

河南老湾金矿的构造控矿特征及矿床成因

林锐华¹, 王铁军¹, 史革武², 王 军²

(1. 中钢集团天津地质研究院, 天津 300181; 2. 桐柏兴源矿业有限公司, 河南 桐柏 474700)

摘要: 通过对河南老湾金矿的构造研究, 认为老湾金矿是一个受韧性剪切带控制的韧性剪切带型金矿。分析了构造作用的期次, 及其与成矿作用的前后时间关系。流体包裹体测试结果表明老湾韧性剪切带型金矿的成矿主要发生在中温阶段(220~340 °C), 成矿深度属中浅深度。

关键词: 老湾金矿床; 构造控矿规律; 韧性剪切; 流体包裹体; 河南省

中图分类号: P613; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1412(2010)04-0342-05

0 引言

老湾金矿位于河南省桐柏县城西北约20 km处, 处于桐柏大别山有色金属成矿带中, 矿区周围有上上河、彭家老庄、下黄竹园、歇马岭、凉亭、北杨庄等金矿。老湾金矿所在区域构造发育, 主要有河前庄背斜、彭家寨背斜、庙对门向斜、破山断裂、大河断裂、鳌子岭断裂、松扒断裂、老湾断裂等。其中松扒断裂和老湾断裂为NW走向, 是多期(次)活动的韧性剪切带, 也是区内的主要控矿构造(图1)。

1 矿区构造特征

老湾韧性剪切带位于老湾断裂和松扒断裂之间, 呈NW向带状展布, 南北宽约1~2 km, 东西向长约23 km。

老湾断裂基本上沿韧性剪切带的南界、老湾花岗岩的北部边界展布, 长20余 km, 构造破碎带宽几米至数十米; 断裂呈舒缓波

状, 走向265~285°, S倾, 倾角45~55°, 为一压扭性逆冲脆性断裂; 断裂带及其附近有角砾岩发育, 并有多次活动特点, 经历了压-压扭-张扭-扭的活动性质转换; 该断裂构成了老湾矿区的南部边界。

松扒断裂作为韧性剪切带的北部边界, 沿走向延伸约20 km; 断裂走向275~280°, N倾, 倾角67~78°; 松扒断裂的发育时间较长, 活动频繁, 早期以韧性走滑为主, 后呈压扭及张扭性, 晚期又叠加了脆

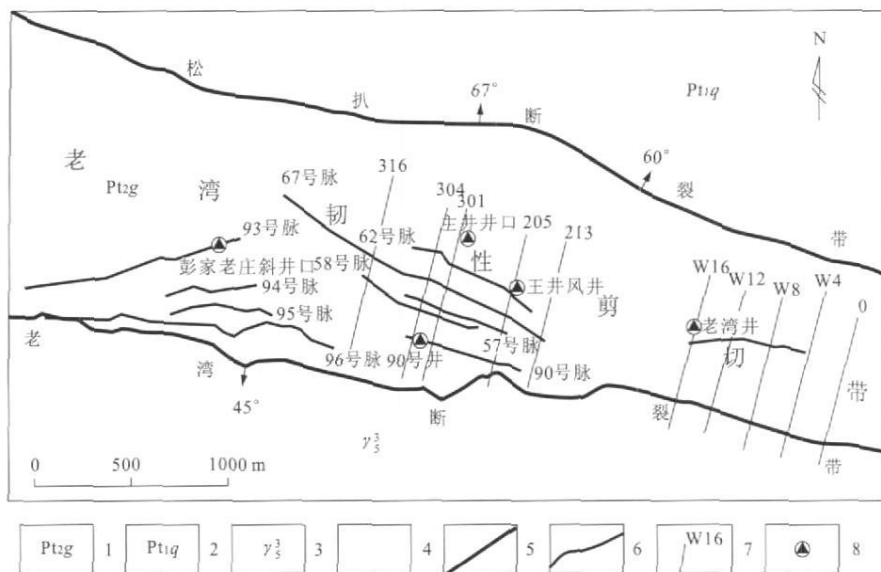


图1 老湾金矿带地质简图

Fig. 1 Geological sketch of Laowan gold belt

1. 中元古界龟山岩组
2. 古元古界秦岭群
3. 燕山晚期中相粒似斑状花岗岩
4. 老湾韧性剪切带
5. 断裂
6. 金矿脉
7. 勘探线及编号
8. 坑口

收稿日期: 2010-07-28

作者简介: 林锐华(1982), 男, 福建福安人, 工程师, 学士, 2004年毕业于石家庄经济学院资源勘查工程专业, 从事金属矿床地质勘查与研究。通信地址: 天津市河东区友爱东道平房4号; 邮政编码: 300181; E-mail:

性破碎断裂。

1.1 韧性剪切带变形特征

老湾韧性剪切带特殊的构造背景, 形成了复杂的变形特征。根据变形变质特征, 可将老湾韧性剪切带自北向南划分为 4 个强弱应变带。老湾韧性带内变形的岩石以局部应变集中与弱应变域相间格局和应变转换为特征。带内常见由糜棱岩和千糜岩构成的强应变带, 以及由糜棱岩化岩石、构造透镜体和弱片理化带构成的弱应变域。空间上, 强应变带和弱应变域相间分布、交替出现, 构成强应变带分隔弱应变域的平面条带状结构。这一变形特点主要是由于岩性差异而造成的, 并且岩性差异越大, 这种特点越显著; 从而导致老湾韧性剪切带在走向上呈现分带性的特征, 组成强应变带夹弱应变域的构造变形图像。

老湾韧性剪切带变形岩石的原岩主要是中元古界龟山岩组, 岩性为二云石英片岩、绢云石英岩、斜长角闪片岩等。带内变形以局部应变集中与弱应变域相间交织格局和应变转换为特征, 变形组构多样, 不同尺度变形标志较明显。根据韧性变形程度的强弱, 老湾韧性剪切带内的岩石现已分别变为二云母石英糜棱岩、绢云石英糜棱岩、糜棱岩化斜长角闪岩。从岩石特征上看, 二云石英片岩与绢云石英岩之间具渐变过渡关系, 随着韧性变形程度增强, 云母的矿物粒度也变细。

1.2 韧性剪切带构造要素特征

韧性剪切带内的构造要素主要有: 糜棱面理、S-C 面理(图 2)、拉伸线理、分异条带、旋转碎斑系、脉体剪切变形和形态多变的紧闭同斜褶皱等变形形迹。

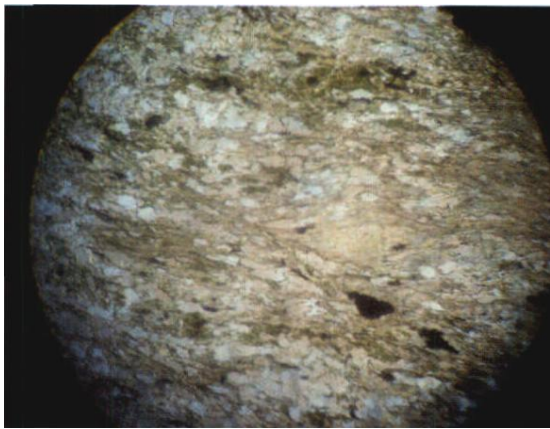


图 2 糜棱岩化云母片岩中发育的 S-C 组构

Fig. 2 S-C fabric in mylonitized mica schist

正交偏光, 100

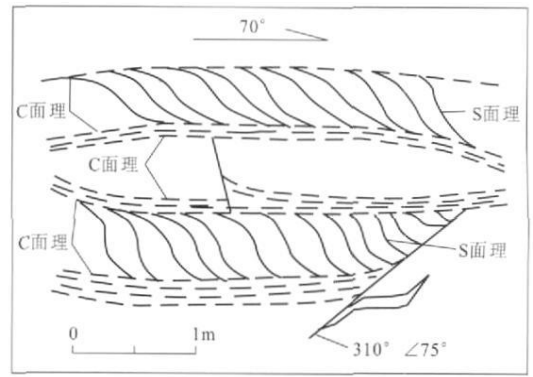


图 3 斜长角闪岩内发育的 S-C 组构

Fig. 3 S-C fabric in amphibolite

S-C 面理是韧性剪切带的标志性组构之一, S 面理是统计性的贯穿面理, 受应变椭球体主轴的控制, 在变形岩石表现为重结晶颗粒的定向排列, C 面理为非连续性剪切应变面理, 由一系列平行于剪切带边界的剪切应变带间隔排列而成, 表现为层状矿物的定向排列。通常 S 面理和 C 面理之间存在一定的夹角, 随着应变的增大二者逐渐趋于平行。典型的 S-C 组构发育在剪切带中的强应变带内, S 面理产状在剪切带内不断变化, 总体呈 S 或反 S 形。C 面理平行于剪切带的边界, 代表韧性剪切带的主剪切面(图 3)。C 面理将剪切带分割成许多小的剪切带。带内矿物的拉长现象比较普遍, 其中长石呈眼球状或长透镜状, 龟山岩组中的石英被强烈拉长呈拔丝构造, 云母、绿泥石等矿物受到剪切作用发生定向排列, 构成明显的矿物拉伸线理; 在韧性剪切带强应变带中可以见到早期长英质脉体经强烈的塑性变形而呈肠状和不规则状; 还见有一些早期的脉体、地层中的强干层、变质岩中的分异层等被压扁拉长, 甚至拉断呈石香肠状构造, 反映了塑性变形的成因特征。碎斑系在该剪切带内也较常见, 主要发育在斜长角闪岩中, 主要由长英质矿物构成斑晶, 常见粗大的钾长石斑晶。

在走滑剪切阶段也常常有 Z 型剪切褶皱出现, 一般形成于剪切带内的强应变带内。另外剪切带强应变带内岩石中发育有紧闭同斜的片内褶皱。野外调查表明, 这些片内褶皱应是走滑剪切带变形之前的产物, 现今的产状是受走滑剪切变形改造的结果。说明在走滑剪切带变形之前区内曾遭受过近 SN 向挤压应力的作用, 发生褶皱和逆冲推覆剪切。

此外, 糜棱面理、拉伸线理、分异条带、旋转碎斑系、脉体剪切变形和形态多变的紧闭同斜褶皱等变

形痕迹在矿区内也多有见及。

1.3 构造期次的划分

通过野外地质观测和室内综合分析, 根据各类变形组构的穿插、交切、叠加复合关系以及运动学和动力学特征, 可对韧性剪切带的活动划分为3期:

1.3.1 早期韧性变形

该期变形与区域性挤压剪切有关, 出现的构造类型为以透入性轴面劈理为主的面理、线理、紧闭同斜褶皱。拉伸线理近直立、呈EW向延伸的褶皱枢纽都是在近SN向的挤压力系作用下的构造形迹。由于后期构造的叠加改造, 这类褶皱均不完整, 部分地段较难识别和恢复。强变形带内常发育糜棱岩, 形成了类似于韧性剪切带内的强变形组构。此外, 形成于不均匀挤压与剪切共同作用的动力学环境中的不对称或不协调褶皱在韧性剪切带内也可见到, 同时宽缓的糜棱面理褶皱也有发现, 其轴线方向与主体构造线一致, 显示有多期叠加现象。

1.3.2 中期走滑脆-韧性剪切变形

由于SN向的俯冲碰撞之后动力学环境转变为区域性的走滑剪切, 中期变形以发育NW向脆-韧性剪切带为特征。变形广泛, 全区均可见到。所见构造类型有劈理、线理、节理、裂隙、S-C面理、碎斑系等。

典型的S-C组构发育在剪切带中的强应变部位, 是在简单剪切作用下, 矿物发生旋转、重新定向排列、新生矿物定向或重结晶矿物定向生长作用等形成。S面理产状在剪切带内不断变化, 总体呈S或反S形。C面理平行于剪切带的边界, 一般可以代表韧性剪切带的主剪切面。由于沿C面理发生过剪切滑动, 所以表现为分划性的不连续面, 其上常有与剪切方向一致的滑动线理。在剪切带内, C面理将剪切带分割成许多小的剪切带。

碎斑系的变形特征在一定程度上也反映了不同变形带应力环境的差异。韧性剪切带强应变部位内, 变形碎斑细小、密集, 旋度大, 具强烈挤压研磨的特征。多由硬度大的粗粒状矿物发生旋转拖曳而形成型碎斑。在龟山组地层的斜长角闪岩中的变形碎斑粗大、疏散, 旋度小, 一般这也常发生于强弱相间的岩性段内, 受岩性制约明显, 是在强烈剪切力偶作用下的构造变形。

早期和中期变形是韧性剪切带的主体。随着构造层次由中深部向中部、中浅部逐渐转化, 构造变形也发生韧性脆-韧性韧-脆性剪切的连续演化, 构成本区韧性剪切带变形系统的形变组合。该

期变形与板块俯冲碰撞之后的区域性走滑作用有关, 因而具有一定的区域构造意义。

1.3.3 晚期脆性叠加变形

燕山晚期, 在SN向挤压及推覆作用下, 南北边界产生拉伸及张性扭裂面, 花岗岩、花岗斑岩相继侵位。燕山末期以张扭、压扭作用为主, 在张扭作用下, 老湾断裂形成, 成矿热液沿断裂上侵, 形成角砾岩。成矿以后以压扭性为主的脆性构造使矿石产生碎裂或形成脆性构造面。

2 韧性剪切带对金矿体的控制作用

对金矿(化)体及其与剪切组构关系的观察发现, 金矿化主要发生在走滑脆-韧性剪切变形之后阶段或稍晚, 金矿化的产出部位往往是在脆-韧性变形转换过程中形成的各类张性、张剪性裂隙或强弱变形过渡地带的扩容空间, 所以老湾金矿的成矿主要受脆-韧性构造变形的控制。

(1) 脆-韧性变形转换在宏观上是以强应变集中带和弱应变域相间交织格局为特征。这种构造变形格局明显控制着金矿床(体)的分布, 由于岩性和变形程度的差异性, 韧性剪切带内部横向上表现为强应变带与弱应变域的组合特点, 可分出强应变带、弱应变域及其过渡带, 而强应变带和弱应变域的过渡带是金成矿的最有利空间。所以矿化蚀变带和矿脉多呈条带状、似层状和透镜状沿脆-韧性转换域(带)展布, 例如67号脉就是沿脆-韧性转换域形成的一个大的矿化蚀变带, 形成了多群组的次级破裂或构造透镜体, 成矿流体多沿着这些破裂或构造透镜体的包络线贯入, 形成很多矿化透镜体。

(2) 脆-韧性变形转换在微观上则以脆性位错、破碎和塑性滑移的共存为特征。表现为形变相应于压性与张性响应之间反复。张性动力响应的扩容作用抽吸流体和矿质进入变形体系, 而压性响应的紧缩作用又挤压流体和矿质迁出变形体系, 张、压动力响应构成了一个有机统一的动力作用过程。这种心脏脉动式抽吸-挤出机制在脆-韧性变形转换过程的微观领域内普遍存在, 是动力成矿的一种重要机制, 该机制正是流体运动、迁移, 矿质沉淀乃至富集的原因, 它加速了流体在岩石、矿物体系内的循环, 促进了水岩反应和物质及能量的交换。

矿区金矿化与变形强度具有非线性关系。脆-韧性变形转换强烈部位有利于成矿, 且在显微裂隙

发育部位最易形成富金矿。另一方面金的矿化晚于韧性变形, 金矿化主要发生于走滑脆- 韧性变形之后(图 4)。

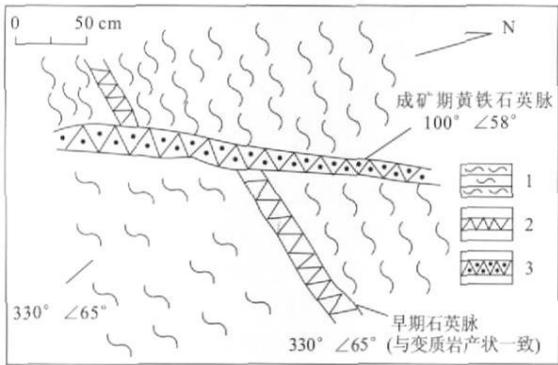


图 4 韧性剪切期石英脉与成矿期黄铁石英脉切割关系

Fig. 4 Quartz vein formed in ductile shear stage cuts
pyrite-quartz vein formed in ore stage
主井 30 m 中段穿脉 30m 处, 平面图

1. 变质二云片岩 2. 石英脉 3. 黄铁石英脉(成矿期)

当流体进入老湾韧性剪切带上部的脆- 韧性变形转换部位, 常常会出现因减压而发生的流体沸腾, 或与地壳浅部的不同化学性质(以大气水为主)的流体混合, 引起含矿流体温度、压力、pH 和 Eh 的突变, 使成矿元素化学位能降低、金络合物稳定性下

降而引发沉淀成矿。因此脆- 韧性变形转换部位是剪切带型金矿成矿的最佳构造部位。

3 矿床成因分析

3.1 成矿流体物质成分

据河南省桐柏县上上河矿区金矿资源储量核查报告(2005), 老湾金矿床的矿物包裹体中气相组分主要为 N₂, CO, CO₂ 和 H₂; 金属离子为 Na⁺, K⁺, Ca²⁺, 阴离子为 Cl⁻, SO₄²⁻。

CO₂/H₂O 比值是反映成矿深度的参数。何知礼(1981)认为该比值> 1 反映成矿环境为深成或超深成; 比值< 1 为中浅深度成矿环境。老湾金矿的 CO₂/H₂O 比值为 0.1~ 0.5, 总体反映成矿环境为中浅深度。

包体成分中 w(Cl⁻) = 15.26~ 43.4 g/L, 比 w(F⁻) 高出 1~ 2 个数量级, 矿液属 Cl⁻ - SO₄²⁻ - Na⁺ - K⁺ - Ca²⁺ 型, Au⁺ 离子可与 Cl⁻ 结合成较稳定的络阴离子, 溶液呈碱性, 对金的迁移十分有利, 由此推测 Au 在溶液中可能主要以 (AuCl₂)¹⁻ 和 (AuCl₄)³⁻ 的络合物形式进行迁移, 其次可能还有 [Au(SO₄)]¹⁻ 络合物等迁移方式。

表 1 老湾金矿包裹体特征表

Table 1 Fluid inclusion data of Laowan gold deposit

序号	样品号	采样地点	类型	种类	大小/ m	相比	均一温度/	冰点/	盐度 w(Na ₂ O) / %
1	TB004	67 号脉	原生	V-L	< 2	5~ 10	125~ 181(9)	- 4.6~ - 10.6(6)	7.31~ 14.57(6)
2	TB016	59 号永	原生	V-L	2~ 3	5~ 10	157~ 185(17)	- 0.9~ - 4.5(16)	1.57~ 7.17(16)
3	TB055	主井 0m	原生	V-L	2~ 3	5~ 40, 以 5~ 10 为主	124~ 319(12)	- 5.3~ - 6.9(10)	8.28~ 10.11(10)
		穿脉		CO ₂	2~ 3	20~ 70	278~ 365(6)	- 4.6~ - 10.6	4.8~ 5.33(5)
4	TB056	主井 0m	原生	V-L	2~ 3	5~ 60, 以 5~ 10 为主	137~ 142(18)	- 3.0~ - 7.9(15)	4.96~ 11.58(15)
5	TB063	67 号脉	原生	V-L	2~ 3	5~ 30, 以 5~ 10 为主	192~ 390(17)	- 2.7~ - 9.1(16)	4.49~ 12.96(16)
6	TB065	67 号脉	原生	V-L	< 2	5~ 10	141~ 263(17)	- 1.7~ - 3.0(5)	2.9~ 4.96(5)
7	TB079	67 号脉	原生	V-L	< 2	5~ 15, 以 5~ 10 为主	137~ 205(10)	- 1.2~ - 5.6(8)	2.07~ 8.68(8)
8	TB083	67 号脉	原生	V-L	< 2	5~ 10	219~ 383(11)	- 2.0~ - 3.8(6)	3.39~ 6.16(6)
9	TB134	67 号脉	原生	V-L	< 2		275~ 387(11)	- 1.8~ - 3.8(7)	3.06~ 6.16(7)
10	TB137	67 号脉	原生	V-L	< 2		217~ 351(14)	- 3.4~ - 4.6(12)	5.56~ 7.31(12)
11	TB138	67 号脉	原生	V-L	< 2	5~ 10	120~ 163(13)	- 3.3~ - 8.0(12)	5.41~ 11.58(12)
12	TB171	地表矿脉	原生	V-L	< 2	5	321~ 324(2)	- 2.7(1)	4.49(1)
13	TB208	地表矿脉	原生	V-L	2~ 3	5~ 20, 以 5~ 10 为主	204~ 314(19)	- 3.4~ - 7.0(9)	5.56~ 10.49(9)
				V-L	2~ 3	5~ 20, 以 5~ 10 为主	231~ 342(12)	- 2.0~ - 3.8(9)	3.39~ 6.16(9)
14	TB213	90 号脉	原生	CO ₂	2~ 3	20~ 80, 以 5~ 10 为主	288~ 320(4)		3.89~ 4.07(3)
15	TB214	60 号脉	原生	V-L	< 2	5~ 20, 以 5~ 10 为主	116~ 371(14)	- 2.1~ - 7.8(13)	3.55~ 11.49(13)
16	TB228	60 号脉	原生	V-L	< 2	5~ 15, 以 5~ 10 为主	144~ 288(14)	- 3.9~ - 6.9(14)	6.30~ 10.36(14)
17	TB230	60 号脉	原生	V-L	< 2	5~ 10	214~ 374(12)	- 2.5~ - 3.8(7)	4.18~ 6.16(7)

3.2 成矿的温压条件

老湾金矿床成矿温度的范围变化不大,并集中分布于120~ 420 ,主成矿温度为220~ 340 ,说明矿床主要在中温条件下成矿。采用刘斌等(1999)的盐度、密度和压力计算公式,估算出老湾金矿H₂O-NaCl体系包裹体的形成压力为23~ 45 MPa,若按25 MPa/km的岩石静压力推算,成矿深度约为1.5 km。

3.3 成矿流体性质

本区成矿流体以H₂O和CO₂为主,含有少量CO,CH₄,H₂,N₂等成分。本次研究通过对老湾金矿床包裹体的均一温度、冰点温度和盐度的测定(表1),获得老湾金矿H₂O-NaCl体系的流体密度为0.79~ 0.92 g/cm³。

4 结 语

(1)老湾金矿是与韧性剪切带有关的金矿床,成矿发生在剪切带的脆-韧性剪切变形之后,金矿化部位往往是在脆-韧性变形带的张性、张剪性裂隙或强弱变形过渡地带的扩容空间,成矿作用具多阶段复合叠加特点。

(2)金的成矿主要发生在中温阶段(220~ 340),成矿环境属中浅深度(约1.5 km);成矿流体的成分主要为H₂O和CO₂,含有少量CO,CH₄,H₂,N₂等成分。

参考文献:

[1] 王铁军,林锐华,刘占途,等.河南桐柏老湾金矿带控矿规律研究及找矿预测[科研报告][R].天津:中钢集团天津地质研究院,2007.

[2] 邓军,翟裕生,杨立强,等.论剪切带构造成矿系统[J].现代地质,1998,12(4):493-500.

[3] 刘继顺.韧性剪切带中金成矿研究的若干问题[J].地质论评,1996,42(2):123-128.

[4] 杨兴科,陈强,张连昌,等.脆-韧性变形转换与动力成矿过程分析[J].地球学报,1999,20(增刊):26-31.

[5] 河南省地质矿产勘察开发局第一地质勘察院.河南省桐柏县上河矿区金矿资源储量核查报告[R].郑州:河南省地质矿产勘查局,2005.

[6] 河南省地矿厅第三地质调查队.桐柏-大别造山带(北坡)金矿地质、地球物理、地球化学找矿模型评价指标的研究[R].郑州:河南省地质矿产勘查局,1993.

[7] 潘成荣.河南桐柏老湾金矿床成矿地球化学及岩浆热液成矿动力学[D].北京:中国地质大学(北京),1999.

[8] 谢巧勤,徐晓春,岳书仓,等.河南桐柏老湾金矿床氢氧同位素地球化学及成矿流体来源[J].地球科学,2001,36(1):39-45.

[9] 谢巧勤,潘成荣,徐晓春,等.河南老湾金矿床流体包裹体及稀土元素地球化学研究[J].合肥工业大学学报,2003,26(1):47-52.

[10] 张宗恒,万国松,侯海燕,等.河南桐柏老湾金矿床地质特征及成因探讨[J].黄金地质,2002,8(3):20-26.

[11] 万守全,徐友灵.河南桐柏老湾金矿成矿物质来源研究[J].矿业快报,2005,(9):17-19.

[12] 何孝良,王洪恩.河南省桐柏县老湾岩体与老湾金矿带的成矿关系[J].资源环境与工程,2005,19(2):3-8.

[13] 邓军,翟裕生,杨立强,等.剪切带构造-流体-成矿系统动力学模拟[J].地学前缘,1999,6(1):115-127.

[14] 何知礼.包体矿物学[M].北京:地质出版社,1982.

[15] 李秉伦,王英兰,谢奕汉.气体包裹体气相色谱分析及其地质意义[J].地质科学,1982,(2):220-225.

[16] 卢焕章,范宏瑞,倪培,等.流体包裹体[M].北京:科学出版社,2004.

[17] 刘忠民.剪切流体与蚀变和金矿成矿作用[J].地学前缘,2001,8(4):271-275.

[18] 曲亚军.韧性剪切带内金矿床类型及找矿标志[J].辽宁地质,1991,(2):139-147.

STRUCTURE CONTROL CHARACTERISITICS AND
GENESIS OF LAOWAN GOLD DEPOSIT IN HENAN PROVINCE

LIN Rui-hua¹, WANG Tie-jun¹, SHI Ge-wu², WANG Jun²

(1. Sinosteel Tianjin Geological Academy, Tianjin 300181, China,
2. Tongbai Xingyuan Mining Co. Ltd, Tongbai 474700, Henan, China)

Abstract: Based on structures study laswan gold depoistis controlled by ductile shear zone. Structure episodes and their relation to ore formation are analyzed. Fluid inclusion data show that the gold deposit is shear zone type deposit formed mainly at medium temperature stage (220-340) at medium-deep position.

Key Words: Laowan gold deposit; ore-structural control pattern; ductile shear; fluid inclusion; Henan