

文章编号: 1001-1412(1999) 03-0071-07

陕西周至马鞍桥金矿 控矿构造及成矿模式

张拴宏, 王书兵

(中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100081)

摘要: 马鞍桥金矿位于近EW向展布的脆-韧性剪切带内, 该剪切带是区内最主要的控矿构造。在脆-韧性剪切带形成之后侵入了早侏罗世的香沟花岗岩体, 为成矿提供了主要的热力来源, 促进了泥盆系矿源层中成矿物质的活化迁移。在成矿物质迁移过程中, 由于受到泥盆系与石炭系地层平行不整合面附近脆-韧性剪切带顶部碳质片岩和大理岩的屏蔽, 成矿物质开始在脆-韧性剪切带内的有利空间沉淀聚集, 形成马鞍桥金矿体。

关键词: 脆-韧性剪切带; 控矿构造; 成矿模式; 金矿

中图分类号: P613; P618.51

文献标识码: A

马鞍桥金矿床位于陕西省周至县境内。矿区地处秦岭褶皱系北秦岭加里东褶皱带与礼县-柞水海西褶皱带接触带南侧。商丹断裂带的西延部分(在图上表现为沙梁子-双庙子断裂)从矿区北侧通过, 赋矿的脆-韧性剪切带即为其分支。在该断裂带南侧有一条近E—W向展布的板房子-小王涧断裂带, 其EW两端有与商丹断裂带汇合之势, 马鞍桥金矿即位于这两条区域性断裂带之间的脆-韧性剪切带内(图1)^[1,2]。

1 金矿床地质特征

1.1 赋矿地层

马鞍桥金矿位于上泥盆统桐峪寺组地层内, 并沿其上部层位稳定分布。该套地层的岩性主要为浅变质的碎屑岩、斑点状黑云母石英片岩及各类糜棱岩, 而后两者为区内最主要的容矿岩石。化学分析结果表明, 该套岩石中金的丰度值普遍很高, 特别是桐峪寺组上部岩段, 较其它层位高出几倍到几十倍(表1), 因此桐峪寺组岩层即为金矿的矿源层, 为该区金矿床的形成提供

收稿日期: 1999-05-31; 修订日期: 1999-08-04

第一作者简介: 张拴宏(1974年-), 男, 陕西耀县人, 1997年毕业于西安地质学院获学士学位, 现为中国地质科学院地质力学研究所硕士研究生, 从事矿田构造、构造应力场及金矿床成矿规律研究。

了大量的成矿物质^[1,2]。

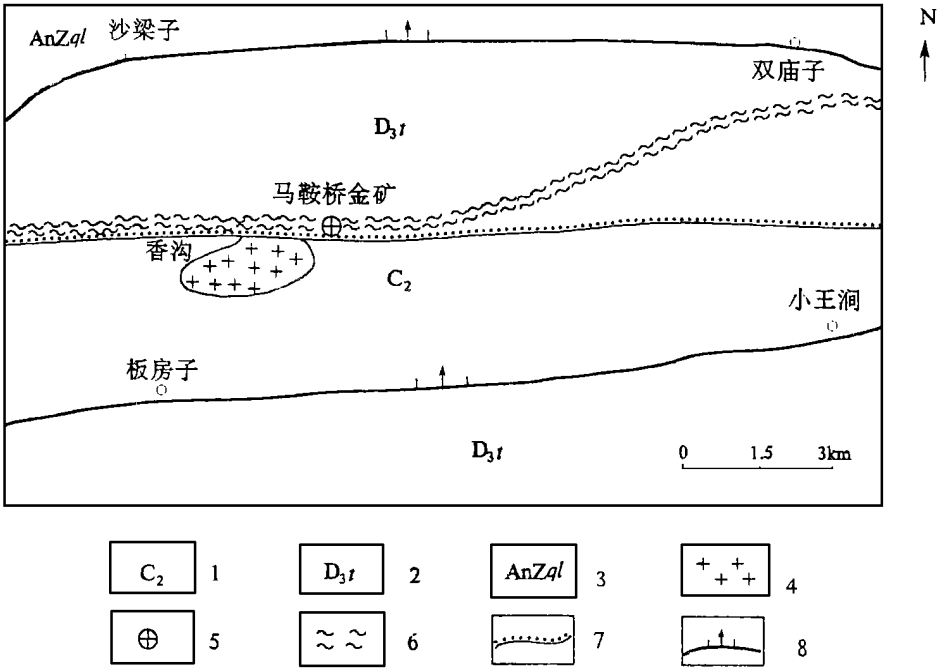


图 1 马鞍桥金矿地质略图(据矿区地质图简化)

Fig. 1 Sketch geological map of Ma'anqiao gold deposit

1. 中石炭统浅变质岩 2. 上泥盆统桐峪寺组浅变质碎屑岩 3. 秦岭群变质岩 4. 花岗岩
5. 金矿区 6. 脆-韧性剪切带 7. 平行不整合面 8. 区域性大断裂

1.2 矿床及矿石特征

马鞍桥金矿区已圈定矿体 20 余个, 其中工业矿体 10 个, 长 400~900 m, 主要呈透镜状、似层状和扁豆体状, 少数呈不规则状产于破碎蚀变岩、糜棱岩和蚀变千枚岩中。多数矿体与围岩整合顺层展布, 少数矿体切穿围岩片理, 矿体平均品位 $w(\text{Au}) 4.75 \times 10^{-6}$ 。

矿床的矿石类型比较简单, 以破碎蚀变岩型和蚀变千枚岩型为主。矿石中主要金属矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、自然金、少量闪锌矿和黄铜矿, 其中自然金以粒间金为主, 其次为包体金和裂隙金。脉石矿物主要是石英、绢云母、钠长石、黑云母、方解石、绿泥石等^[2]。

矿区存在着较强的围岩蚀变, 主要有绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化、钠长石化

表 1 马鞍桥金矿区泥盆系地层中金元素丰度值

Table 1 Au contents of the Devonian rocks in Ma'anqiao gold deposit

$w(\text{Au}) / 10^{-9}$	
岩 性	Au 的丰度值
桐峪寺组下段浅变质碎屑岩	2.5
桐峪寺组中段浅变质碎屑岩	3.7
桐峪寺组上段石英粉砂岩	22.5 ~ 160.0
桐峪寺组上段粉砂质千枚岩	35.0 ~ 190.0
桐峪寺组上段绢云石英千枚岩	12 ~ 72
桐峪寺组上段黑云绢云千枚岩	17.5 ~ 31.0
桐峪寺组上段碳质石英片岩	150 ~ 170

数据来源: 陆合明, 1997

和硅化等, 其中硅化、绢云母化、黄铁矿化分布广泛, 与金矿化关系最为密切。

1.3 与矿体有关的岩浆岩

侵入于脆-韧性剪切带(即平行不整合面)附近石炭系地层中的香沟花岗岩体, 是矿区内主要的岩浆岩体, 与金矿化关系非常密切。该岩体在平面上呈东西延长的椭圆状, 出露面积 1.2 km^2 。张国伟等^[3](1988)测得该岩体的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄为 200 Ma , 说明该岩体侵入于早侏罗世。剖面原生晕测量发现, 该岩体金含量明显偏低, $w(\text{Au})$ 为 2.66×10^{-9} , 比正常花岗岩金含量还低^[4], 因此提供成矿物质的可能性不大。野外观察表明, 该岩体靠近脆-韧性剪切带并没有明显的片理化, 说明该花岗岩体侵入于脆-韧性剪切带形成之后。

由于马鞍桥金矿的主要工业矿体均分布于该岩体北边的脆-韧性剪切带内, 并且以靠近岩体部位矿化最好, 因此该岩体与金矿的形成有密切的关系, 是金矿床形成的热力来源。

2 控矿构造研究

由于马鞍桥金矿的20余条矿体均产于近EW向展布的脆-韧性剪切带内, 并且矿体的规模、形态和产状严格受其控制, 因此该脆-韧性剪切带就无疑成为区内最主要的控矿构造。研究该脆-韧性剪切带的特征及分布规律, 对指导该区的找矿工作具有重要的实际意义。以下将就这一脆-韧性剪切带的特征进行论述。

2.1 脆-韧性剪切带的空间分布

马鞍桥金矿区脆-韧性剪切带位于上泥盆统和中石炭统平行不整合面附近的桐峪寺组地层上部, 呈东西向延伸。该带出露宽度 $120 \sim 240 \text{ m}$, 长度约 $4 \sim 5 \text{ km}$ 。从产状上看, 该剪切带与地层产状大体一致, 呈整合产出, 仅局部有切层现象。

2.2 脆-韧性剪切带的岩石学特征

从矿区岩石特征分析可知, 在脆-韧性剪切变形之前, 区内原岩主要是浅变质的砂岩、粉砂岩、大理岩及碳质岩。在脆-韧性剪切变形过程中, 这些岩石均发生了不同程度的变形变质, 形成了各种糜棱岩及构造片岩。

(1) 广泛发育的斜长黑云绢云千枚(糜)岩及黑云母石英片岩, 是区内最主要的赋矿岩石。此类岩石的特点是: 变形强烈, 野外及室内均可见到明显的脆-韧性剪切变形标志。

(2) 发育于矿体底板(或顶板)的大理岩, 虽然也受到了脆-韧性剪切变形的改造, 但由于此类岩石的能干性较强, 故变形迹象不明显。这类岩石的主要特点是: 岩石致密, 渗透性弱, 可作为成矿热液沉淀的屏蔽层。

(3) 发育于矿体顶板的碳质片岩层, 这种岩石是沉积成因的碳质层变形变质形成的。由于这类岩石表面碳质较多, 易于滑动, 故在剪切变形过程中生成的热量较多, 变质程度也深。

矿区内碳质岩层位稳定, 是重要的标志层之一。由于碳质层的低渗透性, 故成为成矿热液沉淀的最主要屏蔽层。矿区内由东向西, 碳质层有增厚的趋势, 在矿区西部其厚度超过 6 m 。本区碳质岩层的主要特点是: 颜色深, 片理化非常明显, 岩层表面含较多的石墨, 反映变形时的温度较高。

2.3 脆-韧性剪切带的变形特征

无论是在野外露头的宏观构造, 还是室内镜下所观察的显微变形构造, 都表现出明显的脆-韧性剪切变形特征, 由于岩石及矿物成分的差异, 这种变形特点在不同岩石中的表现有一定的差异。

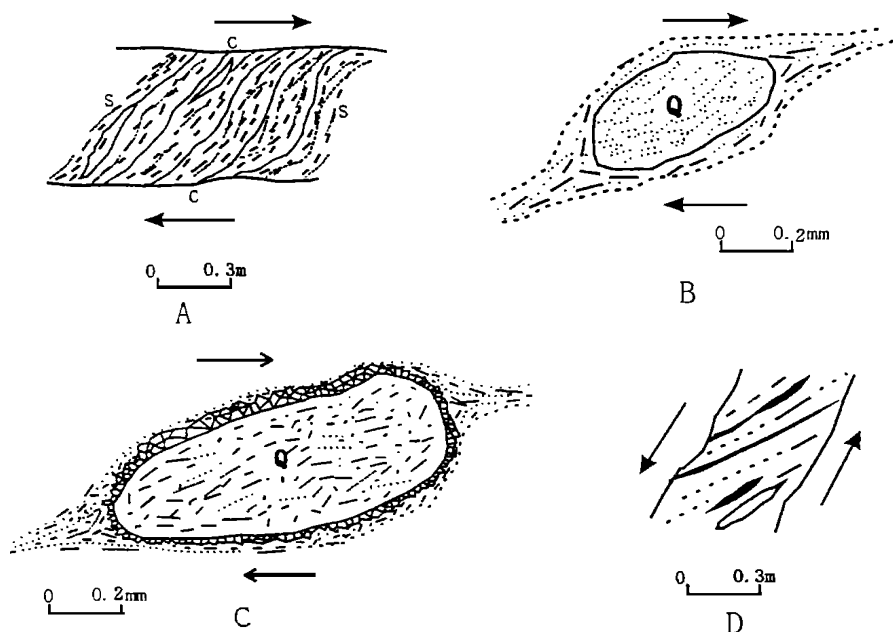


图2 马鞍桥金矿区脆-韧性变形构造素描图

Fig. 2 Sketch showing the structures in the brittle-ductile shear zone in Ma'anqiao gold deposit

A. S-C 组构 B. 旋转碎斑 C. 核幔构造 D. 拉伸线理

(1) 广泛发育的面理构造(包括糜棱面理和剪切面理), 并组成特征的S-C组构(图2A)。区内岩石的宏观面理产状为 $160 \sim 190^\circ \cap 40 \sim 60^\circ$ 。面理密度的大小, 近似反映了岩石受变形改造的程度。当然由于岩性的差异, 在相同程度变形的情况下, 能干性较强的岩石(如大理岩)中, 面理密度很小; 而能干性很差的碳质层中, 面理密度则很大。

(2) 广泛存在的不对称旋转碎斑和残块。碎斑主要由石英颗粒组成, 残块则主要为浅变质碎屑岩的颗粒。由旋转所指示的剪切指向判断, 可知该剪切带运动以右行为主(图2B)。另外也可见到以变形石英作为旋转碎斑的核幔构造(图2C)。

(3) 在脆-韧性剪切变形过程中生成了大量的糜棱基质。组成糜棱基质的矿物主要有绢云母、绿泥石、细粒化的石英等。镜下观察发现, 残余的黑云母周围存在着新生的绿泥石, 故这些绿泥石可能是脆-韧性变形过程中黑云母退变的产物。

(4) 广泛发育的矿物拉伸线理。在矿区各类糜棱岩中, 经常可看到一些矿物(如石英、磁黄铁矿)由于剪切变形作用而成为长条状或柱状, 构成拉伸线理。在倾向向南的片理面上, 量得拉

伸线理的侧伏向为 W, 侧伏角为 30° ; 反映了该脆-韧性剪切带的右行运动性质(图 2D)。

(5) 在脆-韧性带的岩石露头上, 可以见到较多的石香肠构造、无根褶皱、构造透镜体、鞘褶皱等宏观变形标志, 这些现象一方面反映了脆-韧性剪切带内岩石的强烈变形, 另一方面也证明了该脆-韧性剪切带的存在。

2.4 脆-韧性剪切带的矿化特征

虽然马鞍桥金矿的全部矿体都赋存于脆-韧性剪切带内, 但并不是沿整个剪切带分布, 而是分布于剪切带上部(靠近平行不整合面)的碳质层下, 并且以中矿段香沟花岗岩体附近矿化最好(图 3)^[4], 这说明虽然脆-韧性剪切带是主要的控矿构造, 但它并不能完全控制矿体的产出, 金矿的形成还与区内燕山期香沟花岗岩体侵入的热动力作用及碳质层的屏蔽作用有密切关系。

3 成矿模式

马鞍桥金矿床的形成, 是控矿脆-韧性剪切带、上泥盆统桐峪寺组矿源层和香沟花岗岩侵入体三者综合作用的结果, 其成矿模式如下:

(1) 海西期, 上泥盆统和中石炭统—浅海相沉积物形成。上泥盆统桐峪寺组为本区最主要的矿源层, 而上泥盆统和中石炭统之间的平行不整合则成为后期脆-韧性剪切变形发生的构造薄弱面。

(2) 印支期, 由于区域性大断裂(特别是矿区北侧的商丹断裂带)的活动, 在平行不整合面附近的上泥盆统地层中形成了脆-韧性剪切带, 形成该区最主要的控矿构造。同时在脆-韧性剪切带变形过程中, 剪切带附近的岩石发生了不同程度的变形变质。

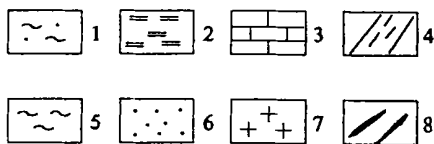
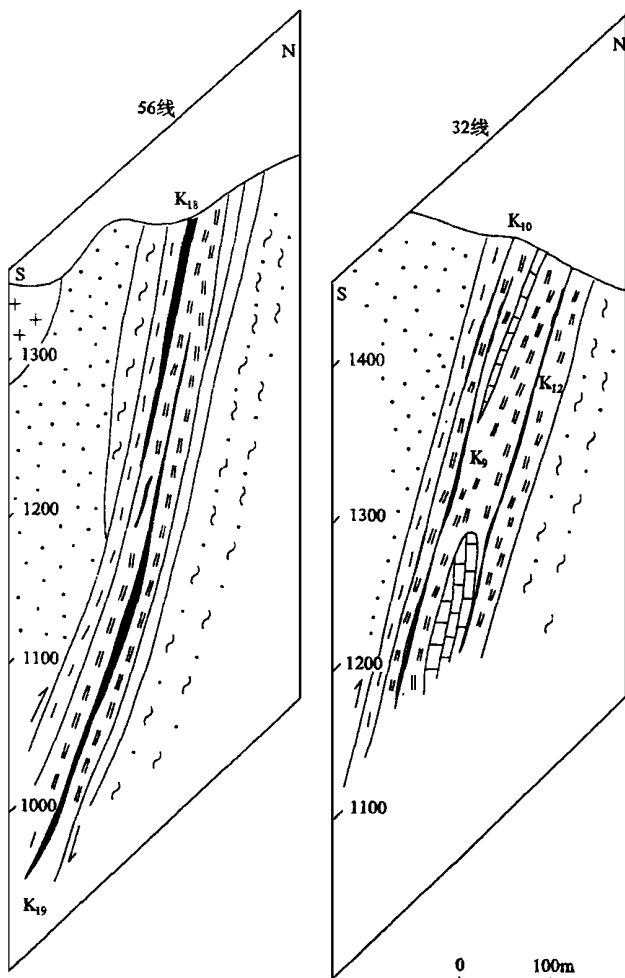


图3 马鞍桥金矿剖面图(据李瑞生, 1997, 略有修改)

Fig. 3 The cross-section of Ma'anqiao gold deposit

1. 斑点千枚岩 2. 斜长黑云绢云千枚(糜)岩 3. 大理岩 4. 碳质片岩
5. 千枚岩 6. 中石炭统浅变质砂岩 7. 花岗岩 8. 金矿体

(3) 早侏罗世, 香沟花岗岩体侵入。由于岩体侵入过程中携带了大量热能, 致使上泥盆统矿源层中的成矿物质活化, 并向其上部的脆-韧性剪切带内迁移。当热液到达该带顶部时, 由于受到碳质岩层的阻挡, 成矿物质开始在碳质岩层下的有利构造部位沉淀聚集, 形成工业矿体和矿化体。

(4) 金矿体形成之后, 又有多次脆性变形的叠加, 表现为矿石中部分黄铁矿颗粒的破碎及区内广泛发育的节理和小断层。但从总体上来看, 这种叠加改造对矿体的产出状态无大的影响。

4 讨论及结论

在以上分析研究的基础上, 我们不难得出如下结论:

(1) 马鞍桥金矿区呈东西向展布的脆-韧性剪切带是区内最主要的控矿构造, 金矿体即产于该剪切带的上部。

(2) 上泥盆统桐峪寺组具有较高的 Au 丰度值, 是金矿形成的矿源层。

(3) 早侏罗世侵入的香沟花岗岩体为成矿提供了热力来源, 该岩体的侵入促进了上泥盆统桐峪寺组矿源层中成矿物质向脆-韧性剪切带内的活化迁移, 矿化与花岗岩体侵入基本上是同时发生。

(4) 发育于脆-韧性剪切带上部平行不整合面附近的碳质层(局部为大理岩), 是金矿体形成的屏蔽层。由于该层的屏蔽作用, 造成了成矿物质在碳质层下有利构造部位的大量聚集, 形成金矿体。

(5) 基于以上事实, 在本区找矿时应特别注意脆-韧性剪切带与岩体的接触或邻近部位, 特别是脆-韧性剪切带顶部碳质标志层以下的地段。

致谢: 本文是在梁文艺教授的精心指导下完成的, 在矿区考察过程中得到了孙继东教授、王亚伟硕士及矿区工作人员的大力协助, 成文过程中得到了导师周显强研究员的指导并审阅了全文, 在此向他们表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 隗合明. 周至马鞍桥金矿成矿控制条件及找矿标志[J]. 西安地质学院学报, 1997, 19(4): 20-26.
- [2] 《中国矿床发现史(陕西卷)》编委会. 中国矿床发现史(陕西卷)[M]. 北京: 地质出版社, 1996, 62-63.
- [3] 张国伟, 梅志超, 周鼎武, 等. 秦岭造山带的形成及演化[M]. 西安: 西北大学出版社, 1998.
- [4] 李瑞生. 陕西周至马鞍桥金矿床地质特征及成因分析[J]. 陕西地质, 1997, 15(2): 32-38.

ORE-CONTROLLING STRUCTURE AND ORE-FORMING MODEL OF THE MA' ANQIAO GOLD DEPOSIT, ZHOUZHI COUNTY, SHAANXI PROVINCE

ZHANG Shuan-hong, WANG Shu-bing

(Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China)

Abstract: The Ma'anqiao gold deposit is located in the E—W trending brittle-ductile shear zone near the disconformity surface of Devonian and Carboniferous System, which is a major ore-controlling structure in the area. The Xianggou granite intruded after the formation of the shear zone in Early Jurassic (with ^{39}Ar — ^{40}Ar dating age of 200 Ma) would provide the heat to activate the ore-forming materials in the Devonian rocks to be transported to the shear zone, where the impervious marble and carbonaceous schists on the top would act as a shield to prevent their further migration and gather them into gold deposit.

Key words: brittle-ductile shear zone; ore-controlling structure; ore-forming model; gold deposits