

# 陕西左家庄金矿床特征\*

权志高

(核工业咸阳 203 研究所)

左家庄金矿矿质来源于近矿地层,成矿热液为同生沉积建造水,硫化物石英脉的形成是含矿热液流体沿左旋剪切扭动构造隐蔽面充填的结果,对其主要载金矿物黄铁矿的热电性测定,表明黄铁矿为空穴型导电,该矿床剥蚀程度不大,属上部出露。

**关键词** 左家庄 金矿床 含矿构造 同生建造水 陕西

## 1 矿区地质特征

左家庄金矿床位于陕西凤县以北约 7.5km 处,构造区划属华北地台南缘礼县—柞水冒地槽褶皱带中段东部<sup>①</sup>(图 1),矿区地层仅出露中石炭统草凉驿组,为一套浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造,主要岩性为绢云千枚岩、板岩、浅变质细砂岩夹灰岩等,厚度 1500m。岩浆岩为印支期何家庄花岗岩体<sup>[1]</sup>,近东西向带状展布,长 13km,宽 0.5—2.5km,出露面积近 30km<sup>2</sup>,岩性主要为中细粒角闪黑云母二长花岗岩、中细粒斜长花岗岩和中粒黑云母花岗岩,与围岩呈侵入接触关系。矿区内脉岩主要有辉绿岩脉、斜长玢岩脉、石英脉和细粒花岗岩脉,多呈近东西向展布,少数北东或北西向,宽几公分—十余米,长几米—百余米。区域上左家庄金矿床处于北东向容坪—布子山断裂和凤县—白云大断裂的夹持区,矿区内断裂构造较发育,可划分出四组:(1) NE 向,由一系列裂隙束及破碎带组成,长 400—500m,宽 4—10m,带内见  $>200 \times 10^{-9}$  的金异常多处;(2) NW 向,发育于矿区西部,长度、规模均很小;(3) 近 EW 向,为区内含矿构造,长千余米,宽 1.5—10m;(4) 近 SN 向,以破碎带和裂隙的形式产出,宽度一般不超过 0.5m,长几十—百余米,为切过矿体的矿后构造,但对矿体的错动一般不超过 10m。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 矿体

目前,已圈出两个矿体,总长 500 多米;平均厚度 2.0m,最大厚度 7.5m;平均品位  $5.35 \times 10^{-6}$ ,最高单品位  $38.6 \times 10^{-6}$ 。矿体严格受三台山沟断裂构造控制,总体展布方向与断裂

\* 参加研究工作的还有李占游、刘平立、贾恒、郑仁厚等。

① 张万云等,陕西户县—凤县微细浸染型金矿成矿条件及远景预测研究,1992。

本文 1995 年 2 月 13 日收到,张静编辑。

构造方向基本一致,产状  $340-5^{\circ} \angle 45-70^{\circ}$ ,矿体呈板状,透镜状,沿走向具膨胀、收缩及尖灭再现特征(图1)。晚期构造规模较小,多与含矿构造及矿体展布方向一致,对矿体没有明显的破坏和改造作用。

## 2.2 矿石

**矿石类型** (1)硫化物石英脉型矿石,为该矿床的主体矿石类型,金品位较高,平均  $10.0 \times 10^{-6}$ ,石英呈灰白色,硫化物以黄铁矿为主;(2)黄铁绢英岩矿石,分布于硫化物石英脉型矿石两侧,品位较低,平均  $2.0 \times 10^{-6}$ 。

**矿石矿物组合** 矿石中主要金属矿物为黄铁矿,其次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂;非金属矿物为石英、绢云母;表生矿物为褐铁矿、黄钾铁矾、臭葱石等。

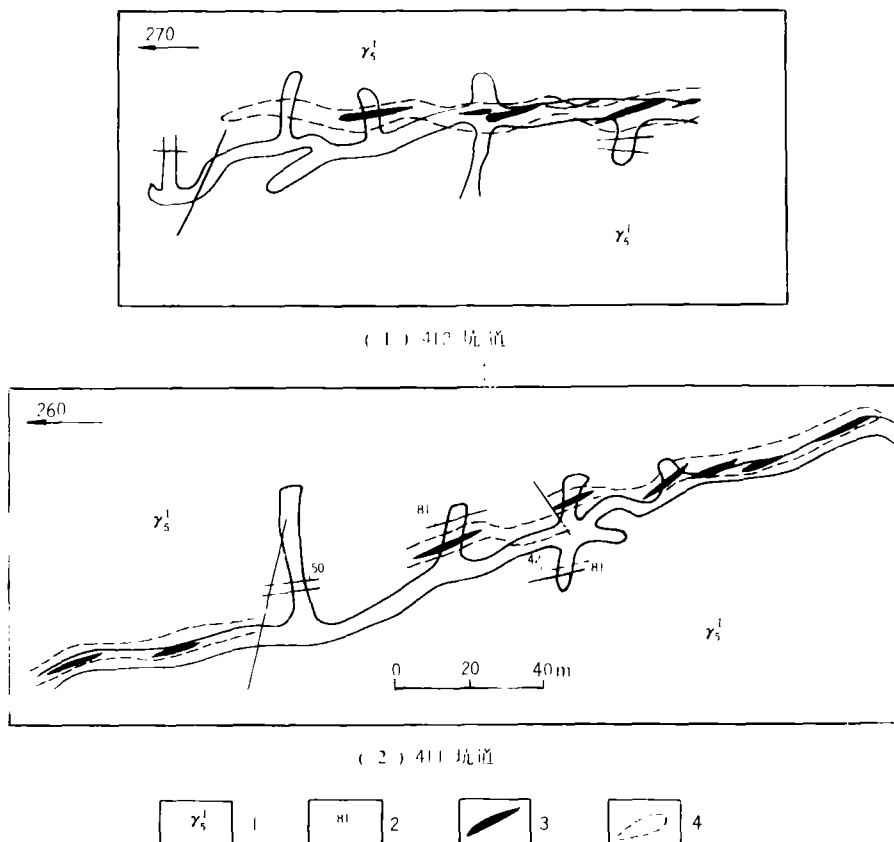


图1 左家庄金矿坑道平面图

Fig. 1 Planimetric map showing gold deposit gallery in Zuojiazhuang

1—印支期花岗岩 (Indo-China epoch granite); 2—晚期构造产状 (attitude of late-structure);  
3—硫化物石英脉 (sulfide quartz vein); 4—构造蚀变带范围 (Structure alteration zone limits)

**矿石化学成分** 表1为左家庄金矿黄铁绢英岩矿石、矿化岩石及正常围岩的化学成分分析结果。从中我们可以看出,由正常围岩→矿化岩石→矿石,  $Al_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ 、 $MnO$ 、 $TiO_2$ 、 $P_2O_5$ 、 $Na_2O$  含量依次降低,反映了矿化蚀变过程中,斜长石,磷灰石等造岩矿物被交代;黄

铁绢英岩矿石(硫化物石英脉矿石未作化学全分析)中 $\text{SiO}_2$ 含量相对较低,可能反映了黄铁绢英岩矿石中部分硅直接进入了硫化物石英脉中,因为该蚀变岩矿石直接靠近石英脉矿石; $\text{TFe}$ 含量在矿石中含量明显增加,反映了矿石中黄铁矿等含铁矿物的强烈蚀变;由正常围岩→矿石, $\text{K}_2\text{O}$ 增高,而 $\text{Na}_2\text{O}$ 降低,可能与黄铁绢英岩中的绢云母形成有关。

表1 左家庄金矿矿石化学成分分析结果(%)  
Table 1 Chemical compositions of gold ore in Zuojiashuang

类别	样品数 (个)	Au ( $10^{-4}$ )	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	MnO	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	FeO	TFe	nnn	总量
正常围岩	4	0.005	64.97	14.71	0.82	3.27	2.20	0.06	0.42	0.12	3.17	3.73	2.68	3.79	3.19	99.34
矿化岩石	4	0.167	69.18	13.87	1.49	1.64	1.97	0.05	0.31	0.09	3.77	1.86	1.66	3.33	3.75	99.44
矿石	3	11.04	62.48	9.71	12.12	0.97	0.93	0.03	0.27	0.04	3.95	0.93	0.89	13.71	5.85	97.25

样品由核工业西北分析测试中心分析

矿石微量元素 表2为左家庄金矿微量元素选项分析结果,从表中可以看出:(1)矿石和矿化岩石中,主要微量元素含量均高于正常花岗岩,且与金含量成正消长关系;(2)地表氧化矿石与坑道原生矿石相比,其微量元素As、Sb、Bi、Cu、Pb、Zn明显偏高,而Mo、Hg含量较低,反映了在表生氧化作用条件下,As、Sb、Bi、Cu、Pb、Zn等元素相对比较稳定,不易迁移搬运,而Mo、Hg相对不稳定,易于迁移搬运。

表2 左家庄金矿微量元素选项分析结果( $\times 10^{-6}$ )  
Table 2 Microelement analytical result of gold deposit in Zuojiashuang ( $\times 10^{-6}$ )

岩(矿)石类型	取样位置	样品编号	Ag	As	Sb	Hg	Bi	Mo	Cu	Pb	Zn	Au
黑云母花岗岩	矿床南	92P-80	<0.4	10.4	1.32	0.02	0.14	1.16	5.1	36.4	73.3	$6.5 \times 10^{-9}$
弱蚀变花岗岩		92P-81	<0.4	14.1	0.88	0.02	0.21	1.72	10.9	22.8	56.0	$8.3 \times 10^{-9}$
片理化花岗岩		92P-82	<0.4	10.9	0.74	0.02	0.30	1.15	35.2	17.8	33.6	$6.1 \times 10^{-9}$
近矿蚀变岩	KD411- CM-4	92P-83	0.83	84.9	0.92	0.06	0.74	1.76	62	44	84	$140 \times 10^{-9}$
石英脉+蚀变岩		92P-84	12.65	8.27	4.28	0.05	14.7	2.97	50	531	73	18.54
蚀变花岗岩		92P-85	<0.4	24.5	0.66	0.02	0.21	1.27	6.9	10.7	129	$22 \times 10^{-9}$
蚀变花岗岩	TC4-10	92P-97	6.27	10700	9.08	0.04	24.8	1.86	86	977	221	2.14
蚀变花岗岩	TC4-10	92P-98	<0.4	98.7	0.83	0.04	0.25	1.60	11	33	452	$25 \times 10^{-9}$
黄铁绢英岩	TC4-12	92P-99	<0.4	146	1.08	0.11	0.19	1.13	22	8	61	$154 \times 10^{-9}$

核工业西北分析测试中心分析

### 2.3 金的赋存状态

黄铁矿为左家庄金矿矿石中的主要金属矿物,占矿石中重矿物含量的80%—90%,对黄铁矿进行的金分析结果平均为 $60.2 \times 10^{-6}$ 。而黄铁矿以外的石英和其它金属矿物平均金含量仅 $0.128 \times 10^{-6}$ ,矿石平均金含量为 $10.2 \times 10^{-6}$ ,可见黄铁矿为矿石中最主要的载金矿物,且其金含量在矿石中占有相当大的分配率。在原生矿石的重砂样品及光薄片,均未发现可见

金,说明金主要以次显微金形式存在;在氧化矿石的光片上,发现有银金矿,其金含量66.375%,银29.44%,粒度 $0.0125\text{mm} \times 0.004375\text{mm} - 0.009375\text{mm} \times 0.003125\text{mm}$ ,属可见金中的显微级金,可能与氧化作用过程中的次生加大有关<sup>①</sup>。

#### 2.4 成矿期、阶段

该矿床成矿过程具多期、多阶段性,具体可划分为构造蚀变初步富集期;热液主成矿期和表生淋滤富集期。热液主成矿期又根据脉体的分布、矿物组合、穿插关系划分为黄铁石英英脉、多金属硫化物石英英脉和碳酸盐石英细脉三个阶段。

##### 2.4.1 构造蚀变初步富集期

在构造热液作用下,形成黄铁绢英岩、糜棱岩等一系列构造蚀变岩,主要蚀变为绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化和硅化,该阶段黄铁矿粒度较粗,一般为 $0.5 - 1.3\text{mm}$ ,以五角十二面体为主,金含量 $2.67 \times 10^{-6}$ ,本阶段主要为金的初步富集期。

##### 2.4.2 热液成矿期

(1) 黄铁石英英脉阶段,为主成矿作用阶段,主要表现为黄铁石英英脉的充填作用,该阶段黄铁矿粒度较细, $0.05 - 1\text{mm}$ ;形态以不规则为主,少量呈五角十二面体及立方体状,其含量占矿石含量5%—40%不等;金含量 $22.11 \times 10^{-6} - 80.2 \times 10^{-6}$ 。

(2) 多金属硫化物石英英脉阶段,主要表现为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物石英英脉沿构造蚀变带局部充填,脉宽一般几—十几厘米,黄铁矿粒度 $0.05 - 0.1\text{mm}$ ,金含量 $5.55 \times 10^{-6}$ ,为主成矿期的一次较弱成矿作用阶段。

(3) 碳酸盐石英细脉阶段,为成矿作用末期热液活动的产物,主要表现为碳酸盐化、硅化和重晶石化热液活动的叠加。

##### 2.4.3 表生氧化淋滤富集期

主要表现为浅表部硫化物石英英脉和构造蚀变岩的褐铁矿化、赤铁矿化等氧化淋滤作用,硫化物氧化后一般仍残留有原矿物的假象或呈蜂窝状,金在氧化作用后有贫化或次生富集,并在氧化矿石中见有明金。

#### 2.5 围岩蚀变

左家庄金矿属中温热液蚀变,蚀变型式以脉状充填及渗透扩散交代为主,主要蚀变类型有黄铁矿化、绢云母化、硅化,绿泥石化、碳酸盐化等。蚀变的生成和分布受断裂构造控制。

### 3 载金矿物黄铁矿热电性特征

利用载金矿物黄铁矿的热电系数(或热电性参数)来定性或定量的确定矿体的剥蚀程度。对左家庄金矿载金矿物黄铁矿的热电性测量结果列于表3。由表3可以看出:(1)黄铁矿热电系数( $\alpha$ )值变化范围 $300.2 - 411.00\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ,平均 $342.87\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ,均为空穴型(P型)导电;(2)根据热电系数求得的黄铁矿热电性参数 $x_{np}$ 在 $+100 - +150$ 之间, $x_{np} = (2f_i + f_v) - (f_w + 2f_v)$ ,式中 $f_i$ 为样品中相应的热电系数的黄铁矿百分比,按照杨国杰等的热电性参数

① 张冀,左家庄金矿床金的存在形式及主要载金矿物特征研究,1993。

定性确定矿体剥蚀截面标准<sup>①</sup> (矿体最上部  $xnp$  值 +200—+100; 矿体上部  $xnp$  = +100—+50; 矿体中部  $xnp$  = +50—-50; 矿体下部  $xnp$  = -100—-200), 左家庄金矿床属上部出露;  
(3) 根据热电性参数计算的矿体总长度剥蚀百分比  $r$  ( $r = 50 - xnp/4$ ) 为 20% 左右。

表3 左家庄金矿黄铁矿热电性特征

Table 3 Pyrite pyroelectricity of gold deposit in Zuojiashuang

样号	取样位置	测定粒数	热电系数 ( $\mu V/^\circ C$ )	热电性参数	矿体剥蚀 (%)	黄铁矿赋存体
92P-69	KD411-4	40	411.00	147.5	13.125	矿期石英脉
92P-94	KD411 主巷	42	295.00	99.9	25.025	黄铁绢英岩
92P-90	KD411-6	40	393.00	137.5	15.625	矿期石英脉
93P-41	KD411-6	87	314.00	109.18	22.71	矿期石英脉
93P-35	KD412	121	300.2	91.01	27.25	矿期石英脉
93P-36	KD412	151	360.2	123.97	19.01	黄铁绢英岩
93P-37	KD412-6	133	325.9	113.5	21.63	黄铁绢英岩

#### 4 构造控矿特征

左家庄金矿含矿构造具有多期活动的特征, 早期为较深层次韧性压扭性构造, 构造岩中可见明显的矿物定向排列和旋转碎斑; 成矿期为中浅层次的韧—脆性左旋剪切扭动构造; 晚期为浅层次的脆性碎裂构造。构造带总体展布方向近东西向, 产状  $340-5^\circ/145-70^\circ$ 。左家庄金矿的主矿体硫化物石英脉呈透镜状, 并具有尖灭再现, 膨胀收缩的特征。根据矿体的展布及不同部位的产状变化和构造活动性质, 我们认为硫化物石英脉矿石为成矿热液流体沿左旋剪切扭动作用所形成的构造隐蔽面局部张性空间充填所致 (图 2)。

#### 5 成矿作用及矿床成因

##### 5.1 氧同位素

对左家庄金矿床的矿化原岩、蚀变岩石及矿石分别进行了全岩  $\delta^{18}O$  测定, 其数值依次为 10.31‰、11.91‰、12.39‰, 反映由矿化原岩→蚀变岩→矿石,  $\delta^{18}O$  值明显提高。根据热液蚀变体系氧同位素平衡交换原理:  $\delta^{18}O_{i,水} + \delta^{18}O_{i,岩} - \delta^{18}O_{f,水} + \delta^{18}O_{f,岩}$  [2] (i 岩、f 岩分别代表原岩、蚀变岩石), 如果  $\delta^{18}O_{i,岩} > \delta^{18}O_{f,岩}$ , 则成矿介质水应属富<sup>18</sup>O 的“同生建造水”或“变质水”。变质水一般是指区域变质作用过程中, 矿物因发生重结晶, 脱水而分泌出的流体, 区域变质最早的脱水反应是硬柱石转变成黝帘石, 其温度为 345—370℃, 相当于绿片岩相的起始温度, 而矿床附近石炭系及泥盆系主要为一套泥质、粉砂质板岩, 其变质程度低于绿片岩相, 不可能发生大量的矿物脱水而形成广泛的变质成矿热液, 因此本区的成矿介质水应属同生建造水, 即

① 杨国林、孟舞平, 黄铁矿热电性作为金矿找矿矿物学方法应用的机理探讨, 第三次全国重砂矿物学术会议交流材料, 1991.

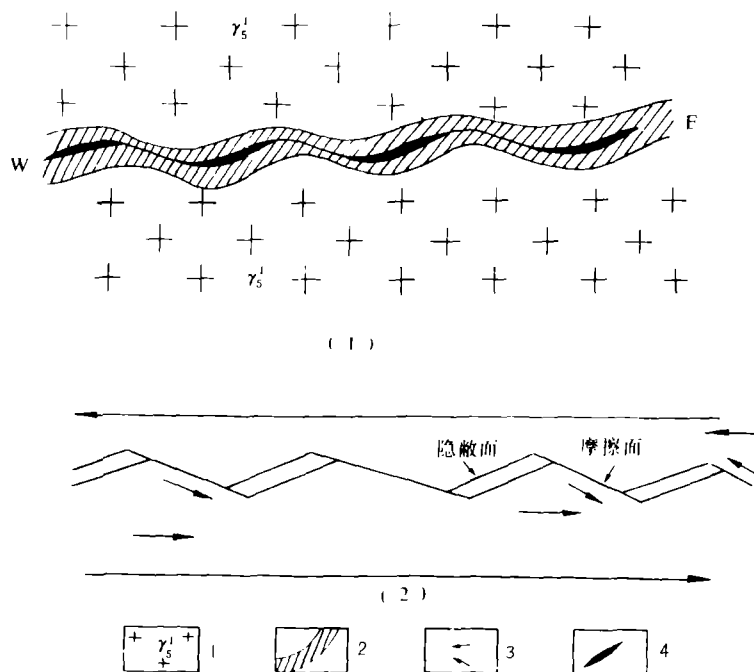


图2 左家庄金矿构造成矿示意图

Fig. 2 Sketch map showing tectonic-mineralization in Zuojiashuang gold deposit

(1) 矿体的展布规律 (orebody distributed regularity); (2) 矿体形成的力学机制 (mechanics principle on orebody formed); 1—印支期花岗岩 (Indo-Chinese epoch granite); 2—构造蚀变带 (structure alteration zone); 3—构造应力及派生应力方向 (tectonic stress and induced stress direction); 4—硫化物石英脉 (sulfide quartz vein);

成矿介质水来源于近矿围岩中石炭统草凉驿组。

## 5.2 硫同位素

表4为左家庄金矿床硫化物硫同位素分析结果,从表中我们可以看出,主成矿期黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围很窄,12.65%—13.41%,闪锌矿、方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 有所降低,根据同位素平衡交换反应原理,当反应达到平衡时,共生的硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 按下列顺序减少:黄铁矿 $\rightarrow$ 黄铜矿 $\rightarrow$ 闪锌矿 $\rightarrow$ 方铅矿<sup>[3]</sup>,此规律与左家庄金矿硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 变化规律相一致,亦反映该矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 变化很小。左家庄金矿的重矿物组合以黄铁矿为主,后期出现方铅矿、闪锌矿、毒砂、黄铜矿等,在热液成矿作用过程中,毒砂的出现且未见硫酸盐,表明成矿作用具有较低的氧逸度。黄铁矿、毒砂、方铅矿又作为主要的硫化物和载金矿物,其很窄的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围,表明硫来自单一源,且成矿热液体系处于相对封闭系统,溶液以 $\text{H}_2\text{S}$ 占绝对优势。当成矿作用达到平衡时,黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值可近似代表成矿溶液的硫同位素组成,因此可估算出左家庄金矿成矿溶液的 $\delta^{34}\text{S}$ 约为+13%左右,此值的地质意义在于明显的反映了地层硫特点,而且暗示着金的来源。也就是说左家庄金矿的硫和成矿物质主要来源于近矿围岩中石炭统草凉驿组。

表4 左家庄金矿硫化物硫同位素分析结果(‰)

Table 4 Sulfur isotope composition of the gold ore sulphide in Zuojiashuang (‰)

样号	联样位置	岩性	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$
93P35	KD412-1	黄铁矿脉	黄铁矿	13.41
93P37	KD412-6	黄铁矿脉	黄铁矿	13.02
93P41	KD411 主巷 267m	含硫化物石英脉	黄铁矿	12.65
93P42	KD411 主巷 167m	含硫化物石英脉	闪锌矿	10.46
93P43	KD411 主巷 145m	含硫化物石英脉	方铅矿	8.54

样品由地矿部宜昌地研所测定

### 5.3 矿床成因

通过左家庄金矿床的矿床基本特征、主要控矿因素及氧、硫稳定同位素的研究,我们认为左家庄金矿矿质主要来源于附近(外接触带)中石炭统草凉驿组浅变质细碎屑岩和碳酸盐地层,成矿介质水为中石炭统地层的同生沉积建造水;热液主要为印支期后热液脉体活动和构造动力热效应。其成矿作用为印支期后断裂构造作用,并伴随有较频繁的深部岩浆热液脉体活动,使得外围地层中的同生建造水在构造挤压和热作用下排出并淋滤地层中的成矿物质,沿构造破裂面运移上行,在局部张性空间充填沉淀,形成左家庄金矿床,矿床成因类型属热水溶滤型。

### 6 参考文献

- 1 尚瑞钧,严阵等.秦巴花岗岩.中国地质大学出版社,1988.
- 2 张理刚.稳定同位素在地球科学中的应用.陕西科学技术出版社,1985.
- 3 南京大学地质系编.地球化学.科学出版社,1979.

## THE DEPOSIT FEATURE OF ZUOJIAZHUANG GOLD DEPOSIT IN SHAANXI PROVINCE

Quan Zhigao

(Research institute NO. 203, nuclear industry)

### Abstract

The metallogenic matter come from near ore stratum, the hydrothermal water come from syngenetic sedimentation water, and formation of the sulfide quartz vein are ore-bearing hydrothermal fluid be filled along hidden face of the sinistral shear fault be recognized in Zuojiashuang. The pyroelectricity is measured to main carrying-gold mineral pyrite, the result reflected that the pyrite is hole conduction, and have calculated deposit to denude no much,

(下转 32 页)

---

**Key Words** geotectonic evolution mineralization zone gold deposit (type) south—western of Sichuan

**作者简介** 葛良胜 男 1966年7月15日生,1991年毕业于中国地质大学(北京)矿产系矿床学专业,获理学硕士学位,现在武警黄金地质研究所从事金矿地质科研工作。通讯地址:河北省廊坊市武警黄金地质研究所矿床室;邮编:102800。

---

(上接 39 页)

belong to upper outcropping.

**Key words** Zuojiazhuang gold deposit ore—bearing structure syngenetic sedimentation water Shaanxi province

**作者简介** 权志高 男 1956年生,1982年毕业于南京大学地质系,现在核工业西北地质局203研究所从事金、铀矿床地质研究,高级工程师。通信地址:陕西省咸阳市11号信箱;邮政编码:712000。