

豫西八宝山斑岩型铜铁矿床包裹体研究*

刘家齐

曾貽善

(宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003) (北京大学地质学系, 北京 100871)

摘 要 研究了包裹体的温压地球化学特征, 获得了包裹体的均一温度、盐度和压力。结果表明, 包裹体盐度由成岩阶段→岩浆期后铜铅成矿阶段→铜铁成矿阶段→成矿期后无矿阶段, 呈逐渐降低趋势, 而瞬时压力演化则呈反向特征; 斑岩体石英斑晶中单个熔体包裹体和铜铅矿体石英脉中单个流体包裹体气相成分都以富含 CO_2 为特征, 有机质成分(C_1-C_4)相当一致, 均含有相近的硫的化合物(H_2S 或 SO_2), 显示成矿物质来源与斑岩体演化有密切成生联系。

关键词 包裹体 拉曼探针 斑岩型铜铁矿床 豫西 八宝山

1 矿床地质特征简述

八宝山斑岩型铜铁矿床位于秦岭 EW 向复杂构造体系和 NNE 向构造带的交接部位。区内地层为震旦系和寒武系的碳酸岩类岩石和碎屑岩。由于 SN 向的强大挤压应力作用, 形成了一系列巨大的走向 NWW 的褶皱、压性断裂及与之伴生的规模较小的近 SN 向张性断裂和 NE 向、NW 向扭性断裂, 沿上述断裂有燕山期中酸性浅成小岩体和岩脉侵入。

八宝山小岩体, NW 向延伸 2 km, 南北宽 0.7 km; 与围岩的接触面, 呈舒缓波状起伏, 倾角陡(约 80°), 呈漏斗状。岩体主要由钾长花岗斑岩和花岗闪长斑岩组成。前者分布于岩体边缘, 后者位于岩体中部, 钻孔中见其呈指状穿插关系。作者认为它们属于同源岩浆两次侵入的产物, 即钾长花岗斑岩稍早侵入, 紧接着花岗闪长斑岩又沿同一岩浆通道侵入钾长花岗斑岩中心部位。花岗闪长斑岩 K-Ar 稀释法年龄为 173.6 Ma, 属侏罗纪, 为燕山早期产物。沿钾长花岗斑岩岩体与白云岩的接触带充填交代而成的铜铁矿体, 分布于岩体南、北部边缘形成两个矿带, 并构成本矿床的主要铜铁矿体。在钾长花岗斑岩和花岗闪长斑岩中普遍发育具有细脉浸染状的黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿矿化(脉石矿物为石英), 伴生强烈的绢云母化、硅化。在岩体北部钾长花岗斑岩与花岗闪长斑岩两种岩性接触面附近, 形成次生富集的铜矿带, 构成斑岩体内的铜矿体^[1]。

2 包裹体温压地球化学特征

矿床中包裹体类型主要有熔体包裹体和流体(气液和多相)包裹体两大类。熔体包裹体仅

见于钾长花岗斑岩和花岗闪长斑岩的石英斑晶中,可分为玻璃质相-气相熔体包裹体和结晶质相-气相熔体包裹体两个亚类,后者的晶出物主要为长石、云母和石英等,其中气泡约占 10%(图版-1)。流体包裹体广泛出现在成岩、成矿阶段和成矿后期的热液阶段。本文重点研究了这类包裹体温压地球化学特征。

2.1 流体包裹体类型及其特征

石英是斑岩型铜铁矿床中分布最广的透明矿物之一。从成岩早期晶出的六方双锥状高温石英到岩浆期后的热液阶段,铜钼成矿期的石英脉中均含有丰富的流体包裹体;在接触带铜铁矿石的方解石中也含有丰富的流体包裹体。

根据室温下流体包裹体的组成相态及其内含物在冷冻和加热过程中的相变平衡特征,将本矿床不同成岩、成矿阶段的石英、方解石中流体包裹体分为 4 种类型。各类型包裹体的主要特征见表 1。由表 1 可以看出,富气体包裹体和富含石盐、钾盐子矿物多相包裹体主要分布在强蚀变矿化的花岗闪长斑岩和钾长花岗斑岩的石英斑晶中及铜钼成矿阶段的石英脉中,以及岩体接触带的铜铁矿体的方解石中(图版-2~5),而成矿期后穿切铜铁矿石的无矿方解石脉的流体包裹体中未见子矿物,仅由气液两相组成或为单相液体包裹体(图版-6)。

2.2 流体包裹体中子矿物特征

在 Orthoplan 偏光显微镜下鉴定得出,多相包裹体中子矿物以石盐和钾盐为主,其次为少量的磁铁矿、赤铁矿等。

石盐呈无色,有的略带淡绿色,立方体、均质,占包裹体总体积的 10%~40%(图版-2~5),加热至 260~490℃ 熔解;钾盐无色,大多呈椭圆形、圆形、均质,折光率低于石盐,加热至 120~200℃ 熔解,占包裹体总体积的 10%~20%,常与石盐子晶同时出现;磁铁矿呈黑色小八面体、粒状,常见分布在石盐或钾盐子晶一侧;有时可见赤铁矿,呈红色、细板条状。

2.3 流体包裹体均一温度、盐度

利用德国产 Leits1350 显微加热台和法国产 Chaixmeca-180~+600℃ 冷热台,测得不同成矿阶段、不同类型的流体包裹体的均一温度(表 2)。

(1)对 NaCl-KCl 型多相包裹体,首先利用加热台测得石盐和钾盐的熔化消失温度(表 2),然后利用 E. Roedder(1984)饱和溶液 NaCl-KCl-H₂O 体系相图^[2],求得 NaCl 和 KCl 的质量分数(表 2);

(2)对含石盐多相包裹体,利用加热台测得石盐熔化消失温度,根据水溶液中 NaCl 溶液曲线,温度-含盐度关系图^[3,4],求得 NaCl 质量分数(表 2);

(3)对未见石盐、钾盐子矿物的气液两相包裹体,利用 Chaixmeca 显微冷热台测得包裹体中冰融化温度,然后根据 NaCl-H₂O 溶液的冰点-盐度数据表^[3],求得该类包裹体盐度(表 2)。不同成岩、成矿阶段各类包裹体的含盐度测定结果具有较明显的演化规律:从斑岩体石英斑晶中包裹体盐度 $w(\text{NaCl})$ 为 57.8%(平均值,下同)→黄铜矿-黄铁矿-石英脉中石英之包裹体盐度为 39.4%→岩体边缘接触带铜铁矿体中方解石之包裹体盐度 33.5%→成矿期后的无矿方解石脉中包裹体盐度为 8.1%,呈逐渐降低。表明成矿物质来源与斑岩体演化有密切成生联系。

2.4 高盐度流体包裹体均一瞬时压力测定

在 Chaixmeca 显微冷热台或 Leits1350 热台内测定石盐-钾盐型或石盐型多相包裹体中石盐、钾盐熔化温度和气相均一温度,并计算它们的温度差值(表 3),利用过饱和溶液的 $p-T$

- F 图^[2,3,5]估算多相包裹体的均一瞬时压力(表 3)。由表 3 可以看出,在不同成岩、成矿阶段中,其瞬时压力是不同的。钾长花岗斑岩石英斑晶中流体包裹体瞬时压力为 50~95 MPa,平均值 69.9 MPa;花岗闪长斑岩石英斑晶中流体包裹体瞬时压力为 50~120 MPa,平均值 74.7 MPa;强蚀变铜矿化花岗闪长斑岩石英斑晶中流体包裹体瞬时压力为 125~175 MPa,平均值为 146.7 MPa;铜(钼)石英脉中流体包裹体瞬时压力为 70~125 MPa,平均值 102.1 MPa;接触带铜铁矿石的方解石中流体包裹体瞬时压力为 80~115 MPa,平均值 100 MPa。总起来看,成矿瞬时压力>成岩瞬时压力。这表明在成矿作用过程中存在超压,即在岩浆作用晚期—岩浆期后阶段,由于体系处于相对封闭条件和挥发分的大量富集,使流体压力远远高于岩石所处的静压力。

表 1 流体包裹体特征
Table 1 Features of the fluid inclusions

矿物	产状	包裹体类型	包裹体相态 $\varphi_B/\%$				占包裹体总量 %	包裹体形态	包裹体大小 μm
			V	L	S_{Na}	S_K			
早期侵入岩	石英	钾长花岗斑岩	I	80~90	10~20		17.0	椭圆形、负晶形	3~15
			II	20~30	70~80		8.0		
			III	10~25	25~45	30~40	15~20		
稍晚期侵入岩	石英	花岗闪长斑岩	I	95	5		25.0	椭圆形、负晶形	3~15
			II	15~40	60~85		10.0		
			III	15~30	35~60	15~30	0~15		
热液蚀变阶段	石英	强蚀变、矿化花岗闪长斑岩	I	80~95	5~20		33.0	负晶形、椭圆形	3~15
			II	25~40	60~75		15.0		
			III	10~20	30~60	20~30	10~20		
铜钼成矿阶段	石英	黄铜矿—	I	60~95	5~40		25.0	负晶形、椭圆形、柱形	5~25
		黄铁矿—	II	25~50	50~75		21.0		
		石英脉	III	15~30	25~70	15~25	0~20		
铜铁成矿阶段	方解石	接触带黄	I	60~80	20~40		23.0	椭圆形、不规则状	3~15
		铜矿磁铁	II	20~45	55~80		62.0		
		矿矿石	III	20~30	50~70	10~20	0~10		
成矿期后无矿阶段	方解石	穿切矿石的无矿方解石脉	I					椭圆形、菱形	3~10
			II	5~15	85~95		90.0		
			III						
			IV	0~5	95~100		10.0		

注: I - 富气相包裹体 II - 气、液两相包裹体 III - 富石盐、钾盐子矿物多相包裹体 IV - 液相包裹体;
V - 气相 L - 液相 S_{Na} - 含石盐晶体 S_K - 含钾盐晶体

表 2 流体包裹体均一温度、盐度特征

Table 2 Feature of homogenization temperature, salinity of fluid inclusions

样号	产状	矿物	均一温度及部分相消失温度/℃					主要成分质量分数/%			
			T_h	T_G	T_H	T_{SY}	T_m	NaCl	KCl	NaCl+KCl	H ₂ O
bZK 311-1	钾长花岗斑岩	石英	450	400	450	160		42.0	22.0	64.0	36.0
			460(2)	395	460	160		43.0	20.5	63.5	36.5
			480	395	480	180		45.0	20.8	65.8	34.2
			470	390	470	180		44.0	21.0	65.0	35.0
			430	395	430	180		38.5	23.5	62.0	38.0
			480	410	480	160		46.0	19.0	65.0	35.0
			460	395	460	160		43.0	20.5	63.5	36.5
			440	395	440	145		41.5	19.5	61.0	39.0
			450	390	450	150		45.0	19.0	64.0	36.0
			460	390	460	160		43.0	20.5	63.5	36.5
bZK 5511-5	花岗闪长斑岩	石英	450	450	360	120		31.5	23.0	54.5	45.5
			510	510	380	130		32.0	22.5	54.5	45.5
			380(2)	380	340			40.0		40.0	60.0
			350	350	298			37.3		37.3	62.7
			350(2)	350	300			37.3		37.3	62.7
			350	350	320			39.1		39.1	60.9
bZK 5506-21	强蚀变铜矿化花岗闪长斑岩	石英	430(5)	285	430	195		38.6	25.0	63.6	36.4
			440	280	440	195		40.0	24.0	64.0	36.0
			480	320	480	200		46.0	23.0	69.0	31.0
			490	320	490	185		46.0	22.0	68.0	32.0
			480	345	480	200		46.0	23.0	69.0	31.0
			460	285	460	200		44.0	24.0	68.0	32.0
			480(3)	280	480	200		46.0	23.0	69.0	31.0
			480	325	480	200		46.0	23.0	69.0	31.0
			490	280	490	200		47.0	22.0	69.0	31.0
			490	280	490	195		46.5	21.0	67.5	32.5
			495(2)				-19.0	21.9			
			324				-18.5	21.6			

续表

样号	产状	矿物	均一温度及部分相消失温度/℃					主要成分质量分数/%			
			T_h	T_G	T_H	T_{SY}	T_m	NaCl	KCl	NaCl + KCl	H ₂ O
bZK 5508 -25	铜矿化带 中黄铜矿 - 黄铁矿 - 石英脉	石英	425	425	330	170		27.0	28.0	55.0	45.0
			420	420	280			36.2			63.8
			360	360	300			37.3			62.7
			370				- 14.5	18.3			
			410				- 15.6	19.0			
			420				- 16.5	20.0			
bD ₃	黄铜矿 - 黄铁矿 - 石英脉	石英	450	450	325	160		27.0	27.5	54.5	45.5
			480(5)	480	380	160		32.0	25.5	57.5	42.5
			520	520	380	160		32.0	25.0	57.0	43.0
bZK 5510	钾长花岗 斑岩接触 带黄铜矿 - 磁铁矿 矿石	方解石	435	435	338	160		28.0	27.0	55.0	45.0
			420	420	310	150		28.5	27.5	56.0	44.0
			385(2)				- 11.2	15.2			
			395(3)				- 10.8	14.8			
bZK 5511	钾长花岗 斑岩接触 带黄铜矿 - 磁铁矿 矿石	方解石	450	450	350	165		28.5	28.0	56.5	43.5
			420	420	360	170		29.0	28.5	57.5	42.5
			395				- 11.5	15.6			
			420				- 11.2	15.2			
			460				- 11.5	15.6			
bZK 5514	穿切黄铜 矿 - 磁铁 矿的无矿 方解石脉	方解石	246(2)				- 5.1	8.0			
			265(2)				- 5.2	8.1			
			280				- 5.5	8.5			
			285				- 5.5	8.5			

注: T_h - 均一温度 T_G - 气泡消失温度 T_H - 石盐子矿物熔化完温度 T_{SY} - 钾盐子矿物熔化完温度 T_m - 冰融化完温度; 括号内的数为相同 T_h 下所测包裹体的个数。

2.5 包裹体中气相和液相成分

在法国产 RAMNOR - U1000 型激光拉曼探针上, 分别测定了熔体包裹体和含石盐 - 钾盐子矿物多相包裹体的气相和液相成分。实验条件是: Ar^+ 激光器激光波长为 $514.5\mu m$, 激光功率为 600 V, 双单色器狭缝为 $450\mu m$, 色散率为 $9.2\text{ cm}^{-1}/mm$, 光电倍增管高压为 1530 V, 微区样品室实验温度 $20^\circ C$, 湿度 55%。在研究中, 应用基团伸缩鉴定 CO_2 、 H_2O 、 CO 、 N_2 、 SO_2 、 H_2S 、 CH_4 、 C_2H_2 、 C_2H_6 、 C_3H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_6 , 利用拉曼散射的相对横截面, 按照 Placzek 的公式计算每一组份的摩尔分数^[6], 计算结果见表 4。

万方数据

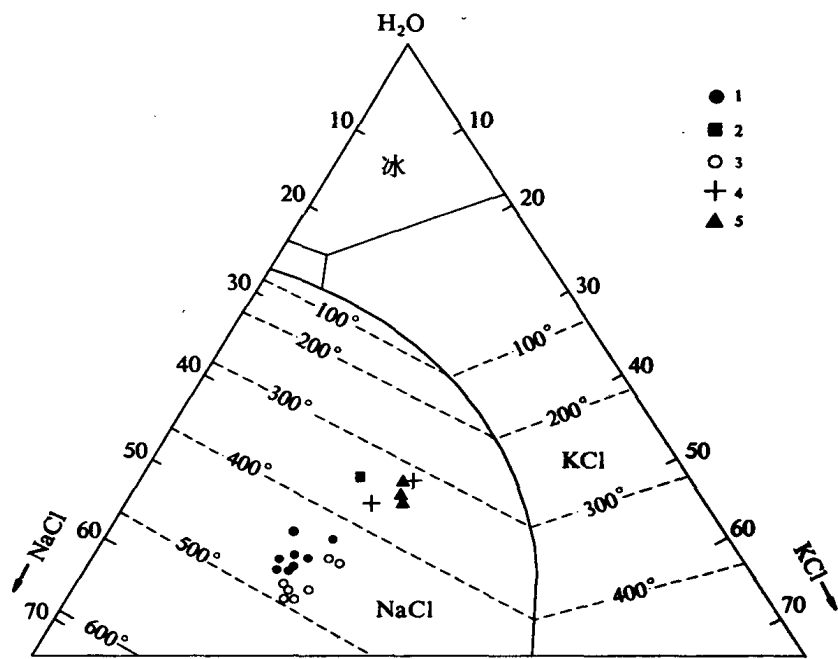


图 1 含 NaCl、KCl 子晶多相包裹体的温度 - 盐度图

Fig.1 Relations between temperature and salinity of the multi-phase inclusions with NaCl,KCl

1. 钾长花岗斑岩石英斑晶中包裹体 2. 花岗闪长斑岩石英斑晶中包裹体 3. 蚀变斑岩石英斑晶中包裹体
4. 黄铜矿 - 黄铁矿 - 石英脉中石英之包裹体 5. 黄铜矿 - 磁铁矿矿石中方解石之包裹体

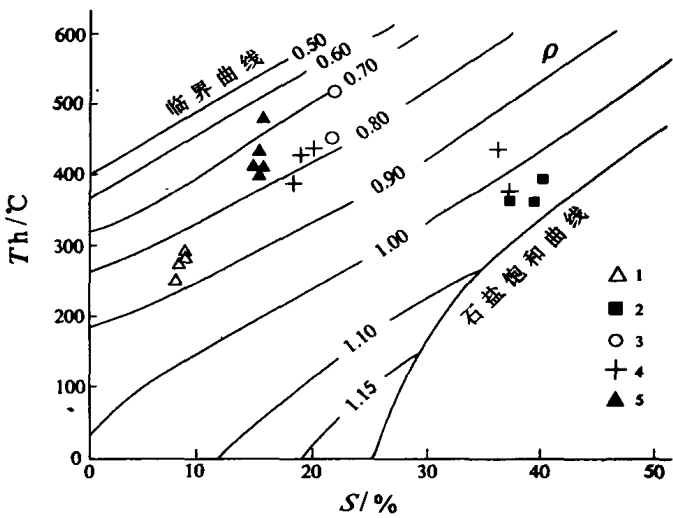


图 2 流体包裹体 Th - S - ρ 相关图

Fig.2 Relations among homogenization temperature, salinity and density of the fluid inclusions

1. 穿切黄铜矿 - 磁铁矿的方解石脉之包裹体 2~5 图例同图 1

表 3 流体包裹体均一瞬时压力估算

Table 3 Homogenization instant pressure of fluid inclusions

样 号	矿物	部分相消失温度/℃		温度差/℃	均一瞬时压力 MPa
		气相	固相		
bZK311-1	石英	390~410(9)	440~480	45~85	50~95
bZK5511-5	石英	350~510(5)	320~380	30~130	50~120
bZK5506-21	石英	280~325(9)	430~490	135~210	125~175
bZK5508-25	石英	360~425(4)	280~330	60~140	70~125
bD ₃	石英	450~520(3)	325~380	100~140	95~125
bZK5511	方解石	420~450(3)	338~750	80~100	80~115

注:括号内的数为测定的包裹体个数。

表 4 包裹体中气相和液相成分

Table 4 Composition of the gas and liquid phases in fluid inclusions $x_B/\%$

样号	包裹体		H ₂ O	CO ₂	CO	SO ₂	H ₂ S	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₆
	产状及类型	态相												
bZK 5508-21	花岗闪长斑岩石英斑晶中熔体包裹体	V		53.3	23.7	5.0	4.1		5.1	2.4		4.2	2.2	
bD ₃ -5	黄铜矿-黄铁矿-石英脉中含石盐钾盐子矿物包裹体	V		63.4			10.3	12.5	2.1	7.2				4.5
		L	17.4	51.9			11.0		9.0		1.6	6.6	2.5	

由表 4 可以看出,花岗闪长斑岩石英斑晶的熔体包裹体(图版-1)的气相成分中主要是 CO₂(摩尔分数 x_B 为 53.3%),其次是 CO(x_B 为 23.7%),有机质(C₁—C₄)(x_B 为 13.9%),SO₂ 和 H₂S(x_B 分别为 5%和 4.1%);斑岩中呈网脉状产出的黄铜矿-黄铁矿-石英脉中流体包裹体(图版-4)的气相和液相成分中亦主要是 CO₂(x_B 分别为 63.4%和 51.9%),其次是有机质(C₁—C₄)(x_B 分别为 13.8%和 19.7%),H₂S(x_B 为 10.3%和 11.0%),H₂O 存在于液相成分中(x_B 为 17.4%),N₂ 于气相成分中(x_B 为 12.5%)。

3 结论

(1)八宝山斑岩型铜铁矿床包裹体类型有熔体包裹体和流体包裹体两大类。熔体包裹体可分为玻璃质相-气相熔体包裹体和结晶质相-气相熔体包裹体;流体包裹体分气体包裹体、含石盐-钾盐子矿物的多相包裹体、气液两相包裹体和富水的液相包裹体。熔体包裹体仅见于斑岩体的石英斑晶中;流体包裹体广泛出现在成岩、成矿阶段和成矿期后的热液阶段。富含石盐-钾盐高盐度多相包裹体的分布范围与铜(钼)和铜铁矿体产出部位密切相关。因而高盐度多相包裹体的分布特征,可作为预测铜、钼、铁隐状矿体的重要标志之一。

(2)成矿流体温度 520~246℃,而大量 Cu、Mo、Fe 成矿阶段温度为 480~350℃;流体包裹体的盐度:由成岩阶段→岩浆期后铜钼成矿阶段→铜铁成矿阶段→成矿期后无矿阶段,呈逐渐降低的趋势;瞬时压力演化则呈反向特征,即成岩瞬时压力(约 70 MPa)小于铜、钼、铁主要成矿阶段的瞬时压力(约 116.3MPa)。

(3)斑岩体石英斑晶中单个熔体包裹体和铜钼矿体中单个流体包裹体气相成分都以富含 CO₂ 为特征,有机质成分(C₁—C₄)相当一致,并均含有相近的硫的化合物(H₂S 或 SO₂),显示成岩、成矿物质来源的一致性。

参 考 文 献

- [1] 河南省地质局第四地质队、湖北省地质研究所豫西队. 河南省八宝山铜铁矿床地质特征. 见:铁铜矿产专集(第一集). 北京:地质出版社,1973
- [2] Roedder E. Fluid inclusions. Reviews in mineralogy, 1984, 12
- [3] 卢焕章、李秉伦、沈昆等. 包裹体地球化学. 北京:地质出版社,1990
- [4] Shepherd T J, Darbyshire D P F. 张思世等译. 流体包裹体研究指南. 武汉:中国地质大学出版社,1990
- [5] Миловский Г. А 等. Условия образования шеелитовых руд месторождений чорух - дайронского рудного поля (по результатам изучения газово - жидких включений). Геохимия, 1978, 1
- [6] 徐培苍、李如璧等. 地学中的拉曼光谱. 西安:陕西科学技术出版社,1996

STUDY ON INCLUSIONS WITHIN QUARTZ FROM THE BABAOSHAN PORPHYRY Cu-Fe DEPOSIT OF WEST HENAN

Liu Jiaqi

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003)

Zeng Yishan

(Department of Geology, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

Systematical study has been carried out on thermobarogeochemical features of inclusions, and homogenization temperature, salinity and pressure were obtained. Analyses show that salinity of the fluid inclusions is gradually decrease from synmagmatic to post-magmatic Cu-Mo mineralization to Cu-Fe mineralization stage to non-mineralization stage, and the pressure is gradually increase. Besides, the gas phase components of melting inclusions within quartz phenocryst from the granite porphyry are similar to those of the fluid inclusions within quartz from the Cu-Mo mineralized quartz veins, characterized by enrichment of CO₂ and similar compounds (H₂S and SO₂), which shows that source of the deposit was derived from the granite porphyry.

Key words inclusions Roman microprobe porphyry Cu-Fe deposit Babaoshan west Henan

图版

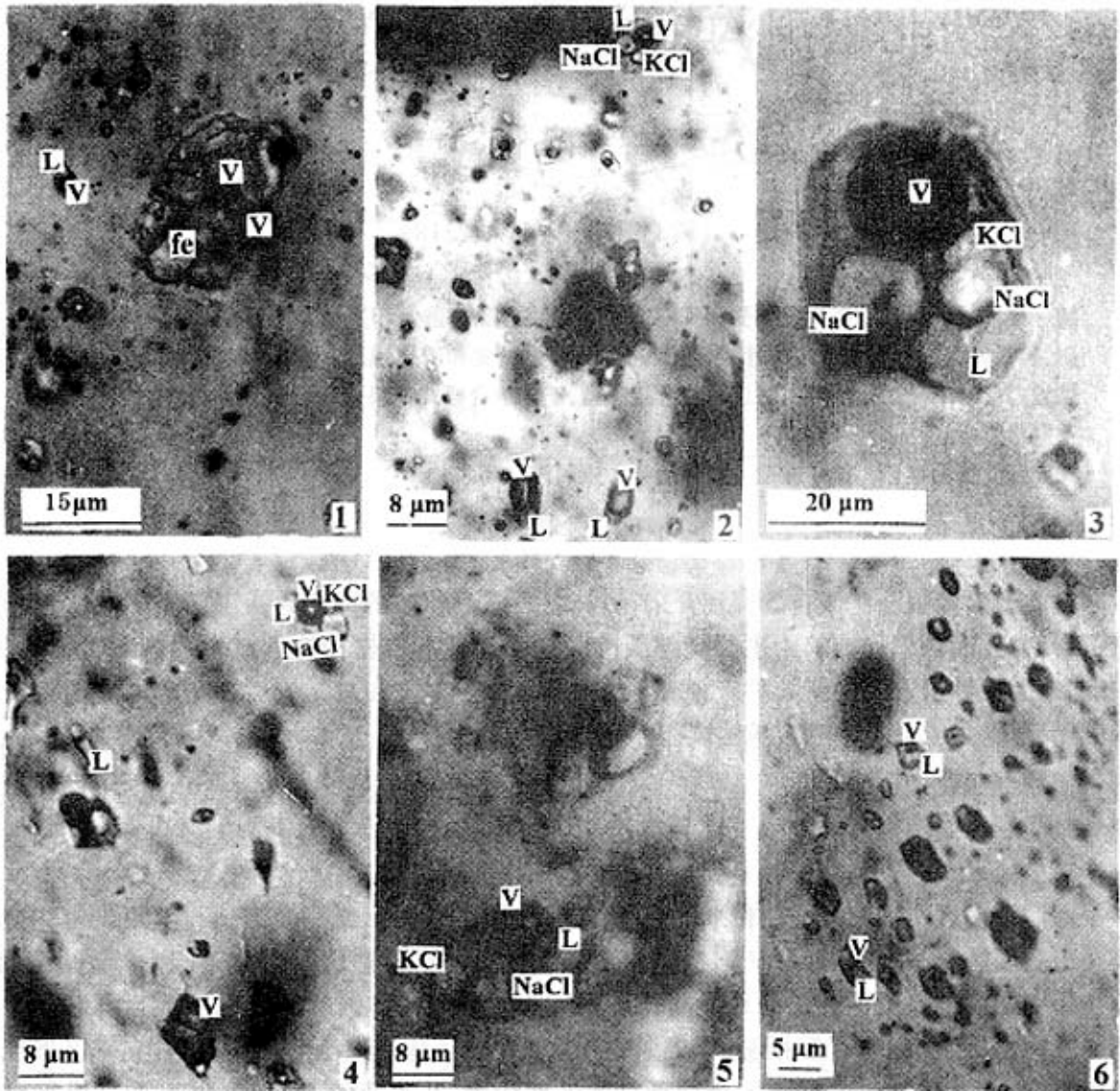


图 版 说 明

- 1. 花岗闪长斑岩石英斑晶中的熔体包裹体及流体包裹体
 - 2. 花岗闪长斑岩石英斑晶中的沸腾包裹体
 - 3. 花岗闪长斑岩石英斑晶中的含石盐-钾盐子矿物多相包裹体
 - 4. 黄铜矿-黄铁矿-石英脉中石英之沸腾包裹体
 - 5. 磁铁矿-黄铜矿矿石方解石中含石盐-钾盐子矿物多相包裹体
 - 6. 穿切磁铁矿-黄铜矿矿石的无矿方解石脉中包裹体
- fe-长石 NaCl-石盐 KCl-钾盐 V-气相 L-液相