

重阐述了矿化分带对找矿的指示作用。将斑岩铜钼矿床、斑岩铜铅锌矿床、斑岩铅锌矿床以及外围脉状金、银（铅、锌）矿床归为同一成矿系列，并强调了圈定面型浸染状矿化范围的意义，配合蚀变、矿化、元素地球化学特征，以明确不同部位可能产出的相应矿化。

4. 在阐述斑岩钨钼矿床分带模式时，提出了赣北“斑岩钨矿四层楼成矿模式”，对比赣南—粤北所通用的石英脉型“五层楼”模式，赣北是

倒向“四层楼”。此外，本文从找矿角度剖析了赣北几种不同类型斑岩钨矿的蚀变、矿化、元素地球化学特征，提出了普查找矿过程应注意的方法和地球化学指标。

5. 初步划分了赣北斑岩铜铅锌矿床和斑岩钨矿床的基本类型及其对比特征，为今后在不同地区、不同矿田、矿床不同部位寻找相应类型的斑岩矿床提供了一些线索和设想。

白云金矿床的成因

东北工学院

关广岳 金成洙

白云金矿床为辽宁省内新发现的破碎带蚀变岩型矿床。矿床的品位虽不太高，规模也不很大，但是由于它赋存在辽河群中级变质岩中，矿石组分简单，易采易选，是一种很有找矿前景的类型。因此，研究和探讨矿床地质特征及成矿机理，不仅可以丰富成矿理论，而且有利于指导找矿。我们结合辽宁冶金地质107队的勘探工作，进行了矿床成因和金的活化迁移、富集规律研究。本文仅就矿床成因方面的问题，提出初步认识。

区域地质概况

白云地区位于辽东台隆、营口—宽甸古隆起北部，营口—草河口复向斜的南缘。

区内出露辽河群变质岩，其上部为盖县组，主要是片岩组成的粘土质碎屑岩建造；中部为大石桥组，主要为大理岩夹片岩、变粒岩组成的碳酸盐建造和粘土—半粘土质碎屑岩建造；下部为浪子山组，主要为变粒岩、浅粒岩夹片岩、角闪斜长岩组成的半粘土—粘土质碎屑岩和中酸性火山碎屑岩建造。上述变质岩为复理式建造，以沿走向和倾向沉积序列、岩石组合、岩相及厚度变化较大为特征，并含有一定数量的有机质（藻质的碳化物）。这些特征显示其沉积物质多半来源于古陆壳，并在动荡不定的浅海、滨海环境下沉淀。

辽河群岩层严格受鞍山群基底构造控制，呈近东西向展布。区内已知地质体K—Ar同位素地

质年龄频数直方图（图1）表明，在辽河群地层沉积后，曾经历了多次较大的地质事件，而以吕梁期（1800~1600百万年）和海西到燕山期（400~100百万年）最强烈，对本区的构造—岩浆活动起着明显的控制作用。所以，本区吕梁期近东西向复式褶皱构造发育，显生代北东、北北东向压性、压扭性断裂明显地叠加在褶皱构造之上。

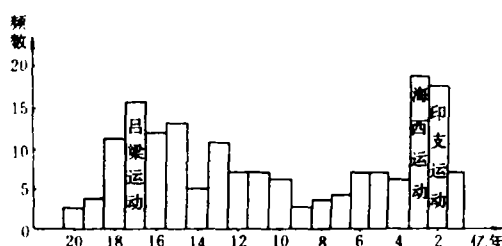


图1 辽东地区辽河群K—Ar同位素

年龄频率直方图

区内出露的岩浆岩主要为吕梁期混合岩化斜长花岗岩和海西—印支期黑云母花岗岩。前者以硅过饱和和贫碱为特征，侵入年龄为1540百万年；后者以硅过饱和和富碱为特征，侵入年龄为346~214百万年，它不仅对辽河群变质岩有混染、吞食现象，而且使岩石发生了硅化、夕卡岩化、绿帘石化、蛇纹石化和绢云母化等蚀变，又在岩体周边形成了夕卡岩型铜、钼矿化和石英脉型金、铅、铜矿化，以及沉积变质—热液改造型铅、锌、金矿化。在燕山期主要侵入了过渡相小花岗岩体

和一系列岩脉。

金矿床的地质特征

白云金矿床赋存在白云山倒转背斜南翼大石桥组中段变质岩中,并严格受破碎带热液交代蚀变岩控制(图2)。

(一) 矿体围岩——矿源层

区内仅出露大石桥组上、中段变质岩。上段的上部为厚层白云质大理岩夹薄层斜长角闪岩,中部以含石墨大理岩为主,下部以薄层透闪透辉片岩为主;中段的上部以变粒岩、浅粒岩夹薄层大理岩为主,下部是黑云母片岩、黑云母变粒岩、

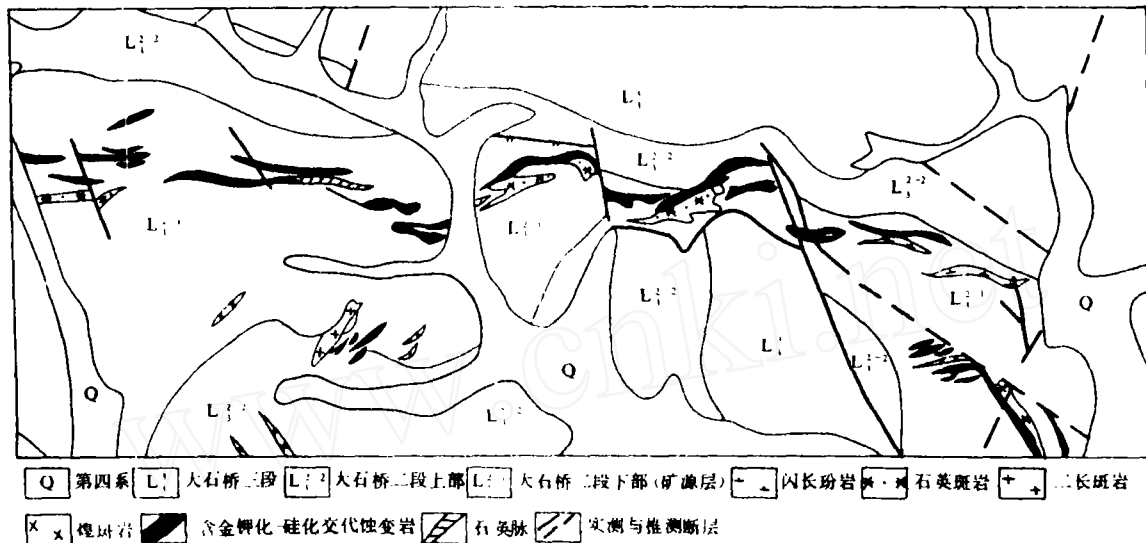


图2 白云矿区地质图

硅线黑云母片岩、浅粒岩互层夹薄层或透镜状大理岩。含金蚀变岩(带)和矿体严格赋存于中段下部互层带之中。矿体围岩岩性变化频繁,层薄(0.1~4米),宏观与微观韵律发育,复理式建造清晰,普遍含石墨及碳化物。岩石构造和化学成分特征表明,片岩类岩石,锆石等副矿物磨圆度良好,含碳质一般0.5~0.7%,最高2.98%, $K_2O > Na_2O$, Co、Ni、Cr含量<250ppm, $Cr/Ni < 1$, 尼格里岩石化学特征值均落在沉积岩区,原岩为粘土一半粘土质碎屑岩石。变粒岩和浅粒岩,多数矿物分选性和磨圆度较差, $Na_2O > K_2O$, Co、Ni、Cr含量>250ppm, $Cr/Ni > 1$, As含量大大超过地壳K值(一般5~10ppm,最高可达75ppm), 尼格里岩石化学特征值均落在火成岩区,其原岩可能属于远火山中酸性英安—凝灰质沉积岩。少数变粒岩则相反,石英分选性和磨圆度较好,具有明显的变余砂状结构,含碳质(最高达0.7~1%),具沉积岩特征,原岩属于陆源碎屑岩。

矿区及其外围岩石的含金量分析结果(表1)表明,在赋存有矿体的大石桥组中段下部,岩石含金最高,平均22.7ppb,最高203ppb,具有矿源层的特征。变质岩中发育有规模很小的伟晶岩和长英质脉,其中伟晶岩也含有极不均匀的金矿化,含量约0.5g/t。这是由于区域变质作用,使岩石中的金发生活化迁移,重新再分配的结果。

(二) 构造控矿

矿源层岩石,由于岩相、岩性变化频繁,层薄,岩石的机械物理性能很不均匀,容易发生形变,所以在各期地质事件中形成了复杂的地质构造。各期构造对金从矿源层中发生活化转移和再分配所起的作用是不同的。前震旦纪区域变质作用形成的褶皱构造,使金发生活化迁移,并相对富集于褶皱发育地段。例如:矿区褶皱极复杂的荒沟地段,黑云母片岩平均含金27ppb,而褶皱相对简单的阳沟地段,黑云母片岩中金的平均丰度只有18ppb。海西—印支期构造,主要是继承前期褶皱构造方向,沿机械物理性质不均匀的互

白云及其外围岩石含量统计表
(据辽宁冶金地质107队资料整理)

表 1

			岩 性	样 数	含量 (ppb)		
					范 围	平 均	
早元古代辽河群地层	盖 县 组		黑 云 片 岩	8	< 2 ~ 12	2	2
			黑云变粒岩	6	< 2	< 2	
	大石桥镇二段	上	大 理 岩	10	< 2	< 2	3
			片 岩	3	< 2 ~ 12	4.6	
			变 粒 岩	1	< 2		
		下	大 理 岩	3	7	7	12
			黑云母变粒岩	23	< 2 ~ 33	4	
			硅线云母片岩	6	< 2 ~ 3	< 2	
	黑云片岩		24	2 ~ 203	22.7		
	浪子山组		石 英 岩	6	2 ~ 4	3.5	4
含砾石英砂岩			1	4			
混 合 岩			1	4			
脉岩 (早元古代)			石 英 脉	2	5 ~ 12		
				1	< 2	8.5	
花岗岩 (海西期)			伟 晶 岩	2	< 2 ~ 8	5	
			边 缘 相	1	5		
			过 渡 相	1	4		
脉 岩 (燕山期)			中 心 相	1	< 2		3.3
			花 岗 斑 岩	1	2		
			石 英 斑 岩	3	3 ~ 4		

层带,形成层间或斜切岩层的破碎断裂带。其走向近东西,局部随地层产状而变化,倾向南,倾角多变,一般30~50°,延长大于5 km,延深大于600m,宽5~40m。它是深部高温气化热液上升的主要通道,同时又控制了蚀变岩(带)和矿体的分布、产状和形态,对成矿起着重要作用。

(三) 岩脉与矿化的关系

在矿体附近未发现较大的岩体,但石英斑岩、闪长玢岩和二长斑岩等岩脉广泛发育。其中石英斑岩和闪长玢岩与金矿化蚀变岩(带)有着密切的空间关系,常出现在蚀变岩(带)的顶盘或底盘。岩脉中见少量的原生岩浆包裹体,均化温度约400℃,次生包裹体发育,具有超浅成的特征。岩脉普遍受绢云母化、碳酸盐化和轻微的硅化、黄铁矿化,局部见金的矿化。K—Ar同位素年龄值(300~220百万年),与区域花岗岩(340~210百万年)和矿体(330~160百万年)接近(表2);硫同位素组成 δS^{34} 为+5‰,与区域花岗岩(+5.4‰)一致。由此可以认为,矿区内的脉岩

白云矿区及其外围K—Ar年龄表 表 2

测 定 对 象		样 品	地 区	K—Ar 年龄(百万年)
地 层	混合变粒岩	黑云母	青城子	1455
	浪子山组黑云变粒岩			1218
	盖县组黑云片岩			1468~1207
	大石桥组黑云片岩	全 岩	白 云	907
伟晶岩	大石桥组大理岩中	白云母	青城子	1982
	大石桥组黑云片岩中	白云母	白 云	1284
岩 浆 岩	大顶子斜长花岗岩	黑云母	青城子	1740
	双顶沟斑状黑云母花岗岩			346~244
	新岭黑云母花岗岩			231~214
岩 脉	辉绿玢岩	全 岩	白 云	817
	闪长玢岩			330~220
	石英斑岩			330~220
含金钾化—硅交代蚀变岩		钾长石	白 云	303~160

为深部海西—印支期岩浆活动的晚期派生物,并与成矿有一定的亲缘关系。

(四) 热液交代蚀变

区内热液交代蚀变发育,并形成了规模较大

的蚀变岩(带)。按交代或蚀变类型组合、强度以及
与矿化的关系,可分为褪色蚀变带和钾化—硅
化蚀变岩带。

破碎带严格地控制了褪色蚀变带,褪色蚀变
带又控制了钾化—硅化交代蚀变岩带,钾化—硅
化交代蚀变岩带则控制了金矿体(图3)。

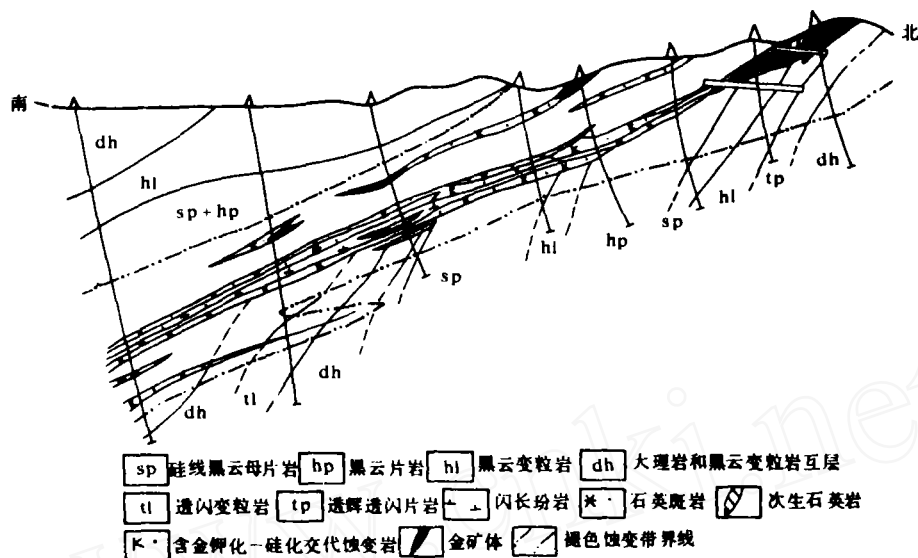


图3 白云矿区5线地质剖面图

1.褪色蚀变带:发育于破碎带两侧,其产状
与断裂带相近,形态复杂,呈多层平行分布。控
制长度大于3km,宽20~200km,延深大于600m。

蚀变类型有绿泥石化、绢云母化和少量硅化
等,主要是高温气成热液对矿源层酸性淋滤作用
的产物。黑云母蚀变后析出了部分Fe、Ti等色素
金属离子,使其褪色成为浅绿或灰白色的绿泥石、
绢云母和其他过渡性矿物。在蚀变矿物附近形成
少量不规则状黄铁矿。暗色矿物的褪色化蚀变,
以交代蚀变岩为中心,向外逐渐变弱,逐步过渡
为正常的变质岩。

2.钾化—硅化交代蚀变岩带:主要出现在破
碎带中,呈带状分布,并被褪色蚀变带包围。产
状为 $EW/S \angle 35 \sim 55^\circ$,连续性比褪色蚀变带差,
形态复杂,多呈平行斜列分布。主带规模较大,
长约1000m,宽0.2~40m,主矿体赋存其中。支
带规模小,出现在主带两侧,连续性较差,多半
是金的矿化体。

交代蚀变主要有钾长石化、硅化、绢云母化、
碳酸盐化和黄铁矿化,以及少量高岭石化和玉
髓化。

交代蚀变矿物的生成顺序为钾长石(I)→
石英(I)→钾长石(II)→绢云母(I)→石
英(II)→绢云母(II)→碳酸盐(I)→石英
(III)→方解石(II)。其中第二阶段石英(I)
→钾长石(II)→绢云母(I)和第三阶段石英
(II)→绢云母(II)→碳酸盐(I)与金的关系密切。

上述交代蚀变岩沿垂直方向略呈分带出现,
近地表次生石英岩发育,深部块状钾长石发育,
两者间为钾化与硅化混合过渡带,其他蚀变多半
叠加在上部或中部早期蚀变上。

(五) 矿体和矿石

1.矿体:金矿体多半出现在钾化—硅化交代
蚀变岩带的上盘或下盘附近,形态复杂,连续
性差,多呈不规则状、团块状或似脉状,并有
尖灭再现或分枝复合现象,延深也不大。产状
 $EW/S \angle 20 \sim 40^\circ$,并以 30° 角向西侧伏。矿体
的大小受交代蚀变岩的规模控制。矿体一般上部厚
而富金,下部变薄而贫金。矿体与交代蚀变岩呈
渐变关系,只能靠化验品位圈定。

2.矿石:矿石的矿物成分简单,贫硫化物。
金属矿物主要是黄铁矿,局部见少量黄铜矿和微

表 3

蚀变黄铁矿片岩的化学成分 (%) 变化

岩 性	样 数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺
未 蚀 变	4	63.26	17.2	0.87	1.71	0.78	7.47	0.06	3.27	1.19	0.65	0.018	1.45
		59.58~66.57	12.68~21.61	0.56~1.12	1.53~1.85	0.61~0.92	5.54~8.95	0.06~0.07	2.3~4.2	1.0~1.28	0.6~0.7	0.01~0.02	1.06~2.10
褪 色 化	7	60.08	18.25	0.80	1.91	1.41	6.02	0.05	3.58	0.75	0.72	0.07	2.61
		57.57~66.70	16.55~19.61	0.34~1.68	1.29~2.66	0.57~3.10	4.74~7.18	0.04~0.07	2.4~5.15	0.22~1.34	0.6~0.8	0.01~0.20	1.58~3.20
矿化交代 蚀 变 岩	4	59.91	16.18	2.38	2.08	3.34	3.48	0.04	7.70	0.50	0.59	0.05	1.95
		53.24~56.54	15.66~17.88	1.23~3.02	1.37~3.23	2.03~4.83	2.62~4.18	0.03~0.07	5.5~9.24	0.24~1.00	0.55~0.60	0.01~0.08	1.16~3.00

注: 表中分子为平均值、分母为变化范围。

量方铅矿、闪锌矿及辉钼矿。

矿石结构以自形—半自形粒状为主, 构造常为浸染状、角砾状和细脉状。

工业矿物以金银矿(成色率692~778)为主, 自然金(成色率约905)较少。可见金粒不多, 主要以包体金、晶隙金和以间隙金形式存在于黄铁矿中。金粒一般 $50 \times 7 \mu\text{m}$, 最大 $1420 \times 5 \mu\text{m}$, 呈薄片状、不规则状、细脉状和粒状。从黄铁矿的含金量与可见金(镜下)数量的比率来看, 金在黄铁矿中除了可见金形式存在以外, 可能还有一部分是呈次显微状态散布于晶格缺陷之中。

矿床成因

(一) 成矿物质——金的来源

含金钾化—硅交代蚀变岩仅产于矿源层中, 其化学成分与矿源层岩石基本相近(表3), 微量元素种数亦相同, 仅含量存在着规律性的变化(表4)。

从表4和图4可以看出, 由金含量较高的黑云母片岩(0.05ppm)等正常矿源层岩石, 到褪色蚀变岩带(0.03ppm)有所降低, 向含金交代蚀变岩带(0.54ppm)有所增加。这种变化反映了在高温气化热液对矿源层进行褪色蚀变的过程中, 金从矿源层活化带出来, 并迁移富集在交代蚀变岩的有利部位形成矿体。这与矿床中褪色蚀变岩带愈厚, 交代蚀变岩也愈厚, 矿体变大的实际情况相吻合。以上述观点和金平均丰度值计算出的每平方公里的矿源层岩石活化浸出的金, 大约有54吨, 形成目前程度的矿床当无问题。以上事实证明, 成矿物质金是来自就地矿源层。

(二) 运矿介质——热液的来源

矿石中的硫主要集中在热液成因的黄铁矿中, 所以我们可以利用黄铁矿的硫同位素组成和热液成因石英包裹体水之氢同位素组成来解释热液的来源。由表5可见, 矿石 δS^{34} 变化区间为+1.6~-8.5‰, 平均-3.7‰, 以趋近陨石值并富氢硫为其特征。它既不同于矿体围岩的硫(δS^{34} 平均+14.6‰), 也不同于围岩之伟晶岩的硫(δS^{34} 为+11.4‰)和本区域同群地层中的其他类型矿床的硫, 如沉积变质—热液改造型青城子

蚀变前后黑云母片岩的微量元素含量变化 (ppm)

表 4

岩 性	Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn	Mo	Sb	Ni	Co	Cr
矿 体	>2.7	2.5	5.4	44.8	28.4	44.7	3.2	5.7	25	25	62
片 岩											
交代蚀变片岩	0.34	0.27	1.1	52	12.5	59	2.6	2.2	18	59	60
褪色化片岩	0.03	0.17	3.6	80	61	43	1.7	2.0	71	64	63
黑云母片岩	0.05	0.20	3.4	84	42	72	3.7	5.3	80	53	64

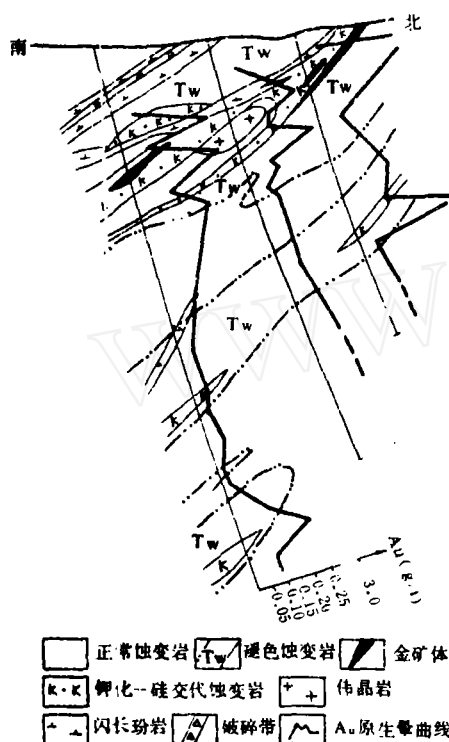


图 4 白法矿区 3 线地质剖面图及 Au 原生晕图

铅锌矿 δS^{34} 平均 +4.35‰, 沉积变质型四道沟金矿 δS^{34} 平均 +11.3‰。所以, 不能简单地认为矿石硫也和金一样是来自就地围岩, 或者来自区域变质作用均匀化了的硫。

矿石中不同阶段生成的黄铁矿的硫同位素组成也不同, 它又反映了硫来源的差异性和复杂性。例如, 早期钾长石化阶段黄铁矿 δS^{34} 平均为 +0.3‰, 更接近于陨石值, 这不仅与苏联远东巴列伊金矿 (平均 +0.3‰)、我国五龙金矿 (平均 +5.4‰) 等燕山期岩浆热液型金矿相接近, 而且又与矿区附近印支期新岭花岗岩 (δS^{34} 为 +3.4‰)、矿区内闪长玢岩 (δS^{34} 为 5.75‰) 相接近。由

此可以认为, 成矿热源和早期富含矿化剂 (包括 H_2S) 的气成热液, 主要与深部岩浆有关 (即与新岭花岗岩同期的)。在成矿中、后期的硅化阶段形成的黄铁矿的硫同位素组成 δS^{34} 平均 -6.88‰, 具富轻硫的特征。这个阶段生成的石英包裹体水的 δD 为 -142.19‰, 与美国卡林金矿 (δD 为 -139 ~ -160‰, 属与浅成大气水有关的热液浸染交代型) 相近。这都说明, 在成矿过程中渗入了一些浅部循环大气水, 它既降低了成矿热液的温度, 又促使矿物质沉淀成矿。

(三) 成矿物理—化学条件

1. 包裹体的特征: 在矿化交代蚀变岩中, 包裹体丰度高, 类型复杂, 分布很不均匀。以液体包裹体为主, 气体包裹体次之, 另有少量含子矿物的包裹体和含特殊流体的包裹体, 还见到很少量的纯气体和纯液体包裹体。

气体包裹体大小多数为 3 ~ 5 μ , 个别达 7 ~ 12 μ , 气液比大于 60%。均一温度多数在 350℃ 以上。此种包裹体多出现在矿体的上、下盘, 与早期钾长石化关系密切。

液体包裹体大小不一, 形态复杂, 均一温度在 380 ~ 100℃ 之间, 多数在 350℃ 以下。主要出现在硅化、绢云母化和碳酸盐化发育的交代蚀变岩中。

含子矿物的包裹体约占包裹体总数的 5%, 子矿物主要为石盐, 还有少量氯化钾、黄铁矿、方解石等。均一温度多数为 280 ~ 360℃。

含特殊流体包裹体, 除少量含 CO_2 包裹体外, 还有灰—黑色者, 在开始冷冻时气相消失, 到 0℃ 左右时又出现气相, 而且冷却到 -60℃ 也不见冻结。这种未知气体包裹体的成分可推测为 CH_4 类型的有机物质。它们分布很不均匀, 有时在矿体附近聚集出现。

白云矿区及其附近S、H同位素测定表
(据辽宁冶金地质103队、107队资料)

表 5

地 区	类 别		样 数	δS^{34} (‰)				δD (‰)
				变化区间	$\bar{X}$	R	σ	
白 云 矿 区	围 岩	片岩、变粒岩	9	+10 ~ -17	+14.6	7	2.16	-142
		伟晶岩	1		+11.4			
	岩 脉	闪长玢岩	2	+5 ~ +6.5	+5.75	1.5	0.75	
	矿 体	钾化蚀变岩	4	+1.6 ~ -1.7	+0.32	3.3	0.57	
		硅化蚀变岩	5	-5.4 ~ -8.5	-6.88	3.1	1.16	
		平 均	9	+1.6 ~ -8.5	-3.68	10.1	3.8	
青 城 子 矿 区	铅 矿	青城子矿	42	+1.3 ~ +7.57	+4.35	6.24	1.7	
		吕家堡子	6	+2.4 ~ +12.5	+5.7	10.82	3.3	
	金 矿	王家东沟	7	+3.1 ~ +7.5	+4.5	4.4	1.5	
	岩 体	新岭花岗岩	1		+3.4			
外 围	金 矿	四 道 沟	36	+10.1 ~ +12.6	+11.3	2.5	0.6	
		五 龙	38	+0.9 ~ +3.5	+2.0	2.6	0.7	

* 只有一个样品。

此外,在矿体部位常见到一群大小不一,气液比相差悬殊,但均化温度相近的沸腾包裹体群。其中常有含子矿物或气体包裹体。均一温度大部分在350℃以上,还出现在320、300和250℃部位。

根据上述包裹体类型与温度的关系,可以推测随温度等物理—化学环境的变化而引起的成矿流体的状态变化,即本矿床的成矿介质在高于临界温度350℃时,主要是富含挥发份的气成热液状态起了作用,在350℃以下时就变为典型的液相状态参加了交代成矿作用。

2. 成矿温度和压力:对透明矿物采用了均一法,对不透明矿物采用了爆裂法,其压力校正值为35℃。测定结果(图5)表明,成矿流体活动温度范围为480~100℃,众数在310~240℃和170~140℃。主要载金矿物黄铁矿是多阶段沉淀的,主要沉淀成矿温度区间为300~160℃,是高一中温热液作用的产物。

成矿压力是利用二氧化碳包裹体来估计的,其压力范围为604~300巴,属2~1km区间的中—浅深度环境。沸腾包裹体群的多阶段发育,也说明了成矿过程中曾出现过多次释放压力的作用。

3. 成矿溶液的成分、盐度、pH和Eh:硅化在矿床中普遍发育,与成矿关系密切,因此可以

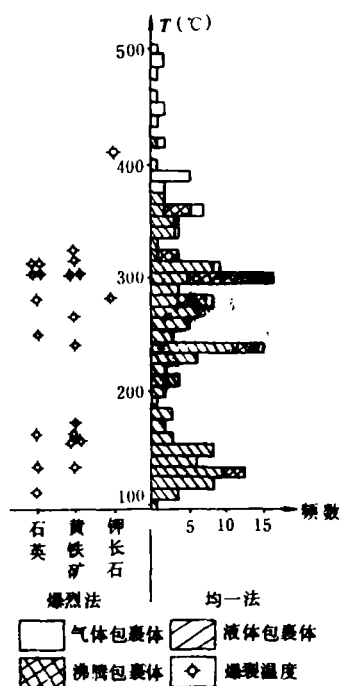


图 5 温度测定结果图

用不同阶段的石英包裹体成分测定值来估计成矿热液成分和性质(表6)。结果表明,高温热液为富Na的Cl型,中温是富Na含S的Cl型。从高温到中温Na/K和Ca/Mg各自增加1.8倍和2.4倍,S、CO₂也有增加的趋势。

包裹体成分测定结果

表 6

样 号		1	2	107 *	
石英类型		高温	中温	混合	
H ₂ O (重量%)		0.122	0.127	0.127	
盐度 (%)		9.92	7.96	8.8	
成 分 (mol/11. H ₂ O)	阳 离 子	Na ⁺	1.041	0.548	0.26
		K ⁺	0.168	0.162	0.02
		Ca ²⁺	0.074	0.031	0.49
		Mg ²⁺	0.013	0.013	0.33
	阴 离 子 气 体	Cl ⁻	0.749	0.533	0.69
		F	0.026	0.017	0.043
		Σ S			0.17
		CO ₂	0.902	0.855	2.92
		CH ₄	0.236	0.187	
	pH		6.42	6.42	
Eh		- 0.2	- 0.2		
比 值	Na / K	6.2	3.38	13.0	
	Ca / Mg	5.69	2.38	1.48	
	Cl / F	54	31.4	16.14	
	Cl / S			4.1	
	CO ₂ / H ₂ O	0.039	0.037	12.28	
	CO ₂ / CH ₄	3.82	4.57		

* 辽宁冶金地质107 队提供。

成矿流体盐度的测定,对含子矿物包裹体采用了热台熔解法,对液体包裹体采用了冷台冰冻法。结果(表7)表明,在高温气热阶段盐度很高,这与许多富金斑岩铜矿中富金钾硅酸盐蚀变带的盐度相似,可能与早期成矿流体长期沸腾作用下的去水作用有关。同时表明硅化发育时的热液盐度显著降低,与包裹体成分计算值很相近,这可能与大气水的加入稀释有关。

从共生矿物组合的生成顺序可知,成矿溶液发生过多次由弱酸性到弱碱性间的重复变化,而在大体上接近中性(pH≈6.4)条件下成矿。

随着成矿介质CO₂/CH₄比值的变化,由高温到中温Eh值有所增加,大致在半封闭的弱还原条件(Eh≈-0.2)下发生成矿。

以上成矿物理—化学特征可以看到,高温高盐度富含矿化剂的成矿介质,在温度、压力、盐度、pH和Eh变化的环境下,通过化学交代置换及充填裂隙等方式完成了成矿作用,是具有明显的热液成矿的特征。

综合归纳分析白云金矿床的地质特征和成矿物理—化学环境特点,本矿床有以下控矿因素:

1.矿床的矿源层有着明显的时代(中元古代)、层位(辽河群大石桥组中段)和建造(粘土质一半粘土质碎屑岩建造)的特征。因此,在矿

盐度测定结果

表 7

测定方法	包裹体类型	样 品 位 置	矿化程度	测定次数	测 定 结 果				
					均一温度	熔点温度	冰点温度	盐 度	
								范 围	平均
热 台 熔解法	含石盐子矿物 原生气体包裹体	钾长石化为主的钾化— 硅交代蚀变岩	矿化为主	5	430~320	500~370		55~38	46
冷 台 冰冻法	原生或假次生 液体包裹体	硅化为主的钾化—硅 交代蚀变岩	矿体为主	30			3.1~ -15	18.8~7.0	9.2

源层的Au丰度首先与沉积原岩有着直接的关系。也就是说,以机械、胶体、化学或生物等方式迁移来的Au是与矿原层岩石同时沉积的。这是矿床形成的基本物质基础。

2.在吕梁期区域变质作用过程中,变质热液使Au从岩石活化、运移到有利的岩性(黑云母片岩)、有利的构造部位(褶皱及破碎带),提高了金的丰度。

3.海西—印支期构造—岩浆活动,首先为成矿热液创造了活动通道,而且为Au的活化迁移提供了热源和高温气化介质。这是最终形成矿体的最主要的外界因素。

上述成矿因素表明,本矿床是在多次地质营力叠加作用下形成的,具有明显的继承、发展的特征。据此,提出如下矿床成矿模式设想(图6)。

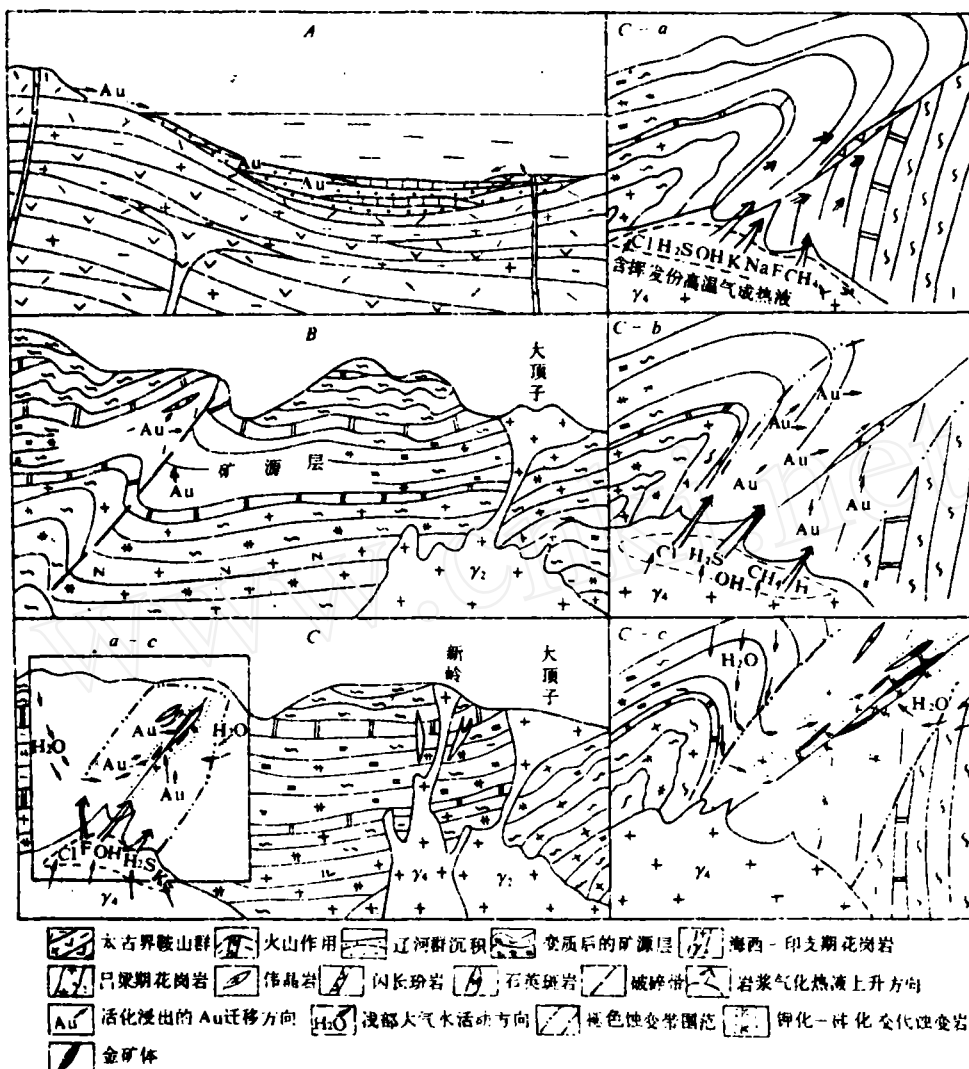


图6 白云矿床成矿模式图

A—中元古代早期，在古隆起边缘拗陷盆地内接受含Au丰度高于地壳K值的粘土质一半粘土质碎屑建造沉积物；

B—中元古代晚期发生的区域变质作用，使Au活化，短距离迁移，富集到有利岩性和构造部位；

C—海西—印支构造—岩浆活动期形成矿床；

C-a—早期构造的复活以及岩浆期后气化热液上升；

C-b—矿源层受气化热液的蚀变作用，形成褪色蚀变带的同时活化浸出Au，形成成矿热液并向压力趋减的破碎带方向流动；

C-c—成矿热液沿破碎带进行交代的同时沉淀Au，形成含Au钾化、硅化交代蚀变岩，当遇到浅部循环大气水时大量沉淀出Au而形成矿体。

总之，根据白云金矿床的地质特征和成矿机理以及涂光炽教授的有关层控矿床的定义和分类，认为本矿床的成因类型为沉积变质—岩浆热液叠加改造型层控矿床。

在研究过程中得到了辽宁冶金107队和辽宁冶金地质勘探公司研究所同志的大力支持，在此深表谢意。