

文章编号:1672-6561(2017)06-0795-12

投稿网址: <http://jese.chd.edu.cn/>

## 陕西勉略地区铧厂沟造山型金矿构造控矿特征

杨 震<sup>1,2</sup>, 王东升<sup>2</sup>, 王宗起<sup>2</sup>, 王立新<sup>3</sup>, 陈 雷<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037; 3. 陕西省略阳县铧厂沟金矿, 陕西 略阳 724312)

**摘要:** 铨厂沟造山型金矿位于陕甘川金三角成矿区腹地勉县—略阳—宁强成矿带的西北侧。在矿区和外围构造以及显微构造综合研究的基础上, 结合前人研究资料, 探讨了该区构造对金矿的控制作用; 结合区域构造演化, 讨论了各期构造对成矿的影响及控制作用。结果表明: 铨厂沟矿区及其附近在印支期至少存在两期构造运动, 即俯冲-碰撞导致的 SN 向挤压( $D_1$ )以及近 EW 向走滑剪切( $D_2$ ); SN 向挤压( $D_1$ )形成了近 EW 向的片理及层间紧闭褶皱, 这些 EW 向构造形成了矿区的构造格架, 其中褶皱的发育造成了载金黄铁矿在转折端的富集, 属于容矿构造; 近 EW 向走滑剪切( $D_2$ )分为右行和左行剪切活动, 造成了区内间隔分布的韧性剪切带, 剪切带对其内部的黄铁矿进行了强烈改造, 使其内部形成显微裂隙, 成为 Au 沉淀富集的场所, 从而控制了 Au 的进一步富集、沉淀, 也属于容矿构造。这些认识表明铧厂沟金矿的形成与造山作用密切相关。

**关键词:** 构造解析; 造山型金矿; 构造期次; 挤压作用; 走滑作用; 印支期; 陕西

中图分类号:P542<sup>+</sup>.2 文献标志码:A

## Characteristics of Ore-controlling Structures of Huachanggou Orogenic Gold Deposit in Mianlue Area of Shaanxi, China

YANG Hao<sup>1,2</sup>, WANG Dong-sheng<sup>2</sup>, WANG Zong-qi<sup>2</sup>, WANG Li-xin<sup>3</sup>, CHEN Lei<sup>2</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;  
2. MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. Huachanggou Gold Deposit of Lueyang County, Shaanxi Province, Lueyang 724312, Shaanxi, China)

**Abstract:** Huachanggou orogenic gold deposit is located on the northwest side of Mianxian-Lueyang-Ningqiang metallogenic belt, which belongs to Shaanxi-Gansu-Sichuan metallogenic province. Macro- and micro-structural observations were conducted in the ore district and peripheral area; based on the previous results obtained in the orefield, the ore-controlling structures of Huachanggou gold deposit were analyzed accordingly; combined with the tectonic evolution, the effect and control of structures on mineralization were discussed. The results show that there are at least two stages of tectonic movements in Huachanggou mine during Indosinian, i.e. intensively SN-direction contraction ( $D_1$ ) results from the subduction-collision process and nearly EW-direction strike-slip ( $D_2$ ); EW-direction strike structures (schistosity and tight folds), which are formed by SN-direction contraction ( $D_1$ ), are main host structures; metallogenic material (auriferous pyrite) transfers to the hinge of folds, causing the enrichment of orebodies; EW-direction

收稿日期:2017-05-03

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0600202);中国地质科学院矿产资源研究所基本科研业务费专项资金项目(K1614)

作者简介:杨 震(1990-),男,贵州遵义人,中国地质大学(北京)理学硕士研究生,E-mail:524819204@qq.com。

通讯作者:王东升(1988-),男,河南濮阳人,助理研究员,理学博士,E-mail:wangdszy@126.com。

strike-slip ( $D_2$ ) contributes to the formation of ductile shear belts, including dextral shear and left shear movements; ductile shear belts intensely reform the auriferous pyrite, leading to the formation of microcracks, which may supply the room for gold; this plays an important role on the enrichment of orebodies and belongs to host structures. It is suggested that Huachanggou gold deposit is closely related to orogenic processes.

**Key words:** structural analysis; orogenic gold deposit; tectonic stage; contraction; strike-slip; Indosinian; Shaanxi

## 0 引言

南秦岭成矿带位于秦岭一大别成矿带的西段，属于秦祁昆成矿域和滨太平洋成矿域的交汇部位，是十分重要的多金属成矿区带，尤其是内部与造山作用密切相关的金矿床。近年来，在南秦岭勉略蛇绿混杂岩带相继发现了阳山、煎茶岭、铧厂沟等金矿，显示出巨大的找矿潜力。

秦岭造山带为古生代俯冲造山作用与中生代碰撞造山作用形成的复合型造山带<sup>[1-3]</sup>。作为秦岭造山带的重要组成部分，南秦岭构造带已成为研究其构造演化的关键地区，其中勉略蛇绿混杂岩带所代表的古洋盆长期以来被认为是扬子板块北缘于泥盆纪发生裂解形成的有限洋盆<sup>[4-7]</sup>。但最新研究发现，勉略蛇绿混杂岩带内部存在较多的新元古代基性—超基性岩岩块<sup>[8-10]</sup>，这无疑是对勉略蛇绿混杂岩带所代表的洋盆性质和时限的传统认识提出了新的疑问。据此，有学者提出勉略蛇绿混杂岩带代表了一个自元古代以来就存在的具有多岛洋性质的原始大洋。王宗起等结合前人成果，在南秦岭依次厘定出增生杂岩带—弧前盆地、岛弧杂岩及弧后盆地系统，指出晚古生代—早中生代秦岭大洋在该地区发生连续的南向俯冲—增生，最终于晚三叠世大洋闭合，形成了宽阔的增生杂岩带<sup>[2]</sup>。

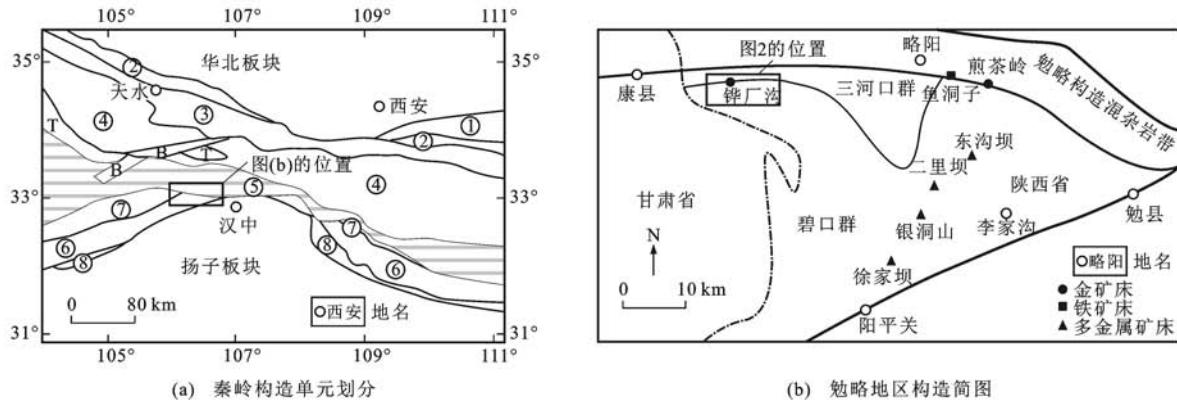
铧厂沟金矿地处陕西省略阳县西部，位于陕甘川金三角成矿区腹地勉县—略阳—宁强成矿带的西北侧。勉县—略阳断裂出露于矿区北侧4 km处，近EW向，断层面陡倾向北，属逆断层。前人对矿床进行了矿物学<sup>[11-16]</sup>、构造地质<sup>[17]</sup>、矿床地质<sup>[18-22]</sup>、年代学<sup>[23-25]</sup>等方面的研究。结合矿物学特征及成矿与构造的关系，周振菊等将铧厂沟金矿归为造山型金矿<sup>[11]</sup>。部分学者对矿区构造控矿方面进行了研究：宗静婷认为矿区主控矿构造为近EW向的寨子湾构造带，韧脆性剪切构造作用叠加导致岩石强烈变形、成矿物质活化和随热液迁移及在构造扩容地带沉淀是主要的成矿作用<sup>[22]</sup>；魏刚锋等通

过显微构造研究，认为区域上主韧性剪切作用控制矿床、矿带的分布，并经历了右行→左行→右行多期次活动<sup>[17]</sup>。然而，南秦岭构造带作为秦岭造山带内最复杂的构造单元，经历了俯冲、碰撞、走滑等多期次构造运动<sup>[7,26-32]</sup>，那么，简单地认为铧厂沟金矿受控于韧性剪切带的观点就显得不够全面。因此，需要对南秦岭构造带内变形作用与矿床成因联系进行系统全面的探讨。比如，不同构造作用与铧厂沟造山型金矿之间的关系如何？各期变形对于矿体是改造富集或是破坏矿体？本文通过系统研究铧厂沟金矿及其赋矿围岩的变形作用，解决围岩及矿石的变形期次、构造格架，最后综合探讨各期构造与矿床成因的关系，分析矿床的演化过程，并为进一步找矿奠定基础。

## 1 区域地质概况

铧厂沟金矿构造位置上属于南秦岭增生杂岩带[图1(a)]，区内出露的岩石单元主要包括前人所定的三河口群和碧口群[图1(b)]。三河口群是勉略蛇绿混杂岩带的主要组成部分，由众多洋岛型、岛弧钙碱性等不同构造属性的镁铁质岩块、大量沉积岩块以及泥盆纪浊积岩共同构成。王涛等根据其中产出的中泥盆世珊瑚和石炭纪放射虫等化石，将其时代定为晚古生代<sup>[33]</sup>。碧口群自南而北由阳坝岩组、横丹群和关家沟组三部分组成：阳坝岩组为一套由中基性熔岩、凝灰岩、凝灰质砂岩、硅泥质板岩组成的火山沉积序列构成的多个韵律层组合；横丹群为一套碎屑流和浊流沉积组合；关家沟组为一套碎屑流沉积，在其顶部夹有灰岩透镜体。王涛等根据碧口群的岩石组合将其定为岛弧杂岩带，而根据碧口群内部孢子化石和其他微体古生物化石将其时代最新厘定为中泥盆世<sup>[33]</sup>。

晚二叠世—中晚三叠世，华北板块与扬子板块发生全面碰撞<sup>[6,34]</sup>，伴随地壳的缩短以及大量推覆构造<sup>[7,35]</sup>，同时引发大规模碰撞相关的花岗岩<sup>[36]</sup>和造山相关的矿床<sup>[37]</sup>。南秦岭增生杂岩带内各个



①为华北南缘陆坡带;②为北秦岭弧后杂岩带;③为北秦岭岛弧杂岩带;④为中秦岭弧前盆地系;⑤为南秦岭增生杂岩带;⑥为南秦岭岛弧杂岩带;⑦为南秦岭弧前盆地系;⑧为南秦岭弧后杂岩带;T为三叠纪残余海盆;B为中新生代断陷盆地;图(a)引自文献[2];图(b)引自文献[38]和[39]

图1 秦岭构造单元划分和勉略地区构造简图

Fig. 1 Simplified Map of Tectonic Units of Qinling Orogenic Belt and the Structure of Mianlue Area

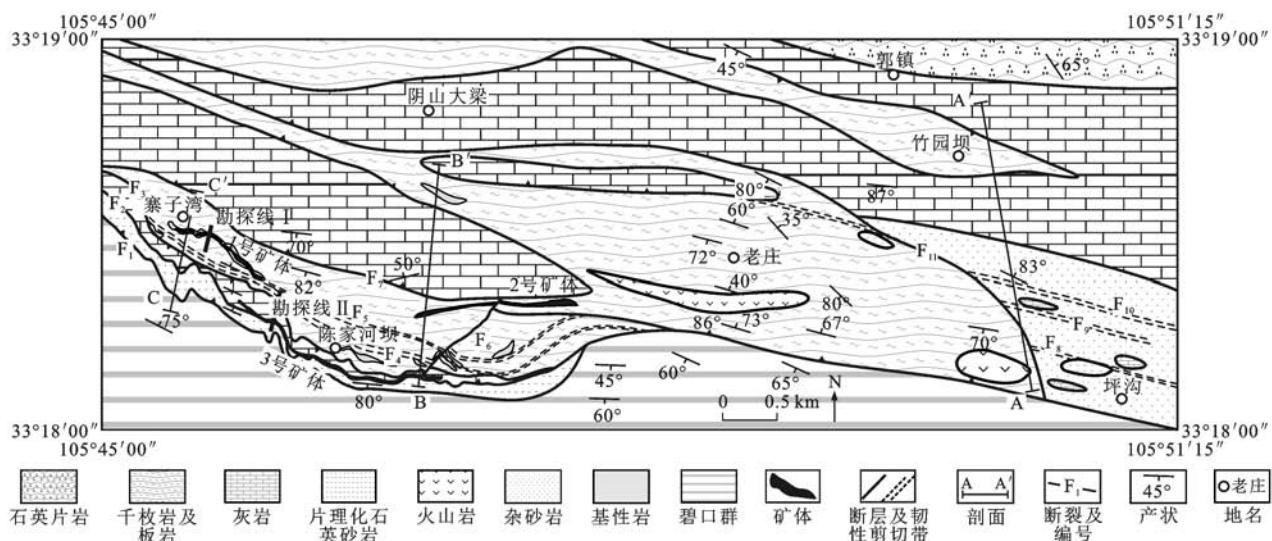
岩片之间由一系列近EW向展布的脆性断裂或韧性剪切带分割,铧厂沟金矿即位于这些EW向构造带内。在略阳地区,构造样式总体表现为以一系列倾向北的韧性剪切带为骨架,不同岩片叠置的叠瓦状构造系,并在北部以状元碑韧性剪切带为界与白水江—光头山自南向北的逆冲推覆构造系构成不对称双向推覆构造<sup>[27]</sup>。王东升通过对南秦岭增生杂岩带及其南侧岩石变形特征分析,将略阳地区陡倾向北的逆冲断层归为增生杂岩内部发育的反向逆冲构造<sup>[40]</sup>。

## 2 矿床地质特征

铧厂沟矿区围岩主要包括由石英砂岩、(含碳)

泥质粉砂岩、千枚岩组成的基质以及由中厚层状结晶灰岩、生物碎屑灰岩、凝灰质火山岩、细碧岩、酸性熔岩构成的岩块,岩块呈透镜状产出,裹夹于基质内部,基质与岩块之间均为断层接触,共同构成了三河口群(图2)。在矿区南侧,三河口群通过断层与碧口群火山岩分隔开。区域地层的时代一直存在较大争议,多数学者将矿体围岩定为泥盆系—石炭系,南侧的碧口群定为中—上元古界<sup>[17, 41-42]</sup>。然而,王宗起等在原定为泥盆纪三河口群中发现了志留纪、泥盆纪、石炭纪、二叠纪化石,将其最终形成时代定为二叠纪末—三叠纪初;同时,通过对碧口群砂质板岩中孢子化石的鉴定,将其主体年龄归为泥盆纪<sup>[43]</sup>。

铧厂沟矿区构造包括断裂、韧性剪切带及褶皱。



图件引自文献[41],有所修改

图2 铊厂沟矿区地质图

Fig. 2 Sketch Geological Map of Huachanggou Mine

断裂以 NWW—SEE 向及近 EW 向为主, NE—SW 向次之, 并形成以近 EW 向为主的破碎蚀变矿化带, 已知的  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_6$  等一系列断裂与韧性剪切带均与该区矿带关系密切(图 2、表 1)。 $F_1$  断裂将南侧火山岩与北侧石英片岩分隔开, 断层上盘受后期 EW 向走滑剪切作用, 石英砂岩强烈破碎, 并伴有硅化和金矿化;  $F_2$  断裂是北侧灰岩和南侧千枚岩的分界, 断层面总体南倾, 深部倾角变陡, 3 号矿体位于其北侧, 与断裂近平行展布;  $F_3$  断裂出露于矿区 1 号矿体南侧, 断层呈 NEE—SWW 向, 断层破碎带宽 1~5 m, 断层面总体南倾, 深部断层面倾角为 80° 左右, 此断层的西侧岩石产生强烈片理化和一系列平行的断裂面, 南侧微晶灰岩形成定向构造或片状构造, 北侧凝灰岩形成凝灰质绢云千枚岩, 其中赋存的细碧岩产生变形, 在细碧岩内或边部沿与片理一致的断裂常富集成矿;  $F_6$  断裂出露于矿区东侧, 断层呈 NE—SW 向, 使地层发生平移错位, 断层西盘向南、东盘向北平移错动, 使得 2 号矿体遭到破坏; 受长期挤压、推覆作用的影响, 矿区内韧性剪切作用较强, 在整个矿区均有发育(图 2),  $F_4$ 、 $F_5$  韧性剪切带较为发育, 附近岩石产生强烈的片理化, 而赋存于千枚岩中的基性岩局部也发生韧性变形; 矿区东侧坪沟地区也发育  $F_8$ 、 $F_9$ 、 $F_{10}$  等多条韧性剪切带, 内部可见大量的旋转碎斑、S-C 组构等剪切构造; 矿区内褶皱轴面以近 EW 向为主, 内部无岩浆岩分布。

表 1 锌厂沟矿区主要矿体类型及构造

Tab. 1 Main Structures and Orebody Types in  
Huachanggou Mine

矿体编号	矿体形态	控矿断裂	构造属性
1 号	条带状、透镜状	$F_5$ 、 $F_3$	控矿韧性剪切带、控矿断裂
2 号	条带状	$F_6$	破矿断裂
3 号	脉状、透镜状	$F_2$	控矿断裂

锌厂沟矿区已发现 3 条主矿带(图 2), 另外还包括一条断续出露的低品位矿带。矿带宽为 1~10 m, EW 向断续延伸约 6 400 m。矿体多呈透镜状, 其长轴近 EW 向, 产出于近直立的地层内。原生矿石可分为蚀变细碧岩型、黄铁绢英片岩型和石英脉型<sup>[11]</sup>, 矿石矿物包括黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿及自然金。脉石矿物包括石英、铁白云石、白云石、绢云母, 以及少量铬云母、钠长石、绿泥石、金红石等。围岩蚀变主要发育黄铁矿化、硅化、铁白云石化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化和钠长石化, 前 3 种蚀变与金矿化关系最为密切。黄铁矿

为矿区最主要的载金矿物, 矿石为细脉浸染状构造, 具粒状结构、压碎结构、包含结构、交代结构等。

### 3 矿区构造特征

#### 3.1 矿区外围

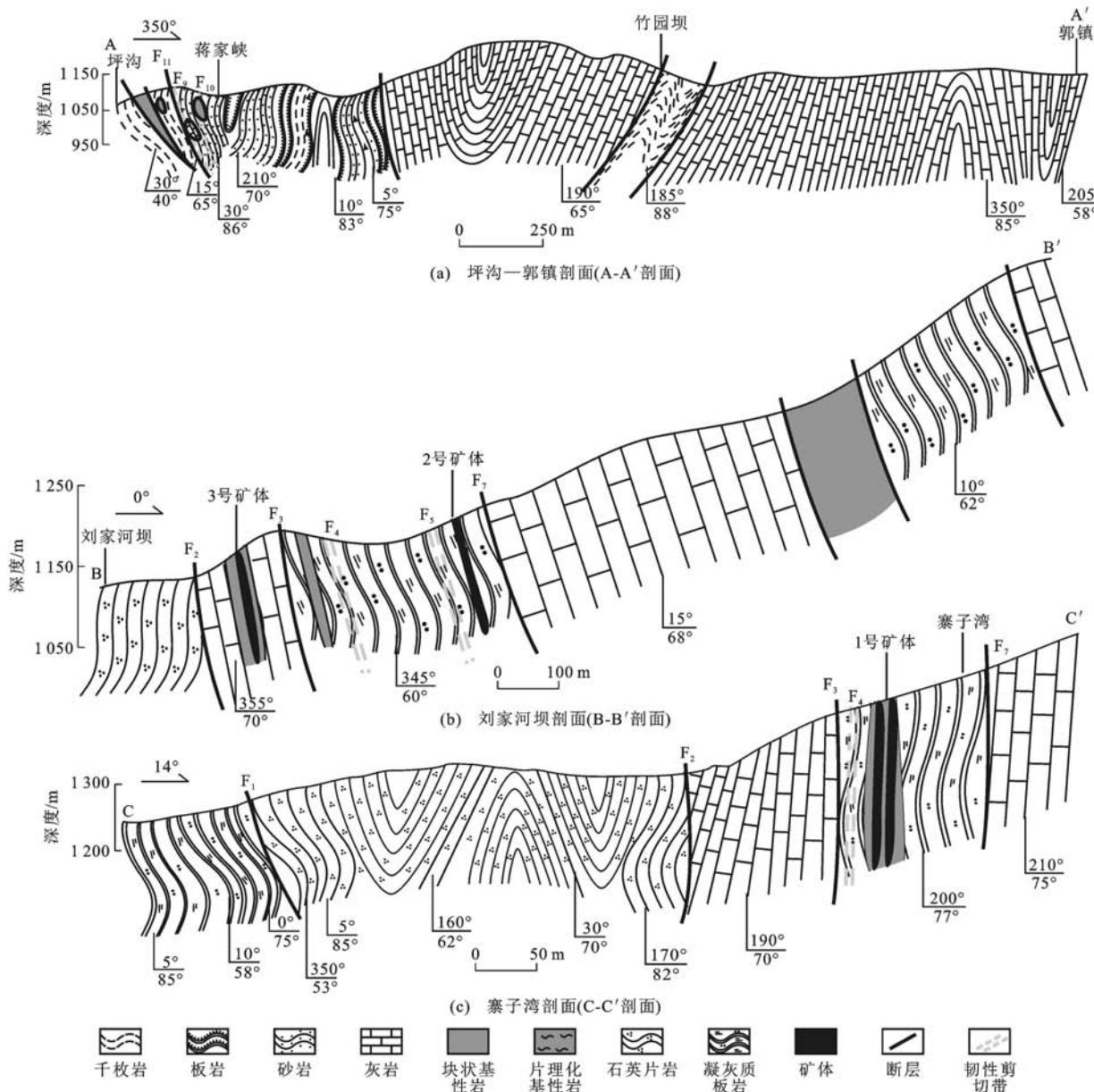
南秦岭增生杂岩带内岩石发生了强烈的片理化和劈理化, 不同时代岩片之间为断层接触, 形成多层次叠瓦状逆冲推覆构造带。以状元碑走滑剪切转换带为界, 转换带北侧发生自南向北的逆冲推覆构造, 而南侧则表现为自北向南的逆冲推覆构造<sup>[27]</sup>。铧厂沟金矿构造位置上属于南秦岭增生杂岩带状元碑走滑剪切转换带的南侧, 区域出露规模较大的断裂由北向南依次为状元碑断裂、朱家山—吴家营断裂、水沟岩断裂、马家沟—横现河断裂、略阳断裂、夹门子沟断裂<sup>[31]</sup>。上述断裂内发育强烈的韧性剪切变形, 包括 S-C 组构、不对称剪切褶皱、构造透镜体以及矿物的旋转碎斑等, 构成了一系列主要呈近 EW 向的韧性剪切带<sup>[31]</sup>。魏刚锋等指出该区域存在强弱不同分带的韧性剪切带, 呈舒缓波状 EW 向延伸, 纵向上从南部的碧口群一直延伸到矿区最北侧, 横向上也可分别延伸至陕西省略阳县郭镇东侧及甘肃省康县金家河一带<sup>[44]</sup>。

#### 3.2 矿区内部

构造在很大程度上控制了矿床的形成和空间分布<sup>[45]</sup>, 因此, 对矿区构造特征的研究可以为找矿预测提供理论支撑。在平面上, 锌厂沟矿区主体构造线走向自西向东由 NW—SE 向逐渐转为近 EW 向(图 2); 在剖面上, 岩石产状较陡, 倾向南或北, 发育多个背斜和向斜构造(图 3)。本文选取 3 条地质剖面来对其内部构造进行研究。通过对剖面及矿井内部的详细观察, 锌厂沟矿区与成矿有关的构造主要有片理化带、褶皱、韧性剪切带等(图 3)。

##### 3.2.1 片理化带

由南向北, 锌厂沟矿区岩石大多发生了明显片理化, 局部由于岩石能干性差异, 出现强弱片理化相间产出的现象[图 4(a)]。岩石类型主要为片理极发育的千枚岩、板岩、石英片岩等, 片理顺倾向或走向均呈现出舒缓波状, 倾向变化较快, 局部可见单一片理上、下倾向截然相反。作为岩块的基性熔岩、灰岩等, 在其边部也出现明显的片理化现象[图 3(c)], 片理与区域面状构造的产状大体一致。镜下观察发现, 锌厂沟矿区范围内分布的大部分岩石矿物均发生明显定向, 包括千枚岩、板岩以及作为构造岩块的基性岩和灰岩的边部[图 5(a)], 受到垂直于



剖面位置见图2

图3 铊厂沟矿区附近构造剖面

Fig. 3 Structural Profiles near Huachanggou Mine

片理方向的挤压作用,石英、方解石等矿物被压扁拉长成透镜体。

肿缩构造是片理化过程中的另一产物,能干性较强的岩层受到挤压作用形成肿缩构造并逐渐发展成为“香肠体”,在随后的递进变形过程中,局部受到逆冲剪切成为旋转碎斑。在平面上,铧厂沟矿区内部穿脉控制的岩石无论是围岩、矿体、含矿灰岩还是含矿基性岩,均呈现为透镜体形态,其长轴呈近EW向;在剖面上,矿区勘探线控制的矿体顺倾向也大多呈现出透镜体形态,从上到下,不同的中段往往出现矿体的尖灭再现现象,反映出剖面上的肿缩构造样式[图6(a)]。

### 3.2.2 褶皱

陈家河坝附近的绿泥片岩中可见早期石英脉受到强烈挤压形成的层间紧闭褶皱,指示出近SN向的应力作用[图4(b)]。另外,根据剖面产状,铧厂沟矿区及其附近存在多个褶皱,如竹园坝、窑上湾等(图3),其形态属紧闭褶皱,轴面呈近EW向、近直立或微倾向南,枢纽向东缓倾伏。褶皱翼部的片理面上发育不同尺度的皱纹线理,其枢纽与上述褶皱枢纽产状一致,两者属于同一构造体制下的产物,均受控于近SN向的挤压作用。

铧厂沟矿区内部含矿灰岩中可见作为主要载金

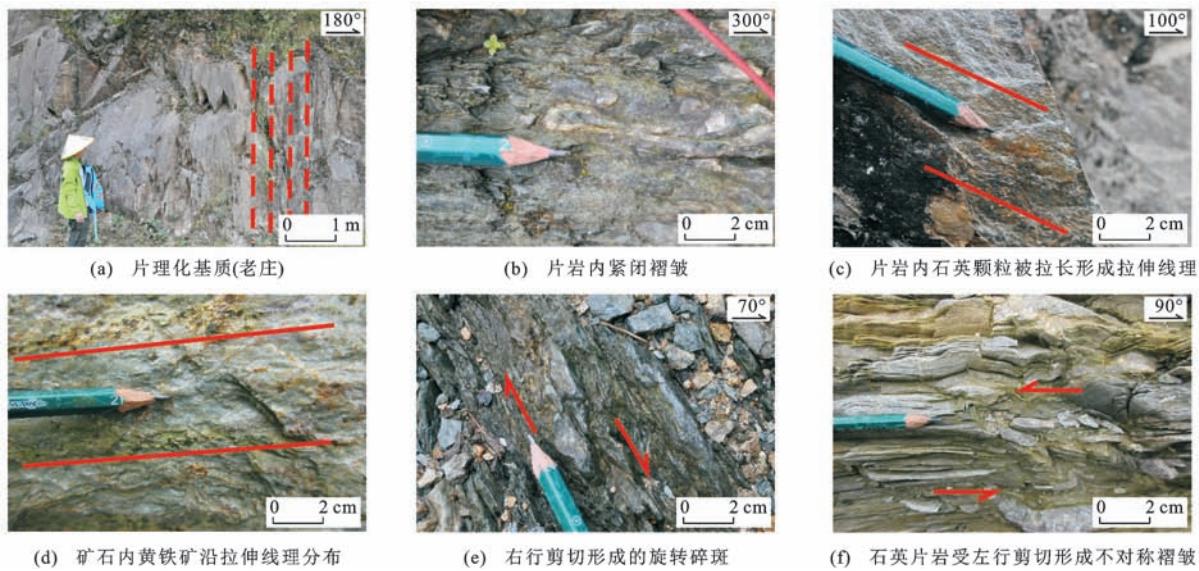


图4 锰厂沟矿区岩石野外变形特征

Fig. 4 Outcrop Deformation Characteristics of Rocks in Huachanggou Mine

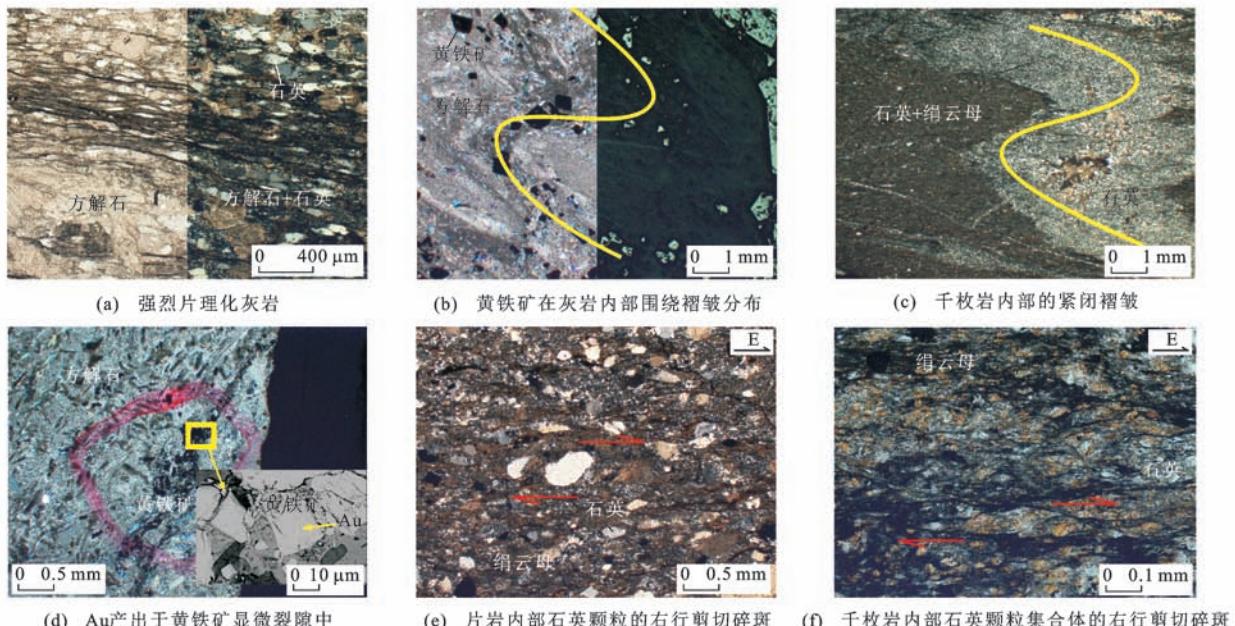


图5 锰厂沟矿区岩石显微构造特征

Fig. 5 Microstructural Characteristics of Rocks in Huachanggou Mine

矿物的黄铁矿,其分布明显受到后期褶皱作用的影响,镜下观察自形—半自形黄铁矿在方解石片理内按照一定方向排列构成了顶厚褶皱样式,而且黄铁矿颗粒在褶皱转折端明显聚集,而翼部的颗粒则相对分散[图5(b)]。矿区围岩大多为强烈片理化片岩、千枚岩等,由于能干性较弱,岩石受到挤压作用易发生褶皱,进一步挤压会导致发生完全的构造置换,致使野外无法识别变形前后的两期片理。显微镜下可见不同物质指示出的构造层,受到SN向挤压,也形成了紧闭褶皱[图5(c)]。

### 3.2.3 韧性剪切带

锰厂沟矿区内地带韧性剪切带主体为EW向,改造了矿区及其附近的大多数岩石,包括千枚岩、灰岩、基性岩、石英片岩等。灰岩、基性岩等作为能干性较强的岩块,韧性剪切带对其改造作用不太明显,仅在局部有体现,而千枚岩及石英片岩则大多发生了明显的糜棱岩化。野外观察发现,矿区外围石英片岩在走滑作用控制下,石英等矿物发生定向排列构成拉伸线理,产状为 $110^{\circ}\angle 30^{\circ}$ [图4(c)]。含矿石英片岩表面的黄铁矿颗粒成条带状定向分布,其方位与

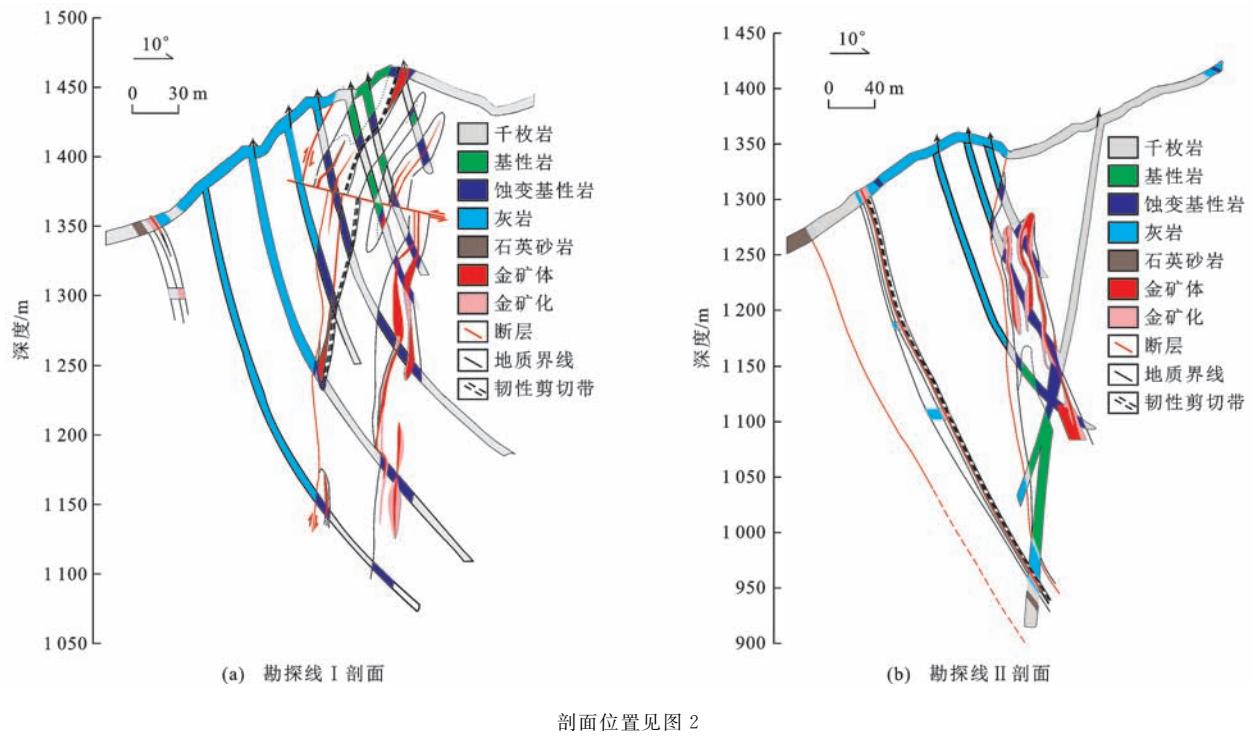


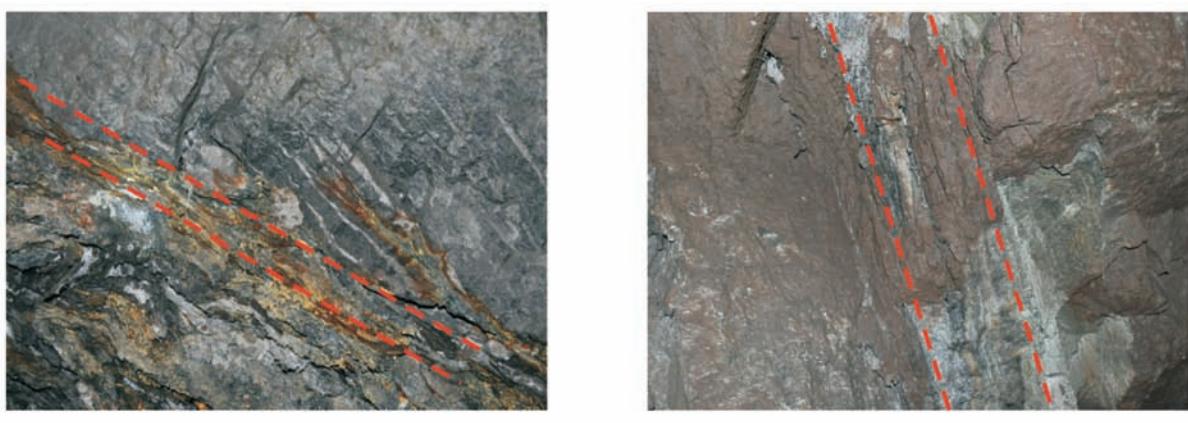
Fig. 6 Geological Profiles of Exploratory Lines in Huachanggou Mine

片岩表面石英颗粒组成的拉伸线理一致[图 4(d)]。镜下观察发现,剪切带内定向排列的黄铁矿内部发育了大量的显微裂隙,而 Au 则主要赋存于这些裂隙内[图 5(d)]。

铧厂沟矿区还发育大量近 EW 向走滑剪切构造。在石英片岩中,能干性较强的条带在剪切过程中残留下来,与基质物质共同构成旋转碎斑,其形态指示出近 EW 向的右行剪切[图 4(e)]。镜下观察发现,片岩和千枚岩内的矿物颗粒均受到剪切,前者形成了显微尺度的矿物颗粒旋转碎斑[图 5(e)],而后者内部形成了矿物集合体旋转碎斑[图 5(f)],通

过定向薄片恢复,也可以判断出 EW 向右行剪切作用。在石英片岩中还可见到近 EW 向左行剪切形成的不对称褶皱,但剪切带范围较窄,向带外的影响逐渐减弱,剪切过程中可见能干性较强的条带发生断裂,这一过程应晚于上述右行剪切作用,属于韧性剪切[图 4(f)]。

在勘探线剖面可见蚀变细碧岩型金矿体[图 7(a)]及灰岩附近的金矿体[图 7(b)]周围均发育韧性剪切带,矿化岩石在带内定向分布,发生细粒化。韧性剪切带在晚期向脆韧性转变,形成了大量裂隙,内部有碳酸盐等脉体充填。



(a) 勘探线 I 剖面

(b) 勘探线 II 剖面

图 7 勘探线 I 和勘探线 II 剖面内部发育的韧性剪切带

Fig. 7 Ductile Shear Zones in Geological Profiles of Exploratory Lines I and II

## 4 讨 论

### 4.1 构造期次

前人对南秦岭增生杂岩带进行了大量变形期次研究,取得了许多重要进展和认识:李三忠等将勉略蛇绿混杂岩带内部的基质变形分为片理化( $D_1$ )、SN向垂直缝合带挤压( $D_2$ )以及NE向斜交缝合带方向挤压( $D_3$ )3期<sup>[7]</sup>;裴先治等在勉略蛇绿混杂岩带基质内部识别出早期俯冲变形(包括韧性剪切变形和自北向南低角度韧性逆冲推覆剪切变形)、晚期碰撞变形(包括SN向挤压和自北向南逆冲推覆)<sup>[46]</sup>;冯益民等揭示出勉略蛇绿混杂岩带三岔子地区多期构造变形过程以及复杂的叠瓦构造,认为印支期以来发生了陆内造山叠覆过程<sup>[47]</sup>;陈虹等识别出造山作用的同时伴生大量走滑剪切活动<sup>[31]</sup>;王东升认为南秦岭增生杂岩带内记录了俯冲-碰撞期间的SN向挤压、由南向北的逆冲推覆以及EW向走滑等变形作用<sup>[40]</sup>。总之,前人资料均认为印支期区域先后发育片理化( $D_1$ )和EW向走滑剪切( $D_2$ )两期构造。而铧厂沟矿区位于南秦岭增生杂岩带内,矿区中的变形构造主要表现为早期由于强烈的SN向挤压( $D_1$ )形成层间紧闭褶皱或透镜体,在进一步挤压过程中形成了完全构造并置换成为片理化带;而随后沿造山带走向上的走滑则调节了垂向上的挤压应力,形成了矿区内的走滑构造( $D_2$ )。近EW向的走滑剪切则以片理面为变形面形成不对称褶皱,或将早期透镜体改造为旋转碎斑。矿区内部的走滑作用又可进一步划分为早期的右行韧性剪切和随后的左行脆韧性剪切作用。铧厂沟矿区内的构造活动在产状、构造样式及期次上与前人研究结果是一致的,均受控于印支期南秦岭强烈的造山运动。

### 4.2 年代学

前人将两期构造作用分别对应了印支期南秦岭地区的俯冲-碰撞过程以及走滑剪切过程<sup>[7,31,46]</sup>。从晚古生代开始,勉略蛇绿混杂岩带所代表的古大洋开始发生向南的俯冲并伴随上覆板块发生北向的逆冲作用,在南秦岭地区发育沟-弧-盆体系<sup>[2]</sup>。吴杰等通过对碧口群火山岩的年代学分析,也揭示出南秦岭地区存在晚古生代(316 Ma)的一期火山作用<sup>[25]</sup>,这与王宗起等所厘定的晚古生代南秦岭岛弧系统<sup>[43]</sup>一致。晚二叠世—中晚三叠世,古大洋逐渐闭合,南秦岭增生杂岩带最终形成,导致增生杂岩带南缘(略阳地区)发生强烈的挤压并伴随着由南向北的高角度逆冲作用,局部还形成了强烈的反向逆冲

构造。随后,勉略蛇绿混杂岩带内近EW向的走滑剪切调节了SN向的强烈缩短过程。陈虹等对勉略蛇绿混杂岩带内组成近水平的矿物拉伸线理的白云母进行了 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 定年,认为该时代((223.4±1.8) Ma)代表了造山作用之后走滑剪切变形的时代<sup>[31]</sup>。刘树文等提出在勉略蛇绿混杂岩带中由于大洋的北向俯冲形成自北向南的叠瓦逆冲推覆构造,伴生的近EW向韧性剪切带对光头山花岗岩及蛇绿混杂岩带内部的岩石进行了改造,其变形年龄在199~221 Ma之间<sup>[36]</sup>。结合上述南秦岭地区沟-弧-盆体系开始发育的时间(316 Ma左右),铧厂沟矿区发生片理化、褶皱及韧性剪切的时代应为二叠纪—三叠纪。

铧厂沟金矿的物质来源与细碧岩、其他海相火山岩以及三河口群有关<sup>[19-20,22]</sup>,这指示出铧厂沟造山型金矿的形成与晚古生代南秦岭增生-造山过程具有密切的成因联系,结合南秦岭地区存在316 Ma时期的海底火山喷发沉积事件<sup>[25]</sup>,也大体限定了金矿的形成时代应晚于316 Ma。白忠通过K-Ar法测得铧厂沟金矿中铬云母年龄为218 Ma<sup>[18]</sup>;林振文等选择成矿期石英脉中的锆石进行定年,结合其中最年轻的年龄认为含矿石英脉形成于195 Ma左右<sup>[23]</sup>。这些均表明,铧厂沟金矿的形成与南秦岭造山过程具有时间上的一致性(表2)。

### 4.3 构造与成矿的关系

铧厂沟金矿与成矿有关的构造主要包括片理化、褶皱、韧性剪切带等。通过对矿区构造与含矿岩石的野外及显微构造研究,认为构造与成矿不仅在时间上具有一致性,同时也密切控制了矿体的形成。

铧厂沟金矿形成于印支期华北与扬子大陆碰撞-结合时期,随着古大洋的闭合,造成了SN向强烈的挤压,矿区岩石发生强烈的片理化,早期形成的矿体或含矿岩石在此过程中同样受到挤压,但其中能干层仅在其边部受到片理化作用,而相对软弱的岩层则受到挤压形成层间紧闭褶皱,从而造成了矿区及其附近强弱片理化带相间出露的情形。相同岩性形变较大处以及不同岩性接触面位置空隙较发育,为矿液运移提供有利的空间。挤压过程中,成矿物质向褶皱的转折端聚集,镜下可以看到黄铁矿在褶皱转折端相对翼部发生明显富集[图5(b)]。

造山运动晚期,韧性剪切变形带沿近EW向构造带发育。魏刚锋等指出区域韧性剪切带是一个大型控矿和导矿构造,韧性剪切作用改造了包括矿区在内的整个南秦岭构造带<sup>[17]</sup>。矿区内部观察发现,岩石中形成了大量低角度倾伏向东的拉伸线理,在

表2 铩厂沟矿床矿化阶段及区域变形阶段划分对比

Tab. 2 Division and Correlation of Mineralization Phases and Regional Deformation Stages in Huachanggou Deposit

造山过程	造山前(>220 Ma)	造山期(200~220 Ma)		造山后(侏罗纪至 200 Ma)	文献来源
变形阶段	向南逆冲(D <sub>1</sub> )	SN 向挤压(D <sub>2</sub> )	左行走滑(D <sub>3</sub> )	NE 向挤压(D <sub>4</sub> )	[7]
	向南逆冲(D <sub>1</sub> )	SN 向挤压(D <sub>2-1</sub> )、向南逆冲(D <sub>2-2</sub> )	左行、右行走滑(D <sub>3</sub> )	造山后伸展(D <sub>4</sub> )	[46]
	剪切作用开始((223.4±1.8)Ma)			剪切作用结束((199±4)Ma)	[31]
	SN 向挤压(D <sub>1</sub> )	向北逆冲(D <sub>2</sub> ), 并伴随反向逆冲过程(200 Ma)		左行走滑(D <sub>3</sub> )(185 Ma)	[40]
成矿过程	成矿早期海底火山喷发沉积	石英-黄铁矿阶段 (主成矿期)	石英-多金属硫化物-碳酸盐阶段 (主成矿期)	石英-碳酸盐阶段 (主成矿期)	
成矿阶段		成矿期铬云母(年龄为 218 Ma, K-Ar 法)			[18]
		成矿主期挤压构造环境		成矿晚期为伸展环境	[11]
				蚀变细碧岩铬云母(年龄为 (144±14) Ma, K-Ar 法)	[22]
			含矿石英脉(年龄为 195 Ma, 锆石 U-Pb 法)		[23]

背散射图像中, Au 主要赋存于顺拉伸线理定向排列的黄铁矿显微裂隙内。这表明韧性剪切带对黄铁矿进行了强烈改造, 但黄铁矿中很难发现类似石英的韧脆性变形特征, 而主要发育显微裂隙作为一个半封闭空间, 并成为 Au 最后沉淀富集的场所<sup>[17]</sup>。该期构造运动是最终造成 Au 的实质性成矿作用的关键, 是金矿形成、富集的重要控制因素之一。

## 5 结语

(1) 陕西勉略地区铧厂沟矿区构造活动具有多期性, 从早到晚依次为: SN 向挤压(D<sub>1</sub>) 导致矿区岩石片理化及褶皱, 属于容矿构造; 近 EW 向走滑剪切(D<sub>2</sub>) 导致矿物质的富集及沉淀, 也属于容矿构造。

(2) 铩厂沟矿区为不同类型、不同规模岩块包裹于千枚岩基质内构成的混杂岩带, 属于南秦岭增生杂岩带的一部分。而矿体的形成主要受控于印支期南秦岭增生造山过程中的俯冲-碰撞以及走滑作用, 表明铧厂沟金矿应为一个典型的造山型金矿。

## 参考文献:

### References :

- [1] 姜春发, 王宗起, 李锦轶. 中央造山带开合构造 [M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- JIANG Chun-fa, WANG Zong-qi, LI Jin-yi. The Open and Shut Tectonics of the Central Orogenic Belt [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000.
- [2] 王宗起, 闫全人, 闫臻, 等. 秦岭造山带主要大地构造单元的新划分 [J]. 地质学报, 2009, 83(11): 1527-1546.
- WANG Zong-qi, YAN Quan-ren, YAN Zhen, et al. New Division of the Main Tectonic Units of the Qinling Orogenic Belt, Central China [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(11): 1527-1546.
- [3] 杨经绥, 许志琴, 马昌前, 等. 复合造山作用和中国中央造山带的科学问题 [J]. 中国地质, 2010, 37(1): 1-11.
- YANG Jing-sui, XU Zhi-qin, MA Chang-qian, et al. Compound Orogeny and Scientific Problems Concerning the Central Orogenic Belt of China [J]. Geology in China, 2010, 37(1): 1-11.
- [4] DONG Y P, ZHANG G W, NEUBAUER F. Tectonic Evolution of the Qinling Orogen, China: Review and Synthesis [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 41(3): 213-237.
- [5] 李曙光, 侯振辉, 杨永成, 等. 南秦岭勉略构造带三岔子古岩浆弧的地球化学特征及形成时代 [J]. 中国科学:D辑, 地球科学, 2003, 33(12): 1163-1173.
- LI Shu-guang, HOU Zhen-hui, YANG Yong-cheng, et al. Timing and Geochemical Characters of the Sanchazi Magmatic Arc in Mianlue Tectonic Zone, South Qinling [J]. Science in China: Series D, Earth Sciences, 2003, 33(12): 1163-1173.
- [6] MENG Q R, ZHANG G W. Geologic Framework and Tectonic Evolution of the Qinling Orogen, Central China [J]. Tectonophysics, 2000, 323(3/4): 183-196.
- [7] 李三忠, 张国伟, 李亚林, 等. 秦岭造山带勉略缝合带构造变形与造山过程 [J]. 地质学报, 2002, 76(4): 469-483.
- LI San-zhong, ZHANG Guo-wei, LI Ya-lin, et al. Deformation and Orogeny of the Mianlue Suture Zone in the Qinling Orogenic Belt [J]. Acta Geologica Sinica,

- 2002, 76(4): 469-483.
- [8] 张宗清, 唐索寒, 张国伟, 等. 勉县—略阳蛇绿混杂岩带镁铁质-安山质火山岩块年龄和该带构造演化的复杂性[J]. 地质学报, 2005, 79(4): 531-539.  
ZHANG Zong-qing, TANG Suo-han, ZHANG Guo-wei, et al. Ages of Metamorphic Mafic-andesitic Volcanic Rock Blocks and Tectonic Evolution Complexity of Mianxian-Lueyang Ophiolitic Melange Belt[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2005, 79(4): 531-539.
- [9] 闫全人, 王宗起, 闫臻, 等. 秦岭勉略构造混杂带康县—勉县段蛇绿岩块-铁镁质岩块的 SHRIMP 年代及其意义[J]. 地质论评, 2007, 53(6): 755-764.  
YAN Quan-ren, WANG Zong-qi, YAN Zhen, et al. SHRIMP Analyses for Ophiolitic-mafic Blocks in the Kangxian-Mianxian Section of the Mianxian-Lueyang Melange: Their Geological Implications[J]. *Geological Review*, 2007, 53(6): 755-764.
- [10] 王涛, 王宗起, 闫全人, 等. 南秦岭白水江群变基性火山岩块体的形成时代及其地球化学特征[J]. 岩石学报, 2011, 27(3): 645-656.  
WANG Tao, WANG Zong-qi, YAN Quan-ren, et al. The Formation Age and Geochemical Characteristics of the Metavolcanic Rock Blocks of the Baishuijiang Group in South Qinling[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27(3): 645-656.
- [11] 周振菊, 秦艳, 林振文, 等. 西秦岭铧厂沟金矿床流体包裹体特征研究及矿床成因[J]. 岩石学报, 2011, 27(5): 1311-1326.  
ZHOU Zhen-ju, QIN Yan, LIN Zhen-wen, et al. Study of Fluid Inclusion Characteristic and Genetic Type of the Huachanggou Gold Deposit, West Qinling Orogen [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27(5): 1311-1326.
- [12] 周振菊, 秦艳, 林振文. 西秦岭铧厂沟金矿床 C-H-O-S 同位素地球化学研究[J]. 矿物学报, 2011, 31(增1): 678-679.  
ZHOU Zhen-ju, QIN Yan, LIN Zhen-wen. Study of C-H-O-S Isotope of the Huachanggou Gold Deposit, West Qinling Orogeny[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2011, 31(S1): 678-679.
- [13] 刘冲昊, 刘家军, 王建平, 等. 陕西省略阳县铧厂沟金矿北矿带地球化学原生晕特征及其地质意义[J]. 中国地质, 2012, 39(5): 1397-1405.  
LIU Chong-hao, LIU Jia-jun, WANG Jian-ping, et al. Primary Halo Characteristics of the North Ore Zone in the Huachanggou Gold Deposit, Lueyang County, Shaanxi Province[J]. *Geology in China*, 2012, 39(5): 1397-1405.
- [14] 刘冲昊, 刘家军, 王建平, 等. 陕西省铧厂沟金矿床主矿带黄铁矿热电性特征及其地质意义[J]. 地学前缘, 2013, 20(4): 264-272.  
LIU Chong-hao, LIU Jia-jun, WANG Jian-ping, et al. Thermoelectric Characteristics of Pyrite from the Main Ore Zone of the Huachanggou Gold Deposit, Shaanxi Province and Its Significance[J]. *Earth Science Frontiers*, 2013, 20(4): 264-272.
- [15] 林振文, 秦艳, 岳素伟, 等. 陕西省铧厂沟金矿围岩蚀变和元素迁移特征[J]. 地球化学, 2014, 43(6): 602-618.  
LIN Zhen-wen, QIN Yan, YUE Su-wei, et al. Wall-rock Alteration and Element Migration of the Huachanggou Gold Deposit, Shaanxi Province[J]. *Geochimica*, 2014, 43(6): 602-618.
- [16] 吴杰, 刘家军, 王建平, 等. 陕西铧厂沟金矿床中细碧岩的岩石学和元素地球化学特征研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2014, 33(4): 411-420.  
WU Jie, LIU Jia-jun, WANG Jian-ping, et al. Petrological and Geochemical Characteristics of the Spilite in the Huachanggou Gold Deposit, the Shaanxi Province [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 2014, 33(4): 411-420.
- [17] 魏刚锋, 陈新跃, 辛红刚. 铧厂沟金矿床区域性剪切带特征[J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(2): 179-186.  
WEI Gang-feng, CHEN Xin-yue, XIN Hong-gang. Characteristics of the Regional Ductile Shear Zones in Huachanggou Gold Deposit Area, Lueyang, Shaanxi[J]. *Geotectonica et Metallogenesis*, 2004, 28(2): 179-186.
- [18] 白忠. 陕西铧厂沟金矿床成因探讨[J]. 矿产与地质, 1996, 10(2): 108-113.  
BAI Zhong. Genesis of the Huachanggou Gold Deposit in Shaanxi Province[J]. *Mineral Resources and Geology*, 1996, 10(2): 108-113.
- [19] 白忠. 陕西铧厂沟金矿床地质特征及其成因[J]. 西北地质, 1996, 17(1): 16-23.  
BAI Zhong. Geological Characteristics and Genesis of the Huachanggou Gold Deposit in Shaanxi Province [J]. *Northwestern Geology*, 1996, 17(1): 16-23.
- [20] 魏刚锋, 姜修道, 刘永华, 等. 铧厂沟金矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 矿床地质, 2000, 19(2): 138-146.  
WEI Gang-feng, JIANG Xiu-dao, LIU Yong-hua, et al. Geological Characteristics and Ore-controlling Factors of the Huachanggou Gold Deposit[J]. *Mineral Deposits*, 2000, 19(2): 138-146.
- [21] 党明福. 陕西省略阳县铧厂沟金矿地质特征[J]. 陕西地质, 1991, 9(1): 18-30.  
DANG Ming-fu. The Geological Features of the Hua-

- changgou Gold Deposit in Lueyang County, Shaanxi Province[J]. Geology of Shaanxi, 1991, 9(1): 18-30.
- [22] 宗静婷.陕西略阳铧厂沟金矿床地质与矿床类型[J].西北地质,2004,37(1):97-101.
- ZONG Jing-ting. Features of Huachanggou Gold Deposit and Its Type in Lueyang County, Shaanxi[J]. Northwestern Geology, 2004, 37(1): 97-101.
- [23] 林振文,秦艳,岳素伟,等.陕西省铧厂沟金矿床石英脉中锆石U-Pb年代学研究[J].矿物学报,2011,31(增1):614-615.
- LIN Zhen-wen, QIN Yan, YUE Su-wei, et al. A U-Pb Chronological Study of Zircons from Quartz Veins of Huachanggou Gold Deposit, Shaanxi Province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31(S1): 614-615.
- [24] 林振文,秦艳,周振菊,等.南秦岭勉略带铧厂沟火山岩锆石U-Pb年代学及地球化学研究[J].岩石学报,2013,29(1):83-94.
- LIN Zhen-wen, QIN Yan, ZHOU Zhen-ju, et al. Zircon U-Pb Dating and Geochemistry of the Volcanic Rocks at Huachanggou Area, Mianlue Suture, South Qinling [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(1): 83-94.
- [25] 吴杰,刘家军,李静贤,等.南秦岭铧厂沟碧口群玄武岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄及岩石成因研究[J].中国地质,2014,41(4):1341-1355.
- WU Jie, LIU Jia-jun, LI Jing-xian, et al. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating and Petrogenesis of the Bikou Group Basalt in Huachanggou Area, South Qinling [J]. Geology in China, 2014, 41(4): 1341-1355.
- [26] 李亚林,张国伟,王成善,等.秦岭勉略缝合带两期韧性剪切变形及其动力学意义[J].成都理工学院学报,2001,28(1):28-33.
- LI Ya-lin, ZHANG Guo-wei, WANG Cheng-shan, et al. The Characteristics and Implications of Ductile Shear Deformations in Mianxian-Lueyang Suture Zone, Qinling Orogenic Belt[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2001, 28(1): 28-33.
- [27] 李亚林,张国伟,李三忠,等.秦岭略阳—白水江地区双向推覆构造及形成机制[J].地质科学,2001,36(4):465-473.
- LI Ya-lin, ZHANG Guo-wei, LI San-zhong, et al. Characteristics and Mechanism of Lueyang-Baishuijiang Bilateral Thrusting Tectonics in the Qinling Orogenic Belt[J]. Chinese Journal of Geology, 2001, 36(4): 465-473.
- [28] 李亚林,李三忠,张国伟.秦岭勉略缝合带组成与古洋盆演化[J].中国地质,2002,29(2):129-134.
- LI Ya-lin, LI San-zhong, ZHANG Guo-wei. Composition of the Mianlue Suture Zone and Its Relation with the Evolution of the Old Oceanic Basin[J]. Geology in China, 2002, 29(2): 129-134.
- [29] 李三忠,赖绍聪,张国伟,等.秦岭勉(县)略(阳)缝合带及南秦岭地块的变质动力学研究[J].地质科学,2003,38(2):137-154.
- LI San-zhong, LAI Shao-cong, ZHANG Guo-wei, et al. Metamorphic Dynamics of the Mianlue Suture Zone of Qinling Orogenic Belt and the Southern Qinling Block [J]. Chinese Journal of Geology, 2003, 38(2): 137-154.
- [30] 张国伟,董云鹏,赖绍聪,等.秦岭一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,地球科学,2003,33(12):1121-1135.
- ZHANG Guo-wei, DONG Yun-peng, LAI Shao-cong, et al. Mianlue Tectonic Zone and Mianlue Suture Zone on Southern Margin of Qinling-Dabie Orogenic Belt [J]. Science in China: Series D, Earth Sciences, 2003, 33(12): 1121-1135.
- [31] 陈虹,胡健民,武国利,等.西秦岭勉略带陆内构造变形研究[J].岩石学报,2010,26(4):1277-1288.
- CHEN Hong, HU Jian-min, WU Guo-li, et al. Study on the Intracontinental Deformation of the Mianlue Suture Belt, Western Qinling[J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(4): 1277-1288.
- [32] 张国伟,孟庆任,于在平,等.秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J].中国科学:D辑,地球科学,1996,26(3):193-200.
- ZHANG Guo-wei, MENG Qing-ren, YU Zai-ping, et al. Orogenic Process and Dynamic Characteristics of Qinling Orogen[J]. Science in China: Series D, Earth Sciences, 1996, 26(3): 193-200.
- [33] 王涛,王宗起,闫全人,等.西秦岭南缘康县—留坝一带白水江群碎屑岩的地球化学特征及构造背景[J].地质通报,2006,25(6):730-736.
- WANG Tao, WANG Zong-qi, YAN Quan-ren, et al. Geochemical Characteristics and Tectonic Setting of Clastic Rocks of the Baishuijiang Group in the Kangxian-Liuba Area on the Southern Margin of the West Qinling, China[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(6): 730-736.
- [34] 杨经绥,刘福来,吴才来,等.中央碰撞造山带中两期超高压变质作用:来自含柯石英锆石的定年证据[J].地质学报,2003,77(4):463-477.
- YANG Jing-sui, LIU Fu-lai, WU Cai-lai, et al. Two Ultrahigh Pressure Metamorphic Events Recognized in the Central Orogenic Belt of China: Evidence from the U-Pb Dating of Coesite-bearing Zircons[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(4): 463-477.
- [35] 朱日祥,杨振宇,吴汉宁,等.中国主要地块显生宙古

- 地磁视极移曲线与地块运动[J]. 中国科学:D 辑, 地球科学, 1998, 28(增): 1-16.
- ZHU Ri-xiang, YANG Zhen-yu, WU Han-ning, et al. Palaeomagnetic Constraints on the Tectonic History of the Major Blocks of China During the Phanerozoic [J]. Science in China: Series D, Earth Sciences, 1998, 28(S): 1-16.
- [36] 刘树文, 杨朋涛, 李秋根, 等. 秦岭中段印支期花岗质岩浆作用与造山过程[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2011, 41(6): 1928-1943.
- LIU Shu-wen, YANG Peng-tao, LI Qiu-gen, et al. Indosinian Granitoids and Orogenic Processes in the Middle Segment of the Qinling Orogen, China [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2011, 41(6): 1928-1943.
- [37] 陈衍景, 张 静, 张复新, 等. 西秦岭地区卡林—类卡林型金矿床及其成矿时间、构造背景和模式[J]. 地质论评, 2004, 50(2): 134-152.
- CHEN Yan-jing, ZHANG Jing, ZHANG Fu-xin, et al. Carlin and Carlin-like Gold Deposits in Western Qinling Mountains and Their Metallogenic Time, Tectonic Setting and Model[J]. Geological Review, 2004, 50(2): 134-152.
- [38] 任小华. 陕西勉县—略阳—阳平关及周边地区矿产资源调查新进展[J]. 中国地质, 2001, 28(11): 38-39.
- REN Xiao-hua. New Progress in the Mineral Resources Investigation in the Mianxian-Lueyang-Yangpingguan Area and Its Surrounding Areas, Shaanxi Province [J]. Chinese Geology, 2001, 28(11): 38-39.
- [39] LIU C H, LIU J J, CARRANZA E J M. Geological and Geochemical Constraints on the Genesis of the Huachanggou Gold Deposit, Western Qinling Region, Central China [J]. Ore Geology Reviews, 2016, 73: 354-373.
- [40] 王东升. 南秦岭增生杂岩带内岩石变质变形作用研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2015.
- WANG Dong-sheng. Deformation and Metamorphism Characteristics of Rocks in South Qinling Accretionary Complex Belt[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2015.
- [41] 陕西省地质矿产勘查开发局. 1: 50 000 郭镇幅、两河口幅地质图及说明书[R]. 西安: 陕西省地质矿产勘查开发局, 1996.
- Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Shaanxi Province. 1 : 50 000 Scale Geological Maps of Guozhen and Lianghekou[R]. Xi'an: Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Shaanxi Province, 1996.
- [42] 陕西省地质调查院. 1: 250 000 略阳县幅地质图及说明书[R]. 西安: 陕西省地质调查院, 2006.
- Shaanxi Institute of Geological Survey. 1 : 250 000 Scale Geological Map of Lueyang County and Its Introduction[R]. Xi'an: Shaanxi Institute of Geological Survey, 2006.
- [43] 王宗起, 闫 珍, 王 涛, 等. 秦岭造山带主要疑难地层时代研究的新进展[J]. 地球学报, 2009, 30(5): 561-570.
- WANG Zong-qi, YAN Zhen, WANG Tao, et al. New Advances in the Study on Ages of Metamorphic Strata in the Qinling Orogenic Belt[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2009, 30(5): 561-570.
- [44] 魏刚锋, 聂江涛, 辛红刚, 等. 铊厂沟金矿床北部控矿剪切带地质特征及金的富集规律[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(4): 38-44.
- WEI Gang-feng, NIE Jiang-tao, XIN Hong-gang, et al. Geological Characteristics and Regularity of Gold Enrichment of North Ore-controlling Ductile Shear Zone in Huachanggou Gold Deposit[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2005, 27(4): 38-44.
- [45] 陈宣华, 陈正乐, 杨 农. 区域成矿与矿田构造研究: 构建成矿构造体系[J]. 地质力学学报, 2009, 15(1): 1-19.
- CHEN Xuan-hua, CHEN Zheng-le, YANG Nong. Study on Regional Mineralizations and Ore-field Structures: Building of Mineralizing Tectonic Systems[J]. Journal of Geomechanics, 2009, 15(1): 1-19.
- [46] 裴先治, 张国伟, 赖绍聪, 等. 西秦岭南缘勉略构造带主要地质特征[J]. 地质通报, 2002, 21(8/9): 486-494.
- PEI Xian-zhi, ZHANG Guo-wei, LAI Shao-cong, et al. Main Geological Features of the Mianlue Tectonic Belt on the Southern Margin of the West Qinling[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(8/9): 486-494.
- [47] 冯益民, 曹宣铎, 张二朋. 勉县—略阳带大地构造属性之探讨[J]. 地质论评, 2004, 50(3): 295-303.
- FENG Yi-min, CAO Xuan-duo, ZHANG Er-peng. Discussion on the Tectonic Features of the Mianxian-Lueyang Zone[J]. Geological Review, 2004, 50 (3): 295-303.