

泥潭冲金矿床中毒砂标型特征 及金的赋存状态

孙际茂¹, 李国银², 荆亭山³, 鲍振襄⁴, 包觉敏⁵

(湖南省有色地质勘查局 245 队, 湖南 吉首 416007)

摘要: 泥潭冲金矿床为主要受近 EW 向脆-韧性剪切带控制的砷金矿床, 是龙王江锑砷金成矿区最具代表性和经济意义的金矿床。文章阐述了矿床地质特征, 探讨了载金矿物毒砂的标型特征和金的赋存状态, 认为毒砂中的“不可见金”主要为纳米级微粒状的自然金。

关键词: 泥潭冲金矿床; 地质特征; 毒砂; 标型特征; 纳米金; 湖南省

中图分类号: P578. 2; P618. 51 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2005)04-0264-05

地处湘西溆浦县东南的泥潭冲金矿床具有较独特的成矿地质特征。金以“不可见金”为主, 少量显微金和次显微金。毒砂为金的最重要的载体矿物, 分布广, 含 Au 量高。因此, 研究毒砂中金的赋存形式, 对于找矿评价和选矿工艺研究都具有实际意义。

1 区域地质概况

龙王江锑砷金成矿区位于湘西雪峰弧形韧性剪切断裂带西南侧、湘中白马山—龙山—醴陵 EW 向构造-岩浆岩带西段。长约 32 km, 宽 6 km, 自北向南分布着淘金坪、江溪垄、江东湾、泥潭冲、白竹坪及雁鹅界等矿床(点)(图 1), 是近年来新发现的一处锑砷金成矿区, 具有一定的找矿远景。

区域出露地层主要为新元古界板溪群五强溪组, 岩性以含粉砂质板岩为主, 次为砂质板岩、绢云母板岩及少量砂岩、细砂岩等, 厚度大于 1 935 m。矿床主要赋存于含粉砂质板岩、砂质板岩中。

区域构造主要为 NE 向淘金坪—龙鼻桥复式背斜, 其间由一系列雁行状排列的次级背斜、倒转背斜、向斜组成。复背斜的两翼分别被同向的洞坪(F1)和黑土坡(F2)两条区域性逆冲断裂所夹持。轴部地层挤压剧烈, 褶皱频繁, 地层倒转, 并形成数十至数百米宽的陡倾斜劈(片)理化带^[1]。由 NE 向区域断裂派生的 EW 向剪切断裂带控制区内主要金矿的产出。

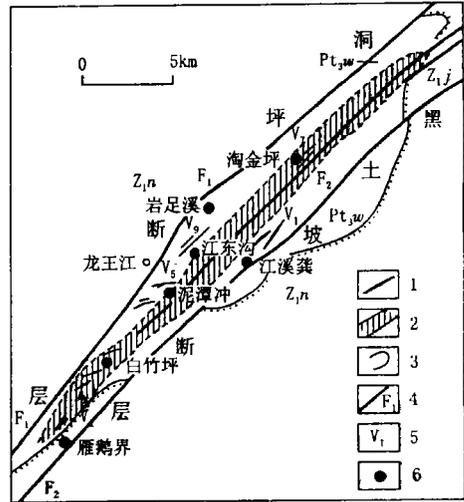


图 1 龙王江金矿区域构造与矿床分布图

Fig. 1 Map showing regional structures and Au ore distribution in Longwangjiang Au ore district

Z_{1n}. 震旦系南沱冰碛岩 Z_{1j}. 震旦系江口组 Pt_{3bn}. 板溪群五强溪组 1. 复式背斜轴 2. 陡倾斜劈(片)理化带 3. 缓倾斜劈理化带 4. 断层及编号 5. 矿脉及编号 6. 金矿床(点)

矿区内未见岩浆岩出露。但在其东南约 20 km 处, 出露有以加里东期为主, 并有印支-燕山期侵入的、呈同心圆状分布的白马山黑云母花岗闪长-二长岩复式岩体, 在岩体的内外接触带见有铅、锌、金和白钨矿化。另据区域物探资料, 在矿区西南约 20 km 的小横垄有隐伏花岗岩体存在, 受大神山-中华山深大断裂控制, 并可能通过区内洞坪断裂(F1)与矿区相沟通。

2 矿床主要地质特征

泥潭冲矿床主要产在淘金坪—龙鼻桥复背斜北西翼近轴部地段的次级倒转背斜北西倒转翼上, F1 断裂上盘陡倾斜与缓倾斜劈理化带过渡部位。控矿构造主要为区域 F1, F2 断裂派生的共轭剪切断裂, 其中以近 EW 向的一组剪切断裂较发育(图 2)。已知断裂破碎带及石英脉 50 余条, 其中 11 条为含 Au 剪切带, 矿体严格受剪切带控制, 多呈脉状、透镜状及扁豆状产出, 产状形态与断裂一致。走向 $80^{\circ} \sim 100^{\circ}$, 倾向 SE, 倾角 $35^{\circ} \sim 65^{\circ}$; 一般长 97~ 295 m, 最大延深大于 280 m; 厚度 0.42~ 1.99 m; $w(\text{Au}) = 1.77 \times 10^{-6} \sim 40.97 \times 10^{-6}$, 最高 162.73×10^{-6} ; $w(\text{Sb}) = 0.03\% \sim 48.60\%$, $w(\text{As}) = 0.03\% \sim 4.47\%$ 。矿床内金砷矿化密切共生, 锑矿化仅在地表或浅部呈小扁豆体出现, 与金矿化若即若离。

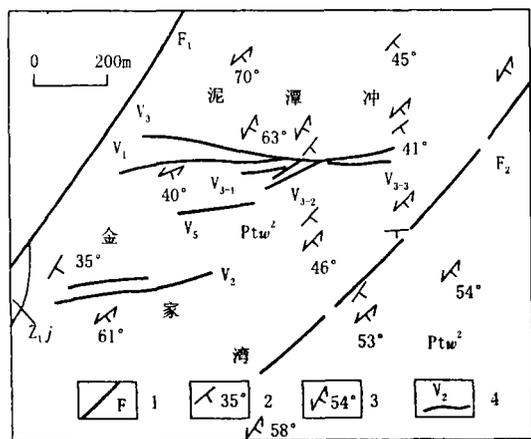


图 2 泥潭冲金矿床地质略图

Fig. 2 Geological sketch of Nitanchong Au deposit

Z_{1n}. 下震旦系南沱冰碛层 Z_{1j}. 下震旦系江口组 PtW². 板溪群五强溪组上段 1. 区域断层 2. 地层产状 3. 劈理产状 4. 矿脉及编号

主要金属矿物为毒砂、辉锑矿、黄铁矿、自然金, 少量或微量黝铜矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿等; 非金属矿物以石英、绢云母为主, 少量或微量方解石、白云石、绿泥石、粘土矿物及绿帘石、石榴石等。按矿物共生组合特点, 可划分为 3 类矿石类型, 即蚀变岩型、石英-毒砂(黄铁矿)-自然金型和石英-辉锑矿-自然金型; 后者统称为硫(砷)化物-自然金型。矿石具自形、半自形粒状及他形粒状等结构, 浸染状、块

状、角砾状、脉状等构造。近矿围岩蚀变较弱, 以绢云母化、硅化、毒砂化和黄铁矿化与金矿化关系密切。其成矿阶段可划分为早期变质(变形)热液期和晚期硫(砷)化物热液期。此外, 表生期见有局部性的氧化次生富集与贫化现象。

3 毒砂的标型特征

3.1 产状形态

本区毒砂的生成可分早、晚两期^[2]。早期与板岩有关的毒砂为沉积成岩变质(变形)热液作用期形成的, 颗粒较粗, 自形程度高, 一般晶体为长柱状或柱板状, 少数柱状, 粒经一般 0.2~ 1 mm, 最长 10 mm, 横切面为长方形、菱形、三角形等, 呈浸染状或密集浸染状, 与岩石劈(片)理大致平行或微斜交产出, 分布于近矿蚀变板岩或石英脉间蚀变岩中。镜下可见毒砂晶体两端或晶体周围有纤状石英垂直生长, 形成房巢构造。此外, 在毒砂内部常可见到碎屑矿物金红石分布。该期毒砂生成后, 还经过了较强的变质(变形)作用, 镜下清楚地见到经过变质(变形)作用形成的细片状白云母绕毒砂晶体生长, 并呈现一致性的弯曲状。

晚期即硫(砷)化物热液期生成的毒砂, 为细粒半自形-自形晶体, 也有柱状、板状晶体或他形粒状等。呈脉状或团块状集合体产于石英脉或构造岩内, 颗粒较细, 亦较均匀, 一般为 0.01~ 0.05 mm, 常与黄铁矿、辉锑矿等硫化物共生并交代黄铁矿, 而其自身又被辉锑矿、黝铜矿、自然金等交代或被辉锑矿包裹。一般呈脉状产生, 或呈基质分布于矿石中。

3.2 化学成分

经分析, 不同产状毒砂的化学成分比较稳定, 平均(5 件) $w(\text{Fe}) = 34.300\%$, $w(\text{As}) = 45.072\%$, $w(\text{S}) = 20.509\%$, 化学式为 $\text{FeAs}_{0.98}\text{S}_{1.04}$ 。其 Fe, S, As 质量分数变化均不超出其平均值的 $\pm 0.95\%$, S/As 原子量比值变化在 1.06 ± 0.03 , $\text{Fe}/(\text{As} + \text{S})$ 值变化在 0.49 左右, 明显地表现出富硫亏砷特点, 可以作为含 Au 毒砂的化学成分标型。

微量元素方面以富 Sb($0.11\% \sim 0.24\%$) 为主要特征, 并含 Co($40 \times 10^{-6} \sim 160 \times 10^{-6}$), Ni($90 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$), Se(1 件, 高达 24.5×10^{-6}) 等。可见杂质元素 Sb 的高含量及 Co, Ni, Se 等的含量可能为本区含 Au 毒砂的微量元素特征, 并可作为评价毒砂含 Au 性的辅助标志。

3.3 晶体结构特征

据同类型的黄金洞金矿床利用 X 射线衍射分析对含 Au 毒砂晶胞参数测量结果^[3], 含 Au 毒砂的 b_0 、 C_0 、 d_{131} 及 β 等晶胞参数较理论毒砂的小, 而 a_0 值则较大, 这可能是由于 As 的共价半径较 S 大, 毒砂的晶胞参数相对富 S 而贫 As, 从而导致其 b_0 、 C_0 、 d_{131} 和 β 晶胞参数偏小, 而 a_0 的增大可能是含 Au 毒砂的晶体结构标型特征。

3.4 硫同位素组成特征

本区硫(砷)化物硫同位素组成的最大特点是较富集轻硫同位素, 其 $\delta(^{34}\text{S})$ 值多在 -5×10^{-3} 以内(表 1), 且 $\delta(^{34}\text{S})$ 值与 Au 含量之间存在对应关系, 并自黄铁矿向毒砂、辉锑矿递减, 可能是由于 ^{34}S 从 S^{2-} 向 $(\text{S}_2)^{2-}$ 的较高氧化态富集的缘故。研究表明, 这种较富集轻硫的硫(砷)化物, 是在氧化态硫达平衡时形成的^[4], 金与毒砂(黄铁矿)是同时或稍后时形成的, 二者之间必然存在时间和空间关系。所以, 区内载金的硫(砷)化物富集轻硫同位素的特点, 可以作为成矿预测和矿床评价的有效的同位素地球化学标志。

表 1 矿石硫同位素组成特征

Table 1 S-isotope composition of Au ore

矿物	$\delta(^{34}\text{S}/10^{-3})$		$w(\text{Au})/10^{-6}$	
	变化范围	平均值	变化范围	平均值
黄铁矿	-4.1~+3.4	-0.47(6)	1.04~102	29.902(5)
毒砂	-7.3~+2.9	-2.53(7)	86.2~332	168.39(29)
辉锑矿	-10.3~-2.2	-6.94(8)	0.32~100	21.52(5)

分析者: 桂林矿产地质研究院(1977, 1989); 括号内数字为样品数。

4 毒砂的含金性及金的赋存状态

4.1 含金性

本区毒砂 $w(\text{Au})$ 一般为 $120 \times 10^{-6} \sim 240 \times 10^{-6}$, 最低 86.2×10^{-6} , 最高 332×10^{-6} (表 1), 其平均值比共生的黄铁矿 Au 的平均值高 4.6 倍、比辉锑矿 Au 的平均值高 6.8 倍, 这足以佐证毒砂为本区金的最重要的载体矿物。正如 R·W·博伊尔所指出的那样^[5]: 金矿床中毒矿与金的共生关系比金与黄铁矿的共生关系密切得多, 有的矿床黄铁矿中实际上不含 Au 或仅含少量的 Au, 而几乎所有矿床的毒砂中都含 Au 或都富含 Au。

4.2 金的分配率

根据金的平衡配分计算结果表明^[6], 毒砂中金的分配率是相当高的(表 2), 这就更进一步证实, 在砷金类型的金矿床中, 绝大部分的金是赋存在毒砂中的。毒砂含量产生 0.1% 的变化, 即可引起 3%~6% 的金的分配率的变化。因此, 决定金的回收率关键在于毒砂的回收。

表 2 金在毒砂中的分配率

Table 2 Au distribution rate in arsenopyrite for different Au deposits

矿床	矿物含量 (%)	矿物的 $w(\text{Au})/10^{-6}$	矿石的 $w(\text{Au})/10^{-6}$	分配率 (%)
泥潭冲	2.7	166	4.482	79.26
江东湾	2.1	155	3.255	90.57
白竹坪	1.9	204	3.876	94.05

5 毒砂中金的赋存状态

从毒砂的单矿物分析结果可知, 本区毒砂尤其是产于蚀变板岩中的粗粒毒砂, 其 $w(\text{Au})$ (184×10^{-6}) 是非常高的, 比石英脉中细粒毒砂的 $w(\text{Au})$ (73×10^{-6}) 高 1.5 倍。然而, 在光学显微镜下, 赋存在毒砂中的显微金并不多见, 即使在高倍电镜下进行金的特征 X 射线扫描亦未发现独立金矿物的富集区。同类型的黄金洞矿床, 将 $w(\text{Au}) = 125 \times 10^{-6}$ 的毒砂, 置于 JEM-2000EX 型电子显微镜下进行大面积扫描, 在 Au-K α 特征 X 射线图像上也未发现金的富集区; 再减薄制作, 在该电镜透射系统下放大 10 万倍进行观察, 亦未发现金的微粒存在^[3], 显然, 金在毒砂中的质点不会大于 $0.05 \mu\text{m}(n \times 100\text{Å})$ 。毒砂中的金是呈机械混入物、或是显微-超微粒^[2,7]、还是以晶格金形式存在^[3,8]? 目前人们有不同的认识。笔者依据泥潭冲矿床中毒砂所作多项测试分析成果, 结合相关金矿试验成果, 对毒砂中金的赋存形式探讨如下:

5.1 化学物相分析

长沙矿冶研究所对杏枫山金矿石的光学显微镜观察及人工重砂电子探讨分析, 均未见到金矿物^[9]。后将 $w(\text{Au}) = 2.56 \times 10^{-6}$ 的矿石磨至 -400 目进行化学物相分析, 其游离 Au 为 1.00×10^{-6} , 毒砂包裹 Au 为 1.08×10^{-6} , 磁黄铁矿中的 Au 为 0.30×10^{-6} , 硅酸盐中的 Au 为 0.19×10^{-6} 。它表明金的

嵌布粒度是极细的,且多包裹于毒砂中。

5.2 金的电子探针分析

贵州三都金矿对大量毒砂、黄铁矿进行成分像与 X 射线图像观察均未找到含 Au 的单矿物。进而对毒砂、黄铁矿作金的 X 射线强度分布轮廓图分析,每间隔 $1\ \mu\text{m}$ 测 1 点,共测 1 000 余点,也没发现小于 $1\ \mu\text{m}$ 的独立金矿物^[10]。但从中可以看出,毒砂中微量 Au 比黄铁矿多,且在这两种矿物中的分布都是不均匀的。因此,可以认为金是以矿物状态不均匀地分布于毒砂和黄铁矿中。这与其化学物相分析结果基本一致。由于颗粒太细,致使超出探针的可探极限。

5.3 X 射线衍射分析

经对泥潭冲矿床 4 件含 Au ($166.67 \times 10^{-6} \sim 196.67 \times 10^{-6}$) 毒砂、和平桂锡矿 1 件 $w(\text{Au})$ 仅 1.25×10^{-6} 的毒砂及香花岭锡矿 1 件 $w(\text{Au})$ 仅 0.30×10^{-6} 的毒砂进行 X 射线衍射对比研究,选择对成分结构较敏感的(131)衍射峰作慢扫描发现,含 Au 毒砂的 d_{131} 值并无明显差异,在含 Au 毒砂中,其 d_{131} 值与 Au 含量亦无明显关系。这一方面说明 X 射线衍射难以反映其含 Au 量,另外也说明毒砂中可能没有或很少有晶格金。

5.4 电子顺磁共振(EPR)波谱分析

据易闻等利用日立 JES-FEIXESR 波谱仪,以低温(77K)和室温(300K)对沃溪、黄金洞矿床含 Au ($151 \times 10^{-6} \sim 333 \times 10^{-6}$) 毒砂、石门雄黄矿和香花岭锡矿不含 Au 毒砂所作 EPR 波谱研究表明,含 Au 与不含 Au 毒砂的区别在于有些含 Au 毒砂在 3400GS 附近出现 g 因子约为 2 的标准吸收峰,而不含 Au 毒砂则无此峰出现^[11]。这是由于含 Au 毒砂中, Au^+ 等不同电价的离子替换晶格中的 Fe^{2+} 而引起,并认为该吸收谱的强度与毒砂的 Au 含量有关。从而证明少部分金呈 Au^+ 进入毒砂晶格。刘英俊等利用西德 ER2000-D-SRC 电子顺磁波谱仪实验认为^[3],黄金洞矿床含 Au 毒砂的 EPR 谱具有一 g 因子为 2.000~2.004 的精细结构,其强度随 Au 含量的增高而增强。可以认为,毒砂中的金系晶格金存在,并且是通过 Au-As 类质同像置换而进入毒砂中的。由 EPR 谱, Mossbauer 谱分析表明,毒砂结构中的铁为低自旋 Fe^{3+} ,而非 Fe^{2+} 。

我们经 JES-FEIXGESR 波谱仪(温度 300K)对泥潭冲金矿、香花岭锡矿 10 余件含 Au 与不含 Au 毒砂测定结果^[2],发现除某些样品出现上述 EPR 谱的吸收峰外,还有些样品并无此峰出现,而且此峰的

强度与 Au 含量无关。说明晶格金可能只存在于部分毒砂中,且晶格金的含量可能与毒砂的 Au 含量并无一定的关系。可以认为,本区毒砂总体而言,其晶格金的含量是很低的,这与毒砂中金的溶解度很低的事实是相符的。

5.5 金的溶解度测定

对泥潭冲矿床 $w(\text{Au}) = 166.67 \times 10^{-6}$ 的毒砂,以 25 ml HNO_3 (65%) + 75 ml H_2O 为溶剂,在 100℃ 水温条件下,溶解 1 g 样品,待完全溶解后滤出溶液,分析溶液的 Au, Fe 含量并计算毒砂和金的溶解度。结果可见溶解度近于 100%,而且随毒砂的溶解而进入溶液的分散金(晶格金和吸附金)的比例是极低的。在光学显微镜下检验溶液未发现金粒,说明金以极细的颗粒存在。

5.6 透射电镜及能谱分析

张振儒等利用日立 H-800 型透射电子显微镜(附 EDAX 能谱仪),研究了泰国某铈金矿和我国龙山铈金矿毒砂中金的赋存状态^[12],发现毒砂中的金主要为“次显微金”,呈小的圆球状或链状分布,充填在毒砂的微裂隙中或沉淀在毒砂的晶面上,金的粒径大小不一,自 $0.00083 \sim 0.029\ \mu\text{m}$,一般为 $0.005\ \mu\text{m}$ 。这些小圆球状的金粒,经 EDAX 能谱仪分析具明显的 Au La= 9.712keV 峰及 Au L β_1 = 11.440 keV 峰,而无 Ag 的能谱峰,故证实这些小圆球状的颗粒为自然金;同时该点的能谱上具有 Fe ka $_{1-2}$ = 6.398 keV 峰和 As ka $_{1-2}$ = 10.530 keV 峰,证实是在毒砂矿物中;亦为透射电镜的电子衍射环所证实。

5.7 溶解性试验及微束分析

通过对我国若干卡林型金矿中以毒砂为主要载金矿物所作溶解性试验结果表明^[13],残渣的含 Au 率远远高于溶液的含 Au 率,其中残渣内的 Au 代表单体金,溶液中的 Au 代表晶格金和吸附金(胶体金),说明金主要以独立矿物存在。经微束分析亦证明以独立矿物金存在,还有多晶聚合体。正如涂光炽教授(1991, 1992)所指出的那样:卡林型金矿金的赋存状态至今仍未发现 Au 进入晶格代替其他物质,以类质同象产出,金主要是呈独立金和吸附金的形式存在^[14],这十分有利于金的提取。

5.8 选矿工艺试验研究

湖南康家湾大型-超大型铅锌银铋金矿床是个复杂的多金属矿,矿石有用元素多,品位富,具有很高的经济价值。原矿含 Au 较高,达 2.3×10^{-6} 。由于金矿物的粒度很细,这对金矿物在磨矿过程中的单体解离有很大困难,只能用化学方法处理。为查

明矿石中金的赋存分布情况,利用富集的黄铁矿、方铅矿和闪锌矿精矿,先测定其主要矿物含量,然后用 0.3% NaCN 溶液在室温下充气搅拌 24h 浸取 Au,并化验残渣中的 Au 含量。据黄铁矿精矿、毒砂黄铁混合精矿的分析计算结果,矿石中 77.02% 的 Au 分布在黄铁矿和毒砂中,在常温常压条件下,这部分 Au 用氰化物溶液或碘加碘化钾溶液是很难浸出的,可能是以显微金和次显微金的形式存在,只能用焙烧-氰化或冶炼等方法提取^[15]。

通过上述 SEM, TEM, EPR, Mossbauer 谱, 微束等现代分析测试方法, 和 HNO₃, NaCN 等化学浸取法及选矿试验, 一致证实了赋存在毒砂中的“不可见金”应是以微粒-超微粒形式存在的自然金, 金的质点一般小于 0.1 μm。基于此, 笔者赏试应用纳米科技(Nano ST)的观点, 对本区赋存在毒砂中的“不可见金”存在形式作进一步探讨。

上述金矿床毒砂中 Au 的粒径大多小于 10 nm, 正是纳米微粒研究范围。按照纳米科技的观点, 这类金矿毒砂中的金应是介于颗粒 Au 与离子、原子 Au 之间的超微粒状态存在。诚如近年来高分辨率透射电镜(HRTEM)和离子探针(STMS)以及放射性同位素(¹⁹⁵Au)示踪法的发展与应用, 证明黄铁矿中的金既不呈微观的类质同象存在, 也不呈体相的矿物颗粒存在, 而是呈纳米级(0.1~100 nm)颗粒出现在载金的黄铁矿中^[16]。由于毒砂和黄铁矿的晶体结构非常相似, 仅在 As 含量上有很大差别, 可以认为, 湖南锑砷金一类共生金矿床毒砂中的“不可见金”主要应是“纳米金”(矿物金), 而非“晶格金”^[17]。同时, 由于纳米 Au 粒均匀地分散在毒砂中, 所以毒砂的 X 射线分析图像显示 Au 的质点分布相当均匀^[3,8]。

总之, 泥潭冲金矿床为与脆-韧性剪切带有关的金矿床。毒砂是“不可见金”(纳未金)的主要载体, 且比与之共生的黄铁矿更偏向优先富集“不可见金”(纳米金)。

致谢: 成文过程中, 参考并引用了中国有色金属工业总公司矿产地质研究院矿山室、湖南省有色地质勘查局 245 队等有关资料, 在此, 谨向上述单位和

作者本人表示深切的谢忱。基于纳米科技知之甚少, 文章谬误难免, 恳请专家学者及地质界同仁不吝点拨赐教。

参考文献:

- [1] 鲍振襄, 万溶江, 包觉敏. 湘西泥潭冲锑砷金矿地质地球化学及成矿机制[J]. 黄金地质, 1999, 5(4): 51-58.
- [2] 鲍振襄. 湘西锑金矿床黄铁矿和毒砂含金性研究[J]. 黄金, 1990, 11(3): 1-6.
- [3] 刘英俊, 孙承轅, 马东升. 湖南黄金洞金矿床毒砂中金赋存状态研究[J]. 地质找矿论丛, 1989, 4(1): 42-49.
- [4] Eion M. Cameron 等(周群辉译). 安大略赫姆洛金矿床地球化学、同位素研究[J]. 地质科技情报, 1987, 6(1): 94-101.
- [5] 博伊尔 R W (马万钧译). 金的地球化学及金矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1984. 280-281.
- [6] 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院矿山室, 湖南有色地质勘查局 245 队. 湖南溆浦龙王江金锑矿田中金的赋存状态、富集规律、矿床成因及远景研究[R]. 吉首, 湖南有色地质勘查局 245 队, 1990.
- [7] 鲍振襄. 湖南共生与伴生金的赋存状态及分布规律[J]. 地质找矿论丛, 1989, 4(4): 1-11.
- [8] 杨书桐. 安徽省东南部东至地区金矿化作用的独特性[J]. 矿床地质, 1992, 11(4): 325-329.
- [9] 冶金工业部长沙矿冶研究所. 隆回杏枫山矿区矿石选矿试验报告[R]. 隆回: 隆回县工业局, 1987.
- [10] 吴秀群. 三都锑砷金矿的物质组分及金赋存状态的初步研究[J]. 西南冶金地质, 1983, (3): 37-43.
- [11] 易闻, 张振儒, 蔡秀成. 晶格金的电子顺磁共振研究[J]. 湖南地质, 1986, 5(1): 72-76.
- [12] 张振儒, 王卿铎, 廖凤英, 等. 次显微金在毒砂中赋存状态研究[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11(2): 150-153.
- [13] 韦龙明, 刘鸾玲. 中国卡林型金矿床金的赋存状态研究[J]. 地质与勘探, 1995, 31(6): 31-35.
- [14] 涂光炽. 关于金矿若干问题的探讨[A]. 见金的经济地质学[C]. 北京: 科学出版社, 1991. 56-64.
- [15] 红钢. 康家湾铅锌矿中伴生金银的性质对选矿工艺的影响[J]. 有色金属(选矿部分), 1997, (4): 1-5.
- [16] 魏富有. 从黄铁矿中金的赋存状态谈纳米科技[J]. 黑龙江地质情报, 1996, (2): 21-22.
- [17] 鲍珏敏, 万溶江, 鲍正襄. 湘西泥潭冲锑砷金矿地质特征及成因机制新探[J]. 湖北地矿, 1999, 13(2): 20-27.

DEPOSIT IN SOUTHEAST PART OF DA HINGGAN LING AREA

LI De-ting¹, LIU Hong-tao², YUAN Huai-yu¹(1. *Civil and Environmental Engineering School, University of Science & Technology, Beijing 100083, China;*2. *Institute of Geology and Geophysics of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*)

Abstract: This paper studied the geological features of Longtoushan deposit for the first time, and determined the principal metallogenic events and ore-forming series, alteration zoning, the ore-control structures system and its space change. With the elaborate technology of geophysical exploration and prospect engineering we examined the mineralizing belts and promising section and confirmed ore body distribution, size and configuration in space. We recognized the ore types, their structures and texture, made sure the ore bodies' boundary, and estimated perspective resources depending on the integrated chemical analysis.

Key words: Deposit geological features; ore-body occurrence pattern; prospective resource evaluation; Longtoushan hill; Da Hinggan Ling area

(上接第 263 页)

METALLOGENIC CHARACTERISTICS OF CARLIN TYPE GOLD DEPOSITS
AND PROSPECTING GUIDE IN QINLING REGION

TU Huai-kui

(No. 214 Geological party of CNNC, Chenggu 723200, China)

Abstract: Au deposits occur in the low-grade metamorphic areas in Qinling region. Ductile-brittle shear zones and large fractural zones control distribution of the Au deposits. Their geological characteristics are similar to those of Carlin Au deposits in USA and they are named Carlin like Au deposits. Two Au ore belts are recognized in Qinling region, i. e. the south belt and north belt. Ore marks and ore-searching directions are pointed out on the basis of summing up the metallogenic characteristics of medium-large size Au deposits in the two belts.

Key words: Carling type gold deposits; metallogenic feature; ore-searching direction; Qinling region

(上接第 268 页)

THE ARSENOPYRITE TYPOMORPHIC CHARACTERISTICS AND Au
OCCURRENCE IN NITANCHONG GOLD DEPOSIT

SUN Ji-mao, LI Guo-yin, JING Ting-shan, BAO Zhen-xiang, BAO Jue-min

(245 Brigade of Hunan Bureau of Nonferrous Metal Geology and Exploration, Jishou 416007, China)

Abstract: Nitanchong gold deposit was mainly controlled by nearly EW trending brittle-ductile shear zone. It is not only the typical representative, but also the economic gold deposit in Longwangjiang Sb, As, Au metallogenic belt. This paper briefly explained the metallogenic geological characteristic and Au occurrence. The gold-bearing mineral are discussed. It is considered that invisible gold mainly occurred in arsenopyrite as nanometer micro-size native gold.

Key words: Nitanchong gold deposit; geological character; arsenopyrite; typomorphic characteristics; nanometer Au; Hunan province