

层控制, 矿物组分, 金, 运移



28-35 甘、川拉尔玛金矿矿物组分特征及金的运移形式探讨

帅德权 胡晓强

(成都理工学院·610059)

p615.510.4

矿床属层控型古菌藻成因的“硒型金矿”。属金—硫化物—硒化物—石英建造。本文对硒型金矿的矿物组合及标型特征、金的运移形式和成金机制进行了探讨。

关键词 硒型金矿 矿物自然连生组合 标型特征



矿业工程

1 矿区地质简况

拉尔玛金矿位于甘南与川西北交界地区。产于西秦岭白龙江复背斜之次级温泉背斜中, 赋存层位为下寒武统太阳顶群。主要岩性为沉积建造的含炭硅质岩、黑色炭质板岩、炭泥质板岩和黑色燧石岩等, 围岩以富含有机碳质物及硅质为特征。矿床类型属层控型古菌藻成因的“硒型金矿”, 是国内极为罕见的一种成因类型。

矿田内构造断裂较为发育, 以东西向断裂和北东向断裂为主。矿田内岩石变质微弱, 致使成岩成矿期的生物有机胶体结构, 如黄铁矿显微莓群结构、黄铁矿菌藻胶团结构等能保存至今, 为矿田的生物成矿作用提供了极为可靠的依据。

矿田内岩浆岩不发育, 以英安斑岩脉为主, 多产于上、下硅质岩破碎带中。矿床热液蚀变以硅化、重晶石化、辉锑矿化、铜矿化为主, 但均不强烈。

矿体主要呈细脉浸染状、网脉状、透镜状等。生产单位以岩性划分金矿石, 分为板岩型金矿石、硅质岩型金矿石和英安斑岩型矿石; 以氧化程度分为氧化矿石、半氧化矿石和原

生矿石。

金在矿石中以显微金为主, 按克列依捷尔的资料, 粒径小于 0.2mm 且大于 0.5 μ m 属显微金范围。显微金在矿石中一般极为分散, 偶见富集现象, 形成“原生显微窝子金”, 一窝可见数十粒自然金矿物。

矿床主要造矿元素为 Au、As、Sb、Mo、V、Ag、Ba、Sr、B、Pt 族、Fe、Ni、Cu、Pb、Zn、Hg、Ti、U、S、Se 等多种, 其中以含 Se、U、Ni 为特征, 因而简称为“硒型金矿”, 并有一些标型硒化物。

矿石及围岩中, 除含较多的有机碳质物外, 还含多种有机地球化学组分, 它们与生物一起进入成岩期后的一系列分解作用。矿区有机碳质物与构造破碎带天然有机地联系在一起, 称其为“天然碳吸附系统”, 以资与“人工碳吸附系统”吸附、聚集黄金的作用相类比。“天然碳吸附系统”中的聚金和聚矿能力, 即属于生物间接成矿作用范畴。对吸附、聚集、还原、沉淀矿液中的成矿元素起关键作用。毫无例外, 国内外层控金矿床都与有机碳层位和构造带相关, 也与各种含矿热液相关。可见生物成矿绝对排除不了热液的作用。拉尔玛金矿中生物直接和间接成矿的证据是充分的, 详见参考文献。

本文 1994 年 9 月收到, 刁若芬编辑。

2 矿床的物质组分及标型特征

矿床中的贵金属矿物、硫化物及硫酸矿物的分析结果及其结晶化学式计算如表 1。

2.1 矿物成分及结晶化学式

2.2 硒化物、辉锑矿成分及结晶化学式

表 1 甘、川金矿中的矿物成分分析(%)及矿物结晶化学式计算

样号	矿物	Ag	Au	S	Cu	As	Fe	Zn	Sb	Ni	Σ	结晶化学式
01	自然金	2.35	95.75								98.70	Au _{95.75} Ag _{4.25} (成色 970)
02	自然金	2.40	96.93		0.44	0.17					99.77	Au _{95.56} Ag _{4.34} (成色 969)
03	自然金	3.04	96.96								100.00	Au _{94.96} Ag _{5.04} (成色 969)
04	自然金	3.01	96.71			0.28					98.92	Au _{94.42} Ag _{5.58} (成色 967)
05	自然金	3.32	96.45			0.16					99.93	Au _{94.05} Ag _{5.92} (成色 965)
06	自然金	2.16	97.84								100.00	Au _{95.13} Ag _{4.87} (成色 978)
07	自然金	2.08	99.07								101.15	Au _{95.20} Ag _{4.70} (成色 979)
08	自然金	2.27	97.73								100.00	Au _{95.42} Ag _{4.58} (成色 977)
09	自然金	2.41	97.12			0.25					99.78	Au _{95.37} Ag _{4.63} (成色 973)
10	自然金	0.44	98.53								98.97	Au _{94.19} Ag _{5.81} (成色 995)
01	方硫镍矿			51.33			1.03	0.38		47.27	100.01	(Ni _{0.01} Fe _{0.23} Zn _{0.01}) _{1.25} S ₂
02	方硫镍矿			52.09			0.99	0.68		46.24	100.00	(Ni _{0.97} Fe _{0.02} Zn _{0.01}) _{1.00} S ₂
03	方硫镍矿			51.46			1.19	0.49		46.86	100.00	(Ni _{0.95} Fe _{0.03} Zn _{0.02}) _{1.03} S ₂
01	铋砷黧铜矿			27.06	40.75	20.50		11.65			99.98	Cu _{5.65} Zn _{2.75} As _{4.21} S ₁₂
02	砷黧铜矿			34.65	34.55	25.47	1.41	1.90	2.01		99.99	Cu _{5.24} (Fe _{0.20} Zn _{0.10}) _{1.05} (As _{4.05} Sb _{0.20}) _{4.20} S ₁₁
03	铋铋砷黧铜矿			27.00	40.75	14.25	0.77	11.52	9.06		102.75	Cu _{4.50} (Fe _{0.02} Zn _{0.10}) _{1.05} (As _{2.50} Sb _{1.15}) _{4.05} S ₁₃
04	铋铋砷黧铜矿			24.43	38.84	13.45	0.06	11.33	10.05		98.16	Cu _{10.42} (Fe _{0.02} Zn _{0.02}) _{1.06} (As _{3.06} Sb _{1.41}) _{4.47} S ₁₃
05	铋铋砷黧铜矿			27.31	41.97	18.56	1.21	6.87	4.46		100.42	Cu _{10.07} (Fe _{0.33} Zn _{0.10}) _{1.00} (As _{3.27} Sb _{0.56}) _{4.23} S ₁₃
06	铋铋砷黧铜矿			25.00	40.20	8.25	0.33	8.01	18.01		99.80	Cu _{12.22} (Fe _{0.10} Zn _{0.04}) _{1.14} (As _{1.34} Sb _{2.47}) _{4.31} S ₁₃
07	铋铋砷黧铜矿			26.95	37.42	7.52	3.28	6.98	18.35		100.05	Cu _{5.10} (Fe _{0.01} Zn _{0.07}) _{1.00} (As _{1.01} Sb _{2.31}) _{3.48} S ₁₃
08	铋铋砷黧铜矿	0.22		27.35	41.97	18.56	1.11	6.87	4.46		100.42	(Cu _{5.27} Ag _{0.03}) _{1.00} (Cu _{0.23} Fe _{0.22} Zn _{0.02}) _{1.20} (As _{2.74} Sb _{0.24}) _{4.23} S ₁₃
09	铋铋砷黧铜矿	0.33		25.00	40.20	8.25	0.33	8.01	18.01		99.80	(Cu _{5.46} Ag _{0.05}) _{1.00} (Cu _{0.24} Fe _{0.24} Zn _{0.03}) _{1.20} (As _{1.45} Sb _{2.47}) _{4.23} S ₁₃
01	黄铁矿			52.25			48.21				100.46	Fe _{1.01} S ₂ (以 S 为 2 化整)
02	黄铁矿			53.40			47.68				99.09	Fe _{1.06} S ₂ (以 S 为 2 化整)
01	铜蓝			30.01	69.57		0.31				99.89	Cu _{1.17} S(以 S 为 1 化整)
01	闪锌矿			32.28			0.45	65.80			98.56	(Zn _{0.395} Fe _{0.002}) _{1.007} S(以 S 为 1 化整)
02	闪锌矿			33.60			1.40	64.75			99.95	(Zn _{0.319} Fe _{0.024}) _{1.025} S(以 S 为 1 化整)

矿石中硒化物等成分的电子探针分析结果及其结晶化学式计算见表 2。

由表 1、表 2 可知：①“硒型金矿”中的标型矿物为硒化物，有硒汞矿、硒铅矿和含硒辉锑矿等。在含硒辉锑矿中，若 Se 代替 S 超过 0.5 原子数时，即可以形成新的变种矿物；②

矿石中除以含 Se 矿物为特征外，还有 Ni、V、U 等矿物，其中钒钛矿（暂定名），尚待深入研究，Ni 派生于基性超基性岩浆残余气液的可能性大；③“硒型金矿”在国内诸多金矿中还较少见，其物质组分有特殊的研究价值。

表 2 甘、川拉尔玛金矿田中的硒化物等成分电子探针分析结果及结晶化学式计算

产地	样号	矿石名称	Hg	Se	S	Sb	Pb	总量	结晶化学式计算
甘肃拉尔玛金矿	01	灰硒汞矿	73.87	21.10	4.19				Hg(Se _{0.7} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	02	灰硒汞矿	75.67	20.07	4.08			99.82	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	03	灰硒汞矿	75.86	19.75	4.10				Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	04	灰硒汞矿	75.60	20.06	4.18			99.84	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	05	灰硒汞矿	74.32	21.38	3.98				Hg(Se _{0.7} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	06	灰硒汞矿	72.82	27.03	0.61			100.46	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	07	灰硒汞矿	73.07	25.41	1.07			99.55	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	08	灰硒汞矿	76.71	30.39	3.95			101.05	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	09	灰硒汞矿	74.25	23.37	2.35				Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	10	灰硒汞矿	74.37	23.40	2.22			99.99	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	11	灰硒汞矿	77.19	17.75	5.06			100.00	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	12	灰硒汞矿	72.77	21.94	4.87			99.56	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
四川拉尔玛金矿	01	灰硒汞矿	73.54	25.97	0.69	0.03		100.82	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	02	灰硒汞矿	73.60	25.09	0.53			100.32	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	03	灰硒汞矿	72.63	25.10	1.01			98.72	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
	04	灰硒汞矿	72.69	25.12	1.10			98.91	Hg(Se _{0.65} S _{0.35}) _{1.05} (以 Hg 为 1 化整)
甘肃	01	硒铅矿	040	18.73	4.97		27.83	99.99	Pb(Se _{0.5} S _{0.5}) _{1.05} (以 Pb 为 1 化整)
四川拉尔玛	01	含硒辉锑矿	0.54	8.42	25.10	68.42		100.48	(Sb,Hg) _{2.50} (Se _{0.3} S _{0.7}) _{2.35}
	02	含硒辉锑矿	0.57	9.69	23.48	67.78		100.22	(Sb,Hg) _{2.50} (Se _{0.44} S _{0.56}) _{2.35}
	03	含硒辉锑矿	0.33	9.07	23.30	68.62		101.37	(Sb,Hg) _{2.50} (Se _{0.51} S _{0.49}) _{2.35}
甘肃拉尔玛	01	辉锑矿			27.46	74.54		100.00	Sb _{2.50} S ₂ (以 S 为 3 化整)
	02	辉锑矿			27.34	72.66		100.00	Sb _{2.50} S ₂ (以 S 为 3 化整)
	03	辉锑矿			28.27	71.73		100.00	Sb _{2.50} S ₂ (以 S 为 3 化整)

3 不同深度黝铜矿族矿物的标型特征

黝铜矿族矿物形成于多金属成矿阶段，它的产出，标志着矿床演化到了多金属成矿阶段，进而标志着金矿床具有一定的规模。其

规律是：矿床中硫盐矿物愈多，矿床规模和远景愈好。

我们对甘肃拉尔玛金矿不同深度的黝铜矿族矿物做了探索性研究，其结果是令人满意的。这类资料在文献中还不多见。将矿体

20m 处产出的黝铜矿族矿物成分分析和结晶化学式计算的结果,与矿体 200m 处黝铜

矿成分分析和结晶化学式计算结果进行对比,有明显的不同,详见表 3。

表 3 不同深度黝铜矿族矿物的成分分析(%)与结晶化学式计算

样号	深度(m)	矿 物	Cu	Fe	Zn	As	Sb	Ag	S	Σ	结晶化学式计算
L317	20m	砷钴黝铜矿	41.97	1.21	6.47	18.56	4.49	0.22	27.35	100.68	$Cu_{10.77}(Fe_{0.47}Zn_{0.46})_{11.69}(As_{2.77}Sb_{1.25}Bi_{0.44}Sn_{0.13})_{12}$
L33	20m 以	砷钴黝铜矿	38.84	0.96	11.13	13.45	1.95		14.13	98.16	$Cu_{10.71}(Fe_{0.47}Zn_{0.46})_{11.69}(As_{2.96}Sb_{1.41}Bi_{0.47}Sn_{0.13})_{12}$
L10	20m 以	砷钴黝铜矿	41.75	0.67	11.62	14.25	9.68		17.00	102.74	$Cu_{10.71}(Fe_{0.47}Zn_{0.46})_{11.69}(As_{2.94}Sb_{1.41}Bi_{0.46}Sn_{0.13})_{12}$
L118	近 200	砷黝铜矿	34.55	1.41	1.90	23.47	2.01		24.65	99.99	$Cu_{12.51}(Fe_{0.30}Zn_{0.35})_{13.15}(As_{2.46}Sb_{1.12}Bi_{0.20}Sn_{0.12})_{12}$
L128	近 200	砷黝铜矿	41.76		11.66	20.50			27.06	100.00	$Cu_{10.71}Zn_{0.46}As_{2.94}Sb_{1.41}$
L99	近 200	铁砷砷钴黝铜矿	37.42	3.28	6.89	7.52	18.35		28.95	100.00	$Cu_{11.12}(Fe_{0.51}Zn_{0.47})_{12.59}(As_{2.16}Sb_{1.23}Bi_{0.48}Sn_{0.13})_{12}$
L328	200m	砷砷砷钴黝铜矿	40.20	0.34	8.91	8.25	18.01	0.33	25.00	100.15	$Cu_{10.55}(Fe_{0.10}Zn_{0.04})_{10.69}(As_{2.34}Sb_{1.47}Bi_{0.31}Sn_{0.12})_{12}$

上述黝铜矿族矿物结晶化学式的计算,采用国内外最新的化学通式: $(Cu, Ag)_n(Cu, Fe, Zn, Hg, Cd, Pb)_{2-30}(As, Sb, Bi, Sn, Te)_1(S, Se)_{1-2}$ 进行的。其中凡原子数超过 0.5 的金属元素都参与矿物命名,并依其原子数由少到多的顺序参与命名。因此,有一元组(只有一个金属元素的原子数大于 0.5)、二元组、三元组、四元组、五元组黝铜矿。如 L99 号铁砷砷钴黝铜矿,原子数为: $Fe_{0.51} < As_{2.16} < Zn_{0.47} < Sb_{1.23}$,故定名为铁砷砷钴黝铜矿。矿石中未做出五元素参与定名的黝铜矿。

由表 3 可知:

- (1) 矿体浅部以富砷黝铜矿为主,在 20~200m 部位,含 As 13.45%~25.47%; Sb 2.01%~10.05%。所形成的富砷黝铜矿中,有一元组的砷黝铜矿,二元组的砷砷砷钴黝铜矿、三元组的砷砷砷钴黝铜矿;
- (2) 富砷黝铜矿中,As 在化学式中所占的原子数为 2.94~4.21; Sb 仅为 0.20~1.56;
- (3) 矿体中部,以富砷的黝铜矿占优势。在 200m 土深处,产出铁砷砷钴黝铜矿和砷砷砷

砷钴黝铜矿。其 Sb 含量为 18.01%~18.35%; As 下降为 6.89%~8.01%。可见黝铜矿族矿物在本矿床多金属成矿阶段中,其成分随深度的增加而变化,其规律是:矿体上部以较轻元素 $As_{2.96}^{11.69}$ 占优势;中部以较轻和较重元素 $As_{2.94}^{11.69}$ 和 $Sb_{1.41}^{11.69}$ 相混杂。显示矿体中的元素具垂直分带的特征:“上轻下重”。

Sb 在富砷黝铜矿化学式中所占原子数达 2.33~2.47,约占 4 个原子数的 50%,可见, Sb 并未全部占有 4 个原子数;

(1) 预测矿体下部,可能过渡为以砷砷砷钴黝铜矿占主导地位,基本不见砷混入,即 Sb 全部占有 4 个原子数。在黝铜矿族矿物 29 个原子中, Sb 只能占 4 个, Cu^{+10} 个, $Cu^{+2}Fe^{+2}Zn^{+2} \dots$ 共占 2 个, As、Sb、Bi、Sn 共占 4 个, S 占 13 个。表明以较重的 $Sb_{1.41}^{11.69}$ 元素组成的砷砷砷钴黝铜矿为主。

若矿体下部富 Sb、Bi、Hg、Pb,则有可能形成含重元素组成的黝铜矿,如含 Hg、Bi 的砷砷砷钴黝铜矿等。 $Hg_{0.00}^{0.00} \rightarrow Pb_{0.00}^{0.00} \rightarrow Bi_{0.00}^{0.00}$ 是周期表中最重的金属成矿元素,若矿体中有此类重元素组成的黝铜矿产出,其标型意义在于

矿体已到达深部(底部),再往下不大可能有矿体赋存了。这一预测还要受实践的验证。

4 矿物自然连生组合特征

矿物自然连生组合,主要指贵金属矿物、不常见金属矿物与其他金属矿物在空间上的自然连生组合,标志着它们成因上的有机联系,为矿床成因提供诸多的信息。按连生矿物的种数,分为以下多组。

4.1 二元组矿物自然连生组合

(1)自然金(亮金黄色, $R>$)——重晶石(暗灰色)自然连生组合;

(2)自然金(亮金黄色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(3)灰硒汞矿(灰白色, $R>$)——针铁矿(灰色)自然连生组合;

(4)灰硒汞矿(灰白色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(5)灰硒汞矿(灰白色, $R>$)——重晶石(暗灰色)自然连生组合;

(6)灰硒汞矿(灰白带棕色, $R<$)——辉铋矿(白色)自然连生组合;

(7)方硫镍矿(灰白带微乳色, $R<$)——黄铁矿(亮浅黄色)自然连生组合;

(8)方硫镍矿(白带乳黄色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(9)方硫镍矿(浅黄白色, $R>$)——重晶石(暗灰色)自然连生组合;

(10)锌砷黝铜矿(灰白微绿色, $R>$)——重晶石(暗灰色)自然连生组合;

(11)锌砷黝铜矿(灰色, $R<$)——黄铁矿(亮黄白色)自然连生组合等。

4.2 三元组矿物自然连生组合

(1)自然金(亮金黄色, $R>$)——辉铋矿(灰白, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(2)自然金(亮金黄色, $R>$)——重晶石(暗灰, $R\approx$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(3)灰硒汞矿(灰白带棕色, $R<$)——辉铋矿(白色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(4)灰硒汞矿(灰白色, $R>$)——重晶石(暗灰色, $R\approx$)——石英(暗灰色,略偏暗)自然连生组合;

(5)灰硒汞矿(灰白色, $R>$)——针铁矿(灰色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(6)灰硒汞矿(灰白色, $R>$)——假像针铁矿(灰色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(7)方硫镍矿(灰白微黄色, $R<$)——黄铁矿(亮浅黄色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(8)方硫镍矿(白带乳色, $R>$)——重晶石(暗灰色, $R\geq$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(9)锌铋砷黝铜矿(灰白色, $R>$)——闪锌矿(灰色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(10)锌铋砷黝铜矿(灰白色, $R<$)——黄铁矿(亮黄白色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(11)锌铋砷黝铜矿(灰白色, $R>$)——沥青(灰黄棕色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(12)锌砷黝铜矿(灰白色, $R>$)——有机碳质物(灰暗微棕, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合等。

4.3 四元组矿物自然连生组合

(1)灰硒汞矿(灰白色, $R<$)——方硫镍矿(白微乳黄色, $R<$)——黄铁矿(亮黄白色, $R>$)——闪锌矿(灰色)自然连生组合;

(2)锌铋砷黝铜矿(灰白色, $R<$)——硒铅矿(白色, $R<$)——黄铁矿(亮浅黄色, $R>$)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(3)砷黝铜矿(灰白色, $R<$)——黄铁矿(亮浅黄色, $R>$)——沥青(棕褐灰色, R

>)——石英(暗灰色)自然连生组合;

(4)砷黝铜矿(灰白微黄绿色, $R >$)——闪锌矿(灰色, $R >$)——沥青(黄棕灰色, $R >$)——石英(暗灰色)自然连生组合等。

4.4 五元组矿物自然连生组合

方硫镍矿(白微乳黄色, $R <$)——黄铁矿(亮浅黄色, $R >$)——硒汞矿(灰白色, $R >$)——闪锌矿(灰色, $R >$)——石英(暗灰色)自然连生组合等。

矿石中常见矿物间的自然连生组合从略。

矿物自然连生组合资料为探讨金在矿石中的运移形式和沉淀机制提供了可靠的依据。

5 金的运移形式和成金机制探讨

据上述矿物自然连生组合资料所提供的微观信息,表明金在原始矿液中,可能的运移形式如下:

5.1 热液多金属成矿阶段金的运移形式

由上述矿物自然连生组合可见,自然金与辉锑矿有空间上的自然连生组合关系,反映了它们在成因上的有机联系。其他硫化物与金在空间上没有自然连生组合关系。这种微观信息表明,在原始热液中,金以锑金络阴离子团和硫锑金络阴离子团的形式运移,即金以 $[Au^+Sb]^-$ 、 $[Au^+(SbS_3)]^-$ 等形式运移,富钾、钠对金的运移是必不可少的条件。当含锑金或硫锑金络阴离子团热液进入构造低压带时,一方面由高压带运移进入构造低压带,必然造成一切物化条件温度、压力、浓度、pH 值、Eh 值等的变化,最终导致矿物的沉淀,这是传统的、经典的观念,不可改变的热液沉淀的规律。除此之外,尚有诸多因素应予以讨论。

5.1.1 生物间接成矿作用

构造带中古菌藻早已分解转化,残留的稳定组分为有机碳质物和沥青,还有一些金属矿物的生物结构,如黄铁矿显微菌群、藻类

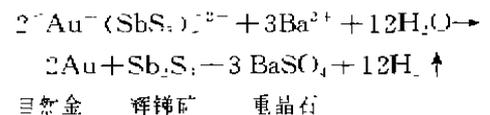
等结构存在。它的成矿作用不是生物体在生时,由生命活动吸收、吸附、聚集成矿物质成矿,而是由其派生物——有机碳质物、沥青等有机组分吸附、还原、沉淀和聚集成矿物质而成矿,因此,称为生物间接成矿作用成矿。生物间接成矿作用在矿床中的表现是十分重要的。不光有有机碳质物、沥青等存在;而且由众多的有机地球化学分析资料证明了矿床中有许多种有机组分存在,甚至在干酪根中发现了含金比原岩干酪根高出 49~65 倍的事实,表明干酪根是矿源层中金的主要载体之一。足见生物作用在矿床成因中,是不可忽视的。

5.1.2 中和作用

构造带中八方运移进入高压带的热液,这些不同性质的热液(偏碱性、偏酸性)汇集于容矿构造带空间时,发生中和作用,从而促使矿液沉淀。由上述多源性多作用的结果,形成有规模的金矿是自然的。

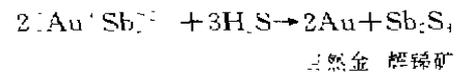
热液中金的络阴离子团,在上述作用下,最终解体沉淀,其反应简式为:

(1)若金以硫锑金络阴离子团形式运移,进入构造带解体沉淀时,当与 Ba^{2+} 离子作用相关:



即形成自然金—辉锑矿—重晶石在空间上的自然连生组合。它们连生一起,有其成因上的必然性。涉及标型矿物和成因矿物学的内容,可见矿物自然连生组合资料的信息很重要;

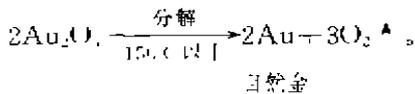
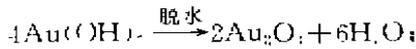
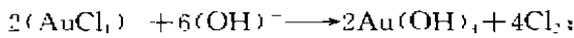
(2)若原始矿液中金以锑金络合物形式运移,则解体后,仍可形成自然金—辉锑矿的自然连生组合,反应简式可写为:



由此可见,矿物空间上的自然连生组合,有其成因上的必然联系。

5.2 金的卤化络合物运移形式

金以卤化络合物形式运移,在成金机制上,被视为带传统色彩的。本矿床中金仍可以以氯金络合物形式运移,即 AuCl 、 $[\text{AuCl}_2]^-$ 、 $[\text{AuCl}_4]^-$ 等形式运移。形成的矿液必然偏酸性,当与构造带中偏碱性矿液混合后,亦可以解体沉淀,形成自然金与石英、重晶石等自然连生组合,其反应简式如下:

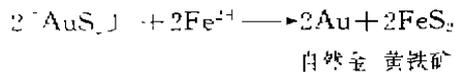


自然金即可与同时沉淀的石英、重晶石形成自然连生组合。

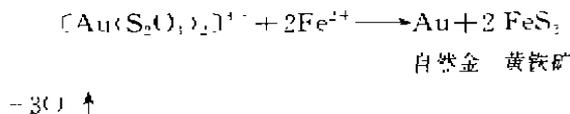
5.3 热液多金属成矿阶段

尚不能排除金以硫金、硫氧金、硫氢金等含硫的络阴离子团形式运移,形成金与其他硫化物的自然连生组合。虽然在矿石光片中未发现这些连生资料,这与采样范围和位置相关,若样品更全面些,可能会发现金和黄铁矿、闪锌矿、方铅矿的自然连生组合。其一般反应简式为

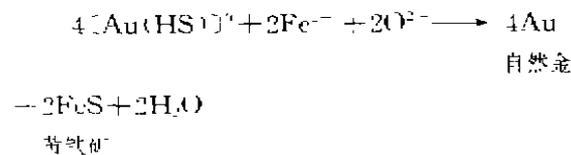
(1) 若金以 $[\text{AuS}_2]^-$ 形式运移,与构造带中的 Fe^{2+} 作用



(2) 若金以 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O})_2]^-$ 形式运移,与 Fe^{2+} 作用



(3) 若金以硫氢金络阴离子团形式运移



促使金络阴离子团解体的阳离子,除 Fe^{2+} 外,尚有 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 等。在不同矿

床中各有特征。在富硫化物的金矿床中,要把金的含硫络阴离子团排除出去,是十分困难的。富钾、钠,富铁,成为成金的必不可少的条件之一。

5.4 金的硒化物、络合物运移的探讨

“硒型金矿”中,除了多种硒化物外,是否有硒和金络阴离子团运移正在探讨中。

金的络阴离子团类型,已知文献中有 22 个类型,尚未见硒化物络阴离子团存在的报道。在氧族元素中,从 O_{16}^{2-} \rightarrow S_{32}^{2-} \rightarrow Se_{78}^{2-} \rightarrow Te_{127}^{2-} , 已知有 O、S、Te 和 Au 组成络阴离子团形式运移,唯独不见 Se 和 Au 组成络阴离子团运移的报道,这是不正常的。Te 和 Se 同为负二价离子,Te 比 Se 还要靠周期表的下部,比 Se 的原子量、原子序数大得多,Te 可以和 Au、Ag 形成络阴离子团,应该说,Se 比 Te 更容易形成金的络阴离子团,然而,人类开展地学研究以来,从未见过硒金络合物或络阴离子团的报道,推知“碲型金矿”中,当有 Se 和 Au 的络阴离子团运移,Te 和 Au、Ag 可以络阴离子团形式运移,并进入构造低压带,当物化条件变化后,与 Pb^{2+} 、 Bi^{3-} 等作用,形成碲金矿、碲金银矿、碲银矿、碲铋矿、碲铅矿等共生组合系列矿物,与自然金连生或共生。则“硒型金矿”中,Se 和 Au、Ag 的地球化学行为当不会另辟新径,该有相似之处。带着这一问题,在研究本矿区贵金矿物和不常见金属矿物自然连生组合资料时,没有发现硒化物和金矿物在空间上有自然连生组合类型出现,若能发现有这类矿物的自然连生组合类型出现,即有理由推导 Au 的硒化物络合物类型的存在,这样,证据会充分些。因为矿物空间上的自然连生组合,反应它们成因上的有机联系这一客观事实。然而,人们在没有发现金矿物与硒化物在空间上有自然连生组合的条件下,还是承认了有“硒型金矿”的存在。由此推知,“硒型金矿”中,除了有上述多种金的运移形式以外,当有硒金络合物的运移形式存在,这样才合乎实际。这可能今后会

有发现。

Te 和 Se 为同族元素,碲金络合物中,碲金络阴离子团和碲银络阴离子团,文献中认为是形成 $[\text{Au}^+(\text{Te}_2)]^-$ 、 $[\text{Au}_2^+(\text{Te}_2)]^{2-}$ 、 $[\text{Au}^+(\text{Te}_2)]^-$ 等络阴离子团;而银则有 $[\text{Ag}^+(\text{Te}_2)]^-$ 、 $[\text{AgTe}]^-$ 等。由于 Se 和 Te 地球化学性能相似,推知,当有以下碲金络阴离子团形式在原始热液中赋存,即: $[\text{Au}^+(\text{Se}_2)]^-$ 、 $[\text{Au}_2^+(\text{Se}_2)]^{2-}$ 、 $[\text{Au}^+(\text{Se}_2)]^-$ 等络阴离子团存在;而银则有 $[\text{Ag}^+(\text{Se}_2)]^-$ 、 $[\text{AgSe}]^-$ 等形式赋存。只有这样才利于形成硒化物和金的广义共生,从而形成“硒型金矿”。这有点类似于卤化络阴离子团中的 $[\text{AuCl}_4]^-$ 、 $[\text{AuCl}_2]^-$ 等,由于我们在四川康定氟镁石型金矿中发现了自然金和氟镁石、萤石在空间上的自然连生组合,因此,推导出金有 $[\text{AuF}_4]^{2-}$ 、 $[\text{AuF}_2]^-$ 等形式运移。其解体沉淀的机制简写出反应式为: $[\text{AuF}_2]^- + \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+} \longrightarrow \text{Au}(\text{自然金}) + \text{MgF}_2(\text{氟镁石}) + \text{CaF}_2(\text{萤石})$;形成这 3 种矿物在空间上的自然连生组合,而且富含金形成国内外第一

例“氟镁石型金矿”。

本矿床中,未发现自然金与硒化物在空间上的自然连生组合,与样品的代表性和丰富程度可能有关,总之,“硒型金矿”中的硒金络合物运移形式,及金矿物在空间上的自然连生组合等的认识,值得进一步深入研究,我们先做上述预测。

主要参考文献

- 1 W. 乌申伯格, 金属矿物显微镜鉴定表, 地质出版社, 1975.
- 2 地科院研究所, 金属矿物显微镜鉴定, 地质出版社, 1984.
- 3 Ramdohr, P. The ore minerals and their intergrowths, 1969.
- 4 中海生, 刘文方, 西秦岭控日型金矿床古菌藻成矿作用 - 生物成矿研究通讯, 1991.
- 5 帅德权, 论西南地区部分金铜矿床中黝铜矿族矿物, 四川地质学报, 1991(3).
- 6 帅德权, 从矿物自然连生组合探讨金在矿液中的运移形式, 湖南地质, 1990(1).
- 7 帅德权, 金银矿床的矿物自然连生组合及其意义, 黄金地质科学, 1988(1).
- 8 帅德权, 我国新类型金矿——四川康定金矿中金矿的赋存状态, 黄金, 1987(2).

Mineral Component Features and Gold Migration Patterns of Laerma Gold Deposit in Gansu-Sichuan

Shuai Dequan, Hu Xiaoqiang

The deposit belongs to stratabound Archaeosphaeroides Se-type gold ore, and to Au-sulphide-selenides-quartz formation. In this paper, mineral assemblage and typomorphic characteristics, gold migration pattern and gold forming mechanism of Se-type gold ore are approached.

Key words: Se-type gold deposit, mineral nature, interlocking assemblage, typomorphic characteristic

