

400℃之间也可以注意找矿。

此外,这个实验对今后进行硫化物溶解试验,也提供了一定的参考数据。

这个实验中的 SO_2 及 SO_4^{2-} 是由舒柏崇和区杏同志帮助测定的,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 王玉荣等, 1979, 《成岩成矿实验研究》, 科学出版社, 18~26页
[2] 杨家徐等, 1980, 《地质与勘探》, 第12期

- [3] 吴厚泽等, 1980, 《地质与勘探》, 第7期
[4] 徐克勤等, 1964, 《矿床学》, 地质出版社
[5] Ellis, A. J., et., 1970, 《Geochim. et Cosmochim. acta》
[6] Kennedy, G. C., et., 1962, 《American j. science》, V.260 No. 2
[7] Charles F. park, Jr et., 《Ore deposits》
[8] A. Rittmann, 1962, Interscience publishers a division of John Wiley & Sons New York London, 《Volcanoes and Their activity》

钾长—碱长花岗岩 与 稀 土 铈 钽 成 矿 的 关 系

广东省冶金地质935队 周瑞文

花岗岩型稀土、稀有元素矿床,与钾长—碱长花岗岩有着密切的成因联系,其成岩与成矿作用的统一性,即成矿专属性已为大量地质事实和成矿实验所证实。花岗岩的岩性和结构、构造特征,是岩浆成分和固结环境的反映,也是花岗岩矿化类型和强度的最本质、最直观的标志。运用岩矿鉴定手段,查明岩石的岩性特征,分析它们与某些矿产的内在联系,提供岩石的某些成矿信息,对于找矿实践和花岗岩的研究均具有重要意义。

主要造岩矿物含量及性状

内生金属矿床的形成,都与一定的岩石类型有着某种成因上的联系。利用已收集到的37份与稀土、铈钽矿化有关的岩石薄片鉴定资料,投影于1972年国际地质学会火成岩体系小组委员会推荐的分类图解(图1),发现所有的点均落入2区和3a区范围内,表明它们均属石英碱长石含量较高的钾长花岗岩和碱长花岗岩。稀土矿化岩石的平均成分投影点落于3a区右侧,但却靠近碱长花岗岩一侧,显然其岩石类型属于由钾长花岗岩向碱长花岗岩过渡的类型。钽矿化岩石的平均化学成分则属碱长花岗岩。投影点分布特征表明,钾长花岗岩中石英、碱长石含量较低的岩石与稀土矿化有关,而碱长花岗岩则与钽矿化密切相关。

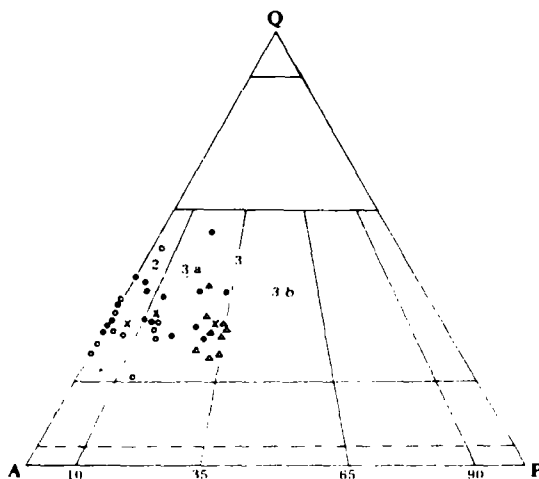


图1 稀土、铈钽花岗岩岩石类型分布图

2—碱长花岗岩; 3—花岗岩; 3a—钾长花岗岩; 3b—二长花岗岩; Δ—稀土矿化花岗岩及平均成分; ○—铈矿化花岗岩及平均成分; ●—钽矿化花岗岩及平均成分

研究花岗岩的岩性特征,是认识岩浆作用过程中成岩与成矿关系的根本途径之一,也是判别岩石矿化类型和强度的主要标志。稀土、铈钽矿化花岗岩的岩石类型虽然较相近,然而在主要造岩矿物组合、含量(表1)及性状等方面,都存在着明显的差异。由图2和图3可见,稀土矿化花岗岩不含钠长石;斜长石以更长石为主。云母

不同矿化类型的主要造岩矿物含量表 (%)

表 1

矿化类型	样品数	钾长石	斜 长 石			石英	云 母					
			更长石	更钠长石	钠长石		黑云母	锂黑云母	黑鳞云母	铁锂云母	白云母	锂白云母
TR	11	43	18	4	0	30	5.4				0.2	
Nb	6	44		13	5	33	1.7	2.2	0.3		0.2	
Nb, Ta	10	32		5	20	37			3	0.2	1.3	0.2
Ta	10	20		4	40	31			0.4	0.8	3.6	0.3

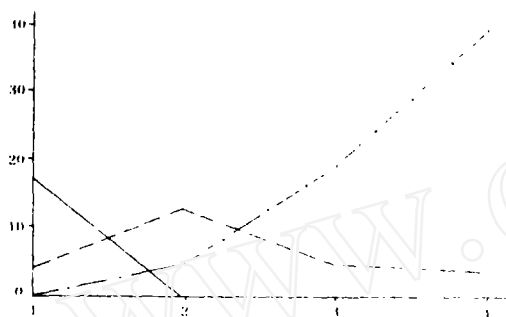


图2 不同矿化类型岩石斜长石含量变化

1—稀土矿化花岗岩；2—铌矿化花岗岩；3—铌、钽矿化花岗岩；4—钽矿化花岗岩；——更长石；---更钠长石；- · - · - 钠长石

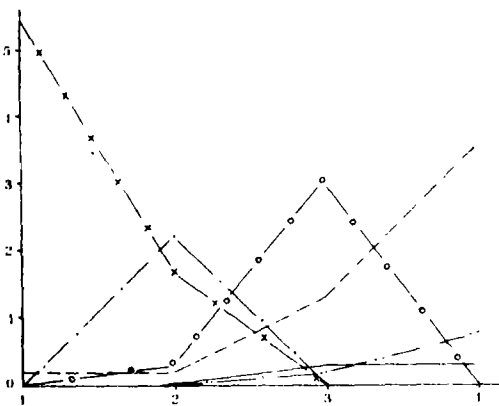


图3 不同矿化类型岩石中云母种类及含量变化

—×—黑云母；---锂黑云母；- · - · - 黑鳞云母；- · - · - 铁锂云母；——白云母；- · - · - 锂白云母

几乎全部是黑云母。钾长石以条纹长石为主，主晶中细而密的条纹连晶排列规整。石英呈他形粒状集合体，充填于其他矿物粒间。铌矿化花岗岩，斜长石与钾长石含量相近，钾长石以微斜长石为主，主晶中的钠长石条纹连晶多而极不规则，构成所谓疙瘩状、火焰状钠长石，标志着岩石中钠

质增高。斜长石以更钠长石为主，且含20%以下的钠长石。云母以黑鳞云母、锂黑云母（或锂铁系列云母）为主。钽矿化花岗岩以富含钠长石为特征，其含量在30~60%之间。云母则以白云母（或锂铝系列云母）占绝对优势。石英多为柱面不发育的六方双锥柱状自形品，其中常见自形环带钠长石包裹体。微斜长石量少，格子状双晶明显，常呈自形或半自形斑晶出现。

铌、钽的某些地球化学性质的相似性，决定了它们在同一岩浆系统中以类似的形式共同迁移，密切共生。然而其氟络合物的迁移能力和速度的差异，又促使铌、钽在矿化时间和空间上的分离，钽的成矿总是晚于铌，岩性上也表现出一系列渐变过渡的特征。鉴别钽矿化强度最有意义的标志是，随岩石中钽、铌比值的增大，钠长石含量增加，其量小于10%者，以铌铁矿矿化为主，10~30%标志着钽铌铁矿矿化，当钠长石含量介于30~60%之间时，则为细晶石、铌钽锰矿的矿化；钠长石由散布于岩石中的宽板状晶体，变为窄板状、叶片状和糖粒状集合体，杂乱地堆积于早晶出的矿物之间。随着钽矿化强度增大，云母种类增多，片体变小，颜色变浅，由锂铁系列向锂铝系列演变。

综上所述，对于钾长花岗岩和碱长花岗岩，在考虑斜长石与云母种类及含量的情况下，自然形成了一个黑云母—更长石花岗岩→黑鳞云母（或锂黑云母、白云母）钠长石花岗岩→白云母（或锂白云母、锂云母）富钠长石花岗岩的岩石类型组合，和与之相对应的稀土→铌→钽的成矿序列，二者之间紧密联系，互相依存，随岩浆分异演化作用，按K、TR→Na、K、Nb→K、Na、Ta的顺序发生和发展。

副矿物组合及标型特征

花岗岩副矿物组成及其标型特征,反映了岩石成岩成矿作用的时间和条件,是岩石矿化与否和矿化类型的直接标志。由表2可见,稀土矿化岩石富含稀土矿物和钛铁矿、磁铁矿、贫铌、钽、钨、锡矿物,挥发份矿物以磷灰石为主,锆石为普通锆石。铌、钽矿化岩石,磁铁矿、钛铁矿显著降低,稀土矿物含量和种类也趋于减少,铌、钽矿物种类增加,含量明显增高,并出现一定数量的锡石、黑钨矿;挥发份矿物主要是萤石、电气石和黄玉,锆石则为含铪较高的变种。总之,矿化类型不同的花岗岩,各具特定的副矿物组成。稀土矿化岩石,具有一套典型的富Ca、Ti、Zr、Fe、TR、P的副矿物组合。以铌矿化为主的岩石,为富Nb、TP、Zr、Hf、F的副矿物组合。以钽矿化为主的岩石,副矿物组合则以富Ta、Nb、

W、Sn、Hf、Li、F为特征。

锆石是花岗岩中常见的一种贯通矿物,在不同矿化类型的花岗岩中,显示不同的标型特征。稀土矿化岩石中为晶形较复杂的长柱状普通锆石。(110)或(101)柱面十分发育,颜色多样,透明度高,光泽强,含铪低。以铌矿化为主的岩石,含有半透明、含铪较高的锆石,常由(111)与(100)或(101)组合而成的短柱状晶体。以钽矿化为主的岩石,锆石绝大部分为不透明、色浅、油脂光泽的富铪锆石,多呈(100)柱面被不发育的双锥状晶体。

稀土矿化花岗岩中一般不出现铌铁矿。铌矿化花岗岩中的铌铁矿为铁黑色粗大的板状、板柱状或薄板状晶体。钽矿化花岗岩中的铌、钽矿物族矿物,多呈棕黑色粒度细小的片状、针状晶体。随着铌铁矿族矿物性状的变化,岩石中钽、铌含量增高,比值增大。

每一矿化类型花岗岩中,均有一定数量的石榴石和电气石,然而矿化类型不同的岩石,它们的性状却有明显差异。稀土矿化岩石中的电气石为黑色,不透明,结晶粗大,石榴石以粗大的黑一深棕色铁铝榴石为主。铌、钽矿化岩石中的电气石呈茶绿色,透明,细小的柱状晶体,石榴石则为透明、棕黄色的锰铝榴石,其晶体中常见针状铌铁矿包裹体。

岩石结构构造特征

岩石的结构和构造,是成岩成矿环境的反映,也为花岗岩的矿化类型提供了某种信息。稀土矿化和褐钇铌矿化花岗岩,常呈规模较大的岩基、岩株产出,其成分和形成条件,与分布广泛的黑云母钾长花岗岩差异不大,因而其结构构造亦与普通花岗岩相类似。最常见的为块状构造,少数呈条带状构造。其结构主要是中一中粗粒花岗岩结构、不等粒或似斑状结构。反映了稀土矿化花岗岩的成岩温度较高,深度相对较大,以结晶分异作用为主的岩浆演化较早阶段的特征。

铌、钽矿化花岗岩形成环境的特殊性,赋予它某些与稀土矿化岩石差别明显的结构和构造,常见的有如下几种:

主要副矿物组合含量(g/t) 表2

矿物名称	矿化类型 (统计数量)		
	TR (5)	Nb (14)	Ta (10)
独居石	11~141	1~37	4~68
钽石	微~11	1~48	微~12
磷钇矿	31~126	1~12	1~104
褐帘石	微~36	微	0
褐钇铌矿	3~95	微	0~微
铌铁矿	5~9	0	0
铌铁矿	微~3	20~98	微
钽铌铁矿	0	0~334	31~130
铌钽锰矿	0	0	10~240
细晶石	0	0~2	微~72
铌铁金红石	0	0	0~96
钽钇矿	0	0	0~19
磷灰石	9~119	微	0
电气石	微~124	微	微~大量
萤石	6~204	9~1056	微~大量
黄玉	微~62	1~989	微~302
普通锆石	7~87	35~218	微~12
含铪锆石	0	34~132	少
富铪锆石	0	少	2~51
钛铁矿	5~208	微~6	微
磁铁矿	369~1451	3~50	微~8
石榴石	18~2105	微~360	微~439
锡石	微	1~14	微~51
黑钨矿	微	微~4	微~6
辉钼矿	0	1~14	微~2

1. 聚堆充填结构 岩石具似斑状结构, 基质中的自形板条状钠长石和石英, 杂乱地堆积充填于较大颗粒的石英、云母粒间, 构成基质的聚堆充填结构。

2. 环斑堆积结构 细粒自形板条状钠长石和糖粒状钠长石, 环绕六边形石英晶体堆积, 构成环斑堆积结构。

3. 环带包裹结构 自形石英或钾长石晶体中, 板条状、糖粒状钠长石包裹体平行排列, 呈现出与石英或钾长石外形轮廓相似的多层环带, 构成岩石的环带包裹结构。

4. 似流动构造 自形板条状钠长石的长轴方向, 近于平行石英轮廓, 环绕石英边缘分布, 显示岩石的似流动构造。

5. 条带状构造 由肉红色钾长石与白色钠长石平行相间排列, 构成条带状构造 (图4)。

6. 绕曲状构造 不同组分的几个相, 以渐变过渡的带状产出, 接触界线呈弯曲的流线状, 表现出绕曲状的构造特征 (图5)。

7. 囊包状析离构造 不同成分的环带, 大致相似于囊包的外部轮廓, 围绕一个核心相间排列, 囊包状析离体内部各环带之间以及与母体之间, 均呈界线模糊的渐变过渡关系, 囊包的平均矿物组成与母体一致, 形态多种多样 (图6)。

8. 胶结角砾构造 富钠长石花岗岩胶结大小不一的围岩角砾, 角砾形态多样, 棱角明显。角砾与富钠长石花岗岩界线明显。

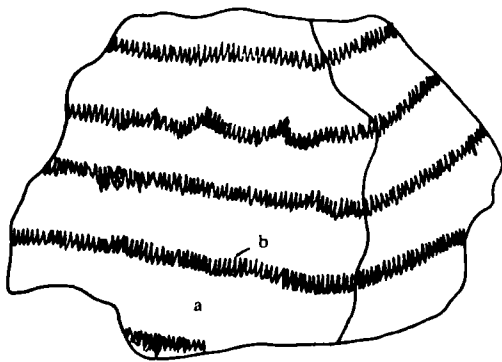


图4 条带状构造
a—钾长石; b—钠长石



图5 绕曲状构造
a—钠长石花岗岩带; b—云英岩带; c—似伟晶岩带

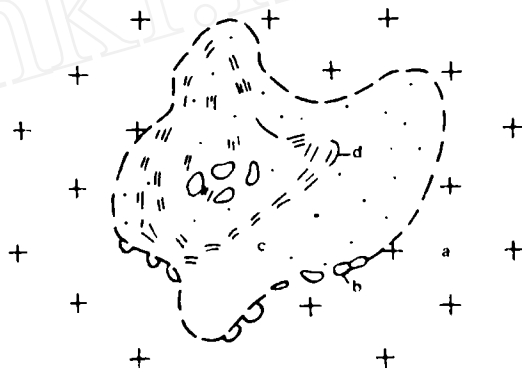


图6 囊包状析离构造
a—黑磷云母钠长石花岗岩; b—半自形—自形石英;
c—钠长石; d—黑磷云母

上述几种典型结构和构造, 在非矿化岩石或稀土矿化岩石中绝少出现, 然而在铈钽矿化花岗岩中却十分常见; 相对而言, 钽矿化岩石中更为发育和普遍; 表明铈、钽矿化花岗岩是由处于一个深度较浅, 温度较低, 封闭较好, 蒸汽压较大环境中的花岗岩岩浆, 经以液态分异作用为主的充分演化后固结而成。

结 论

花岗岩型稀土、稀有元素矿床, 属岩浆分异演化矿床, 与钾长—碱长花岗岩有着密切的成因联系。一定的岩石类型与矿化类型之间, 彼此紧密共生, 相互依存, 在岩浆分异作用的主导下, 按 $K, TR \rightarrow Na, K, Nb \rightarrow K, Na, Ta$ 的顺序发生和发展。这一成岩与成矿作用的统一性和阶

(下转第22页)

③氮的变差系数比氢、甲烷大很多,可能是仍有少部分氮吸附于孔隙深部而未赶尽造成的(同一矿样的不同颗粒吸附情况也不一致)。

5. 矿样分析 本法与兄弟单位分析的结果见表6。

结果与讨论

1. 本仪器经简单改装后,对5种标准气体进行的精密实验,相对偏差均 $<10\%$ (色谱分析允许误差 $5\sim10\%$)。这说明此色谱柱对这几种气体的分离效率是高的,灵敏度也较好。

2. 本方法属封闭体系爆裂提取包裹体的气体成分,矿样种类、加热温度、加热时间均对几种气体的存在有干扰;采用纯标准气体与矿样条件近于相似的外标法可系统消除以上影响。经采用内标2号伟晶石英矿矿物进行包裹体气体成分分析的方法重现性实验,并送具有不同设备的外单

位外验,结果其准确度、精密度均较好。

3. 采用本方法详细地对锡石、石榴石、长石、闪锌矿、方铅矿、辉锑矿、黄铁矿、磁铁矿进行了试验,确定了这些矿物在测定试验中对标准曲线的影响。

4. 本方法对分析 O_2 、 N_2 不够理想,对CO的灵敏度也欠缺,有待今后完善提高。

5. 在完成本报告的过程中,得到中南矿冶学院何禄卿、刁培良及我所喻铁阶、刘月星、罗宗端、袁梅瑶诸同志的协作和帮助,在此一并致谢。

参考文献

- [1] 中南矿冶学院科技情报室,矿物包裹体中气体成分的测定与研究(内部资料),1979年9月
- [2] 周兴汉,矿物包裹体中水和气相成分的色谱分析,地质科学研究院矿床所八室包体组内部资料,1980年10月
- [3] [美] R. A. 小戴, A. L. 安德伍德,定量分析,上海科学技术出版社,1978年10月

(上接第15页)阶段性,可概括为以下的演化序列,三个不同特征的成岩成矿阶段,也是进而划分钾

长—碱长花岗岩岩石亚种的基础。

细晶石、铌钽锰矿

白云母(锂白云母、锂云母)富钠长石花岗岩

铌铁矿、钽铌铁矿

黑鳞云母(锂黑云母、白云母)钠长石花岗岩

磷钇矿、独居石(褐钇铈矿)

黑云母更长石花岗岩

岩浆分异演化不同阶段的成岩成矿特征和固结环境,必然反映在岩石的岩性和结构构造等方面上,从而为应用通常的岩矿鉴定方法,提供岩石的某种成矿信息成为可能。综合岩石的矿物共生组合,含量变化,结构构造及某些矿物的标型特征,用以预测花岗岩中稀土、稀有元素成矿可能性、矿化类型及强度的有效性,已被普查找矿的实践所证实。

主要参考文献

- [1] 广东省冶金地质935队综合研究组,1979,广东省花岗岩型铌钽矿床成矿规律及找矿方向的初步研究(内部资料)
- [2] 中国科学院贵阳地球化学研究所,1979,华南花岗岩类的地球化学,科学出版社
- [3] 全国稀有元素地质会议论文集汇编组,1975,全国稀有元素地质会议论文集(第一集),科学出版社
- [4] 孙鼎等,地质科技,1978, No. 2