

陕西小秦岭地区混合岩化成矿作用

地球化学

方维萱

(西北有色金属地质勘查局物化探总队, 陕西西安)

从成矿作用地球化学的观点, 探讨了元素在混合岩化过程中迁移、富集成矿的规律。Au在进变质过程中发生活化迁移, 在退变质过程中富集成矿。构造破碎蚀变岩型金矿以渗滤交代成矿作用为主, 含金石英脉金矿以扩散—充填交代成矿作用为主, 二者是脉动式成矿热液体系在不同时空上的产物。

关键词: 元素活化迁移, 渗滤交代作用, 扩散交代作用

概 述

1. 地质概况

陕西小秦岭地区金矿床类型主要为含金石英脉型(Q_{401} 、 Q_{505} 、 Q_{2142} 等)和构造破碎蚀变岩型(葫芦沟金矿床)。前者产于太华群大月坪组和三关庙组; 后者产于太华群秦仓口组。矿区地层岩性以黑云母斜长片麻岩、黑云母角闪斜长片麻岩、角闪斜长岩等为主, 恢复原岩为中基性火山岩。混合岩化发育, 形成各种混合岩化斜长片麻岩、混合花岗岩及各类混合岩。脉岩主要有辉绿岩脉、云煌岩脉、伟晶岩脉、闪石岩脉、正长斑岩脉等。断裂构造发育, 目前发现的含金石英脉和含金蚀变体多位于北东向断裂中。围岩蚀变以钾化、硅化、黄铁矿化为主, 次有重晶石化、碳酸盐化、绢云母化。

2. 围岩蚀变

含金石英脉型和构造破碎蚀变岩型金矿的围岩蚀变有相似之处, 但其规模、强度和蚀变分带则有一定差异。

(1) 含金石英脉型金矿: 围岩蚀变发育规模和强度均较小, 自矿脉中心向两侧对称出现: 石英脉→构造破碎蚀变带→蚀变片麻

岩(蚀变混合花岗岩)。构造破碎蚀变带由各类蚀变片麻岩、蚀变混合花岗岩破碎蚀变而成, 表现为断层泥、碎裂岩、糜棱岩和构造片岩, 石英脉厚度大时, 蚀变带厚度减小, 石英脉趋于尖灭的部位, 构造破碎蚀变带的规模增大, 厚0.4~1.5m, 最厚达2m以上。蚀变混合花岗岩、蚀变片麻岩分布于构造破碎蚀变带两侧, 其中黄铁矿化与金矿化的关系最密切, 各类蚀变中黄铁矿化增强时, 则形成蚀变岩型金矿石, $Au2.63\sim18.96g/t$ 。

(2) 构造破碎蚀变岩型金矿(以葫芦沟为例): 金矿体一般产于蚀变带的中心部位或其下侧, 蚀变带规模大。如SB-6蚀变带长1140m, 宽3~30m, 横向上分带明显, 从中心向两侧依次为硅化、钾化、黄铁矿化带→钾化、黄铁矿化带→黄铁绢英岩化带。与含金石英脉型金矿类似之处是: 在矿体中心部位常见0.2~0.8m的含金石英脉, 脉金品位高达5~20g/t, 金的矿化强度与黄铁矿化呈正相关。

3. 混合岩化作用表现形式及分期

混合岩化作用是在区域变质作用的基础上进一步发展演化的结果, 由深部上升的流

体或由岩石部分熔融产生的“混浆”与不同类型原岩经过一系列相互作用形成的。

(1)表现形式：一是石英质、长英质、伟晶质、花岗岩质脉体大量出现,呈条带状、条纹状、眼球状、条痕状等沿片理、片麻理、裂隙注入或渗透交代。二是发生碱、硅质交代作用：钾长石大量交代钠长石,形成眼球状钾长石或其集合体；暗色矿物减少,石英、钾长石、长英质脉体增多。最终形成混合花岗岩和均质混合岩,有时保留片麻岩的残留体。三是混合岩、混合花岗岩的总体走向为50~60°,与北东向的含金石英脉体和含金蚀变体的走向基本一致。

(2)本区混合岩化作用可分3期：

①早期混合岩化大约发生在9亿年以前,华北地台南缘发生了裂谷型台缘活化带,伏牛山—熊耳山—洛源北西西向古火山岛链上的海底火山喷发作用,导致大面积区域热流值升高,基底太华群发生混合岩化,主要表现为长英质脉体沿片麻理注入充填。

②中期混合岩化大约在6~9亿年,区内以上升的造山运动为主,表现为长英质脉体沿片麻理、裂隙注入充填,并有交代作用和渗透作用,碱质交代作用明显增强。

③晚期混合岩化大约在4~5亿年,由北东向地幔上隆(其后发展为燕山期上侵的北东向岩浆岩带),区域热流值普遍升高,碱质、硅质交代作用进一步增强,岩石中脉体与基

体无明显的界线,形成混合岩化的最终产物——混合花岗岩。

常量和微量元素的

含量特征

1. 常量元素含量特征(表1)

从表1可以看出,随着混合岩化作用的增强,Fe₂O₃、FeO、CaO、MgO、TiO₂、H₂O含量逐渐降低,SiO₂、K₂O含量逐渐增高。

2. 亲铁元素含量特征(表2)

从表2看出,随着混合岩化作用的增强,亲铁元素含量逐渐降低,到混合花岗岩,亲铁元素总量(Cr、V、Ti、Mn、Ni、Co)降低了2662ppm,Au降低了7.7ppb;在退变质作用形成的蚀变岩中,亲铁元素总量增加,Au明显富集。

混合岩化过程中元素的

地球化学行为

1. 不同变质程度岩石的岩石式

根据巴尔特(T·Barth)标准岩胞化学成分计算法,得出不同变质程度岩石的岩石公式为:

斜长角闪岩—黑云(角闪)斜长片麻岩:
K₄₁Na₅₇Ca₅₀Mg₄₆Fe³⁺Fe²⁺Al₁₇₉Ti₄Si₅₂₁Mn₆

不同岩矿石中常量元素含量(%)特征

表 1

变质程度	岩 性	样品数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O
区域变质	斜长角闪岩—角闪斜长片麻岩	5	51.93	16.64	0.53	1.97	5.07	5.06	3.43	0.233	3.56	3.19	2.09
混合岩化(弱)	混合岩化片麻岩	3	63.78	14.77	0.50	4.64	1.67	2.30	2.72	0.02	3.53	3.97	1.98
混合岩化(中)	条痕状、均质混合岩	3	65.65	14.55	0.32	1.37	3.79	3.18	2.57	0.03	3.32	3.33	0.99
混合岩化(强)	混合花岗岩	1	71.2	13.64	0.04	1.20	0.94	1.32	0.03	0.96	5.44	2.48	0.93
金矿体	蚀变岩	5	68.77	10.84	0.13	2.24*	0.93	1.21	0.6	0.30	7.19	0.34	
金矿体	石英脉	3	80.46	0.39	0.43	5.83	2.56	0.00	0.16		0.58	0.50	
金矿体	石英脉旁蚀变岩	1	77.34	2.15	0.36	3.41	2.03	1.03	0.33		5.37	0.01	

* Fe₂O₃ = TFe - FeO, 据西北有色金属地质勘查局712总队资料。

不同变质程度的岩石中亲铁元素含量(ppm)特征

表 2

变质程度	岩性	样品数	Cr	V	Ti	Mn	Ni	Co	Au	亲铁元素总量
区域变质	斜长角闪岩	18	137	242	6099	1093	58	49		7678
	斜长角闪岩—黑云母斜长片麻岩	32	81	134	4021	803	32	37	9.2	5108
混合岩化(弱)	混合岩化角闪斜长片麻岩	88	62	97	3606	678	29	27	2.1	4499
	长英质脉体	14	48	46	1154	222	8	7	1.2	1485
混合岩化(中)	混合岩	15	57	95	3471	606	32	21	1.6	4282
混合岩化(强)	混合花岗岩	22	38	66	2064	255	12	11	1.5	2446
退变质作用形成的 热液蚀变岩	蚀变混合岩	20	57	62	2323	1355	14	13	92	3824
	蚀变长英质脉体	37	51	74	2707	655	16	13	162.7	3516
	钾长石化—黄铁矿化	51	70	63	2353	1405	24	21	691.5	3936
	硅化—黄铁矿化	56	64	96	3120	935	25	18	219.3	4258

$P_2H_{129}[O_{1600}]$

混合岩化片麻岩类: $K_{40}Na_{69}Ca_{22}Mg_{35}Fe_{11}^{2+}Fe_{11}^{3+}Al_{155}Ti_3Si_{562}Mn_0P_1H_{119}[O_{1600}]$

混合岩: $K_{39}Na_{57}Ca_{31}Mg_{34}Fe_{10}^{2+}Fe_{5}^{3+}Al_{153}Ti_2Si_{591}Mn_0P_1H_{61}[O_{1600}]$

混合花岗岩: $K_{61}Na_{60}Ca_{12}Mg_0Fe_0^{2+}Fe_7^{3+}Al_{141}Ti_0Si_{631}Mn_7P_0H_{27}[O_{1600}]$

蚀变岩: $K_{81}Na_5Ca_{11}Mg_8Fe_{15}^{2+}Fe_0^{3+}Al_{113}Ti_1Si_{612}Mn_9P_1C_{22}[O_{1600}]$

2. 混合岩化过程中元素的带入与迁出

混合岩化初期,以Na、Si交代作用为主(碱、硅质交代作用),暗色矿物角闪石、黑云母等发生熔融和分解,带入 Na^+Si^{4+} ,作之有 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Mn^{2+} 、

H^+ 带出,同时矿物发生脱水作用。现以角闪石为例说明: $Na_2O \cdot 4CaO \cdot 8(Mg,Fe)O \cdot 3(Al,Fe)_2O_3 \cdot 12SiO_2 \cdot H_2O$ (角闪石) $\xrightarrow{\text{高温分解}}$ $Na_2O \cdot 6SiO_2 \cdot Al_2O_3$ (钠长石) + $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (钙长石) + $3Fe_2O_3 \downarrow$ (磁铁矿) + $4SiO_2$ (石英) + $4Ca^{2+} + 8Mg^{2+} + 12O^{2-} + 2H_2O$ 。矿物分解出现大量的 O^{2-} ,使流体的氧逸度增高,变为氧化环境($Fe_2O_3/FeO > 2.7$), H^+ 的带出和 Na^+ 、 Si^{4+} 的带入,使环境变为弱碱性,磁铁矿沉淀,矿区内区域性岩石中普遍含少量磁铁矿。以斜长石、石英为主成分的长英质脉体普遍发育,见少量钾长石脉。暗色矿物解体,使亲铁元素活化迁移,Au也随之活化迁移。混合岩化过程中元素的带

混合岩化过程中元素带入与迁出计算结果

表 3

混合岩化期次	混合岩化初期					混合岩化中期				混合岩化晚期			
产物	混合岩化片麻岩类					混合岩类				混合花岗岩			
移出离子 及数	Ca ²⁺ 28 Mn ²⁺ 8	Al ³⁺ 24 K ⁺ 1	Mg ²⁺ 11 Fe ³⁺ 1	Fe ²⁺ 8 Ti ⁴⁺ 1	H ⁺ 10 P ³⁺ 8	H ⁺ 58 Na ⁺ 8	Fe ²⁺ 21 Mg ²⁺ 1	Al ³⁺ 2 K ⁺ 1	Ti ⁴⁺ 1	Ca ²⁺ 19 Al ³⁺ 12	Mg ²⁺ 34 Ti ⁴⁺ 2	Fe ²⁺ 4 P ³⁺ 1	Fe ³⁺ 18 H ⁺ 34
迁入离子 及个数	Na ⁺ 12		Si ⁴⁺ 41			Ca ²⁺ 9	Fe ³⁺ 13	Si ⁴⁺ 29		K ⁺ 22	Na ⁺ 3	Si ⁴⁺ 40	Mn ²⁺ 7

人与迁出见表3。

3. 混合岩化热液的形成

混合岩化过程中矿物脱水, 为混合岩化热液的形成提供了足够的 H_2O , 从角闪斜长岩、片麻岩类到混合片麻岩类, H_2O 降低0.11%, 每 km^3 岩石形成的变质水达275万t (按岩石平均比重为 $2.5t/m^3$); 当发展到中等程度的混合岩类时, H_2O 降低了1.1%, 每 km^3 岩石形成2750万t变质水。氧同位素资料表明, 成矿热液是由变质作用形成的, 脉石英中 $\delta^{18}O$ 为 $+6.44\sim+13.44\%$, 多数大于8%, 与变质岩中 $\delta^{18}O$ 接近。强烈破碎的石英中 $\delta^{18}O$ 为 $+6.9\%$, 较一般石英低, 可能有大气降水参与(黄建军)。

假定古大气降水的参与忽略不计, 混合岩化热液中Au的平均浓度=(可迁移的Au总量/ km^3)/(可迁移的水总量/ km^3)。在混合岩化初期, Au降低了7.1ppb, 每 km^3 岩石迁移的Au总量为17.75t, 可迁移水的总量为275万t。混合岩化热液中Au的平均浓度为6.5ppm, 形成富Au成矿溶液。

混合岩化热液扩散—渗

滤交代作用及元素富集

成矿

混合岩化热液中富集 Si^{4+} 、 K^+ 等组份, 在氧化条件下的中性溶液中Au可能以 $[H_2AuO_3]^{3-}$ 、 $[AuS_2]^-$ 、 $[Au(HS)_2]^-$ 等络合物形成迁移, 混合岩化热液扩散—渗滤交代作用是退变质作用的必然结果和组成部分。

1. 渗滤交代作用

在构造动力的驱动下, 混合岩化形成的成矿热液从地下向上运移到低温、低压体系的构造裂隙中, 并与所通过的岩石发生渗滤交代作用, 形成构造破碎蚀变岩。

对于中基性岩石, 发生 Si^{4+} 、 K^+ 、 Mn^{4+} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 H^+

带出; 对于酸性程度较高的混合花岗岩, 则发生 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ti^{4+} 的带出, Na^+ 、 Si^{4+} 、 Ca^{2+} 、 Mn^{4+} 带出(表4)。形成的蚀变分带见表5。

当混合岩化成矿热液进入岩层中时, 二者成分差别最大, 其交代作用最强烈, 迅速改变交代岩石的成分。 Si^{4+} 是带出量最多的离子, 首先发生硅质交代作用, 在构造裂隙处形成0.2~0.8m厚的含金石英脉。热液中具高化学位的 Si^{4+} 、 K^+ 、Au等组份向外侧发生渗滤交代, 因石英脉的形成相对降低了硅的化学位, 故以钾质交代为主, 形成钾长石化带, 在钾交代作用最强烈的部位, 钾长石含量达80%以上, 一般含量为50~80%。硅、钾质交代作用的结果使热液与岩石的成分基本接近, 因此, 热液再继续向外侧发生交代作用时, 除 CO_2 和 H_2O 外, 交代作用已不能引起岩石成分的改变, 形成黄铁绢英岩化带和各类岩石的蚀变。

CaO 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 CO_2 是残余热液的主要成分, 最终形成方解石化($CaCO_3$)、铁白云石化 $[Ca(Fe,Mg)CO_3]$ 、重晶石化等。

在葫芦沟金矿床中, 发生蚀变的岩石类型有蚀变混合花岗岩、蚀变角闪斜长岩、蚀变角闪斜长片麻岩、蚀变斜长角闪片麻岩、破碎蚀变岩、蚀变混合岩及绢英岩化, 可见蚀变作用相当普遍, 几乎所有的早先形成的区域变质岩类和混合岩类均发生了蚀变作用。

2. 扩散交代作用

热液前锋在通过渗滤交代作用形成的蚀变岩石后, 继续沿构造裂隙向地表运移, 由于呈脉动式多次上升的成矿溶液渗滤交代作用进行的比较彻底, 溶液中的 Si^{4+} 、 K^+ 浓度, 特别是 K^+ 的浓度大幅度减小, 而溶液中的 H_2O 和 CO_2 仍是活动组份, 并具有较高的化学位, 向热液通道的两侧岩石扩散, 产生扩散交代作用, 形成含金石英脉型金矿的

渗透交代作用过程中元素的带入与带出

表 4

原岩成分	带入离子及个数					带出离子及个数					
斜长角闪岩—黑云角闪斜长片麻岩	K ⁺	Si ⁴⁺	Mn ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Ti ⁴⁺	P ⁵⁺
	40	91	3	52	39	38	24	7	66	3	1
混合岩化片麻岩	K ⁺	Si ⁴⁺	Mn ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Ti ⁴⁺	
	41	50	9	64	11	27	16	6	42	2	
混合岩	K ⁺	Fe ²⁺	Si ⁴⁺	Mn ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Ti ⁴⁺	
	42	5	21	7	52	20	26	19	40	1	
混合花岗岩	K ⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Ti ⁴⁺	P ⁵⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Si ⁴⁺
	20	8	9	1	1	55	1	1	28	2	19

渗透交代作用形成的蚀变分带

表 5

带号	蚀变带	矿物组合	惰性组份	活性组份
0	未蚀变岩石	因岩性而别	原始岩石	原始岩石
1	黄铁绢英岩化带	黄铁矿—绢云母—石英	FeO、Al ₂ O ₃ 、SiO ₂ 、H ₂ O	CaO、MgO、Fe ₂ O ₃ 、CO ₂ 、Na ₂ O
2	钾长石化—黄铁矿化带	钾长石—黄铁矿(石英)	K ₂ O、Al ₂ O ₃ 、FeO	CaO、MgO、Fe ₂ O ₃ 、CO ₂ 、H ₂ O
3	硅化—黄铁矿化—钾长石化带	黄铁矿—石英、钾长石—方铅矿—黄铜矿	FeO、SiO ₂	K ₂ O、CaO、MgO、H ₂ O、Fe ₂ O ₃ 、Al ₂ O ₃ 、CO ₂ 、Na ₂ O

蚀变围岩。扩散交代作用只发生在热液上升通道中(构造裂隙),形成的构造破碎蚀变岩

宽度0.5~2m,其宽度明显小于渗透交代作用形成的蚀变带。扩散蚀变分带见表6。

扩散交代作用形成的蚀变分带

表 6

带号	岩性	矿物组合	惰性组份	活性组份
0	混合花岗岩	正长石—斜长石—石英	原岩成分	原岩成分
	片麻岩类	角闪石—斜长石—黑云母	“	“
1	蚀变混合花岗岩	高岭土—绢云母—石英(黄铁矿)	Fe ₂ O ₃ 、FeO、SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 、H ₂ O	CO ₂ 、CaO、MgO
	蚀变片麻岩	绿泥石—绿帘石—石英(黄铁矿)		
2	构造破碎蚀变岩	石英—钾长石—黄铁矿	K ₂ O、Al ₂ O ₃ 、SiO ₂ 、H ₂ O、FeO	Na ₂ O、CaO、MgO、Fe ₂ O ₃ 、CO ₂ 、H ₂ O
		石英—绢云母—黄铁矿		
3	石英脉	石英—硫化物	完全活化	H ₂ O、K ₂ O、Al ₂ O ₃ 、CaO、MgO、Na ₂ O、CO ₂ 、H ₂ O

3. 渗透—扩散交代作用中金富集的地球化学机理

渗透交代作用初期,发生大量的硅化、钾长石化、黄铁矿化,使 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子带出。如钾长石化可表示为: $\{nCa[Al_2Si_2O_5]-(100-n)Na[AlSi_3O_8]\}$ (斜长石) $+K^+ \longrightarrow K[AlSi_3O_8]$ (钾长石) $+1/2Ca^{2+}+Na^++SiO_2\downarrow$ (石英)

据柯尔仁斯基的“酸碱相互作用”原理: K^+ 的碱性大于 Na^+ ,发生 K^+ 交代的溶液碱性相对略有升高。构造破碎蚀变岩型金矿中, $(K_2O+Na_2O)/Al_2O_3=0.72$,说明为弱碱性。

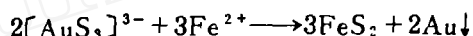
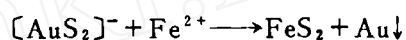
一些硫化物对氧化还原条件是敏感的,利用它们的组合关系可以推断成矿环境的氧化还原条件。构造破碎蚀变岩中出现黄铁矿(FeS_2) + 磁铁矿 + 磁黄铁矿组合,说明成矿环境是还原—弱还原环境。

在含金石英脉中, $(Al_2O_3+CaO+MgO)<1.5\%$, $(Na_2O+K_2O)<0.8\%$, $SiO_2 60\sim 88\%$,说明成矿溶液具有酸性—弱酸性特征,这是由于成矿溶液在上升过程中已发生了碱质交代作用,导致成矿热液酸度增高。在近地表,压力降低,氧逸度增高, Fe^{2+} 稳定性减小, Fe^{3+} 增加,出现了镜铁矿(云母赤铁矿) + 磁铁矿组合。这种矿物组合常出现在金矿体的外围,不形成金富集,镜铁矿中含金 $0.11g/t$ 。在 Fe^{2+} 浓度丰富的环境中形成黄铁矿型矿石,在 Fe^{2+} 浓度不足时, Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 则代替 Fe^{2+} 与 S^{2-} 结合,形成多金属型矿石,黄铁矿型矿石中, Fe_2O_3/FeO 为 $2.45\sim 2.47$,多金属矿石中, Fe_2O_3/FeO 为 $2.75\sim 3.46$,说明多金属矿石形成时氧化条件比黄铁矿型矿石形成时高, Fe^{2+} 的稳定性差,易转化为 Fe^{3+} 发生迁移。含金石英脉中出现黄铁矿 + 磁黄铁矿组合,说明金富集在局部还原环境中。

据西北有色金属地质勘查局712总队资料:构造破碎蚀变岩型金矿中,石英包裹体

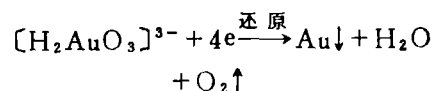
均一化温度为 $121\sim 326^\circ C$,与金矿化有关的石英包裹体均一化温度为 $179\sim 232^\circ C$,平均 $200^\circ C$,黄铁矿是金的主要载体矿物,爆裂温度多在 $170\sim 210^\circ C$ 。含金石英脉型金矿中,石英包裹体的爆裂温度在 $105\sim 320^\circ C$,黄铁矿中包裹体的爆裂温度在 $190\sim 215^\circ C$,方铅矿中包裹体的爆裂温度在 $65\sim 235^\circ C$ 。

金的沉淀富集机理:黄铁矿化是金沉淀富集的主要因素,在弱碱性—碱性、还原条件下,金表现为亲铁性大于亲硫性,金伴随着黄铁矿的沉淀而富集:

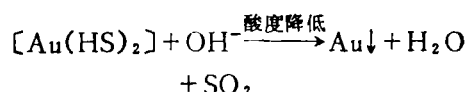


热液中 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Mo^{2+} 等与 S^{2-} 结合,形成黄铜矿、方铅矿沉淀,与黄铁矿共生,方铅矿中含 $Au 0.90g/t$,说明 Cu 、 Pb 、 Mo 的硫化物沉淀,并不引起 Au 的富集。

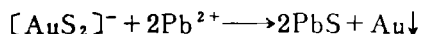
还原条件引起络合物分解,发生金沉淀。



钾长石化使溶液碱性增强,引起 Au 沉淀。



在酸性、还原条件下, Au 的亲硫性增强,氧化程度增高而使 Fe^{2+} 转换为 Fe^{3+} , Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 等可与 S^{2-} 结合,形成金的沉淀,



含金石英脉型金矿中,黄铁矿、方铅矿和黄铜矿共生时,单矿物中含金均较高,如 Q_{50} 脉中晚期细粒方铅矿含金 $23.5\sim 46.8g/t$,黄铜矿中含金 $28.8\sim 53.64g/t$,闪锌矿中含金 $8.33g/t$ 。

金矿体的原生异常特征

1. 构造破碎蚀变岩型金矿

一般位于标高较低的位置,主要由渗透

交代作用形成, 金矿体原生异常规模大, Au异常宽度可达50~110m, 比蚀变体的规模大2~5倍, 比金矿体的规模大5~10倍, 矿体上Au>500ppb, 蚀变体上Au 100~500ppb, 元素组合为Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Mo-F。

2. 含金石英脉型金矿

位于标高较高的位置, 主要由扩散-充填交代作用形成, 金矿体原生异常规模小, Au异常宽度在2~20m, 元素组合复杂, Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Bi-Mo-Ba-Mn。Ag、Cu、Pb的含量明显高于构造破碎蚀变岩型金矿, Ag50~324ppm, Pb>10000ppm, Cu>2000ppm。局部形成了金-银-多金属共生或伴生, Ag、Pb、Cu、Mo异常的规模和强度增加。

结 语

在以区域变质-混合岩化为主的进变质

过程中, 铁族元素和Au发生活化迁移, 进入混合岩化热液中, 金发生了富集, 混合岩化热液变成了金的成矿热液。由混合岩化作用形成的金的成矿热液对早先形成的区域变质岩、混合岩类发生了热液渗滤-扩散交代作用, 形成了退变质, 金发生沉淀富集。含金石英脉位于其上, 构造破碎蚀变岩型金矿位于其下, 二者是统一成矿体系的不同空间就位, 是脉动式活动的成矿热液在时空上演化发展形成的产物。构造破碎蚀变岩型金矿的成矿环境为碱性-弱碱性、还原-弱还原环境, 以渗滤交代作用为主, 形成的金矿体原生异常规模大。含金石英脉型金矿的成矿环境为酸性-弱酸性, 在氧化条件下的局部还原环境, 以扩散-充填交代作用为主, 形成的金矿体原生异常规模较小。

本文引用了部分西北有色地质勘查局712队的资料, 特此致谢。

Ore Formation by Migmatization in Xiao Qinling Mountains, Shaanxi

Fang Weixuan

From the point of view of geochemistry, the regularity of migration and enrichment of ore-forming elements during migmatization is discussed in this paper. During the progressive metamorphism stage the element gold is in an activated migration state, while in the regressive metamorphism stage it is enriched to form an mineral deposit. The gold deposit in tectonoclastic altered rocks is mainly formed by infiltration metasomatic metallogenesis. While those of gold-quartz vein type are chiefly by diffusion-infilling metasomatic ore-forming mineralization. Both of them are the products generated by the pulsating hydrothermal solution in different time and space.

金刚石钻头消灭孔内事故管

1989年8月, 我在滇东南银矿区施工44-22孔, 设计孔深780m, 打到571.06m发生烧钻事故。采用反取孔内事故钻具的方法, 较理想地把钻具异径接头连同内管一齐取出。孔内仅剩一根φ75长管、扩孔器和钻头。外管长5.62m, 经采用φ50钻杆底唇镶合金掏心振动无效后, 又无φ59钻具换径的情况下, 决定采用消灭事故管的方法。

首先投入已使用过的磨铁钻头30个, 开始消灭事故管母扣部分还可以, 但进入光管

后出现了问题, 有的钻头下入井内未进尺, 合金就被磨钝或崩样, 平均进尺0.02~0.04m, 30个钻头磨了3天, 进尺还不足0.4m。

为此, 决定用一个旧的、胎体好的人造金刚石钻头。下入井内, 钻压600~1000kg, 转速150~250r/min, 水量90~120L/min, 回次进尺0.3~0.5m, 比合金磨铁钻头的磨损量提高10~15倍, 仅用34个钻头2天就将孔内事故管消灭。

(云南地矿局815队 杨志昌)