

小秦岭东闯金矿构造控矿规律及矿化趋势分析

谭满堂, 姚书振, 何谋春, 丁振举
(中国地质大学(武汉) 资源学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 小秦岭金矿田是我国重要的金矿聚集区, 东闯金矿是其中典型的碰撞造山带石英脉型金矿之一, 其形成受控于秦岭造山带的构造作用机制, 主成矿期为燕山期, 金矿的形成、演化与分布严格受构造活动尤其是断裂构造的控制。通过对东闯金矿矿床地质、构造特征、成矿期次的研究, 对主要矿脉 507 脉的矿化趋势的分析, 建立起矿田构造活动与成矿过程的时空演化关系, 总结了矿脉(体)产出受断裂构造控制的机制与规律。这对属于危机矿山的东闯金矿的深部找矿具有现实意义。

关键词: 小秦岭, 东闯金矿, 构造控矿, 矿化趋势

中图分类号: P613 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1552(2013)02-0225-010

小秦岭地区位于华北板块南缘 Au、Mo、W、S 等为主的成矿带中(冯建之, 2009), 是华北板块南缘成矿系列的一部分, 是我国目前重要的金成矿区之一, 其间金矿床(点)的分布富集受断裂、褶皱构造控制, 矿体的空间展布、形态和产状与断裂构造关系密切。小秦岭的形成是整个秦岭造山带构造演化的结果, 其中产出的金矿床则是区域构造演化和深部过程共同作用下的物质反映(王义天和毛景文, 2002)。在秦岭碰撞造山带的构造挤压-伸展转换机制下, 断裂构造的多期次活动演化是多阶段金矿化蚀变发生的重要因素(胡正国等, 1994; 卢欣祥, 1998; 张进江等, 2003)。东闯金矿是该地区发现与开采较早的典型石英脉型金矿之一(范永香, 1992; 白万成等, 1995a; 徐叶兵和范永香, 2003), 已由一个 20 世纪 80 年代储量及经济效益位居全国前列的矿山变成一个探明资源储量逐渐消耗殆尽的危机矿山。构造, 特别是断裂构造是该矿床的首要控矿因素, 成矿构造发生演化、矿田构造的时空分布规律和矿田构造控矿机制研究对总结该矿床的成矿规律、深部找矿预测均具有重要意义, 同时对小秦岭金矿

带内同类金矿的进一步勘查也具有积极指导作用。

1 矿区地质

1.1 区域地质概况

小秦岭地区位于华北板块南缘, 其北以太要断裂与渭河盆地相邻, 南部以小河断裂与熊耳构造带相接, 大地构造位置上属于华北板块南缘的小秦岭-熊耳山复式褶皱区域, 是秦岭造山带的北缘东段部分。其在印支期秦岭全面碰撞造山过程以及其后的陆内造山过程中, 经历了早期以挤压为主的构造体制, 晚期以伸展为主的构造体制的演化, 最终形成了“拆离-变质杂岩核”的总体构造(胡正国等, 1994; 张国伟等, 1996; 王力群和肖文进, 2000; 王义天和毛景文, 2002)。其中南北边界的小河、太要断裂为拆离断层, 太华群则构成变质结晶基底, 而位于小河断裂南侧的官道口群、熊耳群则为基底盖层(胡正国等, 1994; 王义天和毛景文, 2002)。区内岩浆活动自太古宙、元古宙到中生代皆有表现, 其中以燕山期花岗岩浆活动最为强烈。燕山期花岗岩, 如花山岩体、文峪岩体、娘娘山岩体等, 多为黑云二长

收稿日期: 2012-09-01; 改回日期: 2012-09-28

项目资助: 全国危机矿山接替资源找矿项目“小秦岭地区金矿床成矿规律总结研究(编号: 20089939)”资助。

第一作者简介: 谭满堂(1975-), 男, 工程师, 在读博士研究生, 主要从事矿床学、矿田构造学研究。Email: tanmant@163.com

花岗岩或黑云母花岗岩。

小秦岭地区金矿主成矿期发生在碰撞造山作用由挤压向伸展的过渡转变时期,即主要是燕山期,其次是印支期;矿床类型以石英脉型为主,含金石英脉-蚀变构造岩带主要呈近东西向成群成带密切分布,典型矿床主要有文峪东闯金矿、桐峪金矿、杨砦峪金矿、大湖金钼矿等等。

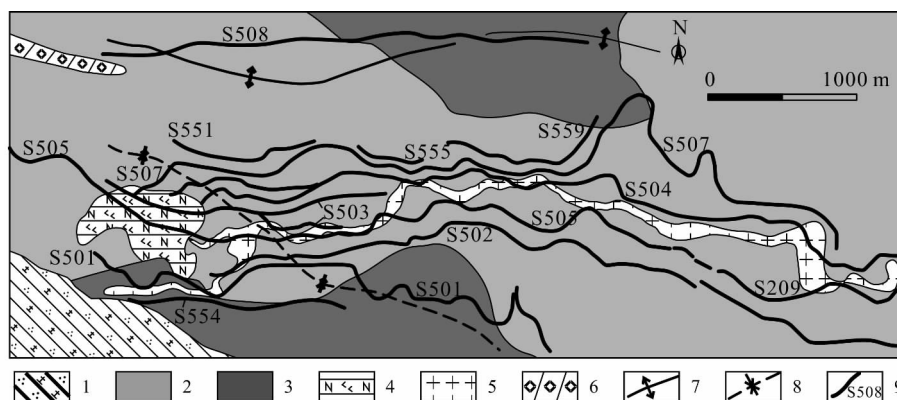
1.2 矿床地质概况

东闯金矿床位于小秦岭金矿成矿带的中段,区内地层主要为太华群变质岩,断裂构造密集,脉岩发育。金矿床主要受近东西向压扭性断裂控制(图 1)。

地质构造上位于老鸦岔脑-娘娘山主背斜南翼

近轴部,该背斜轴向近东西展布,核部主要由四范沟组花岗片麻岩组成;翼部由观音堂组浅粒岩、变粒岩、石英岩等组成。背斜轴部西段翘起而紧密,娘娘山以东分岔而倾伏。其次级褶皱西峪脑-仓珠峪向斜呈南东-北西走向通过矿区中部,在矿区地段轴向自西向东由 90° 转向 130° 再转向 100° ,向斜轴呈蛇形弯曲,轴面近于直立,略向北倾。矿区范围内断裂构造极为发育,共发现各类性质断裂近百余条,可划分为成矿前、成矿期和成矿后三个期次。

矿区范围内有不同时期的岩浆岩发育,从老到新有混合花岗伟晶岩、辉绿(玢)岩、正长斑岩、石英脉等。其中辉绿(玢)岩数量最多,黑云二长花岗岩规模最大。



1. 太华群观音堂组石英岩、变粒岩;2. 太华群四范沟组花岗片麻岩;3. 太华群杨砦峪组黑云斜长片麻岩;4. 晚太古代基性喷发表壳岩;
5. 印支期黑云二长花岗岩;6. 五台期花岗伟晶岩;7. 老鸦岔主背斜;8. 仓珠峪次级向斜;9. 含金石英脉及编号。

图 1 东闯金矿床地质简图(据河南省第一地质调查队, 2006 修绘^①)

Fig. 1 Geological sketch map of the Dongchuang gold deposit

1.3 主要矿脉特征

到目前为止,区内共发现有 20 条矿脉,除 517、560 号脉受北西向张扭性断裂控制外,其它 18 条矿脉均严格受近东西向压扭性断裂控制,主要矿脉为 507、504、505、502 等。

507 号脉是东闯金矿规模最大的矿脉,长度在矿区范围内 3200 m,赋存标高 2230 m 至 1362 m。倾向上从地表向深部呈缓→陡→缓的舒缓波状,总体为中等倾斜,局部略有起伏。走向上总体呈舒缓波状,走向平稳,自西向东 $60^\circ \sim 130^\circ$,在西段表现为略向北凸出的弧形(图 2)。走向及倾向上具分枝复合,膨胀狭缩,尖灭再现、侧现等现象。主要成矿元素为 Au、Pb,还有银、铜、钨、硫可综合利用,矿石工业类型可分为石英脉型金铅矿石和蚀变-糜棱岩

型金铅矿石两大类,以前者为主,后者次之。

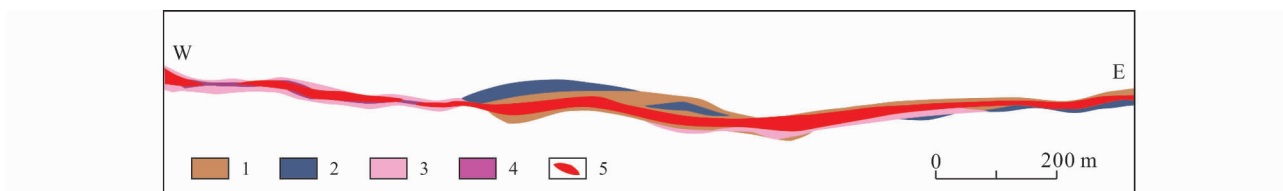
矿石的结构主要有:自形-半自形结构、它形晶结构、碎裂结构、填隙结构、交代结构、包含结构等。矿石构造有:块状构造、网脉状构造、浸染状构造、细脉状构造、角砾状构造。此外,还可以见到晶洞构造、蜂窝状构造等。

1.4 成矿阶段的划分

依据矿区矿石结构和矿物共生组合等特点,将区内石英脉型金铅矿床主成矿期分为四个成矿阶段,它们受成矿期断裂构造的多次脉动性活动控制。特征如下:

I、黄铁矿-石英阶段:以宽大白净的石英脉为主要特征,零星分布有黄铁矿、磁铁矿、黑钨矿等,偶见微量的金,一般不形成富的工业矿体。矿物共生

① 河南省第一地质调查队. 2006. 河南省灵宝市文峪金矿东闯矿区接替资源勘查设计书(内部资料).



1. 糜棱岩; 2. 条纹条痕状混合岩; 3. 多金属矿化蚀变岩; 4. 石英脉; 5. 金矿体。

图2 507脉 YD33 平面图(据武警黄金部队九支队, 1993 稍作修改^②)

Fig.2 Planar graph for the YD33 level of vein No.507

组合为:石英+黄铁矿+自然金,石英+黄铁矿+自然金+磁铁矿+黑钨矿。

Ⅱ、石英-黄铁矿阶段:以大量黄铁矿及少量的石英为主要特征,常见黄铁矿细脉呈脉状、条带状产于石英大脉的中部及边部。矿物共生组合为:石英+黄铁矿+自然金,石英+黄铁矿+黄铜矿+自然金。

Ⅲ、多金属硫化物阶段:以形成大量的方铅矿及少量黄铜矿、闪锌矿为特征。所形成的多金属硫化物以脉状、不规则状、网脉状分布于石英脉的顶底板处。矿物共生组合为:石英+方铅矿+黄铁矿+闪锌矿+自然金,石英+黄铁矿+菱铁矿+铁白云石+自然金,石英+黄铜矿+磁黄铁矿+斑铜矿+自然金。

Ⅳ、碳酸盐-石英阶段:该阶段局部发育,金矿化差,以少量的方铅矿为特征。

上述各阶段中,Ⅱ、Ⅲ阶段为主要成矿阶段。

2 断裂构造控矿规律

2.1 断裂产状与矿化

东闯金矿的主要矿脉均严格受近 EW 向的断裂控制,矿体在走向和倾向上受主断裂破碎带波状起伏的影响极为明显。矿体沿断裂破碎带走向相间出现和工业矿体按一定标高赋存的规律都是受断裂破碎带舒缓波状影响的结果。断裂构造对矿脉和矿体的控制作用主要表现在:

(1)主断裂面走向为 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 时往往有石英脉的赋存,矿体厚度大且矿化较好;当走向为 $80^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 时,石英脉变薄,矿体厚度小,矿化中等;走向为 $90^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 时,构造岩发育,石英脉少见,矿化微弱。

(2)主断裂面倾向上由缓变陡或由陡变缓的弧形弯曲部位往往有厚大石英脉的赋存,特别是由缓变陡的拱弧形部位,矿体厚且矿化极好,在主断裂面

60° 以上稳定延伸的部位,石英脉少见,矿化减弱。

总之,当主断裂面走向呈 NEE 或倾向上由缓变陡的拱弧形部位和由陡变缓的凹型部位均为断裂构造的张性、张扭性扩容部位,易形成金富集和富矿体。

2.2 断裂活动期次与控矿

小秦岭地区金矿发育受到区域性褶皱构造、韧性剪切带以及断裂构造的综合控制,前二者主要起宏观的导矿与储矿作用,而矿体主要赋存于次级韧性剪切带及断裂之中(徐莉等,1994;徐叶兵和范永香,2003;冯建之,2009;张启等,2010)。区内断裂构造密集,共发现大小断裂近百余条,其走向以近 EW 向为主,其次为近 SN 向、NNW 向和 NNE 向。断裂构造受背斜控制明显,主要产出在背斜核部及其近核部两翼处,金矿脉则直接受其中的近 EW 向压扭性断裂控制。根据断裂构造的活动性质及其中充填脉体的情况,可以划分出成矿前断裂、成矿期断裂和成矿后断裂三个期次。

2.2.1 成矿前断裂

成矿前断裂:根据其变形特征可以划分为韧性剪切带和脆性断裂两类。

韧性剪切带:韧性剪切带由变余糜棱岩构成,形成糜棱岩带,岩石构造变形显著(图3、4),主要形成于区域褶皱变质期后的高温地质条件下。韧性剪切带是容矿断裂的前期基础构造,对矿脉起宏观控制作用,容矿的脆性断裂沿韧性剪切作用形成的糜棱岩带而叠加活动,在成矿期成为控矿构造(徐叶兵和范永香,2003;冯建之,2009)。

脆性断裂:成矿前断裂主要为 NE 向、近 SN 向、近 EW 向或 NW(W) 向(图5),近 EW 向压扭性断裂表现为压性特征,水平断距和垂直断距都不大,一般小于 5 m。NW 向张扭性断裂与 NE 向张扭性断裂常呈共轭相交,实质是在同一南北应力场下形成

② 武警黄金部队九支队. 1993. 河南省灵宝县豫灵镇东闯矿区二期勘探地质报告(内部资料)。

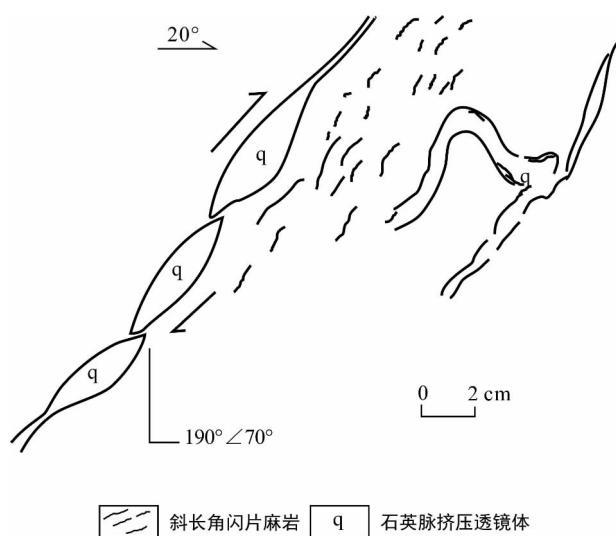


图 3 1873 中段韧性剪切带中石英透镜体及变形
(指示上盘逆冲挤压)

Fig. 3 Deformation of the lenticular quartz vein in the ductile shear zone at the 1873 level adit

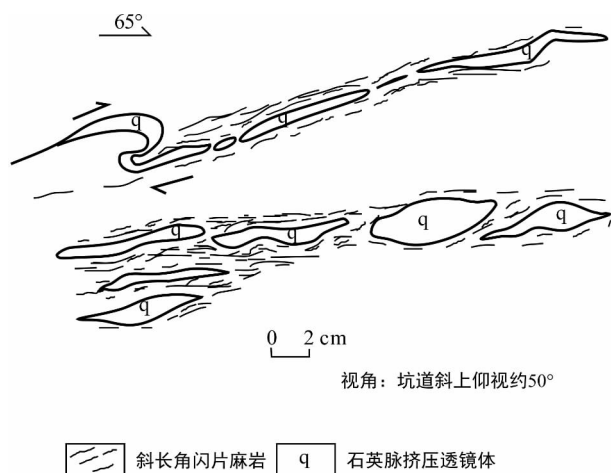


图 4 1873 中段韧性剪切带中石英透镜体及变形
(指示上盘向北东逆冲挤压)

Fig. 4 Deformation of the lenticular quartz vein in the ductile shear zone at the 1873 level adit

的不同方向的张扭性断裂。成矿前脆性断裂构造大多为辉绿(玢)岩脉充填(图 6),辉绿岩脉为灰绿色,辉绿结构,斑状结构,块状构造,一般脉体边界较为平直,倾角大于 60° ,宽度仅 10~30 cm,少数可达 1~2 m。辉绿岩脉可见明显被主断裂面或矿脉错断(图 5),同时还可见辉绿岩脉被随后的成矿期断裂破坏成角砾状,石英脉穿插成网状分布,辉绿岩的产出时间应在主断裂发育以及矿脉形成之前。有些辉绿岩脉局部具有张裂特征,表明区内辉绿岩脉主要形成于以剪切作用为主的张扭性环境下。岩脉在成

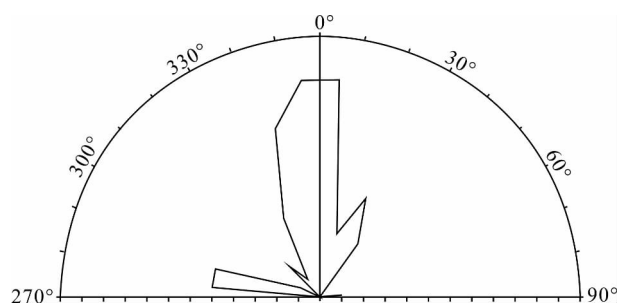


图 5 成矿前断裂走向玫瑰花图

Fig. 5 Rose diagram for the strikes of the faults before mineralization

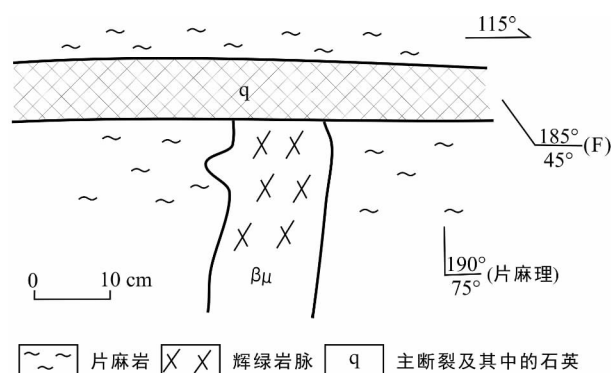


图 6 505 脉 1974 中段辉绿岩脉被主断裂交切

Fig. 6 Intersection between the diabase dike and the main fault at the 1974 level adit

矿期有继承性活动,沿辉绿岩边部形成糜棱岩,局部有石英脉充填。

2.2.2 成矿期断裂

成矿期断裂构造以近 EW 向压扭性断裂为主,走向 $260^\circ \sim 280^\circ$,倾向 SSW 至 SSE,倾角 $30^\circ \sim 60^\circ$,一般长数百至数千米不等,宽 0.5~15 m,是区内主要的金控矿断裂。断裂带内充填含金石英脉透镜体或发育构造岩,构造岩主要为糜棱岩、千糜岩和构造片岩、断层角砾岩。糜棱岩挤压片理、透镜体发育,普遍有较强的蚀变与矿化。各断裂破碎带在走向和倾向上均呈舒缓波状,并常有分枝复合现象,从地表到深部有缓→陡→缓的变化趋势。近 EW 向断裂组在平面上具近平行等距(40~200 m)、密集分布的特点,在剖面上从北向南彼此呈叠瓦状排列。

另有 NW 向张扭性断裂 2 条(517、560 号脉),走向 $290^\circ \sim 350^\circ$,倾向 NE,倾角 $25^\circ \sim 78^\circ$,长 320 m,沿辉绿岩边部形成糜棱岩,宽度一般小于 1 m,部分地段有石英脉充填,常切穿近 EW 向断裂,东盘向南移,错距一般为 0.5~2 m。该断裂实际上是成矿期前断裂在成矿期继承性活动的产物。

断裂带内含石英脉的分布与产状明显受主断裂面波状起伏的影响。主断裂面产状稳定,石英脉充填就较连续;反之石英脉则变化大。矿脉宽度从几厘米到1~2 m不等,沿走向常出现波状起伏、膨大缩小、尖灭再现或尖灭侧现等现象(图7、8),在断裂破碎带中呈脉状、扁豆状、透镜体状等断续分布。断裂面上常有斜冲擦痕,据此判断,上盘向北东斜冲。石英脉具有多阶段发育特征,局部可见呈交叉复合的网状,通常可见两期石英脉。

成矿期断裂具有多次脉动性活动特点,其直接控制了多阶段石英脉的充填和矿化的发生与叠加。根据其活动性质的强弱,以及对应形成的矿脉矿物组合特点和相互穿插关系,成矿期断裂脉动性活动可以分为四次脉动活动,对应于四个成矿阶段(白万成等,1995b;徐叶兵和范永香,2003;冯建之,2009)。

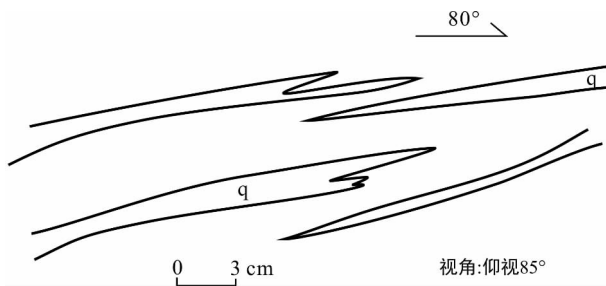


图7 1873中段含金石英脉尖灭侧现

Fig. 7 Sketch of gold-bearing quartz vein's thinning out and reappearance at the 1873 level adit

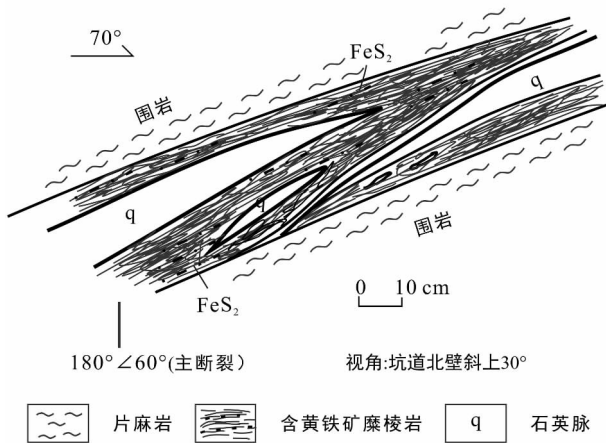


图8 1940中段507脉尖灭侧现

Fig. 8 Sketch of gold-bearing quartz vein's thinning out and reappearance at the 1940 level adit

I、黄铁矿-石英阶段:此阶段形成了金、铅矿脉的主体,发育的直接标志是形成了致密块状乳白色的石英脉,矿脉中零星分布有黄铁矿等。该阶段矿区内 NWW 向南倾容矿断裂活动以逆冲为主,在主矿脉一侧常见发育“入”字型白色石英小支脉,一般很快就尖灭,指示断裂上盘具有逆冲左行的构造特点。控制此阶段的构造脉动强度大,波及范围广,以后各阶段的矿化作用叠加其上。

II、石英-黄铁矿阶段:叠加在 I 阶段矿化之上,以继承性活动为主,形成大量黄铁矿及少量的石英,以微细条带状黄铁矿的出现为主要特征(图9),黄铁矿细脉多分布在第 I 阶段黄铁矿-石英脉破碎裂隙及与围岩接触带的两侧,为金的主要形成阶段之一。EW 走向南倾断裂的构造活动仍以剖面上逆冲为主,平面上有较小的左行剪切,构造活动性质为压扭性(图10)。

III、多金属硫化物阶段:以发育多金属硫化物矿化为特征,形成的多金属硫化物以脉状、不规则状、网脉状分布于石英脉的顶底板处,或与 II 阶段的金属硫化物叠加形成富的金铅矿体。从矿化范围和矿化特征看,此阶段断裂活动以右行张扭为主(图9)。由于持续的构造活动使早期的矿化体破碎,此阶段矿化热液沿裂隙贯入,造成矿化叠加,方铅矿、黄铜矿、闪锌矿和黄铁矿团块主要出现在易发生脆性破裂的石英脉中。

IV、碳酸盐-石英阶段:该阶段仅局部发育,主

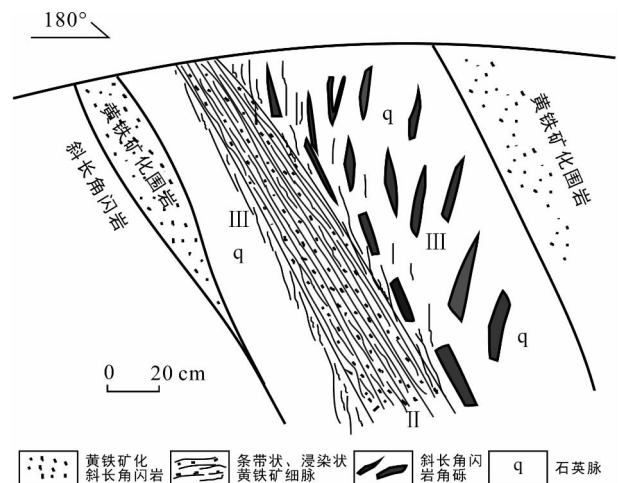


图9 1940中段507脉II、III矿化阶段构造特征

(II阶段挤压应力下的微细条带状黄铁矿脉被III阶段张性正断层裂解成散开放射状的角砾,亦有围岩角砾)

Fig. 9 Structural features of the II and III stages of vein No. 507 at 1940 level adit

要标志是含碳酸盐细脉, 偶见少量的方铅矿以浸染状、星点状分布于石英及围岩中, 分布范围较小, 可见石英晶簇或晶洞发育。此阶段断裂活动仍以张裂为主, 构造活动弱。

2.2.3 成矿后断裂

成矿后断裂区内不发育, 仅见前两期断裂的继承性活动, 使矿脉产生破碎, 常见主断裂面被后期次级的小断裂切割错断 (图 11), 并可导致矿脉的错移, 以正断层较为多见。从图 12 可以看出, 成矿后断裂主要的走向为 NNW 向和 NNE 向, 其次为 NW 向。错距较小, 一般不超过 5 m, 对矿体没有大的破

坏作用。

3 矿化趋势与构造特征分析

武警黄金第九支队 1993 年 6 月提交的《河南省灵宝县豫灵镇东闯金铅矿区 (二期) 勘探地质报告》对 507 号脉、505 号脉的工业矿体做了矿体厚度与品位变化的分析, 但仅仅采用人工绘制了 9 号勘探线以东至 20 号勘探线之间的原始等值线图, 缺少 9 号勘探线以西部分, 局部存在等值线刻度分级线不全、连线交错或不齐之现象, 且只简单揭示了矿体特征, 没有进行相应的趋势面分析, 对进一步分析断裂控矿规律尚存在缺陷。

本次研究针对矿区内最大的矿脉 507 号脉所发育的矿体的厚度、Au、Pb 品位全面收集相关数据, 利用计算机软件 surfer 自动绘制相应的等值线图、三次趋势图和剩余值等值线图来综合分析断裂构造对矿体分布的控制规律。

507 号脉是东闯矿区最大最长最主要的矿脉, 采探矿工程较多。以往浅部工程主要有探槽、平硐等, 工程较密集, 采样点多; 深部以钻探工程为主, 工程及采样密度相对而言较稀疏。勘探结果表明 507 号脉总体上矿体连续, 厚度大, 金、铅品位高。自西向东, 矿化由弱到强, 厚度由薄变厚, 矿体呈扇形展开。

本次研究全面收集了 507 号脉从最西端 19 号勘探线至最东端 20 号勘探线之间各类工程采样结果数据共约 136 件。认真收集或测量了各个采样点的空间位置, 确定了其坐标 (X. 大地坐标, Y. 高程)、厚度、Au 品位、Pb 品位, 样品数量较充分, 分布较均匀 (浅部由于探槽及老硐较多, 采样点略密集; 深部以钻探资料为主, 采样点较稀疏, 但比较均匀), 可以满足进一步分析的要求。

整理好上述原始数据, 运用 surfer 软件自动化生成相应的等值线图: 首先利用数据生成矿体厚度、

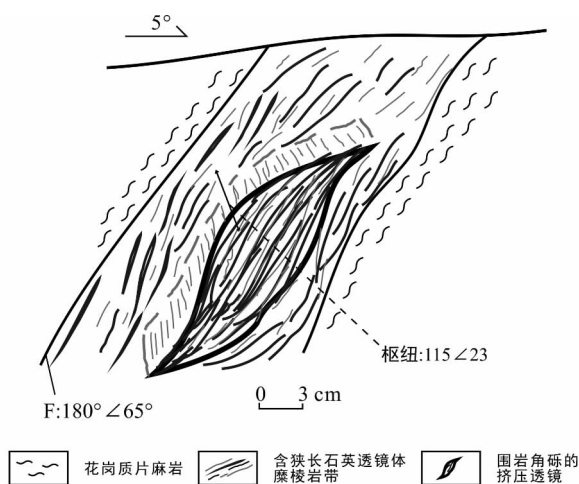


图 10 01873 中段断裂带中角砾岩被挤压成透镜体状 (枢纽倾伏产状指示断裂具有向 NNE 斜上逆冲、平面左行的构造特点)

Fig. 10 Lenticular fault breccia extruded in the fault belt at the 1873 level adit

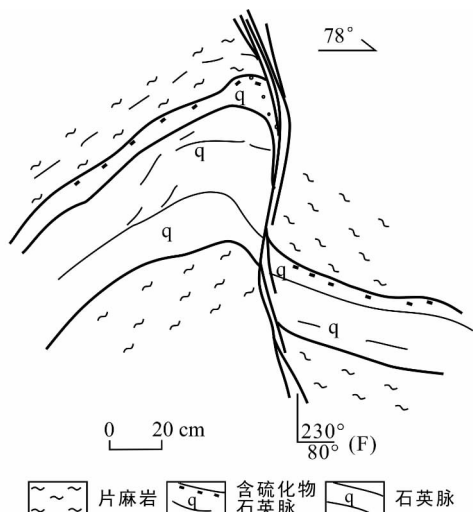


图 11 成矿后正断层对石英脉体的错断

Fig. 11 Quartz vein offset by the post ore normal fault

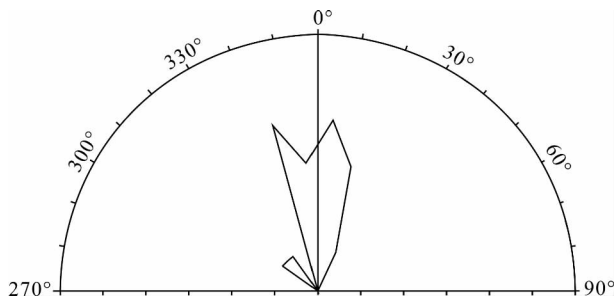


图 12 成矿后断裂走向玫瑰花图

Fig. 12 Rose diagram for the strikes of the post ore faults

Au 品位、Pb 品位的等值线图;然后对数据进行多元回归处理,获得各自三次趋势值与剩余值,再据此制作三次趋势图和剩余值等值线图,最终成图如图 13。制图时,横坐标 X 采用真实大地坐标(为便于成图,统一省去前面的 374),纵坐标 Y 为实际高程,厚度单位为 m ,Au 品位单位为 g/t ,Pb 品位单位为 $\%$ 。

从 507 号脉矿体厚度、Au、Pb 品位等值线图、三次趋势图和剩余值等值线图(图 13)上可以看出:

(1)在厚度与 Au、Pb 品位原始等值线图上,三者总体分布形态大体相似,浓集中心大体位置一致,相互之间具有较强的正相关性。总体看来,矿区东部矿化强于西部,即在地理横坐标 37449600(大致相当于 9 号勘探线)以东矿化显著,以西矿化稍弱。在三次趋势剩余值等值线图上同样具有此规律,反映的是东闯矿区构造以及矿脉发育的走向在此位置发生了改变,即 37449600 往东构造(断裂和褶皱轴)与矿脉走向均呈近 EW 向,而 37449600 往西构造褶皱轴(向斜)走向转向 NW($335^\circ \pm$) - SE($155^\circ \pm$) 向,断裂与矿脉走向则变为 NE($55^\circ \pm$) - SW($235^\circ \pm$) 向,夹角约 80° 。可能指示了当作为构造背景的褶皱轴的走向与控矿断裂走向一致的时候,后形成的控矿断裂对褶皱的破坏(尤其是对轴部的横向破坏)影响较小,有利于成矿物质和热液流体被限制于褶皱构造之中,从而矿化较强烈;当褶皱轴的

走向与控矿断裂走向不一致,甚至呈较大角度相交的时候,断裂构造对褶皱轴部造成横向的破坏,使得成矿物质与热液容易分散,从而导致此种部位矿化较弱,矿体厚度及品位相对较低。因此 Au、Pb 这种矿化富集特征反映了褶皱与断裂对矿化的共同控制。

(2)在三次趋势图上,Au、Pb 品位均呈现近 EW 向拉长的扁平环状,矿体厚度东部也具有近 EW 向的线性展布,西部(地理坐标约 37449600 以西)呈现环形。反映了区域构造总体呈 EW 向展布,西部局部发生了一定偏转;同时表明矿体具有向 SW 缓侧伏的特点,侧伏角大约 20° ;指示成矿流体具有从 SW 向 NE 沿断裂向上运移的特征。

(3)在等值线图及三次趋势剩余值等值线图上:

①厚度等厚线以及剩余值等值线图上,显示出—条较明显的向东侧伏的线性或带状结构。

②Au 品位等值线图上显示两组交叉的线性或带状构造,其中一组向东侧伏约 20° ,与厚度等厚线及其三次趋势剩余值等值线图上的基本一致;另一组向西倾伏约 30° ,与前一组呈约 55° 相交,二者交汇的位置是矿化最富集的部位。

③Pb 品位等值线图上同样显示两组交叉的线性或带状构造,总体与 Au 品位相似但并不重合,Pb 的浓集中心明显比 Au 的浓集中心略高一点。

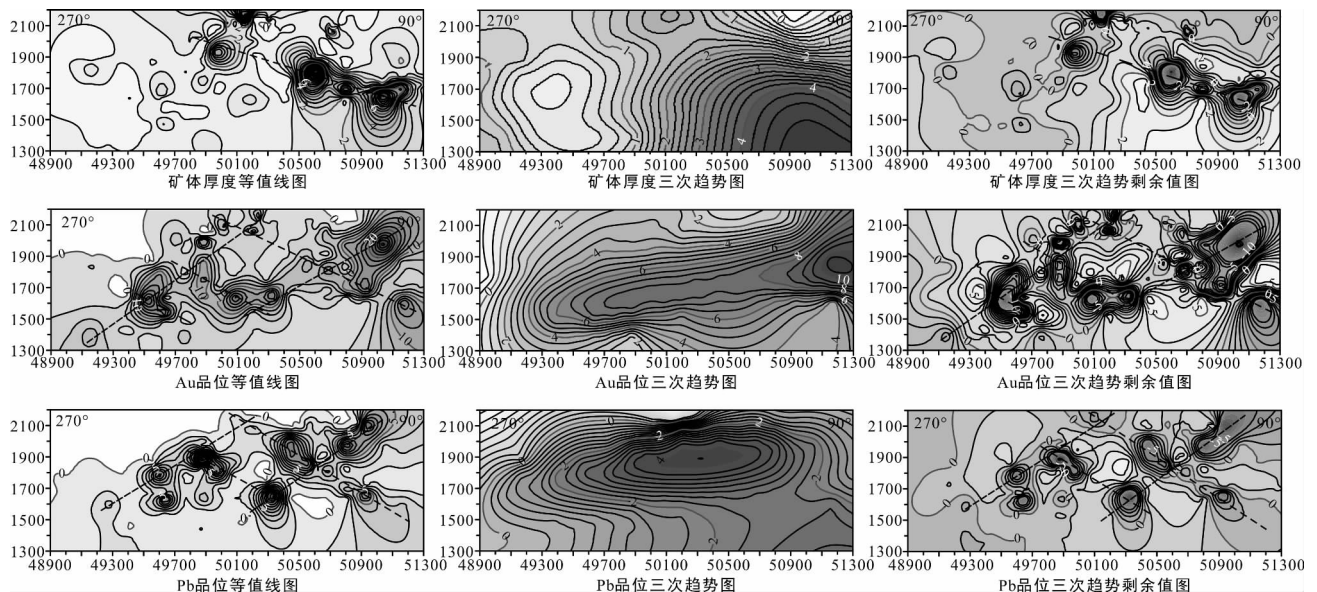


图 13 东闯金矿 507 号脉矿体厚度、Au、Pb 品位等值线图、三次趋势图及剩余等值线图

Fig. 13 Diagrams of contour, cubic estimate and residual value of thickness, Au grade and Pb grade for the vein No. 507 in the Dongchuang gold deposit

④这种厚度、Au 品位、Pb 品位之间变化趋势的相似与差异,恰好反映了东闯金矿的断裂构造的控矿规律。即:Ⅱ阶段矿化时断裂活动造就了第一个主要的矿化富集阶段,奠定了矿体的总体产状和厚度;而Ⅲ阶段矿化是在前者基础上叠加富集的,故此阶段对矿(脉)体的厚度影响较小,主要是 Au 品位进一步富集,以及 Pb 矿化的加入。因此 Au 品位与厚度的相似性在于二者都受到Ⅱ阶段断裂活动的控制,差异在于Ⅲ阶段构造使得 Au 进一步富集,而对厚度影响有限;Au 与 Pb 的相似性在于二者都在Ⅲ阶段富集,差异性在于 Au 还有Ⅱ阶段矿化的基础;Pb 品位与厚度的相似性在于 Pb 矿化是在矿(脉)体厚度大体既定的基础上发育的,受其限制;差异性在于造就 Pb 矿化的Ⅲ阶段断裂活动对矿体厚度的影响不大。

⑤图中所表现的线性构造一组与趋势图上反映的矿体侧伏角大体一致,应是成矿流体由 SW 深部向 NE 浅部运移成矿的反映;而另一组与前者呈大约 $55^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 夹角,反映了断裂面的连续波状起伏产状对矿化富集的控制,在产状陡缓变化部位有利于成矿;交汇中心正是矿化最富集位置。

(4)图 13 中显示 Au、Pb 浓集中心呈交叉网状分布,大致具有水平间距 600 m、垂向间距约 300 m 的分布规律,往深部还有较明显的延伸趋势,指示东闯金矿深部还有较好的找矿前景。从图上可看出在高程 1900 m、1600 m 左右具有较明显的两个富集带,往下推测在 1300 m 左右应有另一个富集带,目前矿山已经探矿至 1329 中段,较为合理,已有矿化揭示;根据本次分析的 Au、Pb 浓集规律往下延伸,应注意该中段在水平地理坐标为 50400、51000、51600(前面省略 374)左右地段应存在新的 Au、Pb 富集中心,可参考此规律进行探矿工程的布置。除了 507 脉,文峪-东闯金矿其它矿脉如 505 脉深部同样存在新的矿化富集带(谢荣举和卢作祥,1987;谭铁龙和李怀谦,1990;谭铁龙等,1995;王可勇等,1997,1999;张二法,2002;颜正信等,2007)。

4 构造-岩浆活动与成矿演化探讨

小秦岭地区经历了多期次的构造运动,形成了较复杂的构造格局,并伴随着相应的岩浆活动。矿田构造的基本格架是在区域复式褶皱的背景上,发育了韧性剪切带和多期的断裂构造。其演化受秦岭

造山运动的扬子板块与华北板块碰撞汇聚作用控制。东西向构造是基础,由太古宇太华群组成的复背斜呈东西向展布。印支期华北与扬子两大板块发生碰撞造山作用对前期东西向构造进行改造,大规模的岩浆、流体活动及变质变形作用十分发育,对印支末期金、钼矿床形成起到重要的控制作用。燕山期以来,太平洋板块和印度板块的推挤作用对秦岭-大别造山带构造-岩浆-成矿作用产生重要影响,成岩成矿主要形成于强烈的伸展构造背景下(姚书振等,2012),控制了燕山期金钼多金属矿床(点)呈 NE 方向与 NWW 方向的带状分布,在两组构造方向的交汇处,是矿床(点)成群产出的有利地段,如小秦岭金矿田、金堆城钼矿田等。另外,吕古贤等(2007)研究胶东金矿集中区时将其构造背景归结于纬向构造体系与新华夏构造体系的复合,其最明显的构造是 NNE 剪切带对于比较古老的 EW 向复杂纬向构造体系的改造,从而造就了胶东地区有利的金矿构造背景。这种构造特征也可以类比到小秦岭地区,纬向构造体系与新华夏构造体系的复合关系也造就了小秦岭地区“斜方网格”状的成矿构造背景(徐克勇,1987;晁援和朱文怀,1994)。

东闯金矿是区内最典型的石英脉型金矿之一,依据小秦岭地区以及本矿床的地质、矿床、构造与矿化的分析,大致可以建立起东闯金矿床形成的地质构造-岩浆活动与成岩-成矿作用的时空演化关系。

印支期:早期受秦岭造山带形成的南北向挤压构造应力场的作用(徐叶兵和范永香,2003),区内主要发育 EW 向褶皱与韧性剪切带,老鸦岔脑-娘娘山主背斜以及次级的西峪脑-仓珠峪向斜形成;晚期秦岭造山在区内表现为伸展机制,主要形成 EW、NNW、NE、NW 向脆性断裂,同时有花岗岩墙、辉绿(玢)岩脉沿着这些断裂发育,活动范围广泛,奠定了区域上矿田构造的基本格局。

燕山期是主成矿期,主要包括成矿前和成矿期的构造与成矿。

成矿前:主要是印支期晚期构造继承性活动,表现为 EW 向断裂的进一步活动,具有张剪性左行应力场活动特征。此时有较大规模花岗岩体(如华山岩体、娘娘山岩体、文峪岩体等)的侵入,岩浆活动(东闯金矿可能为深部隐伏岩体)提供了成矿的主要热动力源、成矿流体以及部分成矿物质(范寿龙等,2012)。

成矿期:构造的多次脉动活动,控制了成矿的演

化、各阶段矿化的分布与叠加。Ⅰ阶段主要形成EW走向南倾断裂、次为EW走向北倾断裂以及NNE、NNW向断裂,剖面变形以EW左行扭动逆冲为主,形成石英脉-黄铁矿大脉,分布广,矿化弱。Ⅱ阶段主要为EW、NNE向断裂继续活动,剖面上多具有左行逆冲特征,形成黄铁矿细脉,矿化强。Ⅲ阶段主要为EW、NNE向断裂的脆性破裂,表现为EW向右行张扭,表明构造环境处于伸展作用环境,发育较强的多金属硫化物矿化。Ⅳ阶段构造活动弱,主要表现为张性或张剪性,矿化弱。

成矿后:主要是NEE向断裂活动,剖面上具有近EW向左行斜落、近SN向右行扭动的特征,可切错矿体,对矿体影响不大。

5 结 论

东闯金矿床是典型的石英脉型金矿,矿脉(体)的形成、发育严格受到构造尤其是断裂构造活动的影响与控制。

(1)东闯金矿乃至小秦岭地区绝大部分金矿的发育均受到秦岭造山运动的直接影响,金矿主要形成于造山后期区域伸展构造体制下。早期褶皱以及韧性剪切带的发育为后期断裂活动及金矿产出奠定了构造基础,成矿期金矿的形成严格受到断裂活动的控制。

(2)断裂构造可以划分出成矿前断裂、成矿期断裂和成矿后断裂。成矿前断裂活动主要划分为韧性剪切带和脆性断裂,前者是容矿断裂的形成基础,后者大多为辉绿(玢)岩脉充填。成矿后断裂区内不发育,对矿体无大的破坏作用。

(3)成矿期断裂构造以近EW向断裂为主,在走向和倾向上均呈舒缓波状,并常有分枝复合现象。成矿期断裂具有多次脉动性活动特点,可以分为四个期次,依次对应了四个成矿阶段,从早到晚由逆冲左行-逆冲为主(有较小的左行剪切)-右行张扭-张裂为主。

(4)矿脉严格受EW向断裂控制,EW走向南倾断裂成矿期具有左行逆冲性质,由于左行使断裂走向由SEE转为近EW向处局部引张,是控制工业矿体赋存的有利部位,即在主断裂面走向为NEE向或倾向上由缓变陡和由陡变缓的引张扩容部位,矿化变富变厚。

(5)在507号脉矿体厚度及品位等值线图及三次趋势剩余值等值线图上具有明显的矿化浓集中心

和线状分布特征,线性交汇位置是矿化最富集之中心,是Ⅱ、Ⅲ阶段构造作用与矿化富集叠加的反映;也反映了矿脉向西侧伏、控矿断裂宽窄相间、波状起伏的特征,在断裂面由陡变缓的引张扩容部位有利于矿化。这种特征对于进一步的深部找矿具有重要意义,探矿工程的布置可参考这种等距性、线性交汇构造特征来进行。

致谢: 本文选题及研究来自于全国危机矿山接替资源找矿项目“小秦岭地区金矿床成矿规律总结研究”。在野外调查、室内研究及成文过程中得到了河南地调一队、河南省灵宝市文峪金矿、东闯坑口有关同仁的大力协助,石家庄经济学院牛树银教授、武警黄金地质研究所卿敏高级工程师认真审阅了本文,并提出了中肯的修改意见,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- 白万成,卿敏,王春宏,任林子. 1995a. 小秦岭金矿田韧性剪切带特征及与金矿成矿的关系. 黄金地质,1(1):27-33.
- 白万成,卿敏,王春宏,任林子. 1995b. 河南小秦岭金矿田控矿断裂带演化及控矿作用. 黄金地质,1(4):2-8.
- 晁援,朱文怀. 1994. 对小秦岭金矿田含脉断裂构造带的几何形态及控矿规律的认识. 陕西地质,12(2):1-13.
- 范寿龙,何谋春,姚书振,丁振举. 2012. 豫西东闯金矿床流体包裹体及稳定同位素研究. 矿床地质,31(1):27-40.
- 范永香. 1992. 论金矿床形成演化特点及预测意义. 地质科技情报,11(3):67-71.
- 冯建之. 2009. 河南小秦岭金矿构造控矿规律及控矿模式. 矿产与地质,23(4):302-307.
- 胡正国,钱壮志,闫广民. 1994. 小秦岭拆离-变质杂岩核构造与金矿. 西安:陕西科学技术出版社:102-182.
- 卢欣祥. 1998. 秦岭花岗岩揭示的秦岭构造演化过程——秦岭花岗岩研究进展. 地球科学进展,13(2):213-214.
- 吕古贤,郭涛,舒斌,申玉科,刘杜鹃,周国发,丁岳祥,武际春,赵可广,孙之夫,郑小礼,哈本海. 2007. 胶东金矿集中区构造体系多层次控矿规律研究. 大地构造与成矿学,31(2):193-204.
- 谭铁龙,李怀谦. 1990. 石英脉型金矿床主干矿脉深部预测的理论和方法初探——以河南文峪金矿深部预测为例. 黄金,11(12):1-7.
- 谭铁龙,盛吉虎,贾建业,丁振举. 1995. 文峪金矿元素地球化学统计分析及其深部预测研究. 华东地质学院学报,18(4):353-360.
- 王可勇,范永香,高秋斌. 1997. 文峪金矿床505脉矿化特征

- 及构造控矿规律. 贵金属地质, 6(4):270-277.
- 王可勇, 向树元, 高秋斌. 1999. 文峪金矿床 530 脉断裂控矿特征研究及意义. 黄金, 20(5):1-4.
- 王力群, 肖文进. 2000. 小秦岭变质核杂岩构造基本特征及其构造控矿模式分析. 西北地质科学, 21(1):77-84.
- 王义天, 毛景文. 2002. 碰撞造山作用期后伸展体制下的成矿作用——以小秦岭金矿集中区为例. 地质通报, 21(8-9):562-566.
- 谢荣举, 卢作祥. 1987. 河南灵宝文峪金矿矿床地质特征及 505 号脉矿化富集规律探讨. 地球科学——中国地质大学学报, 12(5):476.
- 徐克勇. 1987. 小秦岭金矿田控脉(矿)构造特征. 陕西地质, 5(2):22-26.
- 徐莉, 刘长命, 盛吉虎, 尉向东. 1994. 河南小秦岭金矿控矿条件分析及找矿前景. 河南地质, 12(1):12-16.
- 徐叶兵, 范永香. 2003. 河南省文峪金矿床构造控矿规律研究. 地质与勘探, 39(5):30-34.
- 颜正信, 孙卫志, 薛成. 2007. 小秦岭金矿田中深部构造控矿规律及盲矿预测——以文峪矿区 S505 矿脉为例. 黄金, 28(12):17-21.
- 姚书振, 周宗桂, 丁振举, 宫勇军, 吕新彪, 何谋春, 陈守余, 王苹. 2012. 秦岭及其邻区成矿条件及选区研究(研究报告).
- 张二法. 2002. 小秦岭东闯金矿 Au/Ag 值特征及深部找矿预测. 黄金地质, 8(3):43-46.
- 张国伟, 孟庆任, 于在平, 孙勇, 周鼎武, 郭安林. 1996. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学(D 辑), 26(3):193-200.
- 张进江, 郑亚东, 刘树文. 2003. 小秦岭金矿田中生代构造演化与矿床形成. 地质科学, 38(1):74-84.
- 张启, 马玉梅, 韩俊民, 陈少逊. 2010. 小秦岭地区金矿成矿机理分析. 陕西地质, 28(2):28-33.

Structural Controls on Gold Mineralization and its Implications in Ore Prospecting for the Dongchuang Gold Deposit in the Xiaoqinling District

TAN Mantang, YAO Shuzhen, HE Mouchun and DING Zhenju

(Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: The Xiaoqinling metallogenic belt is a very famous ore concentration area for noble metals in China. The Dongchuang gold deposit is a typical large-sized quartz vein type gold deposit in the Xiaoqinling area which was one important part of the Qinling collisional orogenic belt. It formed mainly in the Yanshannian and its mineralization and evolution was controlled by the mechanisms of the Qinling orogenic movement, especially by faulting. Based on the studies of the geology, structural characteristics, metallogenic periods or stages and mineralization tendency of vein No. 507 of the Dongchuang gold deposit, the authors established the temporal and spatial evolutionary relationship between ore field tectonic activities and ore-forming processes, then summarized the mechanisms of structural ore-control. The results will be very useful for the deep prospecting of this crisis mine.

Keywords: Xiaoqinling; Dongchuang gold deposit; structural ore-control; mineralization tendency