

308-324 滇黔桂地区微细粒浸染型金矿床的
矿床地球化学类型

谭运金

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林)

p618.510.4

摘要: 根据矿床产出的区域构造背景、含矿建造的岩性特点和沉积环境、矿石的矿物共生组合和成矿元素组合以及标型矿物的成分特征等, 将滇黔桂地区的微细粒浸染型金矿床划分为三种矿床地球化学类型: 金-锑-黄铁矿型矿床、金-汞-(铊)型矿床和金-砷-(锑)型矿床, 并分别做了描述。

关键词: 滇黔桂地区 微细粒浸染型金矿床 矿床地球化学类型

70年代后期以来, 在滇黔桂接壤区, 地质工作者找矿了一批大、中型金矿床, 其地质、地球化学特征类似于美国西部的内华达州的卡林型金矿床, 其矿床成因类型属沉积改造低温热液, 工业类型属沉积岩容矿的微细粒浸染型金矿床。矿床分布广, 使其成为众人瞩目的‘金三角’地带。

在矿床成因类型或工业类型的基础上划分矿床的地球化学类型, 早在十年前, 作者就提出了划分原则和标准^[1], 从金矿床的地球化学类型研究看, 仍需强调以下标准: 含矿建造的岩性、岩性组合, 它们产出的区域构造背景及岩石形成的沉积环境; 矿床的矿物共生组合, 成矿元素组合, 标型矿物及其成分特征; 矿化主岩的岩性、岩石化学、微量元素及稀土元素特征; 流体包裹体成分、矿化度及其物理化学性质; 硫、氢氧等稳定同位素组成特征。其目的是更有利于对这类矿床的找矿和评价工作。据此, 我们将滇黔桂地区的该型金矿床划分为三种矿床地球化学类型, 分别称为: 金-锑-黄铁矿型矿床, 金-汞-(铊)型矿床, 金-砷-(锑)型矿床。它们的主要地质、地球化学特征如表1所示。

1 金-锑-黄铁矿型金矿床的地质、地球化学特征

金-锑-黄铁矿型金矿床主要分布在滇黔桂接壤区的西部, 代表性矿床是滇东南的革档、黔西南的戈圩和桂西北的马雄等矿床。这类矿床赋存在锑矿带(田)内, 与锑矿床存在着密切的空间联系。它们的主要特征如下:

(1) 含矿建造特征

按照含金建造的概念^[2], 金-锑-黄铁矿型金矿床的含矿建造是下泥盆统坡脚组 and 上二叠统龙潭组(包括‘大厂层’)。坡脚组含矿建造是在滨岸浅水环境下形成的陆源碎屑岩, 岩性

谭运金, 男, 1941年生, 高工, 长期从事矿床地球化学研究工作, 邮政编码: 541004
1993-11-19 收稿, 1994-3-12 修改回

表 1 滇黔桂地区微细粒浸染型金矿床的地球化学特征
Table 1. Characteristics of three geochemical types of gold deposits in Yunnan-Guizhou-Guangxi area

		金-锑-黄铁矿型	金-汞-(钨)型	金-砷-(锑)型
主岩形成的构造环境		裂谷带发展的裂陷初期	裂谷带发展的扩张沉陷初期	裂谷带强烈沉陷时期
主岩岩性及沉积相 沉积建造		火山-陆源碎屑岩、陆源碎屑岩;海陆交互相(滨岸潮坪相、滨海潮坪相)、火山沉积建造	不纯的碳酸盐岩、粘土岩;局限-半局限台地浅海相碳酸盐岩-粘土岩建造	浊流沉积岩;广海盆地边缘斜坡(主要为下斜坡)相浊流沉积建造
矿床产出的矿带		锑矿带(田)	汞(钨)矿带(田)	砷(雄黄)-(锑)矿带(田)
化探异常的元素组合		Au、Sb、Hg、As、Nb、Ni、Co、Zn、Cd、Mo、P、Fe ₂ O ₃	F、Li、B、Y、Au、As、Hg、Sb、Tl、Mo、Ag、K ₂ O、CaO、MgO	Ba、Sr、F、Hg、Ag、As、Au、Sb、Cu、Cr、Co、
主要载金矿物		主要为黄铁矿,其次为毒砂,黄铁矿的金含量高于毒砂	主要为黄铁矿,其次为方解石、白云石	主要为毒砂,其次为黄铁矿粘土矿物,毒砂的金含量高于黄铁矿
特征蚀变作用		萤石化、辉锑矿化、硅化、黄铁矿化、毒砂化	碳酸盐化、辰砂化、硅化、黄铁矿化	硅化、黄铁矿化、毒砂化、雄黄化、粘土化
包裹体成分	Ca ²⁺ /Mg ²⁺	1.56	8.33	2.96
	Na ⁺ /K ⁺	4.63	2.82	3.04
	Cl ⁻ +F ⁻ /SO ₄ ²⁻	7.44	2.89	6.31
成矿流体的物理化学		pH 值(5.4~6.77)、Eh 值较高的偏碱性流体	pH 值(5.0~7.5)、Eh 值较高的偏碱性流体	pH 值(3.6~5.2)、Eh 值较低的偏酸性流体
成矿流体的来源		改造后的大气降水与岩浆演化或流体混合而成的热液	改造后的大气降水与地层建造水混合成的热液	以地层建造水为主,含有改造后的大气降水
与岩浆活动的联系		基性岩浆活动提供部分成矿物质和热动力条件	基性火山物质转变的凝灰岩提供部分成矿物质	与岩浆活动无明显的直接联系
代表性矿床		戈塘、大厂、革档、鲁布格	紫木圪、三岔河	烂泥沟、金牙、丫他、板其

以灰绿色、深灰色粉砂质泥岩为主, 夹少量粉砂岩。龙潭组 (包括‘大厂层’) 含矿建造由玄武质熔岩、火山碎屑岩和陆源碎屑沉积岩组成, 夹少量灰岩、硅质岩。

区域构造演化特征研究表明, 滇黔桂地区位于扬子地块与华南地块的过渡带, 在晚加里东至印支期, 本区处于裂谷带发展阶段, 从早泥盆世开始, 由南至北发生初始张裂, 形成不连续的北西向张裂沉陷带, 早二叠世末至晚二叠世, 具裂谷性质的张裂作用沿北西、北东方向延展, 沉陷带再度扩大。由于区域构造演化的不均匀性, 造成了金-锑-黄铁矿型矿床的含矿建造的时代不同。但是, 它们形成的区域构造背景相似, 都是在裂谷带发展的初始张裂阶段形成的。

含矿建造形成的古地理环境, 以上二叠统龙潭组 (包括‘大厂层’) 为例说明之 (图1)。早二叠世茅口晚期礁滩相生物灰岩沉积之后, 经历了一段时期的隆起剥蚀, 然后受裂谷带张裂作用下沉, 同时发生火山爆发, 形成了峨眉山玄武岩。火山活动之后, 海水侵入, 形成潮坪泻湖环境, 沉积了由火山角砾-凝灰岩、粘土岩和粘土质粉砂岩为主, 夹少量煤层、粘土

系	统	组	段	层	柱状图	分层厚度 m	岩性描述
二 叠 系	上 统	龙潭组	第二段			> 10	灰、深灰色中厚层粘土岩夹硅质岩。
			第一段			9~13	含矿层 灰色薄至厚层生物碎屑灰岩。晴隆大厂附近等地具硅化。显假角砾状构造，角砾多被有机质污染，辉锑矿分布于具硅化地段。
						46~70	灰、灰褐色。灰白色薄至中厚层粘土岩、粘土质粉砂岩及少量薄层硅质岩。夹煤 3~5 层。单层厚 0.3~1.4m。兴仁附近的狗场窝等地，在粘土岩中时具金矿化。
						3~24	灰色薄至中厚层生物碎屑灰岩，富含腕足类化石，多硅化蚀变。底部有 0.5~2m 的灰白色粘土岩。
	下 统	峨眉山玄武岩	第三段			0~28	上部为玄武质细火山碎屑岩，横向上可变为黄绿色中厚层绿泥石粉砂岩，下部多为灰绿、黄绿色风化玄武岩。
			第二段			0~205	灰绿色、深灰色块状玄武岩，夹玄武质角砾熔岩。部分地段底部具硅化，粘土化蚀变，并有金、锑矿产出。
			第一段	大厂层		0~15	灰白色、黄褐色杂色粘土化玄武质火山角砾岩、玄武质沉凝灰岩，角砾状粘土岩，普遍具硅化蚀变，为区内金、锑、黄铁矿、萤石最主要的富集部位。
						0~11	灰白、褐黄色角砾状粘土岩，凝灰质粘土岩，具硅化蚀变，为区内金、锑矿最主要的富集部位。
		茅口组				> 20	灰色厚层生物灰岩，顶部具硅化蚀变，时有辉锑矿产出。是萤石矿主要产出部位。

图 1 金-锑-黄铁矿型金矿床赋矿层柱状图

Fig. 1. Composite stratigraphic column of the host beds of gold-antimony-pyrite type gold deposits.

质硅质岩组成的含金建造（龙潭组）。

据冶金部天津矿产地质研究院资料^①，下泥盆统含金建造的金含量变化较大，为 $(0.5 \sim 89) \times 10^{-9}$ ，平均值为 9.53×10^{-9} ，剔除金含量高于 20×10^{-9} 的样品，平均值为 4.6×10^{-9} 。其中含黄铁矿的碳质泥岩，其金含量的平均值为 7.03×10^{-9} ，粉砂质泥岩的金含量平均值为 3.48×10^{-9} 。上二叠统的粉砂岩、粘土岩和煤的金含量平均值分别为 1.92×10^{-9} ， 2.67×10^{-9} 及 1.63×10^{-9} ^[3]，玄武质熔岩和玄武质火山角砾-凝灰岩的金含量平均值分别为 3.54×10^{-9} 及 5.78×10^{-9} 。

(2) 矿化主岩的岩石学特征

金-锑-黄铁矿型矿床的矿化主岩主要是陆源细碎屑岩和火山-陆源细碎屑岩。岩性以粘土岩、凝灰质粘土岩、粘土化玄武岩及粉砂质粘土岩为主。

粘土岩：主要是铁质粘土岩和碳质粘土岩。岩石呈灰黑色、深灰色块状，具隐晶质、显微晶质结构。主要由粘土矿物组成，其含量达70%~85%，粘土矿物具混合型特点，主要为蒙脱石、伊利石和水云母。岩石含碳质和黄铁矿，碳质呈毛发状、马尾状产出，黄铁矿以自

① 冶金部天津地质研究院，1991，滇东南地区微细粒浸染型金矿成矿条件、找矿方向及成矿预测研究

形晶为主,分散或集成团块状分布。岩石化学成分如表2。

表2 滇黔桂地区金-锑-黄铁矿型金矿床矿化主岩的化学成分(%)

Table 2. Chemical composition of host-rocks of Au-Sb-Pyrite type gold deposits in Yunnan-Guizhou-Guangxi area

成分 \ 岩性	粘土化玄武岩		硅化粘土 化玄武岩	粉砂质粘土岩		粘土岩
SiO ₂	54.92	55.69	77.37	70.34	63.62	34.13
TiO ₂	2.10	5.00	1.95	3.40	2.28	2.65
Al ₂ O ₃	6.40	14.37	4.48	10.29	12.33	21.08
Fe ₂ O ₃	17.11	9.92	1.55	5.07	10.54	11.88
FeO	0.98	0.63	4.99	0.47	0.72	2.12
MnO	0.002	0.14	0.01	0.013	0.044	0.07
MgO	0.56	0.28	0.26	0.34	0.21	0.00
CaO	1.26	2.72	0.36	0.29	0.16	0.78
Na ₂ O	1.22	0.03		0.54	0.29	1.21
K ₂ O	1.64	0.13	0.39	0.33	0.90	2.00
P ₂ O ₅	—	1.94	0.88	0.17	0.088	0.27
烧失量	—	3.25	6.25	7.07	7.95	23.46

凝灰质粘土岩:主要由隐晶质粘土组成,含粉砂状凝灰岩屑、蚀变玄武岩屑、晶屑及玻屑等。具泥质结构、碎粒状构造。

粘土化玄武岩:岩石具显微晶质结构、填间结构及变余玄武结构。粒径为0.005~0.1mm的长石构成骨架,其间为玻璃质充填。基质由水云母粘土及隐晶质粘土组成。由于遭受强烈的粘土化蚀变作用,形成了外貌酷似粘土岩的岩石。岩石的化学成分如表2。

粉砂质粘土岩:岩石呈灰色,致密块状构造,以泥质结构为主,有时具显微鳞片变晶结构。主要的组成矿物是绢云母和粘土矿物,其含量为50%~70%,石英呈碎屑状存在,含量为30%~40%,普遍出现黄铁矿和毒砂。岩石的化学成分见表2。

(3) 矿物共生组合、成矿元素组合及标型矿物特征

金-锑-黄铁矿型矿床的矿物共生组合特征是除卡林型金矿床常见的共生矿物,如黄铁矿、白铁矿、辉锑矿、毒砂外,还常见到萤石、磁铁矿、钛铁矿等。这类矿床的辉锑矿含量较高,往往可构成工业矿体,如马雄、大厂等矿床;这类矿床的含砷矿物主要是含砷黄铁矿,其次是毒砂,而雄黄、雌黄的含量极微,至今未见到自然砷。因此,这类矿床的成矿元素组合是金、锑组合。

黄铁矿是金-锑-黄铁矿型矿床的主要载金矿物,其金含量一般为(0.0n~0.1)%,戈扩金矿床的五角十二面体黄铁矿,其金含量为0.233%。毒砂也是金-锑-黄铁矿型矿床的载金矿物,但是,毒砂的金含量较低,一般低于 50×10^{-6} 。

(4) 矿化主岩的微量元素、稀土元素特征

表3列出了滇黔桂地区卡林型金矿床矿化主岩的微量元素资料。这些资料表明,当金含量高于 1×10^{-6} 、且矿化主岩的岩性相同时,金-锑-黄铁矿型矿床的矿化主岩,其As、Sr、

表 3 滇黔桂地区不同矿床地球化学类型的卡林型金矿床的微量元素含量($\times 10^{-4}$)

Table 3. Trace element contents of three geochemical types of gold deposits in Yunnan-Guizhou-Guangxi area

		金-锑-黄铁矿型矿床		金-汞-(铊)型矿床		金-砷-(锑)型矿床	
		粉砂岩(10)	粘土岩(9)	粉砂岩(2)	粘土岩(5)	粉砂岩(9)	粘土岩(5)
金含量高于 1×10^{-6}	As	2423.5	3727	4700	4347	3753	4265
	Sb	81.4	55.5	76	38.2	27.88	44.6
	Cu	49.5	144	75	92	37.17	29.4
	Pb	25.4	28.4	31.5	18	25.25	25
	Zn	70.8	154.5	85.5	69.3	59.25	59.1 ⁵
	Sr	313.6	68.5	565	945.3	208.0	484.5
	Ba	622.3	447.0	226	177.2	345.8	281.8
	Hg	9.36	3.1	19.3	15.08	7.06	
金含量低于 1×10^{-6}		(3)	(6)		(2)	(9)	(2)
	As	1566.5	1266.6		1650	2779.6	3476
	Sb	110.15	46.16		40	359.2	28.35
	Cu	33.13	33.67		37	83.6	75.5
	Pb	18.83	23.93		4.5	57.2	91
	Zn	47.25	49.37		48	260.3	111
	Sr	178.33	167.7		70.5	100.83	79
	Ba	422.75	123.5		115	269.83	657.6
	Hg	9.8	3.67		21	4.31	未测

括号内数字为样品数

Hg含量较低; Sb、Cu、Pb、Zn、Ba等含量较高。当金含量低于 1×10^{-6} 、且矿化主岩岩性相同时, 除Sb、Sr、Ba含量较高外, 其他元素的含量较低。随岩石的金含量增高, 粉砂岩的As、Cu、Pb、Zn、Sr、Ba含量相应地增高, Hg、Sb含量略降低。粘土岩的As、Cu、Pb、Zn、Sb含量升高, Sr、Ba含量降低, Hg含量也略降低。

表4列出了滇黔桂地区卡林型金矿床矿化主岩的稀土元素特征值。这些资料表明, 当岩

表 4 滇黔桂地区卡林型金矿床的稀土元素特征

Table 4. Characteristics of REE in three geochemical types of gold deposits in Yunnan-Guizhou-Guangxi area

	金-锑-黄铁矿型矿床		金-汞-(铊)型矿床		金-砷-(锑)型矿床	
	粉砂岩(7)	粘土岩(6)	粉砂岩(1)	粘土岩(2)	粉砂岩(7)	粘土岩(2)
ΣREE	249.40	427.69	117.49	379.97	160.82	188.29
$\Sigma \text{Ce}/\Sigma \text{Y}$	3.61	3.77	3.99	4.94	3.04	3.24
Sm/Nd	0.207	0.198	0.17	0.18	0.202	0.198
(La/Yb) _N	9.54	10.11	11.53	13.02	7.62	7.67
(La/Sm) _N	3.46	3.85	3.89	3.48	3.49	3.54
(Gd/Yb) _N	1.66	1.71	2.22	2.01	1.50	1.34
δCe	0.936	0.928	0.98	0.974	1.000	0.926
δEu	0.715	0.700	0.950	0.912	0.740	0.672

括号内数字表示样品数、稀土总量单位为 10^{-6}

性相同,而矿床的地球化学类型不同时,其矿化主岩的稀土元素总量及其特征不同。金-锑-黄铁矿型矿床,其矿化主岩的稀土元素总量较高,Sm/Nd比值较大, δCe 值较小。但是,对于金-锑-黄铁矿型矿床,其矿化主岩的岩性不同,除稀土元素总量表现出明显的差别,其他的稀土元素特征值接近。

(5) 流体包裹体的成分特征

滇黔桂地区的卡林型金矿床的流体包裹体成分资料列入表5。这些资料说明,矿床地球化学类型不同的卡林型金矿床,其流体包裹体的成分特征不同。金-锑-黄铁矿型矿床的流体

表5 滇黔桂地区金床的流体包裹体成分特征

Table 5. Composition of fluid inclusions of three geochemical types of gold deposits in Yunnan-Guizhou-Guangxi area

	金-锑-黄铁矿型矿床(10)	金-汞-(铊)型矿床(3)	金-锑-(锑)型矿床(20)
K ⁺	0.089	0.179	0.107
Na ⁺	0.148	0.159	0.263
Ca ²⁺	0.124	0.085	0.287
Mg ²⁺	0.167	0.013	0.051
F ⁻	0.043	0.049	0.101
Cl ⁻	0.102	0.156	0.178
SO ₄ ²⁻	0.040	0.016	0.070
CH ₄	4.36	18.483	9.805
CO	[11.474]	0.179	20.955
CO ₂	254.453]	5.709	346.817
阴、阳离子总量	0.715	0.657	1.057

括号内数字为样品数,阴、阳离子的单位为重量摩尔浓度,可溶气体单位为气体摩尔分数

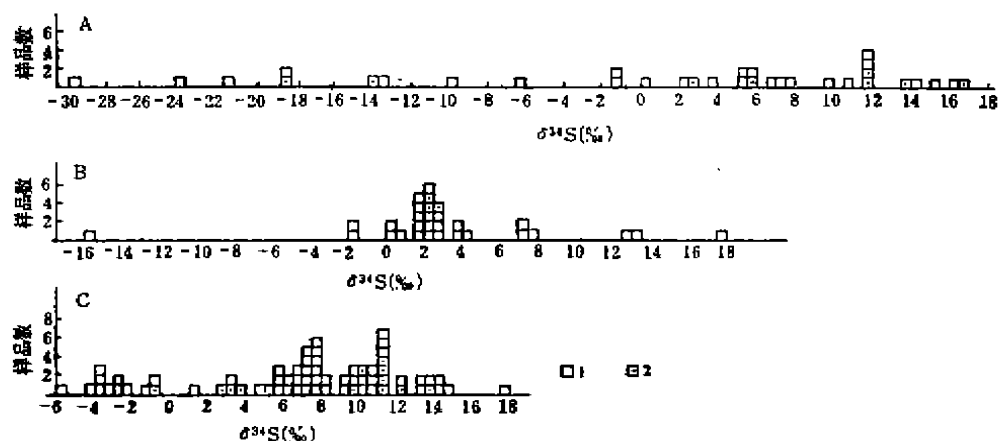


图2 滇黔桂地区三种矿床地球化学类型的卡林型金矿床的硫同位素直方图

A—金-锑-黄铁矿型金矿床, B—金-汞-(铊)型金矿床, C—金-锑-(锑)型金矿床; 1—黄铁矿, 2—辉锑矿或毒砂

Fig. 2. Histogram showing sulfur isotopic composition of three geochemical types of gold deposits in Yunnan-Guizhou-Guangxi area.

A—Gold-antimony-pyrite type gold deposits; B—Gold-mercury-(thallium) gold deposits; C—Gold-arsenic-(antimony) type gold deposits; 1—Pyrite; 2—Stibnite or arsenopyrite.

包裹体成分以 K^+ 、 Na^+ 含量低, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量高, 阴离子含量低, 阴、阳离子总量较低为特征。在可溶性气体含量特征方面, CO_2 含量较高, CH_4 含量较低。

(6) 稳定同位素组成特征

金-锑-黄铁矿型矿床的硫化物, 其硫同位素组成特征如图2所示, $\delta^{34}S$ 值的变化区间为 -29.2% ~ $+17.4\%$, 平均值为 $+1.17\%$, 在硫同位素组成的直方图上, 表现为离散型特征。图3反映了金-锑-黄铁矿型金矿床成矿流体的氢氧同位素组成特征, 其 δD 值为 -40% ~ -120% , $\delta^{18}O$ 值为 -3% ~ $+13\%$, 在 δD - $\delta^{18}O$ 组成图上, 大部分投影点位于平行大气降水线的直线附近, 部分投影点落在岩浆水的范围内。

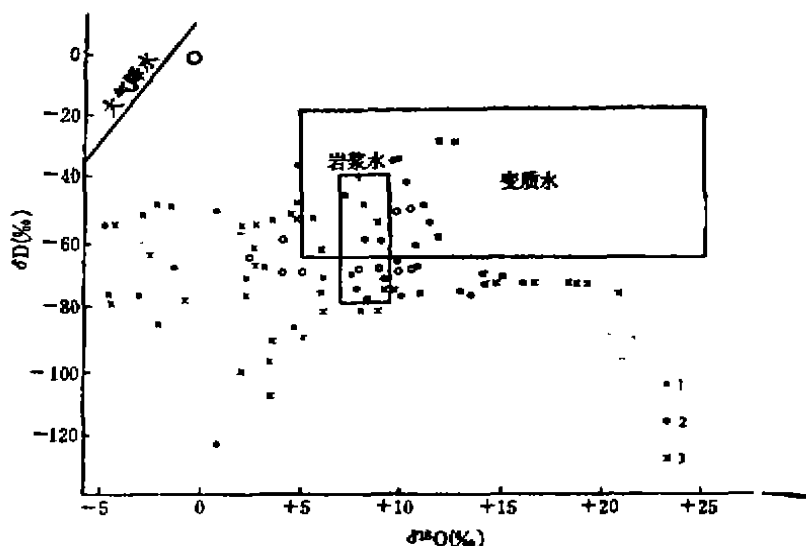


图3 滇黔桂地区三种矿床地球化学类型的金矿床的 δD - $\delta^{18}O$ 图

1—金-锑-黄铁矿型金矿床; 2—金-汞-(铊)型金矿床; 3—金-砷-(锑)型金矿床

Fig. 3. δD versus $\delta^{18}O$ diagram for three geochemical types of gold deposits in Yunnan-Guizhou-Guangxi area.

1—Gold-antimony-pyrite type gold deposits; 2—Gold-mercury-(thallium) type gold deposits; 3—Gold-arsenic-(antimony) type gold deposits.

2 金-汞-(铊)型金矿床的地质、地球化学特征

金-汞-(铊)型金矿床主要分布在黔西南地区的北部, 代表性矿床是紫木函、三岔河等矿床, 这类矿床产于汞铊矿带(田)内, 与汞、铊矿床存在着密切的空间关系。它们的主要地质、地球化学特征归纳如下:

(1) 含矿建造特征

金-汞-(铊)型矿床的含矿建造是上二叠统长兴组和下三叠统夜郎组。其形成的区域构造背景是: 在晚二叠世至早三叠世时期, 滇黔桂裂谷带处于扩张沉陷初期, 由于地壳拉张作用, 裂谷带两侧的差异越趋明显, 大致以南盘江断裂带(坝索-册亨断裂)和贞丰-册亨断裂带为界, 西北部为台地相浅海沉积环境, 形成滨海泻湖相含煤的粉砂质泥岩和浅海台地相碳酸盐建造。东南部则形成陆缘海的深水盆地和过渡相沉积。金-汞-(铊)型金矿床位于西北

部,其含矿建造是在台地相局限-半局限沉积环境中形成的,由粘土岩、粉砂岩、不纯的碳酸盐岩组成的沉积建造(图4)。根据区测资料,含矿建造的粘土岩、粉砂岩和泥灰岩,其金含量均高于 2×10^{-9} ,平均值为 8×10^{-9} ,以粉砂质粘土岩的金含量最高,平均值为 15×10^{-9} 。

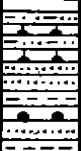
系	统	组	段	柱状图	分层厚度 m	岩性描述
三 叠 系	下 统	永宁镇组			> 100	浅灰、灰色中厚层、厚层泥晶灰岩,夹蠕虫状内碎屑泥晶灰岩、砾屑灰岩、鲕状灰岩。
			第三段		70	紫红色钙质粘土岩夹砂岩及泥质灰岩。
			第二段		77	上部为灰色厚层灰岩夹紫红色细砂岩及粘土岩,下部为灰绿色、紫红色细砂岩以及粉砂岩夹粘土岩,底部为鲕状灰岩。本段中部有金、汞矿产出。
			第一段		103	灰绿色粘土质粉砂岩,中部夹薄层泥灰岩及白云岩。本段有金、汞矿产出。
二 叠 系	上 统	长兴组			120	上部深灰、灰黑色中至厚层燧石灰岩与粘土岩夹砂质粘土岩组成互层,中部深灰色粘土岩、粉砂岩夹中厚层燧石灰岩及煤层,下部深灰色粘土岩、粉砂岩夹中厚层燧石灰岩及煤层。粘土岩中有金、汞矿产出。上部及底部是汞矿的主要产出部位。
		龙潭组			> 180	上部以粘土岩、粉砂岩为主,夹灰岩、泥灰岩、燧石灰岩及煤层,下部以灰岩、粉砂岩为主夹粘土岩及煤层,中上部是汞矿的重要产出部位。

图4 金-汞-(铊)型金矿床赋矿层的柱状图

Fig. 4. Composite stratigraphic column of the host beds of gold-mercury-(thallium) type gold deposits.

(2) 矿化主岩的岩石学特征

金-汞-(铊)型金矿床的矿化主岩,其岩性主要是含铁质水云母粘土岩、粉屑泥晶灰岩。含铁质水云母粘土岩呈薄层状,单层厚约1cm,具泥状结构,水平层理构造。主要组成矿物是隐晶质粘土及水云母,部分为雏晶状绢云母。岩石含较多黄铁矿。粉屑泥晶灰岩:岩石呈灰、灰黄色,具粉屑结构,水平微细层理构造。粉屑由次圆一次棱角状方解石组成,具定向排列,沿层分布。粉屑粒径为0.02~0.1mm,其含量为30%~40%,最高达50%。泥晶基质胶结,基质的粘土为伊利水云母。岩石常含黄铁矿和毒砂,其含量最高时达到10%。

(3) 矿物共生组合、成矿元素组合及标型矿物特征

金-汞-(铊)型金矿床的矿物共生组合特征表现为汞矿物(目前只发现辰砂)、碳酸盐类及黄铁矿含量较高。毒砂、雄黄含量低。根据这类矿床产于汞、铊矿带(田),且矿床含有较高含量的Hg、Tl,金矿床附近的汞矿床中出现大量红铊矿。作者推测,这类矿床将会出现含As、Hg、Tl的矿物。

(4) 流体包裹体的成分特征

从表5的资料可以得出,金-汞-(铊)型金矿床的流体包裹体成分的突出特点是,(K⁺ +

Na⁺)含量高, (Ca²⁺ + Mg²⁺)含量低, Cl⁻/F⁻比值高; 在可溶性气体的含量特征上, CH₄含量高, CO₂、CO含量低, 阴、阳离子总量低。

(5) 稳定同位素组成特征

如图2所示, 金-汞-(铊)型金矿床的硫化物, 其 $\delta^{34}\text{S}$ 值的变化范围为 $-16\text{‰} \sim +18\text{‰}$, 主要集中在 $-2\text{‰} \sim +14\text{‰}$ 区间, 平均值为 $+3.18\text{‰}$, 在硫同位素组成的直方图上, 于 $0 \sim +4\text{‰}$ 之间出现一个浓集峰。从图3上, 我们可以发现, 金-汞-(铊)型金矿床成矿流体的 δD 值和 $\delta^{18}\text{O}$ 值, 在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 值组成图上, 投影点的连续大致出现两个方向, 其一是与 $\delta^{18}\text{O}$ 座标平行的线, 其二是与大气降水线近于平行的线, 前者代表了与矿化主岩发生强烈的氧同位素交换的流体, 后者反映成矿流体与大气降水有关。由此推测, 金-汞-(铊)型金矿床的成矿流体是大气降水与地层建造水混合成的热液。

3 金-砷-(锑)型金矿床的地质、地球化学特征

金-砷-(锑)型金矿床主要分布在贞丰-册亨断裂带与右江断裂带夹持的中三叠统过渡相浊积岩发育区, 这类矿床与雄黄、辉锑矿等矿点存在着密切的空间关系, 代表性矿床是烂泥沟、丫他、金牙等矿床。这类矿床找矿潜力大, 有望找到超大型金矿床。它们的主要地质、地球化学特征如下:

(1) 含矿建造特征

金-砷-(锑)型金矿床的含矿建造形成的区域构造背景是, 在中三叠世, 滇黔桂裂谷带处于强烈沉陷时期, 它成为接近三向联结的裂谷体系, 三向联结体系的交点位于册亨、望谟、乐业、凤山、田林等县, 形成了具浊流沉积特征的深海盆地相含矿建造(图5)。它们的主要特征是: ①含矿建造的岩性组合为长石石英杂砂岩、石英杂砂岩、粉砂岩、粘土岩, 少量的粉屑-砂屑微晶灰岩等。其中粘土岩、粉砂岩占70%, 细粒杂砂岩约占10%, 碳酸盐岩占20%; ②岩石发育了完整的鲍马序列结构。单个鲍马序列的厚度为数十厘米至数米。岩石的外部构造特点主要表现为底面印模(包括槽模、沟模、跳模、重荷模); ③岩石的粒度结构特点是, 粒度区间介于 $\phi 1 \sim \phi 6$, 平均粒度为 $\phi 3.2 \sim \phi 4.68$ 。频率曲线基本上是过于对称的单峰曲线(图6), 且递变层上部曲线较之底部曲线更为对称和尖锐, 反映了自下向上, 分选性变好(图7), 具粒度递变规律, 环境判别值均小于9.8433, 符合浊积砂岩特征; ④按照沉积构造及其横向变化、鲍马序列的组合特征等, 辅以中心度值, 可得出金-砷-(锑)型金矿床含矿建造是过渡相浊积岩。

(2) 矿化主岩的岩石学特征

金-砷-(锑)型金矿床的矿化主岩主要是粉砂岩和粘土岩。

粉砂岩: 岩石具粉砂状结构, 层状及块状构造。岩石的碎屑为石英、铁白云石、硅质岩和粘土岩岩屑。胶结物为隐晶质粘土(以水云母为主)和硅质为主, 其次为碳酸盐类矿物。呈碎屑产出的石英具变余结构, 波状消光。铁白云石呈他形粉晶状均匀地分布在粘土质胶结物中。碎屑的含量为50%~70%, 胶结物含量为30%~50%。粉砂岩常含黄铁矿, 其含量一般为3%~5%, 重矿物是电气石、磷灰石、锆石等。

粘土岩: 岩石具泥质结构, 微层状及块状构造。其主要组成矿物是水云母、铁白云石及

系	统	组	段	亚段	柱状图	分层厚度 m	岩 性 描 述
三 叠 统 系	中 许 靖 组	边阳组	第二段			> 50	深灰色厚层块状砂岩夹粘土岩, 具鲍玛序列。底部有金矿和砷矿产出。
			第一段			50	深灰色薄层粘土岩、粉砂岩互层, 夹灰岩及瘤状灰岩。本层有金、砷矿产出。
		第二组	第二段			180	底部为厚层砂岩和粉土岩互层, 具鲍玛序列。之上以粘土岩为主, 上部为粘土岩夹少量砂岩。有金矿产出。
						65	底部为厚层砂岩, 其上为粘土岩夹砂岩, 底部砂岩中有灰岩透镜体。顶部有厚 0~20cm 煤线, 断续延长 120m, 之上为黑色炭质粘土岩 (厚 2.3m)。在丫他等地是金、砷矿主要产出部位。
						85	以深灰色粘土岩、粉砂岩为主, 夹灰色薄层钙质砂岩, 底部为厚层砂岩。本层在丫他等地是金、砷矿主要产出部位。
						38	灰色薄至中厚层钙质细砂岩、粉砂岩与深灰色钙质粘土岩组成韵律层, 夹泥灰岩或灰岩透镜体, 具鲍玛序列。
						555	灰色薄至中厚层钙质粉砂岩及钙质粘土岩, 夹深灰色薄及中厚层泥晶灰岩及钙质粉砂岩。中上部具鲍玛序列。
						103	为灰、深灰色薄及中厚层钙质细砂岩、粉砂岩、钙质粘土岩及生物碎屑灰岩组成的韵律层, 具鲍玛序列。底部 8m 为灰色薄层粉砂岩与粘土岩组成的韵律层。册阳等地在粉砂质粘土岩中有金矿产出。
						50	中上部为灰黑色薄层泥晶灰岩、泥质灰岩、炭质泥灰岩及粉砂质粘土岩, 下部 10~20cm 为中厚层粉砂岩及粘土岩, 下部 10~20cm 为中厚层粉砂岩及粘土岩, 是板其等金矿的主要产出部位。
						40	深灰色滑塌碳酸盐角砾岩, 顶部 0~10m 为薄层灰岩层。在板其等地, 碳酸盐角砾岩硅化强烈, 局部地段含金, 是砷矿的主要产出部位。
	下统	紫云组					

图 5 金-砷-(锑)型金矿床赋矿层柱状图

Fig. 5. Composite stratigraphic column of the host beds of gold-arsenic-(antimony) type gold deposits.

碳质等。水云母呈显微鳞片状平行定向排列, 粒度细小, 一般小于 $3\mu\text{m}$, 由于受到后期蚀变作用转变为绢云母。铁白云石呈他形一半自形粒状散布在岩石中。碳质呈毛发状、马尾丝状平行于层理分布。黄铁矿、毒砂等硫化物呈粒状散布于岩石中, 也见到呈稠密浸染的薄层或条带平行于层理产出。

岩石中铁白云石、硫化物及碳质含量变化较大, 因此, 按它们的含量特征, 细分为铁白

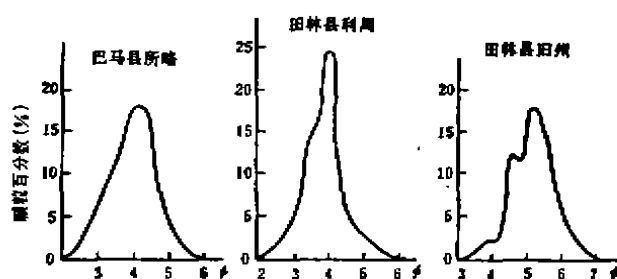


图 6. 中三叠统浊积岩的粒度频率曲线
Fig. 6. Size distribution of Middle Triassic turbidite.

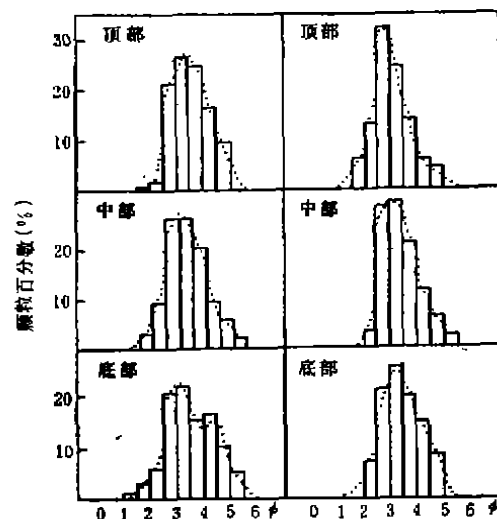


图 7. 中三叠统浊积岩渐变层的粒度频率曲线
Fig. 7. Size distribution of graded beds of Middle Triassic turbidite.

云石粘土岩、碳质粘土岩和含硫化物粘土岩。

各种主要矿化主岩的岩石化学资料如表 6。

表 6 滇黔桂地区金-砷-(锑)型金矿床矿化主岩的化学成分(%)
Table 6. Chemical composition of host-rocks of Au-As-(Sb)
type gold deposits in Yunnan-Guizhou-Guangxi area

	粉 砂 岩				粘 土 岩			
	板 其	丫 他	烂泥沟	金 牙	丫 他	高 龙	板 其	金 牙
SiO ₂	73.47	65.94	68.80	59.63	62.74	62.62	52.50	58.12
TiO ₂	0.54	0.64	0.24	0.46	0.68	0.56		0.59
Al ₂ O ₃	10.89	10.90	6.40	11.12	16.58	17.86	16.52	15.23
Fe ₂ O ₃	6.15	5.40	2.46	4.28	5.57	4.86	5.68	6.50
FeO	0.97	1.45	5.24	2.66				
MnO	0.05	0.14	0.195	0.11	0.05	0.02		0.10
CaO	0.44	2.08	2.78	6.01	2.89	0.61	5.05	3.72
MgO	0.32	1.25	1.46	1.70	1.33	0.53	1.78	1.92
Na ₂ O	0.05	0.19	0.38	0.75	0.26	0.38	0.78	0.46
K ₂ O	1.39	2.26	1.70	1.42	3.55	3.89	4.24	2.56
P ₂ O ₅	1.03	0.090	0.15	0.43	0.21	0.08		0.46
烧失量	4.40	8.50	9.01	3.025	6.64	7.49	11.83	8.89

(3) 矿物共生组合、成矿元素组合及标型矿物特征

金-砷-(锑)型金矿床矿物共生组合的特征是, 除常见的黄铁矿、白铁矿、辉锑矿、毒砂外, 往往出现较多的含砷矿物, 如雄黄、雌黄、自然砷。

该类型金矿床的载金矿物,除黄铁矿、毒砂外,粘土矿物、碳质也是重要载金矿物。金-砷-(锑)型金矿床,其毒砂的含金量为 $(22.4\sim 1069)\times 10^{-6}$,一般为 0.0% 。粘土矿物的含金量为 $n\times 10^{-5}$,碳质的含金量为 $(0.n\sim n)\times 10^{-6}$ 。

自然砷是金-砷-(锑)型金矿床的标型矿物,它们呈半自形粒状或粒状集合体产出,与石英、黄铁矿、雄黄、辉锑矿、方解石等矿物共生。自然砷的成分是:As, 98.09%; Sb, 0.59%; Fe, 0.15%; Ni, 0.0015%; S, 0.56%; Au, 0.22×10^{-6} 。

金-砷-(锑)型金矿床以富含有机碳为特征,其含量一般为 $0.11\%\sim 0.20\%$ 。它们多呈干酪根形成存在,经部分样品分析,干酪根的碳含量为 $72.58\%\sim 83.60\%$;氢含量为 $0.71\%\sim 2.18\%$;氧含量为 $2.54\%\sim 9.11\%$;氮含量为 $0.39\%\sim 0.84\%$,这些资料表明,有机碳的成熟度较高。

根据矿物共生组合、矿化特征得出,金-砷-(锑)型金矿床的成矿元素组合是Au、As、(Sb)。

(4) 矿化主岩的微量元素、稀土元素特征

如表3资料所示,岩性相同,金含量高于 1×10^{-6} 时,金-砷-(锑)型金矿床的As含量高于金-锑-黄铁矿型金矿床;Sb、Cu、Pb、Zn、Sr、Ba、Hg等元素含量低于金-锑-黄铁矿型金矿床。除Ba含量较高外,金-砷-(锑)型金矿床的其他元素含量均低于金-汞-(铈)型金矿床。岩性相同,金含量低于 1×10^{-6} 时,与金-锑-黄铁矿型金矿床相比,金-砷-(锑)型金矿床的As、Cu、Pb、Zn含量较高,Sb、Sr、Ba含量较低;与金-汞-(铈)型金矿床比较,金-砷-(锑)型金矿床的As含量较高,其他元素含量较低。

表4资料表明,金-砷-(锑)型金矿床的矿化主岩,其岩性不同,但是,它们的稀土元素总量及其特征参数接近。与其他两种矿床地球化学类型的金矿床比较,金-砷-(锑)型金矿床的稀土元素总量低, $(La/Yb)_N$ 和 $(Gd/Yb)_N$ 比值低, δEu 值较低。

(5) 流体包裹体的成分特征

根据表5资料,我们得出金-砷-(锑)型金矿床流体包裹体成分特征的初步认识:①流体包裹体的矿化度较高(以阴、阳离子总量表示);②阳离子/阴离子比值明显地低于金-锑-黄铁矿型金矿床,与金-汞-(铈)型金矿床接近;③在阳离子中,相对地富含 Na^+ 、 Ca^{2+} 。在阴离子中, F^- 、 SO_4^{2-} 浓度较高;④可溶性气体的含量较高,尤其是CO含量明显地高于其他矿床地球化学类型金矿床的流体包裹体。

(6) 稳定同位素的组成特征

如图2所示,金-砷-(锑)型金矿床的硫化物,其 $\delta^{34}S$ 值变化区间为 $-6\%\sim +18\%$,主要集中在 $-4\%\sim +15\%$,平均值为 $+6.78\%$ 。在硫同位素组成的直方图上,出现两个较明显的浓集段($+6\%\sim +8\%$ 与 $+10\%\sim 14\%$)和两个不太明显的浓集段($-2\%\sim -4\%$ 与 $+2\%\sim +4\%$)。

从图3中可以发现,金-砷-(锑)型金矿床的成矿流体,其氢、氧同位素组成在 δD 、 $\delta^{18}O$ 图上的投影点,大致呈两个方向排列,其一是与 $\delta^{18}O$ 轴平行;其二是平行于大气降水线,且以前者为主。因此,作者认为,金-砷-(锑)型金矿床的成矿流体主要是地层建造水,有部分大气降水参与。

4 讨论

滇黔桂地区金矿床属于沉积改造的低温热液矿床^[3],但是,如前所述,它们的矿化主岩是在不同的区域地质构造环境下,形成于不同的沉积环境,因而造成了不同的地球化学类型的矿床之间,在成矿元素组合、矿物共生组合、矿化主岩岩性、微量元素及稀土元素特征、流体包裹体成分、稳定同位素组成等方面,表现出明显的差异。金-锑-黄铁矿型矿床的矿源岩石是在裂谷带发展的裂陷初期,于滨岸潮坪相、滨海潮坪相环境中形成的火山沉积建造。因此,矿化主岩中包含有火山活动产物;在矿物及元素组合上具有岩浆演化产物的迹象;流体包裹体成分及稳定同位素组成上显示出岩浆演化流体参与了矿化、蚀变作用;在成矿作用的物理化学特征上,则表现出氧逸度较高,硫逸度较低。金-汞-(铋)型金矿床的矿源岩是在裂谷带发展的扩张沉陷初期,于局限一半局限台地浅海相环境形成的碳酸盐岩-粘土岩建造。因此,它们主要是由化学、蒸发沉积作用形成的,矿化主岩中没有或极少见火山活动产物;在矿物及元素组合上,显示出与碳酸盐岩建造关系密切的迹象;流体包裹体成分及稳定同位素组成反映了成矿流体是改造的大气降水与地层建造水混合成的流体;在成矿作用的物理化学特征上,表现出pH值较高,氧逸度较高。金-砷-(锑)型金矿床的矿源岩是在裂谷带强烈沉陷时期,于广海盆地边缘斜坡(主要是下斜坡)相环境形成的浊流沉积建造,它们主要是由浊流沉积作用形成的。因此,矿化主岩中未见火山活动产物;流体包裹体成分和稳定同位素组成反映成矿流体是以地层建造水为主,含有改造后的大气降水的混合热液;在成矿作用的物理化学特征上,表现为Eh值较低,pH值较低(pH值为3.6~5.2)。

本文是在“滇黔桂地区卡林型金矿成矿条件及找矿靶区研究”报告部分内容的基础上编写的。贵州、广西及西南地勘局领导及有关地质队给予了支持和指导,矿产地质研究院邓贵安、卢汉堤、杨成奎、王自潮参加了工作,作者在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 谭运金.南岭地区脉状黑钨矿床的地球化学类型.地球化学,1982,(2).
- 2 刘英俊等.金的地球化学.北京:科学出版社,1991.
- 3 李文亢等.黔西南微细金矿床地质特征及成矿作用.中国金矿主要类型区域成矿条件文集.北京:地质出版社,1989.

GEOCHEMICAL TYPES OF THE MICRO- AND FINE- GRAINED DISSEMINATED GOLD DEPOSITS IN YUNNAN-GUIZHOU-GUANGXI REGION

Tan Yunjin

(*Research Institute of Geology for Mineral Resources, China National Nonferrous Corporation,
Guilin 541004*)

Key words: Yunnan-Guizhou-Guangxi region, Carlin-type gold deposit, geochemical type of ore deposits

Abstract

On the basis of such factors as the regional tectonic setting of the ore deposits, the lithology and sedimentary environment of the ore-bearing formations, the mineral assemblages and metallogenic element associations of the ores, the compositional characteristics of the typomorphic minerals, the lithologic, petrochemical, trace element and rare earth element characteristics of the mineralized host rocks, the composition, degree of mineralization and physical-chemical properties of the fluid inclusions, and the stable isotope composition of sulfur, hydrogen and oxygen, the micro- and fine-grained disseminated gold deposits might be geochemically classified into three types, namely gold-antimony-pyrite type, gold-mercury-(thallium) type and gold-arsenic-(antimony) type.

The differences of geological-geochemical characteristics between these three geochemical types of gold deposits reflect their different source beds which were formed in different geological settings and sedimentary environments. The source bed of the gold-antimony-pyrite type gold deposits is the volcanogene sedimentary formation produced in the littoral tidal facies at the initial rift-faulting stage of the rift evolution; the source bed of the gold-mercury-(thallium) type deposits is the carbonate-claystone formation formed in the restricted-semirestricted platform neritic facies at the initial spreading subsidence stage of the rift evolution; the source bed of the gold-arsenic-(antimony) type gold deposits is the turbidite formation developed along the marginal slope facies of the open-sea basin at the intense subsidence stage of the rift evolution.