

# 西秦岭泥盆系 Au 背景值的确定、元素地球化学特征及地质意义

冯建忠<sup>1</sup> 汪东波<sup>2</sup> 王学明<sup>3</sup>

(1. 北京矿产地质研究院, 北京 100012; 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;  
3. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037)

**摘要:** 根据地层地球化学研究, 秦岭地区 Au 背景值为  $2.9 \times 10^{-9}$ , 从西到东, 自礼岷→文康→西成→凤太→板沙→镇旬→柞山地区金含量逐渐降低。凤太盆地、西成盆地、礼岷盆地泥盆系金背景值分别为  $3.1 \times 10^{-9}$ 、 $3.2 \times 10^{-9}$ 、 $4.7 \times 10^{-9}$ , 为重要的金多金属地球化学成矿区。金在地层中的分布受岩性和沉积环境的控制, 泥盆系是本区金成矿的矿源层, 其中千枚岩、板岩、片岩、粉砂岩是金矿的重要源岩。与其他沉积盖层相比, 秦岭中上泥盆统富集 Au、Ag、Cu、Co、Ni、Cr、Pb、Zn。与上地壳丰度对比, Au、As、Sb、Ag、Co、Ni、Cr、V、Pb、Zn 较富集。泥盆系中发育热水沉积岩, 含 Au 较高。研究表明, 在热水沉积中 Au 发生了预富集作用, 沿海底同生断裂发育的钠质热水沉积过程中 Au 富集形成了矿源层。

**关键词:** 秦岭; 泥盆系; 背景值; 热水沉积岩; 预富集

**中图分类号:** P595 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2005)01-0100-07

地层中元素背景值为确定某一地区地质体、岩石、矿物中元素的富集程度提供了可以对比、参考的标准。但不同的地质单元地质背景不同, 某一地区地层应该有他自己的元素背景值。相对于异常值而言, 背景值为成岩后未受后期热液改造的地层的平均含量。背景值的确定不但对于异常的圈定和找矿, 而且对于成矿理论研究有实际意义, 为研究某区域内元素的富集和贫化, 元素的空间变化提供了可供对比的依据。

## 1 秦岭泥盆纪沉积盆地

元素的含量、分布、迁移与特定的地质环境有关。所以, 对于秦岭这样一个多期次碰撞造山带, 应该分区研究和对比才能得出比较客观的结果。

秦岭泥盆系是金、铅锌矿重要的赋矿层位, 其中分布有重要的金、铅锌矿床, 构成了秦岭大型-超大型金、铅锌成矿带的主体。秦岭泥盆纪盆地由凤(县)太(白)盆地、西(和)成(县)盆地、礼(县)岷(县)盆地、文(县)康(县)盆地、镇(安)旬(阳)盆地、榨(水)山(阳)盆地<sup>[1]</sup>组成(图 1)。

根据以上特点, 本次取样的原则是: 岩石出露较好、各岩性段、各类岩石出露较全的地区作为取样剖面; 远离矿床、矿化点; 远离岩体, 剖面选在脉岩、石英碳酸盐脉不发育地区,

取样点刨去地表氧化岩石面, 采集较新鲜的岩石, 在取样面上均匀连续拣块取样; 每个取样点都取 2 套样品, 组合样和薄片标本。

所采样品大部分进行了显微镜下薄片观察和研究。根据本区地质构造特点, 要反映沉积作用、基底的影响、变质作用、热液作用的影响。选取了 Co、Ni、V、Cr、Cu、Pb、Zn、Sr、Ba、Bi、Cu、Zn、Au、Pb、As、Sb、Hg、B、As、Hg 为分析元素, 测试工作由西北有色地质研究院完成。其中 Cu、Pb、Zn 分析方法为等离子体光谱法(DCP-AES), As、Sb、Bi、Hg 分析方法为原子荧光法(HG-AFS), Au 分析方法为石墨炉原子吸收法, Ag 分析方法为火焰原子吸收法, W、Mo 分析方法为极谱法。

## 2 秦岭造山带泥盆系 Au 背景值

秦岭造山带金矿和铅锌矿主要赋存在泥盆系浅变质细碎屑岩-碳酸盐岩建造中。在凤太、西成、礼岷、文康、镇旬、柞山、板沙盆地 20 条剖面采样 249 件。分析结果经数理统计, 按均值加减方差的 2 倍的方法去掉最大值和最小值两次处理。参加背景值计算的数据共 223 件。数据服从对数正态分布, Au 均值为  $2.9 \times 10^{-9}$ , 方差为 1.78。90% 的样品 Au 含量在  $0.6 \times 10^{-9}$ ~ $6 \times 10^{-9}$  之间。根据对分析结果的数学处理, 得出秦

收稿日期: 2003-04-25; 改回日期: 2004-05-08

基金项目: 国家重点基础研究项目(G1999043213)和国家科技攻关项目(96-914-01-04)联合资助。

作者简介: 冯建忠, 男, 1960 年生, 博士, 教授级高级工程师, 从事矿床地质和地球化学研究工作; E-mail: fjz@bigm.com.cn。

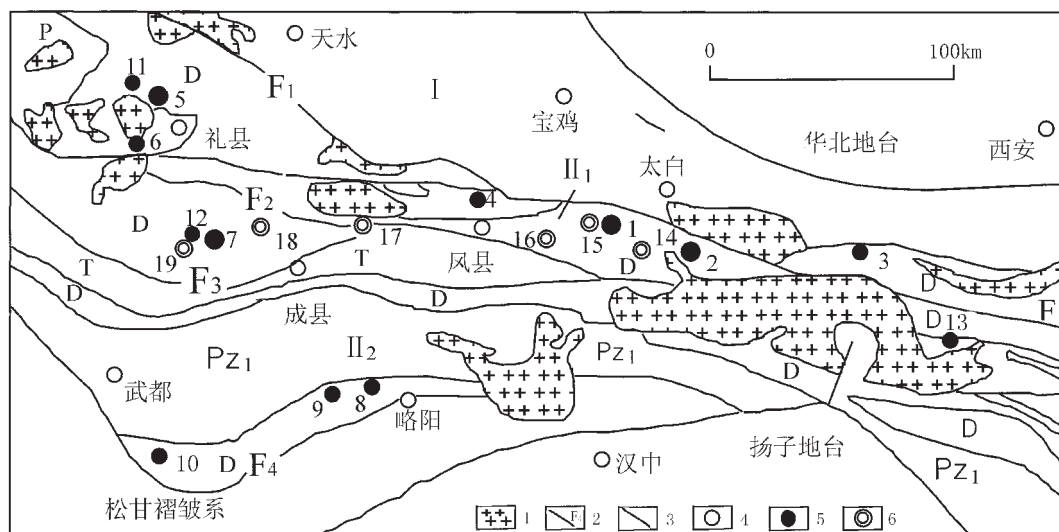


图 1 西秦岭地区地质和主要金矿床分布略图

- 1—花岗岩;2—断裂;3—地层界线;4—县城;5—金矿床;6—铅锌矿床。T—三叠系;P—二叠系;D—泥盆系;Pz<sub>1</sub>—下古生界;  
 $\gamma\gamma$ —二长花岗岩;F<sub>1</sub>—商州—丹凤断裂带;F<sub>2</sub>—礼县—山阳断裂带;F<sub>3</sub>—临潭—镇安断裂带;F<sub>4</sub>—略阳—玛曲断裂带;  
 I—北秦岭褶皱带;II<sub>1</sub>—南秦岭褶皱带北亚带;II<sub>2</sub>—南秦岭褶皱带南亚带;金矿床:1—八卦庙;2—双王;3—马鞍桥;  
 4—庞家河;5—李坝;6—金山;7—小沟里;8—煎茶岭;9—尚家沟;10—联合村;11—赵沟;12—三羊坝;  
 13—正河;铅锌矿床:14—银母寺;15—八方山;16—铅硐山;17—洛坝;18—厂坝—李家沟;19—邓家山

Fig.1 Geological sketch map of the West Qinling showing distribution of major gold deposits.

- 1—Granite;2—Fault;3—Stratigraphic boundary;4—County seat;5—Gold deposit;6—Lead-zinc deposit. T—Triassic;  
 P—Permian;D—Devonian;Pz<sub>1</sub>—Lower Paleozoic; $\gamma\gamma$ —Monzogranite;F<sub>1</sub>—Shanzhou—Danfeng fault;F<sub>2</sub>—Lixian—Shanyang fault;  
 F<sub>3</sub>—Lintan—Zhen'an fault;F<sub>4</sub>—Lueyang—Maqu fault;I—North Qinling fold belt;II<sub>1</sub>—Northern subbelt of the South Qinling fold belt;  
 II<sub>2</sub>—Southern subbelt of the South Qinling fold belt. Gold deposit:1—Baguamiao;2—Shuangwang;3—Maanqiao;  
 4—Pangjiahe;5—Liba;6—Jinshan;7—Xiaogouli;8—Jianchaling;9—Shangjiagou;10—Lianhecun;11—Zhaogou;12—Sanyangba;  
 13—Zhenghe;Pb—Zn deposits:14—Yinmusi;15—Bafangshan;16—Qiandongshan;17—Luoba;  
 18—Changba—Lijiagou;19—Dengjiashan

岭造山带金的背景值为  $2.9 \times 10^{-9}$ 。

### 3 各沉积盆地泥盆系 Au 背景值

凤太盆地金矿主要赋存在上泥盆统星红铺组铁白云石千枚岩、钙质千枚岩、绿泥石千枚岩中,为钠质热水喷流岩型建造。铅锌矿主要赋存在中统古道岭组灰岩和星红铺组碎屑岩之间,为硅质热水喷流岩型建造。主要容矿岩性为硅质灰岩、泥灰岩、钙质条带千枚岩、钙质粉砂岩<sup>[4]</sup>。在太白—二郎坝、白云—江口两条地质地球化学剖面采集样品 27 件,获得 Au 背景值为  $3.1 \times 10^{-9}$ ,标准方差为 1.97,Au 服从对数正态分布。陕西双王地区金背景值为  $3.3 \times 10^{-9}$ <sup>[9]</sup>,与本文确定的凤太地区泥盆系金的背景值基本一致。

西成盆地泥盆系下统吴家山组为片岩类、大理岩类、变砂岩类,中统下部为安家岔组和上部西汉水组,为碎屑岩系和碳酸盐岩建造。上统洞山组为千枚岩、砂岩、灰岩等。根据歇台寺—邓家山、安家岔—花桥、二郎—菜子坪 3 条地质地球化学剖面分析 46 件样品,获得 Au 均值为  $3.2 \times 10^{-9}$ ,方差

为 0.89。分析结果如表 1 所示,砂岩含金最高,为  $3.6 \times 10^{-9}$ ,片岩千枚岩含金  $3.0 \times 10^{-9}$ ,大理岩含金最低,为  $2.9 \times 10^{-9}$ 。其他元素如 Pb、Zn、As、Sb、Bi、Cu 含量从粉砂岩类→千枚岩、片岩→灰岩大理岩也相应降低。

礼岷盆地泥盆系以舒家坝组为主,其次为西汉水组。舒家坝组为具复理石特征的碎屑岩夹碳酸盐岩沉积建造,为板岩、粉砂质板岩、钙质板岩夹砂质泥灰岩。西汉水组为浅变质碎屑碳酸盐岩沉积建造,具类复理石特征,为砂质千枚岩、薄层灰岩。大庄里、酒店—姜坪两条地质地球化学剖面采集样品 24 件,获得 Au 背景值为  $4.7 \times 10^{-9}$ ,标准方差为 1.34。按岩性划分为 3 类:砂岩、千枚岩、板岩。砂岩含金  $5.2 \times 10^{-9}$ ,千枚岩  $5 \times 10^{-9}$ ,板岩  $4.2 \times 10^{-9}$ ,按砂岩→千枚岩→板岩的顺序相应降低,其他多数金属元素含量也相应降低。

文康盆地出露地层主要为中泥盆统三河口组一套巨厚浅海相碎屑岩—泥质岩—碳酸盐岩沉积建造。岩性为砂质或碳质板岩、灰岩、粉砂质泥质或碳质千枚岩、粉砂质板岩等,局部出现云母石英片岩、岩屑杂砂岩等。文县窰家坝—张家

坝、刘家村—河口、麻崖子—琵琶寺、康县中庄—寺沟里 4 条剖面采集样品 56 件, 获得 Au 背景值  $4.1 \times 10^{-9}$ , 方差为 1.92。按金含量从大到小依次为砂岩 ( $4.7 \times 10^{-9}$ )→千枚岩 ( $4.4 \times 10^{-9}$ )→板岩 ( $4.2 \times 10^{-9}$ )→片岩 ( $4.1 \times 10^{-9}$ )→灰岩 ( $3.4 \times 10^{-9}$ ) (表 1)。其他元素如 Zn、As、Co、Cr、V、Ni、B 含量也相应降低。

柞(水)山(阳)盆地地层主要为中、上泥盆统变砂岩、板岩、千枚岩及少量结晶灰岩, 沉积纹层及韵律发育。红岩寺—杏坪、凤镇—马耳峡、磨沟峡—二台子公路 3 条剖面采集样品 36 件, 获得 Au 背景值  $1.3 \times 10^{-9}$ , 方差为 0.36。按 Au 含量从大到小的顺序, 岩性依次为板岩(1.4)→粉砂岩(1.3)→千枚岩(1.2)→大理岩类(1.2)。千枚岩和砂岩中许多金属元素如 As、Sb、Ag 等与金关系密切的金属含量较高。

在镇(安)旬(阳)盆地大磨沟—南羊山、旬阳—镇安、色河铺—黑山 3 条剖面采集 28 件样品, 获得 Au 背景值为  $1.1 \times 10^{-9}$ , 方差为 0.4。含量从大到小依次为砂岩 ( $1.9 \times 10^{-9}$ )、片岩 ( $1.7 \times 10^{-9}$ )、大理岩 ( $1 \times 10^{-9}$ ), 其他金属元素含量也相应降低 (表 1)。

板沙盆地位于凤太盆地与柞山盆地之间, 裸露地层主要为泥盆系, 据 3 条地质地球化学剖面研究, 获得 Au 背景值

为  $1.82 \times 10^{-9}$ , 方差为 0.55。

#### 4 Au 及微量元素在不同岩性中的分布特点

金在不同岩性中的含量按从大到小的顺序依次为板岩→片岩→砂岩、千枚岩→大理岩(表 2)。在砂岩中, 一般由粗粒砂岩到粉砂岩, Au 含量逐渐升高, 尤其在泥质粉砂岩和碳质粉砂岩中含量最高。除碳酸盐岩外, 岩石中的 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 成矿元素都高于南秦岭沉积盖层。本区中上泥盆统不同岩性元素相对于沉积盖层 Au 克拉克值的富集系数, 片岩、板岩、千枚岩、砂岩的富集曲线形态一致(图 2)。以上分析结果基本代表了未受后期热事件影响的地层的原始金含量, 认为所确定的背景值是可信的。金在板岩、千枚岩、片岩中的含量略高于砂岩, 反映变质作用对金有一定的富集作用。与南秦岭沉积盖层相比, 秦岭中上泥盆统富集 Au、Ag、Cu、Co、Ni、Cr、Pb、Zn。

#### 5 秦岭泥盆系地层微量元素空间变化特征

秦岭造山带从西到东, 自礼岷→文康→西成→凤太→板沙→镇旬→榨山地区金含量逐渐降低, 其他金属元素也明

表 1 秦岭造山带不同沉积盆地中上泥盆统元素含量 (Au:  $10^{-9}$ , 其他:  $10^{-6}$ )  
Table 1 Element contents (Au:  $10^{-9}$ ; other elements:  $10^{-6}$ ) of the Mid-Upper Devonian in different sedimentary basins of the Qinling orogen

盆地或地区	岩性	Au	As	Sb	Bi	Hg	Ag	Sr	Ba	B	Cu	Co	Ni	Cr	V	Pb	Zn
凤太	片岩千枚岩	3.2	4.47	0.52	0.43	0.02	0.07	200	415	23	49.6	24.5	61.4	135.4	181.7	25.6	90.6
	砂岩类	3.0	2.10	0.54	0.25	0.02	0.07	199	350	23	23.2	17.5	41.2	82.6	119.2	24.2	69.4
	大理岩	1.3	1.30	0.26	0.22	0.25	0.14	133	651	5	10.0	7.3	12.0	30.0	69.0	25.0	49.0
西成	砂岩	3.6	15.7	2.54	0.38	0.03	0.34	109	476	32	56.1	20.4	57.7	50.1	105.7	55.0	69.5
	千枚岩	3.0	9.06	1.89	0.35	0.03	0.18	105	554	35	26.3	20.3	58.4	40.1	126.8	45.0	88.9
	灰岩	2.9	7.23	2.14	0.25	0.04	0.23	395	144	16	13.2	22.0	105.3	51.4	104.0	27.9	40.6
礼岷	砂岩	5.2	62.6	4.90	0.23	0.03	1.02	336	467	15	41.5	16.0	39.0	43.5	55.5	50.0	31.0
	板岩	4.2	35.9	2	0.35	0.03	0.30	204	650	50	27.2	24.4	59.6	49.4	162.8	35.6	139.
	千枚岩	5	76	18.4	0.26	0.02	0.31	130	472	56	27.5	27.5	101	14.5	150.5	47	134.
文康	砂岩	4.7	11.4	1.16	0.40	0.18	0.28	187	543	61	24.5	20.0	29.5	49.0	103.8	43.7	83.0
	板岩	4.2	9.80	1.72	0.37	0.05	0.16	828	464	54	25.4	21.8	32.8	66.8	146.3	33.8	93.0
	千枚岩	4.4	13.1	1.18	0.49	0.06	0.18	319	718	73	27.0	20.5	31.6	77.2	164.8	37.0	96.4
	片岩	4.1	9.60	1.26	0.16	0.17	0.62	571	500	61	35.0	27.0	26.5	65.0	131.0	25.5	133.
榨山	灰岩	3.4	4.75	1.03	0.22	0.05	0.15	602	208	46	16.9	20.4	23.6	38.6	93.7	31.2	76.4
	千枚岩	1.2	6.21	1.18	0.65	0.07	0.06	122	530	59	26.7	16.2	44.4	108.5	143.4	24.5	78.0
	砂岩类	1.2	8.40	0.79	0.14	0.08	0.07	59	373	25	10.8	10.1	24.7	57.4	65.7	20.1	41.6
	板岩类	1.4	3.02	0.48	0.46	0.04	0.06	134	404	32	27.2	15.5	43.2	97.8	92.2	17.1	83.1
镇旬	大理岩	1.1	4.37	0.63	0.29	0.09	0.06	184	249	42	17.3	12.6	24.7	68.8	88.7	24.8	47.8
	板岩	0.8	1.18	0.38	0.18	0.07	0.07	850	147	16	7.9	7.1	18.5	62.0	52.0	22.5	72.5
	千枚岩	1.2	3.98	0.46	0.23	0.11	0.07	277	138	27	12.6	10.0	28.1	65.8	83.5	25.7	66.7
	灰岩	0.7	4.93	1.08	0.13	0.11	0.04	270	144	9	15.2	9.6	25.1	50.8	72.1	26.7	55.5
板沙	砂岩	0.8	4.30	0.54	0.10	0.02	0.08	121	191	32	64.0	11.0	41.0	55.0	57.0	25.0	67.0
	片岩	1.7	0.92	0.25	0.31	0.07	0.09	241	478	33	27.3	20.0	59.0	109.9	97.8	45.4	81.8
	砂岩	1.9	1.19	0.33	0.10	0.03	0.10	67	641	22	11.7	10.2	25.3	52.6	63.6	19.6	53.3
	大理岩	1.0	0.49	0.22	0.28	0.12	0.17	377	201	5	10.0	10.0	30.0	39.0	60.0	36.0	41.0

注: 由西北有色地质研究院测试。

表 2 秦岭造山带中上泥盆统不同岩性含金量性 (Au: 10<sup>-9</sup>, 其他: 10<sup>-6</sup>)  
Table 2 Au contents (Au: 10<sup>-9</sup>; other elements: 10<sup>-6</sup>) in different rocks of the  
Mid-Upper Devonian of the Qinling orogen

岩性	Au	As	Sb	Bi	Hg	Ag	Sr	Ba	B	Cu	Co	Ni	Cr	V	Pb	Zn
板岩 (26件)	3.1	10.6	1	0.35	0.04	0.16	565	463	40.7	24.0	19.4	39.6	70.4	131	28.6	99
片岩 (27件)	3.1	3.90	1	0.38	0.06	0.23	283	555	31.4	33.1	19.2	31.4	62.8	121	27.7	94
砂岩 (33件)	2.8	13.1	1.5	0.26	0.06	0.23	134	418	31.2	29.7	15.7	37.7	57.8	89	34.7	59
千枚岩 (64件)	2.8	10.9	1.8	0.41	0.05	0.14	203	509	50	28.6	20.3	51.2	82.4	150	35.4	89
碳酸盐岩 (47件)	2.1	5.08	1.1	0.22	0.07	0.15	357	177	25.7	14.8	15.3	45.1	52.2	86	27.5	52
南秦岭沉积盖层 <sup>④</sup>	1.7					0.11	162	395		18	8	22	49	90	23	54

注:由西安有色地质研究所测试。

表 3 不同沉积盆地泥盆系微量元素组成 (Au: 10<sup>-9</sup>, 其他: 10<sup>-6</sup>)  
Table 3 Contents (Au: 10<sup>-9</sup>; other elements: 10<sup>-6</sup>) of trace elements in the Devonian  
of different sedimentary basins in the Qinling

地区	Au	As	Sb	Bi	Hg	Ag	Sr	Ba	B	Cu	Co	Ni	Cr	V	Pb	Zn
礼 岷	4.7	41.6	5.21	0.31	0.03	0.51	212	584	38.6	30.6	22.3	60	45	132	42.4	109.3
文 康	4.1	9.35	1.27	0.37	0.07	0.22	497	514	60.2	25.7	21.6	31	67	139	35.7	92.4
西 成	3.2	9.44	2.12	0.31	0.03	0.21	183	390	29.3	27.4	20.2	73	47	114	40.8	69.6
凤 太	3.1	3.72	0.52	0.37	0.03	0.08	193	432	22.1	39.6	22.1	54	117	160	25.4	80.9
板 沙	1.8	0.96	0.28	0.25	0.06	0.09	196	530	30.5	23.0	17.9	51	96	91	39.4	73.6
榨 山	1.3	5.45	0.86	0.39	0.07	0.06	124	381	38.4	19.1	13.7	34	82	95	22.4	60.2
镇 旬	1.1	3.83	0.67	0.18	0.09	0.06	323	161	19.9	16.3	10.5	34	69	71	25.2	61.6
上地壳 <sup>①</sup>	1.8	1.51	0.2	0.19	0.08	0.05	350	550		25	10	20	35	60	20	71
秦岭上地壳 <sup>④</sup>	0.9					0.07	216	507		27	13	24	54	95	28	61
南秦岭沉积盖层 <sup>④</sup>	1.7					0.11	162	395		18	8	22	49	90	23	54
南秦岭上地壳 <sup>④</sup>	1.3					0.08	195	485		29	13	25	61	100	23	62

注:由西安有色地质研究所测试;①据黎彤,1976。

显降低(图 3,表 3)。各盆地元素对于上地壳 Au 克拉克值富集系数(图 4)与上地壳相比,除镇旬和榨山地区外,其他地区泥盆系富集的元素有 Au、Ag、As、Sb、Co、Ni、Cr、V、Pb、Zn,贫化的元素有 Hg、Sr、Ba、Cu,与上地壳含量相当。不同盆地元素相对于上地壳的富集程度有明显的差异。在图 4 中,有 3 个峰,代表 3 组较上地壳富集的元素,这些元素是 Au、As、Sb、

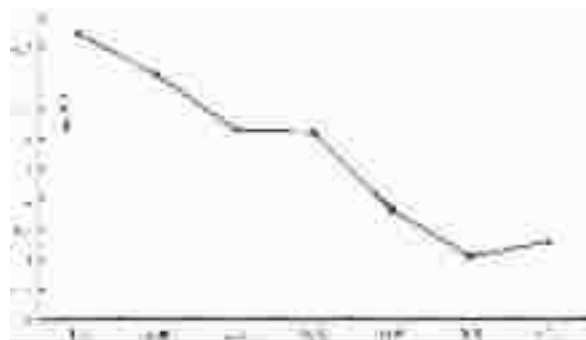


图 3 各盆地泥盆系金平均含量变化(西→东)

Fig. 3 Variation in average gold contents in the Devonian of various basins (from west to east)

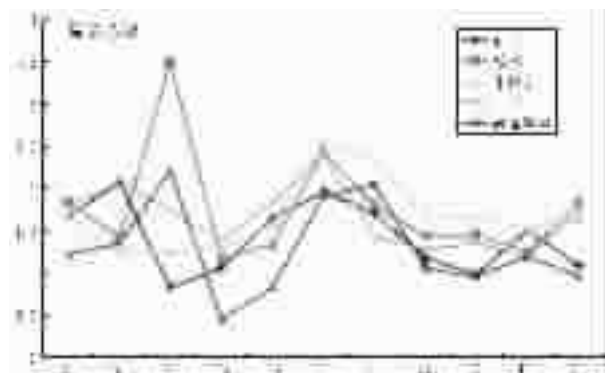


图 2 不同岩性对于南秦岭沉积盖层微量元素富集系数曲线图

Fig. 2 Enrichment coefficient curves of various rocks vs. Au and other trace elements in the sedimentary cover of the South Qinling

Ag、Co、Ni、Cr、V、Pb、Zn。曲线上低值段代表相对于上地壳贫化的元素,他们是 Hg、Sr、Ba、Cu,地层中元素的富集特征与区域上的成矿元素是一致的。西秦岭造山带成矿以 Au、Pb、Zn、Sb 等为主。其中 Co、Ni、Cr、V 反映基底基性元素,本区在泥盆纪沉积盆地周边志留纪等老地层中有 V、Ni 矿和蛇纹岩矿床。

不同地区元素富集程度不同,从凤太、礼岷、西成、文康地区到榨山、镇旬地区,富集元素越来越少,贫化的元素越来

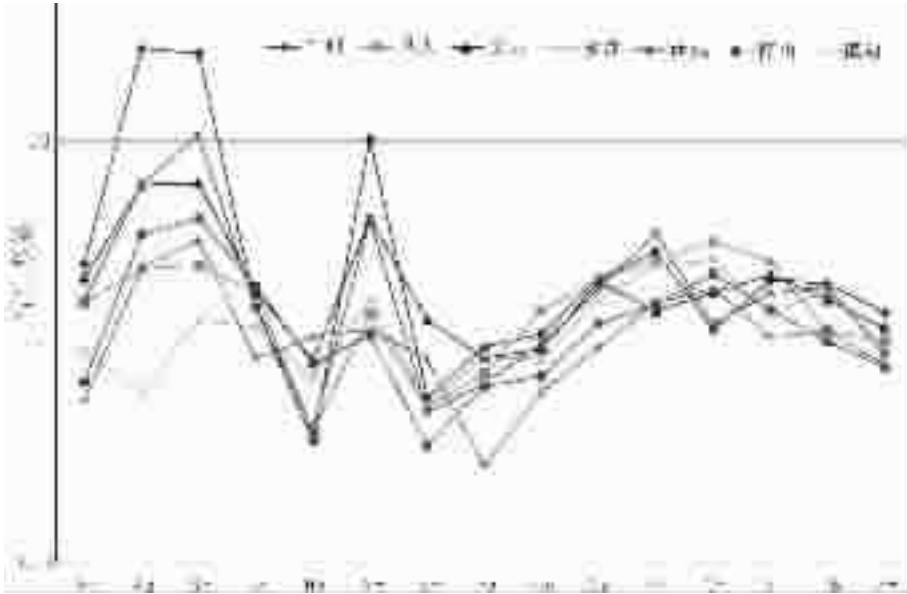


图 4 元素对于上地壳元素丰度的富集系数曲线

Fig. 4 Enrichment coefficient curves of elements vs. element abundances in the upper crust

表 4 秦岭造山带泥盆系地层中微量元素对于上地壳的富集特征  
 Table 4 Enrichment features of trace elements in the Devonian of the Qinling orogen vs. those in the upper crust

地区	富集元素(富集系数>2.0)	较富集元素(富集系数 1.2~2.0)	贫化元素(富集系数<0.9)
礼岷	Au, As, Sb, Ag, Co, Ni, V, Pb	Cu, Cr, Zn	Sr, Hg
文康	Au, As, Sb, Ag, Co, V	Sr, Ni, Cr, Pb, Zn	
西成	As, Sb, Ag, Co, Ni, Pb	Au, Bi, Cr, V, Pb	Hg, Sr, Ba
凤太	As, Sb, Co, Ni, Cr, V	Au, Bi, Cu, Ag, Cu, Pb	Hg, Ba, Sr
板沙	Ni, Cr	Sb, Bi, Ag, Co, V, Pb	As, Hg, Sr
柞山	As, Sb, Bi, Cr	Ag, Co, Ni, V	Au, Hg, Sr, Ba, Cu, Zn
镇旬	As, Sb, Cr	Ag, Ni, Pb	Au, Ba, Cu, Zn

越多(表 4)。金矿床(点)分布集中盆地的明显特征是 3 类元素较富集;基性元素(亲铁元素)、浅成低温元素、贱金属元素。

## 6 泥盆纪热水沉积期金预富集与矿源层的形成及成矿意义

秦岭地区不但在铅锌矿床中发育热水沉积岩,而且在金矿床中热水沉积岩也同样发育,由钠长石岩、硅质岩、铁碳酸盐,构成一套钠质热水沉积系列。容矿岩石富含石英、钠长石、铁白云石、绢云母,见有重晶石、电气石,共生金属硫化物为黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、银黝铜矿等。钠长石为碎屑状,与石英、方解石为共结关系,是典型的热热水沉积产物,属于一套热水沉积的矿物组合。

铅锌矿产在硅质喷流岩中,金矿产在钠质喷流岩中。金矿与铅锌矿空间分布有一定的规律,即上金下铅锌,或者金矿产在铅锌矿矿化强度减弱的部位<sup>[5,6]</sup>。

秦岭地区热水喷流沉积型铅锌矿及热水沉积岩(硅质

岩)中金含量高,在石英脉和硫化物脉中的金明显得到了进一步富集。八卦庙金矿外围二里河铅锌矿硅质岩、铁白云石千枚岩、绿泥石千枚岩含金高,一般高于地壳克拉克值儿到十几倍,硅质岩含金可高达  $50 \times 10^{-9}$ 。八卦庙金矿外围丝毛岭围岩含金  $(5.6 \sim 30) \times 10^{-9}$ , 平均  $16.72 \times 10^{-9}$ 。金在热水沉积岩中有一定的富集。

凤县谭家沟金矿与八卦庙金矿成矿地质条件相似,据端木合顺<sup>[7]</sup>研究,在泥盆纪时期热水喷流作用下金得到富集,并经过后期热液弱改造成矿。与二里河—八方山铅锌矿和八卦庙金矿一样,谭家沟金矿赋存于古道岭组灰岩和星红铺组千枚岩接触带附近硅质岩中,金矿体赋存于硅质岩构造角砾岩带中。矿石自然类型有两种:角砾岩化硅质岩金矿石,碳酸盐岩型金矿石(包括大理岩金矿石和硅化泥质灰岩金矿石两个亚型)。成矿元素以 Au、Cu 为主,当 Cu 含量  $\geq 0.5\%$ ,  $Au \leq 1 \times 10^{-6}$  时为铜矿石;当 Cu 含量在  $0.1\% \sim 0.5\%$ ,  $1 \times 10^{-6} \leq Au \leq 3 \times 10^{-6}$  时,为金铜矿石;当 Cu 含量小于  $0.1\%$ ,  $Au \geq 3 \times 10^{-6}$  时,为金矿石。与八卦庙金矿不同,自然金在矿石中呈超显微



状产出,附近无岩浆岩,无明显的后期改造成因,代表沉积喷流沉积作用发生的金弱矿化<sup>[7]</sup>。

现代海底喷流作用中也有明显的金矿化。如东太平洋东北部的南方探索者海脊(Southern Explorer Ridge)、轴向海峰(Axial Seamount)和大西洋中脊中部 TAG 热田等 7 个现代海底喷流成矿系统中采集的 56 种硫化物矿石样品,其含金量平均为  $3.4 \times 10^{-6}$ ,最高达  $16 \times 10^{-6}$ 。据估计,仅在大西洋海沟沉淀的 9400 万 t(干重)金属硫化物中便产有 43.5 t 金和 3203.6 t 银,贵金属构成了这类矿床中金属总价值的 20%。大洋中脊矿床中含金从  $<0.2 \times 10^{-6}$  到  $2.6 \times 10^{-6}$ <sup>[8]</sup>。“黑烟囱”中含 Au  $0.11 \times 10^{-6}$  到  $4.9 \times 10^{-6}$ ,并伴有 Cu、Zn、Ag(Pb)矿化<sup>[9,10]</sup>。

同位素研究<sup>[11]</sup>也表明,金矿床硫为地层硫和岩浆硫的混合硫,石英脉的硅同位素特征与热水沉积形成的微晶石英岩(或硅质岩)一致,顺层无根柔皱石英脉中的硅质来源与热水喷流岩关系密切。镜下也见到硅质岩重结晶形成层纹状、细脉状、浸染状石英的现象。金矿床受控于一定的层位和岩性,主矿体以顺层为主,主要产在钙、硅、泥质岩中。钙质岩指钙质粉砂岩、钙质条带,硅质岩指硅质条带石英砂岩、微晶石英岩,泥质岩指泥质粉砂岩、板岩。说明热水沉积岩是本区金矿的矿源层。因此,泥盆纪热水喷流沉积期 Au 发生了明显的预富集,为后期热液改造成矿奠定了丰富的物质基础。据刘平研究<sup>[12]</sup>,陕西八卦庙金矿床矿源层的金背景值是地壳克拉克值的近百倍,充分表明八卦庙金矿床本身就是一种在含金高的矿源层的基础上形成的金矿床。据最新对典型矿床地球化学研究和区域成矿地质特征对比,秦岭地区金矿成矿演化经历了 3 个阶段:泥盆纪热水沉积期金预富集形成矿胚,印支期韧性剪切-变质热液改造期形成矿床雏形,印支晚期—燕山期岩浆热液改造期金高度富集形成工业矿床<sup>[12-14]</sup>。其中泥盆纪矿源层的形成起了决定性作用,是成矿的物质基础,泥盆纪金矿矿源层是形成秦岭地区金矿带的先决条件。

## 参考文献(References):

- [1] 王相,唐荣扬,李实,等. 秦岭造山与金属成矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.82~273.  
Wang Xiang, Tang Rongyang, Li Shi, et al. Qinling Orogeny and Metallogenesis [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1996.82~273 (in Chinese with English abstract).
- [2] 方文萱. 秦岭造山带中热水沉积成矿盆地的研究思路与方法初探[J]. 西北地质科学, 1999, 20(2): 28~40.  
Fang Wenxuan. Approach to sedimentary basin with hydrothermal gold deposition in the Qinling[J]. Northwest Geoscience, 1999, 20(2): 28~40 (in Chinese with English abstract).
- [3] 石准立,刘瑾璇. 陕西双王金矿床地质地球化学特征及其成因[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1989.45~84.  
Shi Zhunli, Liu Jinxuan. Geochemistry and Origin of the Shuangwang Gold Deposit, Shaanxi [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1989. 45~84 (in Chinese).
- [4] 张本仁. 陕西柞水—山阳成矿带区域地球化学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1989.10~120.  
Zhang Benren. Regional Geochemistry of Zhashui—Shanyang Ore Belt in Shaanxi Province [M]. Wuhan: China University of Geoscience Press, 1989.10~120 (in Chinese).
- [5] 韦龙明,吴烈善. 秦岭造山带泥盆系金矿与铅锌矿关系研究[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 393~395.  
Wei Longming, Wu Lieshan. Relations between gold deposits and lead-zinc deposits in Qinling [J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 1999, 8 (6): 393~395 (in Chinese with English abstract).
- [6] Wang Dongbo. Spatial and temporal distribution of Au and Pb-Zn mineralization: phenomenon, mechanism and Implication [J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2000, 74(3): 504~510.
- [7] 端木合顺. 陕西谭家沟热水沉积金矿床地质特征及成因[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(3): 19~26.  
Duanmu Heshun. Geology and metallogenesis of the Tanjiagou gold deposit, Shaanxi [J]. Bulletin of Xi'an Engineering Institute, 2000, 22 (3): 19~26 (in Chinese with English abstract).
- [8] 汪东波. 沉积喷流作用与金矿化的关系[J]. 地质与勘探, 1999, 35 (1): 1~5.  
Wang Dongbo. Relations between sedimentary exhalation and gold mineralization [J]. Geology and Exploration, 1999, 35 (1): 1~5 (in Chinese with English abstract).
- [9] 刘平,李作华,黄长青. 陕西泥盆系地质成矿环境及找矿[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 345~352.  
Liu Ping, Li Zuohua, Huang Changqing. Metallogenic settings and prospecting of Devonian sediments in Shaanxi Province [J]. Geological Exploration for Nonferrous Metals, 1999, 8 (6): 345~352 (in Chinese with English abstract).
- [10] 冯建忠,汪东波,王学明,等. 陕西凤县八卦庙超大型金矿床成矿地质特征及成矿作用[J]. 地质学报, 2003, 77(3): 387~398.  
Feng Jianzhong, Wang Dongbo, Wang Xueming, et al. Geology and metallogenesis of the Baguamiao superlarge gold deposit in Fengxian, Shaanxi Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(3): 387~398 (in Chinese with English abstract).
- [11] 冯建忠,汪东波,王学明,等. 西秦岭三个典型金矿床稳定同位素地球化学特征[J]. 中国地质, 2004, 31(1): 78~84.  
Feng Jianzhong, Wang Dongbo, Wang Xueming, et al. Stable isotope geochemistry of three typical gold deposits in the West Qinling [J]. Geology in China, 2004, 31(1): 78~84 (in Chinese with English abstract).
- [12] 冯建忠,邵世才,汪东波,等. 陕西八卦庙金矿脆-韧性剪切带控矿特征及成矿构造动力学机制[J]. 中国地质, 2002, 29(1): 58~66.  
Feng Jianzhong, Shao Shi-cai, Wang Dong-bo, et al. Baguamiao superlarge gold deposit in the Qinling orogen: the characteristics of its control by the brittle ductile shear zone and dynamic mechanism for ore forming structure [J]. Geology in China, 2002, 29(1): 58~66 (in Chinese with English abstract).
- [13] 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(2): 192~196.

Wang Jinghua, Zhang Fuxin, Yu Zaiping, et al. Minerogenetic series of metallic 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).

[14] 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): 407~412.

Zhang Fuxin, Xiao Li, Qi Yalin. Exploration and study of Carlin and Carlin-like type gold deposits: review and prospect [J]. *Geology in China*, 2004, 31(4): 407~412 (in Chinese with English abstract).

## Determination of the Au background value and Au geochemistry in the Devonian of the West Qinling and their geological significance

FENG Jian-zhong<sup>1</sup>, WANG Dong-bo<sup>2</sup>, WANG Xue-ming<sup>3</sup>

(1. *Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012, China;*

2. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

3. *Development and Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China)*

**Abstract:** Geological and geochemical studies indicate that the Au background value of the Qinling orogen is  $2.89 \times 10^{-9}$ . The Au background values of the Fengtai basin, Xicheng basin and Limin basin, which are important gold polymetallic geochemical metallogenic provinces, are  $3.1 \times 10^{-9}$ ,  $3.2 \times 10^{-9}$ ,  $4.7 \times 10^{-9}$  respectively. From east to west, the Au background values gradually decrease from the Limin basin → Wenkang basin → Xicheng basin → Fengtai basin → Bansha basin → Zhenxun basin → Zhashan basin. The distribution pattern of Au in strata is controlled by the lithology and sedimentary environment. The Devonian is the source bed of gold, and phyllite, slate, schist and siltstone are important source rocks. Compared with other sedimentary covers in the area, the Mid-Upper Devonian in the Qinling orogen is rich in Au, Ag, Cu, Co, Ni, Cr, Pb and Zn, and compared with the upper crust, it is rich in Au, As, Sb, Ag, Co, Ni, Cr, V, Pb and Zn. The hydrothermal sedimentary rocks developed in the Devonian have higher Au contents. Study indicates that gold preconcentration took place in the hydrothermal sediments. It is suggested that Au was concentrated during Devonian sodic hydrothermal deposition along submarine contemporaneous faults to form the source bed.

**Key words:** Qinling; Devonian; Au background value; hydrothermal sedimentary rock; preconcentration

**About the first Author:** FENG Jian-zhong, male, born in 1960, professor and Ph.D, engages in economic geology and geochemistry; E-mail: fjz@bigm.com.cn.