

文章编号 0258-7106(2008)01-0081-07

甘肃省阳山金矿床成因及成矿模式*

齐金忠¹ 李莉² 杨贵才³

(1 中国人民武装警察部队黄金指挥部,北京 100102; 2 地质出版社,北京 100083;
3 中国人民武装警察部队黄金地质研究所,河北 廊坊 065000)

摘要 阳山金矿位于川陕甘交界地带,为近年发现的特大微细浸染型金矿床。文章在矿床地质、地球化学及同位素年代学研究的基础上,总结了该矿床的成因及成矿模式,认为在泥盆纪本区形成了一套碳、硅、泥质热水沉积,在三叠纪以后,区域上经历了3次较明显的(挤压)伸展过程,在由挤压向伸展转换的大地构造背景下,本区相继发生了3次岩浆活动,以 H_2O 、 CO_2 为主并含 H_2S 、 CH_4 等挥发分的岩浆热液携带Au、As、Sb等成矿元素到浅部,同时,围岩中的成矿物质也进一步活化。受挥发分逸出、温度、压力的下降以及水岩反应等因素的影响,以硫化物配合物为主要形式迁移的成矿物质也逐渐在有利的构造部位沉淀、富集成矿。而多期岩浆热液活动与泥盆系热水沉积在空间上的耦合叠加,促成了阳山特大型金矿床的形成。

关键词 地质学 阳山金矿床 成矿条件 成矿模式 甘肃

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

Genesis and metallogenic model of Yangshan gold deposit in Gansu Province

QI JinZhong¹, LI Li² and YANG GuiCai³

(1 Gold Headquarters of CAPF, Beijing 100102, China; 2 Geological Publishing House, Beijing 100083, China;
3. Gold Geological Institute of CAPF, Langfang 065000, Hebei, China)

Abstract

The Yangshan gold deposit located in southern Gansu Province is a superlarge fine-grained disseminated gold deposit recently discovered in China. The authors summarized geological, geochemical and isotope chronological characteristics of the deposit and put forward a metallogenic model. In Devonian, a set of carbonaceous, siliceous and argillaceous hydrothermal sediments were formed in this area. From Triassic, the region experienced at least three times of compression and extension. During the transitional period from compression to extension, three magmatic-hydrothermal events occurred in Early Jurassic, Early Cretaceous and Early Tertiary respectively. Magmatic fluids, dominated by H_2O and CO_2 with minor H_2S and CH_4 , brought mineral elements such as Au, As and Sb to the shallow part. Simultaneously, mineral elements in the host rock of Devonian sediments also migrated. Affected by such factors as evaporation, drop of temperature and pressure and reaction between fluids and host rocks, mineral elements which migrated mainly in the form of sulfide complex gradually precipitated in suitable tectonic places. Spatial coupling and enrichment of multi-period magmatic fluids and Devonian hydrothermal sediments resulted in the formation of the Yangshan gold deposit.

Key words: geology, Yangshan, gold deposit, genesis, metallogenic model, Gansu

* 本文得到武警黄金指挥部专项基金(HJ0501)的资助

第一作者简介:齐金忠,男,1965生,博士,研究员,长期从事矿床地质、构造地质研究工作;E-mail: Qijinzhong@126.com

收稿日期 2007-06-25;改回日期 2007-10-23。张绮玲编辑。

阳山金矿带位于川陕甘金三角区内,为武警黄金部队近期发现的一个特大型微细浸染型金矿床。对于该矿床,前人曾从不同侧面进行过研究,包括矿床地质特征(齐金忠等 2001)、稳定同位素地球化学特征(齐金忠等 2003a)、微量元素地球化学特征(罗锡明等 2004)、流体包裹体地球化学特征(刘伟等, 2004)、矿石矿物学特征(杨荣生 2006)、控矿因素等(齐金忠等 2003b)并曾对矿床成因进行了探讨(郭俊华等 2002、齐金忠等 2006)。同时,通过 K-Ar、³⁹Ar-⁴⁰Ar、Rb-Sr 同位素以及 SHRIMP U-Pb 年龄的研究(Qi et al., 2004、齐金忠等 2005)发现矿区存在多期岩浆活动,齐金忠等(2006)进一步分析了矿区构造岩浆活动与成矿作用的关系,提出了多期岩浆热液活动复合叠加的成因观点,本文在前述工作的基础上,对该矿床的成因及成矿模式进行了进一步总结。

1 区域及矿区地质

阳山金矿带位于川陕甘金三角区内,在大地构

造位置上处于碧口地块、秦岭微板块以及松潘-甘孜褶皱系之间。该矿区是一个晚古生代凹陷区,地层以中泥盆统碳酸盐岩和碎屑岩为主,不整合于中晚元古代碧口群地层之上。石炭系—三叠系地层主要出露于西部,以碎屑岩为主。白垩系红色砂砾岩分布于北部近东西向断陷盆地中。受中晚三叠世华北板块与扬子板块碰撞的影响,先存地层普遍发生强烈的构造变形和区域变质作用,其后区内又发生多期次的岩浆热液活动。在中泥盆统千枚岩的构造破碎带内,尤其是在碎裂岩化花岗岩脉附近常发育金矿化,局部形成金矿体。

区域上的玛曲-略阳深大断裂通过矿区,它由一系列弧形断裂构造构成(图 1),包括松柏-黎坪断裂、安昌河-观音坝断裂、白马-临江断裂等。阳山金矿沿安昌河-观音坝断裂带分布,该断裂在矿区出露长 30 km,宽达数百米,NEE 走向,北倾,倾角为 50~70°。断裂带内褶皱较为发育,而且在褶皱翼部存在一系列次级断裂或层间剪切带,其产状与地层产状近于一致,金矿体主要赋存于安昌河-观音坝断裂带及其次级断裂中。

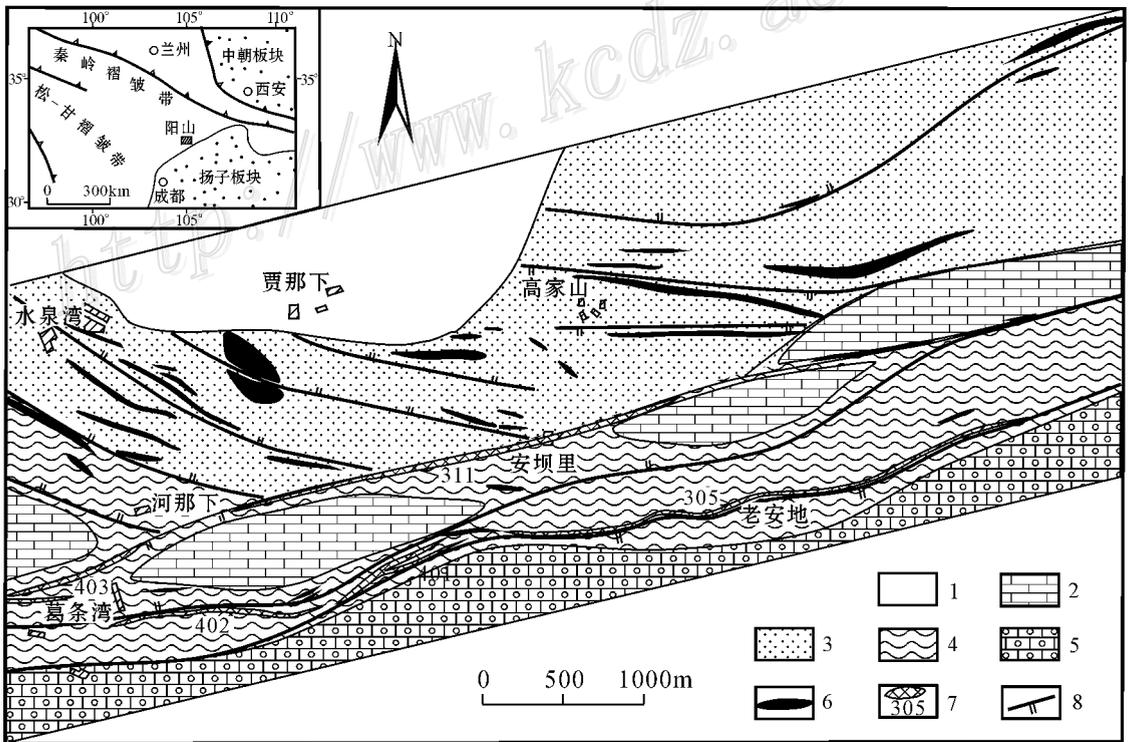


图 1 甘肃省文县阳山金矿带葛条湾-安坝矿段地质简图

1—第四系黄土沉积; 2—中泥盆统三河口群灰岩; 3—中泥盆统三河口群砂岩夹千枚岩; 4—中泥盆统三河口群千枚岩; 5—中泥盆统三河口群灰岩夹硅质岩; 6—斜长花岗岩斑岩; 7—金矿体及编号; 8—断层

Fig.1 Geological map of the Yangshan gold orefield in Wenxian County, Gansu Province

1—Quaternary; 2—Limestone of Middle Devonian Sanhekou Group; 3—Sandstone intercalated with phyllite of Middle Devonian Sanhekou Group; 4—Phyllite of Middle Devonian Sanhekou Group; 5—Limestone intercalated with quartzite of Middle Devonian Sanhekou Group; 6—Plagiogranite; 7—Gold ore body; and its serial number; 8—Fault

矿区赋矿地层为中泥盆统三河口群第三岩性段，岩性包括：①紫色中厚层石英砂岩，岩石有一定重结晶，矿物成分以石英为主，含少量碳酸盐矿物，金属矿化少见；②灰岩，以薄层—中厚层灰岩为主，局部含生物碎屑；③千枚岩，以灰色粉砂质、泥质千枚岩为主，夹多层碳质千枚岩；④中厚层硅质岩（石英岩），呈灰白色至灰黑色，石英重结晶强烈，含少量绢云母。本套地层与杜乐天（1996）所描述的碳、硅、泥质沉积较为一致，且千枚岩中常见有细粒浸染状或纹层状黄铁矿，应为一套热水沉积。

矿区出露一系列岩脉和少量小岩株，沿构造破碎带产出，其岩性主要为中细粒斜长花岗斑岩，其次为云英斑岩和花岗细晶岩等。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。岩石富硅 [$w(\text{SiO}_2) = 65.65\% \sim 80.77\%$ ，平均 73.01%]，富铝 [$w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 11.83\% \sim 16.75\%$ ，平均 14.44%]，里特曼指数 (σ) 较低，一般为 $0.3 \sim 0.4$ ，属钙碱性系列。稀土元素球粒陨石标准化型式图呈左高右低型， δEu 为 $0.53 \sim 1.01$ ，属弱到中等负 Eu 异常， La/Yb 比值较高，集中于 $13 \sim 30$ 之间。在微量元素蛛网图上，岩石表现为大离子亲石元素 (Rb、Ba、Th、Ce、K) 强富集和高场强元素 (Y、Ta、Nb、Zr、Hf) 弱富集特征。

2 矿床地质特征

阳山金矿带全长约 25 km，从西到东分为泥山、葛条湾、安坝、高楼山、阳山、张家山 6 个矿段，共发现金矿脉 89 条，累计探明 333 + 334 资源量 258 410 kg。其中规模最大的为 305 号和 311 号矿脉，金资源量分别为 56 133 kg 和 60 923 kg，平均品位分别为 6.07×10^{-6} 和 5.41×10^{-6} 。

矿脉在平面上呈舒缓波状，在剖面上呈脉状、似层状（图 2）。矿石主要由细粒浸染状黄铁矿化、毒砂化、绢云母化、粘土化千枚岩及斜长花岗斑岩构成，其中自然金主要以微细粒金（粒径 $< 2 \sim 3 \mu\text{m}$ ）形式包裹于毒砂、黄铁矿之中。除微细浸染型金矿化外，在矿区局部还出露含金石英脉型金矿化，一般呈扁豆状孤立产出。

矿石中主要非金属矿物有石英、绢云母、粘土类矿物、方解石、白云石、长石，主要金属矿物有自然金、银金矿、毒砂、黄铁矿、辉锑矿等。其中自然金主要以显微、次显微金形式包裹于毒砂、褐铁矿和粘土

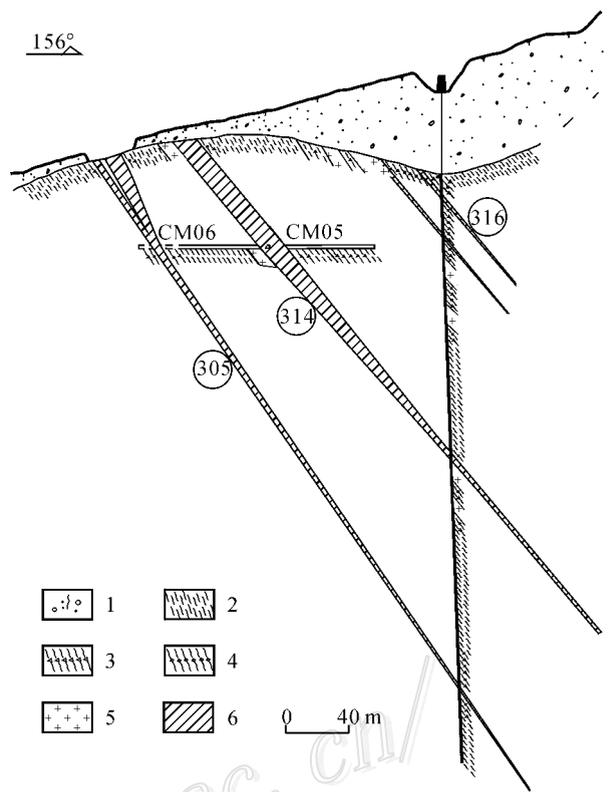


图 2 阳山金矿床地质勘探剖面图

1—第四系 2—千枚岩 3—碎裂岩化千枚岩 4—黄铁矿化千枚岩 5—斜长花岗斑岩脉 6—金矿体

Fig. 2 Exploration section of the Yangshan gold deposit
1—Quartary; 2—Phyllite; 3—Cataclastic phyllite;
4—Pyritized phyllite; 5—Plagiogranite; 6—Gold ore body

矿物中（齐金忠 2003a、2003b）。

矿床围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、粘土化（高岭石、伊利石、蒙脱石）碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化等。由于构造破碎带整体规模大、蚀变强，从矿体到围岩蚀变分带现象不明显，矿体与围岩常无明显界线。

3 矿床成因

3.1 成矿流体特征

流体包裹体显微测温分析结果表明，阳山金矿流体包裹体的均一温度为 $105 \sim 310^\circ\text{C}$ ，主要集中于 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ 。流体包裹体盐度在 $1.6\% \sim 10.4\%$ 之间，主要集中于 $1.61\% \sim 6.5\%$ 之间。显示成矿流体为低温、低盐度流体。流体密度变化范围为 $0.35 \sim 1.02 \text{ g/cm}^3$ ，成矿压力估算为 $400 \times 10^5 \text{ Pa}$ （刘伟等，2003）。

激光拉曼光谱分析表明(表1),流体包裹体中液相组分以H₂O为主,摩尔分数占70%~91.3%,其次为CO₂,摩尔分数占11.31%,H₂S占2%~4%,CH₄占0~4.5%。流体包裹体气相成分以CO₂和CO为主,含一定量的CH₄和H₂。包裹体群体成分分析结果表明,流体中阳离子组分从高到低依次为Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Li⁺,阴离子以富Cl⁻、贫F⁻为特点,SO₄²⁻、HCO₃⁻含量变化较大。

3.2 稳定同位素组成

稳定同位素分析结果表明(齐金忠等,2006),矿石中细石英脉的氢氧同位素组成主要分布于标准岩浆水附近,反映成矿流体以岩浆热液为主;硫同位素分析显示矿区存在两种硫源,其一为地层中的沉积硫,其二为成矿期的岩浆硫,两者硫同位素组成差别较大,金矿体中的硫主要为岩浆硫;全岩碳氧同位素分析结果显示,本区碳的来源可能是多样的,比较接近于岩浆成因碳的分布范围。

3.3 成岩成矿时代

矿区5件斜长花岗斑岩脉的K-Ar全岩年龄为171~209 Ma,平均为(189.4±7.2)Ma,显示其形成时代应为三叠纪末—侏罗纪初。矿区微细浸染型矿石中细脉状石英的³⁹Ar-⁴⁰Ar坪年龄(195.4±1.0)Ma,显示在侏罗纪早期本区存在成矿热液活动。对微细浸染型矿石内石英细脉中微细粒锆石的SHRIMP U-Pb年龄测定结果显示(Qi,2004),锆石年龄主要有3组,²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄分别为(197.6±2.2)Ma、(126.9±3.2)Ma、(51.2±1.3)Ma,且锆石具岩浆锆石特征,表明矿区存在3期由岩浆作用所引起的热液活动,分别发生于侏罗纪早期、白垩纪早期及古近纪早期。

3.4 矿床成因

从氢氧同位素分析结果看,阳山金矿床成矿流体以岩浆水为主。硫同位素分析表明矿区存在沉积硫和岩浆硫两种硫源,两者硫同位素组成差别较大,

表1 阳山金矿床流体包裹体激光拉曼光谱成分

Table 1 Laser Raman spectrograms analyses for fluid inclusions in the Yangshan gold deposit

样号	α(气相成分) %													
	CO ₂	H ₂ S	CH ₄	SO ₂	CO	N ₂	H ₂	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₆	C ₆ H ₆	
PD102-4			15.2		55.6	20.2		4.5		2.5			2	
GL22H(1)	14.6		14.8		63	7.6								
GL22H(2)	70.6		24.2					5.1						
GL15B	70		12.5				8.9	4		1.8		2.7		
D373	71.7	17.2					7.4	3.7						
YS07B	48.8		5.5		41.3			2.6			1.8			
401-2			10.7	14.4	68.7				4.5		1.6			
PD102-7-1 ¹	54.1	25.4	16.6						3.9					
PD102-7-1 ²	66.6	7.9	25.4											
KT1A	66.7		25.7					4.6					3	
平均	46.31	5.05	15.06	1.44	22.86	2.78	1.63	2.45	0.84	0.43	0.34	0.27	0.5	
样号	α(液相成分) %									α(盐水溶液)(mol/L)				
	CO ₂	H ₂ S(SO ₂)	CH ₄	H ₂ O	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₆	C ₆ H ₆	HS ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻
PD102-4	15.7		3.3	78.1			1.2		1.7			0.07		
GL22H(1)	6.9	3.6	4.5	79.0		2.1	2	1.9			3.65			
GL15B	12.8			79.5			2.1	2.4	3.2				0.09	
D373	11.2	(1.3)	4.5	81.7			1.3*				1.78		0.05	
YS07B	16.3	10.4		70		3.3						0.13		
ZK001-12	8	3.2	4.3	81.9			2.6			0.06				
401-2	12.7	2.6	3.3	80.3		1.1**							0.12	
PD102-7-1 ¹	66	34												
PD102-7-1 ²	6.5	2.2		91.3						0.05				
PD102-7-2	14.4	4.4	4.3	74.4	2.5									0.18
KT1A	6.8	4.2		82.1	2.2	2			2.7		3.02			
平均	16.1	5.87	2.2	72.57	0.42	0.67	0.71	0.39	0.69	0.01	0.76	0.01	0.02	0.01

注:由中国地质科学院西安地质矿产研究所测试,2003;*为C₃H₆,**为C₂H₆。上角标1,2代表同一样品的不同包裹体。受实验限制,有些样品的包裹体气相成分未测出,故未列。

并且矿体中的硫主要为岩浆硫。碳同位素分析结果也表明,金成矿与岩浆作用有关,可能混入了沉积碳。同位素年代学分析结果表明,矿区不仅存在侏罗纪早期斜长花岗斑岩脉,还存在白垩纪早期以及古近纪早期隐伏岩浆岩体(齐金忠等,2005),同时岩浆热液活动也表现出多期次特征。航磁资料也揭示在矿区深部存在大规模的隐伏岩浆岩体^①。

笔者还注意到矿区存在沉积硫和沉积碳。矿石显微观察也表明存在沉积成因的草莓状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,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 Au 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结构形成变余细粒黄铁矿,热液成因的黄铁矿沿裂隙发育,常呈脉状、网状,与毒砂、自然金等矿物共生,是主要的载金矿物。这些特征均表明富含碳、硫化物的泥盆系三河口群热水沉积为矿床的形成奠定了一定基础,而与岩浆作用有关的成矿热液活动则是形成阳山金矿的主要因素。

将流体包裹体均一温度、盐度范围投影到热液矿床平均温度-梯度曲线图上(图 3)可以看出,阳山金矿成矿流体中金属元素(Me)主要以硫化物配合物形式迁移,可以用下面反应式表示(於崇文,1998):



据该式可知,硫化物饱和程度或硫化物沉积范围,会因任何降低 $[\text{HS}^-] \times [\text{H}_2\text{S}]$ 乘积值的作用而增大,如降低 pH 值,也可改变该反应式中硫化物的活度积,引起矿质沉积;降温作用会造成硫化物配合物发生沉积,而发生沸腾时的降压、流体的稀释作用,也会引起配合物的不稳定性增加,造成元素的沉淀。对于阳山金矿,温度、压力的降低以及 H_2S 等挥发组分逸出可能是引起矿质沉淀的主要因素,而地下水的混合、水岩反应、地层中碳质的还原吸附促进了矿质沉淀。

4 成矿模式

结合阳山金矿带地质构造演化(齐金忠等,

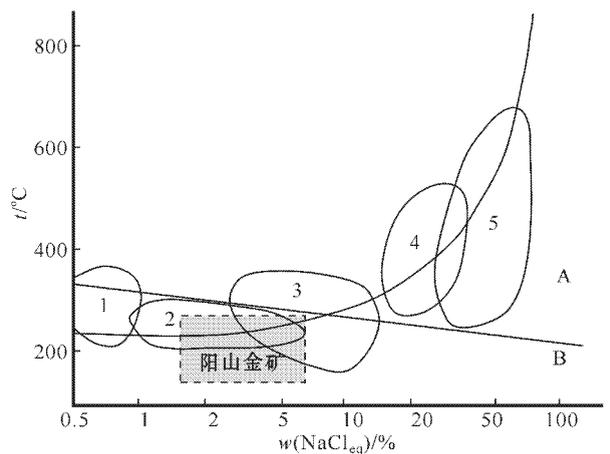


图 3 热液矿床温度-盐度区域及平均梯度曲线
(据於崇文,1998)

A 区:氯化物配合物为主;B 区:硫化物配合物为主;1—太古宙脉型金矿床;2—浅成低温 Au-Ag 矿床;3—块状硫化物矿床;4—希腊 Au-Cu 矿床;5—斑岩

Fig. 3 Temperature-salinity area and average gradient curve for hydrothermal deposits (after Yu, 1998)

A. Chloride complex dominant area; B. Sulfide complex dominant area; 1—Archean lode gold deposit; 2—Epithermal Au-Ag deposit; 3—Mussive sulfide deposit; 4—Greek Au-Cu deposit; 5—Porphyry

2006),笔者认为在前寒武纪本区形成了太古宇(?)—元古宇火山-沉积岩系。在古生代—三叠纪本区又沉积了厚度巨大的沉积岩系,尤其是在中泥盆世形成了含细粒黄铁矿层位的热液沉积,从而为本区金矿床的形成提供了良好的成矿地质背景。

在中晚三叠世,伴随华北板块与扬子板块的碰撞拼合,秦岭西侧的古特提斯洋闭合,勉-略缝合带形成(张国伟等,2003)。而在南北向挤压应力作用下,摩天岭—龙门山地区三叠纪及前期地层、岩体均发生强烈变形,形成强变形褶皱和透入性极好的区域性剪切劈理,伴随造山作用发生区域热动力变质作用,形成印支期(区域)变质岩。受变质流体改造,区内石英砂岩中的石英重结晶并出现石英细网脉,但这些石英细脉的金含量普遍不高,显示这期变质热液并未造成金的大规模富集。

在三叠纪末—侏罗纪早期,伴随造山带形成过程中伸展变形的构造演化,出现大规模中-酸性岩浆侵位,并形成陆内断陷盆地。在矿区沿构造带形成了较多的斜长花岗斑岩脉(171~209Ma),而且伴随

① 齐金忠等,2006. 阳山金矿带构造-岩浆演化序列及构造控矿规律研究(科研报告)。

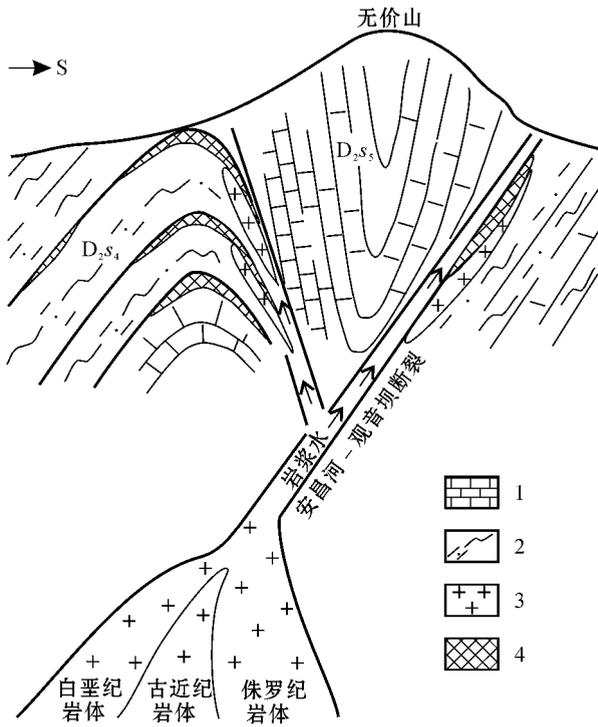


图4 阳山金矿带成矿模式示意图

1—泥盆系灰岩 2—泥盆系千枚岩 3—花岗岩 4—矿体

Fig. 4 Diagrammatic metallogenic model for the Yangshan gold deposit

1—Devonian limestone; 2— Devonian phyllite; 3—Granite; 4—Ore body

着岩浆活动,在矿区出现了第一期岩浆热液活动(195 Ma)。

在侏罗纪末,西伯利亚板块快速南移并与蒙古-华北-华南联合地块发生拼合。在这种南北向巨大推挤力作用下,在岩石圈结构较薄弱的造山带,形成后造山期构造及岩浆作用,形成了大别—秦岭地区燕山期地壳重熔型花岗岩(杨振宇等,2001)。在本区石英细脉中也发现有 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为121.4~130.2 Ma的岩浆锆石,显示在白垩纪早期本区曾发生隐伏岩浆活动。在古近纪早期,伴随着印度板块与欧亚板块的碰撞拼合(莫宣学等,2003),区域上经历了造山带夷平和陆内伸展构造盆地演化(陈明,1998),与此同时,本区发生了古近纪早期的隐伏岩浆活动。伴随着多期岩浆活动,以 H_2O 、 CO_2 为主的岩浆期后的热液携带着 H_2S 、 CH_4 等挥发组分以及Au、Ag、Sb等成矿物质由深部运移到浅部,同时,岩浆活动无疑为区内地下水循环提供了持续热动力条件,使得围岩中的金进一步活化迁移。随着挥发组分的逸出,温度、压力的下降以及水岩反应的进行,

体系原有的物理化学平衡被破坏,主要以硫化物配合物形式进行迁移的Au等成矿物质也逐渐在有利的构造部位沉淀、富集成矿。而侏罗纪、白垩纪及古近纪三期岩浆热液活动与泥盆系热水沉积在空间上叠加,使得矿化强度及矿体规模增大,从而形成了阳山特大型金矿床(图4)。

5 结论

(1)前寒武纪结晶基底及泥盆系碳、硅、泥质热水沉积为阳山金矿形成提供了良好的成矿地质背景。

(2)在三叠纪以后,区域上经历了3次较明显的(挤压)伸展过程,在由挤压向伸展转换的大地构造背景下,本区相继发生了3次岩浆活动。以 H_2O 、 CO_2 为主并含 H_2S 、 CH_4 等挥发分的岩浆热液携带Au、As、Sb等到浅部,同时,围岩中的成矿物质也进一步活化。

(3)受挥发分的逸出,温度、压力的下降以及水岩反应等因素的影响,以硫化物配合物为主要形式迁移的Au等成矿物质也逐渐在浅部沉淀下来,并在有利的构造部位富集成矿。

(4)多期岩浆热液活动与泥盆系热水沉积在空间上的耦合叠加促成了阳山特大型金矿床的形成。

References

- Chen M. 1998. Evolution of geological structure and mineralization of the Motianling massif and its southeast marginal area[J]. Journal of Mineral and Petrology, 18(Supp.): 33~39(in Chinese with English abstract).
- Du L T. 1996. The relationship between crust fluids and mantle fluids [J]. Earth Science Frontiers, 3(4): 172~180 (in Chinese with English abstract).
- Guo J H, Qi J Z and Sun B. 2002. Geological and geochemical study of Yangshan gold deposit, Gansu Province[J]. Gold Geology, 8(2): 15~19(in Chinese with English abstract).
- Liu W, Fan Y X, Qi J Z and Yu J Y. 2003. Fluid inclusion geochemistry characteristics of the Yangshan gold deposit in Wen County, Gansu Province, China[J]. Geoscience, 17(4): 444~452 (in Chinese with English abstract).
- Luo X M and Qi J Z. 2004. Geological and microelement geochemical study of Yangshan gold deposit, Gansu Province[J]. Geoscience, 18(2): 203~209(in Chinese with English abstract).
- Mo X X, Zhao Z D and Deng J F. 2003. Response of volcanism to the India Asia collision[J]. Earth Science Frontiers, 10(3): 135~

148(in Chinese with English abstract).

- Qi J Z, Zhao X B and Fan Y X. 2001. Research on metallogenic regularity and ore prospecting at Yangshan gold ore belt, Wenxian County, Gansu Province[A]. In : Geological proceedings of gold headquarters of CAPH[C]. Beijing : Seismic Pub. House. 143~149(in Chinese).
- Qi J Z, Yuan S S and Li L. 2003a. Geological and geochemical study of yangshan gold deposit, Gansu Province[J]. Mineral Deposits, 22(1): 24~31(in Chinese with English abstract).
- Qi J Z, Yuan S S, Li L, Sun B and Guo J H. 2003b. Geological features and ore controlling factors of yangshan super large gold deposit[J]. Geological Review, 49 : 5~92(in Chinese with English abstract).
- Qi J Z, Yuan S S and Liu Z J. 2004. U-Pb shrimp dating on zircon from quartz vein of Yangshan gold deposit and its geological significance [J]. Acta Geologica Sinica, 78(2): 443~451.
- Qi J Z, Li L and Yuan S S. 2005. U-Pb dating of zircon and its geological significance at Yangshan gold deposit[J]. Mineral Deposits, 24(2): 141~150(in Chinese with English abstract).
- Qi J Z, Yang G C and Li L. 2006. Isotope geochemistry, chronology and genesis of Yangshan gold deposit, Gansu[J]. Geology in China, 33(6): 1345~1353(in Chinese with English abstract).
- Qi J Z, Yang G C and Luo X M. 2006. Tectonic-magmatic evolution and gold mineralization in Yangshan gold belt, Gansu Province, China[J]. Geoscience, 20(4): 564~572(in Chinese with English abstract).
- Yang R S. 2006. Geology, geochemistry and genesis of Yangshan gold deposit, Gansu Province, China[D]. Ph. D. dissertation of Peking University. 1~172(in Chinese with English abstract).
- Yang Z Y, Dong S W and Jean Besse. 2001. Mesozoic tectonic evolution of the North and South China blocks and the exhumation mechanism of the ultra-high pressure metamorphic rocks[J]. Geological Review, 47(6): 568~576(in Chinese with English abstract).
- Yu C W, Cen K and Bao Z Y. 1998. Metallogenic dynamic[M]. Beijing : Geol. Pub. House. 1~230(in Chinese).
- Yu Jinsheng, Li Yuesong. 1997. Isotope geochemistry study in China [M]. Beijing : Science Press. 1~621(in Chinese).
- Zhang G W, Dong Y P and Lai S C. 2003. Mian-Lue tectonic belt and Mian-Lue suture zone in southern Qinling-Dabie orogenic belt[J]. Science in China(Series D), 33(12): 1121~1135(in Chinese).

附中文参考文献

- 陈 明. 1998. 摩天岭地块及东南缘地质构造演化与成矿作用[J]. 矿物岩石, 18(增刊): 33~39.
- 杜乐天. 1996. 地壳流体与地幔流体间的关系[J]. 地学前缘, 3(4): 172~180.
- 郭俊华, 齐金忠, 孙 彬. 2002. 甘肃省文县阳山特大型金矿床地质特征及成因探讨[J]. 黄金地质, 8(2): 15~19.
- 刘 伟, 范永香, 齐金忠, 余金元. 2003. 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, 17(4): 444~452.
- 罗锡明, 齐金忠. 2004. 甘肃省阳山金矿床微量元素及稳定同位素地球化学研究[J]. 现代地质, 18(2): 203~209.
- 莫宣学, 赵志丹, 邓晋福. 2003. 印度-亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应[J]. 地学前缘, 10(3): 135~148.
- 齐金忠, 赵小坡, 范永香. 2001. 甘肃省文县阳山金矿带成矿规律与找矿方向研究[A]. 见 武警黄金指挥部地质论文集[C]. 北京 : 地震出版社. 143~149.
- 齐金忠, 袁士松, 李 莉. 2003a. 甘肃省文县阳山特大型金矿床地质地球化学特征[J]. 矿床地质, 22(1): 24~31.
- 齐金忠, 李 莉, 袁士松, 范永香. 2003b. 甘肃省文县阳山金矿床地质特征及控矿因素研究[J]. 地质论评, 49(1): 85~92.
- 齐金忠, 李 莉, 袁士松. 2005. 甘肃省阳山金矿床石英英脉中锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究[J]. 矿床地质, 24(2): 141~150.
- 齐金忠, 杨贵才, 李 莉. 2006. 甘肃省阳山金矿床稳定同位素地球化学、成矿年代学及矿床成因[J]. 中国地质, 33(6): 1345~1353.
- 齐金忠, 杨贵才, 罗锡明. 2006. 甘肃阳山金矿带构造岩浆演化与金矿成矿[J]. 现代地质, 20(4): 564~572.
- 杨荣生. 2006. 甘肃阳山金矿地质地球化学特征及成因研究[D]. 北京大学博士学位论文. 1~172.
- 杨振宇, 董树文, Jean Besse. 2001. 华南、华北地块中生代构造演化与超高压变质岩的折返机制[J]. 地质论评, 47(6): 568~576.
- 於崇文, 岑 况, 鲍征宇. 1998. 成矿作用动力学[M]. 北京 : 地质出版社. 1~230.
- 于津生, 李耀崧. 1997. 中国同位素地球化学研究[M]. 北京 : 科学出版社. 1~621.
- 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪. 2003. 秦岭-大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带[J]. 中国科学(D 辑), 33(12): 1121~1135.