

山东蒙阴常马走滑式韧性剪切带控矿研究

刘铁兵, 曾庆栋

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

[摘要] 山东省蒙阴县常马韧性剪切带构造岩具有明显的分带, 由中心向两侧依次为超糜棱岩带、糜棱岩带、初糜棱岩带和糜棱岩化片麻岩带。构造岩中的韧性变形显微组构极为发育。糜棱叶理产状为 $208^{\circ} 74'$, 线理产状为 $115^{\circ} 2'$, 显示了该韧性剪切带具走滑剪切的特征。该韧性剪切带形成时, 差应力值为 52.67 MPa, 形成时古应力方位为 $\sigma_1 = 73^{\circ} 2'$ 。位于该韧性剪切带中心的超糜棱岩带, 金元素明显富集, 构成金矿体。综合研究表明, 韧性剪切作用控制了金矿体的形成与分布, 因此常马金矿床是一同韧性剪切带型金矿床。

[关键词] 走滑式韧性剪切带 金矿 蒙阴

[中图分类号] P618.51; P54 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)01-0015-05

蒙阴县常马韧性剪切带位于鲁西台背斜、蒙阴盆地南缘的太古宙泰山群内, 它形成于早元古代^[1] 并控制了区内一系列金矿床的分布及产出。研究表明, 该韧性剪切带与区内金矿形成具有密切的关系。

1 地质概况

1.1 地层

研究区域内太古宙泰山群^[2,3] 变质岩系发育, 主要由黑云或角闪斜长片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩、云母石英片岩夹斜长片麻岩等组成, 局部夹磁铁石英岩。该变质岩系的产状为: 走向 NW, 倾向 SW, 倾角 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。在常马金矿区内, 出露的变质岩系自北向南可分为 3 个岩性段: (1) 北部(红喜庄村北东侧) 为黑云母斜长片麻岩及黑云母变粒岩岩性段; (2) 中部为石英片岩夹磁铁石英岩岩性段, 包括黑云石英片岩、透闪石片岩、绢云石英片岩; (3) 南部为黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩夹斜长角闪岩岩性段, 该岩性段遭受明显的韧性剪切作用, 局部形成糜棱岩类岩石, 金矿体即赋存于该岩性段中(图 1)。在金矿区的北东部, 分布有古生界地层。古生界地层以寒武系灰岩和页岩为主, 与下伏地层呈角度不整合接触。

1.2 岩浆岩

区内岩浆岩发育, 主要为燕山期各类岩脉, 岩石类型有钾长(二长)斑岩、闪长玢岩、煌斑岩、辉绿岩、金伯利岩。其中, 钾长(二长)斑岩、闪长玢岩岩脉主要呈 NW 向分布, 总体上与区域构造线平行, 局部切穿 NW 向的韧性剪切带, 是韧性剪切作用以后贯入

的脉岩。煌斑岩岩脉规模较小, 呈多方向分布。辉绿岩岩脉主要呈近 SN 向分布, 而金伯利岩岩脉则多呈 NE 向展布, 它们均切穿 NW 向的韧性剪切带含矿构造。它们的活动顺序从早到晚依次为: 闪长玢岩、钾长(二长)斑岩、煌斑岩、辉绿岩、金伯利岩。

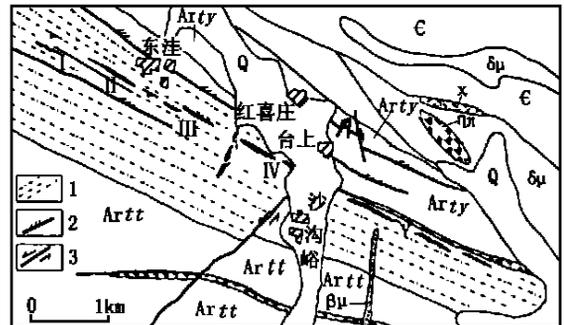


图 1 常马金矿区地质图

Q—第四系; —寒武系; Arts—泰山群黑云斜长片麻岩段; Arty—石英片岩段; Artt—黑云变粒岩、浅粒岩段; Kb—金伯利岩; μ —辉绿岩; —煌斑岩; —二长斑岩; μ —闪长玢岩; V—金矿体(脉)及编号; 1—韧性剪切带; 2—压性断层; 3—扭性断层

1.3 构造

区域及矿区内构造极为发育, 按其变形特点可划分为两种变形: 韧性剪切变形(太古宙变形旋回)和脆性变形(燕山期变形旋回), 每期变形都具有不同的构造特点, 留下不同的构造形迹。韧性剪切变形表现为韧性剪切带内的糜棱岩化和构造岩的流状构造、线状构造。主要构造形迹为: NW 走向的走滑式韧性剪切带, 详细特征在后节述叙。

脆性变形则以断层破裂为特点, 主要构造形迹为: NW 向穿透性断裂构造[为闪长玢岩和钾长(二

[收稿日期] 2000-11-20; [修定日期] 2000-12-01; [责任编辑] 曲丽莉。

[基金项目] 中国科学院创新工程项目(KZCX1-Y-03-01)、重大项目(KZ951-A1-404-02)及山东黄金集团公司资助。

长)斑岩贯入],NE 向左行走滑断裂、近南北向右行走滑断裂(发育辉绿岩脉)及 NNE 向断裂(为金伯利岩脉贯入)。

1.4 矿床特征

常马金矿床受区内 NW 向韧性剪切带控制,由 5 个金矿体组成,矿化带断续延长约 5000 m 左右,其中矿体累计长度大于 1000 m,平均宽度在 0.8 m 左右,其产状为走向 NW 290°~310°,倾向 SW,倾角 60°~75°,各矿体间相距约 500 m 左右。金矿体形态呈扁豆状、透镜状,并呈尖灭侧现展布(图 1),矿石金品位变化不大,平均在 10 × 10⁻⁶。

金矿体赋存于韧性剪切带的强变形带即超糜棱岩带中,与围岩(糜棱岩等)的界线呈渐变过渡关系。矿体中可见矿化相对较弱的透镜状或扁豆状糜棱岩夹层。各金矿体的矿石特征相同,具块状、脉状、网脉状、浸染状构造。矿石矿物主要有黄铁矿(近地表氧化为褐铁矿),少量黄铜矿;脉石矿物有石英、长石、绢云母,少量电气石、方解石、绿帘石等。金矿床围岩蚀变为硅化、绢云母化、黄铁矿化(褐铁矿化),蚀变作用自矿体向围岩逐渐减弱。

2 走滑式韧性剪切带特征

2.1 韧性剪切带地质特征

常马金矿区内韧性剪切带发育,该韧性剪切带的总体特征为:

(1) 该韧性剪切带延长大于 5000 m,宽度约 2000 m,总体延伸方向为 295°,倾向 SW,倾角 72°。其中,强变形带宽度在 2 m~20 m 范围内变化。构造岩糜棱岩理赤平投影优势产状为倾向 208°,倾角 74°(图 2a)。

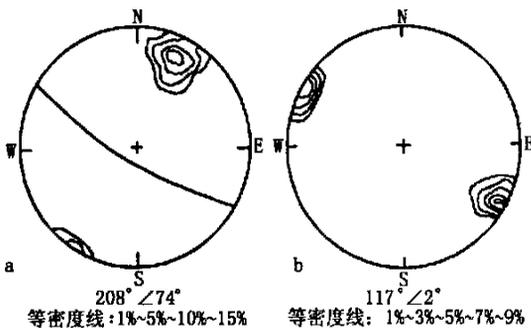


图 2 韧性剪切带构造赤平投影图

a—叶理赤平投影;b—线理赤平投影

(2) 自韧性剪切带中心向两侧,存在明显的变形分带现象:中心为强变形带超糜棱岩,岩石细粒化发育,石英粒度细,岩石中基本无残斑;而向两侧的糜

棱岩及糜棱岩化岩石中,碎斑含量逐渐增多。

(3) 流状构造和线状构造发育,表明岩石发生了强烈的塑性流变。流状构造表现为较平直的条纹状及条带状或似流纹状,并通过被拉长的石英及(或)不同颜色、不同成分的分异条带所表现出来。糜棱岩的面理上发育拉伸线理及擦痕线理,拉伸线理表现为被拉长的石英矿物集合体,并见定向排列的电气石。拉伸线理优势产状为倾向 115°,倾角 2°(图 2b)。

(4) 韧性剪切带中发育糜棱岩化岩石、糜棱岩和超糜棱岩(图 3)。

(5) 韧性剪切带中发育许多剪切指向标志:S—C 面理构造,型碎斑系(长石碎斑),斜列式碎斑排列。这些指向标志均反映了剪切带为左行运动。

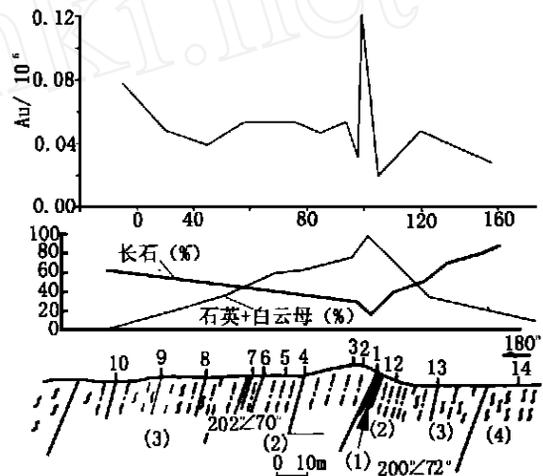


图 3 韧性剪切带综合剖面图

(1)—超糜棱岩(矿体);(2)—糜棱岩;(3)—初糜棱岩;
(4)—角闪斜长片麻岩;9—取样点及编号

上图为金元素含量变化;中图为矿物含量变化;下图为地质剖面图

2.2 韧性剪切带显微构造

韧性剪切带中糜棱岩发育,而糜棱岩以塑性流变为特点。由于糜棱岩原岩的矿物成分不同,而不同矿物在同一变形条件下有不同的变形行为,如绿片岩相条件下,长石表现为脆性变形,形成碎斑,而石英则变形拉长并细粒化。韧性变形带中常见的显微构造主要有显微破裂、波状消光、变形纹、机械双晶、拔丝构造(长短轴之比在 10:1~20:1)、核幔构造、压力影构造、碎斑系、S—C 组构等(图 4)。

2.3 糜棱岩

糜棱岩系列岩石是韧性剪切带的特征标志之一,按其糜棱岩化程度,将区内糜棱岩系列岩石划分为糜棱岩化黑云斜长片麻岩、初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩。其主要特征见表 1。

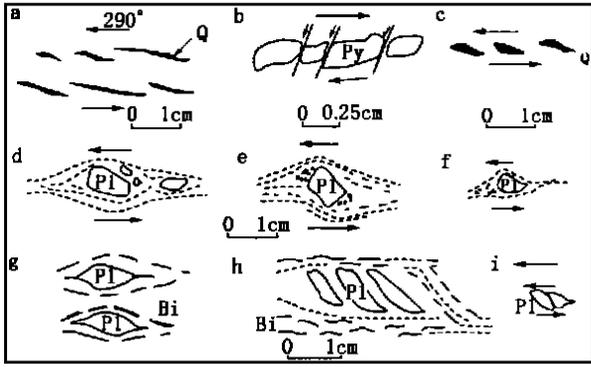


图 4 韧性剪切带显微构造

a—拔丝状石英斜列式分布;b—黄铁矿剪切阶步;c—透镜状石英斜列式分布;d—斜长石碎斑;e—斜长石压力影;f—斜长石眼球状碎斑;g—斜长石眼球状碎斑;h—S-C-组构;i—斜长石剪切阶步;Q—石英;Pl—斜长石;Bi—黑云母;Py—黄铁矿

表 1 糜棱岩系列岩石特征表

岩石类型	糜棱岩化岩石	初糜棱岩	糜棱岩	超糜棱岩
组 构	流状构造、波状消光、变形带	流状构造、波状消光、变形带、机械双晶、矿物拉长、斜列	流状构造、拔丝构造、压力影构造、剪切阶步、S-C-组构、核幔构造	流状构造、拔丝构造、核幔构造、镶嵌构造、动态重结晶结构、变余糜棱结构
基质含量 (%)	< 10	10 ~ 50	50 ~ 90	> 90
基质粒径 (mm)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
重结晶程度	动态重结晶逐渐增强			

2.4 韧性剪切带内构造岩及矿物组分变化规律

韧性剪切带内岩石发生强烈的物理和化学变化,使矿物发生改造,重新组合、重新分配。不同类型构造岩及其矿物组分的变化,反映出韧性剪切带内应变强度呈有规律的变化。在韧性剪切带中心,剪切应变最强,构造岩以超糜棱岩为主;从中心向边部,变形逐渐减弱,构造岩由糜棱岩过渡为初糜棱岩、糜棱岩化片麻岩和片麻岩。不同构造岩的矿物组分也发生了相应的变化:从韧性剪切带边缘到中心,其构造岩石中长石和云母含量也发生规律性变化,长石含量明显减少,从边缘到中心,长石由 70%~90%变为 5%以下,而石英和云母则由边部的 20%以下,增加到 90%以上(图 3)。

2.5 变形动力学

韧性剪切带动力学分析包括古应力的估算和主应力方位推导两个方面。

(1) 古应力估算

古应力估算可根据岩石在稳态流动过程中形成的自由位错密度、亚晶粒及动态重结晶粒度等显微

构造与差异应力的函数关系来估算。我们利用动态重结晶粒度求差异应力。在稳态平衡下的动态重结晶颗粒度(D)与差异应力($\sigma_1 - \sigma_3$)之间的关系^[4]为:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = AD^{-m}$$

A、m 为常数,利用 Twiss (1977) 给出的石英常数:A = 5.56, m = 0.68, D 单位为 μm ,应力单位为 MPa。因此, $\sigma_1 - \sigma_3 = 5.56D^{-0.68}$ 。

本剪切带糜棱岩中动态重结晶石英平均粒度: D = 32 μm ,利用 Twiss (1977) 公式求得其差异应力为 52.67 MPa。

(2) 古应力方位推导

利用一些特定的显微构造如石英变形纹、方解石、白云石机械双晶等在构造应力场中的方位关系,可以推导出变形时的主应力方位;还可以利用宏观构造中剪切指向和 S-C 面理产状计算出主应力方位^[4]。本次研究利用剪切指向求出主应力方位。

利用剪切指向求出主应力方位的原理是,韧性剪切带变形场主压力 σ_1 与剪切指向一般呈 45°角,且 σ_1 在 XZ 面上,利用赤平投影可求 $\sigma_1 - \sigma_3$ 。具体求导过程为:先求出 C 面理优势产状,在 C 面理大圆上投绘出剪切指向点 L,作过 L 点垂直 C 面的大圆,该圆为 XZ 平面投影,自 L 点向大圆方向 45°得 σ_1 点,由于是向下半球投影,所以 σ_1 指向也是自上而下。利用这一方法求得本区韧性剪切带古应力方位为: $\sigma_1 = 73^\circ \angle 2^\circ$ (图 5)。

2.6 韧性剪切带变形环境分析

影响韧性剪切带内岩石变形的因素很多,其中温度和压力是最重要的因素。利用不同矿物的显微构造组合和一些特征显微构造以及新生矿物组合,可以推断岩石变形时的温度和压力条件^[5]。

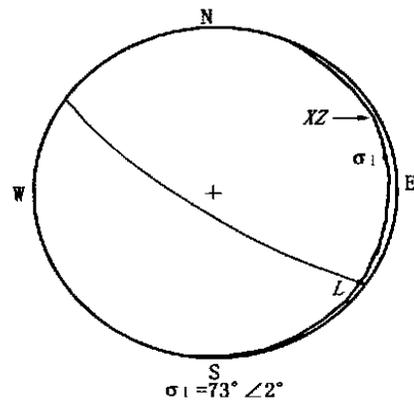


图 5 韧性剪切带古应力方位

(1) 岩石变形实验及对天然糜棱岩的研究表明,

岩石在不同温压条件下的变形,造岩矿物可形成不同的显微构造组合。如石英在绿片岩相条件下可出现变形纹、核幔构造、动态重结晶结构等;而长石在低绿片岩相条件下则以破裂变形为主,呈碎斑分布于糜棱岩中,直到高绿片岩相甚至低角闪岩相条件下,才出现脆性向塑性的转变,开始出现动态重结晶等韧性变形的显微构造;黑云母在绿片岩相条件下,变形为简单开阔扭折,随温度的升高,扭折变尖、变窄,在高绿片岩相条件下,出现大量重结晶现象。根据常马韧性剪切带构造岩中,不同矿物的显微构造组合特征,推断该韧性剪切带形成于绿片岩相条件下。

(2) 根据常马韧性剪切带中新生矿物组合:石英+绢云母±绿泥石(钠长石),推断该韧性剪切带形成于低绿片岩相条件下。

2.7 韧性剪切带的性质

韧性剪切带有许多类型,如逆冲式、走滑式、正断式韧性剪切带,每种类型具有不同的特点^[4]。本区韧性剪切带为走滑式韧性剪切带,其主要依据为:(1)产状陡倾,其叶理倾角一般在 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 之间;(2)在平面上发育许多小的强变形带构成网结状,在强变形带中间存在弱变形带的透镜域(如IV号矿体坑探结果);(3)拉伸线理的产状为 $117^{\circ}\ 2^{\circ}$,反映了水平走滑的特点。

3 韧性剪切带与金成矿作用

80年代以来,对韧性剪切带与金矿的关系已进行了广泛深入的研究,目前主要认识有两种:(1)韧性剪切作用是一种重要的成矿作用^[6],在韧性剪切作用过程中,引起了地质体中的金发生迁移、富集并沉淀成矿;(2)韧性剪切作用过程本身并不能成矿^[4],韧性剪切作用并不能提供大量的金,在韧性剪切作用过程中,金等成矿物质不能聚集增加。

通过本研究我们认为,常马金矿床的形成与韧性剪切作用有着密切的成因关系。

3.1 岩石化学特征

常马韧性剪切带中构造岩的岩石化学分析表明,变形强度不同的构造岩的硅酸盐成分不同,由片麻岩、糜棱岩化片麻岩、糜棱岩到超糜棱岩, SiO_2 含量由63.28%增加到67.84%, K_2O 含量由1.48%增加到5.32%, Na_2O 含量则由5.12%降低到2.53%,其它成分变化不大。这一化学组分的变化反映了在韧性剪切作用过程中硅、钾的带入和钠的带出。同时还表明了,在韧性剪切作用过程中,伴随压溶、构

造分解、分异作用、构造变质和蚀变,以扩散方式导致矿物组分和化学成分的变化,这些作用有利于成矿元素的远距离迁移。

3.2 金元素地球化学特征

对常马金矿床矿石中成矿元素的分析表明,在韧性剪切作用过程中,金元素发生了明显富集(图3)。这反映出在韧性变形作用过程中,金元素向变形最强的部位,即超糜棱岩带运移并沉淀。此外,韧性剪切带是发育在地壳一定深度、一定范围内的高应变带,由于在韧性剪切带中糜棱叶理发育,且具有相对高的渗透性,因此为成矿流体提供了良好的通道和贮存空间。

3.3 韧性剪切带对金矿化的控制作用

对常马金矿床的综合研究表明,韧性剪切作用与金的成矿作用具有密切的关系,具体表现在:金矿体产于韧性剪切带的强变形带中,超糜棱岩带即为金矿体;成矿元素分析反映出超糜棱岩带中金元素发生明显富集。

韧性剪切带运动的形式和性质控制了金矿体的展布,走滑式韧性剪切带控制了金矿体具左行右接的排列特点,而金矿体的排列特征也指示了剪切带的走滑运动方向。

金矿体(超糜棱岩)与围岩(糜棱岩)的界线呈渐变过渡关系,说明金矿体的形成与韧性剪切带的形成是同期的。

成矿期后岩浆岩与韧性剪切带具有明显的穿插关系,而且岩浆岩本身只经历了脆性变形(断裂为主),并无韧性变形的特点,反映其形成晚于韧性剪切带。韧性剪切作用发生在太古宙,而岩浆岩(岩脉)就位于中生代,两者时差巨大。因此,金的成矿作用应发生在太古宙,而与本区晚期岩浆活动无关。

总之,常马金矿的形成与韧性剪切作用关系密切。在变质变形作用过程中,含金较高的泰山群变质岩(原岩基性火山岩)中的金发生迁移,产生金的预富集。韧性剪切作用改变了金的赋存状态,岩石矿物成分发生变化,被禁锢在矿物中金的被活化出来,成为易释放金进入成矿流体中。由于超糜棱岩中面理构造极为发育,岩石透入性好,加速流体循环,有利于深部含矿热液的流动与富集,同时剪切热加热了循环地下水,产生混合流体,含矿热液充填就位于叶理构造中,在适当的温压条件下,富集沉淀成矿,形成了韧性剪切带型金矿。

3.4 找矿方向

通过对常马金矿床韧性剪切带的控矿因素研

究,特别是根据超糜棱岩带中石英的变形特点,推断出金矿体的变形及分布规律。野外实际测量表明,糜棱岩和超糜棱岩中石英的 a 轴(走向上)与 b 轴(倾向上)长度之比, a/b 在 $2 \sim 4$ 之间,平均值 $3 \sim 1$ 左右。据此推断,在同一构造应力场作用下金矿体的延长与延深之比也应大致在 $3 \sim 1$ 左右。目前常马金矿内,金矿体的开采深度还很浅,现有各矿体向深部仍应有延伸。这一推断已为矿山在现有矿体深部实施的坑道探矿工程所证实。

总之,常马金矿床发育在走滑式韧性剪切带内,韧性剪切作用为主要的控矿作用,常马金矿床为同韧性剪切带型金矿床。

致谢:感谢蒙阴县常马金矿技术人员在工作过程中所给予的大力支持。

[参考文献]

- [1] 臧学农,吴清国. 蒙阴县埠洼金矿床地质特征及成因[J]. 山东地质,1998,14(3):23~30.
- [2] 曹国权. 鲁西早前寒武纪地质[M]. 北京:地质出版社,1996,1~210.
- [3] 山东省地质矿产局. 山东省区域地质志[A]. 见:中华人民共和国地质矿产部地质专报(一 区域地质),第26号. 北京:地质出版社,1991,1~533.
- [4] 何绍勋,段嘉瑞,刘继顺,等. 韧性剪切带与成矿[M]. 北京:地质出版社,1996,1~174.
- [5] 陈智梁,刘宇平,魏少青,等. 康定大渡河西岸主要矿区矿田构造研究[M]. 北京:地质出版社,1996,54~57.
- [6] 刘连登,朱永正. 金矿与韧性剪切带及叠加构造[A]. 见:张贻侠,刘连登主编. 中国前寒武纪矿床和构造. 北京:地震出版社,1994,39~75.

STUDIES ON ORE - CONTROLLING FACTORS OF STRIKE - SLIP DUCTILE SHEAR ZONE IN CHANGMA GOLD DEPOSIT, MENGYN COUNTY, SHANDONG PROVINCE

LIU Tie - bing, ZENG Qing - dong

Abstract: A strike - slip ductile shear zone occurs in Changma area in Mengyin County, Shandong Province. Four tectonic rock zones can be identified from the center to outside wall rocks of the strike - slip ductile shear zone, i. e. ultramylonite zone, mylonite zone, protomylonite zone and mylonized gneiss zone respectively. Ductile alteration features both of tectonic rocks and micro - fabrics of them are well developed. The occurrence of mylonite foliation is $208^\circ \sim 74^\circ$, the occurrence of lineation is $115^\circ \sim 2^\circ$. Stress analysis shows that the difference stress value was 52.67 MPa and the palaeo - stress orientation () was $73^\circ \sim 2^\circ$, when ductile shear zone formed. Gold mineralization occurs at the central part of the ductile shear zone and forms gold ore bodies. A comprehensive study indicates that the strike - slip ductile shearing progress controlled the distribution and occurrence of gold ore bodies. The Changma gold deposit is a syn - ductile shearing gold deposit.

Key words: strike - slip ductile shear zone, gold deposit, Mengyin county

(上接第 14 页)

- [10] Tindall S E, Davis G H. Monocline development by oblique - slip fault - propagation folding: the East Kaibab monocline, Colorado Plateau, Utah[J]. Journal of Structural Geology, 21(1999): 1303~1320.
- [11] Manatschal G. fluid - and reaction - assisted low - angle normal faulting: evidence from rift - related brittle fault rocks in the Alps (Err Nappe, eastern Switzerland) [J]. Journal of structural geology, 21(1999): 777~793.
- [12] 陈世祯,张竹如. 胶莱盆地含矿系与金矿关系初探[J]. 地质科学,1997,32(2):193~199.
- [13] 刘玉强. 胶东金矿成矿规律及新的找矿方向[J]. 山东地质,1999,15(2):24~31.
- [14] 孙丰月,石准立,冯本智. 胶东金矿地质及幔源 C - H - O 流体分异成岩成矿[M]. 长春:吉林人民出版社,1995,18~31.
- [15] 张连昌,曾章仁,杨兴科. 东天山康古尔金矿构造地球化学特征[J]. 贵金属地质,1997,6(1):13~20.
- [16] 张连昌,沈远超,刘铁兵,等. 胶东蓬家芥金矿控矿构造地球化学特征[J]. 大地构造与成矿,2000,24(4):377~384.

INTERLAYER SLID FAULT AND ITS ORE - CONTROLLING PROCESS

SHEN Yuan - chao, ZHANG Lian - chang, LIU Tie - bing, ZENG Qing - dong, LI Guan - ming

Abstract: In recent years, the new type gold deposit, Interlayer gliding breccia - type gold deposit, Such as Pengjiakuang, Dazhuangzi and Fayunkuang gold deposits had been discovered on the North margin of Jiaolai basin. The gold deposit occurs in a low - angle anormal fault between conglomerate of Early Cretaceous Laiyang Formation and metamorphic rocks of Lower Proterozoic Jingshan Group on the margin of Jiaolai basin. The interlayer gliding fault possesses the characteristics of deep - extension, low - angle, dip - slip, bed - zoned structure. The gold orebodies were controlled by main slip fault zone - structural breccia rock zone. The low - angle interlayer - gliding fault provided structure and physical - chemical conditions to ore - forming processes.

Key words: low - angle fault, interlayer - gliding structure, gold deposit, North margin of Jiaolai basin

本期作者简介



沈远超(1943年-),男,研究员(博士生导师),岩石学及矿床学专业,主要从事成矿岩石学、矿床学及金矿成矿预测工作,现为中国科学院知识创新工程黄金项目首席科学家。



李光明(1964年-),男,博士,助研,1986年毕业于成都地质学院地勘系,1996年毕业于莫斯科地质勘探学院矿床学专业,获博士学位,现就职于中国科学院地质与地球物理研究所,主要从事矿床学及成矿预测方面的工作。



张连昌(1959年-),男,博士,副教授,1983年毕业于西安地质学院地质系,并于1988年获矿床专业硕士学位,1999年获中国地质大学地球化学专业博士学位,现在中国科学院地质与地球物理研究所博士后流动站工作,主要从事地球化学和矿床地质学的研究。



李厚民(1962年-),男,1983年毕业于西北大学地质系,1989年毕业于西安地质学院(现西安工程学院),获硕士学位,现为西安工程学院地球科学系副教授,中国科学院地质与地球物理研究所在读博士,主要从事矿床学的教学及科研工作。



刘铁兵(1950年-),男,1981年获中国科技大学硕士学位,1988年获美国辛辛那提大学博士学位,现为中国科学院地质与地球物理研究所副研究员,矿床学专业,主要从事金矿成矿预测工作。



张启锐(1939年-),男,研究员,1964年毕业于北京大学,1968年研究生毕业于中国科学院,专业为地层学、数学地质,目前从事金矿地质及震旦系冰川地层研究工作。



邹为雷(1971年-),男,1995年毕业于长春科技大学地球科学系,1998年获长春科技大学矿床地质学硕士学位,现为中国科学院地质与地球物理研究所博士生,主要从事岩浆岩石学及金矿成矿预测研究。



石昆法(1939年-),男,现任中国科学院地球物理研究所研究员,研究方向为浅层地球物理,研究专业为电法勘探。



杨金中(1970年-),男,1994年毕业于长春地质学院地质系,1997年在长春科技大学获矿床学硕士学位,现为中国科学院地质与地球物理研究所博士研究生,主要从事大地构造与成矿、矿体定位预测等方面的研究工作。



荆林海(1971年-),男,1994年7月毕业于山东矿业学院地质系,1997年7月在中国科学院遥感应用研究所获地图学与遥感专业硕士学位,现攻读博士学位,主要从事遥感图像处理及遥感地质应用研究。



曾庆栋(1964年-),男,1986年毕业于长春地质学院地质系,1989年、1997年在长春地质学院先后获得构造地质学专业硕士学位、矿床学专业博士学位,1997-1999年中国科学院地质研究所博士后,现为中国科学院地质与地球物理研究所助理研究员,主要从事金矿成矿预测工作。

通讯地址:北京德外祁家豁子
中国科学院地质与地球物理研究所
邮政编码:100029