙脱石相、碳酸盐-水云母相、沸石-蒙脱石相	Fe, S, Au, U	外贝加尔湖、高加索	参考文献[19]
6. 与岩浆岩没有联系的或受区域性断裂控制的	石英-长石交代岩	石英-钾长石(微斜长石)相、石英-钠长石相		南乌拉尔	
	碳酸盐-碱性长石交代岩	钠长石-碳酸盐相、石英-透长石相、石英-钠长石相			
	硅化岩	石英相、碳酸盐-石英相	Sb, Hg, Sn, Hg, Au, Fe		

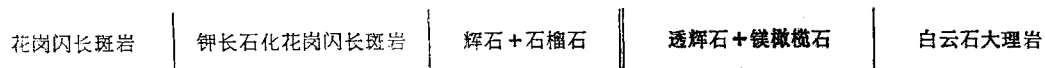
岩交代白云岩发生在岩浆阶段^[27]。以后扎里柯夫^[23]、沙贝宁^[34,35]等又对岩浆期和岩浆期后镁矽卡岩的形成条件、岩石、矿物和地球化学特征作了进一步研究。笔者也曾对东秦岭地区的镁矽卡岩矿床进行过研究^[8]。这两类矽卡岩的主要鉴别标志是：

1. 岩浆期镁矽卡岩的主要组成矿物有尖晶石、深绿辉石(铝透辉石)、镁橄榄石、基性斜长石(An40—90)、紫苏辉石(仅见于深成相)、钙镁橄榄石、方镁石(一般见于浅成相)、方解石和磁铁矿等；而岩浆期后镁矽卡岩的组成矿物主要是镁橄榄石、透辉石、金云母、透闪石、韭角闪石、硅镁石族和蛇纹石等。

2. 在岩浆期镁矽卡岩形成过程中, Al₂O₃有较大的迁移, 因此在交代柱的各交代带中可能有富铝矿物(如尖晶石)出现, 但在岩浆期后镁矽卡岩形成时, Al₂O₃基本上是惰性的, 所以在外带镁矽卡岩中很少有富铝矿物存在(叠加在岩浆期镁矽卡岩之上的岩浆期后镁矽卡岩除外)。于是, 表现在二者的分带性也不一样, 例如我们对东秦岭地区的研究表明, 岩浆期镁矽卡岩具有以下分带：



岩浆期后镁矽卡岩的分带则为：



(3) 岩浆期镁矽卡岩仅伴生少量磁铁矿化, 而岩浆期后镁矽卡岩的伴生矿化则相当复杂, 可能有Fe、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、B、Be等。

二、锰质钙矽卡岩

锰质钙矽卡岩是作者通过对福建、辽宁等省一些矽卡岩铅锌矿床研究后新划分出来的交代建造^[9,11]。在以往的文献中,它是当作钙矽卡岩的一部分来讨论的。我们之所以要把其从钙矽卡岩中划分出来,以一个独立的交代建造来考虑,主要依据有以下几点:

1. 它有一套较特殊的锰钙(铁)质硅酸盐矿物组合,包括锰铝榴石、钙锰辉石、蔷薇辉石、锰钙铁辉石、钙蔷薇辉石、锰黑柱石和锰质硅灰石等。这和钙矽卡岩主要由钙铝-钙铁系列石榴石、次透辉石-钙铁辉石系列辉石、硅灰石、符山石、方柱石等矿物组成有明显的区别。

2. 锰质钙矽卡岩的形成温度比一般钙矽卡岩要低,生成时间也相对比钙矽卡岩要晚一些,常见它交代钙矽卡岩的现象。形成方式主要是接触渗滤交代作用,经常产于距侵入体有一定距离的碳酸盐岩围岩中,受断裂或层间裂隙控制;而钙矽卡岩既可以由双交代作用形成,也可以通过接触渗滤交代方式生成,大多产于接触带,也有沿围岩断裂裂隙产出的。

3. 这类矽卡岩经常伴生铅、锌、(铜、银)矿化,而钙矽卡岩的伴生矿化则十分广泛,可能有Fe、Cu、Pb、Zn、W、Mo、Sn、Au等。

4. 这套较特殊的锰质钙矽卡岩矿物组合和伴生矿化,不但在中国许多地区的相似地质条件中产出,而且在其他国家也有共同性,如苏联的西卡拉玛柴^[22]、美国新墨西哥州的格仑特霍克^[13]和日本的Nakatatsu^[15],只是不同地区的锰质钙矽卡岩矿物组合略有差异(表2)。

表 2 伴有铅锌矿化的锰质钙矽卡岩矿物成分对比表
Table 2. Mineral compositions of various lead- and zinc-related manganese calcic skarns

矿床	锰质钙矽卡岩矿物成分	伴生矿化	资料来源
福建马坑、阳山	锰钙铁辉石 (Hed 53-81 Joh 6-31), 钙蔷薇辉石 (Rho 48-56 Woll 33-39), 锰黑柱石, 锰三斜辉石, 锰硅灰石 (Rho 16 Woll 64),	Pb, Zn, (Fe)	参考文献[9]
福建大排	锰钙铁辉石 (Hed 49-56 Joh 22-21), 钙锰辉石 (Hed 16-22 Joh 69-77), 锰黑柱石	Pb, Zn, (Cu)	本文
辽宁八家子	锰铝榴石 (And 1-9 Sp 63-97), 蔷薇辉石, 锰次透辉石 (Hed 20 Joh 75)	Pb, Zn, Ag	董永观 (1985)
苏联西卡拉玛柴	锰钙铁辉石 (Hed 55 Joh 24), 蔷薇辉石, 锰次透辉石 (Hed 24-33 Joh 22-37), 钙蔷薇辉石	Pb, Zn, (Cu)	参考文献[22]
美国新墨西哥州格仑特霍克	锰钙铁辉石 (Hed 40-45 Joh 30-50), 石榴石 (And 60-100), 钙蔷薇辉石	Pb, Zn, (Cu, Ag)	参考文献[13]
日本 Nakatatsu	锰钙铁辉石 (Hed 40-62 Joh 14-53), 石榴石 (And 16-98 Sp 1-8-8-3), 钙蔷薇辉石	Pb, Zn	参考文献[15]

三、皱纹状云英岩-矽卡岩

这类交代岩见于我国一些重要的矽卡岩矿床,如福建马坑铁矿、湖南香花岭锡矿和云南个旧锡矿床等,主要产于碳酸盐围岩裂隙中或矽卡岩体内。

岩石常呈皱纹状、细纹状或同心圆环带(纹)状韵律构造。因此在文献中也有人称为“条纹岩”^[7]、“扭曲岩”和“褶皱矽卡岩”^[17]等。往往由以下三类矿物构成较美观的韵律状条纹、皱纹或环纹:①矽卡岩矿物,可能有尖晶石、金云母、符山石、石榴石、透辉石或含氯角闪石;②云英岩矿物,主要是萤石和石英;③金属矿物,常为磁铁矿和锡石,有时有塔菲石、金绿宝石和日光榴石等含铍矿物。这三类矿物常组成重复出现的韵律状条纹或环纹。它们大致是在同一阶段形成的,没有明显的先后之分,实际上是在高温、富含挥发分的流体作用于碳酸盐围岩的交代产物。

四、碱质交代岩

与成矿有关的碱质交代岩在自然界分布很广,产出地质条件复杂多样,矿物组合和伴生矿化也各异。

碱质交代岩可以形成于不同的大地构造单元和不同成分岩浆、热液演化阶段。与辉长岩类和闪长岩类侵入岩有关的矽卡岩型铁矿床内接触带和火山、次火山气液活动有关的交代型铁矿床中,广泛发育钠质交代岩,包括各类钠长石交代岩和方柱石(针柱石或钠柱石)交代岩,大致相当于岩浆期后的早期碱性阶段的产物。与花岗岩类侵入体有关的W、Sn、Mo、Pb、Zn、Cu等矽卡岩矿床内接触带以及产于岩体中的热液脉状矿体旁侧,多数发育钾质交代岩,但在伴有稀土金属矿化的云英岩化花岗岩中往往有钠长石交代岩产出。钾质交代岩还常在斑岩型Cu、Mo矿床的“内核”中出现。另据王联魁(1977,1984)报道,碱长交代岩在华南花岗岩型铀矿床中也相当普遍,常呈不规则状、团块状、脉状沿一定方向的断裂裂隙系统产出。它与硅化带、绿泥石化带一起,常在同一个矿床中紧密共生,三位一体,是铀矿床形成的重要条件和找矿标志。碱长交代体的岩石大体可分为钾长交代岩、钠长交代岩和钾钠长石交代岩三种类型,三者具有过渡关系,可以产在同一处,也可以分别在不同地段产出。

当碱性岩浆交代围岩时,有可能形成长霓岩,而在碳酸盐围岩的接触带,常形成由碱性辉石和碱性角闪石组成的交代岩(碱性矽卡岩),并伴有U、Th、Nb、Ta、TR等矿化,例如我国内蒙白云鄂博和辽宁赛马。

在山东金岭铁矿辉石闪长岩体中伟晶岩脉旁侧,笔者和李大新等同志曾发现了一种较罕见的富铝碱性交代岩,主要由歪长石、刚玉和尖晶石组成。在有的岩石中还含较多的磁铁矿。关于岩石的成因,初步认为它是高温富含挥发分的碱性伟晶岩浆流体作用于辉石闪长岩内的铝土质角岩包体的交代产物。

碱质交代岩建造还广泛发育于苏联克里沃罗克萨克萨岗和阿诺夫等前寒武纪含铁石英岩建造分布区,而以钠质交代为主^[21]。钠质交代岩的类型有霓石岩、霓石碱性角闪石岩、钠长岩、碱性角闪石(纤铁蓝闪石、钠闪石等)岩等。局部还有微斜长石岩。由于碱质交代的

结果,形成了交代型富铁矿体。

在中低温条件下也可能生成碱质交代岩。这些交代岩有的和岩浆活动有关,有的则主要受区域性断裂带控制。按矿物组合,可分为两类:一类为钾质交代岩,在酸性次火山相和浅成相上部金银和多金属石英脉附近,广泛发育冰长石化,常和铁白云石、石英共生,说明属于低温交代产物。由于这类交代岩最先发现于苏联古别依河附近,柯尔仁斯基曾建议命名为“古别依岩(Гумбейт)”^[27]。第二类是钠质交代岩,主要由钠长石、石英、铁白云石、方解石和绿泥石等矿物组成。根据被交代原岩成分的不同可进一步划分成以下几个交代相:石英-钠长石相(原岩为花岗岩类或流纹岩类);碳酸盐(方解石或铁白云石)-钠长石相(原岩为中-基性岩);绿泥石-碳酸盐-钠长石相(原岩为灰岩)。奥缅尔扬年科(1974)曾将其命名为“爱依西岩(Зйсит)”。笔者认为,可考虑把这两类交代岩合并为一个交代建造,并命名为“碳酸盐-碱性长石交代岩建造”较为合适,因为按地名来命名不易直观地了解该类交代岩的内容。

五、石英-长石交代岩

这是一种分布很广的高温热液硅碱性交代岩,形成于相对较深成的地质环境。其原岩大多为花岗岩类、片麻岩或片岩。石英-长石交代岩常呈不规则脉状体或呈面型分布于花岗岩类侵入体的顶部或接触带。岩石主要由石英、钾长石和钠长石组成,含少量绢云母,其中细粒花岗变晶结构和块状构造。由于强烈的石英-长石交代作用,花岗岩类岩石中的暗色矿物消失,斜长石脱钙被钠长石或钾长石所交代,Ca、Fe和Mg被带出,K或Na增加,岩石明显退色。

石英-长石交代岩与钼、钨、锡、铜和稀有元素等矿化有密切成因联系。列哈尔斯基(1966)通过对苏联钼矿床的研究,认为石英-长石交代岩几乎在所有类型钼矿床中都发育,包括辉钼矿矿床、辉钼矿-白钨矿矿床、辉钼矿-黄铜矿矿床、辉钼矿-黑钨矿矿床、辉钼矿-黄铁矿矿床和辉钼矿-非晶质铀矿矿床等。石英-长石交代岩在我国的一些钼、钨、锡矿床中也是一种重要的交代岩,如个旧锡矿、杨家杖子钼矿和五道岭钼矿床中均有发现,但以往对这类退色的蚀变岩认识不足,往往被误认为“白岗岩”或“浅色花岗岩”。

最近十多年来,在东西伯利亚,乌拉尔和中亚等地区和其他国家还发现了产于区域性断裂带中与碱性石英-长石交代岩有深切关系的较特殊的稀有金属(TR、Nb、Ta、Zr、Hf、Be)矿床。它们与花岗岩类侵入体未发现有任何成因联系,而是与区域性变质作用和花岗岩化作用有关,因此,属于变质热液的交代产物^[28]。

这类石英-长石交代岩主要分布于古老地台的结晶地盾、中间地块或褶皱区,含矿交代岩带延长可达数百米至几公里。被交代原岩为片麻岩、花岗片麻岩或富铝质片岩。主要组成矿物为钠长石、微斜长石和石英,此外还含一定量碱性角闪石(钠闪石和钠闪石-钠钙闪石)、霓石、萤石、冰晶石,有时还有含锂铁锂云母。较次要的标型矿物有方露晶石、霜晶石、氟钙钠钽石、氟钠镁铝石、镁冰晶石、氟镁钠石、硅锌矿、含锌星叶石、烧绿石。其中的稀有金属矿物包括锂云母、锆石(或水锆石)、钽-铌铁矿、褐钨钨矿、独居石和稀土硅酸盐矿物。在某些地区还广泛发育硅铍石、锌日光榴石和白闪石等含铍矿物。

六、与金矿化有关的两个重要交代建造 ——黄铁绢英岩和滑石-碳酸盐交代岩

与金矿化有关的交代岩较多,如黄铁绢英岩、滑石-碳酸盐交代岩、次生石英岩、泥化岩、青磐岩、钾质交代岩和钙矽卡岩等。但其中最重要的是黄铁绢英岩和滑石-碳酸盐交代岩。

典型的黄铁绢英岩是由石英、绢云母、黄铁矿及少量(0.2—2%)铁白云石组成。在蚀变不强的岩石中还有残余的钠长石或钾长石。岩石常为黄绿色,具中细粒至显微粒状鳞片变晶结构和块状构造。

黄铁绢英岩在我国许多金矿床中分布甚广,主要产于花岗岩或片麻岩的含金石英脉附近,如山东的焦家、玲珑和小秦岭、黑龙江等地的金矿床所见。在多金属矿床和锡、钼矿床中也常有分布。

我们曾在黑龙江五道岭钼矿床观察到黄铁绢英岩的交代分带剖面:

- (0) 黑云母花岗岩
- (1) 石英+钾长石+钠长石+绢云母+黄铁矿±铁白云石
- (2) 石英+钾长石+绢云母+黄铁矿+铁白云石
- (3) 石英+绢云母+黄铁矿+铁白云石
- (4) 石榴石矽卡岩(石榴石+钾长石+黄铁矿+辉钼矿)
- (00) 变凝灰岩

1、2带石英-长石交代岩的宽度相当大,超过一二百米。

滑石-碳酸盐交代岩是一种由基性岩或超基性岩在富含二氧化碳的热液作用下形成的交代岩,主要由滑石、菱镁矿及其他碳酸盐矿物(方解石、白云石、菱铁矿和镁铁白云石等)、石英组成,有时含少量蛇纹石、透闪石、铬云母、绿泥石、磁铁矿和黄铁矿。岩石一般为灰白色、浅绿色,具中细粒鳞片变晶结构和块状构造。由于岩石有时具明显的片状构造,因此文献上又称“滑石菱镁片岩(Листвениит)”。

蛇纹岩(变超基性岩)的碳酸盐化作用至少形成两个强度不等的交代带:在外带,蛇纹岩为滑石和菱镁矿或铁菱镁矿所置换。当溶液中含钙时,代替菱镁矿的是方解石、白云石或铁白云石。在内带,蛇纹岩往往完全碳酸盐化,被石英、菱镁矿岩所替代^[27]。

与滑石-碳酸盐交代岩有关的矿化除了金外,还可能有铁、铜、钴和菱镁矿等。

太古代绿岩带中的变质热液金矿床目前具有很大的经济意义。世界上已知许多特大型金矿床即产于此带中。金矿化最有利的围岩为基性-超基性火山岩及相应的侵入岩,而滑石-碳酸盐交代岩和黄铁绢英岩则是其中重要的含矿交代岩。近几年来,在我国也发现有绿岩带中的含金交代岩,如胡秀蓉(1985)曾报道四川冕宁绿岩带金矿的热液交代现象,包括黄铁绢英岩化、钠长石化和碳酸盐化等。笔者推测还有可能存在滑石-碳酸盐交代岩。另据朱奉三(1983)报道,云南金厂超基性岩体中的含金石英脉侧也发育含金滑石交代岩。

七、硅化岩

有些含矿交代岩与岩浆活动缺乏联系，或有联系是推测的，硅化岩就是其中之一。

硅化岩经常发育于汞、锑、金低温热液交代矿床中，如湖南锡矿山锑矿床（刘焕品，1985）、贵州玉屏万山场汞矿床^[6]以及某些“卡林型”金矿床。被交代原岩为灰岩、白云岩、粉砂岩和砂岩等。矿区内无论是地表或深部（据钻探资料）均未见有岩浆岩侵入体产出。主要交代矿物为石英，伴有少量碳酸盐、重晶石、石膏和金属硫化物（辉锑矿、黄铁物、辰砂），有时含微粒自然金。硅化岩的分带性不甚明显，矿物组成也较单一，但它无疑是属于交代作用的产物。其生成可能与一定构造带控制的上升热流体或加热的循环地下水的作用有关。由于硅化岩对于上述矿床具有普遍意义，与成矿关系密切，因此，建议把它划分为一个独立的交代建造。

八、交代系列

在研究成矿系列、交代建造和交代相的基础上，我们（1985）曾提出交代系列的概念^[11]。这是考虑到在一个矿床或成矿区内，由于成岩成矿地质背景的差异和热流体演化的不同，常形成两个或更多的含矿交代建造或矿床类型，它们在空间、时间和成因上相互之间有着密切的内在联系，因此，可以组成一个交代系列。例如，在云南个旧矽卡岩锡多金属矿床中，可以考虑划分出以下六个主要含矿交代建造：①钙矽卡岩Sn、W、Cu、(Bi、As、Fe、Au)建造；②镁矽卡岩Sn、Cu、W、(S、Bi)建造；③钾（钠）质交代岩W、Sn、Be建造；④云英岩Sn、W、(Be、Li、Nb、Ta、TR)建造；⑤氟硼质交代岩Sn、W、(Be、Li)建造；⑥碳酸盐-萤石-石英交代岩Sn、Zn、Pb、Cu、(W)建造。又如在斑岩型铜钼矿床中，通常可以见到以下一些交代建造：钾质交代岩建造、石英-绢云母交代岩建造，泥化岩建造和青磐岩建造等，当围岩为碳酸盐岩时，在接触带还可能出现矽卡岩建造。上述两组交代建造从岩体到围岩或在岩体内部，往往具有明显的分带，各自构成一个交代系列。

应该指出，在一个交代矿床中，碱质交代岩和酸性淋滤作用的交代产物以及矿石的堆积经常同时存在，三位一体，酸碱分异，互为因果，符合矛盾的对立统一法则。这也是岩浆热液演化的普遍性规律。在岩浆期后早期碱性阶段，主要形成碱质交代岩、硅碱性石英-长石交代岩和大部分矽卡岩，并伴生部分矿化。随着温度的下降，酸性组分趋向富集，溶液酸度增高，开始了酸性淋滤阶段，形成云英岩、氟硼质交代岩、黄铁绢英岩等，在浅成—超浅成（或火山、次火山）环境下，可能形成次生石英岩和泥化岩等，与此同时，沉淀了大量金属矿物，造成矿石堆积。在一定条件下还可能形成晚期碱性或次碱性交代的产物，如碳酸盐-碱性长石交代岩、青磐岩和沸石交代岩等。

由此可见，交代系列的提出，把不同含矿交代建造（矿床类型）有机地结合起来进行综合分析，作为一个统一的成岩成矿过程中的不同交代产物来研究，将有助于全面地进行矿床评价和成矿预测。

本文的有关内容曾从程裕淇和涂光炽等的学术思想中得到启发，对此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 王联魁、曹俊臣、杨柏林、胡瑞英、刘师先 1977 中低温热液近矿围岩蚀变的地球化学模型(以某矿区为例)。地球化学 第1期
- [2] 陈毓川、张荣华、盛继福、艾永德 1982 玢岩铁矿矿化蚀变作用及成矿机理 中国地质科学院矿床地质研究所刊 第1号
- [3] 芮宗瑶、黄宗轲、齐国明、徐珏、张洪涛 1984 中国斑岩铜(钼)矿床 地质出版社
- [4] 林德松 1985 华南一蚀变火山岩型绿柱石矿床的成因探讨 矿床地质 第4卷 第3期
- [5] 张荣华 1974 一个铁矿的围岩蚀变和成因探讨 地质学报 第1期
- [6] 杨敏之 1958 贵州玉屏县万山场汞矿床的围岩蚀变及其对矿化的控制 地质科学 第2期
- [7] 胡受奚 1980 交代蚀变岩相学 地质出版社
- [8] 赵一鸣、伍家善、韩发、罗镇宽 1982 陕西洛南地区镁矽卡岩型铁矿床的矿化蚀变特征和找矿标志 中国地质科学院矿床地质研究所刊 第1号
- [9] 赵一鸣、谭惠静、许振南、袁润广、毕承思、郑人来、李大新、孙静华 1983 闽西南马坑式钙矽卡岩型铁矿床 中国地质科学院矿床地质研究所刊 第1号(专辑1)
- [10] 赵一鸣、毕承思、李大新 1983 中国主要矽卡岩铁矿床的挥发组分和碱交代特征及其在成矿中的作用 地质论评 第29卷 第1期
- [11] 赵一鸣、林文蔚、毕承思、李大新 1985 中国矽卡岩矿床的几个重要交代系列 国际交流地质学术论文集(4) 地质出版社
- [12] 程裕淇 1957 中国东北部辽宁、山东等省前震旦纪鞍山式条带状铁矿中富矿成因问题 地质学报 第2期
- [13] Einaudi, M. T., Mennert, L. D. and Neberry, R. J., 1981, Skarn deposits. *Economic Geology* 5th Anniversary Volume.
- [14] Heberlein, D. R. and Godwin, C. I., 1984, Hypogene alteration at the Berg porphyry copper-molybdenum property, North-Central British Columbia. *Econ. Geol.*, Vol. 79, No 5.
- [15] Masaaki Shimizu and J. Toshimichi Iiyama, 1982, Zinc-lead skarn deposits of the Nakatatsu Mine, central Japan. *Economic Geology*, Vol. 77, No. 4.
- [16] Rose, A. W., Burt, D. M., 1979, Hydrothermal alteration. In Barns, H. L.: *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. 2Ed., New York.
- [17] Taylor, R. G., 1979, *Geology of tin deposits*. Elsevier Scientific Publishing Company.
- [18] Артемов В. Р., и Кузнецова В. Н., 1966, Метасоматические изменения гипербазитов при серпентинизации. В кн.: Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. М., "Недра".
- [19] Головин В. А. и Андреева О. В., 1984, О цеолит-монтмориллолитовом типе метасоматитов в связи с урановым рудообразованием. В кн.: Метасоматизм и рудообразование. М., "Наука".
- [20] Грабежев А. П., 1979, Формации и фации редкометаллических метасоматитов. В кн.: Метасоматические формации и фации" Издат. УНЦ АН СССР, Свердловск.
- [21] Елисеев Н. А., Никольский Н. П. и Кушев В. Г., 1961, Метасоматиты Криворожского рудного пояса. Издат. АН СССР, М. -Л.
- [22] Жариков В. А., 1959, Геология и метасоматические явления скарново-полиметаллических месторождений. М., "Недра".
- [23] Жариков В. А., 1968, Скарновые месторождения. В кн.: Генезис эндогенных рудных месторождений. М., "Наука".
- [24] Жариков В. А., Омеляненко Б. И., 1978, Классификация и метасоматитов. В кн.: Метасоматизм и рудообразование. М., "Наука".

- [25] Казизыя Ю. В., 1972, Метасоматизм гидротермальных месторождений. Л. "Недра".
- [26] Кашкай М. А. и Аллахвердиев Ш. И., 1965, Листвениты, их генезис и классификация. Издат. АН ССР, Баку.
- [27] Коржинский Д. С., 1953, Очерк метасоматических процессов. В кн.: Основные проблемы в учении о магмогенных рудных месторождениях. М., Издат. АН СССР.
- [28] Кудрия В. С., 1978, Редкометалльные щелочные кварц-альбит-микроклиновые Метасоматиты зон регионального метаморфизма. В кн.: Метасоматизм и рудообразование. М., "Наука".
- [29] Наковник Н. И., 1968, Вторичные кварциты СССР и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. М., "Недра".
- [30] Омеляненко Б. И., 1975, О критериях формационной самостоятельности и классификация метасоматитов. Геол. Рудн. М-й, 17, № 3.
- [31] Плюшев Е. В., Ушаков О. П., Шатов В. В., и Беляев Г. М., 1981, Методика изучения гидротермально-метасоматических образований. Л., "Недра".
- [32] Рехарский В. И., 1966, О полевошпат-кварцевых метасоматитах молибденовых месторождений. В кн.: Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. М., "Недра".
- [33] Тихоненкова Р. П., и Осокин Е. Д., 1966, Главнейшие формации метасоматических пород контактных зон массивов нефелиновых сиенитов и их редкометалльная минерализация. В кн.: Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. М., "Недра".
- [34] Шабынин Л. И., 1973, Формация магнезиальных скарнов. М., "Недра".
- [35] Шабынин Л. И., 1978, Магнезиально-скарновые железорудные месторождения. М., "Недра".

A DISCUSSION ON GENETIC CLASSIFICATION OF METASOMATITES AND THEIR ASSOCIATED MINERALIZATIONS

Zhao Yiming

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, China)

Abstract

A genetic classification of metasomatites is given in this paper. The six genetic types or groups of metasomatites adopted by the author are as follows:

- (1) metasomatites related to intermediate, basic and ultrabasic magmatic rocks;
- (2) metasomatites associated with granitoids;
- (3) metasomatites connected with alkali intrusive rocks, alkali granites and ultrabasic alkali igneous rocks;
- (4) metasomatites bound up with hydrothermalism of migmatization;
- (5)

metasomatites linked up with volcanic hydrothermalism and (6) metasomatites having nothing to do with magmatism. In each genetic type-group there exist several metasomatic formations.

The author advances some new metasomatic formations, such as manganese calcic skarn, spinel-corundum-anorthoclase and fluor-boro-metasomatites, and briefly describes characters of some important metasomatic formations which have rarely been mentioned in Chinese geological references. Finally, the term "metasomatic series" has been further illustrated.

消息报道

KBL-1型半导体冷台在使用中存在的问题与改进

Some Troubles in Using KBL-1 Type Semiconductor Freezing Stage and Their Elimination

KBL-1型半导体冷台可用于包裹体冷冻实验研究,其温度范围在 $\pm 65^{\circ}\text{C}$ 。对测定低盐度包裹体,它比较方便使用,但在使用过程中发现存在一些问题,如冷台台体较高,一般显微镜不易安装,另外样品室密封性不好等等。针对这些问题我们进行了一些改进,这些方法简单易行,具体方法如下:

1. 为了解决显微镜不易安装这个问题,必须对显微镜进行一些调整。由于包裹体的冷冻实验过程一般不需要下偏光,可把普通常用的显微镜的下偏光系统全部取出,然后在安装下偏光的位置装入大视域聚光镜,再将显微镜载物台调整到适当的位置。这样半导体冷台就能安装到常用的显微镜上,既不影响实验观测,又由于安装了大视域聚光镜,使观测更清晰。更重要的是由于取出了下偏光系统,载物台的可调距离增大,使半导体冷台安装比较方便。

2. 冷冻实验需要一个相对真空的条件才能防止起雾,以使冷冻过程能够清楚地观察包裹体冷冻现象,如包裹体过冷却后会冻结、冰晶融化以至最后一块冰晶消失等现象的观察。只需在台体下部加上一块石英片,使之盖住透光孔,然后再在样品室上面盖上一块石英玻璃片,便可起到样品室密封的作用。如果没有较好的石英片也可用普通岩矿鉴定用的盖片来代替,同样可以起到使样品室相对“密封”的效果,这样在冷冻实验过程中外部的空气不能进入样品室,就可以避免在降温过程的“起雾”现象,确保冷冻实验过程观察清晰准确,测定准确的冰点值。由于目前是以“最后一块冰晶的消失”的温度作为冰点,因而它的准确观测至关重要,也是关键所在。密封问题的解决,便给冷冻实验创造了条件,能保证实验的顺利进行。

改进后的冷台在测定中灵敏度和重现性均较好,基本上满足低盐度包裹体的冷冻实验的要求。但如果用于测定 CO_2 部分均一温度也可以加正温进行测定,这里要提醒的是使用者必须要调整接线柱,方可加温不超过 $+65^{\circ}\text{C}$,由于 CO_2 的部分均一温度在 $27-31^{\circ}\text{C}$,所以基本可以满足实验要求。此外在使用时务必要首先开动循环水,以保护半导体冷却不至受热而产生误差,确保实验的精度并延长冷台的使用寿命。该冷台测定误差一般在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内,对 $2\mu\text{m}$ 以上的包裹体基本可以测定,对 $5\mu\text{m}$ 以上的包裹体冷冻实验能取得比较理想的效果并能得出较准确的冰点值。

(矿床地质研究所 马秀娟)