

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

甘肃省文县阳山特大型金矿床地质特征 及控矿因素分析

齐金忠¹⁾ 袁士松¹⁾ 李 莉¹⁾ 孙 彬²⁾ 郭俊华²⁾ 李志宏²⁾ 范永香³⁾ 刘 伟³⁾ 高秋斌³⁾

1) 中国人民武装警察部队黄金地质研究所, 河北廊坊, 065000

2) 中国人民武装警察部队黄金第十二支队, 四川成都, 027000; 3) 中国地质大学, 武汉, 430074

内容提要 阳山金矿位于川陕甘交界地带, 为近年发现的一特大微细浸染型金矿床。该矿目前已发现4个矿段, 均赋存于泥盆系中。矿体在平面上呈舒缓波状, 在剖面上为脉状、似层状。矿石中金属矿物主要为黄铁矿和毒砂, 金主要以微细粒金(2~3 μm)包裹于毒砂、黄铁矿等矿物之中。矿石中 As、Sb 及有机碳含量较高。矿带受安昌河—观音坝断裂带控制, 矿体产于断裂带内的次级断裂中; 泥盆系三河口群粉砂质千枚岩渗透性较好, 且碳质含量、金丰度值较高, 是矿区最有利的赋矿层位; 矿体在时间、空间上与侏罗纪早期岩浆活动密切相关, 稳定同位素分析也表明成矿作用与岩浆活动有关; 所以, 该矿为受构造直接控制的、与沉积作用和岩浆活动有成因联系的金矿床。

关键词 微细浸染型 金矿床 地质特征 控矿因素 甘肃

阳山金矿位于甘肃省文县, 在大地构造位置上处于扬子板块以北、中朝板块以南、松藩—甘孜褶皱系以东的三角区内, 属西秦岭南亚热带。该区原以开采砂金为主, 20世纪80年代以后, 区内陆续发现了大水、拉尔玛、东北寨等一系列微细浸染型金矿床。1997年, 武警黄金十二支队在进行水系沉积物测量时发现了阳山金矿床。目前, 该矿床控制的金资源量已达到108t。本文主要对该矿进行了元素地球化学、同位素地球化学以及同位素年代学分析, 并结合野外地质工作总结了该矿地质特征, 分析了控矿因素。希能有助于提高对该区金矿控矿特征的认识, 并为进一步找矿提供参考。

1 成矿地质背景

区内出露的地层主要有: 中元古界碧口群白云岩、灰岩、硅质岩、千枚岩、板岩及绿片岩等, 为一套浅变质碳酸盐岩、碎屑岩、火山碎屑岩夹凝灰岩; 泥盆系砂岩、板岩、千枚岩、灰岩、含铁石英岩等, 为一套巨厚的海相碎屑岩—碳酸盐岩沉积, 不整合于碧口群之上; 石炭系、二叠系灰岩、白云岩、砂岩、板岩等。此外, 还零星出露三叠系、侏罗系, 以碎屑岩为主(图1)。其中, 泥盆系为阳山金矿床的主要围岩, 其特

征与杜乐天(1996)所描述的碳、硅、泥质沉积较为一致, 推测为一套热水沉积。

研究区位于玛曲—略阳深大断裂南侧, 区内构造以文县弧形构造为主, 它由一系列近于平行的断裂构成, 包括松柏—黎坪断裂、安昌河—观音坝断裂、马家磨—魏家坝断裂、白马—临江断裂。阳山金矿即位于安昌河—观音坝断裂带中, 该断裂呈 NEE 走向, 北倾, 倾角为 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$, 长30km, 宽数百米至数千米。断裂带内褶皱较为发育, 而且, 在褶皱翼部有一系列次级层间剪切带或断裂伴生, 其产状与地层产状近于一致, 金矿体主要赋存于这些次级层间剪切带或断裂中。

区内仅出露少量小岩株和岩脉, 沿构造破碎带产出, 其岩性主要为浅成的花岗岩类, 包括中细粒斜长花岗斑岩、细粒黑云二长花岗斑岩、花岗细晶岩以及霏细斑岩等。岩石 SiO_2 含量为 $69.85\%\sim 80.77\%$, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 为 $3.17\%\sim 7.82\%$, 里特曼指数(σ)最高为1.65, 一般为 $0.3\sim 0.4$, 属钙性系列。在 Q—A—P 三角图上, 岩石化学成分有连续变化的特征。其中, 斜长花岗斑岩脉在矿区出露最为普遍, 与金矿体关系也最为密切。

注: 本文为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)的成果。

收稿日期: 2002-04-23; 改回日期: 2002-11-18; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 齐金忠, 男, 1966年生, 中国地质科学院地质研究所博士后, 中国人民武装警察部队黄金地质研究所高级工程师, 主要从事金矿地质工作。

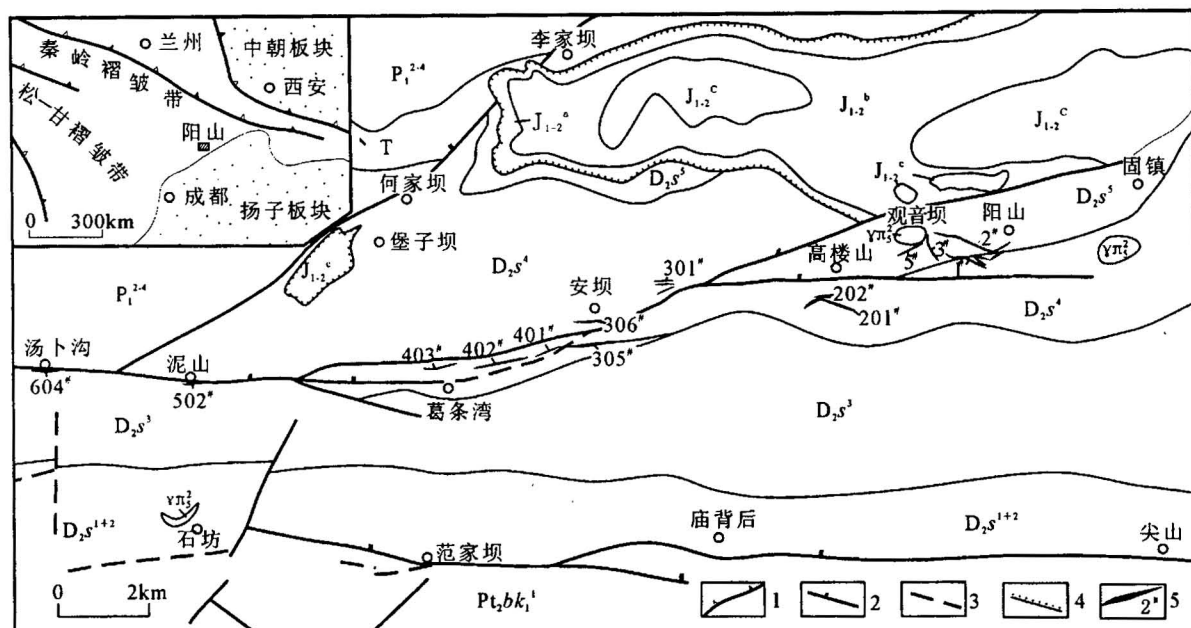


图 1 甘肃省文县阳山金矿床地质简图

Fig. 1 Geological map of Yangshan gold deposit, Wenxian, Gansu

下一中侏罗统: J_{1-2}^a —红色砾岩, J_{1-2}^b —泥灰岩、页岩, J_{1-2}^c —黄色砾岩; T—三叠系砂岩、板岩; P_{1-4}^{2-4} —下二叠统中部四段板岩、灰岩; 中泥盆统三河口组: D_{2-5}^5 —五段灰岩, D_{2-5}^4 —四段千枚岩夹薄层灰岩, D_{2-5}^3 —三段灰岩、砂质板岩, D_{2-5}^{1+2} —一、二段砂岩、板岩; Pt_2bk_1 —中元古界碧口群下部一段灰岩、变质砂岩; $\gamma\pi_5^2$ —燕山期斜长花岗斑岩; 1—俯冲带; 2—断层; 3—推测断层; 4—不整合界线; 5—金矿化体及编号

Middle—Lower Jurassic: J_{1-2}^a —red conglomerate, J_{1-2}^b —marl, shale, J_{1-2}^c —yellow conglomerate; T—Triassic sandstone, slate; P_{1-4}^{2-4} —slate, limestone of the 4th Member of Lower Permian; Middle Devonian Sanhekou Formation: D_{2-5}^5 —limestone of the 5th Member, D_{2-5}^4 —phyllite and limestone of the 4th Member, D_{2-5}^3 —limestone, slate of the 3rd Member, D_{2-5}^{1+2} —sandstone, slate of the 1st and 2nd Member; Pt_2bk_1 —limestone, metasandstone of Mesoproterozoic Bikou Group; $\gamma\pi_5^2$ —Yanshanian plagiogranite; 1—subduction zone; 2—fault; 3—inferred fault; 4—unconformity; 5—gold orebodies

2 矿床地质特征

2.1 矿体地质特征

阳山金矿带东起固镇,西至堡子坝,全长12km,分为4个矿段,即阳山矿段、高楼山矿段、安坝矿段和葛条湾矿段,共发现金矿脉49条,其中规模最大的305[#]、314[#]矿脉均位于安坝矿段。

305[#]脉位于安坝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构成,矿脉在平面上呈舒缓波状,在剖面上呈脉状,其倾向为150°~175°,倾角45°~70°,仅圈定了1个矿体,长1800m,控制斜深440m,平均厚5.58m,平均品位7.06×10⁻⁶,计算金资源量为56133kg。314[#]脉平行于305[#]脉并位于其上盘,也圈定1条矿体,长2100m,控制斜深330m,平均厚5.61m,平均品位5.52×10⁻⁶,计算金资源量为27570kg。

2.2 矿石特征

2.2.1 矿石类型

矿区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将矿石分为蚀变砂岩型、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。

2.2.2 矿石矿物成分特征

矿石中金属矿物种类较多,有自然金、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、软锰矿、硬锰矿、褐铁矿等。其中以细粒(<2mm)黄铁矿和毒砂为主,并且毒砂含量略高于黄铁矿。

镜下统计分析结果表明,矿石中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、褐铁矿、辉锑矿和粘土矿物中,有3种赋存状态:①主要以包裹体形式赋存于毒砂、褐铁矿和粘土矿物中,占镜下统计数的75.46%;②以裂隙金赋存于黄铁

表1 文县阳山金矿带矿石多元素化学分析结果

Table 1 Multi-element analyses for gold ore from Yangshan gold deposit, Wenxian

矿石类型	Au	Ag	Sb	Bi	Hg	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	As	Fe	S	有机碳
	(×10 ⁻⁶)										(%)			
氧化矿石	5.41	0.1	299.0	0.53	1.17	17.5	38.6	41.7	34.9	10.8	0.61	3.06	0.18	0.08
氧化矿石	1.72	0.2	113.0	0.42	0.88	30.3	44.0	80.0	18.4	16.1	0.73	3.90	0.28	0.07
氧化矿石	0.54	0.4	22.1	0.22	0.83	29.0	59.3	82.4	32.2	19.7	0.68	3.98	0.22	0.10
氧化矿石	0.66	0.5	19.1	0.30	0.67	30.9	49.4	71.2	23.9	17.0	0.79	5.21	0.35	0.10
原生矿石	16.30	0.3	10.4	0.22	0.77	24.3	30.5	55.9	29.4	12.6	1.07	5.18	2.28	1.78
原生矿石	1.18	0.4	20.9	0.42	0.38	35.2	33.2	82.0	23.6	22.4	0.19	4.00	1.52	1.14
原生矿石	6.34	0.8	25.5	0.23	0.63	35.0	38.6	94.0	29.4	25.0	1.06	5.10	2.43	2.22

注:由西南冶金地质测试所用化学分析法分析,2001。

矿和褐铁矿的微裂隙中,占统计数的11.82%;③以粒间金形式赋存于粘土矿物中(12.72%),金矿物嵌布粒度细微,镜下见到的最大金矿物颗粒仅5~6μm,大部分粒度在2~3μm或更小。

电子探针分析结果表明,黄铁矿中 Au 含量为0~0.089%(平均0.045%),毒砂中为0~0.031%(平均0.010%),辉锑矿中为0~0.009%(平均0.003%),显示大部分金呈微细粒金形式存在,而且,主要的载金矿物为黄铁矿和毒砂。

2.2.3 矿石化学成分特征

多元素化学分析(表1)结果表明,①矿石中除 Au 外,还含一定量的 Sb、Ag、Cu、Pb、Zn 等,但不具备综合利用价值;②矿石中 As、有机碳含量偏高;③原生矿石比氧化矿石金品位要高,显示矿石向深部变富,但 As、有机碳含量也随之升高。此外,对矿区 113 件样品微量元素化学分析结果进行了相关分析,结果表明,Au 与 Ag、As、Sb、Hg 为正相关关系,显示成矿元素组合为一套与低温热液活动有关的元素组合。

2.3 围岩蚀变特征及成矿期次

矿床围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、高岭石化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化、褐铁矿化等,总体表现为浅成低温热液蚀变特征,其中绢云母化、高岭石化、碳酸盐化在区内广泛发育。从矿体到围岩有一定的蚀变分带现象,表现为近矿部位硅化、黄铁矿化较强,而远矿部位高岭石化、碳酸盐化较发育。

阳山金矿成矿期次可分为热液期和表生期,热液期可分为4个成矿阶段,即:无石英阶段(I);石英—黄铁矿阶段(II);石英—黄铁矿—毒砂阶段(III);石英—碳酸盐阶段(IV),其中 II、III 阶段为主要矿化阶段。

3 控矿因素分析

3.1 地层与金矿化

尽管金矿床可以产于任何岩石中(Boyle, 1979),但在许多矿区金矿体的产出与一定的岩性有着密切的关系,如美国卡林金矿^①、中国西秦岭部分(似)卡林金矿(张复新,1996;张复新等,2001;韦龙明等,1997)以及东北地区部分金矿(齐金忠等,1999,2000;Liu et al., 1999)等。在阳山金矿带,不同矿段赋矿围岩的岩性有一定的差异,有硅化砂岩、千枚岩、灰岩以及硅质岩,但从统计资料来看(表2),金矿体主要赋存于粉砂质千枚岩中。高精度电法测量结果也表明,矿体主要分布于高电阻地质体(灰岩、硅质岩)之间的低电阻地质体(千枚岩)中,显示地层性质对矿化有一定控制作用。

表2 文县阳山金矿床赋矿围岩岩性及其中矿体规模统计表

Table 2 Summary of gold reserves in different host rock in Yangshan gold deposit, Wenxian

岩石类型	硅化石英砂岩	千枚岩	灰岩	硅质岩(石英岩)
矿体规模 (金属量 kg)	<500	98800	9137	<500

(1) 粉砂质千枚岩具有较高的渗透性,有利于热液运移。在阳山矿区,硅化砂岩、灰岩以及硅质岩的渗透性均较差,而粉砂质千枚岩裂隙发育,渗透性较好,这与国内外其他微细浸染型金矿床赋矿地层特征较为一致(Sillitoe et al., 1990; Berger et al., 1991; Arehart, 1996; 赵利青等, 2001),而且,本区千枚岩页理发育,也有助于增加岩石的渗透性。

(2) 粉砂质千枚岩岩性较为软弱,易于破碎产生裂隙。一般而言,能干性大的灰岩、硅质岩易于破碎形成贯通性较好的裂隙系统,能干性小的泥质岩石则具阻挡矿液运移的作用,而能干性中等、页理发

① 拉德克 A. S. 1985. 卡林金矿地质. 季文明等译. 186.

育的粉砂质千枚岩易于形成弥散性裂隙系统,尤其是在千枚岩与灰岩、脉岩的岩性分界面附近,由于滑脱以及脉岩的冷凝收缩使得裂隙系统就更发育,这对成矿流体运移及矿质富集是极为有利的。

(3) 粉砂质千枚岩含有较丰富的碳质,岩石化学分析结果也表明了这一点(表2)。对于金矿床中的碳质和有机质,人们一直较为重视(Hausen et al., 1968; Boyle, 1979; 姜琦刚, 1994; Cize, 1999; Hulen et al., 1999; Jedwab et al., 1999; Kucha et al., 1999; 林丽等, 1999),有机质不仅在沉积岩中对金属有富集作用,在较高温环境下也是形成众多矿床不可或缺的组分(Vilor, 1983; Springer, 1985; Cize et al., 1987; Parnell, 1988; Coveney et al., 1992; Landais, 1993; Leventhal, 1995; Zhuang et al., 1996, 1998; Chen et al., 1998; Wilson et al., 1999; Zhang Q et al., 2001; Hu et al., 2002; 向才富等, 2002),干酪根以及沥青已被证实是造成贵金属高度富集的促进剂(Mossman, 1999; 涂光炽等, 2000),另外,人们还对生物成矿作用进行了研究(Bechtel et al., 1998; 涂光炽等, 2000)。在阳山金矿是否存在生物成矿作用有待于进一步研究,但这种含碳质较高的粉砂质千枚岩无疑会有助于金的富集。

(4) 对阳山金矿区不同类型岩石的含金性作了分析,结果表明,矿区泥盆系三河口群千枚岩、砂岩的含金量均为 2.6×10^{-9} ,而灰岩中金的含量略低,为 1.8×10^{-9} 。王学明等(1999)的分析结果也表明,泥盆系中砂质(粉砂质)岩石含金量最高,为 7.78×10^{-9} ,其次为碳质岩类,含金 4.52×10^{-9} ,第三为泥质岩类,含金 3.31×10^{-9} ,碳酸盐岩含金最低,为 2.61×10^{-9} 。张复新等(2001)的资料也表明秦岭地区含矿岩系金丰度值偏高,较高的金含量对金进一步活化、富集成矿无疑是有利的。

由此可见,在阳山矿区矿体主要产于粉砂质千枚岩中并非偶然,较为有利的物理化学性质决定了粉砂质千枚岩即为本区有利的赋矿层位。

3.2 构造对金矿化的控制作用

构造对阳山金矿的控制作用与中国其他卡林型金矿相似,即矿床产于被动大陆边缘裂陷带(扬子板块西北缘);矿床形成与逆冲断裂构造(文县弧形构造)有关;低级别、低序次的断裂或密集裂隙带是矿体的定位空间(涂光炽等, 2000)。此外,构造对阳山金矿带的控制作用还具体表现在以下几个方面。

(1) 矿带总体展布受安昌河—观音坝断裂带控制(图1),1:5万水系沉积物测量表明,金异常沿断裂

带呈串珠状大致等间距分布,而矿带内矿体则产于断裂带中的次级破碎带或顺层剪切带内。

(2) 构造转折端易形成厚大矿体,如在安坝矿段1870m中段,矿体在构造转折部位明显变厚(图2),同时矿石品位也增高。同样在构造复合部位矿体也有变厚大、变富的趋势。

(3) 构造强度对矿体形成也有一定的控制作用。矿体一般产于断裂破碎带两侧的碎裂岩化千枚岩或碎裂岩化斜长花岗斑岩之中,向两侧随着构造破碎程度的减弱,围岩蚀变及金矿化强度也减弱。

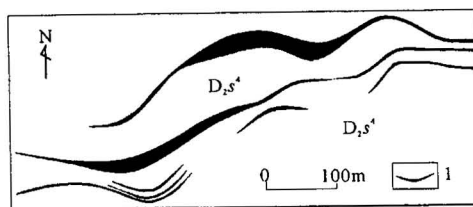


图2 文县阳山金矿床安坝矿段
1870m中段矿体平面图

Fig. 2 1870m level plan view of orebodies in Anba ore district, Yangshan gold deposit, Wenxian
1—Orebody; D_{2s4}—phyllite and limestone of the 4th Member of Middle Devonian Sanhekou Formation

3.3 岩浆活动与金矿化

阳山金矿床除受区内地层、构造控制以外,还与侏罗纪岩浆活动有着密切的联系,从时间上来看,斜长花岗斑岩脉的 K-Ar 年龄为171~209Ma(表3),含金石英脉³⁹Ar-⁴⁰Ar年龄为195Ma(表4,图3),二者形成时间基本吻合,即成岩成矿作用均发生于侏罗纪早期。在空间上,矿体一般产于千枚岩与斜长花岗斑岩脉内外接触带附近。

表3 文县阳山金矿床斜长花岗斑岩脉 K-Ar
同位素年龄分析结果

Table 3 K-Ar age for plagiogranite in
Yangshan gold deposit, Wenxian

样号	K (%)	⁴⁰ Ar ($\times 10^{-6}$)	⁴⁰ Ar/ ⁴⁰ K	年龄 (Ma)
ZK001-4	2.437	0.03533	0.01215	198
ZK001-18	2.649	0.3284	0.1039	171
ZK003-19	2.857	0.4045	0.1187	194
ZK035-3	2.401	0.3682	0.1286	209
ZK035-6	2.453	0.03117	0.1065	175

分析者:中国地质调查局宜昌同位素研究与测试中心李华芹、朱家平;分析对象为斜长花岗斑岩全岩。

表4 阳山金矿石英样品⁴⁰Ar-³⁹Ar 快中子活化法地质年龄数据表

Table 4 Argon isotopic data for quartz from Yangshan gold deposit, Wenxian

加热阶段	加热温度 (°C)	$\left(\frac{^{40}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{36}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{37}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{38}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$^{39}\text{Ar}_K$ ($\times 10^{-12}\text{mol}$)	$\left(\frac{^{40}\text{Ar}^*}{^{39}\text{Ar}_K}\right) \pm 1\sigma$	^{39}Ar (%)	视年龄 ($t \pm 1\sigma(\text{Ma})$)
1	450	51.368	0.1157	0.5259	0.1642	1.101	4.31	17.33	284.08 $\pm$ 4.42
2	560	24.380	0.0428	0.4136	0.0933	2.435	9.53	11.78	197.92 $\pm$ 2.53
3	670	17.847	0.0212	0.6424	0.0971	8.185	32.0	11.62	195.43 $\pm$ 2.52
4	770	17.692	0.0215	1.0052	0.1512	4.520	17.7	11.42	192.15 $\pm$ 2.89
5	880	22.931	0.0387	1.3254	0.2181	2.688	10.5	11.61	195.26 $\pm$ 3.60
6	1000	26.875	0.0479	1.2532	0.2552	2.225	8.71	12.87	215.18 $\pm$ 4.40
7	1100	35.777	0.0740	1.5375	0.3185	1.564	6.12	14.11	234.58 $\pm$ 5.66
8	1200	42.242	0.0934	1.1854	0.3383	1.240	4.85	14.84	245.98 $\pm$ 6.22
9	1350	56.468	0.1405	1.1739	0.3972	0.857	3.35	15.24	252.10 $\pm$ 7.33
10	1500	62.903	0.1612	1.0167	0.3258	0.718	2.81	15.53	256.62 $\pm$ 6.36

注:样重0.2659g;照射参数 $J=0.00984$;测定仪器:英国 RGA-10 气体质谱仪(VSS 公司); $\lambda=5.543 \times 10^{-10}\text{a}^{-1}$ 。

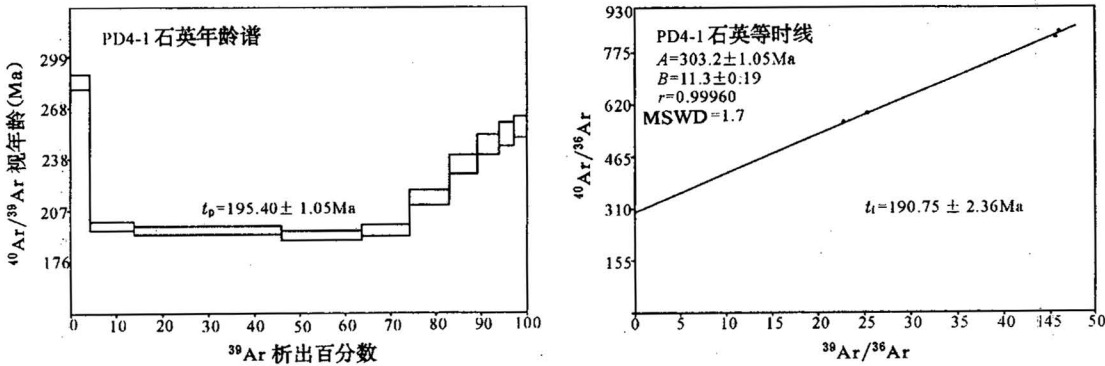


图3 阳山金矿石英³⁹Ar-⁴⁰Ar 同位素测试结果

(由中国科学院地质与地球物理研究所同位素室桑海清测试,2001)

Fig. 3 ³⁹Ar-⁴⁰Ar age spectra for quartz in Yangshan gold deposit, Wenxian

表5 阳山金矿床稳定同位素分析结果一览表

Table 5 Stable isotopic analyses for samples from Yangshan gold deposit

样号	测定对象	均一温度 (°C)	$\delta^{34}\text{S}$ (CDT, ‰)	$\delta\text{D}_{\text{包裹体}}$ (SMOW, ‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}}$ (SMOW, ‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (SMOW, ‰)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ (PDB, ‰)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{全岩}}$ (PDB, ‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{全岩}}$ (PDB, ‰)
AB40	斜长花岗斑岩							-9.14	-9.77
* AB40	斜长花岗斑岩							-9.09	-9.75
402#v	石英黄铁矿脉							-2.19	-13.54
AB11	石英黄铁矿脉		12.19					-8.36	-9.06
AB3	辉锑矿		-3.28						
* AB3	辉锑矿		-3.47						
AB17	矿化千枚岩		9.56						-8.15
AB23	矿化千枚岩		13.23						
GL3	石英	240		-91.3	-3.23	-12.13	-15.41		
GL3	石英	240		-92.4	-3.09	-11.99			
ZK47-1	方解石						2.60		
BTS13	石英	230		-86.9	0.41	-8.48	-2.03		
葛1	石英	240		-62.9	-1.25	-10.15	-1.72		

注:由中国地质科学院同位素研究与测试中心测试,2001,空白为未测。

另外,同位素测试结果表明(表5),矿石中辉锑矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-3.28\text{‰}\sim-3.47\text{‰}$,接近于再平衡岩浆水热液矿床($-2\text{‰}\sim+3\text{‰}$,张理刚,1985);石英 δD 值为 $-92.4\text{‰}\sim-62.9\text{‰}$,接近世界不同地区岩浆水(Taylor, 1979);石英脉 $\delta^{13}\text{C}$ (PDB)值为 $-2.19\text{‰}\sim-8.36\text{‰}$,显示碳的来源是多样的,比较接近于岩浆成因碳的分布范围(于津生等,1997);石英脉 $\delta^{18}\text{O}_{\text{全岩}}$ (PDB)值为 $-13.54\text{‰}\sim-9.06\text{‰}$,接近于区内斜长花岗斑岩脉($-9.77\text{‰}\sim-9.75\text{‰}$),这些均显示成矿作用与岩浆活动有关。

4 结论与探讨

(1) 阳山金矿地处扬子板块与秦岭造山带结合带上,矿体赋存于泥盆系浅变质碎屑岩、碳酸盐岩地层中,成矿的基本特征表现为微细粒浸染型金矿化,并有后期叠加的脉状富矿。蚀变特征、矿物共生组合等均显示矿床属中低温热液矿床,与流体包裹体测温结果(均一温度集中于 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$)一致。

(2) 矿体受地层、构造以及侏罗纪早期岩浆活动的共同控制。其中构造控制着岩浆、成矿流体的活动以及矿体的就位,所以其对矿床的控制作用表现得最为直接、明显,安昌河—观音坝弧形断裂附近的次级构造破碎带是金矿体的最为有利的赋矿场所;泥盆系千枚岩为成矿提供了较为有利的物理化学环境,并可能提供了一定的成矿物质,所以在千枚岩内以及在千枚岩与其他岩性分界面附近的构造破碎带中易于形成矿体;侏罗纪早期岩浆活动为成矿提供了热动力、部分成矿热液以及部分成矿物质,所以斜长花岗斑岩脉与围岩的内外接触带附近易于形成矿体,尤其是在斜长花岗斑岩脉与千枚岩接触带附近产生断层、形成构造破碎带时矿化较好。

(3) 阳山金矿床具叠加、改造型微细浸染型金矿床的特征。研究表明,矿石中黄铁矿有两种,即沉积成因的黄铁矿和热液成因黄铁矿,前者呈层状或纹层状,随地层褶皱变形,其形态一般为细粒自形或半自形的立方体,常构成草莓状集合体,该类黄铁矿不构成矿体,但金有明显富集(纹层状黄铁矿化千枚岩中金含量为 $0.1\times 10^{-6}\sim 0.3\times 10^{-6}$),在受到后期热液改造后,该类黄铁矿发生不同程度的重结晶,形成增生环带或承袭原草莓状黄铁矿形态形成变余细粒黄铁矿;热液成因的黄铁矿常呈脉状、网脉状,与毒砂、自然金等矿物共生,是主要的载金矿物。

以上特征显示阳山金矿是直接受构造控制的、与沉积作用和岩浆活动有成因联系的金矿床,即在

泥盆纪本区沉积了一套金含量较高的碳、硅、泥质地层,在沉积成岩及其后的区域浅变质过程中(印支期)金被初步富集,而与燕山早期岩浆活动有关的成矿热液叠加于其上,并使其中金进一步活化、运移、富集成矿。阳山金矿虽与国内外其它微细浸染型金矿床(Radtke, 1985; Sillitoe et al., 1990; Berger et al., 1991; Maher et al., 1993; Kuehn et al., 1995; Groff et al., 1997; 贾大成等, 2001; 赵利青等, 2001)具有类似的矿床特征,但本区存在碧口群变质基底,赋矿的泥盆系岩性特殊且发生过区域浅变质作用,区域构造活动复杂,并有燕山早期岩浆活动参与,这使得阳山金矿成为受地层、构造、岩浆活动多重因素共同控制的金矿床。

参 考 文 献

- 陈孝红,汪啸风. 1998. 湘西地区晚震旦世—早寒武世黑色岩系的生物和有机质及其成矿作用. 地质学报(英文版), 72(4): 432~440.
- 杜乐天. 1996. 地壳流体与地幔流体间的关系. 地学前缘, 3(4): 172~180.
- 胡凯,于辰声,马东升,翟建平,张文兰,肖振宇. 2002. 粤东北嵩溪银-锑矿有机质中银的异常富集及其矿床勘探意义. 地质学报(英文版), 76(2): 249~256.
- 贾大成,胡瑞忠. 2001. 滇黔桂地区卡林型金矿床成因探讨. 矿床地质, 20(4): 378~383.
- 姜琦刚. 1994. 论构造演化、有机物演化和成矿演化三者之关系——以拉日玛-耶莫金矿带为例. 地质论评, 40(2): 120~125.
- 林丽,朱利东,张萌,朱弟成,刘虹. 1999. 藻、有机质、粘土矿物富集成矿对比实验. 地质学报, 73(1): 66~72.
- 刘国平,艾永富,冯克竹,张志敏. 1999. 变质岩容矿的微细粒浸染型金矿床——以辽宁小佟家堡子金矿床为例. 地质学报(英文版), 73(4): 429~437.
- 齐金忠,李莉. 1999. 大兴安岭北部砂宝斯蚀变岩型金矿控矿因素. 地球学报, 20(增刊): 227~232.
- 齐金忠,李莉. 2000. 大兴安岭北部砂宝斯蚀变岩型金矿地质特征. 矿床地质, 19(2): 116~125.
- 涂光炽等. 2000. 中国超大型矿床. 北京: 科学出版社, 584.
- 王学明,邵世才,汪东波. 1999. 甘肃文康地区金矿地质特征与找矿标志. 有色金属矿产与勘查, 8(4): 220~226.
- 韦龙明,谭远金. 1997. 秦岭地区与滇黔桂接壤区微细浸染型金矿差异性研究. 地质论评, 43(4): 420~427.
- 向才富,解习农,庄新国. 2002. 从油气运移探讨有机质在成矿中的作用. 地质论评, 48(3): 273~278.
- 于津生,李耀崧. 1997. 中国同位素地球化学研究. 北京: 科学出版社, 621.
- 张复新. 1996. 秦岭微细浸染型层控锑—金矿床金赋存状态研究. 地质论评, 42(6): 541~549.
- 张复新,季军良,龙灵利,范春花. 2001. 南秦岭卡林—似卡林型金矿床综合地质地球化学特征. 地质论评, 47(5): 492~499.
- 张理刚. 1985. 稳定同位素在地质科学中的应用. 西安: 陕西科学技术出版社, 267.
- 张绮玲,侯增谦,唐邵华. 2001. 冲绳海槽硫化物矿石中有机质的组成及其意义. 地质学报(英文版), 75(2): 196~203.

赵利青,冯忠燕. 2001. 有利岩性对微细浸染型金矿化的控制作用——以南秦岭金龙岗山金矿带为例. 中国科学(D辑), 31(7): 563~569.

庄汉平,冉崇英,何明勤,卢家烂. 1996. 楚雄盆地铜、盐、有机质相互作用与砂岩铜矿生成. 地质学报, 70(2): 162~172.

庄汉平,卢家烂,傅家谟,刘金钟,任焱刚,邹德刚,田伟之. 1998. 湖北兴山白果园黑色页岩容矿型银钼矿床中金属元素的有机和无机赋存状态. 地质学报(英文版), 72(3): 299~307.

References

- Arehart G B. 1996. Characteristics and origin of sediment-hosted disseminated gold deposits: A review. *Ore Geology Reviews*, 11(6): 383~403.
- Bechtel A, Pervaz M. 1998. Role of organic matter and sulphate-reducing bacteria for metal sulphide precipitation in the Bahloul Formation at the Bou Grine Zn/Pb deposit. *Chemical Geology*, 144: 1~21.
- Berger B R, Bagby W C. 1991. The geology and origin of Carlin-type gold deposits. In: Foster R P, ed. *Gold metallogeny and exploration*. London: Chapman & Hall, 210~248.
- Boyle R W. 1979. The geochemistry of gold and its deposits. *Geological Survey of Canada Bulletin*, 280: 584.
- Chen Xiaohong, Wang Xiaofeng. 1998. Biota and organic matter in the Late Sinian and Early Cambrian black rock series of west Hunan and its significance for metallization. *Acta Geologica Sinica* (English edition), 72(4): 432~440.
- Cize A P, Barnes H L. 1987. The organic geochemistry of two Mississippi Valley-type lead-zinc deposits. *Economic Geology*, 82: 457~470.
- Cize A P. 1999. Organic alteration in hydrothermal sulfide ore deposits. *Economic Geology*, 94: 967~980.
- Coveney R M, Nansheng C. 1992. Ni-Mo-PGE-Au-rich ores in Chinese black shales and speculation on possible analogs in the United States. *Mineralium Deposita*, 26: 83~88.
- Du Letian. 1996. The relationship between crust fluids and mantle fluids. *Earth Sciences Frontier*, 3(4): 172~180 (in Chinese with English abstract).
- Groff J A, Heizler M T, McIntosh W C, et al. 1997. ^{39}Ar - ^{40}Ar dating and mineral paragenesis for Carlin type gold deposits along the Getchell Trend, Nevada: evidence for Cretaceous and Tertiary gold mineralization. *Economic Geology*, 92: 271~287.
- Hausen D M, Kerr P F. 1968. Fine gold occurrence at Carlin, Nevada. In: Ridge J D, ed. *Ore deposits of the United States, 1933~1967*. New York: American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1: 908~940.
- Hu Kai, Yu Chensheng, Ma Dongsheng, Zhai Jianping, Zhang Wenlan, Xiao Zhenyu. 2002. Anomalous enrichment of silver in organic matter of the Songxi shale-hosted Ag-Sb deposit in north-eastern Guangdong. *Acta Geologica Sinica* (English Edition), 76(2): 249~256.
- Hulen J B, Collister J W. 1999. The oil-bearing, Carlin-type gold deposits of Yankee basin, Alligator Ridge district, Nevada. *Economic Geology*, 94: 1029~1049.
- Jedwab J, Badaut D, Beaunier P. 1999. Discovery of palladium-platinum-gold-mercury bitumen in the Boss mine, Clark County, Nevada. *Economic Geology*, 94: 1163~1172.
- Jia Dacheng, Hu Ruizhong. 2001. Analysis of genesis of Carlin-type gold deposits in Yunnan—Guizhou—Guangxi Triangle area. *Mineral Deposits*, 20(4): 378~383 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Qigang. 1994. The relationships among tectonic evolution, organic evolution and metallogenic evolution. *Geological Review*, 40(2): 120~125 (in Chinese with English abstract).
- Kucha H, Plimer I R. 1999. Gold in organic matter, Maldon, Victoria, Australia. *Economic Geology*, 94: 1173~1179.
- Kuehn C A, Rose A W. 1995. Carlin gold deposits, Nevada: Origin in a deep zone of mixing between normally pressured and overpressured fluids. *Economic Geology*, 90: 17~36.
- Landais P. 1993. Bitumens in Uranium deposits. *Society for Geology Applied to Mineral Deposits Special Publication* 9, 213~238.
- Leventhal J S. 1995. Carbon-sulfur plots to show diagenetic and epigenetic sulfidation in sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59: 1207~1211.
- Lin Li, Zhu Lidong, Zhang Meng, Zhu Dicheng, Liu Hong. 1999. Comparative experiments on gold enrichment and mineralization by bacteria and algae, organic material and clay minerals. *Acta Geologica Sinica*, 73(1): 66~72 (in Chinese with English abstract).
- Liu Guoping, Ai Yongfu, Feng Kezhu, Zhang Zhimin. 1999. Metamorphic rock-hosted disseminated gold deposits—A case study of the Xiaotongjiapuzi gold deposit of eastern Liaoning. *Acta Geologica Sinica* (English edition), 73(4): 429~437.
- Mossman D J. 1999. Carbonaceous substances in mineral deposits: implications for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 66: 241~247.
- Maher B J, Browne Q J, McKee E H. 1993. Constraints on the age of gold mineralization and metallogenesis in the Battle Mountain-Eureka mineral belt, Nevada. *Economic Geology*, 88: 469~478.
- Parnell J. 1988. Metal enrichments in solid bitumens. *Mineralium Deposita*, 21: 191~199.
- Qi Jinzhong, Li Li. 1999. Ore controlling factors of Shabaosi altered sandstone type gold deposit, Northern Da Hinggan Mountains, China. *Acta Geoscientia Sinica*, 20(Supp.): 227~232 (in Chinese with English abstract).
- Qi Jinzhong, Li Li. 2000. Geological Characteristics of the Shabaosi altered sandstone type gold deposit in North Da Hinggan Mountains. *Mineral Deposits*, 19(2): 116~125 (in Chinese with English abstract).
- Sillitoe R H, Bonham H F Jr. 1990. Sediment-hosted gold deposits: Distal products of magmatic-hydrothermal systems. *Geology*, 18(2): 157~161.
- Springer J S. 1985. Carbon in Archean rocks of the Abitibi belt and its relation to gold distribution. *Canada Journal of Earth sciences*, 22: 1945~1951.
- Taylor H P. 1979. Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits. In: Barnes H L, ed. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. New York: Wiley Intersci., 236~277.
- Tu Guangchi et al. 2000. Superlarge mineral deposits in China. Beijing: Science Press, 584 (in Chinese).
- Vilor N V. 1983. Gold in black shales. *Geochemistry International*, 20: 167~176.
- Wang Xueming, Shao Shicai, Wang Dongbo. 1999. Metallogenic geologic feature and prospecting criteria of gold deposits in the Wenxian—Kangxian area, Gansu province. *Geological Exploration for*

- Non-ferrous Metals, 8(4): 220~226 (in Chinese with English abstract).
- Wei Longming, Tan Yunjin. 1997. Differences of micro- and fine-grained disseminated gold deposits between the Qinling area and the Yunnan-Guizhou-Guangxi contiguous area. *Geological Review*, 43(4): 420~427 (in Chinese with English abstract).
- Wilson N S F, Zentilli M. 1999. The role of organic matter in the genesis of the El Soldado volcanic-hosted manto-type Cu deposit, Chile. *Economic Geology*, 94: 1115~1135.
- Xiang Caifu, Xie Xinong, Zhuang Xinguo. 2002. The function of organic matter in ore-forming processes: In view of the oil migration. *Geological Review*, 48(3): 273~278 (in Chinese with English abstract).
- Yu Jinsheng, Li Yuebao. 1997. Isotopical geochemical research in China. Beijing: Science Press, 621 (in Chinese).
- Zhang Fuxin. 1996. Mode of occurrence of submicro gold in Qinling micro-disseminated stratabound antimony-gold deposits. *Geological Review*, 42(6): 541~549 (in Chinese with English abstract).
- Zhang FuXin, Ji Junliang, Long Linli, Fan Chunhua. 2001. Comparative features of Carlin type gold deposits in the South Qinling and gold deposits in other areas. *Geological Review*, 47(5): 492~499 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Ligang. 1985. The application of the stable isotope to geology, Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing House, 267 (in Chinese).
- Zhang Qiling, Hou Zengqian, Tang Shaohua. 2001. Organic composition of sulphide ores in the Okinawa trough and its implications. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 75(2): 196~203.
- Zhao Liqing, Feng Zhongyan. 2001. Control of favorable lithology on Jinlongshan micro-fine disseminated gold deposits, southern Qinling Mountains. *Science in China (Series D)*, 31(7): 563~569.
- Zhuang Hanping, Lu Jialan, Fu Jiamo, Liu Jinzhong, Ren Chigang, Zou Degang, Tian Weizhi. 1998. Organic/inorganic occurrence of metallic elements of the black shale-hosted Baiguoyuan silver-vanadium deposit in Xingshan, Hubei. *Acta Geologica Sinica (English edition)*, 72(3): 299~307.
- Zhuang Hanping, Ran Chongying, He Mingqin, Lu Jialan. 1996. Interactions of copper, evaporite, and organic matter and genesis of sandstone-hosted copper deposits in the Chuxiong basin, Yunnan Province. *Acta Geologica Sinica*, 9(4): 407~419.

Geological Features and Ore-Controlling Factors of the Yangshan Superlarge Gold Deposit, Gansu Province, China

QI Jinzhong¹⁾, YUAN Shisong¹⁾, LI Li¹⁾, SUN Bin²⁾, GUO Junhua²⁾, LI Zhihong²⁾,
FAN Yongxiang³⁾, LIU Wei³⁾, GAO Qiubin³⁾

1) *Gold Geological Institute of CAPF, Langfang*, 065000

2) *The 12th Detachment of the Gold Headquarters of CAPF, Chengdu*, 610036

3) *China University of Geosciences, Wuhan*, 430074

Abstract

The Yangshan gold deposit, located in Wenxian County, southern Gansu Province, is a superlarge gold deposit discovered in 1997. Four ore segments were found for the deposit, all occurring in Devonian epimetamorphosed sandstone, phyllite or limestone. The orebodies are horizontally in a gentle wave form and vertically in a lenticular or veinlike form. Pyrite and arsenopyrite are the main metallic minerals, which usually contain micro-grained native gold (2~3 μm). The As, Sb and C contents are high in the ores. The ore belt is controlled by the Anchanghe-Guanyinba fault, and the orebodies found all occur in its secondary faults. With high C and Au contents, the permeable phyllites of the Middle Devonian Sanhekou Group are the most favourite host rock in the deposit. The orebodies are spatially and temporally related to the early Yanshanian plagiogranite. Isotopic analysis also indicates that the ore-forming process is related to magmatic activity. Therefore, the Yangshan gold deposit is a deposit directly controlled by the fault zone and genetically related to the Devonian sedimentation process and Yanshanian magmatic activities.

Key words: fine-disseminated type; gold deposit; geological feature; ore-controlling factor; Gansu