

文章编号: 1009-6248(2006)03-0020-08

甘肃文县阳山特大型金矿田微量元素 特征及其找矿意义

袁士松¹, 齐金忠¹, 葛良胜^{1,2}, 路彦明^{1,2}

(1. 武警黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

摘 要: 甘肃省阳山金矿田位于川、陕、甘交界的金三角地区, 是近年发现的特大型微细浸染型金矿床。目前发现的4个矿段(床), 均赋存于泥盆系三河口组浅变质碎屑岩、碳酸盐岩地层中。矿田受安昌河-观音坝断裂带控制, 矿体产于断裂带内褶皱翼部的次级剪切带或断裂中。元素地球化学研究表明: Au、As、Hg、Bi等元素在阳山矿田表现出强烈富集的特征。矿石微量元素分析发现阳山金矿田成矿物质主要来源于岩浆岩。相关分析揭示矿区微量元素主要有Au-As-Sb-Hg和Ag-Mo-Zn两种组合, Au与Hg、As、W、Sb等元素呈明显正相关。空间上Au与Hg、As、W、Sb等具有明显共消长关系。综合分析认为阳山金矿成矿物质主要来源于岩浆岩; Au-Hg-As-W-Sb可作为找矿的指示元素。元素比值特征显示矿体整体剥蚀较浅, 目前地表出露应为矿体头部或中上部, 且由东向西剥蚀程度逐渐加深, 反映向深部矿体应还有较大成矿远景。

关键词: 甘肃省; 阳山; 金矿田; 元素地球化学; 微细浸染型

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A

阳山金矿位于甘肃省文县, 由武警黄金十二支队1997年在该区进行水系沉积物测量时发现, 目前, 该矿床控制金资源量达156 t。前人针对该矿床开展了矿床地质地球化学(齐金忠, 袁士松等, 2003)、控矿因素及构造控矿模式(袁士松, 张继武等, 2004)、成矿时代和流体包裹体等方面的研究(齐金忠, 袁士松等, 2003, 2005; 罗锡明, 齐金忠等, 2004; 刘伟, 范永香等, 2003)。笔者以多年来积累的大量阳山金矿研究分析数据为基础, 对阳山金矿床元素地球化学特征和分布、分配规律及其在找矿上的意义进行了初步研究。

1 地质地球化学背景

1.1 地质背景

阳山金矿田产出于扬子板块北缘松潘-甘孜褶皱带西秦岭南亚带中的金三角区(曾佑勋, 2001)(图1)。该区经历了超大陆裂解、洋陆演化、碰撞造山、板内伸展和陆内叠覆造山等复杂的构造演化(冯益民, 曹宣铎等, 2003; 方国庆, 张晓宝等, 1994)。矿区位于玛曲-略阳深大断裂南侧, 控制矿田的主要构造为白龙江复背斜构造带中的文县弧形构造, 它由一系列近EW向断裂构造构成, 包括松柏-黎坪断裂、安昌河-观音坝断裂、白马-临江断裂等。阳山金矿田主要矿段即位于安昌河-观音坝断裂内, 该断裂走向NEE, 北倾, 倾角500°~700°, 长30 km, 宽达数百米, 区内褶皱发育, 金矿体就赋存于褶皱翼部的次级剪切带或断裂中。区内出露的地

收稿日期: 2006-04-20; 修回日期: 2006-11-08

基金项目: 中国人民武装警察部队黄金指挥部专项基金资助项目(编号HJ0001)

作者简介: 袁士松(1977-), 男, 河南开封人, 武警黄金地质研究所工程师, 从事金矿地质研究工作。

通信地址: 065000, 河北省廊坊市, 武警黄金地质研究所成矿预测室。E-mail: yuan496111@yahoo.com.cn

层主要有: 元古宇碧口群碳酸盐岩、硅质岩、千枚岩、板岩及绿片岩等; 泥盆系砂岩、板岩、千枚岩、灰岩、含铁石英岩等; 石炭系和二叠系灰岩、白云岩、砂岩、板岩等。此外, 还出露少量三叠纪、侏罗纪地层, 以碎屑岩为主 (图 1)。其中, 泥盆系三河口组为阳山金矿田的主要赋矿围岩, 为一套热水沉积型碳、硅、泥质沉积地层 (杜乐天, 1996), 具非史密斯地层特征 (杜远生, 盛吉虎等, 1998)。

本区出露的岩浆岩主要为浅成的花岗质岩脉

小岩株, 岩性为斜长花岗斑岩、黑云二长花岗斑岩、花岗细晶岩以及霏细斑岩等。岩石 SiO_2 含量为 69.85%~80.77%, $K_2O + Na_2O$ 为 3.17%~7.82%, 里特曼指数为 0.3~0.4, 属钙碱性系列。野外观测表明金矿体一般产于斜长花岗斑岩脉的内外接触带附近。据最新航磁等资料推断矿田北部有大面积的隐伏岩体存在 (图 1), 矿田即位于隐伏岩体的南侧; 表明成矿与岩浆活动有密切关系。

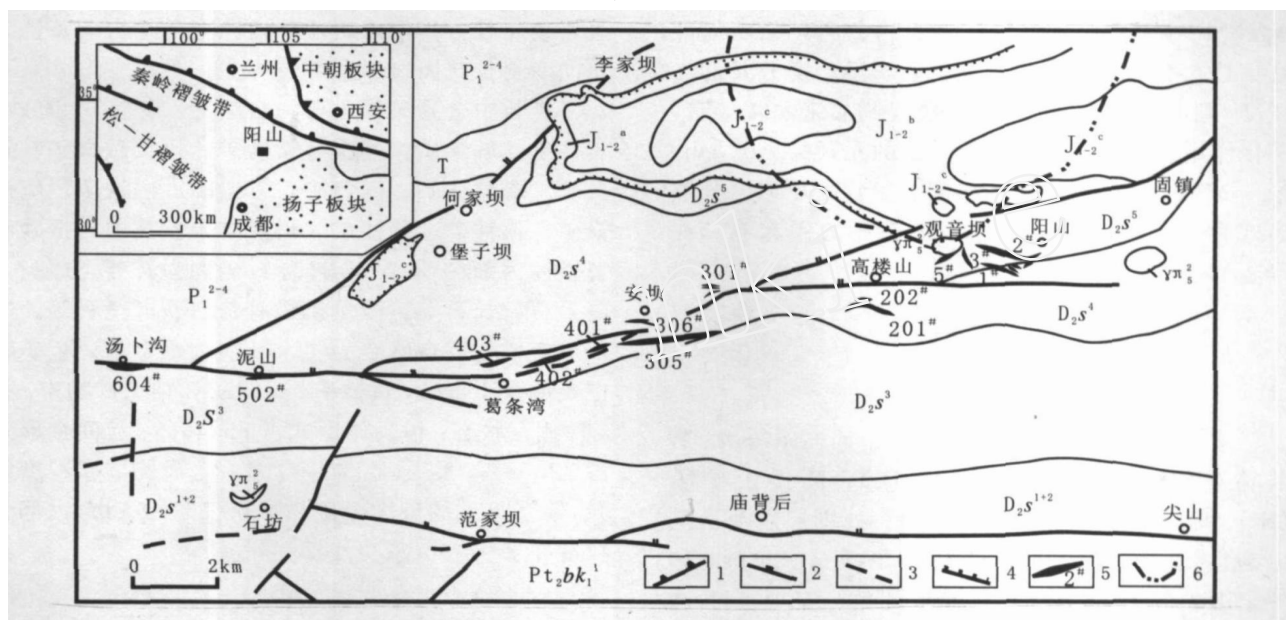


图 1 阳山金矿田地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the Yangshan gold ore field

J₁₋₂: 下- 中侏罗统红色砾岩; J₁₋₂: 下- 中侏罗统泥灰岩、页岩; J₁₋₂: 下- 中侏罗统黄色砾岩; T: 三叠系砂岩、板岩; P₁²⁻⁴: 下- 二叠统中部四段板岩、灰岩; D₂⁵: 中泥盆统三河口组五段灰岩; D₂⁴: 中泥盆统三河口组四段千枚岩夹薄层灰岩; D₂³: 中泥盆统三河口组三段灰岩、砂质板岩; D₂¹⁺²: 中泥盆统三河口组一、二段砂岩、板岩; Pt₂bk₁: 中元古界碧口群下部一段灰岩、变质砂岩; Yn²: 燕山期斜长花岗斑岩岩; 1. 俯冲带; 2. 断层; 3. 推测断层; 4. 不整合界线; 5. 金矿化体及编见; 6. 推测隐伏岩体

表 1 阳山矿田区域微量元素含量表

Tab. 1 Contents of elements of Yangshan area

元 素	平均值	标准差 S	变异系数 C _v (%)	浓集克拉克值 C	叠加强度 D	地壳克拉克值
Au	0.0038	0.0022	57.9	1.27	2.68	0.003
Ag	0.138	0.192	139	1.84	1.77	0.08
Cu	34.1	18.4	54	0.45	1.15	75
Pb	20.2	5.23	26	2.53	1.01	8
Zn	95.6	52.9	55	1.2	1.17	80
As	15.57	10.07	65	15.57	1.11	1.0
Sb	1.41	1.64	117	7.05	1.45	0.2
Bi	0.22	0.09	40	3.67	1	0.006
Hg	0.083	0.194	232	0.93	1.54	0.089
W	1.79	0.62	34	1.79	1.04	1.0
Mo	1.79	3.39	189	1.79	2.53	1.0

注: 浓集克拉克值 C: Hg 以黎彤 (1981) 地壳克拉克值为准, 其他以 Taylor (1985) 地壳克拉克值为准; 其余据甘肃省 1:20 万地球化学图文县幅说明书, 1986, 单位: $\times 10^{-6}$ 。

1.2 微量元素地球化学背景

阳山矿区所处地球化学景观区元素含量特征见表1。由表可知: 浓集强度排序为: As、Sb、Bi、Pb、Ag、W、Mo、Au、Zn、Hg、Cu。其中, As 为高分异近富集元素, Sb 为强分异浓集元素, Au、Ag 等为强分异聚集元素, 而Hg、Cu 为贫化元素。就西秦岭区域地球化学特征而言, 多数元素都表现出成带成片集中分布。其中, Au、Hg、As 异常沿高背景带密集分布(杜子图, 吴淦国, 1998)。本区Au、Ag、Sb 等元素的高分异程度表明它们具强烈局部富集趋势, 有利于成矿。根据元素丰度、变差及迭加强度, 可将该区元素分类: 一类是物质来源较丰富, 矿化作用较明显, 成矿希望较大的元素为Au、Sb、Ag、Mo、Hg; 另一类为丰度虽然较高, 但以分散形式存于地层中, 矿化作用不明显的元素有As、Pb、W。

2 矿田地质概况

阳山金矿田东西全长12 km, 由西向东分为: 葛条湾矿段(床)、安坝矿段(床)、高楼山矿段(床)和阳山矿段(床)4个矿段, 外围还发现了泥山、张家山矿点等。目前已发现49条金矿化脉。其中阳山矿段13条, 高楼山矿段6条, 安坝矿段19条, 葛条湾矿段4条, 金矿化以蚀变岩为主。在安坝矿段工程见矿标高最高2 192 m, 最低1 557 m, 已获得

金资源量近百吨。矿体由碎裂岩化、黄铁矿化千枚岩及斜长花岗斑岩组成, 平面上呈舒缓波状, 剖面上呈脉状。主要矿体如305#脉位于背斜南翼的破碎带中, 由碎裂岩化、黄铁矿化千枚岩及斜长花岗斑岩组成, 矿脉在平面上呈舒缓波状, 剖面上呈脉状, 走向NEE, 南倾。

矿石按氧化程度可分为原生矿石和氧化矿石, 以原生矿石为主。按矿石原岩类型又可分为蚀变砂岩型、蚀变千枚岩型、蚀变灰岩型和蚀变斜长花岗斑岩型4种, 其中以黄铁矿化蚀变千枚岩和黄铁矿化蚀变斜长花岗斑岩型矿石为主。

矿石中金属矿物主要为自然金、银金矿、毒砂、黄铁矿、辉锑矿, 其次有钛铁矿、钽钛磁铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、白铁矿、硫锑铅矿、钦锰矿、硬锰矿、褐铁矿等。其中, 毒砂和黄铁矿为细粒(< 2 mm)。脉石矿物为石英、方解石、白云石、长石等。微量矿物有锆石、电气石等。

金矿物以自然金为主, 其次为银金矿。金矿物主要赋存于毒砂、黄铁矿、辉锑矿和粘土矿物中。有3种赋存状态: 包裹体形式占85.46%; 粒间金形式占12.72%; 裂隙金占1.82%。金矿物嵌布粒度细微, 镜下见到的最大金矿物颗粒仅5~6 μm, 大部分粒度在2~3 μm 或更小。

3 元素地球化学特征

表2 阳山金矿田微量元素的统计特征

Tab. 2 Statistical characters of trace elements in ore from the Yangshan gold deposit

元 素	平均值 ($\times 10^{-6}$)	均方差	变异系数	浓集克拉克值C	叠加强度D	区背景值	地壳克拉克值
Au	4.051	13.397	3.307	1 350	1 761	0.0023	0.003
Ag	0.273	0.787	3.32	3.41	1	0.273	0.08
Cu	25.159	19.236	0.764	0.34	1.17	21.42	75
Pb	40.373	57.881	1.433	5.04	1.42	28.44	8
Zn	87.170	46.711	0.535	1.09	1.11	78.79	80
As	4164.5	5501.7	1.321	4165	126.8	32.85	1.0
Sb	36.268	91.456	2.521	181.34	11.6	3.14	0.2
Bi	1.528	10.859	7.106	255	1.01	1.51	0.006
Hg	318.779	614.80	1.928	3 582	1511	0.211	0.089
W	11.749	15.037	1.279	11.75	3.93	2.99	1.0
Mo	1.198	1.789	1.493	1.2	0.912	1.313	1.0

注: 地壳克拉克值Hg 据黎彤(1981), 其他据Taylor(1985); 其余据本文, 由廊坊物探大队中心实验室测试, 样品数86件。

3.1 矿田元素丰度

将矿区及外围177件岩矿石Au、Ag、Cu、Pb、

Zn、As、Sb、Bi、Hg、W、Mo等11种微量元素含量特征一并列于表2。其中, 背景值据外围未受矿化

影响的样品分析数据求得。从表中可以看出, 矿石中除Au外, 还含有一定量的Sb (36.27×10^{-6})、Ag (0.27×10^{-6}) 等, 但不具有综合利用价值。与地壳克拉克值 (Taylor, 1985) 对比, 矿田内Au、As、Hg、Bi、Sb等元素极富集, 其浓集克拉克值分别为1350、4165、3582、255、181.3; Ag、Pb、W等元素较富集, 其浓集克拉克值介于3.41~11.75; 而Cu、Zn、Mo的含量基本接近地壳克拉克值。Au的

变异系数 (3.307) 和叠加强度 (1761) 均较高, 显示Au更容易在局部富集成矿。

与文县地区背景值相比, 除Ag、Mo外, 其他元素均偏高。其中, Au、As、Sb、Hg远远高于其背景值。Au、As、Sb、Hg等元素的变异性大, 相对叠加强度高。其中, Au、As、Hg 3种元素尤为明显, 表明它们在阳山矿区发生了强烈富集。

3.2 围岩与矿石中元素含量

表3 不同岩石元素含量平均值表

Tab. 3 The average value of elements from different ore of the Yangshan gold deposit

元 素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo
区域地层	1.42	65.3	25.7	23.08	81.7	11.2	0.8	0.3	0.038	1.8	0.98
三河口组 (271)	1.88	105.3	29.6	20.8	86	16.13	1.41	0.25	0.073	1.83	1.09
矿区岩浆岩 (11)	2.72	67.6	12.88	32.57	41.47	1840	62.9	2.52	123	95.03	5.72
蚀变岩浆岩型矿石 (13)	2296	92.9	9.23	45.9	101.5	165.8	222.8	10.7	84.7	45.65	28.6
蚀变灰岩型矿石 (9)	81.7	116	15.44	50.77	67.04	1800	59.3	13.5	159.7	233	6.04
蚀变千枚岩型矿石 (29)	2666	183	29.45	48.63	105.9	6181	50.3	0.34	305	17.6	1.33
蚀变砂岩型矿石 (4)	671	170	16.48	73.6	34.63	526	5.62	28.1	151.8	526	5.62
石英脉型矿石 (7)	870	32.19	10.8	36.03	86.3	984	80.4	3.79	31.9	822	31.2

注: 区域地层据陈德友, 1998; 三河口组据甘肃省地质矿产局化探队, 1986; 其余据本文, 由廊坊物探大队中心实验室测试。Au、Ag为 10^{-9} , 其余为 10^{-6} , () 为样品数。

阳山金矿田围岩、岩浆岩及不同类型矿石中元素含量见表3, 由表可知: 各类矿石中, 以蚀变千枚岩型矿石平均含金品位最高, 其次为蚀变岩浆岩型矿石。各类矿石中Au、As、Sb、Bi、Hg、W等元素明显富集; 与三河口组地层对比, 矿区岩浆岩及各类矿石中Au、As、Sb、Bi、Hg、W、Mo等元素明显富集, 而Ag、Cu、Pb、Zn等元素平均值则接近地层相应值; 且各类矿石中Au、As、Sb、Bi、Hg、W等元素的含量接近矿区岩浆岩的元素相应含量, 明显高于矿区地层和区域地层, 表明阳山金矿田的形成与该区岩浆活动存在密切的关系, Au及其伴生元素主要来源于岩浆岩。

3.3 矿田微量元素相关性分析

为研究矿田多元素的相互关系, 对微量元素进行了相关分析。相关系数及R型聚类谱系图分别见表4和图2, 可知: Au与As、Sb、Bi、Hg、W为正相关, 其中Au和Sb的相关系数为0.933, Au和As相关系数为0.829, Au与Hg、W具有一定相关性, 相关系数分别为0.416和0.31。而Au与Ag、Cu、Pb、Zn、Mo的相关系数较低, 相关性不明显。以上特征与文康地区泥盆系地层中多元素相关性分析结果较为一致 (王学明, 邵世才, 汪东波, 1999)。

在R型聚类谱系图上, 根据相关系数 $R > 0.4$ 时, 元素组合可分为4组: Au、Sb、As、Hg、W、Bi;

Ag、Mo、Zn; Pb; Cu。组是一组与Au矿化密切相关的元素组合。根据以上讨论, 推测该组元素组合为阳山金矿田成矿元素组合, 表明阳山金矿成矿物质主要来源于岩浆岩。、组推测为地层中固有的元素组合, 与Au矿化的关系不明显。

3.4 元素在矿田的空间分布特征

3.4.1 元素在垂向和横向上的分布特征

安昌河-观音坝断裂带内不同高程及带内从西至东不同矿段 (点) 样品 (矿石) 中微量元素的变化特征见图3, 可见As-Sb-Bi-Hg-W与Au在矿田不同矿段 (床) 均显示出明显的共消长关系 (图3左), 尤以As与Au的同步性最佳。因此, Au-As-Sb-Bi-Hg-W可以作为横向上找矿的重要指示元素。带内不同高程元素变化规律 (图3右) 可知: As-Sb-Mo-Hg-W共生元素与主元素Au在矿体不同高程中, 显示出明显的共消长关系, As-Sb-Hg元素组合与主元素Au的同步关系较好, Pb、Zn也有类似的变化, 而Ag、Cu、Mo等元素的变化趋势并不明显。As、Hg元素与Au元素的同步性最佳。因此, Au-As-Sb-

Mo-Hg-W 可以作为纵向上找矿的重要指示元素。综合以上可知Au-Ag-Sb-Hg-W 是阳山金矿田找矿的指示元素组合。

3.4.2 元素比值特征

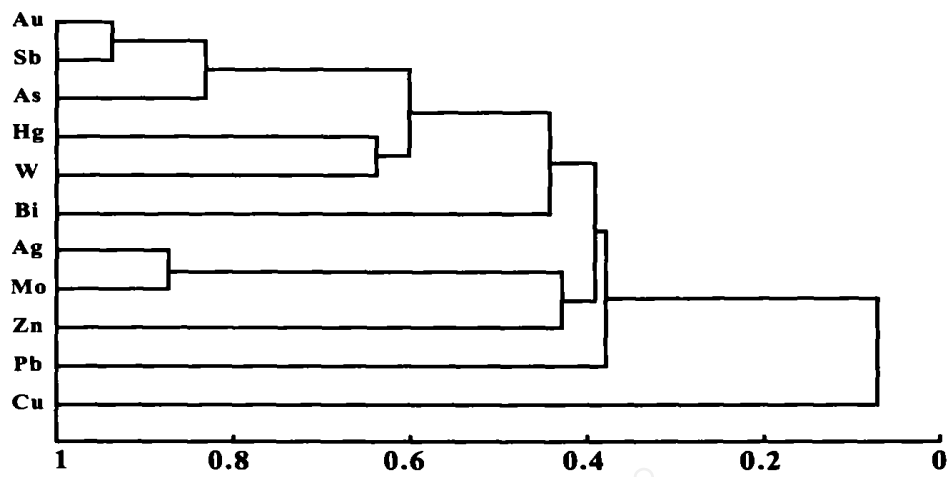


图2 阳山金矿微量元素R 型聚类谱系图

Fig.2 R-clustering spectru of trace elemenits for the Yangshan gold deposit

表4 阳山金矿带微量元素相关系数表

Tab.4 Correlation coefficient of trace elements in the Yangshan gold deposit

元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo
Au	1										
Ag	- 0.045	1									
Cu	- 0.042	- 0.029	1								
Pb	- 0.078	0.016	- 0.045	1							
Zn	- 0.18	0.428	0.07	0.165	1						
As	0.829	- 0.02	- 0.057	- 0.076	- 0.07	1					
Sb	0.933	- 0.048	- 0.054	0.005	- 0.14	0.654	1				
Bi	0.031	0.102	- 0.079	0.381	0.389	0.248	0.021	1			
Hg	0.416	0.051	- 0.106	0.297	0.15	0.502	0.505	0.042	1		
W	0.31	- 0.031	- 0.068	- 0.017	0.168	0.602	0.347	0.382	0.637	1	
Mo	- 0.09	0.875	- 0.046	0.373	0.377	- 0.123	- 0.063	0.149	0.107	- 0.18	1

根据众多研究资料表明(王可勇, 卢作祥, 1994; 李惠, 常凤池等, 1998; 李惠, 张文华等, 1999), As、Hg 一般为矿上晕元素, 而Cu、W、Mo、Zn 等元素多在矿体中下部富集, 本矿As、Hg 元素含量较高, 推测为矿体剥蚀相对较浅。在此采用矿体上部(前缘)As、Hg 与矿体下部(尾晕)W、Mo 比值作为探讨阳山金矿带各矿带剥蚀程度的指标。不同矿段(床)元素比值特征见表5, 可以发现, 特征元素比值差别较大。但就As/W、As/Mo、Hg/Mo、(As+20Hg)/(W+6Mo) 比值而言, 由西向东泥山、葛条湾、安坝、高楼山、阳山、张家山各矿段(点)的比值均有一致的变化规律。推测阳山金矿带

整体剥蚀程度较浅, 由西向东各矿段矿体剥蚀程度逐渐加重, 外围矿点泥山、张家山剥蚀程度较深; 目前葛条湾矿段、安坝矿段出露的应为矿体中上部, 向东至阳山矿段、张家山矿点推测为矿体头部位置, 因而具有较大找矿空间。同样采用矿体上部(前缘)元素As、Hg 与矿体下部(尾晕)元素W、Mo 比值来探讨阳山金矿带各矿带不同高程剥蚀程度, 将不同不同高程特征元素进行相比, 得出矿区不同高程特征元素的比值结果见表6, 特征元素比值As/W、As/Mo、Hg/Mo、(As+20Hg)/(W+6Mo) 随着高程的增加比值逐渐增大, 推测阳山金矿带受安昌河- 观音坝断裂控制, 随高程降低, 矿体受剥蚀程度

逐渐增加。目前, 阳山金矿田矿体最高出露部位海拔高达2 000 多米, 如安坝矿段草坪梁一带, 而外围泥山矿点西仅5 km 处, 矿体出露海拔仅为950 m。

阳山金矿田主矿段海拔平均1 600 m 左右, 所以推测阳山金矿田中东部向下应还有很大的找矿空间。

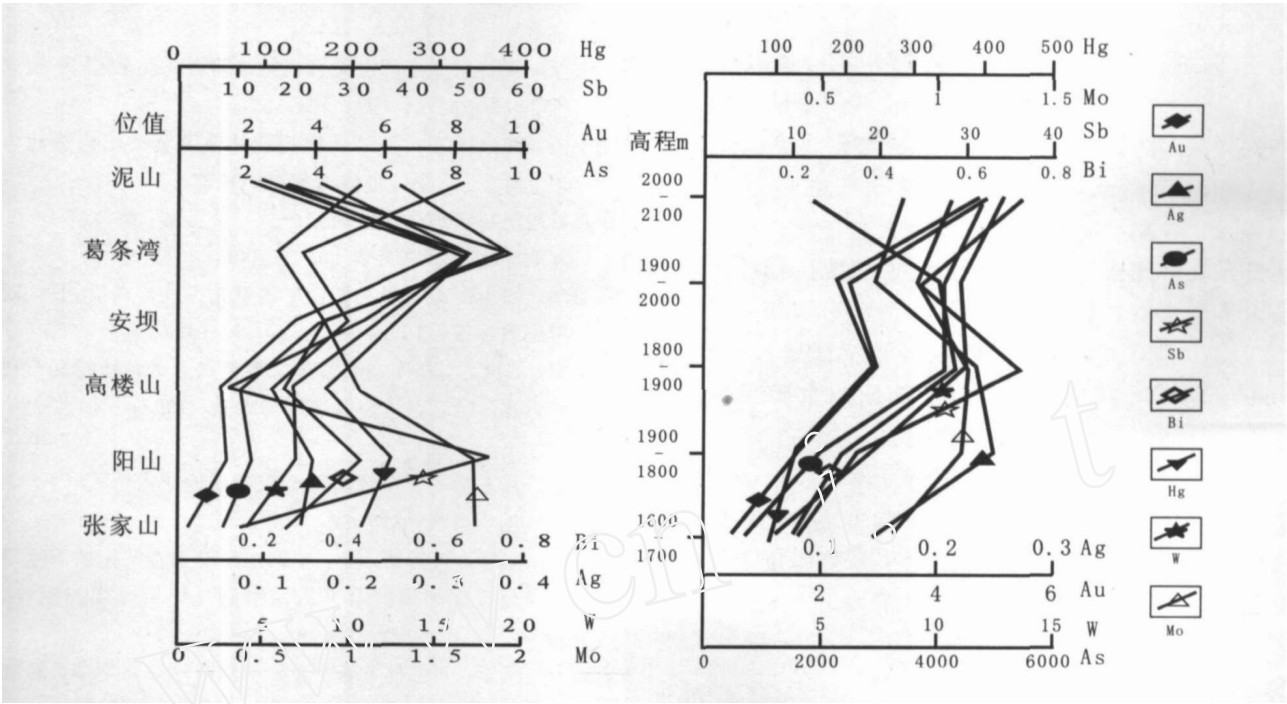


图3 阳山金矿带微量元素横向(左)和垂向(右)变化规律图

Fig.3 Vertical and transverse orientation contents of trace elements in the Yangshan gold deposit

表5 阳山矿带不同矿段微量元素比值特征

Tab.5 The ratios value of trace elements from different ore segments of the Yangshan gold deposit

位 置	Au	Ag	Au/Ag	As/W	As/Mo	Hg/W	Hg/Mo	(As+ 20Hg)/(W + 6Mo)
泥山	2.09	0.325	6.4	397	3 024	15.8	119.8	397
葛条湾	7.82	0.143	54.6	561	17 747	19.5	611	803
安坝	3.41	0.195	17.5	322	5 083	22	305	567
高楼山	1.16	0.108	7.67	276	1 730	26	163	408
阳山	1.45	0.151	9.6	312	1 293	35	146	416
张家山	0.21	0.142	1.5	335	781	52	122	387

注: 数据据本文, 由廊坊物探大队中心实验室测试。

表6 阳山矿带不同高程微量元素比值特征

Tab.6 The ratios value of trace elements from different elevation of the Yangshan gold deposit

高程 (m)	Au	Ag	Au/Ag	As/W	As/Mo	Hg/W	Hg/Mo	(As+ 20Hg)/(W + 6Mo)
1 600~ 1 700	0.5	0.15	3.48	246	961	31.4	123	344
1 700~ 1 800	1.6	0.25	6.3	287	1 885	16	128	351
1 800~ 1 900	2.9	0.23	12.9	379	3 855	33.4	221	514
1 900~ 2 000	2.5	0.15	17.38	384	4 579	28	229	515
2 000~ 2 100	4.9	0.17	28.5	403	4 651	35	375	693

注: 数据据本文, 由廊坊物探大队中心实验室测试。

4 元素地球化学找矿意义

通过以上对阳山矿床田元素特征分析研究认为:

(1) 对矿田微量元素含量研究表明, Au、Hg、As、Bi、Sb 等元素较为富集, 并且其间呈明显的正相关关系, 显示阳山金矿田的形成与富含Au、Hg、As、Bi、Sb 等元素的成矿流体活动有关。

(2) 各类型矿石、矿区岩浆岩和三河口组地层微量元素对比研究发现, 阳山金矿田成矿物质主要来源于岩浆岩, 成矿作用与岩浆活动密切相关。

(3) 矿田微量元素的空间分布特征研究表明, Au-As-Sb-Hg 共生元素组合即为阳山金矿化找矿和开展预测的重要指示元素组合。

(4) 微量元素的元素比值特征揭示阳山金矿田整体剥蚀较浅, 且由东到西和随高程的变化矿体剥蚀程度逐渐加深。目前, 阳山金矿带整体位于矿体中上部, 向下应还有较大找矿空间。

参考文献:

- 袁士松, 张继武, 齐金忠, 等. 甘肃阳山金矿构造控矿模式 [J]. 黄金地质, 2004, 10 (4): 23-27.
- 齐金忠, 袁士松, 李丽, 等. 甘肃省文县阳山金矿床地质地球化学研究 [J]. 矿床地质, 2003, 22 (1): 24-31.
- 齐金忠, 袁士松, 李丽, 等. 甘肃省文县阳山特大型金矿床地质特征及控矿因素分析 [J]. 地质论评, 2003, 49 (1): 86-92.
- 罗锡明, 齐金忠, 袁士松, 等. 甘肃阳山金矿床微量元素及稳定同位素的地球化学研究 [J]. 现代地质, 2004, 18 (4): 203-209.
- 刘伟, 范永香, 齐金忠, 等. 甘肃省文县阳山金矿床流体包裹体的地球化学特征 [J]. 现代地质, 2003, 17 (4): 444-452.
- 齐金忠, 李丽, 袁士松, 等. 甘肃省阳山金矿床石英脉中锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究 [J]. 矿床地质, 2005, 24 (2): 141-150.
- 冯益民, 曹宣铎, 张二朋, 等. 西秦岭造山带的演化、构造格局和性质 [J]. 西北地质, 2003, 36 (1): 1-10.
- 方国庆, 张晓宝, 李育慈. 西秦岭华力西—印支期幕式裂陷活动初探 [J]. 西北地质, 1994, 15 (1): 1-5.
- 方维萱. 秦岭造山带大型—超大型金属矿床形成大陆动力学条件分析 [J]. 西北地质, 1998, 19 (3): 11-17.

- 杜乐天. 地壳流体与地幔流体间的关系 [J]. 地学前缘, 1996, 3 (4): 172-180.
- 杜远生, 盛吉虎, 冯庆来, 等. 南秦岭勉略缝合带非史密斯地层和古海洋新知 [J]. 现代地质, 1998, 12 (1): 25-31.
- 曾佑勋. 陕甘川邻接区滑脱挤出构造与金矿关系 [J]. 地球科学, 2001, 26 (6): 631-637.
- 杜子图, 吴淦国. 西秦岭地区构造体系及金成矿构造动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- 甘肃省地质矿产局化探队研究分队. 文县幅、碧口幅 1:20万地球化学图说明书 [M]. 1986.
- 陈德友. 四川西部主要类型金矿区域化探找矿模型 [J]. 四川地质学报, 1998, 18 (2): 131-139.
- 王学明, 邵世才, 汪东波. 甘肃文康地区金矿地质特征与找矿标志 [J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8 (4): 220-226.
- 杨敏之, 吕古贤. 胶东绿岩带金矿地质地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- 李惠, 张文华, 刘宝林, 等. 中国主要类型金矿床的原生晕轴向分带序列研究及其应用准则 [J]. 地质与勘探, 1999, 35 (1): 32-35.
- 李惠, 张文华, 刘宝林, 等. 金矿床轴向地球化学参数叠加结构的理想模式及其应用准则 [J]. 地质与勘探, 1999, 35 (6): 40-43.
- 王可勇, 卢作祥. 河南灵宝小秦岭金矿带矿化分布特征 [J]. 贵金属地质, 1994, 3 (3): 208-215.

References:

- Yuan Shisong, Zhang Xuwu, Qi Jinzhong. Structural-control model of the Yangshan gold deposit, Gansu [J]. Gold Geology, 2004, 10 (4): 23-27 (in Chinese with English abstract).
- Qi Jinzhong, Yuan Shisong, Li Lili. Geological and Geochemical Studies of Yangshan Gold Deposit, Gansu Province [J]. Mineral Deposits, 2003, 22 (1): 24-31 (in Chinese with English abstract).
- Qi Jinzhong, Yuan Shisong, Li Lili. Geological Features and Ore-controlling Factors of the Yangshan Superlarge Gold Deposit, Gansu Province, China [J]. Geological Review, 2003, 49 (1): 86-92 (in Chinese with English abstract).
- Qi Jinzhong, Yuan Shisong, Liu Zhijie. U-Pb SHRIMP Dating of Zircon from Quartz Veins of the Yangshan Gold Deposit in Gansu Province and Its Geological Significance. Acta Geologica Sinica (English edition),

- 2004, 78 (2): 443-451.
- Luo Xinling, Qi Jinzhong, Yuan Shisong. Geological and Microelement Geochemical Study of Yangshan Gold Deposit, Gansu Province [J]. Geoscience, 2004, 18 (4): 203-209 (in Chinese with English abstract).
- Liu Wei, Fan Yongxiang, Qi Jinzhong. Fluid Inclusion Geochemistry Characteristics of the Yangshan Gold Deposit in Wen County, Gansu Province, China [J]. Geoscience, 2003, 17 (4): 444-452 (in Chinese with English abstract).
- Qi Jinzhong, Li Li, Yuan Shisong. A SHRIMP U-Pb Chronological Study of Zircons from Quartz Veins of Yangshan Gold Deposit in Wen County, Gansu Province [J]. Mineral Deposits, 2005, 24 (2): 141-150 (in Chinese with English abstract).
- Feng Yin, Cao Xuanduo, Zhang Erpeng. Tectonic Evolution Framework and Nature of the West Qinling Orogenic Belt [J]. Northwestern Geology, 2003, 36 (1): 1-10 (in Chinese with English abstract).

Elemental Geochemistry and Significance of Prospecting for Yangshan Super-Large Gold Deposit, Gansu Province

YUAN Shi-song¹, QI Jin-zhong¹, GE Liang-sheng^{1,2}, LU Yan-ming^{1,2}

(1. Gold Geological Institute of China Armed Police Force, Langfang Hebei 065000, China;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083 China)

Abstract: The Yangshan gold deposit recently found in south Gansu province is a super-large fine-grained, disseminated type deposit in China. Four ore segments found by now in the deposit all occurred in the Devonian low grade metamorphic sandstone and limestone. The ore occurrences are structurally controlled by the Anchanghe-Guanyinba fault zone and orebodies usually exist in the secondary shear zones and faults of the folds in the Anchanghe-Guanyinba fault zone. The orebodies in lenticular or veinlike forms are spatially related to a plagioclase granite. Pyrite and arsenopyrite are the main metallic minerals, and native gold can usually be seen in pyrite, arsenopyrite and clay minerals as micrograined inclusions (2 ~ 3 μm). Trace elements analyses from samples from vertical and transverse sections of the deposit show strongly enriched Au, Hg, As, Bi and Sb in the ore and a positive correlation among the elements. This indicates that the Au, Hg, As, Bi and Sb together represents a major element association for the deposit. Moreover, the analyses suggest that ore-forming materials was derived from magmatic rocks and Au-Hg-As-W-Sb can be treated as an indicator for prospecting. We argue, by the ratios of some indicator elements that the ore deposit has been only eroded to a middle-upper level, and the denudation, from east to west, becomes stronger. Therefore, a much richer deposit could be seen at depth of the deposit.

Key words: Gansu province; Yangshan; gold deposit; elemental geochemistry; fine-disseminated type