

三家金矿发现Hg-Au-Ag矿物—— α -汞金银矿

王曼社 罗镇宽 关康 王传泰

(冶金部天津地质研究院, 天津 300061)

主题词: α -汞金银矿; 金矿床; 河北

摘要: α -汞金银矿是1986年笔者在河北省青龙县三家金矿某富矿带采集的金矿石标本中发现的。见于矿石光片及人工重砂中。经电子探针分析, 平均含Ag 41.53%, Au 22.34%, Hg 36.09%, 简化化学式为: $(\text{Ag}, \text{Au})_3\text{Hg}$ 。其X射线粉晶数据为: 2.382 (9) (111), 2.060 (6) (200), 1.461(7)(220), 1.245(10) (311), 1.194(5) (222), 与1929年 Pabst 等人合成的 α 汞金银矿 (含 Au 82.75%) 可以比较, 属等轴晶系。笔者确定它为Hg、Au、Ag金属互化物, 且是Hg-Au-Ag系列矿物的新变种。

一、地质产状

α -汞金银矿产于河北省三家金矿。该矿床为一含金石英脉型金矿, 矿脉赋存在太古代八道河群王厂组黑云角闪斜长片麻岩和角闪斜长片麻岩中。在金矿石中, α -汞金银矿呈微细脉状、不规则粒状集合体, 主要充填在碎裂黄铁矿中, 也见于石英中, 与黄铜矿、方铅矿、斑铜矿、硫铋铜矿、砷黝铜矿、硫铋铅铁铜矿、自然金、银金矿等共生或伴生(照片1)。形成于矿化晚期, 大致与自然金、银金矿同时晶出。经光片及人工重砂观察, α -汞金银矿明显多于自然金和银金矿, 是三家金矿银、金的主要工业矿物, 这在国内外均属罕见。

二、物理性质和光学性质

α -汞金银矿呈细小不规则粒状集合体, 集合体粒径多为0.125—0.25mm, 尚有小于

0.125mm的,表面不平坦,可见溶蚀坑,在扫描电镜下放大1000倍多为球粒状及不规则粒状集合体,粒径为2—10 μ ,表面不光滑(照片2)。在光片中, α -汞金银矿主要呈微细脉状,其次是不规则粒状。在实体显微镜下观察, α -汞金银矿呈亮浅黄白色,强金属光泽,具延展性,硬度低,其维氏显微硬度为92.23kg/mm²(三次平均值),相当于摩氏硬度3.05。在反光显微镜下,反射色为带玫瑰色的亮黄白色,亮白色,不显双反射及反射多色性,均质,其反射率用西德MPV-I型显微光度计在不同波长可见光中测得,其结果见表1。

表1 α -汞金银矿反射率数据

Table 1. Reflectance data of alpha-gold amalgam

波长 (nm)	480	546	591	654
反射率 (%)	76.22	82.70	86.35	89.05

测定者:冶金部天津地质研究院 韩东风

三、化学成分

笔者首先用日本JCSA-733型电子探针仪对 α -汞金银矿进行定性分析,确定了Ag、Au、Hg为主元素,然后进行定量分析,在10个颗粒上进行了13个点的分析(表2),其分析结果是Ag: 36.07—47.05%,平均41.53%; Au: 18.08—27.37%,平均22.34%; Hg: 32.77—37.91%,平均36.09%,还含微量S、Cu、Te等,计算化学式平均为(Ag_{2.14}Au_{0.63})_{2.77}Hg,简化化学式为(Ag, Au)₃Hg。在定量分析的同时,拍摄矿物的二次电子图象及Ag、

表2 α -汞金银矿电子探针分析

Table 2. Electron microprobe analyses of alpha-gold amalgam

样品编号	分析结果 (%)							计算化学式
	Ag	Au	Hg	Cu	S	Te	总计	
S-1①	40.25	27.37	32.77	0.02	0.07	0.06	100.54	(Ag _{2.29} Au _{0.85}) _{3.14} Hg
S-1②	43.07	22.11	35.21	0	0.07	0.09	100.55	(Ag _{2.27} Au _{0.64}) _{2.91} Hg
S-2②	36.07	27.14	36.39	0	0.08	0.01	99.69	(Ag _{1.85} Au _{0.76}) _{2.61} Hg
S-8①	40.53	21.49	37.36	0.04	0.09	0.03	99.54	(Ag _{2.02} Au _{0.59}) _{2.61} Hg
S-8②	42.77	19.22	37.91	0	0.05	0.06	100.01	(Ag _{2.1} Au _{0.52}) _{2.62} Hg
S-15①	43.59	20.28	35.91	0.01	0	0.01	99.80	(Ag _{2.26} Au _{0.58}) _{2.84} Hg
S-15②	42.72	20.36	36.53	0.02	0	0	99.63	(Ag _{2.18} Au _{0.57}) _{2.75} Hg
S-15③	43.12	20.97	36.12	0	0.01	0	100.22	(Ag _{2.27} Au _{0.59}) _{2.81} Hg
S ₀ -3-1①	39.15	23.74	36.65	0	0	0.03	99.57	(Ag _{1.99} Au _{0.66}) _{2.65} Hg
S ₀ -3-1②	39.43	22.11	36.75	0.04	0	0	98.33	(Ag _{2.00} Au _{0.61}) _{2.61} Hg
S ₀ -3-3	40.51	24.05	36.08	0	0.05	0	100.69	(Ag _{2.09} Au _{0.68}) _{2.77} Hg
S ₀ -2-1	41.64	23.49	35.60	0.04	0.04	0.17	100.98	(Ag _{2.18} Au _{0.67}) _{2.85} Hg
S ₀ -2-2	47.05	18.08	35.88	0.04	0.10	0.17	101.32	(Ag _{2.44} Au _{0.51}) _{2.95} Hg
平均	41.53	22.34	36.09	0.02	0.04	0.05	100.07	(Ag _{2.14} Au _{0.63}) _{2.77} Hg

实验条件:工作电压25kV,灯丝电流 2×10^{-8} A。Hg的标准用Hg-Ag合金,Au,Ag,Te,Cu等标准用各该元素的纯金属,S的标准用黄铁矿。测量结果经过ZAF程序修正。误差 $\pm 2\%$

测试者:冶金部天津地质研究院 曹东彝、赵桐、刘晔

Au、Hg的特征X射线图象(照片3—6),从中可以看出Ag、Au、Hg元素在矿物中的分布基本上是均匀的,说明属同一矿物相。

四、X射线分析

对经过电子探针分析过的数粒 α -汞金银矿的矿物集合体进行X射线粉晶分析。其粉末图的线条与人工合成的 α 汞金矿(Au₃Hg)可以比较(表3)。等轴晶系, a值平均为4.129 Å, 空间群Fm3m(参照 α -汞银矿)。

表3 α -汞金银矿X射线粉晶分析数据
Table 3. X-ray powder analyses of alpha-goldamalgam

hkl	α -汞金银矿			α 汞金矿*	
	$d_{\text{测}}$	$d_{\text{计}}$	l	d	l
111	2.382	2.384	9	2.38	100
200	2.060	2.065	6	2.06	80
220	1.461	1.460	7	1.46	40
311	1.245	1.245	10	1.24	100
222	1.194	1.192	5	1.19	60

* JCPDS卡片4-0781

测试条件: 照相机直径114.6mm, Fe靶, 未滤波, 电压30kV, 电流20mA, 曝光时间14小时。

测试者: 中国科学院地质所 周景良

五、讨论

α -汞金银矿区别于已发现的Hg-Au-Ag系列矿物(表4)。与滦河矿比较, 两者Hg含量相近, 其分子组成分别为(Ag, Au)₃Hg, 及Ag₃Hg, 滦河矿是Hg-Au-Ag系列矿物的端员矿物, 而 α -汞金银矿则不是。从结构上看, 滦河矿是六方晶系, α -汞金银矿是等轴晶系, 因此两者不同。在结构上, α -汞金银矿与 α -汞金矿、 α -汞银矿都是等轴晶系矿物, 空间群皆为Fm3m, 只是成分不同, 它是既含Ag又含Au的Hg-Au-Ag系列矿物, 而后两者则均是这一系列的端员矿物, 因此, α -汞金银矿是Hg-Au-Ag系列矿物的一个新变种。它的发现具有矿物学意义, 同时也具有成因意义和找矿意义, 并提高了该矿床的综合利用价值。

研究工作中得到郭宗山、杨敏之、任英忱、张建洪、杨德敏等同志的热情指导和帮助, 在此一并致谢。

表4 α-汞金矿与其它Hg-Au-Ag系列矿物对比表
Table 4. Comparison of alpha-gold amalgam with other minerals in Hg-Au-Ag series

矿物名称	α-汞金矿	深河矿	α-汞银矿	γ-汞银矿	夏奇纳矿	副夏奇纳矿	α-汞金矿	γ-汞金矿	围山矿
化学式	(Ag, Au) ₃ Hg	Ag ₃ Hg	(Ag, Hg)	Ag ₃ Hg ₂	Ag ₁₁ Hg ₁₀	Ag ₁₁ Hg ₁₀	(Au, Ag)Hg	(Au, Ag) ₃ Hg ₂	
化学成分 (%)	Hg 36.09 Ag 41.53 Au 22.34	Hg 38.16 Ag 61.72	Hg 0-30 Ag 100-70	Hg 73.6 Ag 26.4	Hg 60.34 Ag 39.66	Hg 55.35 Ag 44.65	Hg 17.25 Au 82.75 Ag 9.16	Hg 53.17 Au 36.64 Ag 9.16	Hg 39.92 Ag 3.17 Au 56.91
主要粉末数据	2.382(9) 2.060(6) 1.461(7) 1.245(10) 1.194(5)	2.830(5), 2.000(6) 1.741(5), 1.495(10) 1.204(9), 1.134(7) 1.105(6), 1.010(6)		2.88(30), 2.67(40) 2.36(100), 1.965(40) 1.667(40), 1.477(40) 1.419(40), 1.365(70) 1.275(55), 1.236(60)	2.581(30), 2.420(50) 2.273(100), 1.489(40) 1.268(50), 0.954(50) 0.937(40), 0.860(60)	2.564(30), 2.404(60) 2.267(100), 1.756(30) 1.481(40), 1.361(50) 1.263(60), 0.9354(30) 0.9016(30), 0.831(40)	2.38(100), 2.38(10) 2.22(10) 2.12(5), 1.46(40) 1.45(6) 1.24(8)	2.530(4), 2.243(10) 1.750(5), 1.461(6) 1.359(8), 1.251(8) 1.226(6), 0.995(7) 0.940(9), 0.929(6) 0.910(4), 0.845(4) 0.824(6), 0.798(4)	
结晶学参数	等轴, <i>Fm</i> 3 <i>m</i> <i>a</i> = 4.129 Å	六方 <i>a</i> = 6.61 Å <i>c</i> = 10.08 Å <i>c/a</i> = 1.66 <i>V</i> = 415.45 Å ³	等轴, <i>Fm</i> 3 <i>m</i> <i>a</i> = 4.09—4.19 Å	等轴, <i>Im</i> 3 <i>m</i> <i>a</i> = 10.04 Å	六方, <i>P6₃/mmc</i> <i>a</i> = 2.978 Å, <i>c</i> = 4.842 Å, <i>V</i> = 37.19 Å ³	斜方, <i>Cmcm</i> <i>a</i> = 2.96 Å, <i>b</i> = 5.13 Å, <i>c</i> = 4.83 Å <i>V</i> = 73.34 Å ³	等轴 <i>a</i> = 4.114 Å	等轴, <i>Im</i> 3 <i>m</i> <i>a</i> = 10.01 Å	六方, <i>P6₃/mmc</i> <i>a</i> = 2.9265 Å <i>c</i> = 4.1878 Å
单位晶胞分子数	6	4	2	2	2	2	2	2	
显微硬度	92.23(维氏)	44—75(维氏)	3.5(摩氏)	70.9	77(维氏)	50.5(维氏)			
反射率 (%)	480nm: 76.22 546nm: 82.70 591nm: 86.35 654nm: 89.05	546nmRg/70.03 Rp/64.57 589nmRg/73.67 Rp/65.47							480nm: 63.75 546nm: 76.30 589nm: 81.03 656nm: 68.60
资料来源	本文	文献[1]	文献[1]	文献[1]	文献[1]	JCPDS卡片4-0781	文献[2]	文献[3]	

参 考 文 献

- 〔1〕 邵殿信等, 1984, 新矿物——滦河矿的研究。矿物学报, 第2期, 97—101。
 〔2〕 陈克樵等, 1981, 电子探针发现的两个新矿物 γ -汞金矿和汞铅矿。地质论评, 第2期, 108—115。
 〔3〕 李玉衡等, 1984, 围山矿——一种含金的新矿物。矿物学报, 第2期, 102—105。

Alpha-Goldamalgam, a Hg-Au-Ag Variety of Au-bearing Minerals Found in the Sanjia Gold Deposit, Hebei Province

Wang Manzhi, Luo Zhenkuan, Guan Kang, Wang Chuantai

(Tianjin Geological Academy, Ministry of Metallurgical Industry, Tianjin)

Key words: Alpha-goldamalgam; gold deposit; Hebei

Abstract

Samples containing alpha-goldamalgam were collected from the Sanjia gold deposit, Qinglong County, Hebei Province. Alpha-goldamalgam was found in polished sections, heavy mineral samples and bulk ore samples.

Electron microprobe analyses indicate that the mineral is composed of Ag 41.53%, Au 22.34% and Hg 36.09%, its average molecular formula is $(Ag_{2.14}Au_{0.63})_{2.77}Hg$, and its simplified chemical formula is $(Ag, Au)_3Hg$. Au, Ag and Hg are uniformly distributed in the mineral.

Alpha-goldamalgam occurs as very fine spheric particles or irregular granular aggregates with bright yellowish white color, strong metallic luster and low hardness (Vickers hardness 92.23 kg/mm², corresponding to Mohs' hardness 3.05). Under microscope it is homogeneous with rosy bright yellowish white and bright white colors but without double reflection and pleochroism.

The reflectance data are as follows:

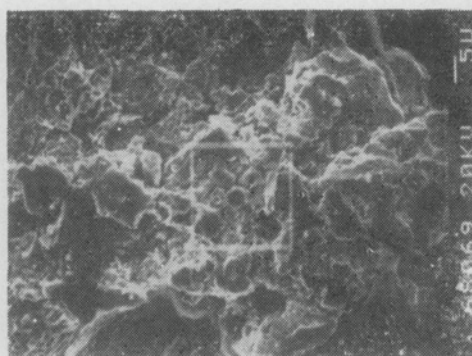
Wavelength (nm)	480	546	591	654
Reflectance (%)	76.22	82.70	86.35	89.05

Its X-ray powder analytical data are 2.382(9)(111), 2.060(6)(200), 1.461(7)(220), 1.245(10)(311) and 1.194(5)(222), comparable with the data of alpha-gold-mercury. Its crystal structure is of isometric system with a being 4.129 Å and space group $Fm\bar{3}m$.

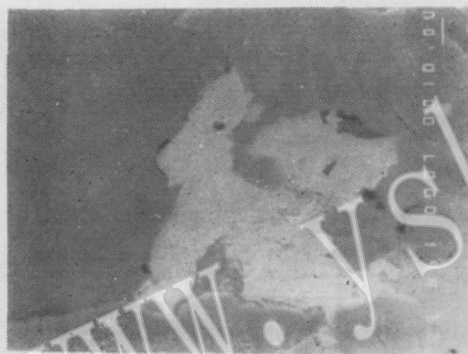
王曼祉等：三家金矿发现Hg-Au-Ag矿物—— α -汞金银矿



照片1 黄铁矿中 α -汞金银矿(1)-砷黝铜矿
(2)-黄铜矿(3)微脉及自然金(4)“包体”
S-2光片 $\times 200$



照片2 α -汞金银矿形态二次电子象 $\times 1000$



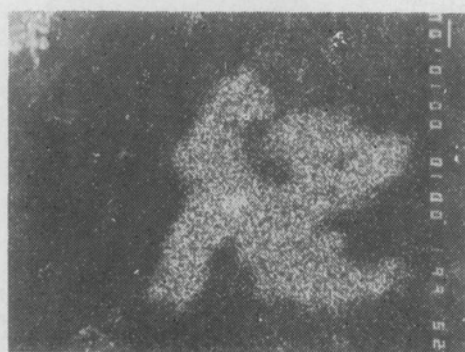
照片3 α -汞金银矿的二次电子图象 $\times 660$



照片4 α -汞金银矿AgL α 线面分布 $\times 660$



照片5 α -汞金银矿AuL α 线面分布 $\times 660$



照片6 α -汞金银矿HgL α 线面分布 $\times 660$