

湖北大悟大坡顶金矿床金矿物特征

杜登文^{1,2}, 洪汉烈¹, 徐志强², 李荣彪¹, 胡远清², 王粉丽¹, 李祖春²

(1. 中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074; 2. 湖北省鄂东北地质大队, 湖北 孝感 432000)

摘要:利用光薄片的显微观察、X荧光光谱分析、X射线衍射分析、电子探针显微分析以及等离子光谱分析等方法,对湖北大悟大坡顶金矿床矿石中金的矿物学特征进行深入研究,结果表明,矿石中金以银金矿的形式产出,金矿物颗粒的大小多在5~150 μm间;银金矿物颗粒一般呈液滴状或其他的不规则形状充填于黄铁矿、石英颗粒的裂隙或这些矿物颗粒的间隙,少量被包裹在硫化物矿物、石英颗粒之中。金矿物成色较低,最低为736,最高为860,平均金矿物成色为784,金矿物的低成色特征说明这些金矿物形成于浅部;共生黄铁矿中含有较高的Co和较低的Ni指示成矿物质与深部岩浆作用有关,而从大别群变质岩围岩具有较高的金的背景值指示成矿元素可能来源于岩浆活动造成的金的活化迁移。

关键词:大坡顶金矿床;银金矿;黄铁矿;电子探针

中图分类号:P578.11

文献标识码:A

文章编号:1000-7849(2008)04-0055-06

湖北大悟大坡顶金矿床是近几年在大磊山穹隆构造中部发现的新矿床,与白云金矿床共同构成大磊山金矿田,是迄今在古老的大别变质地体内部发现的规模最大的金矿床。地处大磊山穹隆构造北部边缘的白云金矿床的金储量已达中型矿床的规模,而地处大磊山穹隆构造中心的大坡顶矿区,成矿地质条件更为有利,近几年又先后发现了规模较大、品位较高的金矿脉,因而对大坡顶金矿床金矿物特征的深入研究,有助于了解大磊山穹隆构造中金矿化作用的特点,对于指导找矿地质工作具有十分重要的意义。虽然关于白云金矿的研究开展较早,然而对于矿床中金矿物的特征研究却较少涉及^[1],对发育于穹隆构造中部的大坡顶金矿床中金的矿物学特征的研究,尤其是对蚀变岩型金矿脉中金的矿化作用的研究更为匮乏,因此,开展对大坡顶金矿床中金的矿物学特征研究,将有助于揭示穹隆构造不同构造部位金矿化特征的差别,揭示金矿化作用的成因机制,进一步指导该区的地质找矿,同时,也为金矿的选冶、开发提供可靠的理论依据。

1 矿床地质特征概述

1.1 矿床的构造地质背景

大磊山金矿田(图1)位于秦岭褶皱系桐柏—大别中间隆起桐柏山复背斜大悟褶皱束大磊山背斜(穹隆)的核部及东翼,新(城)黄(陂)断裂以北,潞水

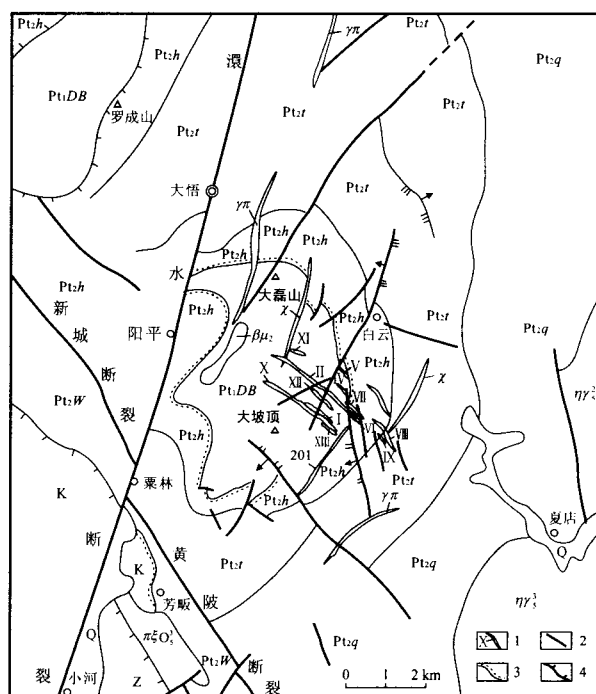


图1 大磊山矿田地质略图

Fig. 1 Structural and geological map of Daleishan deposit

Q. 第四系; K. 白垩系; Pt₂W. 中元古界武当群; Pt₂q. 中元古界红安群七角组; Pt₂t. 中元古界红安群天台组; Pt₂h. 中元古界红安群黄麦岭组; Pt₁DB. 下元古界大别群; πξ₃¹. 燕山晚期斑状石英正长岩; ηγ₃¹. 燕山晚期二长花岗岩; ηγ₃². 燕山早期二长花岗岩; βμ₂. 晋宁期辉绿岩; γπ. 花岗岩斑岩脉; χ. 斑岩脉; 1. 金矿脉及其编号; 2. 断层; 3. 不整合接触界线; 4. 推覆构造

收稿日期: 2008-02-29

编辑: 刘江霞

基金项目: 国土资源部资助项目“湖北省大悟县大坡顶金矿普查”(2006-293)

作者简介: 杜登文(1966—),男,高级工程师,主要从事矿产普查工作。

断裂以东(图1)。区内主要分布下元古界大别山变质杂岩和中元古界红安群。大别山变质杂岩分布于大磊山穹隆核部,红安群分布于大磊山穹隆的四周,两者呈构造平行整合接触(接触界面为一伸展滑脱拆离面)。不同时代的岩浆岩特别是与成矿有关的燕山期花岗岩广泛出露,沿各方向断裂分布的煌斑岩、花岗斑岩等脉岩极为发育。含矿断裂带中煌斑岩脉侵位有利于金矿体的富集。区内主要构造线方向与桐柏—大别造山带及新(城)—黄(陂)断裂平行,呈北西西向展布。穹隆构造为主要控矿因素,矿田内断裂构造极为发育,不同期次、方向、性质和不同规模的断裂纵横交错,其中北西西向、北北东向两组断裂尤为发育,它们组成了区内网格状的断裂构造格架。北西西向断裂是区内主要的容矿、储矿构造。北北东向断裂大多表现为破矿构造,仅局部层间断裂有银金矿富集。

1.2 矿体产出的地质特征

矿床产于大磊山背斜(穹隆)的核部及东翼。矿(化)体主要受北西西向断裂控制,极少数受北北东向断裂控制(图2)。区内低温热液蚀变作用强烈,一般沿构造带裂隙发育,主要有硅化、钾长石化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、碳酸盐化等,其中硅化、钾长石化与金矿化关系密切。北西西向矿(化)体一般规模大,以含金为主,含银少,多为石英脉+蚀变岩型金矿石;北北东向矿(化)体一般规模小,以含银为主,含金不高,多为石英脉型金银矿石。

1.2.1 北西西向成矿体系

在大磊山金矿田内目前已发现有13条北西西

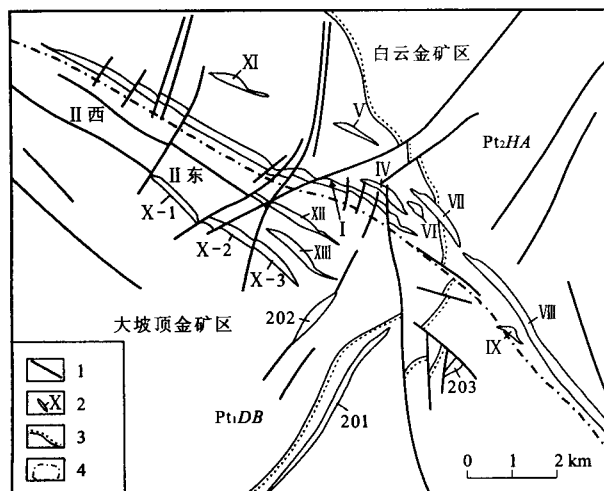


图2 大磊山金矿田含金脉体分布图

Fig. 2 Distribution of gold mineralization veins in Daleishan gold deposit

Pt₂HA, 中元古界红安群; Pt₁DB, 下元古界大别群; 1. 断层; 2. 含金脉体及编号; 3. 不整合界线; 4. 矿区分界线

向含矿断裂带(包括白云金矿区的Ⅰ~Ⅸ和Ⅺ号脉;大坡顶金矿区的Ⅹ、Ⅺ、Ⅻ号脉等)。北西西向含矿断裂带斜切大磊山背斜(穹隆)核部及东翼地层。绝大部分矿脉(包括Ⅰ~Ⅵ和Ⅹ~Ⅻ号脉)产于大磊山背斜(穹隆)核部的大别山变质杂岩中,这类矿脉规模大,含金品位高,含银品位低;极少数矿脉(包括Ⅶ~Ⅸ号脉)产于大磊山背斜(穹隆)周边的红安群地层中,这类矿脉规模相对较小,含金品位低,含银品位高。

北西西向含矿断裂带具多期次活动特征,矿体主要赋存在后期叠加的脆性断裂内。含矿断裂在空间上大致呈平行排列,分别长数百米至数千米,总体走向300°左右,倾向南西,倾角42~82°,含矿断裂沿走向、倾向均呈舒缓波状。断裂带一般宽3~8m,主要由碎裂岩、硅化碎裂岩、硅化钾化碎裂岩等组成;断裂带中常充填有各类脉体,包括石英脉、花岗斑岩脉、煌斑岩脉等,其中石英脉有板脉、复脉、网脉等,脉体宽度变化较大,0.1~1.5m不等;断裂带两侧常发育较宽的钾化带,其两侧地层中的主体岩性为片麻岩、变粒岩、浅粒岩等。金矿(化)体由断裂中含金石英脉及含金硅化、钾化岩石共同组成,严格受断裂控制,主要由含金石英脉组成,有少数含金硅化、钾化岩石,其产状与断裂产状大体一致,但矿体在断裂带中常出现侧列、侧伏等现象。矿体形成后,常被一系列北东向断裂切断、错位。

矿脉规模较大的为Ⅱ、Ⅷ、Ⅹ、Ⅰ号脉,总体走向300°左右,倾向南西,倾角42~82°。矿脉呈脉状、板状、似板状产出,由互不相连的若干个小矿体构成,这些小矿体在空间上呈大致平行侧伏的形式产出。无论沿倾向还是沿走向,矿体倾角均呈由陡变缓再变陡再变缓的规律变化。单个脉体的平均厚度均小于1m,Ⅱ、Ⅷ、Ⅹ、Ⅰ号脉的平均厚度分别为0.45, 0.86, 0.64, 0.47m,变化系数均小于80%,矿体具有厚度薄而稳定的特征。矿脉无论沿倾向还是沿走向均延伸较大,Ⅱ、Ⅷ、Ⅹ、Ⅰ号脉分别长3900, 3500, 2600, 1500m,沿倾向目前控制的最大斜深都在400m以上,最大的440m,且矿化并无衰减趋势。金品位为 $4.02 \times 10^{-6} \sim 11.63 \times 10^{-6}$,矿化无论沿走向还是沿倾向均具有从不均匀到极不均匀的特征。

1.2.2 北北东向成矿体系

在少数北北东向断裂中亦存在(金)银的矿化,如201, 202, 203, 204, 205号脉。该类型矿脉产于大磊山背斜(穹隆)核部的大别山变质杂岩中或大磊山背斜(穹隆)周边的红安群地层中,规模小,矿化弱,以含银为主,含金品位低。仅201号脉局部存在有工业价值的矿体,202, 203, 204, 205号脉只具矿化。

201 号脉产于红安群黄麦岭组下段层间断裂之中,为含(金)银石英脉,矿脉长 690 m,总体走向为 32°,倾向南东,倾角 20~38°,平均倾角 36°,变化系数为 20%,表明倾角稳定。矿脉形态比较简单,以单脉为主,局部为复脉,具分支复合或尖灭再现特征,无论单脉或复脉,均以薄板脉状为主,局部呈细脉状。矿脉平均厚为 0.62 m,变化系数为 95%,属不稳定类型。金平均品位为 0.57×10^{-6} ,变化系数为 202%;银平均品位为 65.87×10^{-6} ,变化系数为 188%。金、银的含量无论在走向上还是在倾向上变化均比较大。

2 金矿石的特征

在武汉理工大学材料研究与测试中心采用荷兰 PANalytical AXIOS advanced 波长色散型 X 射线荧光光谱仪测定样品的常量元素的组成。在武汉理工大学材料研究与测试中心采用美国 IL plasma 300 电感耦合等离子体发射光谱仪测定样品的微量元素组成。矿体主要表现为含石英网脉的硅化碎裂岩和含石英细脉的钾化岩石,从目前坑探揭露的情况看,深部矿(化)体主要由硫化物矿化石英脉组成,

矿石中黄铁矿、方铅矿、闪锌矿呈浸染粒状、集合体状,局部见有水晶晶洞,黄铁矿一般呈粗粒状嵌布其中。根据硫化物的发育情况,矿石组合大致可以划分为 3 种:①黄铁矿化、铅锌矿化石英脉型矿石;②含石英细粒状铅锌矿石;③黄铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化硅化钾化碎裂岩型矿石。矿区中以第 1 种矿石类型为主,第 2 种以及蚀变岩型的第 3 种矿石类型较少。一般情况下,石英脉的两侧常发育硅化钾化碎裂岩,矿石中金的平均品位为 11.63 g/t,最高品位可达 131.12 g/t。

此次研究的矿石样品采自矿化较好、规模较大的 10 号矿脉,在以石英为主的石英矿脉的中心到以钾长石蚀变为主的矿脉的边缘分别采样。矿石样品经破碎、磨细并进行混合,组成混合矿样,进行 X 荧光光谱分析,此外,对围岩红安群、大别群代表性样品(采自 3 个不同地点的样品混合)也进行元素化学成分分析,结果列于表 1。同时对这些样品以及矿石中的主要矿物石英、钾长石、硫化物的微量元素进行等离子光谱分析,结果列于表 2。从表 1、2 可以看出,矿石的主要元素组成为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 SO_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 Fe_2O_3 等,其他元素质量分数甚微,而微量元素则主要有 Cd、Mo、Ti、Ba、Mg、Mn、Sr 等。有用

表 1 样品化学成分荧光分析结果

Table 1 Chemical composition of the samples by X-ray fluorescent analysis $w_B/\%$

样品名称	Al_2O_3	CaO	K_2O	MgO	ZnO	Na_2O	P_2O_5	SiO_2	SO_3	TiO_2	Fe_2O_3	I. L.
红安群	12.89	0.09	4.86	0.15	/	3.82	/	76.16	/	0.13	0.97	0.79
大别群	13.97	0.22	3.46	0.44	/	4.85	0.06	74.04	/	0.25	1.89	0.78
矿样	5.25	0.06	2.36	0.10	1.31	1.73	/	79.11	6.05	0.06	2.69	1.79

I. L. 为烧失量

表 2 样品微量元素质量分数等离子光谱(ICP)分析结果

Table 2 Trace elements of the samples by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry analysis

样品名称	Mo	Ti	Al	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	
	$w_{\text{B}}/\%$												
大别群	0.016	0.110	6.238	0.064	0.137	0.000	0.000	0.001	1.326	0.001	0.252	0.021	
红安群	0.002	0.050	5.509	0.017	0.043	0.000	0.000	0.001	0.643	0.001	0.085	0.021	
矿 样	0.003	0.013	2.739	0.018	0.033	0.000	0.000	0.059	1.927	0.000	0.024	0.013	
石 英	0.002	0.001	0.034	0.000	0.018	0.000	0.000	0.002	0.103	0.000	0.004	0.001	
钾长石	0.000	0.007	7.382	0.083	0.120	0.000	0.000	0.006	0.187	0.000	0.008	0.001	
硫化物	0.001	0.002	0.084	0.001	0.016	0.004	0.000	1.535	32.260	0.000	0.000	0.000	
样品名称	Ni	Pb	V	Zn	Be	Cd	Sr	Na	K	As	Sb	Au	Ag
	$w_{\text{B}}/\%$											$w_{\text{B}}/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	
大别群	0.000	0.003	0.001	0.006	0.000	0.000	0.007	3.367	2.852	0.943	0.172	0.052	0.010
红安群	0.000	0.001	0.000	0.005	0.000	0.000	0.002	2.722	4.037	0.262	0.125	0.000	0.000
矿 样	0.000	0.317	0.000	1.148	0.000	0.009	0.007	1.060	2.124	9.380	0.473	35.030	6.691
石 英	0.000	0.018	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.031	0.017	1.132	0.540	0.612	0.185
钾长石	0.000	0.114	0.000	0.036	0.000	0.000	0.054	0.665	9.961	0.754	0.331	0.156	0.032
硫化物	0.002	3.643	0.005	12.390	0.000	0.099	0.001	0.029	0.090	20.560	5.842	303.800	78.640

注:石英、钾长石、硫化物矿物均为矿石中的主要矿物

元素除了 Au 外,还含有一定量的 Ag,因此,对于矿石的选冶,也要考虑 Ag 的提纯利用。对比围岩红安群和大别群的化学成分可知,覆盖于穹隆构造花岗岩体之上的大别群,其微量元素尤其是 Au 元素的质量分数明显高于远离花岗岩体的红安群(红安群下伏地层为大别群),说明花岗岩侵入体不仅导致围岩的变质作用,也导致了成矿元素向围岩的扩散迁移。

3 金的赋存状态

3.1 实验条件

X 射线衍射分析在中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室采用荷兰帕纳科公司 X'Pert PRO DY2198 型 X 射线衍射仪上进行,采用 Cu K α 辐射,Ni 片滤波,工作电压为 35 kV,电流为 30 mA,光阑系统为 DS=SS=1 $^{\circ}$;RS=0.22 mm,扫描速度为 8 $^{\circ}$ /s。

电子探针分析在中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室的日本 JEOL JXA-8100 型电子探针分析仪上进行。在进行电子探针成分分析之前,首先在较低的放大倍数下进行电子显微观察,确定可能的金矿物颗粒。然后对样品进行元素特征 X 射线面扫描分析,观察是否存在 Au 元素的富集区。最后对可能的金矿物颗粒进行电子探针成分分析。

3.2 矿石的矿物组成

矿石中主要矿石矿物有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿及含金矿物银金矿等;脉石矿物主要有石英、钾长石、斜长石、绢云母、绿泥石、方解石等(表 3)。根据大量的光片和薄片观察,对各矿物的质量分数进行统计分析,并结合 X 射线衍射分析和矿石化学组成的分析结果(图 3、表 1 和表 2),得到矿石中各主要矿物的质量分数分别为:石英 60%,钾长石 15%,绢云母 15%,硫化物矿物 8%,其他约 2%。硫化物矿物主要以黄铁矿为主,其次为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿,它们在硫化物矿物的组成比例分别为 50%,25%,15%,10%。

对矿石样品进行破碎分离,获得不同粒级的产品,并对各粒级的产品进行显微镜观察,分离出石英、钾长石和硫化物矿物等组分,由于硫化物矿物黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等密切共生并相互嵌布,因此难以对各种硫化物矿物进行单矿物分离,故将硫化物矿物作为一个矿物组分进行分析。通过大量的光薄片观察以及对人工重砂处理得到的重矿物部分进行显微镜观察。在 4 kg 的矿石样品得到的重矿物产物的观察中,仅发现两颗粒径大小不到 0.2 mm 金矿物颗粒。对提纯分离的各矿物组分的含金性进行等离子光谱分析结果表明,金主要与硫化物矿物有关(表 2)。

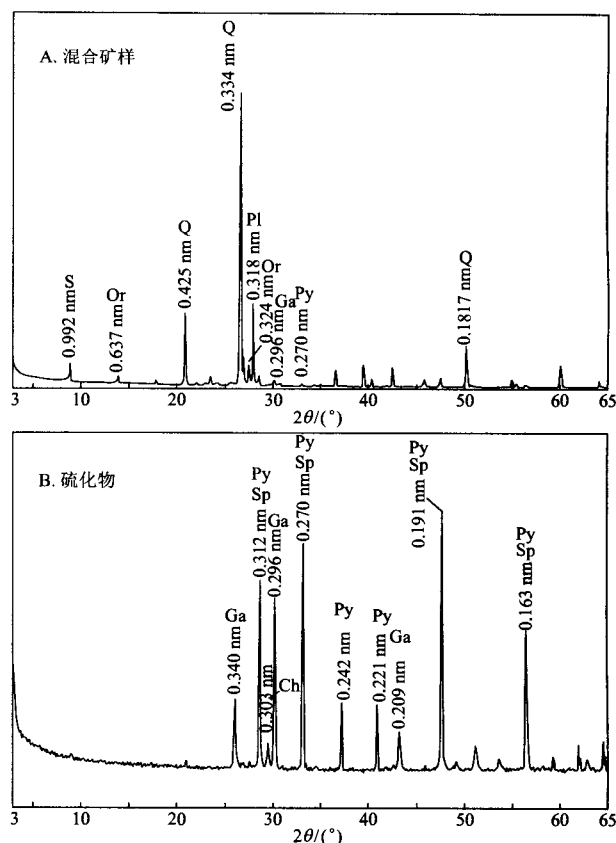


图 3 样品的 X 射线衍射图

Fig. 3 X-ray patterns of the ore samples

A. 混合矿样; B. 硫化物; S. 绢云母; Q. 石英; Pl. 斜长石; Or. 正长石; Ga. 方铅矿; Py. 黄铁矿; Sp. 闪锌矿; Ch. 黄铜矿

表 3 矿石的矿物组成

Table 3 Mineral composition of the ore sample

	主要矿物	次要—微量矿物
矿石矿物	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿	银金矿、辉铜矿、斑铜矿、铜蓝、白铅矿
脉石矿物	石英、钾长石、绢云母	白云母、斜长石、方解石、绿泥石

3.3 电子探针显微分析

对于采自矿化较好的石英脉样品,分别选取小块状的富含硫化物矿物的石英脉样品以及钾长石蚀变发育的一系列矿样进行抛光处理制备光片,并将试样进行表面的镀碳导电处理,用于电子探针分析。利用 AuL α 线进行面扫描观察,寻找矿石样品中的含金矿物,大量的观察表明,在富含硫化物矿物的样品中,发现了较多的含金矿物颗粒,且金矿物的颗粒较大;而在不含硫化物矿物的样品中,均未发现金矿物颗粒产出;此外,在钾长石蚀变发育的样品中,也见细小的金矿物颗粒与微细的硫化物矿物共生产。反映了金矿物与硫化物矿物之间的嵌布特征。如图 4-A 所示,在 AuL α 线的面扫分布图中,可以见到金的明显富集区;而在其 AgL α 线的面扫分布图

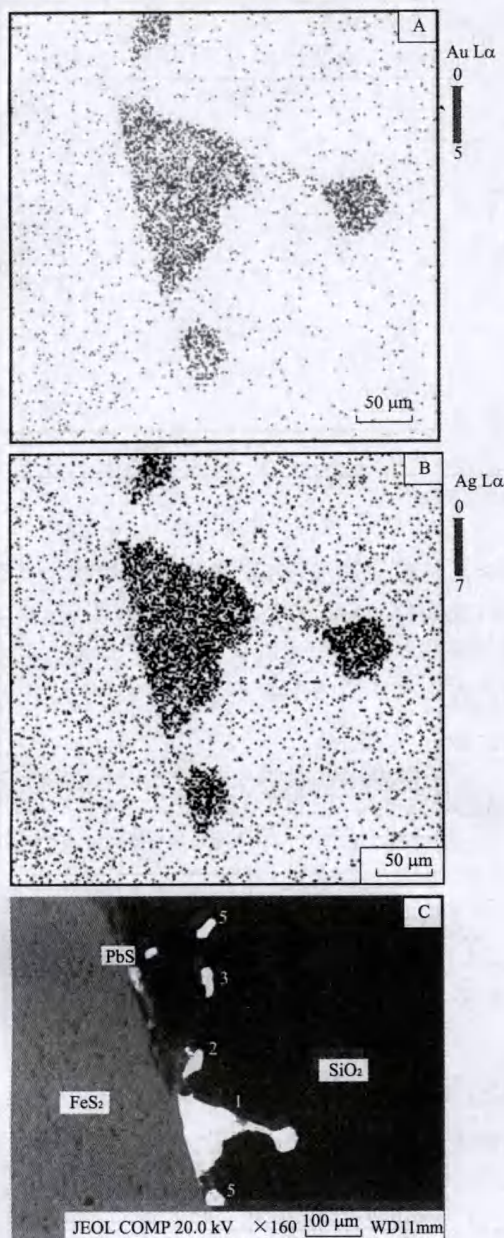


图4 金矿物的电子探针显微分析结果

Fig. 4 Images of electron particles by electron probe microscopy analysis

A. 金矿物的 AuL α 面扫分布图; B. 金矿物的 AgL α 面扫分布图;
C. 金矿物的背散射电子图像

中,显示出银的明显富集区与金的富集区重合,表明含金矿物颗粒明显地富含银元素(图4-B)。经电子探针化学成分分析证实,这些颗粒均为含银的金矿物(表4)。从表4可以看出,矿石中金矿物的成色较低,含有较高的银,基本上都属于银金矿(含银15%~50%),金矿物成色最低的颗粒为736,最高的颗粒为860,平均金矿物成色为784。

金矿物的成色与其形成的深度密切相关,对于内生热液成因的金矿物而言,从深部到浅部,金矿物

的成色逐渐降低。与大坡顶金矿床相似,内蒙古乌拉山脉金矿床也是与花岗岩相关的热液成因金矿床,矿床中金主要产于热液作用形成的石英—钾长石脉中。赵令湖等^[2]研究了乌拉山脉金矿床中金矿物成色的变化特征,研究表明,形成于深部的金矿物,平均金矿物成色为906;形成于中部的金矿物,平均金矿物成色为835;而形成于浅部的金矿物,其平均金矿物成色则为733。比较乌拉山脉金矿床中金矿物的成色特征可以推断,大坡顶金矿床中金矿物主要形成于浅部环境。

电子探针观察结果表明,金矿物颗粒呈液滴状或其他的不规则形状主要充填于黄铁矿、石英颗粒的裂隙或者这些矿物颗粒的间隙,少量被包裹在黄铁矿、石英颗粒之中(图4-C),矿石中金矿物的这些嵌布特征,与单矿物金质量分数的分析结果是一致的,均反映了金矿物与硫化物矿物以及石英的密切关系。比较石英脉型与蚀变岩型金矿石样品可以发现,石英脉型金矿石中金矿物的粒径相对较大,大小一般在30~150 μm 间,多与颗粒较大的硫化物矿物集合体共生;而蚀变岩型金矿石中金矿物的粒径相对较小,一般在5~20 μm 间,多与颗粒细小的硫化物矿物颗粒共生。从金矿物的产出形式以及金矿物的浅成特征可以推断,在热液作用过程中,成矿物质与硫化物、二氧化硅等是一同向上运移的,当流体的物理化学条件(如温度、压力急剧降低)发生急变时而沉积富集^[3]。根据矿物之间的相互接触关系可以推断,石英的结晶稍早于硫化物矿物,而硫化物矿物与金矿物的结晶沉积基本是同时的。

由于金矿化作用与石英、硫化物矿物密切相关,因此,对于与金矿物共生的硫化物矿物和石英,也分别进行了电子探针化学成分分析,结果列于表4。从表4可以看出,在放大几十到几百倍的电子显微镜下,那些观察不到金矿物的硫化物矿物中,电子探针一般检测不到金元素,但偶尔可以发现金元素的存在,说明硫化物矿物中可能包裹着颗粒更为细小的金矿物;此外,分析结果还表明,这些硫化物矿物一般都含有较高的Co;含有较低的Ni。黄铁矿中微量元素Co、Ni的质量分数可以反映成矿物质的来源,由表4表明,黄铁矿中 $w(\text{Co})=0.064\%$,而 $w(\text{Ni})$ 则低于电子探针的检测范围。根据陈光远等^[4]的研究成果,当黄铁矿中 $w(\text{Co})/w(\text{Ni})$ 值大于1时,指示硫化物矿物的成矿物质来源于岩浆作用。而从大别群变质岩围岩中具有较高金的背景值可以推断,大坡顶金矿床中成矿元素金可能来源于岩浆活动造成的围岩中Au的活化。在深部岩浆的上升侵入过程中,高温和岩浆流体的作用将导致围岩中Au的活化迁移,并且沿围岩的构造薄弱部位流动,

表 4 金矿物与硫化物的电子探针化学成分分析结果

Table 4 Chemical composition of electrum grains and sulfides analysed by electron probe microscopy

样品名称	Au	Ag	Fe	S	Co	Pb	Ni	Cu	Zn	金矿物成色[$w(\text{Au})/$ $w(\text{Au}+\text{Ag})\times1000$]	矿物名称
	$w_B/\%$										
X01-1	78.096	20.873	0.142	0.058	/	/	0.030	/	0.044	789	银金矿
X01-2	76.640	22.170	0.304	0.157	/	/	/	/	0.041	776	银金矿
X01-3	76.593	22.631	0.082	0.056	/	/	0.036	/	/	772	银金矿
X01-4	81.041	18.032	0.098	0.110	/	/	/	/	0.040	818	银金矿
X01-5	76.238	22.440	0.233	0.125	/	/	0.005	/	0.050	773	银金矿
X01-6	77.557	21.573	0.059	0.058	/	/	/	/	0.049	782	银金矿
X01-7	74.991	24.304	0.065	0.063	/	/	/	/	0.031	755	银金矿
X07-1	70.009	11.380	10.269	14.280	0.026	/	/	/	0.152	860	含银自然金
X07-2	72.740	/	26.031	1.472	0.389	/	/	/	0.151	736	
X01-PbS	/	/	0.287	13.269	0.012	86.342	/	/	/	/	方铅矿
X01-FeS ₂	/	/	46.214	53.761	0.064	/	/	0.006	0.037	/	黄铁矿
X01-ZnS	0.136	/	0.203	33.670	/	/	0.006	/	65.821	/	闪锌矿
X01-FeCuS	/	/	30.494	34.812	0.062	/	/	33.935	0.064	/	黄铜矿

注：样品 X01 为石英脉型金矿石，1~7 代表不同的金矿物颗粒；X07 为蚀变岩型金矿石

当与围岩的交代作用发生时，造成流体温度降低和氧化还原电位急剧变化而沉积。黄铁矿的化学组成特征也说明金矿化作用与深部岩浆作用相关，与金矿物的产出特征相一致。

4 结 论

(1) 大坡顶金矿床矿石中金以银金矿的形式产出，矿物颗粒大小多在 5~150 μm 间；银金矿颗粒呈液滴状或其他的不规则形状充填于黄铁矿、石英颗粒的裂隙或者这些矿物颗粒的间隙，少量被包裹在硫化物矿物、石英颗粒之中。

(2) 金矿物成色较低，平均金矿物成色为 784，

说明金矿物形成于浅部；而从共生黄铁矿中微量元素含有较高的 Co 和较低的 Ni 的特征看，金矿物的沉积与深部的岩浆作用有关，而成矿元素金则主要来源于大别群变质岩围岩中金的活化。

参考文献：

- [1] 李江洲, 肖荫萍. 白云金矿床地质特征及成因初探[J]. 湖北地质, 1990, 4: 32-49.
- [2] 赵令湖, 边秋娟, 张汉凯, 等. 乌拉山脉金矿田成因矿物学[J]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2000: 103.
- [3] Herrington R J, Wilkinson J J. Colloidal gold and silica in mesothermal vein systems[J]. *Geology*, 1993, 21: 539-542.
- [4] 陈光远, 孙岱生, 殷辉安. 成因矿物学与找矿矿物学[M]. 重庆: 重庆出版社, 1987: 874.

Characteristics of Gold-bearing Minerals from the Dapoding Gold Deposit in Dawu, Hubei Province

DU Deng-wen^{1,2}, HONG Han-lie¹, XU Zhi-qiang², LI Rong-biao¹,
HU Yuan-qing², WANG Fen-li¹, LI Zu-chun²

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
2. Geological Party of Northeast Hubei, Xiaogan Hubei 432000, China)

Abstract: Gold mineralogy from the Dapoding gold deposit in Dawu, Hubei Province, is investigated by means of optical microscopy, X-ray fluorescent analysis, X-ray diffraction, electron probe microscopy analysis, and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. The results show that gold occurs as electrum, with particle size ranging from 5 to 150 μm . The morphologies of the Dapoding electrum are usually present as droplet outline or irregular outline. electrum observation indicates that the gold is mainly filled in the fissures of pyrite and quartz crystals or in the interstitial space of the grains, and /or included in sulfide and quartz particles. The fineness of the electrum ranges from 736 to 860, with an average of 784. The relative low fineness of the electrum grains reflects that the electrum was formed in a shallow depth. In addition, there is more Co relative to Ni in pyrite, suggesting that the source of mineralized solution is derived from the magmatism, and gold derived from the surrounding Dabie metamorphic rocks.

Key words: Dapoding gold deposit; electrum; pyrite; electron probe microscopy