

陕西柞水下梁子类卡林型金矿床 特征与成因探讨

赵新苗^{1,2}, 张复新¹, 何 军¹, 周创飞¹

(1. 西 北 大 学 地 质 学 系, 西 安 710069; 2. 中 国 科 学 院 地 质 地 球 物 理 研 究 所, 北 京 100029)

摘 要: 下梁子金矿床为叠加改造式层控类卡林型金矿床, 集沉积地层、岩浆活动、脆韧性剪切构造活动三位一体; 地层岩性含硫铁、含钙质为有利含矿岩系, 为成矿准备了物质基础; 岩浆作用导致围岩的夕卡岩化-角岩化, 使岩石成分重组, 利于成矿物质的活动; 成矿以发育含矿热液的脆韧性递进剪切变形构造控制为关键, 直接控制了工业矿体的分布、矿化强度与就位。研究中确定了碰撞型花岗岩与成矿的直接关系; 具体划分了矿石类型, 矿化期与矿化阶段, 金的赋存状态等。

关键词: 类卡林型金矿床; 地质特征; 成因探讨; 下梁子; 南秦岭

中图分类号: P611; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2004)03-0168-05

众所周知, 南秦岭是我国主要的卡林型金矿成矿带, 构成“西北金三角”的主体, 已勘探开发特大、大、中型金矿 20 余例, 成为我国重要的黄金生产基地。该类金矿的勘查成功, 是借鉴美国卡林型金矿床理论获得的, 近 20 余年来对该类型金矿勘查实践和理论的研究, 已取得较大发展。在原狭义的卡林型金矿基础上, 拓宽出现一个广义的类卡林型金矿类型。

狭义的卡林型金矿石中, 金呈“不可见”次显微状赋存于含砷硫化物中(含砷黄铁矿、毒砂等); 与金密切有关的成矿元素由 Au-Ag-Sb-Hg-Ba-Tl 组成; 矿床在空间上分布汞锑矿带的延伸方向; 原生矿石难选冶, 回收率较低, 多采用氧化预处理和堆浸选矿^[1]。

广义的类卡林型金矿在成矿条件、矿床地质特征、控矿因素与狭义类卡林型金矿床近同, 主要区别在于矿床成矿元素共生组合以 Au-Cu-Pb-Zn-Bi-Te 为特征; 该类矿床与热水沉积铅锌矿床密切共生; 矿石中自然金大多为显微可见金, 原生矿石易选冶^[2]。可将两类金矿床统称沉积岩型, 强调其成矿物质来源、含矿与容矿建造与沉积作用和沉积建造的密切关系。

下梁子金矿是近两年在柞水地区发现的首例微细浸染状类卡林型金矿床, 目前由乡镇已建立 50 t

选矿厂开采生产。规模虽小, 找矿与研究意义重大, 填补了柞山盆地无卡林型-类卡林型金矿床的空白, 为今后在本区寻找卡林型-类卡林型金矿奠定了基础, 同时确定了碰撞型花岗岩与成矿的直接关系, 丰富了秦岭卡林型-类卡林型金矿成矿理论。

1 大地构造

秦岭成矿带构成我国南北大陆地质构造的分野和东西地质构造的衔接。它由华北板块南缘和扬子板块北缘及南秦岭地块组成, 三者之间由商丹缝合带和勉略—巴山弧形缝合带为界, 南秦岭地块夹持于华北与扬子板块之间, 拼合组成一复杂大陆造山带。早古生代时期属于扬子板块北缘陆棚斜坡沉积区, 至晚古生代由于华北-扬子两大陆俯冲碰撞动力加剧, 造成沿勉—略—康近 EW 一线裂谷带的强烈活动, 相应南秦岭地块解体, 继续向华北大陆拼合对接, 至印支期两大陆碰撞会聚, 沿商丹缝合带南北两侧产出一系列碰撞型花岗岩。燕山-喜山期统一大陆发生陆内造山活动, 大量岩浆活动和强烈推覆构造发育, 形成现今秦岭地质面貌。研究区所在秦岭地块由洋陆兼杂的多岛海域体系组成。下梁子金矿床即产于小磨岭古隆起北东一侧的上古生代柞(水)

一山(阳)前陆拉分-残留盆地沉积体系中(图 1)。在上述构造-沉积背景和盆地形成演化过程中,兼有明显的同生沉积成因的火山-热液活动组分的加入,地壳中浅层次与深部物质的交换,使成矿物质在盆地有利岩相中得以保存,为本区银洞子铅锌-银矿床、下梁子金矿床、大西沟菱铁矿床等提供了有利的成矿地质背景。

2 区域地质

研究区位于南秦岭地块柞一山盆地西南侧,盆

地的断陷性质致使沉积岩性复杂,岩相变化大,含矿性好,对后期成矿作用中物质的交换、活化、运移及富集十分有利。所在盆地位置南侧紧邻山阳—凤镇深大断裂(图 1),不但限制了柞一山盆地的南部边界,而且由于它的长期活动,发育较密集平行的脆韧性断裂,近 EW 向展布延伸,直接控制了柞一山盆地下梁子金矿床的形成与分布,是研究区金成矿作用的重要动力来源。北侧紧邻商丹缝合构造带,发育碰撞型柞水二长花岗岩,岩浆作用带来巨大热源,使矿区较大范围内发生不同程度的接触交代和热变质作用。使含矿沉积地层中成矿物质得以活化、迁移,为下梁子金矿床的形成起了重要作用。

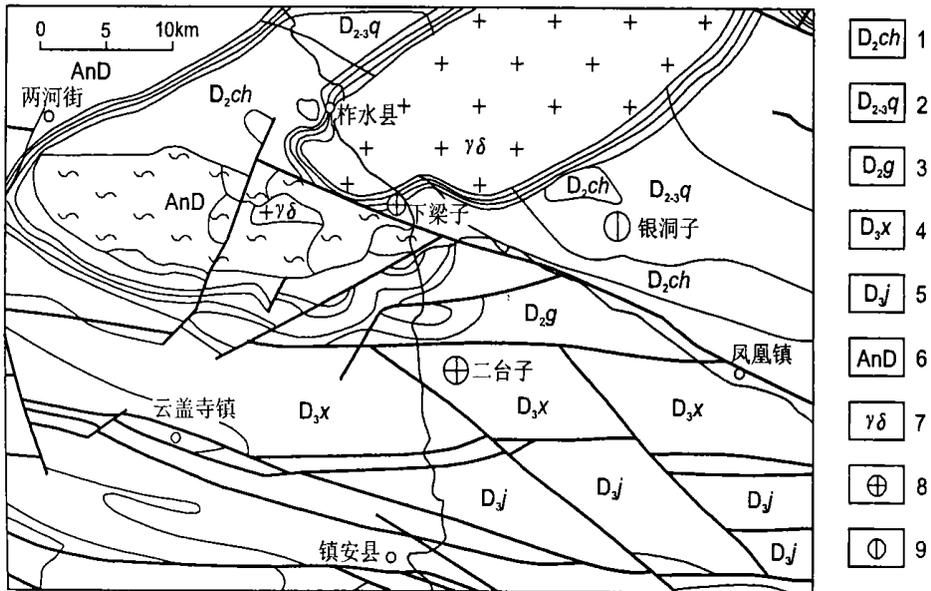


图 1 下梁子金矿区域地质略图(据武警黄金第五支队修改)

Fig. 1 Regional geologic sketch map of Xialiangi gold deposit

- 1. 中泥盆统池沟组 2. 中上泥盆统青石垭组 3. 中泥盆统古道岭组 4. 上泥盆统星红铺组
- 5. 上泥盆统九里坪组 6. 小磨岭杂岩体 7. 二长花岗岩 8. 金矿床 9. 银矿床

3 矿区地质

3.1 沉积岩(地层)特征及与成矿关系

矿区沉积地层为中泥盆统池沟组以碎屑岩为主的沉积地层。主要为钙质、粉砂质、泥质板岩,钙质砂板岩和泥钙质砂岩。柞水二长花岗岩三面环绕容矿地层呈侵入接触关系,且见花岗岩与地层岩石的混染、角岩化及夕卡岩化。该强蚀变岩石中,可见显微含金黄铁石英脉,形成角岩化与夕卡岩化金矿床类型,继而在后期剪切构造变形中,受到中-晚阶段含金石英-硫化物矿化作用叠加,形成较普遍的一

类金矿石。此外,含矿性较好的容矿地层(岩石),在脆韧性剪切构造作用下,形成以各沉积主岩为特征的微细浸染型金矿石类型和石英脉型金矿石类型。鉴于下梁子金矿中出现角岩化、夕卡岩化及其他热液交代型金矿石类型,显示容矿岩石化学性质较为活泼,特别是含有不同程度的钙质、硅质、铁质及金等成矿物质,在钙碱性岩浆侵入作用下,形成接触交代型磁铁矿-阳起夕卡岩化金矿石;另外,化学活泼性较差的含铁泥质板岩,在热接触变质和脆韧性剪切构造的联合作用下,形成石英-斜长黑云母角岩化金矿石。而泥质石英砂岩在后期剪切构造作用下破碎,并发生石英-硫化物矿化,形成石英-硫化物型金矿石。

虽然目前研究很难确定成矿物质的来源,仅就上述矿床学研究可以表明,中泥盆统池沟组容矿地层韵律发育、含矿性好,构成韵律层发育的复理石建造,除大量陆源碎屑成分外,岩石中所含大量铁质已富集成层状-似层状磁铁矿矿石,后期成矿演化作用又形成大量含金硫化物矿化。矿床的围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化、绿泥石化、黑云母化,通过对不同类型围岩及不同强度的蚀变岩研究,可得知矿化蚀变的铁质、钙质、硅质均来自地层,显然是“就地取材”产物。

3.2 岩浆岩特征与成矿关系

矿区出露并与成矿有关的岩浆岩为碰撞型柞水二长花岗岩, A_{r-Ar} 年龄为 $196 \text{ Ma}^{[3]}$ (卢欣祥, 2000), 与柞水岩体同类型的岩体沿商丹缝合带南北两侧近 EW 向展布。分别有曹坪岩体、柞水岩体、厚珍子岩体、宝鸡岩体、中川岩体等, 成为南北板块俯冲碰撞的有力证据。

在下梁子金矿区出露的柞水岩体属岩浆岩之边缘相, 室内外的研究可以得出, 岩浆岩与金成矿存在以下两点关系: ①空间上下梁子金矿容矿沉积岩区受二长花岗岩的三方围限, 矿化蚀变集中于距离岩体 1 km 范围内, 显然该岩体对成矿有明显的控制; ②二长花岗岩与容矿岩石有较强烈的混染、接触交代和热变质作用, 分别形成各类沉积岩与二长花岗岩的混染化岩石, 岩浆混染矿物成分主要为更长石及石英。与含钙质沉积岩形成磁铁-阳起夕卡岩, 分布于岩浆岩体外接触带中, 该含矿夕卡岩在后期构造变形叠加作用下, 进一步受到含金石英-硫化物矿化作用, 形成磁铁-阳起夕卡岩化金矿石类型。化学性质较稳定的含铁泥质岩石, 在岩浆岩热力作用下形成石英-斜长黑云母角岩(化)金矿石。上述3种变化的岩石构成下梁子金矿床有利的矿化蚀变岩石或直接成为铁矿石和金矿石。显然, 岩浆岩侵入为成矿直接提供热动力源和大量硅酸盐及成矿组分。

3.3 剪切变形构造特征及与成矿关系

下梁子金矿控矿构造为脆-韧性剪切变形带, 倾向 330° , 倾角 75° 。是沉积岩石在岩浆和构造动-热力的联合作用下, 依次发生不同程度的重结晶、角岩化、夕卡岩化, 片理化、S-C 组构。岩石组分的变形变质分异导致由成分构成的条带状构造, 构造透镜体化, 产状倾向 $290^\circ-310^\circ$, 倾角 75° , 最终出现角砾化等变形现象。最终构成脆-韧性向脆性变形演化的递进序列。矿化蚀变矿物沿剪切片理化带浸染交代, 完全受剪切变形构造控制, 与变形构造带共同组成

矿化体及工业矿体。

4 矿床地质特征

4.1 矿体特征

下梁子金矿已发现可供开采的矿体共 11 个, 其中以 10 号、11 号矿体规模最大, 赋存于柞一山复式向斜盆地西南侧的中泥盆统池沟组 (D_2ch) 复理石建造中。矿体受脆韧性剪切构造控制, 随递进变形构造的活动和叠生, 热液矿化蚀变紧密相随, 特别是多期构造交汇处, 矿化较好, 是矿体定位的有利地段。矿体多呈脉状、透镜体状、扁豆体状, 完全受剪切构造变形带控制。矿体一般延长几十米至百米, 厚几十厘米至几米不等, 且沿走向厚度变化较大。矿体品位 $w(\text{Au}) = 2 \times 10^{-6} - 20 \times 10^{-6}$, 平均为 5×10^{-6} 。

4.2 矿石特征与矿化蚀变

4.2.1 矿石特征

矿石主要金属矿物包括黄铁矿、自然金、磁铁矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿; 脉石矿物有石英、白云石、方解石、绿泥石、阳起石等。按矿石矿物组合划分为以下 3 种类型:

(1) 磁铁矿-黄铁矿型金矿石(或夕卡岩型金矿石): 是中期含金黄铁矿矿化叠加于早期含水磁铁-夕卡岩蚀变岩石上而形成, 分布于韧性剪切带叠加的接触交代带上。

(2) 黄铁矿型金矿石: 是主要的矿石类型, 石英-黄铁矿沿片理化带细脉-浸染及团块分布; 含金品位高, 该矿石类型中较易发现自然金颗粒。

(3) 多金属硫化物型金矿石: 是中-晚期碳酸盐-闪锌矿-黄铜矿-方铅矿多金属硫化物细脉矿化作用产物, 沿脆性断裂分布或沿黄铁矿型金矿石裂隙充填发育, 构成一种复合型矿石类型。

4.2.2 矿化蚀变与成矿期(阶段)

按矿石中与金有关的矿化蚀变及其矿物共生组合与形成先后划分为 5 个成矿阶段(图 2):

(1) 含水夕卡岩阶段: 是岩浆后期热液与钙质岩石在热力接触交代作用下的产物, 在接触带上除见岩浆岩对围岩有混染外, 还表现为钙质岩石的夕卡岩化, 形成磁铁-斜长阳起夕卡岩, 夕卡岩化矿物为半自形粒状-筛眼状变晶, 其中多包含石英、斜长石原岩残留。

(2) 磁铁矿矿化阶段: 是继夕卡岩化后发生的高温热液期氧化物矿化, 磁铁矿呈半自形、他形粒状聚

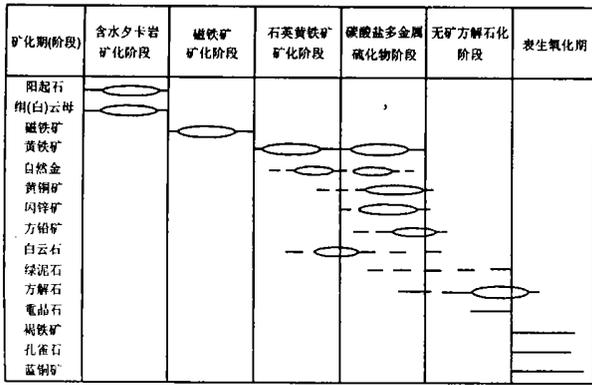


图 2 下梁子金矿床矿化阶段与矿物生成顺序
Fig. 2 Stage of mineralization and mineral order of crystallization of Xiaoliangzi gold deposit

晶团块或致密块状, 晶粒紧密镶嵌在一起。矿化具有一定的规模, 可形成单独的磁铁矿矿体; 部分磁铁矿矿体在后期构造-矿化热液叠加作用下, 形成夕卡岩型金矿石类型。

(3) 石英-黄铁矿矿化阶段: 是成矿主要矿化阶段, 受研究区发育的脆韧性剪切构造直接控制, 矿化作用的主要围岩为钙质石英杂砂岩。该岩石先期在区域变质和岩浆侵入作用下, 已发生中-低强度的变质变形, 岩石出现重结晶和片理化, 片状构造比较典型, 进而在剪切构造作用下形成变质变形岩石的透视镜体化、S-C 组构、成分分异形成条带状构造, 为石英-硫化物矿化提供了较充分的就位空间, 形成的细脉-浸染状石英-黄铁矿矿化阶段。并在该矿化阶段发现黄铁矿中的包裹体金。

(4) 碳酸盐-多金属硫化物矿化阶段: 随脆-韧性有序递进变形的发育和演化, 控矿剪切构造向脆性断裂发展, 矿化作用向地壳浅部上升, 矿化矿物为碳酸盐化(白云石化、铁方解石化)、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿多金属硫化物组合, 多沿脆性构造充填形成不规则细脉, 或充填于角砾胶结物中。已在该矿化阶段发育的显微裂隙与粒间发现自然金与铜-铅-锌矿化的共生。该矿化阶段一般发育不广泛, 仅在 NEE, NNW 向脆性构造交汇密集处出现, 倘若与石英-黄铁矿化阶段叠加在一起, 形成含金品位较高的复合型矿石类型。

(5) 无矿方解石化阶段: 该阶段已近热液成矿期的尾声, 金属硫化物大大减少, 其含金性也较差。与方解石共生矿物有少量重晶石, 此时成矿作用已处于氧化的物理化学条件下, 与金的成矿地球化学环境不符。

(6) 表生氧化期: 热液成矿期结束, 金矿床形成随新构造运动的活动, 矿(化)体被抬升, 在地表或近地表的风化剥蚀作用下, 金属氧化物与硫化物发生强烈氧化, 黄铜矿遭受表生风化形成褐铁矿与孔雀石、蓝铜矿。

4.2.3 金的赋存状态

对主要矿石类型显微镜下观测鉴定, 矿石中金以显微独立矿物形式存在, 主要发育在石英-硫化物矿化阶段与碳酸盐-多金属矿化阶段, 呈包裹体金、裂隙金与粒间金。①包裹体金发育在石英-硫化物矿化阶段, 金的主要载体为黄铁矿; ②裂隙金发育于碳酸盐-多金属矿化阶段, 多沿黄铁矿显微裂隙充填, 并与铅锌硫化物共生; ③粒间金发育于碳酸盐-多金属矿化阶段, 沿多种硫化物粒间填隙分布。

5 矿床成因与矿床类型

5.1 矿床成因

据区域地质与矿床地质研究, 下梁子金矿床的形成演化受容矿的中泥盆统池沟组地层、柞水碰撞型花岗岩、矿区内发育的脆韧性剪切构造“三位一体”控制。成矿作用演化先经碰撞型花岗岩对容矿地层的混染, 及角岩化、夕卡岩化等早期蚀变作用,

表 1 下梁子金矿床与卡林型类卡林型金矿床特征综合对比

Table 1 Contrast of features of Xiaoliangzi gold deposit with Carlin-Like gold deposit

矿床类型与特征	卡林型金矿床	类卡林型金矿床	下梁子金矿床
空间分布规律	汞-锑矿带延伸的矿化减弱方向	热水沉积铅-锌矿带上部及铅-锌矿化减弱处	银洞子铅-锌矿带向西延伸方向
成矿元素组合	At+As+Hg+Sb+Ba+Tl	At+Pb-Zn-Cu-Te-Bi	At+Ag-Cu-Pb-Zn-Te-Bi
载金矿物及金矿物	含砷黄铁矿、毒砂、砷黝铜矿、有机碳	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、碲铋矿、石英	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、自然金
自然金颗粒	次显微状(不可见)	显微状及肉眼可见	显微状
可选性	原生矿难选冶	原生矿易选冶	原生矿易选冶

又经氧化物矿化阶段形成磁铁矿矿化, 再经石英-硫

化物阶段和碳酸盐多金属硫化物阶段, 构成金矿化的主期阶段, 形成可供开采利用的磁铁矿体和硫化物型金矿体。早期高温角岩化与夕卡岩化使容矿岩石中金与硫化物从含矿岩石中“净化”活化出来, 同时作为后期金属硫化物矿化有利的交代蚀变岩石, 进而成为金矿化的容矿蚀变岩。总体上, 随脆-韧性构造带的活动, 向减压降温剪切变形扩容空间迁移汇聚, 显示出矿床的后生地质作用叠加-改造成矿特征, 矿石中矿化蚀变矿物具有微细粒浸染状矿化特征, 矿床属层控型与岩浆-构造作用有关的热液矿床。

5.2 矿床类型

众所周知, 南秦岭是我国重要的卡林-类卡林型金矿带, 下梁子金矿床以沉积岩为容矿岩石, 显示后生中-低温金属硫化物矿化作用的特征, 矿石呈微细

粒浸染状, 矿体与围岩渐变过渡, 自然金呈显微可见形式, 成矿元素具有的组合特征为: Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Fe-Bi-Te。现将下梁子金矿床与卡林-类卡林型金矿对比如表 1。据此可认为, 矿床属沉积-岩浆叠加-脆韧性剪切构造改造成因的类卡林型金矿床

参考文献:

- [1] 张复新, 魏宽义, 马建秦, 等. 南秦岭微细粒浸染型金矿床地质与找矿[M]. 西安: 西北大学出版社, 1997.
- [2] 张复新, 季军良, 龙灵利, 等. 南秦岭卡林型-类卡林型金矿床综合地质地球化学特征[J]. 地质论评, 2002, 47(5): 492-499.
- [3] 卢欣祥. 秦岭花岗岩大地构造图[M]. 西安, 西安地图出版社, 2000.

THE CHARACTERS OF XIALIANGZI CARLIN LIKE GOLD DEPOSIT AND ITS GENESIS, ZHASHUI, SHAANXI

ZHAO Xin-miao^{1,2}, ZHANG Fu-xin¹, He Jun¹, ZHOU Chuang-fei¹

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China;

2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: Xialiangzi Au deposit is a stratobound Carlin-like type characterized by superimposition and rework of sedimentation, magmatism and brittle ductile shearing. The S-Fe and Ca-bearing lithologies are favorable for mineralization. Magmatism resulted in skarnization and hornfelsization thus ore element remobilization. The hydrothermal fluid-bearing brittle-ductile shear zone, which is progressively deformed is the key structure to control mineralization degree and industrial ore bodies emplacement directly. Ore formation is directly related to the collisional granite thus the deposit is a rare Carlin-like deposit in Qinling area. The division of ore stages and types and Au occurrences are described.

Key words: Carlin like-type gold deposit; geological characters; genesis of ore deposit; Xialiangzi; South Qinling