

东秦岭二郎坪地堑金成矿控制因素及富集规律

隗合明, 高卫华, 康 明

(长安大学 地球科学与国土资源学院, 西安 710054)

摘 要: 东秦岭二郎坪地堑位于河南内乡夏馆—西峡二郎坪地区, 大地构造单元属于华北板块南缘晚元古代—加里东期增生体, 南北均有区域性深大断裂控制。区内金矿广泛分布, 以热液叠加改造型为主。金矿床形成主要受含矿地层、构造、岩浆活动和高热流场控制, 火山(沉积)地层提供了大量成矿物质, 岩浆活动提供了热能和部分成矿物质, 构造活动提供热液通道、成矿动力和成矿空间。

关键词: 东秦岭; 二郎坪地堑; 金矿; 控矿因素; 热液活动; 富集规律

中图分类号: P612; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)04-0248-05

0 引言

东秦岭二郎坪地堑位于河南内乡夏馆—西峡二郎坪地区, 大地构造单元属于华北板块南缘活动大陆边缘裂谷带内的晚元古代—加里东期增生体, 其北部和南部为瓦穴子—乔端和朱阳关—夏馆两条深大断裂所限(图 1)。地堑内地层主要为下古生界二郎坪群, 局部有中元古界秦岭群出露。岩浆岩广泛分布, 火山岩以基性熔岩、火山碎屑岩为主; 侵入岩以海西期花岗岩为主, 其次为燕山期和加里东期的花岗岩类, 局部还有晋宁期、加里东期的基性岩、超基性岩。

区域地质背景对金矿的形成十分有利, 目前该区已发现金矿床(点)80 余处, 还有较大的找矿潜力。因此系统地分析总结本区金的成矿控制因素和富集规律, 对于今后该区金矿勘查的更大突破具有重要意义。

1 金矿产出基本特征

二郎坪地堑中的金矿床(点)主要产于花岗岩体附近的二郎坪群和秦岭群中(占 54.3%), 其次产于

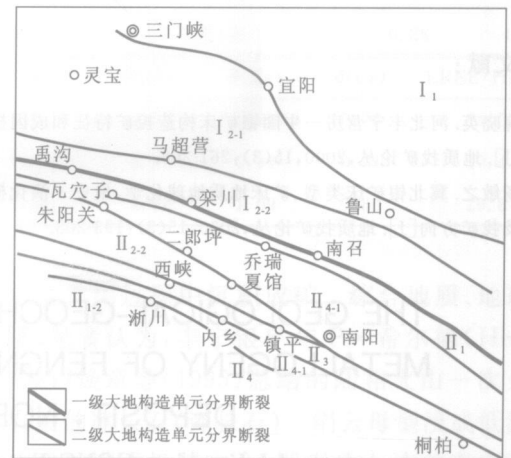


图 1 二郎坪地区大地构造位置示意图

Fig. 1 Geotectonic position sketch of Erlangping area

花岗岩体与二郎坪群的接触带及其附近(占 28.6%), 还有的产于花岗岩体中(多在岩体边缘, 占 17.1%)。产于地层中的金矿, 以二郎坪群火神组中最多, 其他依次为小寨组、大庙组和秦岭群雁岭沟组。上述金矿床(点)多分布于朱夏断裂带和瓦乔断裂带两侧及其附近, 很少在断裂带中或远离断裂带处产出。

金矿化类型以火山(沉积)—热液叠加改造型为主, 其次为岩浆热液型和斑岩型, 还有接触交代型和

收稿日期: 2005-11-18

基金项目: 武警黄金指挥部项目(HJ99-2-1)资助。

作者简介: 隗合明(1947), 男, 北京人, 教授, 从事矿床学、矿产勘查开发及矿山环境保护等教学与研究工作。

微细浸染型(卡林型)。形成火山(沉积)–热液叠加改造型金矿的热液有岩浆成因的,也有变质热液或地下水热液(大气降水)等不同类型^[1]。

金矿床(点)均经历了多期多阶段成矿过程。矿体形态和矿石组构、成分比较复杂,围岩蚀变发育。矿石类型多为蚀变岩型,也有石英脉型,不少是石英网脉和细脉,且常见多次破碎的含金石英脉和蚀变岩碎块。

2 控矿因素

2.1 含矿地层提供成矿物质

产于二郎坪群和秦岭群中的金矿床(点)具明显的层控性,即受地层层位控制。主要成矿层位有:二郎坪群组大庙组中上部凝灰质、碳质较高的层位,赋矿岩石主要有碳硅质板岩、碳质绢云石英片岩和变质凝灰质粉砂岩;大庙组顶部有火山熔岩的层位,赋矿岩石主要有斜长角闪片岩、斜长黑云片岩和二云石英片岩;火神庙组上部具有海底火山喷发旋回的层位,赋矿岩石主要有变细碧岩和石英角斑岩、火山碎屑岩;小寨组上部碳质较高的层位,赋矿岩石主要有含碳绢云片岩、含碳绢云石英片岩、石英片岩和二云石英片岩;秦岭群雁岭沟组中段白云石大理岩和含石墨大理岩的层位。区域金矿资料表明,上述成矿层位非常稳定。

区域上成矿层位稳定可反映上述地层与金矿形成有密切关系,这一认识可由地层中金及其伴生指示元素的丰度得到证实。据区域化探扫面和作者的化探勘查资料,二郎坪群各组中金的丰度均较高,其中大庙组为 $7.1 \times 10^{-9} \sim 58.0 \times 10^{-9}$, 平均 24.1×10^{-9} ; 火神庙组为 $14.0 \times 10^{-9} \sim 20.0 \times 10^{-9}$, 平均 16.5×10^{-9} ; 小寨组 $1.6 \times 10^{-9} \sim 105 \times 10^{-9}$; 秦岭群雁岭沟组金的平均背景值为 2.1×10^{-9} 。上述金的分布还有一明显特点,即分布不均匀,变异系数大,这是由于沉积时金的初始聚集程度不同(与火山活动和碳质含量多寡有关),同时还与沉积期后受地质作用影响元素发生活化迁移有关。由此说明,二郎坪群和秦岭群雁岭沟组不仅金的丰度较高,而且属易活化金,即是金成矿的矿源层,为后期热液改造含矿地层并最终形成改造型金矿床提供了丰富的成矿物质。

2.2 构造控制热液活动和矿体定位

2.2.1 区域深大断裂带

二郎坪地堑内的金矿床(点)构成一条金成矿带,而控制该金成矿带形成的是瓦穴子—乔端和朱阳关—夏馆两条区域性深大断裂带。

瓦穴子—乔端断裂带长 300 km 以上,宽几十至数百米,形成于王屋山期末(早元古代),直至燕山期都在强烈活动。朱阳关—夏馆断裂长 350 km,宽数百米至千余米,其形成与活动时间与瓦乔断裂相同。这两条断裂均切穿地壳达上地幔,伴有大规模的中基性火山活动,断裂带及其两侧发育多旋回的含金火山岩建造,如细碧岩、石英角斑岩和火山沉积岩。

断裂带两侧次级断裂发育(不同期形成),岩石破碎、变质,常见碎裂岩、糜棱岩、碎裂蚀变岩,并有多期次火成岩侵入(从晋宁期—燕山期),充分说明断裂带具有明显的长期活动特征。

综上所述,瓦乔和朱夏两条深大断裂切割深、规模大、活动时间长,控制二郎坪群含金火山(沉积)岩建造形成,是岩浆活动和热液运移的通道,并且控制赋矿次级断裂带产生,从根本上控制了本区金矿的形成和分布。大部分金矿床即产在与深大断裂密切相关的次级断裂中,特别是二者复合或交叉部位。

2.2.2 韧—脆性剪切构造带和层间破碎带

区内已发现 10 余条韧—脆性剪切带,它们控制了热液改造型金矿床的形成。

西蒿坪—梅子沟韧—脆性剪切带。长大于 5 km,宽数米至数十米,其中产有西蒿坪、梅子沟、大庙等金矿床(点)。剪切带内岩石片理化、揉皱非常强烈,石英细脉、微脉常呈雁行状分布,绢云母被拉长呈明显定向排列,韧性变形特征明显。在该剪切带内发育多条层间破碎带,规模最大的可长达数百米。破碎带主要发育在碳质绢云片岩与碳硅质板岩、变凝灰质粉砂岩之间,带内的岩石强烈破碎和蚀变。围岩和石英脉均发生破碎,碎块间有金属硫化物和硅质胶结,还可见含硫化物石英细脉在碎裂蚀变岩和石英脉碎块中穿插。研究表明,这些层间破碎带是良好的储矿空间,是控制矿体定位的主要构造。

高庄—米坪韧—脆性剪切带。长 3 km 以上,一般宽数十米,最宽处有 400 m,其中产有高庄等金矿床(点)。剪切带宏观上表现为强烈的片理化带,带内岩石多呈雁列状反“S”形排列。带内有数十条含硫化物石英脉分布,呈相互平行的雁列状产出,或呈相互穿切的石英网脉。在石英脉之间常为破碎的蚀变岩、糜棱岩。镜下观察发现,剪切应变最强烈,

糜棱岩化最明显的是云母石英片岩和二云斜长片岩,岩石中重结晶碎斑含量为 30%,石英具明显的波状消光、碎粒化,并具核幔构造和不对称压力影构造。重结晶的碎基含量为 70%,由石英、长石、黑云母等组成。石英、黑云母沿糜棱面理方向拉长,定向排列明显。其他岩石如斜长角闪片岩、角闪黑云斜长片岩中的角闪石呈束状定向排列或条带状分布,常见波状消光和扭折,黑云母呈鳞片状定向排列,有时可见到“云母鱼”。此外,有的石英脉剪切变形亦很明显,常见石英波状消光、变形纹和亚颗粒化、拉丝构造,一些石英微裂隙发育,沿裂隙有金属硫化物充填。

高庄金矿的含金硫化物石英脉群明显受该韧-脆性剪切带控制,它们充填在剪切带中一组张扭剪切裂隙中,远离剪切带则含矿脉群消失。早期剪切作用使带内岩石发生韧性变形;随着剪切作用的持续进行,韧性变形向脆-韧性、韧-脆性变形发展,形成张扭性剪切裂隙。开始张性破碎极其微细,随着剪切位移的增加,裂隙不断扩展,含矿热液同时发生沉淀而形成含金石英脉;剪切位移不断加大还使早先形成的脉体与围岩一样发生位移、变形、破碎,并被后来的含矿热液再次充填和交代,因此在含矿脉带中常见围岩(蚀变岩)和石英脉的角砾碎块,其间被金属硫化物充填胶结。剪切带岩石多次破碎,多次热液叠加成矿是形成富矿体的重要条件。

大量资料表明,二郎坪群和秦岭群中规模不等的层间破碎带非常发育,热液改造型金矿的矿体或含矿石英脉、矿化蚀变岩绝大部分即产于这些层间破碎带中。层间破碎带可形成于韧-脆性剪切带中,也可在两个岩性组之间及同一组内不同岩层之间(一般为火山岩、火山碎屑岩与多种片岩之间),其发育规模基本决定了金矿体的规模。

层间破碎带的发育与区域褶皱构造有关。如朱庄金矿受大场一东坡复式背斜控制^[2],褶皱的次级背斜两翼发生层间滑动而形成许多与背斜轴平行的层间挤压破碎带,朱庄、万人洞沟、塘峪、夏家沟、银洞沟等矿床(点)的矿脉均产于这些层间破碎带中。

2.2.3 接触带构造

二郎坪地堑中不少金矿床(点)产于花岗岩体(印支期-燕山期)与二郎坪群不同围岩的接触带(如许窑沟金矿),或是岩体中围岩捕虏体的接触带(如杏树坪),还有的产于石英闪长岩与秦岭群雁岭沟组蛇纹橄辉大理岩的接触带及其附近(如河南庄金矿),矿体的产状、形态、规模明显受接触带构造

控制。一般在接触带构造转弯处、产状变化处及与其他构造交汇处矿体变宽(图 2)。

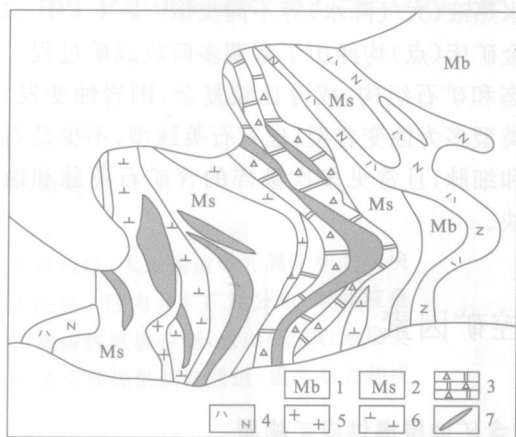


图 2 河南庄金矿(中段)平面地质简图
(据河南省地质矿产局 1989 年资料修改)

Fig. 2 Simplified level plan of geology of
Henanzhuang Au deposit

接触带构造不仅是矿液沉淀的有利空间,而且是深部岩浆热液上升的通道,因此是非常有利的控矿构造。

2.2.4 断裂、裂隙带

大石窑斑岩型金矿产于牧虎顶花岗岩体边缘的似斑状钾长花岗岩与黑云母二长花岗岩岩相接触带附近,矿体即赋存在与接触带平行展布的断裂破碎带中。该区共有 15 条断裂破碎带,一般长几十至 100 余 m,宽 1~2 m, F₁₃ 规模最大,长 420 m,宽 8 m;断裂带中的似斑状花岗岩均已碎裂和蚀变(钾化、硅化为主)。金矿化为细脉浸染和浸染状,含黄铁石英细脉、黄铁矿细脉沿断裂蚀变花岗岩、蚀变岩的细(微细)裂隙(带)分布,局部呈细脉群。也有较多粗粒自形(立方体状)黄铁矿呈浸染状分布,此类矿化金的质量分数较低。

竹园沟、大赵峪、棉树凹、岳凹等岩浆热液型金矿的矿脉均产于花岗岩体边缘的构造破碎带中,仅牧虎顶花岗岩体中就已发现构造破碎带 20 余条。破碎带规模不等,最长的可达 1 000 余 m,宽数十米,带中岩石强烈破碎、蚀变,形成硅质碎裂岩、绢英岩化碎裂岩和蚀变碎裂花岗岩,金矿化以含硫化物石英细脉或硫化物细脉形式产于岩石裂隙中,矿化连续时构成金矿脉。

祁子堂、坦头山等微细浸染型金矿则明显受秦岭群雁岭沟组白云石大理岩的构造破碎带控制,白云石大理岩破碎、蚀变后形成硅化、蛇纹石化碎裂

岩、碎粉岩和角砾岩,金矿化即产于这些蚀变碎裂岩中,金属硫化物主要呈浸染状分布,并有少量硫化物石英细脉。

2.3 岩浆活动提供热动力和部分成矿物质及成矿流体

大量资料表明,二郎坪地堑中的金矿床(点)多与花岗岩关系密切,与花岗岩有关的金矿占金矿总数的 85% 以上。从空间分布上看,区内金矿床(点)多产于花岗岩体与围岩的接触带、花岗岩体内及岩体附近(一般不超过 1 km)的二郎坪群中,极少产在远离岩体的围岩中。从形成时代上看,多数花岗岩的成岩时代与相关的金矿成矿时代相同或相近,或比岩体形成的时间晚一些。上述金矿床(点)与花岗岩密切的时空分布关系反映出岩浆活动对金矿的重要控制作用。

许多花岗岩体中金及其他伴生指示元素的含量较高,如牧虎顶岩体中金含量一般 $12 \times 10^{-9} \sim 63 \times 10^{-9}$,有 17 个样品高于 100×10^{-9} ,平均 39.7×10^{-9} ,是地壳克拉克值的 3~20 倍,是维氏酸性岩金丰度值的 2.7~20 倍。其他 Ag, Cu, Pb, Zn, Bi 分别是维氏酸性岩中元素丰度值的 12, 1.7, 2.1, 1.0 和 255 倍。又如长探河花岗岩体的 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As 的含量分别是 $17.8 \times 10^{-9} \sim 48.9 \times 10^{-9}$, $0.226 \times 10^{-6} \sim 0.288 \times 10^{-6}$, $3 \times 10^{-6} \sim 19 \times 10^{-6}$, $11 \times 10^{-6} \sim 38 \times 10^{-6}$, $10 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$, $4.44 \times 10^{-6} \sim 21.3 \times 10^{-6}$,较一般花岗岩中富集几倍至十几倍。五龙潭花岗岩体的 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Bi 的丰度分别为 $35.6 \times 10^{-9} \sim 47 \times 10^{-9}$, $0.21 \times 10^{-6} \sim 0.37 \times 10^{-6}$, $6.3 \times 10^{-6} \sim 33 \times 10^{-6}$, $23 \times 10^{-6} \sim 44 \times 10^{-6}$, $43 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$, $2.28 \times 10^{-6} \sim 5.22 \times 10^{-6}$,较一般花岗岩富集 5 倍以上。更有意义的是,由花岗岩向矿体方向至蚀变花岗岩处往往出现金的负异常带。上述资料表明,花岗岩是该区金矿的矿源之一,酸性岩浆活动及其后期的热液为金矿的形成提供了部分成矿物质。矿床的铅同位素、稀土元素和金属硫化物微量元素组成等特征,亦可证明一些矿床的成矿物质来源与花岗岩岩浆活动有关^[1](直接带来或从岩体、围岩中萃取)。

许窑沟金矿床金属硫化物的 $\delta(^{34}\text{S}) = -0.2 \times 10^{-3} \sim 2.7 \times 10^{-3}$,朱庄金矿为 $3.2 \times 10^{-3} \sim 5.6 \times 10^{-3}$,大石窑金矿为 $0.5 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3}$,杏树坪金矿为 $-1.7 \times 10^{-3} \sim 5.2 \times 10^{-3}$,许多金矿床的硫同位素组成具有陨硫特征,反映岩浆活动为金矿的形成提供了一定的硫源。

许窑沟、大石窑、竹园沟等金矿床的含金石英脉中石英流体包裹体的氢、氧同位素组成 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}}) = -0.07 \times 10^{-3} \sim 4.86 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}_{\text{水}}) = -78 \times 10^{-3} \sim -74 \times 10^{-3}$,在 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}}) - \delta(\text{D}_{\text{水}})$ 模式图上,部分样品点落在岩浆水范围,部分落在岩浆水与大气降水范围之间^[3],表明成矿流体中有岩浆水,因此岩浆活动亦为金矿形成提供了一定的热液。

综上所述,本区的岩浆活动为一些金矿床提供了全部或部分成矿物质、硫和成矿流体(尤其是产于花岗岩体内、岩体与围岩接触带的矿床)。另一方面,岩浆活动为期后热液提供了主要的热能,岩浆热是本区高热流背景形成的最重要因素。此外,岩浆活动还是驱动含矿流体上升、运移并从地层中萃取成矿物质发生聚集的主要动力之一。本区产于二郎坪群和秦岭群中的热液改造型和微细浸染型金矿的形成,主要是岩浆热动力和构造动力联合促使含矿热液叠加改造矿源层的结果。

3 金矿富集规律

根据二郎坪地堑金矿床地质特征和主要控矿因素,总结出金的富集规律。

(1) 花岗岩体内岩相变化带与断裂(裂隙)带叠加处是多期次岩浆活动和构造活动的部位,每一次岩浆活动都有热液伴随产生,并将成矿物质从深部不断地带到断裂、裂隙带多次叠加富集,从而形成较富的矿体。如牧虎顶花岗岩体西缘和北缘的似斑状钾长花岗岩与黑云母二长花岗岩等岩相界限附近,产出有 8 个石英脉型金矿,金品位多在 15×10^{-6} 以上。

(2) 岩体与围岩接触带同断裂破碎带叠加或交叉处是构造和热液多期活动的部位,而且成矿物质来源更广泛,来自深部岩石、花岗岩及含矿地层中的成矿物质多期次汇聚于此,形成较富的工业矿体。如穿过许窑沟金矿床的一条长达 1 km 的 NW 向断裂带,在许窑沟同牧虎顶花岗岩与火神庙组的接触带构造交汇重叠,在此形成品位高达 $20 \times 10^{-6} \sim 70 \times 10^{-6}$ 的金矿体,而远离接触带伸入围岩和岩体的断裂带部分,其中金的含量明显降低,矿石品位多在 $5 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6}$ 。

(3) 火山岩含矿层内的韧性剪切带上有脆性断裂叠加发育的地段,经历了韧性变形和脆性变形、热液叠加作用,因此是较富工业矿体的产出部位。如

西蒿坪金矿床的富矿体多赋存于剪切带中层间断裂引张膨大、有石英脉充填而其又遭受强烈破碎的部位。

(4) 褶皱构造与断裂构造交叉处亦发生多期次构造热液活动, 是金富集的有利部位, 如高庄、朱庄等金矿床的富矿体均产在背斜轴部与层间破碎带的交汇处, 富矿石是经过多次破碎、胶结的角砾状、网脉状矿石。

参考文献:

- [1] 隗合明, 赵国斌, 焦建刚. 河南夏馆—二郎坪一带叠加改造型金矿床地质特征及成矿模式[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(1): 39-43.
- [2] 中国人民武装警察部队黄金第九支队. 河南省内乡县牧虎顶一带金矿成矿地质特征与找矿预测研究[R]. 三门峡: 中国人民武装警察部队黄金第九支队, 1998.
- [3] 焦建刚, 隗合明. 河南内乡许窑沟金矿床地质特征及成因[J]. 西安工程学院学报, 2002, 24(2): 43-46.

GOLD ORE CONTROL FACTORS AND GOLD CONCENTRATION REGULARITY OF GOLD DEPOSITS IN ERLANGPING HORST IN THE EASTERN QINLING REGION

WEI He-ming, GAO Wei-hua, KANG Ming

(School of Earth Sciences and Land Resources management,
Chang'an university, Xi'an 710054, China)

Abstract: Erlangping horst is situated in Xiaguan-Xixia-Erlangping area in Neixiang county and geotectonically at a Late Proterozoic-Caledonian accreted body in the southern margin of the north China platform. The horst is bounded by regional faults in the southern and northern sides and within the horst area gold deposits are wide spread dominated by hydrothermal overprint-reworked type. The gold deposits are mainly controlled by ore bearing strata, structure, magmatism and high hydrothermal fluid field. Volcanic (sedimentary) strata provide most of the ore materials; magmatic activity heat energy and some ore materials; structural activity metallogenic dynamics and ore-forming space.

Key Words: the eastern Qinling region; Erlangping horst; gold deposit; ore-control factor; hydrothermal fluid activity; enrichment regularity

(上接第 235 页)

DISCUSSION ON GENESIS OF QIAOXIHALA COPPER-(GOLD) ORE DEPOSIT, FUYUN COUNTY, XINJIANG

LIU Wu-hui¹, DAI Ta-gen¹, LIAO Qi-lin²

(1. Institute of geology, CSU, Changsha, 410083, China; 2. Jiangsu academy of geological survey, Nanjing 210018, China)

Abstract: It is controversial for genesis of Qiaoxiahala Cu (Au) deposit. Through researches on metallogenic environment, regularity, volcanic metallogeny and ore material sources it is concluded that the deposit is a volcanic massive sulfide deposit formed in rift. Ore bodies are controlled by layered skarn. Ore materials come from upper mantle or deep crust and ore fluid is volcanic hydrothermal fluid incorporated with meteoric water. Genetically, it is a marine volcanic Sedex stratabound skarn Cu (Au) deposit.

Key Words: Qiaoxiahala Cu (Au) deposit; ore genesis; volcanic Sedex; stratabound skarn; Xinjiang