

哀牢山金矿带原生金矿床矿物标型特征及找矿矿物学标志

俞广钧

(昆明工学院地质系)

本文讨论了哀牢山金矿带原生金矿床矿物组合特征、金矿物及载金矿物的形态、化学成分、晶体结构、物理性质、包裹体成分方面的找矿标型特征和找矿矿物学标志。

关键词: 哀牢山金矿带; 原生金矿床; 矿物组合; 标型特征; 找矿矿物学标志



哀牢山金矿带位于红河—哀牢山深大断裂控制的红河—哀牢山构造变质带的西带。金矿带呈北西向的带状展布, 由南东段元阳金矿床, 中段墨江金厂金矿床, 北西段老王寨金矿床、库独木金矿床等大中型原生金矿床组成。研究结果表明, 金矿带原生金矿床具有多种成因类型

的特点; 不同类型金矿床的矿物组合、矿物标型特征及找矿矿物学标志也有所不同。

原生金矿床的成因类型及其矿物组合

哀牢山金矿带原生金矿床可划分为3种主要矿床成因类型: ①以墨江金厂金矿床为代表的与超基性岩有关的中—低温热液金矿床; ②以老王寨金矿床Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号矿体、

哀牢山金矿带内生金矿床矿物组合特征表

表 1

金矿床类型	典型金矿床	矿 物 组 合	
		金 属 矿 物	脉石矿物
与超基性岩有关的中—低温热液金矿床	墨江金厂金矿床、老王寨金矿床Ⅰ、Ⅱ号矿体	黄铁矿、辉钨矿、黄铜矿、毒砂、针镍矿、辉砷镍矿、磁黄铁矿、黝铜矿、硫砷铜银矿、辉银矿、铬尖晶石、白钨矿、自然金、银金矿、碲金银矿、自然铂、钼金矿、钨金矿、铋金矿等	石英、菱铁矿、滑石、铬水云母、蛇纹石、高岭石、绢云母、绿泥石、方解石、白云石等
与古生代基性火山—沉积岩建造有关的层控金矿床	老王寨金矿床Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号矿体、库独木金矿床	黄铁矿、辉钨矿、毒砂、黄铜矿、斑铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿、硫锑铅矿、硫铜矿、碲铜矿、碲铅矿、碲锑矿、磁铁矿、白钨矿、锡石、自然金、自然银、自然钨、银铋矿等	石英、长石、绢云母、蛇纹石、高岭石、绿泥石、铬水云母、白云石、方解石、炭质等
与中—酸性侵入岩有关的中温热液金矿床	元阳大坪金矿床	黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿、辉铜矿、毒砂、脆硫锑铅矿、锡石、磁铁矿、自然金、银金矿	石英、长石、绢云母、方解石、重晶石、绿泥石、高岭石

库独木金矿床为代表的与古生代基性火山—沉积岩建造有关的层控金矿床；③以元阳金矿床为代表的与中—酸性侵入岩有关的中温热液金矿床（表1）。

热液成矿阶段及矿物组合特征

I. 黄铁矿—石英阶段

脉体主要由乳白色、油脂光泽的石英组成，伴有少量黄铁矿，偶见磁铁矿、白钨矿、针镍矿、辉砷镍矿、锡石、自然金。黄铁矿以中粗粒、自形晶、立方体为主，呈浸染状分布，金品位很低。本阶段形成少量金—黄铁矿—石英组合。

II. 金—石英—黄铁矿阶段

脉体主要由粗粒黄铁矿与灰色、肉红色石英组成。黄铁矿多呈五角十二面体及其与立方体的聚形出现，数量较多，以脉状、团块状集合体叠加于I阶段脉体上，含一定数量的金。形成自然金—石英—黄铁矿组合，是金的次要成矿阶段。

III. 金—石英—多金属硫化物阶段

脉体主要由中—细粒、半自形晶、五角十二面体黄铁矿与灰色、肉红色、绿色等杂色石英组成，呈细脉、网脉、团块状叠加于I、II阶段脉体之上。黄铁矿常多具压碎结

构，含金性最好，与黄铜矿、毒砂、辉锑矿、黝铜矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、自然金、银金矿、硒金银矿、铂金矿等铂族矿物共生。本阶段是金的主要成矿阶段，主要矿物组合有：金—石英—黄铁矿、金—石英—辉锑矿—黄铁矿、金—石英—黄铁矿—方铅矿—黄铜矿、金—石英—黄铁矿—毒砂—黄铜矿—辉锑矿。

IV. 碳酸盐—石英阶段

构成脉体的主要矿物有石英、白云石、方解石、重晶石及少量自形晶立方体或胶状黄铁矿，一般不含金。石英呈纯白色，较透明，结晶程度较好，常具有梳状构造。形成黄铁矿—石英—方解石（白云石）—重晶石组合。

金矿物标型特征及赋存状态

1. 金矿物类型、成色及化学成分

金矿物以自然金为主，尚有银金矿、硒金银矿，还有极少量铂金矿、钯金矿、铍金矿、钨铍金矿。自然金成色在858~997之间，银金矿成色为700~780，硒金银矿成色为369。老王寨金矿自然金成色最高(>990)。金矿物中微量元素有Ag(0.40~11.90)、Cu(0.08~0.94%)、Fe(0.13~0.38%)、Bi

哀牢山金矿带内生金矿床金矿物标型特征表

表 2

矿床	金矿物	金矿物成色 (变化范围 平均值)	粒度百分比(%)		形 态	金矿物中微量元素含量(%)						
			>0.005 mm	<0.005 mm		Ag	Cu	Bi	Fe	Se	Te	Rh
元阳金矿床	自然金 银金矿	$\frac{781 \sim 986}{921}$	95	5	粒状为主， 片状、不规则 状	6.29	0.08		0.38			
景江金厂金矿床	自然金 银金矿 硒金银矿 铂金矿	$\frac{818 \sim 940}{869}$	81	19	粒状、浑圆 状、枝叉状	11.90	0.94	0.5	0.30	23.9	0.31	3.10
老王寨金矿床	自然金	$\frac{993 \sim 998}{996}$	70	30	不规则粒 状、树枝状、 片状	0.40	0.39		0.13			

(0.5%)、Se(23.9%)、Rh(3.10%)、Te(0.31%)。

2. 金矿物形态

浑圆粒状、棱角粒状、不规则粒状、叶片状、板状、树枝状、细脉状。

3. 金矿物粒度

以细一中粒为主(0.005~0.01mm)，部分粒度较大(0.02~0.5mm)，少数为次显微金；金矿带南东段金矿物粒度较粗，中段、北西段金矿物粒度偏细(表2)。

4. 金的赋存状态

金矿物呈晶隙金、裂隙金、包体金3种状态出现。晶隙金分布于石英与黄铁矿、黄铁矿与黄铜矿、石英与黄铜矿、辉锑矿晶粒之间。裂隙金常分布于黄铁矿、黄铜矿、石英晶粒内微裂隙中。包体金呈不规则状、浑圆状包含于黄铁矿、黄铜矿、辉锑矿、方铅矿、石英晶粒内；3种赋存状态中前二者是主要的，后者为次要的。

载金矿物标型特征

经单矿物含金分析及金的分配计算，黄铁矿及其他硫化物中金占有率80~85%，石英及其他脉石矿物中金占有率为15~20%。因此，载金矿物主要是黄铁矿、石英、毒砂、黄铜矿、辉锑矿、方铅矿等。

1. 黄铁矿

广泛分布于金矿带的所有金矿床中，是最重要的载金矿物。不同类型矿床、不同成矿阶段形成的黄铁矿，具有不同的标型特征。

(1) 晶形、结构 早期阶段黄铁矿粒

度不等(0.2~2mm)，呈自形晶立方体(100)，与乳白色石英共生，含金性差(<5g/t)。中期阶段黄铁矿显深黄色，粒度较细(0.01~1mm)，常以半自形晶集合体产出，多为五角十二面体(210)晶形为主，少数为八面体晶形(111)，具压碎结构，含金性最好(25~150g)。晚期阶段形成的黄铁矿显浅黄色，粒度偏粗(0.5~2mm)，呈自形晶立方体产出，含金性最差(<1g/t)。

(2) 化学成分、微量元素 经化学分析测定，含金黄铁矿含S49.54~49.93%、Fe41.57~44.58%，S、Fe含量均低于一般黄铁矿中S、Fe理论值(S53.45%、Fe46.55%)，而无金黄铁矿中S、Fe含量多接近于黄铁矿S、Fe理论值。中期阶段含金黄铁矿除富含Au、Ag以外，还富含Cu、Pb、As、Sb、Bi、Co、Ni、Cr等微量元素。与中一酸性侵入岩有关的元阳金矿床富金黄铁矿富含Ag(1600ppm)、Cu(12600ppm)、Pb(4880ppm)、Zn(1560ppm)、As(119ppm)、Sb(2550ppm)、Bi(49ppm)，大大高于早晚阶段贫金或无金黄铁矿。与超基性岩有关的墨江金厂金矿床富金黄铁矿中Ni(200~6400ppm)、Co(7000ppm)、As(7500ppm)、Cr(20~120ppm)等微量元素含量较高，而Cu、Pb、Zn含量偏低(表3)。

(3) 物理性质 黄铁矿热电系数 α 值多为正值。含金黄铁矿导电性的类型可指示矿体的空间分布部位；矿体头部黄铁矿为P型导电性，尾部黄铁矿具有N型导电性，矿

元阳金矿床黄铁矿微量元素特征表 表 3

黄铁矿类型	微 量 元 素 含 量 (ppm)						
	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi
早期阶段贫金黄铁矿	19	1464	4600	39	51.30	7.16	2.45
中期阶段富金黄铁矿	1600	12600	4880	1560	119.60	2550	49.10

体身部黄铁矿显P、N混合型导电性。中期阶段含金黄铁矿单位晶胞棱长 a_0 值为5.4180Å，大于一般黄铁矿单位晶胞棱长理论值(5.4175Å)。从红外光谱特征来看，中期阶段富金黄铁矿与早、晚期阶段贫金或无金黄铁矿的红外吸收特征明显不同，前者多显418 cm^{-1} 红外吸收峰，后者在795~2420 cm^{-1} 区间显多峰现象。

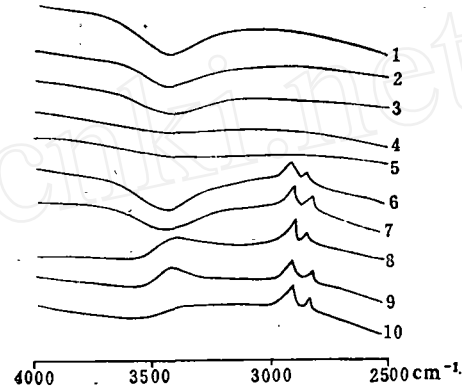
2. 石英

石英与黄铁矿一样，数量多、分布广，也是主要的载金矿物。不同类型金矿床、不同阶段的石英具有不同的标型特征。

(1) 早期阶段贫金石英 产于矿化带或含金石英脉中，形成温度250~300℃，呈乳白色、油脂光泽，块状集合体产出，粒度较粗(0.5~5mm)，半自形晶，具有波状消光，含金很低。

(2) 中期阶段富金石英 形成温度150~250℃。本阶段含金石英具有以下特征：①显灰白色、肉红色、绿色，具中一细粒(0.01~0.07mm)结构；②含金石英单位晶胞参数($a_0=4.91704\text{Å}$ 、 $c_0=5.40952\text{Å}$ 、 $V=113.2672\text{Å}^3$)大于矿化带内无金石英单位晶胞参数($a_0=4.91614\text{Å}$ 、 $c_0=5.40797\text{Å}$ 、 $V=113.1911\text{Å}^3$)；③含金石英化学成分与无金石英有明显区别，前者 SiO_2 含量低于后者，而前者中 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MnO 、 MgO 、 CaO 含量均高于后者；④含金石英脉中Ag、Cu、Pb、As、Sb、Co、Ni等含量高于无金石英数至数十倍(表4)。⑤中期阶段含金石英热发光曲

线为双峰或多峰型，在2800~3000 cm^{-1} 处透过率有二次明显升高，表现在石英红外扫描曲线图上出现二个小峰，而早、晚期阶段无金石英随着温度升高，热发光强度变化甚小，热发光曲线不显峰值，近乎水平直线；⑥中期阶段含金石英包裹体内 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比值为0.0054~0.4923，Na/K值为6.041~13.005，大于早、晚期阶段石英(见图)。



元阳金矿床石英红外扫描曲线图

1~5—无金石英脉；6~10—含金石英脉

(3) 晚期阶段石英 显纯白色，透明度高，常具有梳状构造，形成温度低于150℃，一般不含金。

3. 黄铜矿

在金矿带各类金矿床中均有分布，数量仅次于石英、黄铁矿，也是载金矿物之一。常呈他形粒状产出，粒度0.2~0.3mm，其化学成分为Cu36.91%、Fe30.1%、S32.74%。通常含一定量的Au(3~15g/t)。含金黄铜矿一般Ag(102~2300g/t)、Pb

墨江金厂金矿床石英化学成分特征表

表 4

石英类型	石英化学成分 (%)						微量元素 (ppm)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Ag	Ni	Co	Cr	As	Sb	Au	
早期阶段无金石英	89.19~94.99	0~0.67	0.85~1.36	0~0.01	0.10~0.11	0.12~0.20	1.02	45	7.5	1.5	12	12	0~2	
中期阶段富金石英	88.51	1.23	2.48	0.04	2.42	0.64	14	201	12	5.2	71	162	20~100	

(5000ppm)、Zn(758ppm)、Ni(278ppm)、Co(51.3ppm)较高。自然金常嵌布于黄铜矿与石英、黄铁矿、黝铜矿晶隙中。黄铜矿常与中期阶段石英、黄铁矿、毒砂、黝铜矿、辉锑矿、自然金、银金矿共生，构成含金石英—多金属硫化物金矿脉。

4. 毒砂

数量不多，但在矿带各矿床中均有分布，与金矿化关系十分密切，也是载金矿物之一。呈自形菱柱状晶体产出，属强非均质矿物。金矿床内出现早晚二个世代的毒砂，早世代毒砂粒度较细(0.03×0.10mm)，常呈包体包裹于早期阶段黄铁矿晶粒中。晚世代毒砂粒度稍粗(0.2~0.5mm)，常与含金黄铁矿共生；尤其当晚世代毒砂数量增多及与晚世代毒砂共生的黄铁矿中As含量升高时，有利于金矿生成，形成工业金矿体。

5. 辉锑矿

主要分布于金矿带中段、北西段与基性—超基性岩有关的金矿床中。呈铅灰色自形、半自形针状及柱状晶体，一般出现早晚二个世代。早世代辉锑矿呈半自形晶产出，粒度较细(0.05~0.1mm)，常与自然金、银金矿、黝铜矿、含金黄铁矿等共生，含金性较好。晚世代辉锑矿呈自形柱状晶体产出，粒度略粗(0.5~1.5mm)，沿晶洞或裂隙分布，一般不含金，生成晚于金矿物。

6. 黝铜矿

产于矿带各个矿床中，分布较广，也是重要载金矿物之一。呈铅灰色、均质性、他形粒状产出，粒度较细(0.001~0.4mm)，可分银黝铜矿和砷黝铜矿二种。前者含Ag高(6~8%)，含Au3~5g/t；后者含As高(15.5%)，含Au较低。黝铜矿常与自然金、银金矿、黄铜矿、毒砂等多金属硫化物共生。黝铜矿族矿物含量越高，矿石金品位也越高。

7. 方铅矿

主要产于矿带南东段元阳金矿床，北西

段矿床中分布较少。早世代方铅矿呈细粒他形集合体产出；晚世代方铅矿呈粗粒自形立方体集合体。方铅矿含Ag、Cu、Zn等微量元素，一般含Au较低。早世代方铅矿中有自然金包体出现。

找矿矿物学标志

1. 烟灰色、灰色、肉红色、绿色石英与中细粒、半自形、具压碎结构的五角十二面体及其与立方体、八面体聚形的黄铁矿，是找寻黄铁矿—石英脉型金矿床的矿物标志。

2. 中期阶段黄铁矿除含Au、Ag以外，还富含Cu、As、Pb、Zn、Bi、Sb、Co、Ni、Cr等微量元素，不同微量元素组合是反映金矿床成因的化学成分标型特征和找矿矿物学标志：富含Ag、Cu、As、Sb、Se、Te、Co、Ni、Cr微量元素的黄铁矿是找寻与基性—超基性岩有关金矿床的矿物标志；富含Ag、Cu、Pb、Zn、Bi的黄铁矿是找寻与中—酸性侵入岩有关金矿床的矿物标志。

3. 石英、黄铁矿、毒砂、黄铜矿、黝铜矿、辉锑矿等与金矿物成生关系密切，是主要的载金矿物；尤其是毒砂—黝铜矿—中期阶段黄铁矿组合、毒砂—黝铜矿—中期阶段黄铁矿—辉锑矿组合，可作为找富金矿体的找矿矿物学标志。

4. 铬水云母是分布于与基性—超基性岩有关金矿床中的一种鲜绿色含铬水云母，它是含铬金矿成矿热液与围岩中泥质交代形成的蚀变矿物，分布范围广，指示本类金矿矿化范围，可作为金的找矿矿物学标志。

5. 含SiO₂低、而含Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO、MnO高的灰色、杂色石英也是找金矿的良好矿物标志。

6. 金—石英—黄铁矿—黄铜矿—方铅矿组合是找寻与中—酸性侵入岩有关金矿床的矿物标志；金—石英—黄铁矿、金—石

英—黄铁矿—辉锑矿—毒砂—黄铜矿（黝铜矿）组合是找寻与基性—超基性岩有关金矿床的矿物组合标志。

结 论

1. 哀牢山金矿带原生金矿床具有多种成因类型的特点；不同类型金矿床具有不同的矿物组合、矿物标型特征和找矿矿物学标志。

2. 金矿带金矿物以自然金为主，次为银金矿，尚有少量硒金银矿、铂金矿、铍金矿、钼金矿、钨铍金矿等；载金矿物主要有

黄铁矿、石英、毒砂、辉锑矿、黄铜矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿等。

3. 金矿带金矿物、载金矿物的形态、化学成分、晶体结构、物理性质、矿物包裹体成分等方面的找矿标型特征，可以作为金矿找矿矿物学标志。

参 考 文 献

- [1] 徐国风, 地质与勘探, 1987, 第23卷, 第2期.
- [2] 陈光远等, 《胶东金矿成因矿物学与找矿》, 重庆出版社, 1989年.
- [3] 俞广钧, 地质与勘探, 1990, 第26卷, 第5期.
- [4] Гундобин, Г. М. и др.: Геол. рудн. Месторождений, 1984, №5.

Mineral Typomorphic Characteristics and Prospecting

Mineralogical Guides of Primary Au-deposits in the

Ailaoshan Gold Ore Belt

Yu Guanjun

This paper deals with mineral association features and typomorphic characteristics of the gold minerals and gold carrier minerals of the primary gold deposits in the Ailaoshan gold ore belt. Following aspects are discussed, including chemical composition, crystalline structure, physical property and inclusion data, and the mineralogical typomorphic characteristics and prospecting guides are thus summarized.

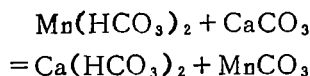
(上接第16页)

区。陡峻的山区及平原地区难以找到堆积锰矿。

9. 氧化锰富集与基底为白云质灰岩或灰岩相关

湘南地区的堆积氧化锰常富集于白云质灰岩或灰岩洞穴的黑色粘土中（桂阳六合、半边月等处），矿石具微细粒状结构，放射状或针状构造。质纯、体重大、松软、污

手。很可能是含锰岩石经风化后，形成含水氧化锰胶体，往下渗透，与基底的灰岩接触，产生交代作用形成菱锰矿。其化学反应式为：



这些碳酸盐又进一步氧化，形成硬锰矿和软锰矿。

Geological Features, Metallogenic Mechanism and

Enrichment Principle of Accumulational

Manganese Deposits, Hunan

Luo Canhui

In this paper a detail introduction of geological features of the Dongxiangqiao accumulational Mn-deposits and a general summary of ore-controlling conditions of other accumulational Mn-deposits (particularly their high-grade ores) in Hunan province are given with a hope to help the prospectors to find out more high-grade manganese ores for our country. It has been confirmed that the enrichment principle summed up in practice is feasible for finding new high-grade accumulational manganese deposits and will get twice the result with half the effort.