东秦岭五朵山花岗岩体及金矿关系探讨

常秋玲[1,2],卢欣祥[2],刘东华[2],李明立[1,2]
1. 中国地质大学 地球科学与资源学院,北京 100083
2. 河南省国土资源科学研究院,郑州 450053

摘要:对产在五朵山花岗岩中的矿床(点)的地质背景、矿床特征、成矿流体及矿床成因等方面作了系统的研究。提出了断裂构造对成矿的主要控制作用,它起着沟通深部与浅部的作用,并使深部的含金流体沿断裂破碎带上升、沉淀而成矿。花岗岩与金矿的关系不是直接的,而是间接的。这一规律对寻找同类型的金矿有重要的指导意义。

关键词:金矿;成矿流体;断裂构造;五朵山花岗岩;河南
中图分类号:P588.121;P618.51 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-5888(2006)03-0319-07

The Relation Between Gold Deposits and Wuduoshan Granite in Eastern Qinling

CHANG Qiu-ling[1,2], LU Xin-xiang[2], LIU Dong-hua[2], LI Ming-li[1,2]
1. *College of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*
2. *Scientific Academy of Land and Resources of Henan, Zhengzhou* 450003, *China*

Abstract: The geological setting, deposit features, metallogenetic fluid and the genesis of the gold deposit hosted in the Wuduoshan granite were systematically discussed. The faults controlled the mineralization mainly and connected the deep with the surface by the upward migration of the deep-derived auriferous metallogenetic fluids via the fractured zones and by their later precipitation. The host granite and the gold deposit are not directly, but are indirectly associated. This cognition is of great significance in searching the same type of gold deposits.

Key words: gold deposit; metallogenetic fluid; fault; Wuduoshan granite; Henan Province

1 地质背景

豫西南地区大地构造位置处于商丹与黑沟—栾川构造带之间的秦岭造山带之北秦岭构造带。地层主要为元古界秦岭群,晚元古—古生界二郎坪群以及上叠的中生代(T_3 - J_1)断陷盆地沉积,它们分别被商丹断裂(南部)、朱夏断裂(中部)及乔端—瓦穴子、黑沟—栾川断裂(北部)所分隔。二郎坪群是由大庙组、火神庙组和小寨组构成的一套变质-沉积火山岩系,研究表明属蛇绿岩系[1,2]。北秦岭岩浆作用强烈,不同时代的岩浆岩十分发育,尤以加里东期最为强烈,其规模大、数量多,构成秦岭著名的加里东期构造岩浆岩带。如五朵山、板山坪、漂池、安吉坪等岩体,其岩性为二长花岗岩、黑云母花岗岩和花岗闪长岩等,它们分属俯冲型或碰撞型花岗岩,其同位素年龄为 402～573 Ma[3]。其中五朵山岩体规模最大,岩体内或内外接触带发现不少金矿床(点)。成矿受切穿岩体的北北西向(330°左右)韧性剪切带控制。本区的重要特点是矿床或矿体多数产在五朵山花岗岩体内及内外接触带部位,长期以来人们都

收稿日期:2005-08-21
基金项目:国家自然科学基金项目(49672111)
作者简介:常秋玲(1968-),女,河南郑州人,博士研究生,高级工程师,主要从事花岗岩、金矿及国土资源研究,Tel: 0371 - 63836315, E-mail: changql88@yahoo.com.cn。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

把它们作为与花岗岩有关的金矿来认识,认为这些金矿是岩浆期后热液的产物。本文就这些金矿床(点)的基本特征以及成矿流体来探讨五朵山花岗岩与成矿的关系。

2 金矿床(点)分布

五朵山岩体的内外接触带发现了不少金矿床(点)(图1),是豫西南重要的金多金属成矿带。在内接触带有大赵峪、大石窑、许窑沟、竹园沟、七潭、炸板石沟、大南沟、小正南沟、蚂蚁沟、棉树凹、杏树坪、草曼等金矿床(点);在岩体外接触带中有夏家沟、周庄、淄源、梅子沟、银洞沟等金矿点。矿床(点)的基本地质矿化特征列于表1中。

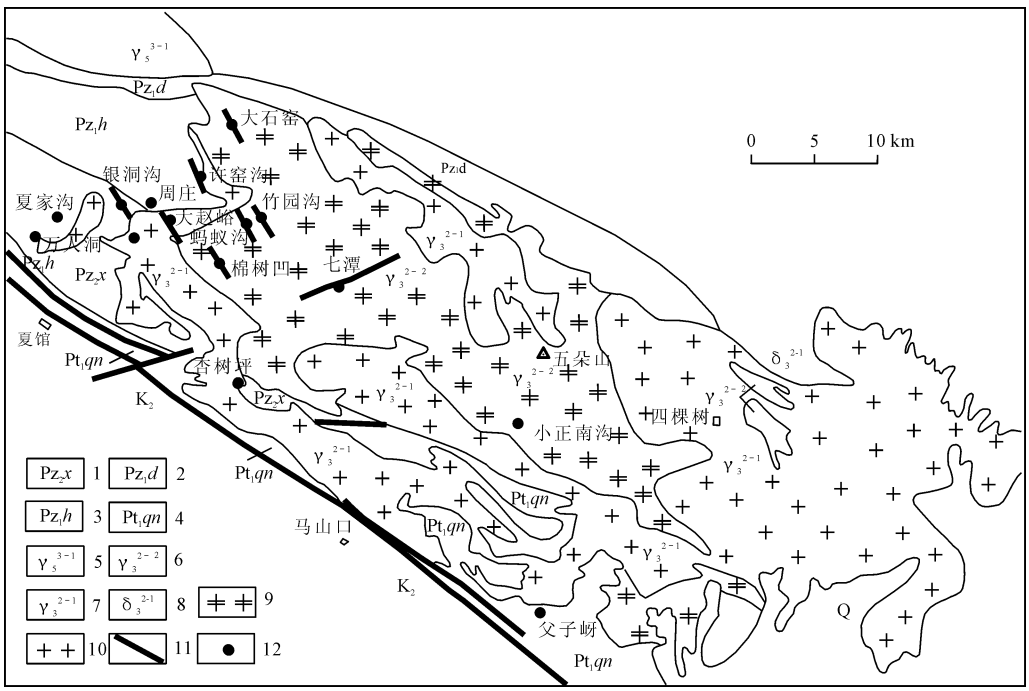


图1 五朵山岩体西侧金矿床(点)分布图

Fig. 1 The map of gold deposits in the west of Wuduoshan body

1.小寨组;2.大庙组;3.火神庙组;4.秦岭群;5.燕山晚期侵入体;6.加里东中期第二次侵入体;7.加里东中期第一次侵入体;8.加里东晚期闪长花岗岩;9.似斑状花岗岩;10.中细粒黑云母花岗岩;11.断层;12.金矿(化)点

表1 五朵山岩体西部主要矿床地质特征

Table 1 Geological characteristics of important gold deposits in the west of Wuduoshan body

矿床(点)名称	赋存位置	矿床地质特征
许窑沟金矿床	位于五朵山岩体西端内接触带,外接触带为二郎坪群火神庙组	主要断裂构造可分为两组:一组走向NW325°,倾角57°~75°,具多期活动特点。早期以石英脉充填为主;中期石英脉破碎形成条带角砾,为主要矿化阶段;晚期常使早期充填的脉体、构造岩和矿体被错开,对矿体有破坏作用。另一组为北东向断裂构造,倾角35°~64°,断裂带中发育破碎蚀变岩及石英脉,金矿化较弱
竹园沟金矿点	位于五朵山岩体西端内接触带,外接触带为二郎坪群火神庙组	控矿构造为NW向的脆性或韧-脆性剪切带,构造带总体走向325°~355°,与本区其它矿床一致,倾向NE,倾角65°~80°,由花岗质粗糜棱岩及劈理带组成,只有稀疏劈理和花岗岩碎裂岩化的弱构造地段,矿化迅速减弱
大石窑金矿点	位于五朵山岩体西北角内接触带,外接触带地层为二郎坪群火神庙组和大庙组	区内NWW向和NE向两组断裂发育,前者规模较大,后者较小,两组断裂都具有脆性剪切特征,均与金矿化有关,沿构造带具有明显的硅化、绢云母化、绿泥石化和黄铁矿化,矿石类型为石英脉型和构造蚀变岩型。构造发育,与金矿有关的热液蚀变强度大,金矿成矿特征与许窑沟类似

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 1

矿床(点)名称	赋存位置	矿床地质特征
草曼、杏树坪矿点	位于五朵山岩体西南侧内接触带,地层主要为秦岭群雁岭沟组和二郎坪群小寨组	区内断裂构造发育,构造线方向主要为 NWW、NNW 和 NE 向,遥感图像上环形构造发育,金矿点正好处于环形构造的交切部位,成矿条件十分有利。矿体受剪切带控制,剪切带倾向 100°～126°,倾角 40°～60°,含金石英脉可见到大量的黄铁矿和方铅矿,杏树坪矿化点位于五朵山花岗岩中,受南北向剪切带控制
棉树凹金矿点	位于五朵山岩体西部内接触带,外接触带为二郎坪群火神庙组	矿化受剪切带控制,区内已发现构造蚀变带 20 多条,矿化带走向 NW300°左右,倾角 50°左右。与矿化有关的主要蚀变有绢云母化、硅化及黄铁矿化等
周庄金矿点	位于二郎坪群火神庙组,属岩体西侧外接触带	控矿构造为韧-脆性剪切带,构造带糜棱岩内充填灰白色石英脉,构造带走向为 290°～300°,倾角 50°～75°

3　矿化特征

与五朵山花岗岩体有关的矿床(点)多位于岩体及其内外接触带上,矿化明显受断裂控制。与成矿有关的断裂主要有 3 组,即北北西、北西西和北东向,其中北北西向是五朵山岩体中成矿作用最强、最具代表性的断裂,如许窑沟、竹园沟、大赵峪、棉树凹等矿床均发育其中。北西西向断裂是一组规模大、延伸远的区域性断裂,作为巨大的隐伏构造带的地表,表现出控制区域及整个岩体两侧的金银矿化成带状分布。北东向断裂在全区较为发育,发育程度仅次于北北西向构造,该组构造总体规模不大,延伸较短,矿化规模亦较小,受此类构造控制的有小正南沟金矿点等。岩体内有明显的化探异常分布,五朵山岩体及周围矿点星罗棋布,一般花岗岩体边缘凸出或港湾处是形成金矿化的有利部位,许窑沟金矿即位于这样的港湾处。

矿床类型为石英脉型和构造蚀变岩型。在岩体内部含矿构造及矿体两侧围岩蚀变范围较宽,具分带性,外接触带矿脉两侧蚀变范围则较窄。矿化具有多期多阶段的特点,可分为 3 个成矿期:少金属硫化物石英脉期,沿剪切带贯入乳白色的石英脉,该期硫化物很少,成星点状或浸染状分布;多金属硫化物期,为主成矿期,早阶段以沿裂隙贯入多金属硫化物石英脉,开始出现大晶粒半自形的黄铁矿、磁黄铁矿为特点,尔后多金属硫化物呈细脉充填于裂隙或晶隙中;非金属硫化物期,绿泥石、石英脉或碳酸盐脉贯入。主要的围岩蚀变有硅化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化,金的富集与硅化、黄铁矿化、碳酸盐化的关系密切。富含黄铁矿、金属硫化物及其氧化物的剪切破碎带是金矿直接的找矿标志。地球化学异常标志明显,岩体中的异常以金为主,以金为主的地球化学异常是重要的找矿标志。线性构造发育,而且对研究区内金矿床(点)的分布有明显的控制作用。

4　成矿流体特征

4.1　流体包裹体特征

许窑沟金矿成矿早期阶段包裹体形态复杂,气液比及包裹体大小变化大,除气液包体外,还含液相 CO_2 包体、含石盐子晶包体和含气相包体。气液比为 5%～70%,表现出充填度的巨大差异,包裹体大小为 1～50 μm。中晚期阶段主要为气液两相包体及少量纯液相包体。

4.2　矿物流体包裹体成分

许窑沟金矿 3 个成矿阶段矿物包体成分列于表 2①。由表可知,液相成分中,早期成矿阶段 $Na^+ > K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$,而到中晚期阶段则 $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+$,各成矿阶段均为 $Cl^- > F^-$,从早期到晚期,Mg^{2+}、Ca^{2+} 大幅度升高,F^-/Cl^- 比值升高。Na^+、Cl^-、盐度、CO_2/H_2O 值,Na^+/K^+ 值与 $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 值从早期到晚成矿阶段明显降低。这与成矿早期阶段包体相态复杂、含有液相 CO_2 包体和含石盐子晶包体相一致,在成矿中晚期阶段随着矿质沉淀,Ca^{2+}、Mg^{2+} 加入,与此阶段形成较多的碳酸盐相吻合。由于黄铁矿的干扰,不能分析出矿物包体中的 S^{2-}、HS^-,但成矿期有大量硫化物形成,表明成矿溶液中必然有大量硫化物形成,即成矿溶液中存有大量 HS^-、S^{2-}。

① 王铭生,宋峰. 宽坪群及二郎坪群的含矿性研究. 1991.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表2 许窑沟金矿流体包裹体成分分析结果

Table 2 Analytic results of compositions of the fluid inclusions from Xuyaogou gold deposit

样号	成矿阶段	产出位置	测定矿物	pH	Eh/mV	w_B(液相)/10⁻⁶							w_B(气相)/10⁻⁶					
						K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	H_2O	CO_2	H_2	CO	CH_4	N_2
BF1-Q许	早期	许窑沟金矿石英脉	石英	6.8	371	6.56	38.80	1.04	0.009	0.40	58.00	0.00	208.00	154.70	0.686	2.38	1.03	
B24-2	中期	硫化物石英脉金矿石	黄铁矿			1.68	2.36	73.12	4.320	0.178	6.628	-	260.35	52.39	0.090	1.85	0.01	0.82
B26-2	晚期	黄铁矿-石英脉	黄铁矿			1.84	0.80	118.48	7.120	0.536	1.189	-	305.20	22.55	0.070	1.15	0.14	0.12

4.3 金的搬运与沉淀

研究表明,金是呈络合物在矿液中搬运的,成矿早期阶段溶液中有大量 Cl^- 存在,表明该阶段 Au 在流体中搬运是以 $[AuCl_2]^-$ 络合物形式进行的。$[AuCl_2]^-$ 络合物一般在较高温度(350～400 ℃)下稳定,在低温下不稳定。在成矿中、晚期阶段,温度为280～150 ℃,使 $[AuCl_2]^-$ 变得不稳定,而 HS^- 络合物则在较广泛的中低温条件下稳定存在。因此主成矿期金在流体中主要呈 $[Au(HS)_2]^-$ 而不是呈 $[AuCl_2]^-$ 形式搬运,故金与大量的硫化物密切共生。

4.4 成矿溶液的氧化还原条件

由表2可知,许窑沟金矿成矿早期阶段 Eh 值达371,3个成矿阶段的还原参数 R 都很低,与其成矿阶段变价离子铁较高是一致的。这表明成矿过程处于相对氧化环境[4],与矿石出现较多的铁氧化物(镜铁矿)吻合。镜铁矿还作为一种应力矿物广泛发育在矿床中,表明成矿作用与构造作用密切相关。

4.5 成矿流体同位素特征

氢、氧同位素 许窑沟金矿成矿早期石英的 $\delta^{18}O$ 为14.73‰,按均一温度和矿物-水分馏过程计算的成矿溶液 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为8.93‰,氢同位素 δD 为-80‰;成矿中期(主成矿期)黄铁矿包体溶液 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 和 δD 分别为-9.1‰、-102‰。成矿晚期计算的成矿溶液 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为-7.15‰,黄铁矿包体 $\delta^{18}O$ 为-94.7‰。在 $\delta D-\delta^{18}O$ 图上,早期成矿阶段氧同位素为较高正值,接近岩浆水;成矿中晚期(主成矿期)的氧同位素为较大的负值。随着成矿温度的降低,有愈来愈多的大气水加入,正是由于岩浆水与大气水的混合促使了金的沉淀而成矿。

硫同位素 矿床成矿阶段5个黄铁矿、1个黄铜矿的硫同位素 $\delta^{34}S$ 矿物值为-1.4‰～4.1‰,变化范围窄,平均值为2.56‰。该矿床矿物共生组合中未出现高氧化态重晶石矿物,也未发现强还原矿物磁黄铁矿,可以用黄铁矿的平均硫同位素组成代表热液中总的硫同位素组成,显示矿床硫源有岩浆源或深源硫的特征。

碳同位素 根据核工业部中南地勘局测得该矿床一个含金菱铁矿样品的 $\delta^{13}C_{CO_2}=-4.66$‰,一个成矿后阶段方解石样品的 $\delta^{13}C_{CO_2}=-3.65$‰,这两值都在岩浆和地幔碳同位素(-3‰～-9‰)范围内,表明成矿溶液的碳主要来自深源。

5 五朵山花岗岩与成矿关系的讨论

5.1 成岩成矿时代差异

五朵山花岗岩体分布在河南省西南部的内乡、镇平、南召、南阳等县的交界处,出露面积1 420 km²,呈岩基状产出。由寺庄、黄龙庙—四棵树、牧虎顶等岩体组成复式岩体。岩石类型主要为中细粒黑云母二长花岗岩、中细粒(含白云母)二长花岗岩、中粒含斑黑云母二长花岗岩及斑状黑云母二长花岗岩。岩体时代为448 Ma(黑云母,$^{40}Ar-^{39}Ar$);392 Ma,444 Ma(全岩,Rb-Sr);414 Ma(黑云母,K-Ar)[3]。同位素年龄资料表明,五朵山岩体为加里东期花岗岩,而大赵峪金矿的含金黄铁矿的 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 年龄值为243 Ma①。本项目测得许窑沟金矿中的石英脉 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 年龄值为372 Ma,由于该样品的坪年龄随加热升温而呈下降趋势,故对其实际的地质意义同位素学家尚无法定论。即便如此,成矿年龄要晚于成岩年龄几十个 Ma。以大赵峪金矿为例,成矿年龄与成岩年龄相差200 Ma。一般情况下,一个花岗岩体的冷却时间只有几个 Ma(如3～5 Ma,也有人认为1 Ma)[5],也就是说作为已固结的花岗岩不可能产生成矿热液。

① 严阵.花岗岩含矿性研究.1990.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

5.2　金矿与构造有关

花岗岩中的金矿无不产在花岗岩内部或者内外接触带的构造破碎带、剪切带中。矿体严格受构造控制,没有构造就没有热液蚀变,也没有金矿化发生。在矿化带中常见镜铁矿等应力矿物出现,亦证明金矿与构造带有关。许窑沟、大赵峪、竹园沟、蚂蚁沟、小正南沟、七潭、棉树凹、大石窑等金矿床(点)均属于该类型矿床(点)(图 2～7)。矿体主要产在岩体的构造破碎带中(断裂带或剪切带),有的还穿切岩体进入围岩,具有穿时穿层性[6,7]。岩体中的断裂构造明显晚于岩体,因此成矿晚于岩体是显而易见的,从已有的同位素年龄资料也证明了这一点。

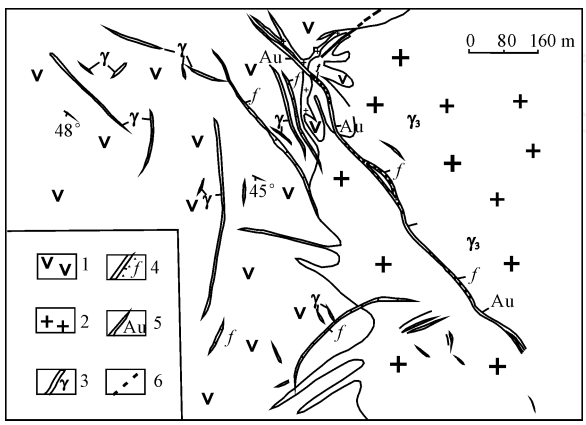


图 2　许窑金矿地质图

Fig. 2　Geological map of Xuyaogou gold ore district

1. 二郎坪群火山岩;2. 中细粒黑云母花岗岩;3. 花岗岩脉;4. 蚀变构造破碎带;5. 金矿体及编号;6. 断层

5.3　成矿热液不是岩浆期后热液

根据许窑沟金矿床氢氧同位素组成,表明成矿流体大气水起了主要作用,在 δD_{H_2O} 和 $\delta^{18}O$ 的图解上(图略),它们大大偏离岩浆水区,而靠近大气降水线,进一步排除了岩浆期后热液的可能性。

5.4　矿体两侧未出现金元素的负异常

如果说花岗岩是金的成矿母岩,在地球化学元素的分布上应该有所反映。矿体附近是金元素高度集中的地方,应出现很大的正异常,作为普遍存在的均衡补偿理论,在一个地球化学场中,元素有浓集就有贫化,即有正异常,在两侧就应该有负异常,远离矿化中心而趋于正常,研究区尚未发现该现象。这说明五朵山花岗岩不太可能是金矿的主要成矿源岩。

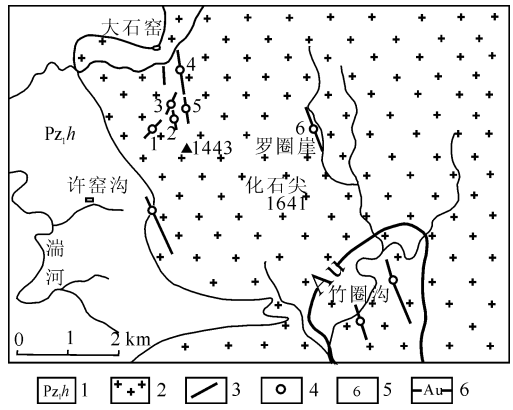


图 3　大石窑金矿地质图

Fig. 3　Geological map of Dashiyao gold ore district

1. 火神庙组变基性火山岩;2. 加里东期黑云母二长花岗岩;3. 构造带;4. 金矿床(点);5. 金矿床(点)编号;6. 以金为主的化探异常

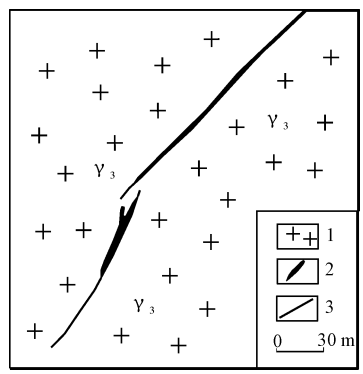


图 4　小正南沟金矿地质图

Fig. 4　Geological map of Xiaozhengnangou gold ore district

1. 似斑状黑云母花岗岩;2. 矿体;3. 断层

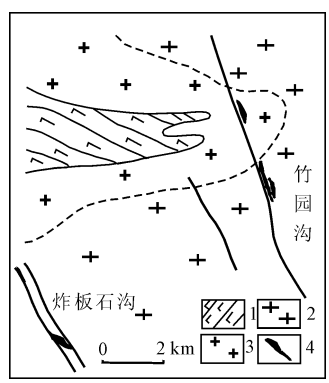


图 5　竹园沟金矿分布图

Fig. 5　Geological map of Zhuyuangou gold ore district

1. 火神庙细碧角斑岩;2. 似斑状花岗岩;3. 中细粒花岗岩;4. 金矿体

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

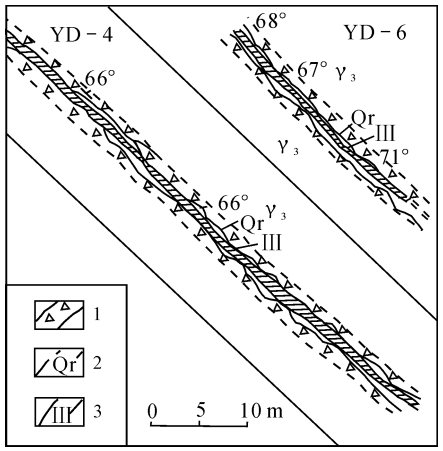


图6 许窑沟金矿坑道平面图

Fig. 6 Planimetric map of the gallery from Xuyaogou gold deposit

γ3. 加里东期花岗岩;1. 碎裂蚀变花岗岩;2. 碎裂石英脉;3. 金矿体编号

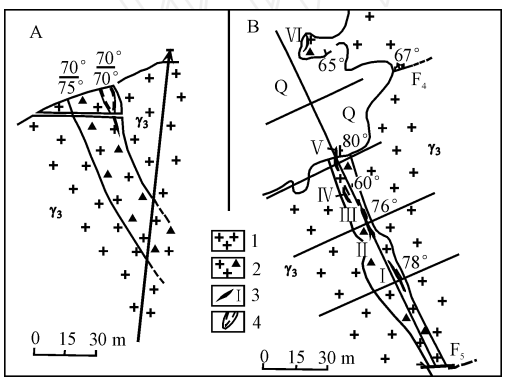


图7 大赵峪金矿地质图

Fig. 7 Geological map of Dazhaoyu gold deposit

Q. 第四系;1. 中细粒黑云母二长花岗岩;2. 矿化蚀变构造破碎带;3. 金矿体及编号;4. 采空区;A. 勘探线剖面;B. 矿区图

5.5 矿床成因及找矿模式

产于五朵山花岗岩体中或者内外接触带的矿床(点),其矿床类型属石英脉-构造蚀变岩型,成矿物理化学条件则提示其为中温热液矿床。此类矿床明显地产在深成花岗岩的韧性-脆性剪切带中,岩体中的各类断裂以及岩体与围岩的接触带都是构造薄弱带,有利于成矿流体的运移,为深部的成矿流体提供了运移的通道。氢氧同位素资料表明,大气水在成矿中起了主要作用,说明地表水流体与循环的深部流体相互发生作用,在两种流体混合的地方,由于物理化学条件(减压及温度、酸碱度等)改变使流体中的矿液发生沉淀而成矿。所以花岗岩对金矿的控制作用不是直接的,而是间接的,它起着沟通深部与浅部的作用,而真正成矿却需要有一定切割深度的断裂破碎带的构造环境,才能使深部的含金流体沿断裂破碎带上升、沉淀而成矿[7~12]。尽管矿床与花岗岩有关(产在接触带或者花岗岩内),但成矿与花岗岩的岩浆作用无关。岩浆岩与岩浆作用完全是两个不同的概念,二者不能等同起来,更不能把矿床产在什么岩系,就说成什么热液成矿作用[10]。金矿与花岗岩没有成因联系,只是就位在一起,花岗岩仅作为金矿的围岩。

花岗岩在这里不是矿源岩,而是赋矿岩,金矿产在其成岩后的裂隙中。由于花岗岩较均一,且具刚性,这些裂隙都相当平直,并且切割较深。同时花岗岩一般来源较深,其接触带裂隙(韧性剪切带)均可以作为沟通深部成矿流体的通道,成矿的物理化学条件资料证明主成矿期为地表水流体与循环的深部流体交汇处,并非岩浆期后溶液。当然,深部成矿流体在运移过程中会发生淋滤作用,从而使围岩(花岗岩)中的成矿物质进入成矿流体中也是可能的,只是目前还没有足够的资料来证实这一点,还没有找到花岗岩中的成矿物质加入到矿体中而出现的元素共轭异常情况,即在离开矿体的正值区后出现低于正常的负值,之后再出现的正常场。同位素资料也没能提供矿体与花岗岩的成因联系(二者不同时)。

6 结论与推论

对五朵山岩体周围的金矿床(矿化点)研究表明,花岗岩与金矿的关系是:①金矿产在岩体与围岩的接触带,向两侧矿化急剧减弱;②金矿产在岩体内部各种韧性剪切带、破碎带中,其他未破裂部位没有矿化;③矿体呈脉状,与岩体(围岩)的接触界线截然不同,基本没有弥漫性的浸染状矿化(小斑岩除外);④多数情况矿床时代比花岗岩时代新。这与上世纪60～70年代认为矿源(岩浆期后热液)、热源促使地层中金活化转移出来,地层(矿源层)-岩浆(花岗岩)-构造(韧性剪切带)三位一体的"花岗岩成矿"的观点相悖。应考虑和地幔流体有关,而不是和花岗岩有成因联系。花岗岩作为一个统一的地质体应是比较致密和均一的,流体(矿液)一般是无法通过和渗透的。但当其发生破碎或有断层、韧性剪切带时,则完全是另当别论了。岩体中的各类断裂带、片理化带、节理以及岩体与围岩的接触带,都是构造薄弱带,矿液(成矿流体)极易通过和运移,这就是为什么在大的花岗岩体中矿总是产在花岗岩中的各种构造

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

破碎带和接触带的原因。矿化主要限制在断裂带中,热液蚀变则以接触带或断裂带为中心向两侧递减。所以元素丰度自接触带向岩体中心逐渐减弱以致消失。这是流体作用的结果,与花岗岩可能无成因联系。

参考文献(References):

[1] 孙勇,卢欣祥,韩松,等.北秦岭早古生代二郎坪蛇绿岩片的组成和地球化学[J].中国科学(D 辑),1996,**26**(增刊):49－55.
SUN Yong, LU Xin-xiang, HAN Song, et al. Composition and formation of Palaeozoic Erlangping ophiolitic slab, North Qinling: Evidence from geology and geochemistry[J]. Science in China (Series D), 1996, **26**(Sup.):49－55.

[2] 张国伟,张本仁,袁学城,等.秦岭造山带与大陆动力学[M].北京:科学出版社,2001.
ZHANG Guo-wei, ZHANG Ben-ren, YUAN Xue-cheng, et al. Qinling orogenic belt and continental dynamics[M]. Beijing: Science Press, 2001.

[3] 卢欣祥.秦岭大地构造图及说明书[M].西安:西安地图出版社,2000.
LU Xin-xiang. Granitoid tectonic map of Qinling belt [M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Publishing House, 2000.

[4] 李秉伦,石岗.矿物中包裹体气体成分的物理化学图解[J].地球化学,1986(2):126－137.
LI Bing-lun, SHI Gang. Physico-chemical diagrams of gas composition of fluid inclusion in mineral [J]. Geochimica, 1986(2):126－137.

[5] 刘连登.同源成矿说[C]//关广岳,朱奉三.岩浆热液金矿床成因新认识.沈阳:东北工学院出版社,1989:79－81.
LIU Lian-deng. The view of orthologous metallogenesis[C]// GUAN Guang-yue, ZHU Feng-san. New ideas about genesis of magmatic hydrothermal gold deposits. Shenyang: Northeast Institute of Technology Press, 1989:79－81.

[6] 卢欣祥.东秦岭两类花岗岩与两个金矿系列[J].地质论评,1994,**40**(3):418－428.
LU Xin-xiang. Two types of granites and two series of gold deposites in Eastern Qinling[J]. Geological Review, 1994, **40**(5):418－428.

[7] 常秋玲,卢欣祥,薛青.豫西南许窑沟金矿成因[J].黄金地质,2002,**8**(3):38－42.
CHANG Qiu-ling, LU Xin-xiang, XUE Qing. Genesis Xuyaogou gold deposit in the southwest of Henan[J]. Gold Geology, 2002, **8**(3):38－42.

[8] 罗铭玖,卢欣祥,郑德琼,等.流体·花岗岩·金矿[J].河南地质,1995,**13**(4):253－260.
LUO Ming-jiu, LU Xin-xiang, ZHENG De-qiong, et al. Fluid, granite and gold deposit[J]. Henan Geology, 1995, **13**(4):253－260.

[9] 卢欣祥,肖庆辉,尉向东,等.秦岭造山带花岗岩及其成矿作用[C]//肖庆辉,邓晋福,马大铨,等.花岗岩研究思维与方法.北京:地质出版社,2002:192－214.
LU Xin-xiang, XIAO Qing-hui, WEI Xiang-dong, et al. The granitoid and metallogenesis in Qinling orogenic belt[C]// XIAO Qing-hui, DENG Jin-fu, MA Da-quan, et al. The ways of investigation on granitolds. Beijing: Geological Publishing House, 2002:192－214.

[10] 杜乐天.烃碱流体地球化学原理[M].北京:科学出版社,1996.
DU Le-tian. Geochemical principles of hydrocarbon alkali-fluids[M]. Beijing: Science Press, 1996.

[11] 任云生,刘连登,张辉煌,等.安徽池州地区金鸡山金矿床成矿流体特征[J].吉林大学学报(地球科学版),2004,**34**(4):522－526.
REN Yun-sheng, LIU Lian-deng, ZHANG Hui-huan, et al. The characters of ore-forming fluid of Jinjishan gold deposit in Chizhou area, Anhui Province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2004, **34**(4):522－526.

[12] 韦延光,王可勇,杨言辰,等.吉林白山市大横路 Cu-Co 矿床变质成矿流体特征[J].吉林大学学报(地球科学版),2002,**32**(2):128－133.
WEI Yan-guang, WANG Ke-yong, YANG Yan-chen, et al. The features of metamorphic minerogenetic fluid of Dahenglu Cu-Co deposit in Baishan County, Jilin Province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2002, **32**(2):128－133.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net