

# 陕西省凤县温江寺金矿地质地球化学特征及找矿

代军治<sup>1</sup> 袁旭东<sup>2</sup> 陈少迅<sup>3</sup> 李永勤<sup>1</sup> 原连肖<sup>4</sup>

王 涛<sup>1</sup> 郭 路<sup>1</sup> 刘莉霞<sup>1</sup> 蒋 蕊<sup>1</sup>

(1. 西北有色地质勘查局, 陕西 西安 710054; 2. 西北有色地质勘查局 717 总队, 陕西 宝鸡 721015;  
3. 陕西省地质矿产勘查开发局综合地质大队, 陕西 渭南 714000; 4. 西北有色地质研究院, 陕西 西安 710054)

**摘要:**温江寺金矿是西秦岭东部地区三叠纪地层中新发现的一个金矿。容矿地层主要是钙质板岩和含炭钙质板岩。矿(化)体呈透镜状、扁豆状分布于钙质板岩和炭质板岩中。区内成矿元素为 Au、As、Sb、Hg、Pb、Zn 等低温蚀变组合, 地质特征显示出微细浸染型金矿特征。各类岩(矿)石的地球化学分析表明, 从矿石到泥质板岩再到花岗岩脉,  $Al_2O_3$  和  $K_2O+Na_2O$  含量逐渐升高, 而 CaO 含量、 $K_2O/Na_2O$  具降低趋势; 矿石中 As、Bi、Co、Ni、Cu、W、V、Tu、U 等微量元素含量和  $\Sigma REE$ 、LREE/HREE、稀土配分模式与容矿地层相近, 而与花岗岩脉不同。地球化学特征显示, 温江寺金矿成矿物质主要来源于容矿地层, 与岩浆活动关系不密切。该金矿的发现, 使得西秦岭三叠系沉积建造中金矿找矿有进一步向东延伸的可能。

**关键词:**温江寺金矿; 钙质板岩; 炭质板岩; 地球化学; 微细浸染型

**中图分类号:** P618.51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)03-0692-09

陕西省凤(县)—太(白)矿集区位于西秦岭东部泥盆系断陷盆地中, 是陕西省重要的铅、锌、金产地。自 20 世纪 60 年代以来, 凤—太泥盆系中先后发现八卦庙特大型金矿 1 处, 双王大型金矿 1 处, 铅洞山、八方山—二里河等大型铅锌矿床 3 处, 中小型铅锌、金矿多处, 铅锌、金找矿已经取得了巨大成果。相比而言, 对于凤—太泥盆系断陷盆地西侧的三叠系盆地中的找矿与研究显得比较薄弱, 多年来未有突破。近几年西北有色地质勘查局 717 总队新发现的温江寺金矿即位于该三叠系沉积建造中。该矿的发现, 使得西秦岭三叠系沉积建造中金矿找矿有进一步向东延伸的可能。

## 1 区域地质概况

温江寺金矿床位于西秦岭二叠—三叠纪断陷盆地的东部, 凤—太泥盆系断陷盆地西侧的三叠纪盆地中。该盆地是在泥盆纪断陷盆地的基础上发展起

来的残余海盆, 是古生代—中生代早期华北板块与扬子板块自东向西的点碰, 然后过渡到秦岭西部线碰撞时期的残余海盆<sup>[1]</sup>。温江寺地区正处于秦岭地区点碰撞向线碰撞转换的过渡部位, 其与凤—太铅锌金多金属矿集区不同, 仅出露三叠纪地层。三叠系留凤关群广泛出露于区域内, 其上覆侏罗系龙家沟组, 下伏二叠系水峡口组, 均为不整合接触。留凤关群由上部任家沟组和下部西坡组组成, 主要由一套钙质粉砂岩、钙质板岩、钙质细砂岩与薄层灰岩、粉砂质灰岩、条带状灰岩、砾状灰岩组成, 属于浅海—次深海相沉积, 具砂质复理石建造。留凤关群在温江寺—瓦房坝一带, 上部以碎屑岩为主, 局部夹少量灰岩; 下部以灰岩为主, 局部夹板岩及粉砂岩。

该区整体呈三角形夹持于酒奠梁—江口和瓦房坝—江口两条区域性深大断裂之间(图 1)。酒奠梁—江口断裂走向北西, 断裂北部为凤—太泥盆系 Pb、Zn、Au 矿集区, 南部为温江寺地区三叠系 Au、

收稿日期: 2010-08-19; 改回日期: 2010-12-08

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAB01A11)“十二五”国家科技支撑计划课题(2011BAB04B05-2)和公益性行业科研专项(201111007-3)联合资助。

作者简介: 代军治, 男, 1978 年生, 博士, 主要从事金属矿产资源勘查技术管理和研究; E-mail: daijunzhi@163.com。

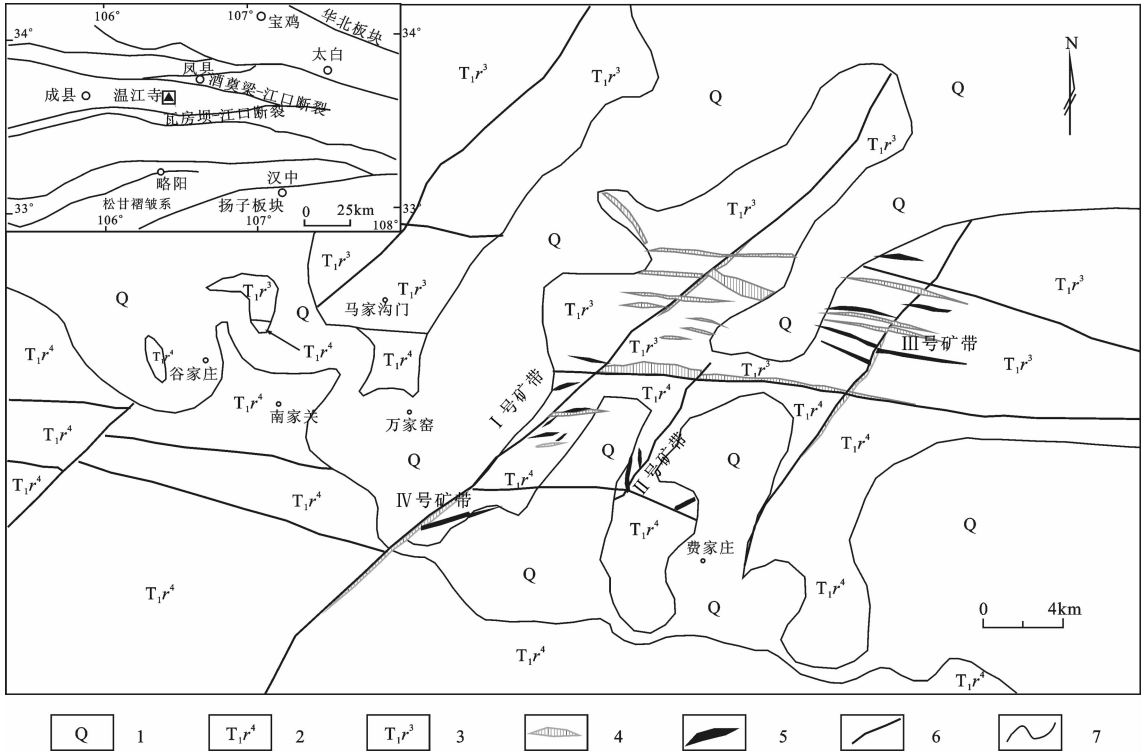


图 1 温江寺金矿地质图

1—第四系;2—三叠系任家沟组第四段;3—三叠系任家沟组第三段;4—脉岩;5—矿(化)体;6—断裂;7—地质界线

Fig.1 Geological map of the Wenjiangsi gold deposit

1—Quaternary sediments; 2—4th Member of Triassic Renjiagou Formation; 3—3rd Member of Triassic Renjiagou Formation; 4—Dyke; 5—Ore body; 6—Fault; 7—Geological boundary

Hg、Sb 成矿区;瓦房坝—江口断裂走向近东西,其北部为温江寺地区三叠系 Au、Hg、Sb 成矿区,南部为石炭系—志留系 Fe、Au、Mo 矿化集中区。这两条大断裂间次一级的断裂发育,形成网格状构造,控制着区内 Au、Hg、Sb 矿化点的分布。

区内褶皱构造发育,由北向南依次为罗家河—蜜蜂场复式向斜,槐树庄梁—麻地梁背斜及白果树—麻峪河向斜。温江寺金矿区即位于罗家河—蜜蜂场复式向斜北翼。该向斜北翼地层倾向北北东,南翼地层次级褶皱发育。

矿区内岩浆活动不发育,仅出露小面积的中酸性花岗质岩脉。这些花岗质岩脉多沿地层层理或片理方向展布。野外观察,岩脉对围岩的蚀变作用弱,部分岩脉受区域韧—脆性剪切作用影响呈扁豆状或透镜状,对区内金成矿影响作用小。

## 2 区域地球化学异常

20 世纪 80 年代初,区域上 1:20 万重砂测量在

瓦房坝一带圈出 3 处辰砂异常;80 年代末,1:5 万水系沉积物测量在铅硐山—温江寺—白果树一带圈出一个北东向 Pb、Zn、Hg、As、Au、Sb 高异常区;90 年代,1:2.5 万沟系土壤测量在温江寺—瓦房坝一带圈出众多以 Au、Ag、As、Sb 为主的组合异常,异常峰值高,浓度中心明显。近年来对该区化探资料的二次开发研究查明,该区是一个横穿多个构造单元的北东向 Au、As、Sb、Hg、Pb、Zn 化探异常高值区。

## 3 矿床地质特征

矿区内地层主要出露下三叠统任家沟组第四岩性段和第三岩性段(图 1),地层走向近东西向。岩性以钙质板岩、粉砂质板岩、粉砂岩夹薄层灰岩、含炭钙质板岩为主。目前所发现的 4 条矿化蚀变带(图 1)在两个岩性段均有出露,矿化较集中于钙质板岩和含炭钙质板岩中。

区内主要发育区域性深大断裂旁侧的次级断裂,断裂构造走向主要为近东西向和北东向(图 1)。

两组断裂均与区内金矿关系密切。近东西向断裂是区域范围内的主要断裂构造,表现为层间脆-韧性剪切构造带,常使得钙质板岩、粉砂质板岩、粉砂岩等组成的互层岩段发生片理化和矿化蚀变,构成近东西向片理化蚀变带。近东西向剪切构造活动强烈,使得区内顺层产出的花岗质岩脉发生扁豆体化和透镜体化,并使得花岗质岩脉边缘发生绢云母化、方解石化,甚至黄铁矿化。北东向断裂形成较晚,是在近东西向构造带基础上发育起来的次级构造。北东向断裂构造规模较小,局部叠加在近东西向构造带上,斜切近东西向断裂及花岗岩脉带,使得东西向构造带局部出现旋转、破碎甚至产生角砾岩化。北东向断裂和近东西向断裂的交汇部位岩石较破碎,矿化蚀变也较好,如 I 号、II 号和 IV 号矿带(图 1)。

### 3.1 矿带特征

#### 3.1.1 北东向矿带

北东向矿带受北东向构造控制,分布有 I、II 号矿带。I 号金矿带位于北东向断裂东侧马桑洼沟,矿体赋存于北东向断裂带旁侧的层间构造带内,矿化富集部位为铁碳酸盐化、褐铁矿化、硅化强烈地段; II 号金矿带位于显神庙一带,矿体赋存于较破碎的钙质板岩中,呈北东向展布,延伸较稳定。

#### 3.1.2 近东西向矿带

近东西向矿带与含矿沉积岩系走向近于一致,多处被北东向矿带穿切(图 1),分布有 III 号、IV 号矿带。III 号矿带矿化主要在石沟两侧的粉砂质板岩-钙质板岩中,受近东西向脆-韧性剪切构造影响,蚀变顺层分布,与扁豆体状脉岩走向一致,主要发育于近脉体的板岩破碎带中,形态上呈板状、脉状、透镜状; IV 号矿带位于马桑洼沟口,矿化发育于钙质板岩中,板岩蚀变呈红褐色、暗红色,铁碳酸盐化较强,硅化、绢云母化强烈。

### 3.2 矿化蚀变及矿石组成

矿(化)体与围岩界限不明显,含矿岩性段岩石整体片理化,矿(化)体呈构造透镜体、构造扁豆体,矿石类型主要为钙质板岩。围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化和褐铁矿化。其中硅化、碳酸盐化、褐铁矿化与矿化关系密切。矿石中黄铁矿以自形-半自形、他形、莓球状及增生环带结构为主,毒砂多以自形为主(图 2-1~3)。矿石构造主要为星点浸染状构造、微细-细脉状构造。

金属矿物主要是黄铁矿、毒砂、褐铁矿,少量磁

黄铁矿、白铁矿、闪锌矿、辉锑矿和自然金等(图 2),贵金属矿物以金为主;脉石矿物主要是石英、铁白云石和方解石,少量绢云母和绿泥石等。温江寺金矿金粒度呈显微级,可见明金,主要以包体金形式产出,其次是粒间金和裂隙金(图 2-5~6)<sup>[2]</sup>。

主要矿物特征<sup>[2]</sup>表现为:黄铁矿有两种赋存状态,一种呈细粒,粒径为 0.01~0.1 mm,星散浸染状或莓球状分布于钙质板岩和炭质板岩中(图 2-1),此类黄铁矿含金较差;另一种粒度较粗,粒度 0.1~0.5 mm,常与毒砂共生(图 2-2~3),与金关系密切,含金较好<sup>[2]</sup>。

毒砂以微细脉状或星散浸染状分布于岩石中,少量分布于黄铁矿粒间,交代黄铁矿(图 2-2~3),未见与金有直接关系,也未见有分散金存在。

石英也呈两种赋存形态,一种呈石英-方解石脉形式存在,石英呈他形粒状,比较破碎,与金的关系比较密切;另一种分布于板岩中,与绢云母、长石共存,磨圆度不好,属陆源碎屑物。

## 4 岩矿石地球化学特征

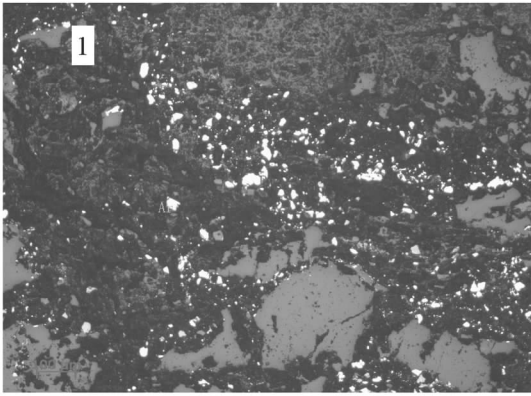
本次对温江寺近东西向矿带和北东向矿带中矿石、各种蚀变岩(钙质板岩、炭质板岩、泥质板岩)及花岗岩脉进行了岩石地球化学分析。

### 4.1 主量元素

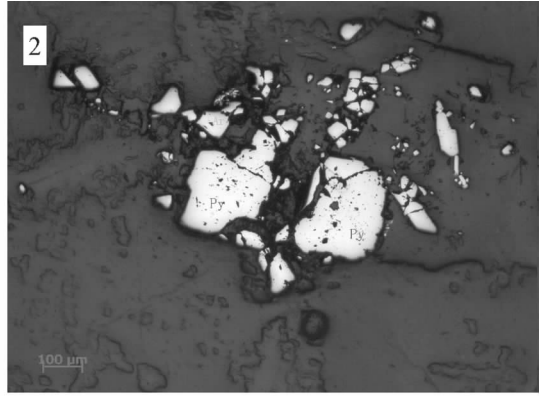
表 1 中列出了温江寺矿石、各种蚀变岩及脉岩的地球化学成分。从表中可以看出,温江寺金矿矿石及围岩 SiO<sub>2</sub> 含量较低,而 CaO 含量较高,这可能与后期蚀变或碳酸盐化有关;除花岗岩脉 SiO<sub>2</sub> 含量较高以外,其他岩矿石的 SiO<sub>2</sub>、CaO 含量比较接近。表 1 和图 3 显示出,从矿石到未蚀变板岩,再到脉岩 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O 含量逐渐升高,而 CaO 含量、K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 具降低趋势,且脉岩最小。温江寺金矿岩矿石地球化学主量成分总体特征表明,矿石含量介于地层与脉岩之间,反映了含矿热液对围岩矿化的影响。

### 4.2 微量元素

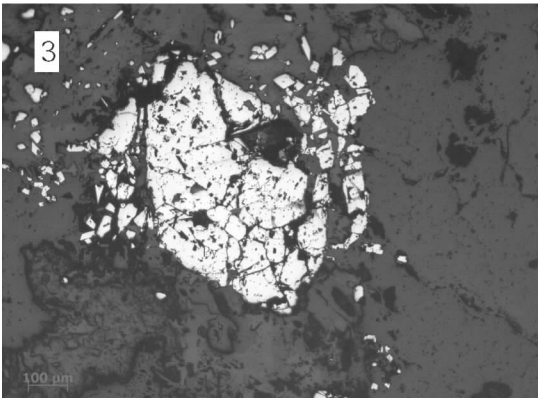
对温江寺金矿各种岩、矿石的微量元素分析表明(表 2,图 4),温江寺金矿矿石微量元素中除 Sb 明显高外,其他元素含量基本与各种地层一致,而与花岗岩脉不同。区内花岗岩脉的微量元素中 Th、U、Zr、Ni、Co、V、Cu、W、Bi、As、Sb 等含量明显较低。这种差异性反映出,矿石与地层存在一定亲缘性,成矿物



1 细粒黄铁矿及毒砂, 自形毒砂、莓球状黄铁矿呈带状分布于钙质板岩中。



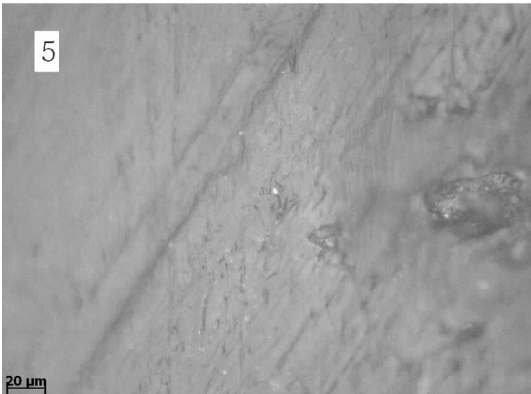
2 粗粒黄铁矿及毒砂分布于石英-方解石脉中, 毒砂交代黄铁矿



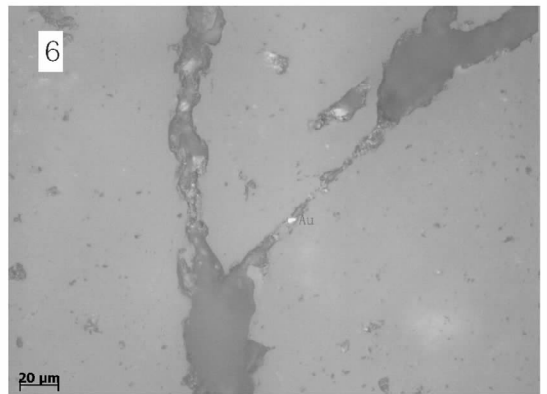
3 毒砂交代黄铁矿, 分布于石英-碳酸盐脉中



4 半自形辉锑矿被黄铜矿和毒砂交代



5 自然金呈角粒状分布于方解石解理裂隙中



6 自然金呈三角状分布于石英颗粒间

图 2 温江寺金矿典型矿石特征

Py—黄铁矿; Ar—毒砂; St—辉锑矿; Ch—黄铜矿; Q—石英; Ca—方解石

Fig.2 Characteristics of typical ores from the Wenjiangsi gold deposit

Py—Pyrite; Ar—Arsenopyrite; St—Stibnite; Ch—Chalcopyrite; Q—Quartz; Ca—Calcite

质主要来源于围岩地层。围岩地层中, 除钙质板岩外, 由泥质板岩→炭质板岩→矿石, As、Sb、Cu、Mo、W 等成矿元素含量有升高趋势。钙质板岩中微量元素含量较高, 可能与碳酸盐化有关。

### 4.3 稀土元素

由于不同类型岩/矿石受蚀变或构造变形作用的影响, 其稀土元素会产生相应的分异作用。温江寺地区含矿与容矿岩系稀土元素分析表明 (表 3), 各

表 1 温江寺金矿石及围岩全岩成分分析结果/%

Table 1 Major elements analyses of ores and host rocks from the Wenjiangsi gold deposit (%)

样品名称	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	烧失量	K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	FeO <sup>T</sup>
矿石(13)	52.72	7.87	1.92	2.00	1.94	1.57	14.75	0.21	14.52	9.12	3.72
钙质板岩(6)	52.60	12.49	1.83	3.42	3.23	2.22	9.72	0.73	9.91	4.43	5.07
炭质板岩(6)	48.05	11.81	2.60	1.95	2.43	1.60	13.49	0.50	15.16	4.90	4.29
泥质板岩(2)	49.30	12.34	3.48	1.55	3.03	1.48	12.12	0.67	14.02	4.52	4.67
花岗岩脉(4)	67.18	12.80	0.97	1.22	3.24	0.61	3.57	3.28	4.08	0.99	2.10

注:测试单位为西北有色地质研究院,分析仪器 ICP-AES;括号中数字为样品数,FeO<sup>T</sup>=FeO+0.9Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

表 2 温江寺金矿石及围岩全岩微量元素分析结果/10<sup>-6</sup>

Table 2 Trace elements analyses of ores and host rocks from the Wenjiangsi gold deposit

样品名称	Th	U	P	Zr	Hf	Ni	Co	V	Ti	Cu	Mo	W	TI	Pb	Zn	Bi	Sn	Cs	As	Sb
矿石(13)	10.9	2.4	382	93	3	21.3	13.4	72	2508	67.3	1.3	5.4	0.3	15.7	77	0.9	1.2	9	2940	1195
钙质板岩(6)	15	1.8	594	141	4.4	31.7	22.1	116	4028	148	1.9	4.1	0.5	12.4	82	3.6	1.5	13.3	3555	117
炭质板岩(6)	12.9	1.3	505	118	4.2	32.4	19.1	94	3599	13.8	0.8	3.6	0.3	12	86	1.4	1.2	15.4	638	32
泥质板岩(2)	19	0.8	589	137	4.5	37.1	16.1	99	3840	16.2	0.7	2.4	0.3	12	106	0.5	1.5	13.9	542	227
花岗岩脉(4)	6.4	2.3	278	51	2.3	7.2	6.8	35	1731	4.5	1.3	1.1	0.2	17.2	80	0.7	1.3	6.7	354	18

注:测试单位为西北有色地质研究院,分析仪器 ICP-MS;括号中数字为样品数。

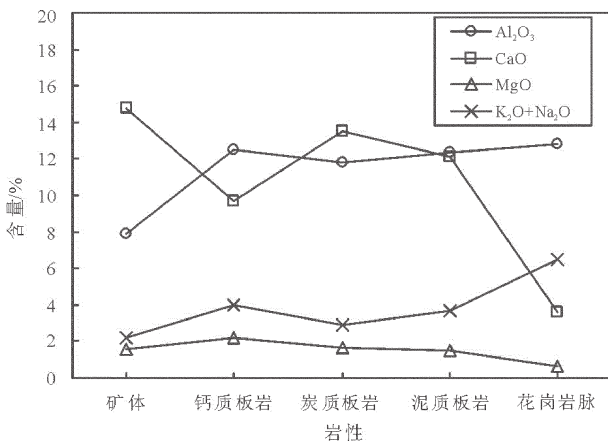


图 3 温江寺金矿不同岩矿石主成分含量特征

Fig.3 Major elements content of ores and host rocks from the Wenjiangsi gold deposit

类岩石稀土总量相对较高,钙质板岩的稀土总量最高,为 $162.4 \times 10^{-6}$ ,其次是泥质板岩和炭质板岩,矿石的稀土总量为 $105.4 \times 10^{-6}$ ,花岗岩脉稀土总量最低,为 $63.6 \times 10^{-6}$ 。从容矿地层到矿石,其 $\Sigma$ REE 逐渐减小,而 $L_{a_N}/Y_{b_N}$  逐渐增大,反映了矿化对稀土元素的改造作用。花岗岩脉的 $\Sigma$ LREE/ $\Sigma$ HREE、 $L_{a_N}/Y_{b_N}$  比值与各类围岩及矿石相差较大,指示脉岩的轻、重稀土分馏程度高,而矿石与各类板岩稀土分馏

程度低。矿石和各类板岩 Eu 亏损明显, $\delta$ Eu 为 0.54~0.88,而花岗岩脉基本无亏损, $\delta$ Eu 为 0.93。从稀土元素配分模式图(图 5)上可以看出,所有样品的稀土配分曲线右倾,为轻稀土富集型,矿石、钙质板岩、炭质板岩和泥质板岩稀土配分模式大致相似,而花岗岩脉明显不同于矿石和赋矿地层,这种特征与西秦岭李坝和八卦庙等金矿床相似<sup>[9]</sup>,而与大水金矿不同,说明矿石和围岩可能有相同的初始来源,指示矿床成矿物质更可能来自围岩而不是岩浆岩。

## 5 讨论

西秦岭地区分布着大量的卡林型或类卡林型金矿,容矿地层主要是泥盆系和三叠系,个别金矿产于震旦系—寒武系、志留系、石炭系中<sup>[1,4-6]</sup>。温江寺金矿赋存于三叠系任家沟组地层中。任家沟组为一套古断陷盆地的浊积岩复理石沉积,有利含金层位为任家沟组第三、四岩性段的钙泥质板岩和含炭钙质板岩。该含矿层位具有较高的 Au-As-Sb-Hg-Pb-Zn 元素地球化学背景值,为矿床形成提供了成矿物质基础。区内岩脉对围岩的热力作用极其微弱,花岗质岩脉基本未使得围岩发生热蚀变,对金矿化作用影响小。而区内韧—脆性剪切变形构造对成矿

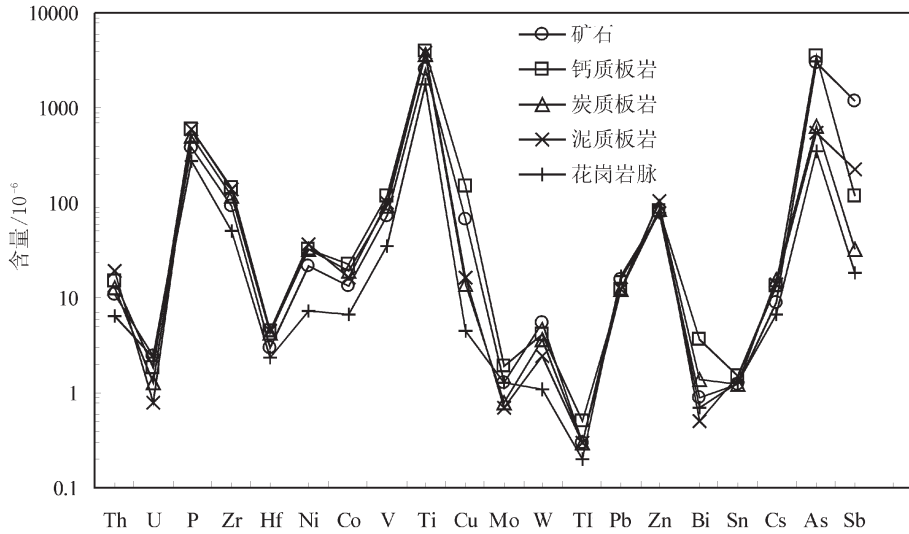


图 4 温江寺金矿不同岩矿石微量元素蛛网图

Fig.4 Trace elements spidergrams of ores and host rocks from the Wenjiangsi gold deposit

表 3 温江寺金矿石及围岩全岩稀土元素分析结果/10<sup>-6</sup>

Table 3 REE analyses of ores and host rocks from the Wenjiangsi gold deposit

样品名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
矿石 (13)	20.86	42.17	5.18	19.46	3.66	0.93	3.84	0.87	3.74	0.93	1.85
钙质板岩 (6)	33.55	67.60	7.97	29.48	5.74	1.01	4.93	0.96	4.81	1.19	2.19
炭质板岩 (6)	27.50	58.55	6.96	24.60	4.68	0.79	4.35	1.02	4.33	1.03	2.10
泥质板岩 (2)	30.55	58.33	7.44	28.63	4.65	1.27	4.16	1.19	4.53	1.28	2.58
花岗岩脉 (4)	13.59	25.53	3.30	12.04	2.27	0.71	2.39	0.37	1.64	0.42	0.73
大水矿石	26.11	42.57	5.06	11.86	3.21	0.54	3.18	0.46	1.42	0.31	0.79
大水岩体	37.82	60.37	8.07	23.68	5.33	1.21	5.10	0.78	2.19	0.47	1.00
样品名称	Tm	Yb	Lu	SREE	LREE	HREE	LREE/HREE	La <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub>	dEu	dCe	
矿石 (13)	0.23	1.32	0.34	105.36	92.25	13.11	7.04	11.31	0.76	0.99	
钙质板岩 (6)	0.39	2.05	0.53	162.41	145.35	17.05	8.52	11.73	0.58	1.01	
炭质板岩 (6)	0.38	1.77	0.45	138.52	123.08	15.43	7.98	11.14	0.54	1.04	
泥质板岩 (2)	0.42	1.99	0.42	147.44	130.87	16.57	7.90	11.01	0.88	0.95	
花岗岩脉 (4)	0.12	0.40	0.08	63.58	57.44	6.15	9.35	24.65	0.93	0.93	
大水矿石 (5)	0.13	0.69	0.11	96.43	89.34	7.09	12.60	27.30	0.51	0.91	
大水岩体 (3)	0.14	0.95	0.13	147.24	136.48	10.76	12.68	28.66	0.71	0.85	

注:测试单位为西北有色地质研究院,分析仪器 ICP-MS;括号中数字为样品数;大水金矿矿石、岩体数据引自闫升好等,2000。

最为重要,控制着矿体的展布。韧-脆性剪切变形作用一方面使得容矿地层发生片理化,使分散于地层中的含金矿化物质活化、迁移、富集成矿;另一方面使得

岩脉发生塑性变形,形成扁豆状、透镜状脉体,并使得其边缘发生绢云母化、方解石化,甚至黄铁矿化。

地球化学分析也证明,区内岩脉对金矿的形成影

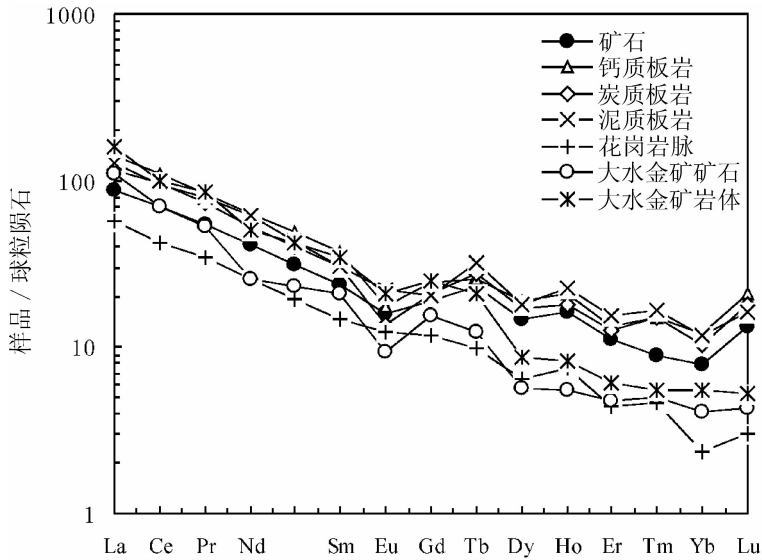


图5 温江寺金矿不同岩矿石稀土元素配分模式图

Fig.5 Chondrite-normalized REE patterns of ores and host rocks from the Wenjiangsi gold deposit

响作用较小。温江寺金矿从矿石到泥质板岩再到花岗岩脉,  $Al_2O_3$  和  $K_2O+Na_2O$  含量逐渐升高, 而  $CaO$  含量、 $K_2O/Na_2O$  具降低趋势; 矿石中  $As$ 、 $Bi$ 、 $Co$ 、 $Ni$ 、 $Cu$ 、 $W$ 、 $V$ 、 $Tu$ 、 $U$  等微量元素含量和  $\Sigma REE$ 、 $LREE/HREE$ 、稀土配分模式与容矿地层相近, 而与花岗岩脉存在较大差别, 说明成矿物质来源与岩浆活动关系不密切, 主要来源于围岩地层。这些地球化学特征与李坝、八卦庙金矿<sup>[9]</sup>相似, 而与甘肃大水金矿不同。大水金矿矿体主要赋存于三叠系白云质灰岩, 其次产于花岗闪长岩脉和灰岩接触带附近, 成矿物质来源与岩浆活动有关<sup>[7-8]</sup>。温江寺金矿岩矿石地球化学分析表明, 该金矿在成矿演化过程中, 含矿热液对容矿岩石具有继承和改造作用。

温江寺金矿床具有明显的中-低温热液成矿特征, 矿区普遍发育方解石、铁白云石、绿泥石、绢云母等低温蚀变矿物, 与金伴生的元素组合为  $Au$ 、 $As$ 、 $Sb$ 、 $Hg$ 、 $Pb$ 、 $Zn$ , 矿化类型以钙质板岩为主; 矿(化)体主要呈扁豆状、透镜状赋存于钙泥质板岩和含炭钙质板岩中, 矿石构造以星点浸染状、微细-细脉状为主, 显示出微细浸染型金矿特征, 与经典卡林型金矿存在不少相似之处<sup>[1,9]</sup>, 但仍有其独特之处。

典型卡林型金矿床主要产于碎屑岩-碳酸盐岩沉积建造、硅质岩建造及海相火山岩建造中, 矿床地质特征具微细浸染状矿石特征, 成矿元素组合为

$Au$ 、 $As$ 、 $Hg$ 、 $Sb$ 、 $Ba$ 、 $Tl$ , 常发育(雌)雄黄和辰砂等典型的低温矿物组合, 载金矿物主要是含砷黄铁矿、毒砂、砷黝铜矿、有机碳, 自然金颗粒粒度为不可见的显微状。温江寺金矿床除成矿元素组合不同外, 矿石中未见(雌)雄黄等低温矿物, 载金矿物主要是石英、方解石、含砷黄铁矿, 矿石中金呈显微级, 肉眼有时可见明金。

初步的矿床地质与矿床地球化学研究认为, 温江寺金矿成矿物质主要来自围岩地层, 成矿作用与区内韧-脆性剪切构造密切, 矿床具有三叠系容矿的微细浸染型金矿或类卡林型金矿的特征。

## 6 找矿分析

三叠纪地层是中国重要的含金层位之一, 在滇、黔、桂地区已发现众多赋存于三叠纪地层中的卡林型或类卡林型金矿。西秦岭地区三叠纪地层主要分布于甘肃合作-岷县以南及甘肃两当县至陕西凤县温江寺地区, 以巨厚陆相碎屑岩为特征。目前, 甘肃地区三叠纪地层中已发现大水大型金矿及贡北、忠曲、泰山乡等中-小型微细浸染型金矿多处。相比而言, 相邻区域陕西西部三叠纪地层中金矿找矿长期以来基本无重大突破。温江寺金矿的发现, 即是在该三叠纪地层中找金突破, 它与甘肃两当县泰山乡金矿及玛曲地区大水-忠曲金矿共同构成了西秦岭三

叠系金矿带,它的发现给人们带来了新的找矿方向和思路,指示西秦岭三叠系金矿带有东延的可能,指示陕西凤县地区三叠纪地层寻找微细浸染型金矿潜力较大。

温江寺地处西秦岭东部酒奠梁—江口断裂和瓦房坝—江口断裂之间,并与嘉陵江北东向隆起断裂带交汇,区内东西向和北东向断裂发育,韧性剪切带内角砾岩、糜棱岩、揉皱带发育,蚀变强烈,成矿条件好。温江寺地区金矿化地球化学背景值高,区内钙泥质板岩和含炭钙质板岩是主要含矿岩层,为金矿的形成提供了成矿物质条件;区内东西向和北东向韧—脆性剪切构造为矿液的形成提供了热源和就位空间,控制了矿体的展布。因此,钙泥质板岩、含炭钙质板岩和东西向及北东向构造带,是区内有利的找矿岩性段和找矿部位,特别是两组构造带内的钙泥质板岩、含炭钙质板岩岩性段,找矿潜力最好。

温江寺金矿位于罗家河—蜜蜂场复式向斜北翼,矿床具微细浸染型或类卡林型金矿特征,矿体受韧—脆性剪切构造控制。韧—脆性剪切构造是深部构造变形的产物,因此,矿(化)体向深部有一定延伸性,深部具有找矿潜力<sup>[10]</sup>。

此外,矿区西部南家关—万家窑地段、谷家庄北部地区及矿区西北部马家沟门地段,化探异常较好,东西向和北东向剪切构造发育,目前尚未进行工程验证,是找矿有利地段。

## 参考文献(References):

- [1] 张复新,肖丽,齐亚林.卡林型—类卡林型金矿床勘查与研究回顾及展望[J].中国地质,2004,31(4):406-412.  
Zhang Fuxin, Xiao Li, Qi Yalin. Exploration and study of Carlin and carlin-like type gold deposit: review and prospect [J]. Geology in China, 2004, 31(4):406-412(in Chinese with English abstract).
- [2] 袁旭东,原莲肖.温江寺金—锑矿物质组分与成矿条件研究[R].2009:8-11.  
Yuan Xudong, Yuan Lianxiao. Study on Au-Sb Compoment and Metallogenetic Conditions of Wenjiangsi Gold Deposit [R]. 2009: 8-11 (in Chinese).
- [3] 韦龙明,卢汉堤,刘东升,等.卡林型金矿床稀土元素地球化学[J].矿产与地质,1995,6(9):487-492.

- Wei Longming, Lu Hanti, Liu Dongsheng, et al. REE geochemistry characteristics of calin type gold deposit [J]. Mineral resources and geology, 1995, 6(9):487-492(in Chinese).
- [4] 张复新,季军良,龙灵利,等.南秦岭卡林型—似卡林型金矿床综合地质地球化学特征[J].地质论评,2001,47(5):492-499.  
Zhang Fuxin, Ji Junliang, Long Lingli, et al. Comparative features of carlin-para-carlin type gold deposits in the south Qinling and gold deposits in other areas[J]. Geology Reviews, 2001, 47(5):492-499 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王靖华,张复新,于在平,等.秦岭金属矿床成矿系列与大陆造山带构造动力学背景[J].中国地质,2002,29(9):192-196.  
Wang Jinghua, Zhang Fuxin, Yu Zaiping, et al. Minerogenetic series of ore deposits in the Qinling Mountains and tectonodynamic background of the continental orogenic belts [J]. Geology in China, 2002, 29(2): 192-196(in Chinese with English abstract).
- [6] 刘学飞,王庆飞,杨立强,等.秦岭与滇黔桂地区卡林型金矿地质与地球化学特征[J].地质科技情报,2008,27(3):51-60.  
Liu Xuefei, Wang Qingfei, Yang Liqiang, et al. Geological and metallogenic features of carlin type gold deposits in Qinling and Dianqiangui areas, China [J]. Geological Science and Technology Information, 2008, 27(3):51-60(in Chinese with English abstract).
- [7] 闫升好,王安建,高兰,等.大水式金矿床稳定同位素、稀土元素地球化学研究[J].矿床地质,2000,19(1):37-45.  
Yan Shenghao, Wang Anjian, Gao Lan, et al. REE geochemistry and implications of stable isotopes in Dashui type gold deposits [J]. Mineral Deposits, 2000, 19 (1):37-45 (in Chinese with English abstract).
- [8] 陈国忠,王启航,李凤义,等.西秦岭大水式金矿含金硅质岩地质地球化学特征及成因[J].甘肃科技,2006,22(4):84-88.  
Chen Guozhong, Wang Qihang, Li Fenyi, et al. Geochemistry characteristics and genesis of Au-bearing siliceous rock of Dashui type gold deposit in the west Qinling [J]. Gansu Science and Technology, 2006, 22(4):84-88(in Chinese).
- [9] 张复新,侯俊福,张存旺,等.甘肃阳山超大型卡林—类卡林型复合式金矿床特征[J].中国地质,2007,34(6):1062-1072.  
Zhang Fuxin, Hou Junfu, Zhang Cunwang, et al. Characteristics of the superlarge Yangshan Carlin and Carlin-like compound type gold deposit in Gansu [J]. Geology in China, 2007, 34 (6):1062-1072 (in Chinese with English abstract).
- [10] 袁旭东,张复新.陕西省凤县温江寺及其周边地区三叠系金矿化特征、控矿因素及成矿预测研究[R].2010:7-50.  
Yuan Xudong, Zhang Fuxin. Study on Au Mineralization features, Ore-control Factors and Metallogenetic Prediction of Triassic Stratum in Wenjiangsi and Neighbouring Area, Shaanxi Province [R]. 2010:7-50 (in Chinese).



## Geological and geochemical characteristics and prospecting work of the Wenjiangsi gold deposit, Fengxian County, Shaanxi Province

DAI Jun-zhi<sup>1</sup>, YUAN Xu-dong<sup>2</sup>, CHEN Shao-xun<sup>3</sup>, LI Yong-qin<sup>1</sup>, YUAN Lian-xiao<sup>4</sup>,  
WANG Tao<sup>1</sup>, GUO Lu<sup>1</sup>, LIU Li-xia<sup>1</sup>, JIANG Rui<sup>1</sup>

(1. Northwest Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. No. 717 Geological Party, Northwest Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Baoji 721015, Shaanxi, China;

3. The Comprehensive Geological Team of Shaanxi Geology and Mineral Resources Exploration and Mining Bureau, Weinan 714000, Shaanxi China; 4. Northwest Geological Institute for Nonferrous Metals, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** The Wenjiangsi ore deposit in the eastern extension of the West Qinling orogenic belt is a newly-discovered gold deposit hosted in a Triassic (carbon-bearing) calcareous slate sequence. Lenticular ore bodies and ore spots are characterized by disseminated mineralization with Au-As-Sb-Hg-Pb-Zn low-temperature assemblages. From the ore and argillaceous slate to granite veins,  $Al_2O_3$  and alkaline components ( $K_2O + Na_2O$ ) increase, accompanied by decreasing of CaO and  $K_2O/Na_2O$ . Trace elements (e.g., As, Bi, Co, Ni, Cu, W, V, Tu and U) and REE patterns ( $\Sigma REE$ , LREE/HREE) of disseminated ores are similar to those of hosted calcareous slates, indicating that metals were derived from hosting strata instead of from magmatic intrusions. The discovery of the Wenjiangsi gold deposit makes it possible for further eastward extension of the West Qinling Triassic sequence.

**Key words:** Wenjiangsi gold deposit; calcareous slate; carbonaceous slate; geochemistry; disseminated mineralization

---

**About the first author:** DAI Jun-zhi, male, born in 1978, doctor, engages in mineral deposit exploration management and research; E-mail: daijunzhi@163.com.