维普资讯 http://www.cqvip.com

第3卷 第5期 有色金属矿产与勘查 Vol. 3, No. 5
1994年 10月 GEOLOGICAL EXPLORATION FOR NON-FERROUS METALS Oct., 1994

中国金矿床金-银系列矿物研究(续)

蔡长金
(武警黄金地质研究所 廊坊 102800)

5 光学性质

反光镜下,自然金的反射色为亮金黄,随 Ag 含量增高,反射色逐渐变浅。较纯的自然金常为浓金黄到金黄,银金矿为金黄到浅金黄,金银矿为浅黄到黄白,自然银为亮白色。在光片中观察到的反射色还与毗邻的矿物有关,如自然金呈细粒状包含在大片黄铜矿中则显白色。无内反射,无双反射和反射多色性,均质,但在正交偏光下不全消光,在高倍镜下常可观察到暗绿色调。由于抛光面常常带细微擦痕,常显异常"非均质"。聚敛偏光下,偏光图上反射旋转色散因椭圆偏光而不显,双曲线两端为黑色,中段及视野中心为黄橙色。反射率和颜色指数测定结果见表 5,6 和图 3。图表表明,金-银系列矿物的的反射率较复杂,总的趋势是,反射率随波长的增加而增大,但局部则不然,甚至出现相反的情况,因此反射率色散曲线表现为一组复杂的向长波方向收敛、向短波方向散开、有的相互交叉的曲线。

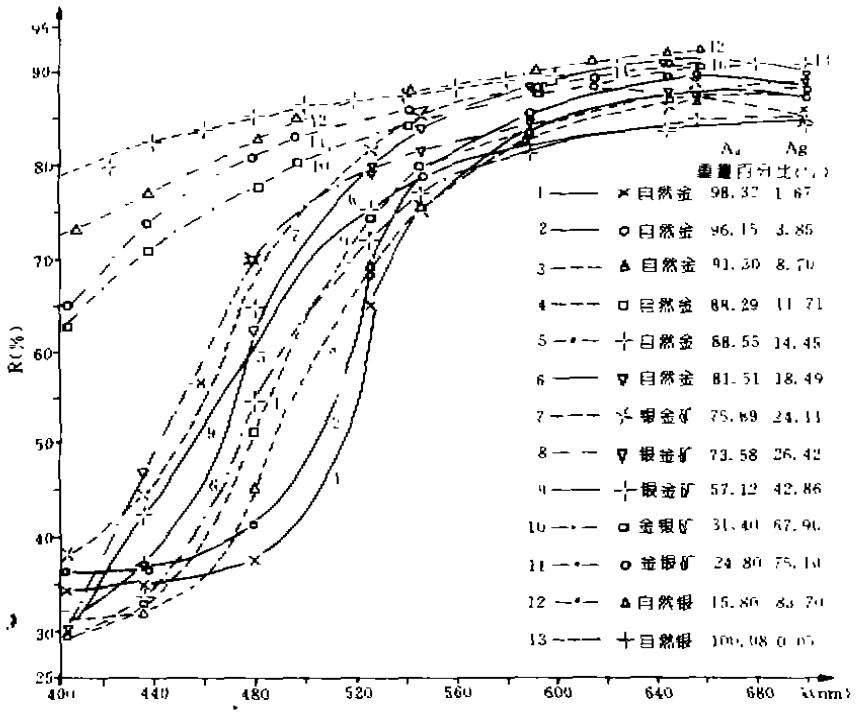


图 3 金-银系列矿物反射率色散曲线

Fig 3 Reflectivity dispersion curves of gold-silver series minerals

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 5　金-银系列矿物的反射率(%)

Table 5　Reflectivities (%) of gold-silver series minerals

矿物名称	Au,% (原子)	Ag,% (原子)	波长 (nm) 405	436	480	526	546	589	644	656	700	R_{526}/R_{480}	矿区
	100	0			33.97		70.67	80.09		85.88			沃溪
	98.14	1.86			37.88		71.38	79.16		86.48			东坪
自	96.99	3.01	34.43	35.40	38.0	65.33	75.60	83.85	86.80	89.20	86.32	1.72	文峪
	93.17	6.83	36.49	36.84	41.45	68.50	78.99	85.72	89.79	89.81	88.45	1.65	白水
然	86.52	13.48			44.06		76.23	82.13		86.11			小营盘
	85.17	14.83	31.56	32.22	45.35	69.14	75.60	82.91	86.80	87.34	89.00	1.53	金厂峪
金	83.15	16.85			48.28		74.97	79.52		84.13			金厂沟梁
	80.50	19.50	29.73	33.13	51.35	74.47	79.94	83.91	86.80	87.84	87.55	1.45	峪耳崖
	76.41	23.59	29.75	34.31	54.94	72.31	77.03	82.59	84.0	85.36	85.80	1.32	金厂沟梁
	76.08	23.92			57.00		82.15	86.97		87.86			峪耳崖
	72.21	27.79			57.98		80.39	86.92		88.46			马兰峪
	70.71	29.29	31.78	37.44	62.58	79.92	84.27	88.85	91.69	92.17	90.32	1.28	峪耳崖
	70.68	29.32			64.41		80.64	84.23		86.60			金厂沟梁
银	63.29	36.71	35.75		70.15	81.70	85.63	88.23	86.80	87.34	85.80	1.17	白水
	63.19	36.81			70.15		82.77	83.43		85.00			马兰峪
金	59.30	40.70			66.09		79.38	82.77		85.33			马兰峪
	60.40	39.60	30.36		70.15	79.29	81.67	84.47	88.20	87.85	86.67	1.13	金厂
矿	42.18	57.82	31.82		65.14	75.13	79.22	82.09	84.20	85.26	84.94	1.15	金厂

测定者:邹星;测定条件:MPV-Ⅰ型光电倍增管显微光度计,物镜 50×,标准 WC,相对误差±3%

表 6　金-银系列矿物反射率(%)

Table 6　Refilectivities (%) of gold-silver series minerals

矿物名称①	Au,% (原子)	Ag,% (原子)	波长 (nm) 405	438	475	(480)	498	(526)	549	586	(589)	592	619	647	656	R_{647}/R_{475}
自然金	94.66	5.34	21.99	28.00	39.11		50.56		62.76	67.15		71.67	73.82	81.44	79.07	2.08
	85.18	14.82	26.54	28.19	40.79		51.13		69.01	73.69		74.13	78.02	80.74	82.14	1.98
银金矿	63.94	36.06	29.70	36.06	51.12		63.69		70.75	73.31		80.70	84.28	87.74	88.57	1.73
	49.46	50.54	38.50	42.24	57.15		67.53		72.69	81.09		81.09	85.00	88.90	89.00	1.56
金银矿	25.85	74.15	72.01	70.80	71.00	(71.12)	71.57	(77.24)	81.90	8150	(80.92)	80.34	85.40	91.80	89.90	1.27
自然银	0	100.00	82.39	81.88	84.34	(84.90)	86.91	(87.46)	87.92	90.19	(90.26)	89.18	90.95	90.63	90.52	1.07

矿物名称②	Au,% (原子)	Ag,% (原子)	波长 (nm) 400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700
自然银	0.03	99.97	78.1	80.0	82.6	84.0	85.5	86.6	87.2	87.9	88.6	89.5	90.0	90.1	90.3	90.7	91.1	91.3

①据姚敬劬资料,测定条件:MPV-1型显微光度计,标准 WTiC,带 * 号者系笔者根据相邻波长反射率的计算值

②据刘鸾玲资料,矿物电子探针分析含 Fe0.05%,Cu0.17%,测定条件:MPV-Ⅱ型显微光度计,标准 WTiC

图 4 表明金-银系列矿物某些波长的反射率与 Au,Ag 含量的关系,为一组向自然银方向收敛、向自然金方向散开的曲线。短波的斜率更大,且近于直线。如果利用反射率测定金的成色,最好选择短波段。也可以利用不同波长反射率的比值测定金的成色,如图 5 所示。

维普资讯 http://www.cqvip.com

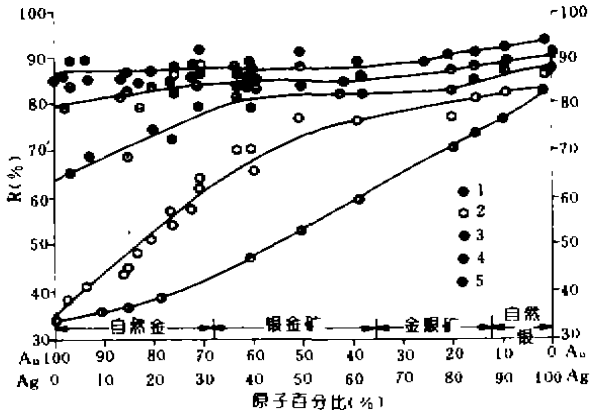


图 4　金-银系列矿物反射率与金、银含量的关系

Fig 4　Relationship of reflectivities of Au-Ag series minerals with their Au and Ag contents

1－青光(438nm)；2－蓝光(480nm)；3－绿光(526nm)；4－橙光(589nm)；5－红光(656nm)

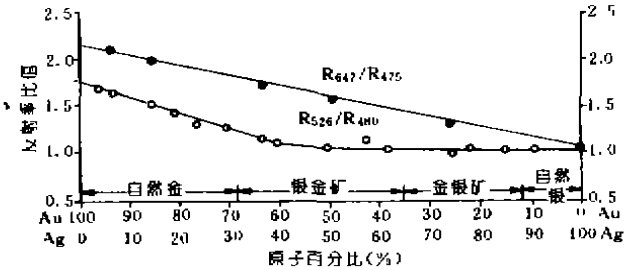


图 5　金-银系列矿物反射率比与金、银含量的关系

Fig 5　Relationship of reflectivities of Au-Ag series minerals with their Au and Ag contents

表 7 和图 6 反映了金-银系列矿物的颜色指数变化特征，并与实际观察到的反射色完全一致。

6　包裹体研究

经反光镜下检查、能谱分析、包裹体爆裂法测温和包裹体气相成分分析，自然金等金-银系列矿物中常含有各种矿物固态包裹体，亦含有 H_2O、CO_2 等气态包裹体(液态包裹体因样品少未查定)。常见的矿物包裹体有石英等脉石矿物，黄铁矿等硫化物，硒铅矿等硒化物，赤铁矿等氧化物。在已观察到的十多个矿区的光片中，几乎都可见到矿物包裹体，但不同矿区包裹体矿物种类不同，数量、大小各异。自然金等金-银系列矿物分析值中常出现多种杂质元素，部分可能与这些矿物包裹体有关。

气相包裹体成分的测定结果见表 8。由表可以看出，气相包裹体成分主要是 CO_2 和 H_2O，且其含量在不同矿区有明显差异。由此可见，在自然金形成过程中，H_2O 和 CO_2 起着重要的作用。

自然金爆裂法测温结果见表 9。由表不难看出，自然金的形成温度有 3 个区段，即 123℃～188℃，254℃～286℃，

表 7　金-银系列矿物的颜色指数

Table 7　Color indexes of gold-silver series minerals

矿物名称	Au		Ag		颜色指数					矿区
	%(重量)	%(原子)	%(重量)	%(原子)	Rvis	X	y	λd	Pe	
自然金	100.00	100.00	痕量		74.2615	0.4038	0.3978	579	0.3991	东闯
	96.15	93.17	3.85	6.38	76.8821	0.3995	0.3967	579	0.3948	白水
	91.30	85.17	8.70	14.83	75.7490	0.3964	0.4015	577	0.3932	金厂峪
	88.29	80.50	11.71	19.50	78.3859	0.3894	0.4024	576	0.4255	峪耳崖
	85.55	76.41	14.45	23.59	76.5333	0.3845	0.3933	576	0.3362	金厂沟梁
	81.51	70.71	18.49	29.29	83.7125	0.3815	0.3923	576	0.3234	峪耳崖
银金矿	75.90	63.29	24.10	36.71	77.8228	0.3839	0.3675	583	0.2563	白水
	73.58	60.40	26.42	39.60	81.4997	0.3644	0.3725	575	0.2128	墨江
	57.12	42.18	42.88	57.82	78.6805	0.3693	0.3764	576	0.2383	墨江
金银矿*	38.90	25.85	61.10	74.15	80.29	0.326	0.329	563	0.067	
自然银*	痕量		100.000	100.000	88.52	0.317	0.324	548	0.040	

注：Rvis 为视觉反射率，x、y 为三原色系数，λd 为主波长，Pe 为颜色纯度，带 * 号者为引自姚敬劬数据

维普资讯 http://www.cqvip.com

315℃～375℃，各矿区有别，但所研究矿区，主要形成温度均在315℃～375℃。某些矿床同时显示出三个区段，表明成矿的多阶段性。值得指出的是，白水和马兰峪砂金矿床中的自然金，主要形成温度在338℃，且有2～3个温度区段。这表明它们具有原生来源的特征。

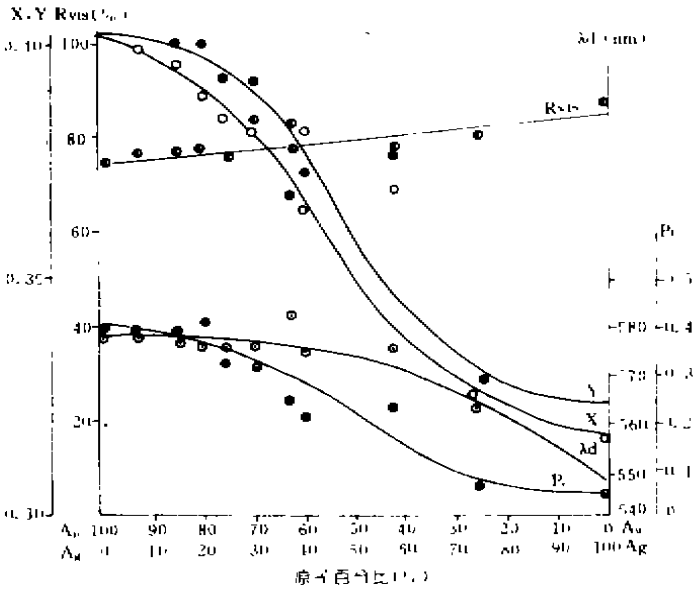


图6 金-银系列矿物的颜色指数与金、银含量的关系

Fig 6 Relationship of color indexes of gold-silver series minerals with their gold and silver contents

7 化学试验

自然金和银金矿不溶于硝酸、硫酸、磷酸、氢氟酸和氢氧化钾溶液，在加热的条件下微溶于盐酸，溶于王水和氰化物溶液。

8 产状及共生组合

自然金几乎可以在各种类型的金矿床及伴生金矿床中产出，在绝大多数矿床中都是金的主要经济矿物。按矿体产出的围岩条件，主要为中酸性岩体及其接触带和前寒武系各种类型变质岩中石英脉型及蚀变岩型金矿床。碳酸盐砂泥质岩中微细粒浸染型金矿床、矽卡岩型伴生金矿床、松散沉积物中的砂金矿床亦是重要的矿床类型。按照矿床成因，主要是岩浆热液（部分为混合岩化热液）和变质热液充填交代矿床，火山及次火山热液、地下渗滤热卤水交代占有重要地位。自然金可与多种矿物共（伴）生，形成多种多样的矿物共生组合。常见的共（伴）生矿物有石英、黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿、碲铅矿、赤铁矿和方解石等。

表8 自然金气相包裹体成分

Table 8 Gas inclusion compositions in native gold

矿区	样号	样重(g)	测定温度℃	H_2O	CO_2	CO_2(g/l)*	M_{CO_2}
白水	BS4	0.152	400	19.7	46	2330	52.95
马兰峪	ML-2	0.106	400	28.3	68.9	2430	55.22
马兰峪	ML-1	0.137	400	29.2	51.1	1750	39.77
汪溪	J-XX-2	0.062	400	16.1	88.7	5500	125.00
汪溪	J-XX-1	0.058	400	34.5	120.7	3500	79.55
金厂峪	J-JCY	0.046	400	25.0	22.5	900	20.45
峪耳崖	J-yey	0.106	400	9.4	29.2	3100	70.45
金厂沟梁	J-JC	0.102	400	98	119.6	1200	27.72

测定者：有色总公司北京矿产地质研究所王真光；CO_2*为CO_2在包裹体水溶液中的浓度

银金矿可在多种类型的金矿床及伴生金矿床中产出，常与自然金、金银矿共（伴）生，其经

维普资讯 http://www.cqvip.com

济意义仅次于自然金，在某些矿床中为金的主要经济矿物。产出的主要矿床类型有基性-超基性岩体、中-酸性岩体、次火山岩体及其接触带和变质(火山)沉积岩系中的石英脉型、蚀变岩型、细脉浸染型、角砾岩型和块状硫化物型金矿床，氧化带中铁帽型和残坡积粘土型金矿床以及某些砂金矿床。共(伴)生矿物与自然金的相似。

表 9　自然金中包裹体的爆裂温度

Table 9　Decrepitation temperature of inclusions in native gold

矿　区	样号	爆裂温度(℃)	包裹体数量	矿床类型
金厂沟梁	J-JC	158,262,335(主)	很多	中酸性岩体外接触带中石英脉型金矿床
峪耳崖	J-yey	262,375(主)	少	中酸性岩体及其接触带中石英脉型金矿床
金厂峪	J-JCy	350	很少	中高级变质火山沉积岩中石英脉型金矿床
沃溪	J-XX-1	286,338(主)	很少	浅变质砂泥质岩中石英脉型金矿床
沃溪	J-XX-2	262,315(主)	较多	浅变质砂泥质岩中石英脉型金矿床
马兰峪	ML-1	123,254,338(主)	很多	河谷型砂金矿床
马兰峪	ML-2	188,338(主)	很多	河谷型砂金矿床
白水	BS4	254,338(主)	少	河谷型砂金矿床

测定者：中科院地质所谢奕汉

金银矿产出较少，仅在某些矿床中具有经济意义，主要出现在与火山岩有关的金银矿床中。共(伴)生矿物主要有银的硫化物、银金矿、自然银、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、石英等。

自然银产出颇广，但大多数不含金或仅含有少量(一般为 0～0.n%)的金，仅在个别矿床中见含有较多量的金(含金达 12.30%)。含百分之几到百分之十几金的自然银见在中酸性岩体接触带中矽卡岩型铁铜伴生金矿床和岩浆期后汽化高-中温热液钨矿脉伴生金矿床、酸性火山岩及其下伏岩石中石英脉-蚀变岩型金银矿床及大理岩中角砾岩型金矿床中产出。主要共(伴)生矿物有石英、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿及银的硫化物等。

参加该项研究工作的还有李志详、宋湘荣和陆荣军。笔者在工作中得到各级领导的关怀和众多人的协助，在此表示衷心的谢意。

参考文献

1　N. V. Petrovskaya et al.. Küstelite and discontinuity in natural gold-silver solid solutions. Int. Geol. ReV. ,1979(7)

2　王濮，潘兆橹，翁玲玉等．系统矿物学(上册)．北京：地质出版社，1982

3　张振儒等．金矿研究．长沙：中南工业大学出版社，1989

A STUDY ON THE Au-Ag SERIES MINERALS IN GOLD DEPOSITS OF CHINA

Cai Changjin

(*Gold Geological Research Institute, Langfang*, 102800)

Abstract　The composition, morphology, property and mineral association were studied by use of the electron probe, the X-ray differactometer etc. on the basis of the study on the Au-Ag series minerals in some gold deposits of China. Vast amount of data obtained indicates that Au-Ag series is a completely continuous isomorphous series.

Key words　China; Au-Ag series mineral