

# 湖北随枣地区黑龙潭—封江金矿田成矿特征及控矿因素研究

李书涛

(湖北第八地质大队)

摘要: 本文对黑龙潭—封江金矿田成矿特征进行了详细论述后, 认为该金矿田受区内地层、花岗岩浆热源及韧—脆性剪切带构成的三位一体的联合控制, 并为成矿作用提供成矿物质、热流体及其运移通道和沉积空间, 是矿田的主要控矿因素。

关键词: 金矿田 成矿特征 韧—脆性剪切带 黑龙潭—封江

## 1 成矿地质背景

本区位于华北与扬子两大地块的接合部位—东秦岭构造带南侧, 桐柏—大别造山带北西端。属加里东期随枣北部碰撞褶皱带即刘升—黑龙潭近东西向剪切带东段。

区内以北西向新(城)—黄(陂)剪切带为北东边界。出露地层主要有中元古界大狼山群柳林组( $Pt_2L$ )、上元古界震旦系下统过路湾组( $Z_1g$ )及上统尚家店组( $Z_2sh$ )。其地层分布见图1、表1。

随着印支—燕山造山运动的发展, 本区受到多期次构造叠加改造, 相继出现了大规模伸展滑脱、逆冲推覆、脆性断裂构造(图2), 在滑脱(推覆)面上堆垛状构造岩片极为发育。区内新(市)—太(山庙)剪切带、青(苔)—封(江口)剪切带控制着整个区域金、银多金属矿产的分布, 其中贵金属、多金属矿以构造蚀变岩型和石英脉型为主。区内分布有燕山期七尖峰花岗岩基、小规模基性岩侵入体及各类岩脉。

## 2 金矿田地质特征

### 2.1 矿源层

本区金矿源层以大狼山群柳林组及下震旦统过路湾组为主, 部分矿质来自七尖峰花岗岩, 其成矿元素丰度值见表2。

从表2中可知, 七尖峰花岗岩及滑脱(推覆)界面附近变质地层中虽成矿元素丰度值

收稿日期: 1996年12月

表1 区 域 地 层 对 比 表

地 层 系 统			地 区 时 限 (Ma)	湖北武当 地 区	湖 北 随 州 —— 枣 阳 一 带			备 注
					地层名称	代号	岩 性 特 征	
新生界	第四系	全新统				Q <sub>4</sub>	砂、砂砾及砾质粘土	
中生界	第三系	白垩系				K—R	砾岩、砂砾岩、粉砂岩及砂岩等	
古生界	寒武系	上中统			六合湾群	εlh	大理岩	
		下统			大堰角组	εld	含炭硅质板岩及薄层硅质岩	
上元古界	震旦系	上统		灯影组	青山寨组	Z <sub>2</sub> q	灰黑色中—厚层硅质岩及白云石大理岩	
				陡山沱组	尚家店组	Z <sub>2</sub> sh	上部 白云石大理岩 中部 白云石英片岩夹大理岩透镜体 下部 含炭白云石英片岩、底部见大理岩透镜体	
		下统	850	耀岭河群	过路湾组	Z <sub>1</sub> g	变中基性火山岩及火山碎屑岩，主要岩性为含绿帘石岩团块钠长绿帘绿泥片岩、绿泥绿帘钠长片岩夹白云钠长片岩	矿
中元古界	青白口系 蓟县系 长城系		1900	武当群	大狼山群 柳林组	Pt <sub>2</sub> l	变中酸性火山岩、其岩性为上部钠长片岩，绿帘钠长片岩夹阳起白云钠长片岩、白云钠长片岩，含钠长石晶屑，下部白云钠长片岩夹含阳起白云片岩及钠长片岩，含钠长石晶屑。	源 层
下元古界					桐柏群	Pt <sub>1</sub> — 2tn	桐柏山杂岩，原岩为酸性和中基性火山岩及火山碎屑岩。	

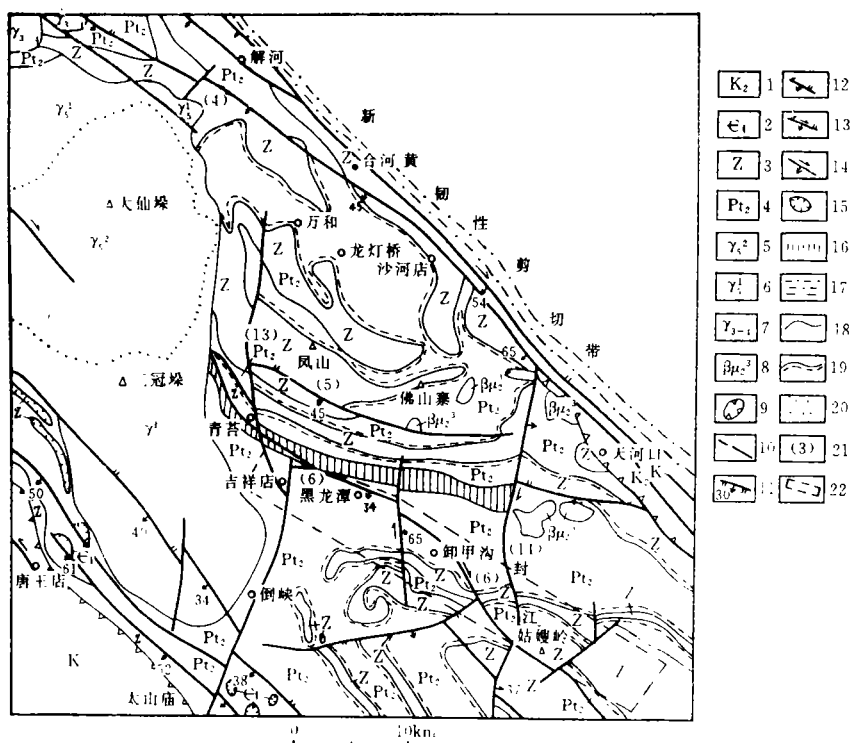


图1 黑龙潭—封江金矿区域地质图

1. 上白垩统 2. 下寒武统 3. 震旦系 4. 中元古界 5. 燕山期花岗岩 6. 印支期花岗岩 7. 加里东—海西期花岗岩 8. 晚元古代变辉长辉绿岩 9. 盆地 10. 推测断层 11. 正断层及产状 12. 逆断层及产状 13. 平移逆断层 14. 平移断层 15. 飞来峰 16. 高压兰闪片岩带 17. 糜棱岩带 18. 构造层侵入界线 19. 滑脱面 20. 侵入岩过渡界线 21. 断层编号 22. 金矿田花园

普遍偏低，但相对富集程度较高。表明成矿元素受到构造及岩浆热液影响从地层中萃取结果而加高。

## 2.2 金元素异常分布及其矿（化）体特征

### 1) 土壤地化异常分布

区内次生晕异常严格受断裂蚀变带控制，主要沿北西向剪切蚀变带及顺层滑脱面呈带状、椭圆状及不规则状分布，其组合形态与区内构造格架基本吻合（图3）。

### 2) 岩石地化异常特点

区内原生晕异常与矿体在空间上紧密相伴，主要指示元素中单元素异常围绕矿体呈环带状分布（如图3），具有明显的浓集中心和变化梯度，其浓集中心指示矿（化）体位置。

表2 矿田各地层及花岗岩体微量元素丰度值及相对富集系数 (K)

地 层		样数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Hg	W	Mo
Z <sub>2</sub> sh	Z <sub>2</sub> sh ←—	19	7.87	0.156	54.09	30.77	149.44	24.54	0.007	1.75	6.24
	K <sub>1</sub>		19.68	1.04	3.22	1.23	3.98	3.65	0.047	0.053	1.17
Z <sub>1</sub> g	Z <sub>1</sub> gc	38	2.02	0.066	31.02	8.06	77.27	2.68	0.005	1.12	0.19
	Z <sub>1</sub> gb	64	1.89	0.114	22.08	11.43	70.54	4.30	0.008	0.74	0.43
	Z <sub>1</sub> ga ←—	48	1.65	0.138	25.52	13.0	89.6	3.37	0.007	1.81	0.27
	K <sub>2</sub>		4.65	0.73	1.51	0.45	2.09	0.53	0.047	0.035	0.06
Pt <sub>2</sub> l	Pt <sub>2</sub> l <sup>b</sup>	94	1.86	0.204	14.36	13.42	76.20	1.84	0.006	1.93	0.19
	Pt <sub>2</sub> l <sup>a</sup>	25	2.00	0.476	13.86	32.71	73.38	2.20	0.018	2.79	0.22
	K <sub>3</sub>		4.73	1.73	0.85	0.70	2.02	0.28	0.06	0.059	0.036
七尖峰花岗岩		18	0.48		14.62	27.72	51.1			0.36	2.25

→为滑脱面

表3 矿体不同部位有关参数

含量及比值 矿体部位	累加指数	Li (10 <sup>-6</sup> )	Li <sup>2</sup> Au.As	K Li	Rb Li	F Cl
矿 上		>40.0	>23.0	<2000	<0.5	<4.0
矿 体 上	>1.0	>12.0	>3.0	<3000	>5.0	4.8
矿 体	>0.7	>6.0	>0.5	<4000	>9.0	>8.0
矿 体 下	>0.2	>5.0	>0.2	<5000	>15.0	>16.0
矿 下	<0.2	>3.0				

通过围岩、蚀变岩、不同类型矿石及其矿异常的微量元素相关统计分析表明,区内Au、Ag为成矿元素,前缘晕元素主要As、Sb、Hg,尾晕元素主要为Mo、Sn、Bi。As、F、K、Rb为金矿化阶段组份,形成明显异常,Li、Cl为带出组份,Au、Ag为带入组份。矿体中主要指示元素含量在轴向上行为标志如累加指数、及F/Cl值等在矿体各部位的变化规律直接指示矿体向深部延伸、尖灭或隐伏。见表3。

结合本区断裂蚀变带内金矿(化)体所在位置建立如下综合构造地化模式(图4)。

3) 矿化体特征

组成矿田中金矿床矿(化)体分布于剪切蚀变带内,总体产状与剪切蚀变带产状基本一致,走向290°~300°,倾向南西,倾角35°~45°。其中黑龙潭金矿体向北西侧伏,卸甲沟金矿体向南东侧伏,矿体在三度空间有膨缩、尖灭、再现和局部分支复合现象,并呈左行斜列。矿体成群出现、分段集中,多呈透镜体状、脉状、似层状、扁豆状等。单矿体规模不大,厚度变化系数在30~50%之间。

2.3 成矿流体特征

1) 温度: 区内石英流体包裹体均一温度一般为168℃~258℃(图5)。其中黑龙潭矿床均一温度深部为245℃,浅部为218℃,平均值为223.87℃,封江矿床均一温度早期为258.33℃,晚期为173.5℃,平均值为196.93℃,而晚期切割蚀变带的钾长石脉爆裂温度为340℃,表明成矿期后仍有岩浆热液活动。

2) 成分: 矿田中部分包裹体化学成分: 阳离子中 $Na^+/K^+ > 1$ ,  $Na^+/Ca^{2+} + Mg^{2+} < 1$ , 阴离子中 $HCO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、大于 $Cl^-$ ,  $HCO_3^-/Cl^-$ 为5.95~2.5,  $Cl^-/F^-$ 为4~13。

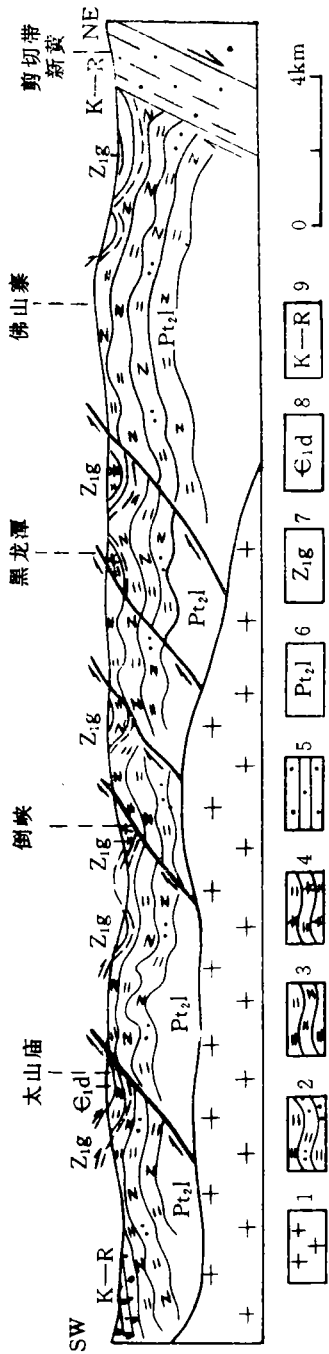


图2 逆冲推覆构造

1、花斑, 2、白云石英片岩, 3、白云钠长片岩, 4、闪长片岩, 5、砂砾岩, 6、中元古界柳林组, 7、下震旦统过路湾组, 8、下寒武统大腰角组, 9、白垩—第三系

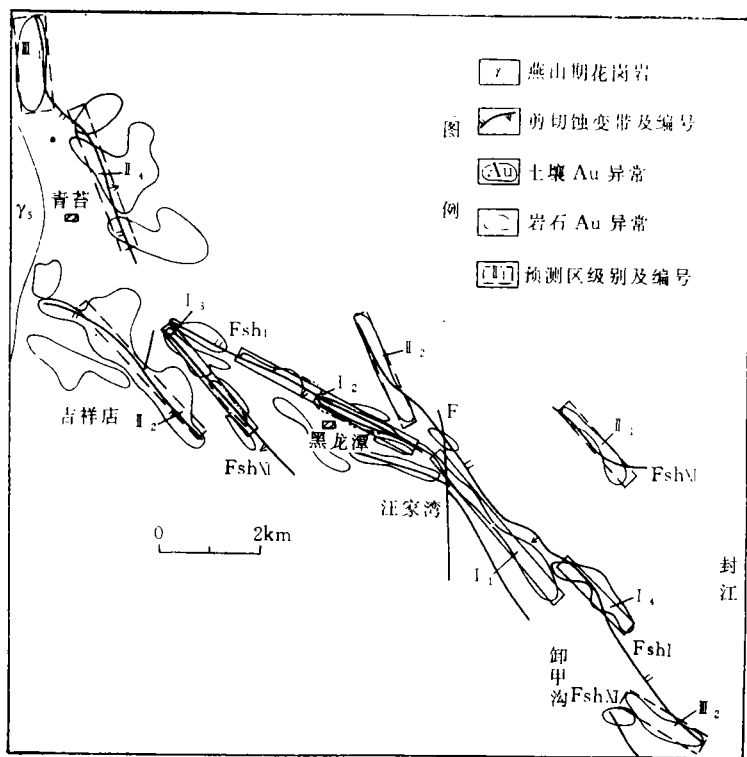


图3 黑龙潭—封江金矿田地球化学异常及成矿预测图

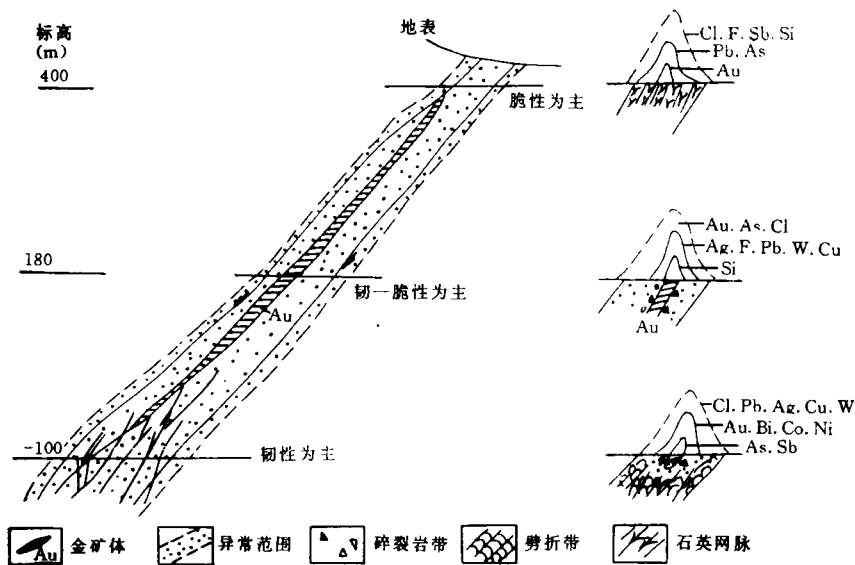


图4 黑龙潭—封江金矿断裂蚀变带综合构造地球化学模式

表4 矿物生成顺序表

成矿区 成矿阶段 矿物	动力变质热液期				气成热液期		表生期
	少金—弱 黄铁矿英 岩化阶段	金—强黄铁 绢英岩化 碎裂阶段	多金—多 金属硫化 物阶段	少金— 黄铁矿白 云石化阶段	少金—石 英—钾长 石阶段	碳酸盐化 阶段	
石英							
绢云母							
黄铁矿							
微斜长石							
自然金							
自然银							
含银自然金							
银金矿							
碲金矿							
含金碲银矿							
碲金银矿							
辉银矿							
碲银矿							
螺状矿硫银							
方铅矿							
黄铜矿							
闪锌矿							
黑钨矿							
斑铜矿							
黝铜矿							
辉铜矿							
蓝辉铜矿							
铀锡铜银矿							
砷铂矿							
方解石							
白云石							
重晶石							
高岭石							
蒙脱石							
褐铁矿							
针铁矿							
黄钾铁矾							
菱铁矿							
铜蓝							
白铁矿							
锐钛矿							
角银矿							

(表中“铀”应为“硫”)

包裹体气相成分中含有CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O为0.035~0.118。含矿溶液属HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) Cl—Na—Ca (K) 型。

液体包裹体盐度、密度见图5。成矿热液属中等盐度及中等密度。

3) 压力及深度：成矿流体包体压力为中等。其中黑龙潭矿床压力均值为 423.25 × 10<sup>5</sup> Pa，封江矿床则为347.31 × 10<sup>5</sup> Pa。利用经验公式（据徐国凤）计算黑龙潭矿床成矿压力为216.80 × 10<sup>5</sup> Pa，成矿深度为0.72Km，封江矿床成矿压力为 182.43 × 10<sup>5</sup> Pa，成矿深度为0.61Km。

综上所述，本矿田金金属浅成中低温热液型金矿。

2.4 成矿作用

本区金矿成矿作用与热液蚀变作用密切相关，成矿作用与成矿期次相一致。根据新生矿物生成顺序（见表4）及共生关系演化特点、各岩脉穿插关系将成矿作用划分为热液期、表生期；而热液期成矿作用分为动力变质热液期与气成热液期，共划分三期六个阶段。见表5所示。

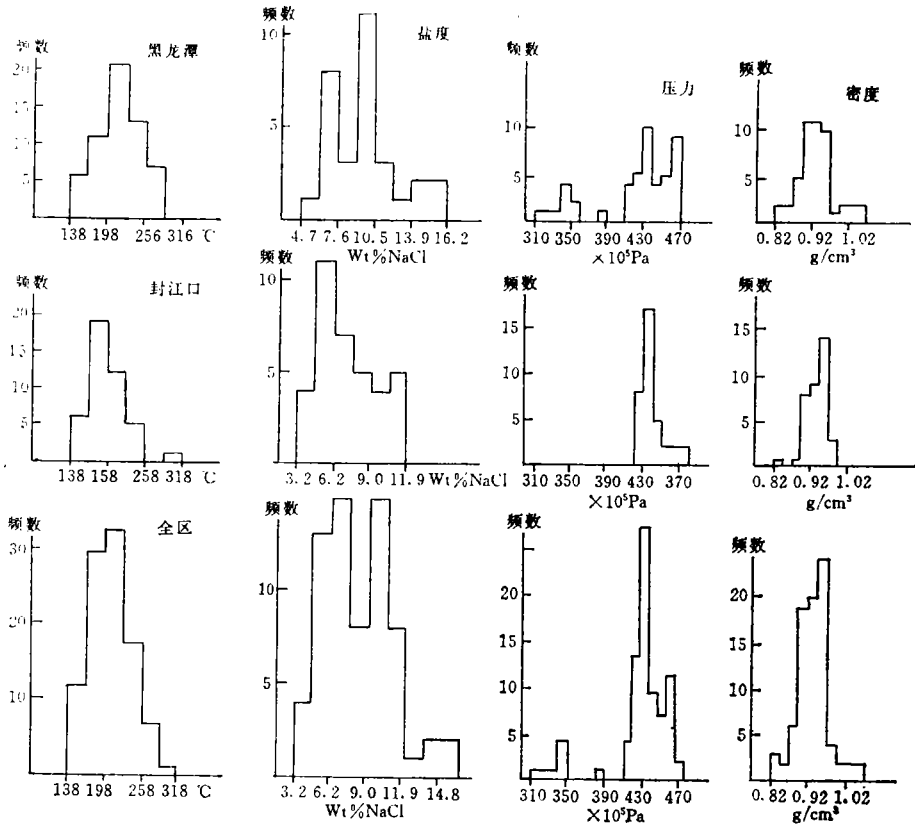


图5 石英流体包裹体温度、盐度、压力、密度直方图



表5 成矿期次划分表

期次 特征段	动力变质热液期				气成热液期	表生期
	少金—— 弱黄铁绢 英化阶段	金——强黄 铁绢英岩化 碎裂阶段	多金—— 多金属硫 化物石英 脉阶段	少金—— 黄铁白云 石化阶段	少金—— 石英钾长 石阶段	次生富集 阶段
主要 矿物 成分	以黄铁矿、 石英为主， 绢云母为 次，含微 量银金矿	大量黄铁矿、 石英、绢云 母，出现金 ——银互化 物，金、银 的硫化物、 碲化物	大量石英， 出现多金 属硫化物， 金——银 互化物	出现黄铁 矿、白云 石及少量 石英、绢 云母，见 银金矿	出现石英、 微斜长石， 见金银、 矿物	褐铁矿、 黄钾铁矾 角银矿， 铜蓝、白 铅矿
蚀变形式	弥散状	脉状、弥散状	脉状	脉状、弥 散状	脉状、弥 散状	
构造变动	形成折曲	多次破碎、 张剪断层	剥离断层	张剪裂隙	张剪裂隙	
主要 标志	浸染状黄 铁矿化、 石英化	脉状或浸染 状黄铁矿化、 石英化、绢 云母化	脉状石英 充填	草莓状黄 铁矿浸染、 浸染状、 脉状白云 石化	脉状钾长 石石英充 填	黄钾铁矾 化，具蜂 窝状构造
成矿温度	160℃	180~200℃	200~220℃	140~160℃	220~280℃	常温
成矿意义	较大	很大	很大	大	较大	大

### 3 控矿因素

#### 3.1 围岩

区内金矿床顶、底板岩石为大狼山群变中、酸性火山岩及下震旦统过路湾组变基性火山岩和火山碎屑岩，变质岩石类型为白云钠长片岩、钠长阳起片岩及黄铁绢英岩化岩石（近矿围岩）。

#### 3.2 构造

本区位于逆冲推覆构造中带（图2）。强应变带与弱应变域相间排布，多期次斜歪倒转褶皱叠加，韧性、韧脆性、脆性剪切带发育。根据区内构造特征及其与矿化的关系将区内构造划分为成矿前、成矿期、成矿后构造。

1)成矿前构造：该期褶皱与高压兰闪片岩共存，被后期构造叠加改造成非筒状，管状，其轴部常被透镜状刚性岩块所占据。本期断裂主要为北西—南东向挤压断裂及北东

一南西向张性断裂，它们往往被片状绢云石英岩及各类脉岩所占据。

2)成矿期构造：本期褶皱形成是以成矿前褶皱轴为褶皱面再次发生褶皱，在区内表现为东部宽缓开阔，西部紧密呈线状。成矿早期褶皱为规模较大的斜歪褶皱，轴面倾向南西，向北东倒转，枢纽呈“S”形弯曲。

在本期褶皱的同时相应产生了北西—南东向剪切带（图1中〔6〕），成为区内一级控矿剪切带（青一封剪切带组成部分）。总体走向290~330°，倾向南西，倾角45°~60°，平面上呈分支复合现象，而伴生的次级张（剪）性断裂为容矿构造，与主断裂呈“入”字形斜交。

该期剪切带具有明显的韧—脆性特征，由剪切带向外构造片理方向逐渐偏转，具强烈韧性牵引构造，带内及附近发育多期挤压流动构造、伸展流动构造（石香肠化石英脉）及大小不等的剪切透镜体（图6）。早期韧性作用形成糜棱岩及千糜岩，后期脆性作用迭加形成“构造混杂岩”。糜棱岩具石英拔丝，绿泥石云母解理弯曲，扭折、搓断、局部残留雪球构造。石榴石和长石具旋转碎斑、长石亚颗粒、压力影构造，不对称眼球状构造，剪切条带构造，旋转菱形变条杏仁体等。

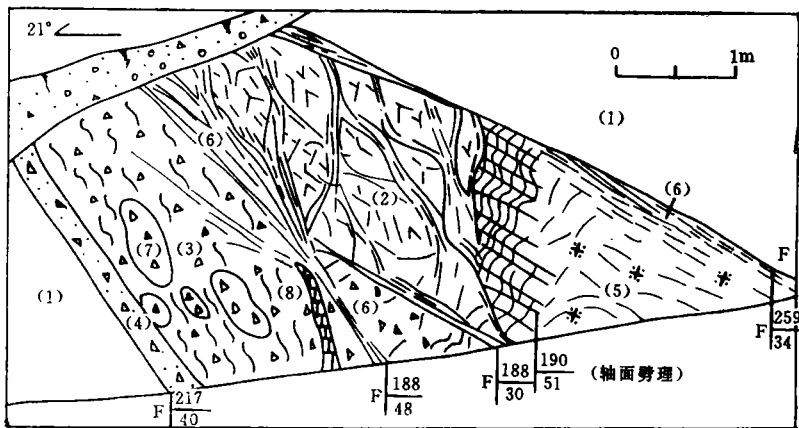


图6 TCO韧性剪切带构造素描图（黑龙潭矿区）

- (1) 白云钠长片岩 (2) 构造透镜体及边缘的剪切滑动带 (3) 碎裂蚀变岩 (4) 角砾岩  
(5) 残余片状绢云石英岩 (6) 剪切片理带 (7) 透镜状角砾岩 (8) 石英脉

带内S—C组构及拉伸线理发育，如杆状构造、石香肠、窗棂构造，交面线理亦较发育。

带内发育两组由南向北逆冲的合行平移及左行平移断层。

3)成矿后构造：其褶皱表现为在北西向褶皱基础上叠加了北东向或近南北向褶皱，呈宽缓开阔短轴对称，枢纽向北东翘起；而该期断裂则截切成矿期剪切带，呈北东走向，对成矿起破坏作用。

总之，本区构造具多期活动性，总体上反映出由塑性变形到脆性变形转化特征。

### 3.3 蚀变

本区蚀变类型较多，形式复杂，主要有黄铁绢英岩化、硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化等。

蚀变且具分带性，水平分带一般由中心向两侧为黄铁绢英岩带—绢云母或石英带—围岩，矿体则产于黄铁绢英岩带中，多金属硫化物石英脉则产于剪切带两侧；垂直分带自上而下为石英带（标高>170m， $Ag/Au>60$ ），石英绢云母带（标高170—150m， $Ag/Au=50\sim10$ ），钾长石带（标高50m， $Ag/Au<10$ ），金矿体主要赋存于石英绢云母带中。

### 3.4 成矿物质来源

1)据区内70个硫同位素样品统计表明，黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值一般在1.5~8.5‰之间，平均为5.2‰，具明显塔式效应，见图7。即成矿溶液中硫的均一化程度较高，且 $\delta^{34}S$ 值接近于陨石硫的 $\delta^{34}S$ 值，说明硫源与岩浆有关，而区内围岩中黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值与蚀变岩的 $\delta^{34}S$ 值具有相似特征。其中黑龙潭矿床围岩中黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值略低于蚀变岩，封江矿床中围岩的黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值略高于蚀变岩，说明蚀变岩与围岩硫具有相同的来源。

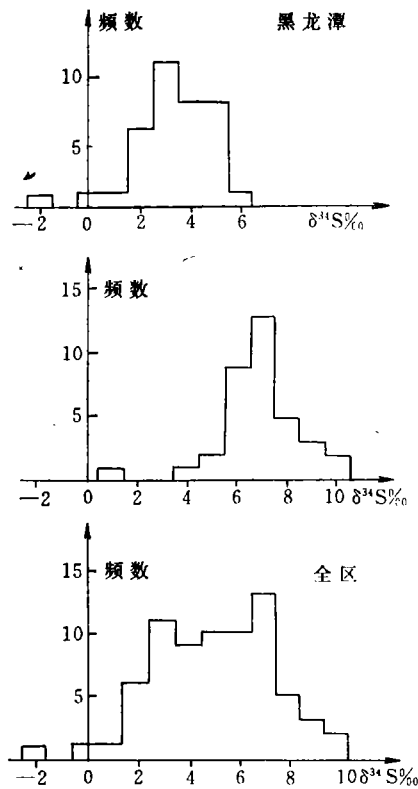


图7 硫同位素直方图

2) 区内金矿石中石英 $\delta D$ 值分别为 $-67.1\%$ 、 $-79.4\%$ ， $\delta^{18}O$ 值分别为 $+10.87\%$ 、 $+11.58\%$ ，而七尖峰花岗岩中(大仙垛岩体)石英 $\delta D$ 值为 $-83.1\%$ ， $\delta^{18}O$ 值为 $9.54\%$ 。因天水参与， $\delta^{18}O$ 特征值具漂移现象，推测成矿流体在主成矿期以变质热液为主，天水次之，后期岩浆水的迭加形成混合流体。

3) 铅同位素：以区内三个方铅矿、一个黄铁矿获得Pb同位素结果投在 $^{206}Pb/^{204}Pb \sim ^{207}Pb/^{204}Pb$ 座标图上，均在8亿年左右，大体沿8~9u值两个增长曲线演化(图9)，说明它们具有相同的物源和演化史，且Pb来源单一。

综上所述，矿田内金矿成矿物质来源于变质地层(围岩)及燕山花岗岩期后热液。

### 3.5 成矿规律

#### 1) 成矿模式及成因类型

根据矿田内地层、构造、岩浆岩、围岩蚀变特征及成矿作用可建立如图8成矿模式。

以上表明本区金矿床成因类型为与火山岩有关的中—浅成低温混合热液蚀变岩型及石英脉型金矿。

#### 2) 富集规律

由于岩石圈及其地块的“开”、“合”旋回演化，本区从加里东期到燕山期经历了伸展滑脱—逆冲推覆—拉伸盆地(脆性断裂)构造作用，从而使区内Au元素从矿源层中逐步萃取、迁移、富集。而金矿的形成与逆冲推覆构造作用的剪切变形密切相关。早期区内剪切带具塑性变形特征，应力逐渐加强，形成糜棱岩使Au元素在剪切带内进一步富集；中期剪切带处于塑性—脆性变形阶段，应力高度集中，由于岩浆期后热液与构造热液形成混合流体在压力梯度与温度梯度影响下渗滤循环，产生交代作用，在温度为 $213^{\circ}C \sim 341^{\circ}C$ 之间，压力为 $182.4 \sim 216.8 \times 10^5 Pa$ ，深度在2Km内Au元素便开始沉淀成矿；晚期为脆性变形，应力释放，Au元素大量沉淀形成银金矿体。

主要成矿作用发生在热液期石英绢云母化阶段及多金属硫化物石英化阶段，为韧性剪切向脆性剪切转变的过渡性阶段。

## 4 成矿远景

根据矿田内地层、构造，岩浆岩及其与金矿成矿关系、矿床成矿规律及其地球化学特征，将成矿远景区划分为三个级别共十个预测区，见图3，其中一级预测区四个，二级预测区四个，三级预测区二个。

通过元素组合分带及各地球化学指标判断在I、II级预测区内有隐伏矿(或盲矿)体的存在。同时，在环绕七尖峰花岗岩体附近，尤其在新一黄剪切带南西侧次级剪切带与顺层滑脱面交合部位具有寻找同类型金矿的前景。

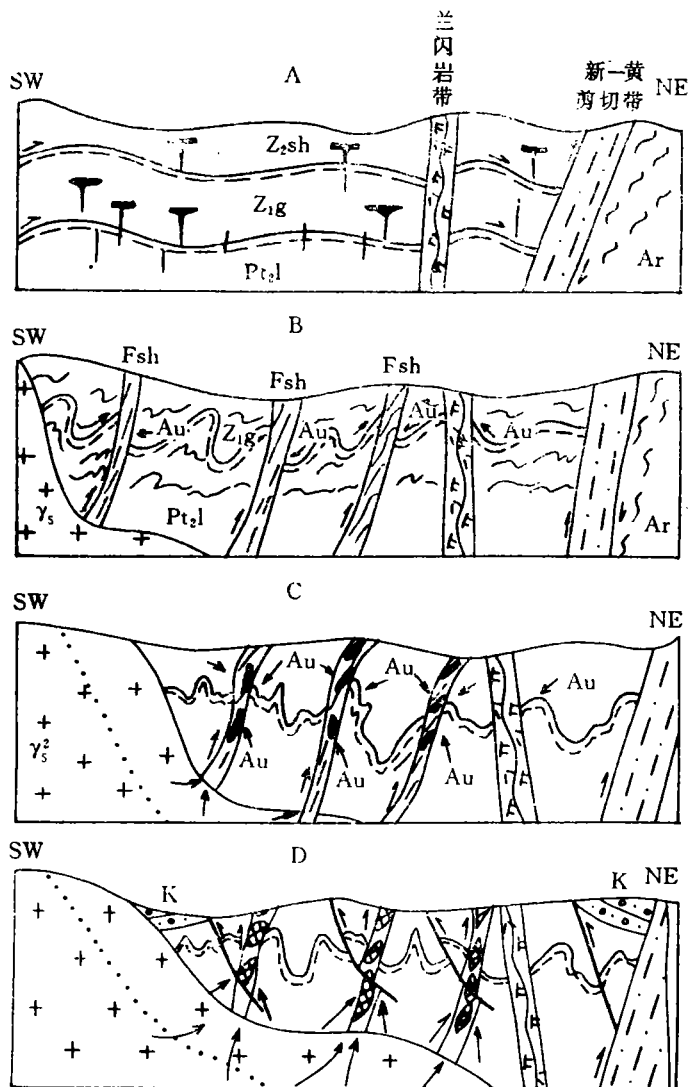


图8 黑龙潭—封江金矿田成矿演化模式图

- A—加里东—海西期 受顺层剪切作用产生伸展滑脱形成区域变质，Au元素沿滑脱面迁移富集。
- P—印支期 韧性逆冲推覆构造三合店发生花岗岩浆侵入，岩浆及构造联合形成混合热液萃取围岩中Au元素，使Au元素在剪切带中进一步富集，局部形成矿化体。
- C—燕山早期 大仙朵花岗岩浆再次侵入，逆冲推覆构造进入韧性阶段，岩浆期后热液与动变质热液混合交代剪切带内岩石，使Au元素大量沉淀形成银金矿体。
- D—燕山晚期 拉伸断陷红盆形成，成矿后期脆性断裂持续进行，近地表矿体在氧化条件下发生次生富集。

## 5 结语

本区金矿田产于北西向韧性—脆性剪切带内及其与分支剪切带交汇部位，矿体的形成与七尖峰花岗岩的侵入具有时空一致性，为顺层伸展滑脱作用之后的逆冲推覆构造所形成的韧性—脆性剪切作用发展过程的产物。区内地层、花岗岩浆热源及韧—脆性剪切带构成的“三位一体”联合控制着金矿的形成，它们为成矿作用提供成矿物质、热液流体及其运移通道和沉淀空间，成为本区主要控矿因素。

本文在编写过程中承蒙天津地矿所研究员秦正永和湖北省第八地质大队总工程师张景德的亲临指导，文中图表由王汉萍同志清绘，在此一并致谢。

### 参 考 文 献

- 〔1〕 朱志澄、宋鸿林，构造地质学，中国地大出版社 1990
- 〔2〕 郑亚志、常志忠，岩石有限应变测量及韧性剪切带，地质出版社，1985
- 〔3〕 杨敏之，金矿床新类型、金矿床地球化学、金矿床成矿预测原理（上、下册），冶金部天津地质研究所
- 〔4〕 卢焕章、李秉伦等，包裹体地球化学，地质出版社 1990
- 〔5〕 许荣华等，稀土地球化学和同位素地质新方法，地质出版社 1985
- 〔6〕 刘忠明等，随州逆冲推覆构造，湖北地质科技信息 1994 2
- 〔7〕 湖北省第八地质大队有关随州黑龙潭及封江金矿地质资料 1992