

金矿床, 矿化带, 岩石矿物, 地球化学

30 -36

p618.510.4

贵州天柱磨山—油麻坳金矿化带岩石矿物地球化学研究^①

张杰 余大龙 张先煜 杨勇俊

(贵州工业大学资源工程系·贵阳·550003)

研究了贵州天柱磨山—油麻坳金矿化带的成矿条件、控矿规律及地球化学特征。认为：金元素来源于地层；成矿流体具变质水和大气降水混合特征；褶皱翼部与断裂交汇带及层间破碎带等控制着矿体产出。成矿作用过程具沉积变质改造作用特点，多期次的构造变质作用对金元素的迁移聚集有着重要控制作用。

关键词 金矿化带 脉型金矿 金矿地球化学 贵州天柱

1 金矿化带地质背景及样品采集

天柱磨山—油麻坳金矿化带分布于江南古陆西部雪峰弧型隆起 SW 边缘地带。金矿化带呈 NE 向展布，延长 $n \times 10\text{km}$ ，矿化带内见小型矿床 2 处，矿点多集中于 NE 向背斜翼部及轴部与断裂交汇部位。主要出露地层为元古界下江群清水江组及隆里组地层。主要赋矿层位为清水江组第二段 (Ptbnq²)，岩性为中厚层凝灰质板岩夹中厚层变余砂岩及薄层状砂质板岩、条带状砂质板岩等。

矿化带上各矿床(点)产出均受 NE 向背斜及断裂构造控制(图 1)。磨山不对称背斜呈 NE 向展布。矿化区主要断裂阳湾河断裂、茶场基山断裂等均为 NE 走向压扭性断裂。背斜西翼控制含金石英脉带产出。NE 向油麻坳背斜和发育于背斜翼部断裂带控制着含金石英脉产出(图 2)。

主要围岩蚀变为硅化、绿泥石化及黄铁矿化，也见毒砂化及绢云母化，其蚀变强弱、分带和矿化无确定关系。

样品主要取自矿化带内矿脉及矿化带外围岩。磨山矿化带矿脉样品控制深度约为 20m，油麻坳约为 30m。

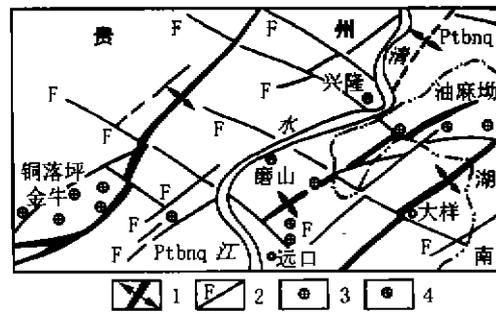


图 1 贵州天柱磨山地质构造图

Ptbnq—清水江组；1—背斜；2—断裂；3—脉型金矿床(点)；4—砂金矿点

2 围岩及含金石英脉矿物学特征

主要赋矿围岩凝灰质板岩中主要粘土矿物成份为绢云母、绿泥石；凝灰质碎屑为长石及石英。其中黄铁矿呈星散状分布，偶见微量铁氧化物、有机质、白铁矿、锆石等。矿脉与围岩接触带见毒砂脉产出，其颗粒较大、含金性差，为毒砂化产物。

矿脉主要由含 Au 石英脉，毒砂、闪锌矿、黄铁矿等硫化物及金银矿物的石英脉等构成。磨山矿化区代表性含矿脉 M₁ 脉带，产出于背斜近轴部断裂破碎带中，由单脉、分枝复合脉、切层脉及斜列脉等构成。沿脉走向其产状、形态变化较大，呈弯曲扁豆体、复

本文 1996 年 10 月收到，1997 年 4 月改回，张启芳编辑。
①国家自然科学基金资助项目研究内容之一。

杂分枝脉体产出,脉体宽度、厚度变化较大,含金品位变化也较大,高时可达 10×10^{-6} ,低时为 0.05×10^{-6} 。早期形成的厚大白色

石英脉见于背斜轴部,含 Au 性较差。含矿较好脉体主要为后阶段含细粒晶形较差的毒砂、黄铁矿等硫化物的石英脉。

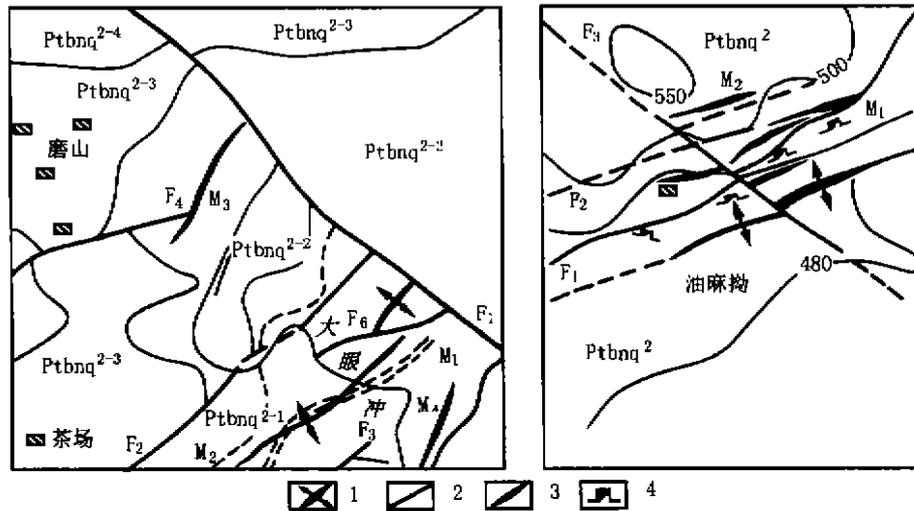


图2 天柱磨山—油麻坳 Au 矿区地质简图

Ptbnq—清水江组;1—背斜;2—断裂;3—矿脉;4—矿带

油麻坳规模较大脉带为 M_3 、 M_4 脉,脉体以切层脉、分枝复合脉为主。含 Au 品位变化较大,最高可达 30×10^{-6} ,平均品位则较低。含 Au 较好的石英脉主要为中晚期石英脉。含矿脉中金属硫化物以毒砂、黄铁矿为主,见少量方铅矿、闪锌矿及黄铁矿产出。据 Y8 等样镜下观察及化学分析表明含 Au 达 7.246×10^{-6} 不等,并见细微粒 Au 呈不规则状产于毒砂裂隙中。单一的黄铁矿—石英脉往往含矿性差。

根据金矿脉野外特征及镜下标本观察,将热液矿化期划分为 3 个主要矿化阶段:

(1)自然金—石英阶段:主要矿物为石英、自然金,见少量细粒毒砂、黄铁矿产出。石英多为白色至浅灰色;自然金呈片状、不规则粒状产出,颗粒较粗大,大者达 1mm 以上。该阶段 Au 与硫化物关系不明显,主要矿石类型为自然金石英脉型。

(2)自然金—硫化物—石英阶段:该阶段形成灰至灰黑色含金石英脉。在后期构造运动影响下充填于先期形成石英脉中,或切穿

先期形成脉体。主要矿物为石英、自然金、毒砂、闪锌矿及方铅矿,见少量黄铜矿产出。金颗粒较细,镜下见分布于毒砂矿物裂隙中。含矿脉膨大缩小变化处、产状变化及脉体分枝复合部位含 Au 品位往往较高,形成 Au 的局部富集地段。该阶段为主要成矿阶段。

(3)方解石—石英阶段:见后期方解石细脉充填于先期形成的石英脉中,含 Au 较低。

3 地球化学特征

3.1 微量元素地球化学特征

对矿化带内不同地段矿脉及远矿围岩取样进行微量元素分析,结果见表 1。Au 在远矿围岩中平均含量为 0.054×10^{-6} ,最高达 0.064×10^{-6} ,最低为 0.051×10^{-6} ,其含量已远超过 Au 的克拉克值,也大于湘西、黔东南地区下江群 Au 的平均含量值 2.17×10^{-9} (贵州工学院科研队,1986)。矿脉中 Au 含量最高达 7.24×10^{-6} ,一般为 $0.14 \times 10^{-6} \sim 1.13 \times 10^{-6}$,品位变化大,分布极不均匀。

As 在围岩中平均含量达 0.04%,矿脉

中平均含量达 0.34%，高出围岩近 8 倍。从增高的规律。这与镜下观察到 Au 产出于毒围岩到砂矿显示出 Au 含量增高、As 含量也砂裂隙中的现象一致。

表 1 磨山—油麻坳 Au 矿化带各地段微量元素分析结果表 (×10⁻⁶)

顺序号	样品号	产地地段	岩 石	矿 脉	Au	Ag	As(%)	Pb	Zn	Cu
1	Y15	油麻坳	凝灰质板岩		0.051	3.98	0.050	211	867	331
2	M2	磨 山	凝灰质板岩		0.061	1.40	0.028	67	463	70
3	M27	磨 山	凝灰质板岩		0.046	2.70	0.050	153	706	95
4	GW	金 场	含砂质凝灰质板岩		0.058	2.00	0.041	139	554	109
5	G5	金 场		含矿石英脉	1.13	0.70	0.50	336	874	150
6	Y31	油麻坳		含矿石英脉	2.6	1.41	0.46	166	636	64
7	M21	磨 山		含矿石英脉	0.140	2.03	0.13	89	449	41
8	M23	磨 山		含矿石英脉	0.148	2.00	0.47	94	388	42
9	Ym2	油麻坳		含矿石英脉	0.111	2.02	0.13	148	717	29
10	T7	桐落坪		含矿石英脉	0.183	2.71	0.21	134	1121	18
11	Y8	油麻坳		含矿石英脉	7.246	3.25	0.46	623	2559	44.4
12	T2	桐落坪		含矿石英脉	0.175	4.02	0.19	59	495	42

含金石英脉中 Cu 元素含量皆低于围岩,这说明成矿热液形成并迁移时,处于 S²⁻ 离子占多数的碱性还原条件。S²⁻ 离子是亲 Cu 元素和过渡元素的强沉淀剂,地层中 Cu 离子在 S²⁻ 离子为主的溶液条件下活动能力是较弱的,故造成含金石英脉中 Cu 元素含量低于围岩。而 Au 在碱性及碱性硫化物存在条件下其溶解度则会增高。Grigoryeva 和 Sukneva(1981)指出^[9]:在 200℃ 的碱性硫化

物和多硫化物溶液中,当有 As₂S₃ 等存在时, Au 的溶解度会大为提高。这为凝灰质板岩中 Au 元素进入成矿流体创造了良好的条件。

对油麻坳 Au 矿金属硫化物及自然金作电子探针分析结果(表 2、表 3)表明:毒砂 As 含量较理论值低,而 Fe 高于理论值。这是因为 Au、Ag 元素可替换毒砂中 As 和 Au、Fe 元素以多种形式存在于毒砂中所致。

表 2 油麻坳 Au 矿金属硫化物电子探针分析结果 (%)

矿 物	Au	Ag	Pt	Ni	Co	Fe	Cu	Zn	Pb	Hg	Sb	As	Te	Se	S
毒 砂	0.0065	0.12				36.94	0.10	0.10	0.22	0.3	0.08	42.19			20.05
毒 砂					0.048	36.90		0.12		0.043	0.003	42.77	0.008		20.17
毒 砂				0.057	0.024	35.70	0.24	0.23	0.27	0.35	0.04	43.19	0.02		20.01
方铅矿	0.073			0.01	0.01			0.09	86.72	0.41	0.01		0.09	0.005	13.40
方铅矿	0.11			0.02		0.001			86.72					0.052	13.41
方铅矿	0.10				0.027	0.09	0.04		86.22	0.19			0.19		13.41
闪锌矿	0.17	0.03			0.02	0.71	0.42	64.04		0.24	0.89	0.19			33.22
闪锌矿	0.24			0.014		0.28		64.99	0.95	0.21	0.11		0.09		33.01

注:中国科学院地球化学研究所安贤国分析。

闪锌矿在矿石中分布较方铅矿多,多呈菱形十二面体或它形集合体产出。闪锌矿中 Zn 含量较理论值低(64.04%~64.99%),S 含量也较理论值低;含杂质元素相对较高(1.89%~2.67%);含 Fe 也较低(0.28%~0.71%),这符合成矿温度较低时闪锌矿含 Fe 较少的规律。这与石英包裹体测温得出成矿温度<200℃,产出之闪锌矿颜色较浅特征是

一致的,也证实闪锌矿中含 Fe 量少是矿物形成温度标型特征。此外,毒砂、方铅矿与闪锌矿中都含一定量 Au 元素,说明这些矿物同为 Au 的载体矿物。

自然金电子探针分析结果表明:含 Ag 为 5.34%~6.34%,故应为含 Ag 自然金,其成色为 938~944。Au 的赋存状态主要有呈独立自然金矿物充填在毒砂等矿物裂隙及晶

体间隙中,也呈自然金独立存在于石英脉中, 也呈显微状态被方铅矿、闪锌矿等包裹。

表 3 油麻坳 Au 矿自然金电子探针分析结果 (%)

矿物	Au	Ag	Pt	Ni	Co	Fe	Cu	In	Pb	Hg	Sb	As	Te	Se	S
1 自然金	92.30	6.34			0.05	0.70		0.12				0.21	0.027	0.035	0.016
2 自然金	92.89	6.10		0.017	0.035	0.11	0.37	0.22					0.103		
3 自然金	91.18	6.01		0.014	0.04	0.83	0.24				0.17	0.44	0.038	0.29	0.37
4 自然金	93.74	5.54			0.033	0.08	0.34						0.04		0.03
5 自然金	92.74	5.34			0.004					1.105		0.07	0.09		0.24

注:中国科学院地球化学研究所安顺园分析。

3.2 稀土元素地球化学特征

对磨山—油麻坳 Au 矿化带各矿床(点)赋矿围岩及含金石英脉稀土元素分析结果(表 4)表明:磨山、油麻坳、桐落坪及金场等地赋矿围岩——凝灰质板岩的稀土组成模式极为相似(图 3)。其稀土元素丰度值较高,

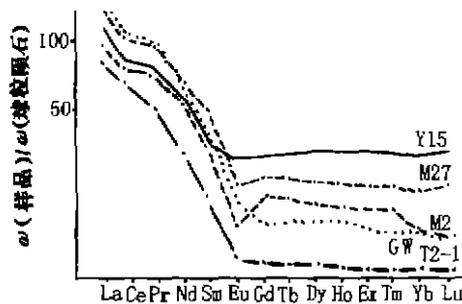


图 3 凝灰质板岩稀土元素分布模式图

$\sum \text{REE} = 162.27 \times 10^{-6} \sim 280.35 \times 10^{-6}$, $\sum \text{Ce} / \sum \text{Y} = 2.79 \sim 4.66$, 以轻稀土元素富集为特征。 $\delta_{\text{Eu}} = 0.62 \sim 0.75$, 具 Eu 负异常, 并与太古代以后沉积岩稀土组成模式相近, 其 δ_{Eu} 值在 0.67 左右。本区赋矿围岩的 $\sum \text{LREE} / \sum \text{HREE}$ 值为 2.79 ~ 4.46, 与太古代后沉积岩为 $3.7 \pm 1.8^{[1]}$ 相近。本区赋矿围岩组成模式继承了其原岩为沉积岩特征。

含金石英脉稀土总量较低, $\sum \text{REE} = 60.50 \times 10^{-6} \sim 106.97 \times 10^{-6}$ 。 $\sum \text{Ce} / \sum \text{Y} = 2.0 \sim 3.16$, 个别样达 7.11, 以 LREE 远高于 HREE 总量为特征(图 4), 这与赋矿围岩是一致的。 δ_{Eu} 为 0.8 ~ 1.26, 略有正、负异常。含金石英脉 REE 总量及 δ_{Eu} 异常降低, 与稀土元素在成矿热液中迁移性状、石英对稀土元素稀释效应及固定 Eu^{2+} 离子的能力有关。

围岩 $\delta_{\text{Ce}} = 0.85 \sim 0.99$, 矿脉 $\delta_{\text{Ce}} = 0.$

9~1.1, 显示出较弱异常, 反映成矿物质沉淀过程中处于较低的氧化环境条件。矿脉与围岩的 Ce 异常相近, 也显示出二者间存在明显的继承性。

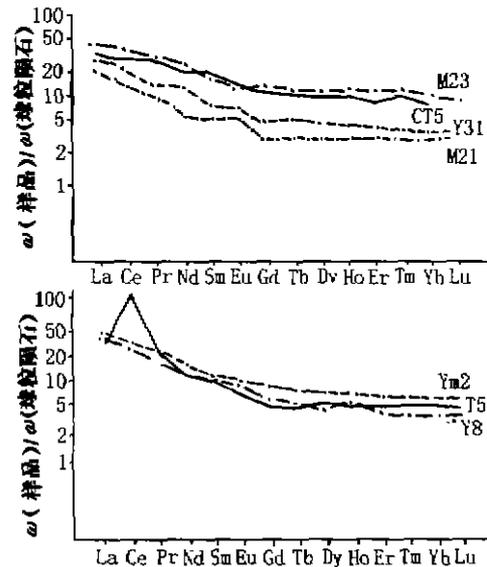


图 4 含金石英脉稀土元素分布模式图

将本区岩石—矿脉稀土组分投入 La/Yb— $\sum \text{REE}$ 图(Alltgre, 1978)(图 5)中, 其投影点落在沉积岩区域。显示出岩石—矿脉之间的渊源特征。

围岩与矿石的 REE 组成模式体现了二者间在地球化学演化方面的一致性和继承性, 因此可得出成矿物质与 REE 元素同来源于围岩的结论。

3.3 同位素地球化学特征

3.3.1 硫同位素特征

矿化带硫化物 S 同位素测定结果(表 6)表明: $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 + 8.3‰ ~ + 12.54‰, 极差 4.24‰; $\delta^{34}\text{S}$ 值分布表明 S 源较

单一。本区成矿流体中S以H₂S、HS占绝对优势(科研课题报告,1996),且硫酸盐矿物少见。据 Ohmoto(1979)观点,在此条件下溶液

中析出黄铁矿具与该溶液 δ³⁴S_{ΣS}相似的 δ³⁴S 值。本区成矿溶液 δ³⁴S_{ΣS},可用黄铁矿 δ³⁴S 平均值 + 10.47‰ 近似代表。

表4 磨山—油麻坳 Au 矿化带岩石矿石稀土元素含量表 (×10⁻⁶)

序号	矿岩石名称	产地	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
Y15	凝灰质板岩	油麻坳	41.2	83.0	10.8	39.9	8.55	1.75	6.45	1.20	8.49	1.88	5.49	0.85	5.10	0.82	36.2
M2	凝灰质板岩	磨山	37.5	76.1	10.3	39.9	8.28	1.54	6.49	1.15	7.72	1.59	4.49	0.69	3.73	0.57	34.2
M27	凝灰质板岩	磨山	49.0	98.7	13.1	46.2	11.3	2.01	8.16	1.49	10.3	2.11	5.87	0.94	5.64	0.89	43.2
GW	凝灰质板岩	金场	29.6	61.7	6.74	22.6	5.02	1.09	3.61	0.67	4.65	0.99	2.77	0.42	2.52	0.39	19.5
T2-1	凝灰质板岩	桐落坪	57.1	105	14.1	42.5	8.55	1.73	5.30	0.97	6.68	1.46	4.10	0.63	3.78	0.55	27.9
G5	含石英英脉	金场	14.3	30.4	4.01	16.4	4.82	1.36	3.64	0.65	4.32	0.81	2.06	0.34	1.79	0.27	21.8
Y31	含石英英脉	油麻坳	11.1	23.4	2.02	8.25	1.80	0.61	1.50	0.29	1.88	0.40	1.12	0.17	1.02	0.16	10.0
M23	含石英英脉	磨山	17.2	38.9	4.69	18.6	4.56	1.13	3.88	0.71	4.87	1.12	3.20	0.52	3.12	0.41	23.6
M21	含石英英脉	磨山	7.52	14.1	1.32	4.47	1.20	0.46	1.00	0.19	1.32	0.30	0.89	0.14	0.84	0.13	6.61
T5	含石英英脉	桐落坪	8.49	9.89	2.54	7.04	1.64	0.48	1.31	0.26	1.85	0.36	1.13	0.18	1.10	0.16	10.4
Ym2	含石英英脉	油麻坳	12.9	27.1	2.83	10.1	2.40	0.78	2.50	0.42	2.54	0.53	1.45	0.22	1.32	0.21	11.8
Y8	含石英英脉	油麻坳	10.9	22.9	2.14	7.62	1.79	0.62	1.55	0.27	1.72	0.37	0.98	0.15	0.90	0.14	8.45

注:地质矿产部宜昌地质矿产研究所邵捷华分析

表5 稀土元素特征值表

样号	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	ΣLREE/ΣHREE	δ _{Tu}	δ _{Ce}	样号	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	ΣLREE/ΣHREE	δ _{Tu}	δ _{Ce}
Y15	251.68	185.2	66.48	2.79	0.70	0.91	Y31 ⁽²⁾	63.62	47.08	16.54	2.85	1.11	1.10
M2	234.25	173.62	60.63	2.86	0.63	0.90	M23	126.51	85.08	41.43	2.05	0.80	1.00
M27	298.91	220.31	78.60	2.80	0.62	0.90	M21	40.49	29.07	11.42	2.55	1.26	0.98
GW	162.27	126.75	35.52	3.57	0.75	0.99	T5	135.84	119.09	16.75	7.11	0.98	0.94
T2-1	280.35	228.98	51.37	4.46	0.74	0.85	YM2	77.10	56.11	20.99	2.67	0.98	1.02
G5 ⁽¹⁾	106.97	71.29	35.68	2.0	0.96	0.93	Y8 ⁽³⁾	60.50	45.97	14.53	3.16	1.12	0.90

注:(1)含 Au 1.13 × 10⁻⁶; (2)含 Au 2.6 × 10⁻⁶; (3)含 Au 7.2 × 10⁻⁶。

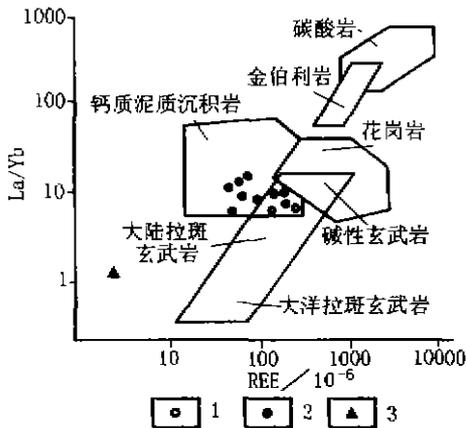


图5 岩石—矿脉在 La/Yb—ΣREE 图解中投影点
1—球粒陨石;2—研究区岩石;3—研究区矿脉

S 同位素特征表明硫化物中 S 及成矿溶液中 δ³⁴S_{ΣS}主要来源于地层中还原 S,且 S 源单一并富重 S,显示出成矿环境及物化条件较稳定特征。

表6 磨山—油麻坳 Au 矿化带硫同位素组成表

样品编号	采集地点	矿物名称	测定结果 δ ³⁴ S(‰)
M100	磨山	毒砂	9.64
Y10	油麻坳	毒砂	8.30
Y1	油麻坳	黄铁矿	12.54
M16	磨山	黄铁矿	9.34
G6	金场	黄铁矿	11.42
T6	桐落坪	黄铁矿	-0.96
A46	磨山	黄铁矿	8.9
Y50*	油麻坳	黄铁矿	10.3
A48	金场	毒砂	10.3

注:中国科学院地球化学研究所耿龙年分析;
*贵州有色地勘局一队资料

3.3.2 氢氧同位素组成特征

由磨山—油麻坳 Au 矿化带矿脉中石英及凝灰质板岩氢氧同位素组成表(表7)可知,除凝灰质板岩 δ¹⁸O 值为 + 12.97‰ 以外,石英的 δ¹⁸O 值为 + 15.40‰ ~ + 18.04‰,平均为 + 16.70‰,极差 2.84‰。表现出较高

的 $\delta^{18}\text{O}$ 值,且变化范围小。据均一温度计算出 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值变化范围为 +4.6‰~+7.0‰。矿物岩石的氢氧同位素组成显示出与原岩和流体间发生同位素交换有成因联系。将成矿流体氢氧同位素组成投入 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 相关图(图 6),分布大致为两个密集区,其中 4 个

样落入变质水区域,显示成矿流体具变质水特征;另 3 个样则具大气降水特征,其投影位置与雨水和岩石产生氧同位素交换发生 ^{18}O “漂移”所致。因此,可得出成矿溶液是由变质水和大气降水不均匀混合而成,较深部应以变质水为主的结论。

表 7 磨山—油麻坳 Au 矿化带氢氧同位素组成表

样品号	采集地段	测定矿物	均一温度	成矿流体(‰)		
				矿物岩石 $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})(\text{SMOW})$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{SMOW})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 计算值
Y1	油麻坳	石英	214℃	16.75	-87.60	5.9
Y31	油麻坳	石英	220℃	16.16	-74.80	5.6
M40	磨山	石英	193℃	17.32	-47.00	5.2
M40-1	磨山	石英	190℃	17.06		4.7
M50	磨山	石英	200℃	18.04	-53.00	6.3
T2	桐落坪	石英	199℃	16.41	-72.90	4.6
T4	桐落坪	石英	205℃	17.25	-51.90	5.9
G7	金场	石英	265℃	15.40	-42.40	7.0
Y9	油麻坳	石英		15.95		
Y15	油麻坳	凝灰质板岩		12.97		

注:地质矿产部宜昌地质矿产研究所谢新分析。

$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 计算式: $10^3 \ln \alpha_{\text{石英}-\text{水}} = 3.38 \times 10^6 / T^2 - 3.4$, 式中 $T = 200\text{℃} \sim 500\text{℃}$ (据克莱顿和奥尼尔, 1972)。

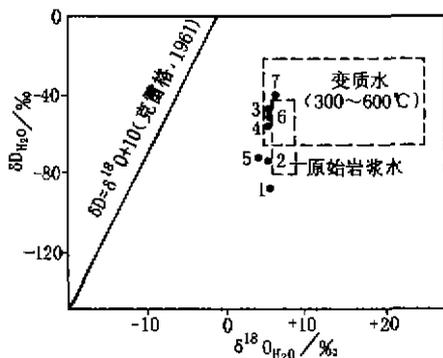


图 6 磨山—油麻坳 Au 矿化带成矿流体氢氧同位素组成

4 成矿条件与成矿作用讨论

4.1 赋矿岩石及构造条件

下江群中这套火山沉积碎屑岩系浅变质产物——凝灰质板岩控制着黔东 Au 矿床(点)的产出。产于凝灰质板岩中的 Au 矿床(点)占 44%,凝灰岩中 Au 矿床(点)占 39% (贵州有色地勘一队)。特别是下江群清水江组,其 C 含量为 0.01%,Au 为 3.66×10^{-9} (贵州工学院金矿科研队,1986),这样的富含

火山物质、富碳、硫还原环境条件下形成的岩石对 Au 的初步聚集是有利的。雪峰—加里东运动使岩石发生浅变质作用,使 Au 从被粘土矿物、碳质吸附及与硫化物共同沉淀状态下释放出来,归并形成 Au 的初步富集,致使矿化带凝灰质板岩等岩石中 Au 元素含量普遍增高。同时也不排除来自深部的成矿物质叠加在原始富集 Au 元素的岩石中,这为 Au 矿化、成矿打下了物质基础。

武陵构造运动晚期和雪峰—加里东阶段,本区形成一套夹凝灰岩的板岩,凝灰质板岩及变余砂岩构成复理石组合,同时形成 NE 向的褶皱及断裂,之后的广西运动等对本区金矿化有重要影响^[5]。在黔东地区,矿化集中区受 NE 向次级隆起(如同古向斜,稳江背斜等)和断裂带交切部位控制。而本矿化带主要受平秋—溪口背斜的次级褶皱与断裂交切部位、褶曲轴部翼部挠曲部位、倾伏端的层间破碎带、层间裂隙带等控制。同时多期次的构造运动,对 Au 元素活化、聚集成矿起着重要的控制作用。

4.2 成矿流体性质及来源特征

包裹体均一温度资料证明矿化形成温度在 190℃~220℃ 之间。矿脉中石英的气液包裹体成份分析证明:成矿流体液相成份主要以 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 离子为主,气相成份主要为 CO_2 和 CH_4 ,并显示出 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{F}^-$, CO_2 浓度高并普遍含一定量 CH_4 特征(科研课题报告,1996)。成矿流体属 $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{Na}$ 型,含盐度较低(5Wt% NaCl~9Wt% NaCl)。包裹体液相成份分析同时测得其 pH 值为 6.7~6.9。成矿流体来源于变质水和大气降水混合,含矿流体性质从早阶段到晚阶段由碱性变为弱酸性。在含矿流体中 Au 可能主要以 AuCl_2^- 、 AuCl_4^- 、 AuS_2^- 、 AuS_3^- 、 $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ 等形式迁移。

4.3 成矿过程分析

早期沉积的富凝灰质、碳质有机质浅变质岩系对 Au 元素有初步聚集作用。随后与构造运动相伴随的热液活动可使构造裂隙带岩石中 Au 元素含量进一步增高。其方式为在构造运动释放大量能量,变质水及大气降水混合热液作用及成矿物理化学条件改变下,Au 元素可从凝灰质板岩等中进一步活化迁移或叠加在构造变质活动带围岩中。叶大元^[6]等对采自湘西黔东前震旦纪浅变质岩系中 80 条断裂裂隙样分析结果证明,Au 平

均含量为 4.88×10^{-9} ,而富含火山物质地层 Au 平均含量为 2.33×10^{-9} ,显示出岩层中有相当部分 Au 被转移到断裂裂隙中。也证明黔东 Au 矿成矿过程具多期改造,使 Au 元素归并聚集预富的特征。晚期的构造—热液活动使 Au 元素进一步活化,并不断萃取围岩中成矿物质,迁移到适宜的构造部位富集成矿。矿床成因属沉积变质改造型矿床。

参考文献

- 1 涂光炽等.地球化学.上海:上海科学出版社,1984
- 2 王秀璋等.变质细碎屑岩型金矿床的三阶段成矿模式.矿床地质,1995,14(4):322~328
- 3 郑明华等.层控金矿床概论.成都:成都科技大学出版社,1989
- 4 丁德平.氢氧同位素地球化学.北京:地质出版社,1980
- 5 贵州地质矿产局.贵州区域地质志.北京:地质出版社,1987
- 6 叶大元等.湘黔地区内生金矿分布规律的探讨.贵州工学院学报,1991,20(3):10~16
- 7 张杰.桂北—桐锡矿床稀土元素地球化学研究.地质与勘探,1995,31(2):23~29
- 8 Rye D M and Rye R O. Honestake gold mine, South Dakota: I. Stableisotope studies. Econ Geol., 1974, 69: 293~317
- 9 Grigoryeva T A and Sukneva L S. Effects of sulfur and of antimony and arsenic sulfides on the solubility of gold. Geochem. Intern., 1981, 18(5): 153~158
- 10 Seward T M. The transport and deposition of gold in hydrothermal systems. In: Proceedings of the symposium gold82 university of Zimbabwe. R. P. Foster, ed., 1982. 165~181

PETROLOGICAL, MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL STUDY

OF THE MOSHAN - YOUMAAO GOLD MINERALIZED ZONE IN GUIZHOU PROVINCE

Zhang jie, Yu dalong, Zhang xianyu, Yan yongjun

The gold-bearing quartz vein of the Mosmaa - Youmaao mineralized zone in Tianzhu Guizhou province occurs in the Qing-shuijiang formation of the Xiajiang group volcanic tuffaceous slate. Ore fluids were mainly derived from mixing flow of the meteoric water and metamorphic water. Metallogenic environment was the weak reduction type. It is obvious that the initial stage, the tectonics movement and hydrothermal reformation took place the gold element in rich in strata, in the late stage, the gold-bearing quartz veins have been reached through repeated concentration of such metallogenic element as gold under the action of multiple geologic and fluid reforming processes.

Key words gold mineralized zone, vein-gold deposit, gold deposit geochemistry, Tianzhu, Guizhou

(下转 60 页)