

贵州天柱磨山—油麻坳金矿化带 地球化学特征及成矿作用*

张 杰 余大龙 李明琴 张先煜 杨勇俊

(贵州工业大学资源工程系, 贵阳 550003)

关键词 金矿化带 金矿地球化学 金矿成矿作用 黔东南天柱

本文主要研究了黔东南天柱磨山—油麻坳金矿化带内主要类型岩石矿石的地质-地球化学特征, 探讨了成矿物质及成矿流体来源, 阐述了成矿作用特点及规律。

1 地质背景

天柱磨山—油麻坳金矿带位于江南古陆西部雪峰弧型隆起南西边缘地带。矿化带呈北东向展布, 长数十公里。带内见小型矿床两处。区内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, 岩性为灰—深灰色中—厚层凝灰质板岩夹中厚层变余砂岩及灰绿色—黄灰色薄层状、条带状砂质板岩等。凝灰质板岩片理化发育, 具千枚状构造。磨山矿化区有阳湾河和茶场基山两个北东向压扭性断裂, 北东向油麻坳背斜及背斜翼部断裂带控制着含金脉体。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。

2 围岩及矿脉矿物学特征

凝灰质板岩主要粘土矿物成分为绢云母(50%~70%)含有凝灰质碎屑及陆源细碎屑物, 含微量氧化铁、有机质、白铁矿及锆石。绢云母、绿泥石均呈鳞片变晶结构, 凝灰质物质呈变余碎屑及玻屑结构。主要含矿层凝灰质板岩、千枚状凝灰质板岩、凝灰质绢云母板岩中黄铁矿、毒砂呈星散状分布。矿脉与围岩接触部位有毒砂脉产出, 其颗粒粗大含金较差。

矿脉主要为含金石英脉, 含毒砂、闪锌矿、方铅矿及金银矿物。磨山 M_1 脉带中含矿较好脉体主要为后阶级含毒砂、黄铁矿的石英脉。含矿脉体含金量变化较大, 高可达 10×10^{-6} , 低则到 0.05×10^{-6} 。 M_2 脉带中金属硫化物以毒砂为主。油麻坳 M_3 、 M_4 脉带规模较大, 含金最高可达 30×10^{-6} , 但平均品位较低。晚期石英脉含金较好。含矿脉分为含金与少量毒砂的石英脉和含毒砂、闪锌矿、方铅矿与金银矿物的石英脉。主要热液矿化期可划分为 3 个主要矿化阶段:

自然金-石英阶段: 主要矿物为石英和自然金, 含微量细粒毒砂、黄铁矿。石英脉多为白色至浅灰色。自然金呈片状、粒状, 金与硫化物关系不明显。矿石类型为自然金石英脉型。

自然金-硫化物-石英阶段: 灰至深灰色含金石英脉。主要矿物为自然金、石英、毒砂、闪锌

收稿日期: 1996-9-6 修改稿: 1996-10-9

第一作者简介: 张 杰 男 1955 年生 副教授 矿床学、矿床地球化学

* 国家自然科学基金资助项目

矿及方铅矿。油麻坳 Y₈ 号样含金达 7.246×10^{-6} , 呈细粒不规则状产于毒砂裂隙中。含矿脉膨大缩小或分枝复合部位含金品位往往较高。矿石类型为自然金-硫化物-石英脉型。

方解石-石英阶段: 后期方解石细脉充填于先期形成的石英脉中。此阶段含金较差。

金属硫化物及自然金作电子探针分析, 结果见表 1。毒砂砷含量较理论值低而铁高于理论值。这是因银、金可替换毒砂中砷和金、铁, 以多种形式存在。据测试结果计算出其晶体化学式为 $\text{Fe}_{1.04}\text{As}_{0.9}\text{S}_{1.00}\text{Pb}_{0.002}\text{Zn}_{0.009}$ 。方铅矿中硫和铅含量与理论值相近。计算的晶体化学式为 $\text{Pb}_{0.995}\text{S}_{1.000}\text{Au}_{0.0001}\text{Se}_{0.0017}$ 。闪锌矿分布较方铅矿广, 其晶体化学式为 $\text{Zn}_{0.945}\text{Fe}_{0.014}\text{S}_{1.043}\text{Sb}_{0.0081}$ 。闪锌矿含铁较低(0.28% ~ 0.71%), 这与石英包裹体测温得出的成矿温度(< 220)、产出之闪锌矿颜色较浅特征相一致。毒砂、方铅矿与闪锌矿中含一定量金, 说明这些矿物同为金的载体矿物。自然金含银 5.34% ~ 6.34%, 为含银自然金, 成色为 938 ~ 944。金主要呈自然金充填在毒砂裂隙中和石英脉中, 也呈显微状被方铅矿、闪锌矿等包裹。

表 1 油麻坳金矿硫化物及自然金电子探针分析结果(%)

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	0.24	0.12		0.043	0.008	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	86.22	0.41	0.01		0.09	0.005	13.40
方铅矿	0.11			0.22		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
自然金	92.30	6.34			0.05	0.70		0.12				0.21	0.027	0.35	0.016
自然金	92.89	6.10		0.017	0.035	0.11	0.37	0.22					0.103		
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
自然金	93.74	5.54			0.033	0.08	0.34						0.04		0.03
自然金	92.74	5.34			0.004				1.105			0.67	0.09		0.24

测试者: 中国科学院地球化学所安贤国

3 地球化学特征

3.1 微量元素地球化学特征

矿化带内不同地段矿脉及远矿围岩取样的微量元素分析结果见表 2。金在远矿围岩中平均含量为 0.054×10^{-6} , 已远超过金的克拉克值和湘西黔东南地区板溪群金的平均值 2.17×10^{-9} ¹⁾。矿脉中金含量多为 $0.14 \times 10^{-6} \sim 1.13 \times 10^{-6}$, 品位变化大且分布极为不均匀。

砷在围岩中平均含量为 0.04%, 矿脉中平均 0.34%, 高出围岩近 8 倍, 显示在矿脉中随金含量增高而增高的规律。铅、锌也有类似的趋势。从围岩至矿脉锌含量大于铅, 为较深成

1) 贵州工学院金矿科研队, 1986

的铅-锌元素组合。说明成矿热液形成迁移时处于较还原及碱性条件, 而金在此条件下溶解度增高^[1]。这为凝灰质板岩中金元素进入成矿流体创造了条件。

表 2 磨山—油麻坳金矿化带各地段微量元素含量($\times 10^{-6}$)

序号	样品号	产出地段	岩石	矿脉	Au	Ag	As(%)	Pb	Zn	Cu
1	Y ₁₅	油麻坳	凝灰质板岩	含 矿 石 英 脉	0.051	3.98	0.05	211	867	331
2	m ₂	磨山	凝灰质板岩		0.061	1.40	0.028	67	463	70
3	m ₂₇	磨山	凝灰质板岩		0.046	2.70	0.050	153	706	95
4	G _w	金场	含砂质凝灰质板岩		0.058	2.00	0.041	139	554	109
5	G ₅	金场			1.13	0.70	0.50	336	874	150
6	Y ₃₁	油麻坳			2.6	1.41	0.46	166	636	64
7	m ₂₁	磨山			0.140	2.03	0.13	89	449	41
8	m ₂₃	磨山			0.148	2.00	0.47	94	388	42
9	Ym ₂	油麻坳			0.111	2.02	0.13	148	717	29
10	T ₇	桐落坪			0.83	2.71	0.21	134	1121	18
11	Y ₈	油麻坳			7.246	3.25	0.46	623	2559	44.4
12	T ₂	桐落坪			0.175	4.02	0.19	59	495	42

测试者: 中国科学院矿床地球化学研究实验室

3.2 稀土元素地球化学特征

磨山—油麻坳—桐落坪等地凝灰质板岩及含金石英脉稀土元素测试表明, 凝灰质板岩 ΣREE 为 $162.27 \times 10^{-6} \sim 280.35 \times 10^{-6}$, $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y} = 2.79 \sim 4.66$, 以轻稀土富集为特征。 δEu 为 $0.62 \sim 0.75$, 具 Eu 负异常, 与太古代以后沉积岩稀土组成模式(δEu 为 $0.67 \pm$)相近。 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 值也与太古代后沉积岩(3.78 ± 1.8)^[2]近似。稀土组成模式继承了原岩为沉积岩的稀土元素组成特征。含金石英脉稀土总量较低, 为 $60.50 \times 10^{-6} \sim 106.97 \times 10^{-6}$, $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y} = 2.0 \sim 3.16$, 为轻稀土元素富集型。这与赋矿围岩一致。围岩 δCe 为 $0.85 \sim 0.99$, 矿脉为 $0.9 \sim 1.1$, 显示较弱负异常。反映出成矿物质沉淀过程中处于较低的氧化环境, 矿脉与围岩间存在明显的继承性。围岩与矿脉的REE组成模式反映出二者在地球化学演化方面的一致性和继承性, 暗示成矿物质可能与稀土元素一样来源于围岩。

3.3 稳定同位素地球化学特征

磨山—油麻坳金矿化带中毒砂、黄铁矿7个样品的硫同位素测试表明, 其 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $+8.3\% \sim +12.54\%$, 极差 4.24% , 表现出分布区间和硫源较单一的特征, 加之本区硫酸盐矿物较少, 据Ohmoto(1972, 1979)的观点, 可将黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值 $+10.47\%$ 近似代表本区成矿溶液的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{DS}}$ 值。本区 $\delta^{34}\text{S}_{\text{DS}}$ 主要来源于地层还原硫。反映成矿环境及成矿物化条件较为稳定。

所测矿化带含矿脉中石英包裹体水和凝灰质板岩全岩的氧、氢同位素组成, 及根据实测均一温度计算出平衡水的氧同位素组成一并列入表3。从表3可知凝灰质板岩和石英均具较高的 $\delta^{18}\text{O}$ 值, 且变化范围小。所测矿物岩石的氧同位素组成显示其与原岩和流体间有同位素交换, 在 $\delta\text{D}-\delta\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 相关图上显示成矿溶液是由变质水和大气降水不均匀混合而成。

表3 磨山—油麻坳金矿化带氢氧同位素组成(‰)

样品号	采集地段	测定矿物	均一温度()	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}^*}$
Y ₁	油麻坳		214	16.75	- 87.60	5.9
Y ₃₁	油麻坳		220	16.16	- 74.80	5.6
M ₄₀	磨山	石	193	17.32	- 47.00	5.2
M ₄₀₋₁	磨山		190	17.06		4.7
M ₅₀	磨山		220	18.04	- 53.00	6.3
T ₂	桐落坪	英	199	16.41	- 72.90	4.6
T ₄	桐落坪		205	17.25	- 51.90	5.9
G ₇	金场		265	15.46	- 42.40	7.0
Y ₉	油麻坳			15.95		
Y ₁₅	油麻坳	凝灰质板岩		12.97		

测试者: 宜昌地质矿产研究所谢新

* 为计算值, 计算公式: $10^3 \ln \alpha_{\text{石-水}} = 3.38 \times 10^6 \cdot t^{-2} - 3.4$ (据克莱顿和奥尼尔, 1972; 200 ~ 500)

4 成矿条件与成矿作用讨论

4.1 赋矿岩石及构造条件

凝灰质板岩控制着黔东金矿床(点)的产出。据统计, 产于其中的矿床(点)占44%, 凝灰岩中占39%¹⁾。下江群清水江组碳含量为0.01%, 金为 3.66×10^{-92} , 为金富集的物质基础。本区在武陵构造运动晚期和雪峰—加里东阶段形成这套含火山物质浅变质岩系和控制黔东金矿床(点)的产出的北东向褶皱及断裂³⁾。磨山—油麻坳矿化带主要受该期形成的平秋—溪口大背斜的控制, 含金石英脉位于次级褶皱与断裂交切部位、翼部挠曲部位、层间破碎带及裂隙带。

4.2 成矿物质来源及成矿流体性质

研究表明, 金来源于凝灰质板岩类岩石, 雪峰—加里东运动使岩石发生浅变质作用, 也使金从被粘土矿物、碳质吸附状态释放出来, 形成金的初步富集, 使矿化带凝灰质板岩等岩石中金含量增高。随后的构造运动使金进一步活化, 转入成矿溶液迁移至有利构造部位成矿。

包裹体均一温度资料证明矿化形成温度为190 ~ 220 , 矿脉中石英气液包裹体成分分析表明, 成矿流体液相成分主要为 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 及 SO_4^{2-} 离子, 气相成分主要为 CO_2 和 CH_4 。且 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$, $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{F}^-$ 。成矿流体属 $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$ 型。计算得出其盐度为5% ~ 9% (重量) NaCl ⁴⁾。测得 pH 值为6.7 ~ 6.9。包裹体成分中 $\text{CO}_2/\text{YB} + \text{H}_2$ (YB= 碳氢化合物) 值较低(1.77 ~ 5.50), 反映矿化深度较大, 成矿处于弱还原环境。成矿流体来源于变质水和大气降水不均匀混合, 流体性质从早阶段到晚阶段由碱性变为弱酸性。金在成矿流体中可能主要以 AuCl_2^- 、 AuCl_4^- 、 AuS_2^- 、 AuS_3^- 等形式迁移。

综合以上分析, 其成矿过程大致为: 早期由沉积—浅变质作用形成的富凝灰质、碳质有机质浅变质岩系, 该岩系中金有初步聚集, 随后的构造运动释放大量能量, 在成矿溶液作用及一定物理化学条件下, 金进一步聚集, 晚期的热液活动使金进一步活化, 淋出并迁移到适宜构造部

1) 贵州冶金一队资料, 1983
2) 贵州工学院金矿科研队资料, 1986

位富集成矿。叶大元等^[5]对湘西黔东前震旦纪浅变质岩系中 80 条断裂裂隙样分析证明了金有相当部分被迁移到断裂裂隙中。矿床成因属沉积变质改造型矿床。

参 考 文 献

- 1 Grigoryeva T A, Sukneva L S. Effects of sulfur and of antimony and arsenic sulfides on the solubility of gold. *Geochem. Intern.*, 1981, 18(5): 153 ~ 158
- 2 涂光炽等. 地球化学. 上海: 上海科学出版社, 1984
- 3 贵州省地矿局. 贵州区域地质志. 北京: 地质出版社, 1987
- 4 张本仁等. 地球化学. 北京: 地质出版社, 1979. 265 ~ 266
- 5 叶大元. 湘黔地区内生金矿床分布规律的探讨. 贵州工学院学报, 1991, 20(3): 10 ~ 16

Geochemical Characteristics and Metallogenesis of Moshan– Youma áo Gold Mineralized Zone in Tianzhu, Guizhou

Zhang Jie Yu Dalong Li Mingqin Zhang Xianyu Yang Yongjun
(Department of Resource and Engineering, Guizhou University of Industry, Guiyang 550003)

Abstract The gold-bearing quartz vein of Moshan– Youma áo mineralized zone in Tianzhu, Guizhou Province occurs in the volcanic tuffaceous slate of Qingshuijiang Formation in the Xiajiang Group. The trace elements and REE patterns of the rock and gold-bearing quartz veins suggest that metallogenic materials were derived from the ore-controlling strata. $\delta^{34}\text{S}$ in pyrite and arsenopyrite are + 8. 3‰ ~ + 12. 54‰, with an average of 10. 07‰, showing the sulfur in the ore field was probably derived from the strata. $\delta^{18}\text{O}$ values and δD values show that metallogenic fluids were mainly derived from mixing flow of the metamorphic water and the meteoric water. Metallogenic environment was the weak reduction type. It is obvious that in the initial stage, the tectonic movement and hydrothermal reformation made gold concentrated in wall rocks of mineralized zone; in the late stage, the gold-bearing quartz veins have been reached through repeated concentration of gold under the action of tectonic movement and fluid reforming. Mineralization have the features of deposition – metamorphism – reformation.

Key words: gold mineralized zone; gold geochemistry; metallization of gold; vein-gold deposit; Tianzhu, East Guizhou