

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2018.04.004

湖北省罗田县陈林沟金矿床地质特征 及矿床成因

邹院兵,刘兴平,范玮,李俊,蔡立元

(湖北省地质局第六地质大队,孝感 432000)

摘要: 陈林沟金矿床矿体呈脉状赋存于近EW向断裂构造中,矿石类型以石英脉型矿石为主,蚀变岩型矿石为次;矿化从浅部向深部出现由金矿化向金银多金属矿化转变,矿体规模逐渐变大,矿化强度逐渐变强;成矿年龄约为130 Ma±,其形成与燕山期岩浆作用具有时空和成因联系,矿床成因类型为中低温岩浆热液型金矿床。

关键词: 陈林沟金矿床;矿床地质特征;矿床成因;找矿标志;湖北省

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

在湖北省罗田县大崎山境内广泛见金银多金属矿化,其中陈林沟金矿床为目前大别造山带轴部唯一的一处达到小型规模的金矿床。由湖北省地质局第六地质大队完成了该矿床的普查、详查工作。

陈林沟金矿床矿体赋存于一条近EW向断裂构造内,全长大于6 km,地表出露宽2~10 m,矿化以Au、Ag为主,伴生Cu、Pb、Zn;金资源量(332+333)为1.46 t。本文将总结陈林沟金矿床地质特征,探讨矿床成因及找矿标志,以期对大崎山地区乃至大别造山带的进一步找矿工作提供参考。

1 成矿地质背景

大崎山地区位于桐柏—大别山造山带中部,NW向桐柏—浠水断裂与NE向团麻断裂交汇处的东缘。区域上出露的主要地层为古元古界大别岩

群,主要岩石类型为黑云二长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、变粒岩夹大理岩。区内断裂构造以NW向为主导,与NE向、NNE向、近EW向、SN向断裂构造相互交切;区内褶皱发育,以大崎山穹窿规模最大。大崎山穹窿由NW向倒转背斜和NE向背斜组成,NW向芦家河大断裂纵贯大崎山穹窿^[1-2]。区内岩浆活动强烈,主要为新元古代鲤鱼寨英云闪长岩,片麻状二长花岗岩;燕山期徐天寨岩体、龙井埡岩体、祷雨山岩体,岩性主要为二长花岗岩、花岗岩闪长岩。区内金矿主要赋存于大崎山穹窿周边一系列放射状断裂构造内,金矿成矿作用与燕山期构造-岩浆演化密切相关。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质概况

矿区出露的地层为古元古界大别岩群片麻岩—斜长角闪岩组,其地层岩性主要为黑云二长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩夹斜长角闪岩。矿区内构造线

收稿日期: 2018-04-02; 改回日期: 2018-07-04; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 湖北省国土资源科技计划项目(编号:ETZ2017A02)、湖北省国土资源厅基金管理中心项目(编号:鄂土资发[2002]6)、湖北省地矿项目(编号:鄂地矿[2004]17)联合资助。

作者简介: 邹院兵(1989—),男,助理工程师,矿物-岩石-矿床学专业,从事地质调查与矿产勘查工作。通信地址:湖北省孝感市建设路163号,湖北省地质局第六地质大队;邮政编码:432000;E-mail:630456035@qq.com

方向为 NW 向、近 EW 向,其次为 NE 向和近 SN 向,断裂构造性质早期表现为压扭性特征,晚期表现为张扭性特征,具多期活动特点。矿区出露的岩浆岩主要为新元古代片麻状英云闪长岩,燕山期浅肉红色中细粒二长花岗岩(图 1)。据钻孔及物探资料显示,燕山期徐天寨岩体深部存在一巨大花岗岩岩基。

2.2 矿体特征

陈林沟金矿床金矿体赋存于古元古界大别岩群(Pt_1Db^a)、新元古代片麻状英云闪长岩($Pt_3\delta_o$)中的近 EW 向断裂带内(图 1);EW 向断裂带长度>6 km,地表出露宽 2~10 m,沿走向和倾向呈舒缓波状,主体倾向南,局部北倾,倾角较陡,一般呈 $70^\circ\sim 85^\circ$ 。断裂带中蚀变碎裂岩发育,并充填有含金石英脉,其中烟灰色—灰色硅化和黄铁绢英岩化与金矿化密切相关。依据矿体产出状态及含矿断裂的分布规律,自西向东分为马家沟、陈林沟、吴家畈及方家大湾四个矿段。

(1) 马家沟矿段

马家沟矿段位于矿区西部的马家沟一带,该矿

段含矿断裂带长约 1 200 m,宽 3~8 m,产状 $165^\circ\sim 186^\circ\angle 65^\circ\sim 83^\circ$ (图 2)。已圈定 3 个工业金矿体,矿体厚一般 0.50~1.78 m,平均 1.14 m,最厚 6.06 m。控制矿体主要赋存于+220~+330 m 标高段,最大控制斜深 155 m(图 3a),控制埋藏最深部位标高+175 m。单工程金品位为 $w(Au)=1\times 10^{-6}\sim 28.27\times 10^{-6}$,平均 4.81×10^{-6} ;银品位 $w(Ag)=50\times 10^{-6}\sim 513.57\times 10^{-6}$,平均 99.55×10^{-6} 。各矿体特征,如表 1 所述。

(2) 陈林沟矿段

陈林沟矿段位于矿区中西部的陈林沟—黄龙岩一带。该矿段含矿断裂产状变化较大,西侧产状 $355^\circ\sim 5^\circ\angle 70^\circ\sim 80^\circ$,东侧产状 $170^\circ\sim 185^\circ\angle 75^\circ\sim 80^\circ$ 。已圈定工业金矿体 3 个,矿体厚度 0.42~1.05 m,平均 0.69 m。控制矿体主要赋存于标高+20~+240 m 段(图 3b)。单工程金品位为 $w(Au)=1.05\times 10^{-6}\sim 4.36\times 10^{-6}$,平均 2.68×10^{-6} ;银品位 $w(Ag)=72.00\times 10^{-6}\sim 209.43\times 10^{-6}$,平均 127.46×10^{-6} 。各矿体特征,见表 1 所述。

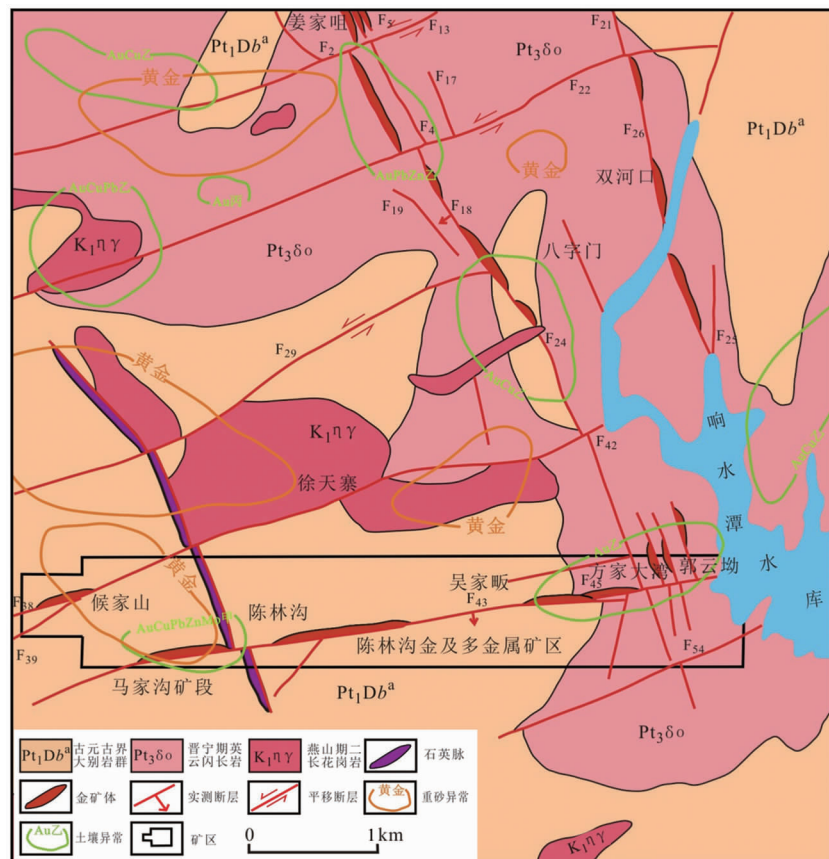


图 1 陈林沟金矿区区域地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the Chenlingou gold deposit

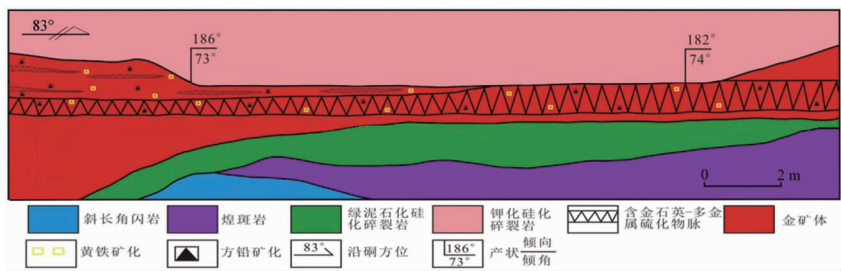


图 2 马家沟矿段 YD6 素描图

Fig. 2 Sketch of YD6 of Majiagou ore block

表 1 陈林沟金矿床各矿体特征

Table 1 Characteristics of ore body in Chenglingou Gold Deposit

矿段名称	矿体编号	矿体形态	规模				产状		平均品位		赋存标高/m
			走向长度/m	倾斜延伸/m	平均厚度/m	变化系数/%	倾向/(°)	倾角/(°)	$w(\text{Au})/10^{-6}$	$w(\text{Ag})/10^{-6}$	
马家沟矿段	I	脉状	260~340	110	1.1	113.06	165~185	65~83	5.23	122.32	220~330
	II	脉状	184~295	155	1.45	57.03	165~185	65~83	5.87	88.3	150~290
	III	脉状	140~252	170	1.1	45.74	165~185	65~83	3.88	130.24	175~330
陈林沟矿段	I	脉状	188	72	0.8		160~175	65~70	1.35	109.75	170~240
	II	脉状	346	170	0.53		160~175	65~70	2.86	145.18	20~190
	III	脉状	80	60	0.75		160~175	65~70	3.85	3.6	90~150
吴家畈矿段	I	脉状	174	20	0.56		160~175	75~85	5.23	81.7	95~115
	II	脉状	174	32	0.59		160~175	75~85	6.92	52.17	80~112
	III	脉状	141~188	45	0.96	56.6	160~175	75~85	9.45	82.41	65~110
方家大湾矿段	I	脉状	406		1.07		150~170	60~75	5.9	30.35	70~140

(3)吴家畈矿段

吴家畈矿段位于矿区中东部的吴家畈一带,含矿断裂产状为 $160^{\circ}\sim 175^{\circ}\angle 80^{\circ}\sim 83^{\circ}$ 。本矿段圈定 3 个工业金矿体,长 600~700 m,矿体厚一般 0.85~1.80 m,平均 1.36 m,最厚 3.25 m。控制矿体主要赋存于+65~+115 m 标高段,最大控制斜深 50 m,控制埋藏最深部位标高+65 m。单工程金品位为 $w(\text{Au})=1.3\times 10^{-6}\sim 22.5\times 10^{-6}$,银品位 $w(\text{Ag})=52.5\sim 190\times 10^{-6}$ 。矿体沿走向厚度变大时,Au、Ag 含量亦随之增高, $w(\text{Au})/w(\text{Ag})$ 值为 1:10,二者呈正相关(图 4)。各矿体特征,见表 1 所述。

(4)方家大湾矿段

方家大湾矿段位于矿区东部的方家大湾一带,含矿断裂产状变化较大,主体产状为 $150^{\circ}\sim 160^{\circ}\angle 75^{\circ}\sim 82^{\circ}$,局部产状 $330^{\circ}\sim 335^{\circ}\angle 75^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。该矿段圈定 1 个金工业矿体,矿体长 406 m,厚 0.62~2.45 m,平均 1.07 m。控制矿体主要赋存于+70~+140 m 标高段。单工程金品位为 $w(\text{Au})=1.47\times 10^{-6}\sim 10.50\times 10^{-6}$,平均 5.90×10^{-6} 。矿体的具体特征参数,见表 1 所述。

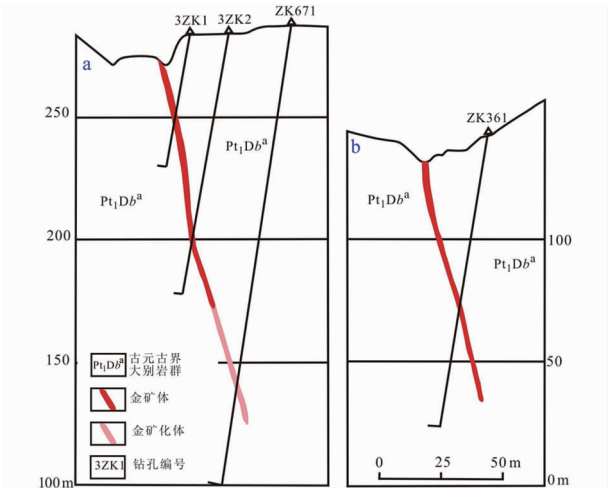


图 3 马家沟矿段 67 线(a)和陈林沟矿段 36 线勘探剖面

Fig. 3 Geological section along exploration line 67 of Chenglingou block(a) and line 36 of Chenlingou block (b)

2.3 矿石特征

(1)矿石组成

矿石中主要矿石矿物为黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿(图 5a—c)及少量自然金、斑铜矿、铜蓝

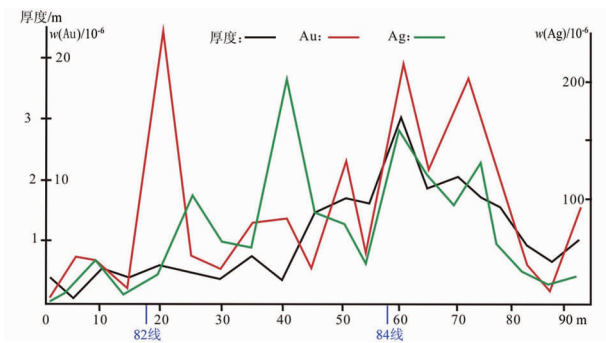


图4 吴家畈矿段品位、厚度变化曲线图

Fig. 4 The variation curve of grade and thickness of ore body in Wujiafan ore block

等,脉石矿物为石英、钾长石、斜长石、绢云母、绿泥石、方解石等。矿石中的黄铁矿化、黄铜矿化、方铅矿化愈强,则金矿化也愈强。

自然金常以裂隙金、晶隙金的形式产于黄铁矿、方铅矿、黄铜矿和闪锌矿的裂隙和晶隙中,或与石英连生,或以包体金包裹于硫化物中;自然金多呈不规则片状、树枝状、少数粒状,片径 $0.01\text{ mm} \times 0.05\text{ mm} - 0.1\text{ mm} \times 0.2\text{ mm}$ 。银以互化物形式如银金矿、金银矿产于方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等硫化物的裂隙和晶隙中,或以硫化物如辉银矿等形式存在。电子探针分析结果显示,金矿物成色较低,自然金的成色为 671—705。

(2) 矿石类型

矿石有三种类型,一为烟灰色方铅矿-闪锌矿-石英脉,二为块状铅锌矿石,三为黄铁矿化方铅矿化硅化碎裂岩。该矿床的矿石类型在纵向上表现为,上部是以石英脉型金银多金属矿为主,下部是以含石英细脉的蚀变岩为主。

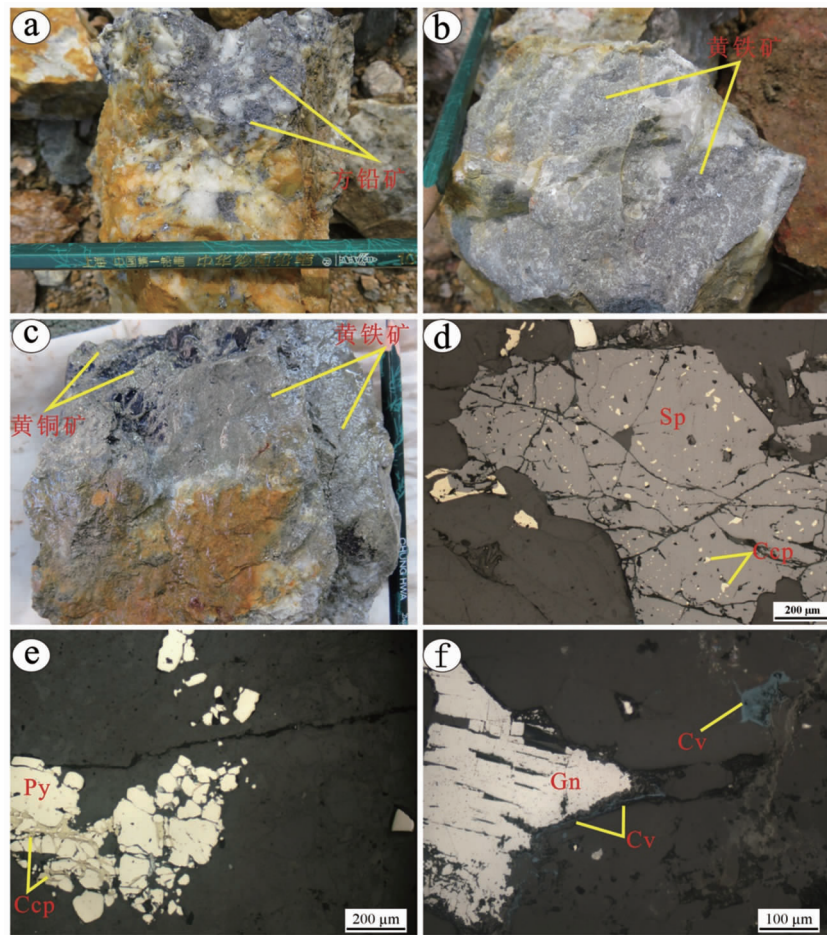


图5 陈林沟矿床金矿石组构特征

Fig. 5 Texture characteristics of gold ores in the chenglinggou deposit

a 含金石英脉中方铅矿; b. 烟灰色硅化中稠密浸染状黄铁矿; c. 块状矿石中黄铁矿和黄铜矿;
d. 闪锌矿中黄铜矿呈定向乳浊状; e. 黄铜矿沿黄铁矿裂隙分布; f. 铜蓝交代方铅矿

Py. 黄铁矿; Ccp. 黄铜矿; Sp. 闪锌矿; Gn. 方铅矿; Cv. 铜蓝

(3) 矿石结构

矿石结构主要为粒状结构、乳浊状结构、交代结构、填隙结构以及包含结构等(图 5d—f), 矿石构造主要有块状构造、脉状构造、细脉-网脉状构造、浸染状构造等。

2.4 围岩蚀变特征

围岩蚀变主要有钾化、硅化、黄铁矿化、绿泥石化, 局部地段发育少量的绢云母化、黄铁绢英岩化、绢英岩化、碳酸盐化等。其中, 钾化为成矿早期蚀变, 沿断裂构造分布, 钾化蚀变边界即为矿化边界; 硅化、黄铁矿化、黄铁绢英岩化与金矿化关系密切, 较好的黄铁绢英岩化蚀变往往指示了矿体的存在, 或其本身即为矿体, 且黄铁矿的碎裂程度愈强, 对金的沉淀越为有利。

2.5 成矿期与成矿阶段

成矿期可分为热液期和表生期。根据矿石组构、石英脉间穿切关系以及矿物共生组合, 热液期可分为 5 个成矿阶段: 钾化阶段(Ⅰ)、黄铁矿-石英脉阶段(Ⅱ)、石英-黄铁矿脉阶段(Ⅲ)、石英-多金属硫化物脉阶段(Ⅳ)、方解石脉阶段(Ⅴ), 其中主成矿阶段为第Ⅲ和Ⅳ阶段; 成矿的多阶段性与成矿热液脉动和断裂构造多期次活动密切相关。

(1) 热液期

钾化阶段(Ⅰ): 该阶段为成矿前阶段, 主要为分布于断裂构造内的碱交代作用, 钾化的边界即为矿体边界, 在断裂构造内被后期石英脉和硅化穿切交代成角砾状。

黄铁矿-石英脉阶段(Ⅱ): 乳白色石英脉受同期或稍后期构造活动影响, 石英脉内裂隙发育, 部分石英脉体中裂隙发育亮白色黄铁矿脉, 石英脉最宽可达 15 m; 属于早期成矿阶段的产物, 经测试分析基本不含金。

石英-黄铁矿脉阶段(Ⅲ): 灰色-灰白色石英-黄铁矿脉, 主要成分为石英和黄铁矿, 脉状构造。此阶段是陈林沟矿区主成矿阶段之一, 在矿区内主要体现为主断裂破碎带中发育黄铁绢英岩化或者硅化碎裂岩, 以及次级断裂中的石英脉和构造蚀变岩矿化。

石英-多金属硫化物脉阶段(Ⅳ): 烟灰色-灰色石英-多金属硫化物脉。此阶段为矿区主成矿阶段之一, 矿石矿物主要为自然金、金银矿、辉银矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿, 其中黄铁矿多为半自形-它形粒状结构, 脉石矿物主要为石英。此阶段愈为发育, Au 品位相对较富; 而石英脉内或两侧边方铅矿、闪锌矿愈为发育, 其含 Ag 品位相对较富。

方解石脉阶段(Ⅴ): 白色方解石脉, 常分布在构造岩裂隙中, 且可见方解石脉穿切上述成矿阶段, 该阶段是热液活动的结束标志。

(2) 表生期

金矿床因地壳抬升遭受剥蚀而暴露地表以及地表水渗透淋滤, 部分硫化物如黄铁矿、黄铜矿等经地表风化氧化作用形成褐铁矿、孔雀石、铜蓝、赤铁矿等表生矿物, 以及淋滤风化作用引起的高岭土化等。

2.6 矿化分带特征

根据陈林沟矿区地表采坑、槽探、硐探以及钻探控制矿体特征对比分析, 含金石英脉由浅往深具有变宽的趋势, 断裂构造整体往深部具有变宽的趋势, 与金矿化密切相关的金属硫化物往深部具增多的趋势。

矿化在垂向上具有从金矿化向金银多金属矿化转变的特征(表 2), 结合毛雪生等(1998 年)对陈林沟矿区原生晕的分析, 在矿体的尾晕出现有前缘晕叠加^[3], 综合认为矿体往深部可能具有较大的延伸。

3 矿床成因探讨

3.1 成岩成矿时代

据杜建国等(2000 年)研究资料, 大别造山带轴部大崎穹隆内的陈林沟金矿床中矿石矿物流体包裹体 Rb-Sr 同位素年龄和郭云勘金矿矿体围岩的钾长石 K-Ar 同位素年代分别为 $123.0 \text{ Ma} \pm 11 \text{ Ma}$ 和 $103.0 \text{ Ma}^{[1]}$ 。而刘晓强(2014 年)资料表明, 现有的高精度年代学数据显示大别造山带中生代岩浆岩形成时间比较集中且没有明显的间断, 介于 110 Ma — 150 Ma 之间, 峰值为 125 Ma — $134 \text{ Ma}^{[4]}$ 。结合在大崎山穹隆南缘的彭家楼矿化富集区中可见大量的含金石英脉穿切了燕山期浅肉红色细粒二长花岗岩的现象, 说明区内的成矿时代晚于成岩时代, 且再与武当-桐柏-大别成矿带上其它金矿床成矿时代对比分析认为陈林沟金矿成矿年龄可能为 130 Ma 左右, 成矿时代属于燕山晚期。

3.2 矿床成因

对陈林沟-吴家畈矿体中的矿石进行 Pb 同位素测试分析结果(表 3)表明, 大多数样品 Pb 同位素组成与龙井脑岩体 Pb 同位素组成一致, 因此 Pb 同位素来源与燕山期岩体有关, 说明成矿热液与燕山期岩体密切相关。毛雪生等(1998 年)根据氢氧同位素特征分析认为, 成矿热液主要来源于岩浆热液, 后期混入了不同程度的大气降水^[3]。

表 2 陈林沟金矿床中不同标高矿体特征一览表
Table 2 A list of characteristics of ore bodies at different elevations

矿体 编号	工程 编号	矿体 标高/m	含金石英 脉宽度/m	断裂构造 宽度/m	矿体 厚度/m	金属矿物	$w(\text{Au})$ / 10^{-6}	$w(\text{Ag})$ / 10^{-6}	$w(\text{Pb})$ /%	$w(\text{Zn})$ /%
马家沟 Ⅱ号矿体	CK2	281.5	2.32	3.8	1.3	黄铁矿、方铅矿	2.23	13	0.83	1.16
	YD1-01	252.2	2.45	4.6	1.26	黄铁矿、黄铜矿	4.53	50.7	2.72	0.23
	3ZK1	241.8	2.93	4.9	2.22	黄铁矿、黄铜矿、银金 矿、方铅矿、闪锌矿	17.76	174.15	11.73	2.07
	3ZK2	194.3	2.71	6.2	1.43	黄铁矿、辉银矿、黄铜 矿、方铅矿	4.56	89.6	0.97	0.53
马家沟 Ⅲ号矿体	TC81	356.2	1.56	5.3	0.86	黄铁矿	0.36	5	0.08	0.01
	YD1-17	255.3	3.26	5.8	1.05	黄铁矿、辉银矿、黄铜 矿、方铅矿、闪锌矿	5.16	222.1	0.84	0.34
	ZK811	171.2	2.84	5.7		黄铁矿、黄铜矿	1.3	12	0.01	0.02
陈林沟 Ⅱ号矿	LT36	166.7	1.3	4.9		黄铁矿、方铅矿、自然 银、闪锌矿	3.17	212	0.24	0.13
	ZK361	94.3	3.75	8.7		黄铁矿、黄铜矿、辉银 矿、方铅矿	4.36	120	4.67	3.11
陈林沟 Ⅲ号矿体	LT98	134.3	0.93	1.38		黄铁矿	1.07	2		
	ZK1001	66.8	1.34	1.56		黄铁矿、黄铜矿	2.66	3.58		

徐启东等(1995)曾对陈林沟含金石英脉中测得的流体包裹体均一温度为 270~340℃^[5],毛雪生等(1998 年)对马家沟、陈林沟、吴家畈三个矿段矿石中流体包裹体测得的均一温度范围为 184~290℃^[3],杜建国等(2000 年)对陈林沟金矿床中不同成矿阶段中的石英脉中的流体包裹体测得的均一温度为 165~304℃、爆裂温度为 300~320℃^[1-2]。无论以蚀变岩型矿化为主还是石英脉型矿化为主,其中最常见的与独立金银矿物共生的矿物组合为黄铁矿+石英+黄铜矿+方铅矿+闪锌矿,这是中温热液矿床的典型矿物组合。

就陈林沟金矿床成矿流体而言,蚀变岩型矿化和石英脉型矿化是类似的。在岩浆结晶分异过程中分出的气水热液,通过静岩压力的作用沿断裂构造迁移,并与围岩之间发生水-岩反应,萃取围岩中的金元素,在储矿构造内发生充填成矿作用或者交代成矿作用,导致金沉淀或者聚集沉淀而富集成矿。

综上,陈林沟金矿床是与燕山晚期岩浆作用密切相关的中低温岩浆热液型金矿床,工业类型为石英脉型金矿。

4 找矿标志

(1)矿化标志:地表断裂构造中出露的黄铁矿化、黄铜矿化、方铅矿化、闪锌矿化、孔雀石化等是金矿化的直接找矿标志。

表 3 陈林沟金矿床与岩体 Pb 同位素组成一览表

Table 3 A list of Pb isotope of the Chenlingou gold deposit and intrusive body

采样地点	矿物	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
陈林沟- 马家沟矿段	方铅矿	17.279	37.612	15.312
	闪锌矿	17.259	37.791	15.37
	黄铜矿	17.337	37.855	15.394
	方铅矿	17.307	37.846	15.383
	方铅矿	17.296	37.746	15.3
	钾长石	17.755	38.116	15.444
吴家畈矿体	黄铁矿	17.35	38.044	15.467
龙井脑岩体	长石	17.594	37.758	15.384
帽子顶岩体	长石	16.319	36.531	15.165

(2)围岩蚀变标志:断裂构造中钾化、烟灰色-灰色硅化、黄铁绢英岩化,其中烟灰色-灰色硅化越强,对金矿化越为有利。

(3)构造标志:不同方向断裂构造的交汇部位,主断裂构造之次级断裂构造发育部位、断裂构造膨大部位是矿体富集的可利部位。

(4)脉岩标志:矿化断裂构造内出露的煌斑岩脉、辉绿玢岩脉,可能存在富矿体。

5 结语

陈林沟金矿床矿体呈脉状赋存于近 EW 向断裂构造中,矿石类型以石英脉型矿石为主,蚀变岩型矿石为次。由浅往深具有由石英脉型金矿向蚀变岩

型金矿转变的趋势,矿化由金矿化向金银多金属矿化转变的特征。成矿年龄大约为 $130\text{ Ma}\pm$,成矿作用与燕山晚期岩浆作用具有时间、空间和成因联系,燕山晚期岩浆作用为金银多金属成矿提供了成矿流体与成矿物质。矿床成因类型为中低温岩浆热液型金矿床。

参考文献:

- [1] 杜建国,徐晓春,孙先如,等. 大别造山带核部罗田陈林沟金矿成矿时代[J]. 贵金属地质, 2000, 9(2): 91-96.
- [2] 杜建国. 大别造山带中生代岩浆作用与成矿地球化学研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2000.
- [3] 毛雪生,高少逸,张四九,等. 湖北省大崎山地区成矿条件研究及靶区筛选[R]. 湖北 孝感: 湖北省鄂东北地质大队, 1998.
- [4] 刘晓强. 大别造山带燕山期岩浆岩成矿作用与岩石成因[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2014.
- [5] 徐启东,钟增球,索书田,等. 桐柏—大别地区中温热液金矿床成矿流体性质与沉淀机理[J]. 矿床地质, 1995, 14(1): 59-72.

Geological features and genesis of the Chenlingou gold deposit in Luotian county, Hubei Province

ZOU Yuanbing, LIU Xingping, FAN Wei, LI Jun, CAI Liyuan

(Sixth Geological Team of Hubei Geological Bureau, Xiaogan, 432000, Hubei, China)

Abstract: Chenglingou gold deposit is located in core of Dabie orogenic belt with ore bodies occurring in EW fault. The ore is dominated by vein type ore then the altered cataclastic rock type. From shallow to depth Au mineralization turns to Au-Ag polymetallic mineralization and size of ore body gets bigger, mineralization intensity stronger. The ore-forming age is dated at $130\text{ Ma}\pm$. It is a meso-epithermal Au deposit and temporally and spatially related to Yanshanian magmatism.

Key Words: Chenglingou gold deposit; geological characteristics of the Au deposit; genesis of the Au deposit; prospecting mark; Hubei province