

贵州省从江县地虎铜多金属矿床矿石矿物特征及主要 有用组分赋存状态研究

杨芳芳, 廖树衡

(贵州省地质矿产勘查开发局 115 地质大队, 贵州 清镇 551400)

[摘 要]通过野外调查、样品采集、镜下鉴定和电子探针分析,发现地虎铜多金属矿床矿石矿物组成比较复杂,金属硫化物主要有黄铁矿(Py)、黄铜矿(Cp)、闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)、黝铜矿(Te)、辉铜矿(Cc)和斑铜矿(Bn),主要为一套中-低温热液成因的矿物组合,这些矿物多数呈半自形、星状、交代溶蚀等结构,具浸染状、块状构造。有用组分为 Cu、Pb、Zn,主要以独立矿物的形式存在;经电子探针分析,发现部分 Cu、Pb、Zn 以细小颗粒矿物存在,此外,Zn 还以类质同像的形式赋存在黝铜矿(Te)中。

[关键词]铜多金属矿床;矿石矿物特征;赋存状态;贵州省从江县

[中图分类号]P618.4;P618.41 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2020)-01-0046-07

贵州省从江县地虎铜多金属矿床是产于变质岩中受剪切带控制的蚀变岩型多金属矿床(陈璠等,2009),在贵州省东南部以摩天岭花岗岩岩体为中心所形成的滑脱构造中,分布有较多该类型矿床(刘灵等,2003)。刘灵等(2003)认为,该类型矿床在地虎—南加地区存在一个大型的滑脱构造,该滑脱构造控制了该区多金属矿床的产出位置。陈璠等(2009)通过构造模拟实验,解释了地虎地区金属矿带分带原因。此外,陈璠等于同年对地虎、九星矿床的流体包裹体进行了研究,认为:地虎、九星矿床属于中低温、低盐度热液型矿床。前人的这些研究成果为本次的研究提供了基础资料,对本次的研究起到了借鉴和参考作用。目前,关于地虎矿床在矿石矿物特征和有用组分赋存状态方面的研究资料较少,本文试图通过光片镜下观察,结合电子探针分析,详细分析了地虎铜多金属矿床矿物组成特点;借鉴前人研究分析方法,探讨有用组分为 Cu、

Pb、Zn 的可能存在形式。

1 区域地质背景

地虎铜多金属矿床位于扬子准地台与华南褶皱带之间的过渡带,习称的江南古陆西南端。区内断裂构造复杂,存在各类褶皱、断裂、过渡性剪切带。据贵州省区域地质志(2003),本区在长期的地质历史过程中,形成了宰便断层、党扭断层、陇雷断层、里培断层(杨忠琴,2008),出露地层主要为中元古代文通组和上元古界青白口系拱洞组(Qbg)、番召组(Qbf)、乌叶组(Qbw)及甲路组(Qbj),整体上为一套浅变质岩系(见图1)。在新元古代中期,发生了岩浆侵入作用,主要形成超基性岩、基性岩、酸性岩;同时也形成了很多规模不同的岩体,其中吉羊花岗岩体(桂北称三防岩体)规模最大(王劲松,2010)。

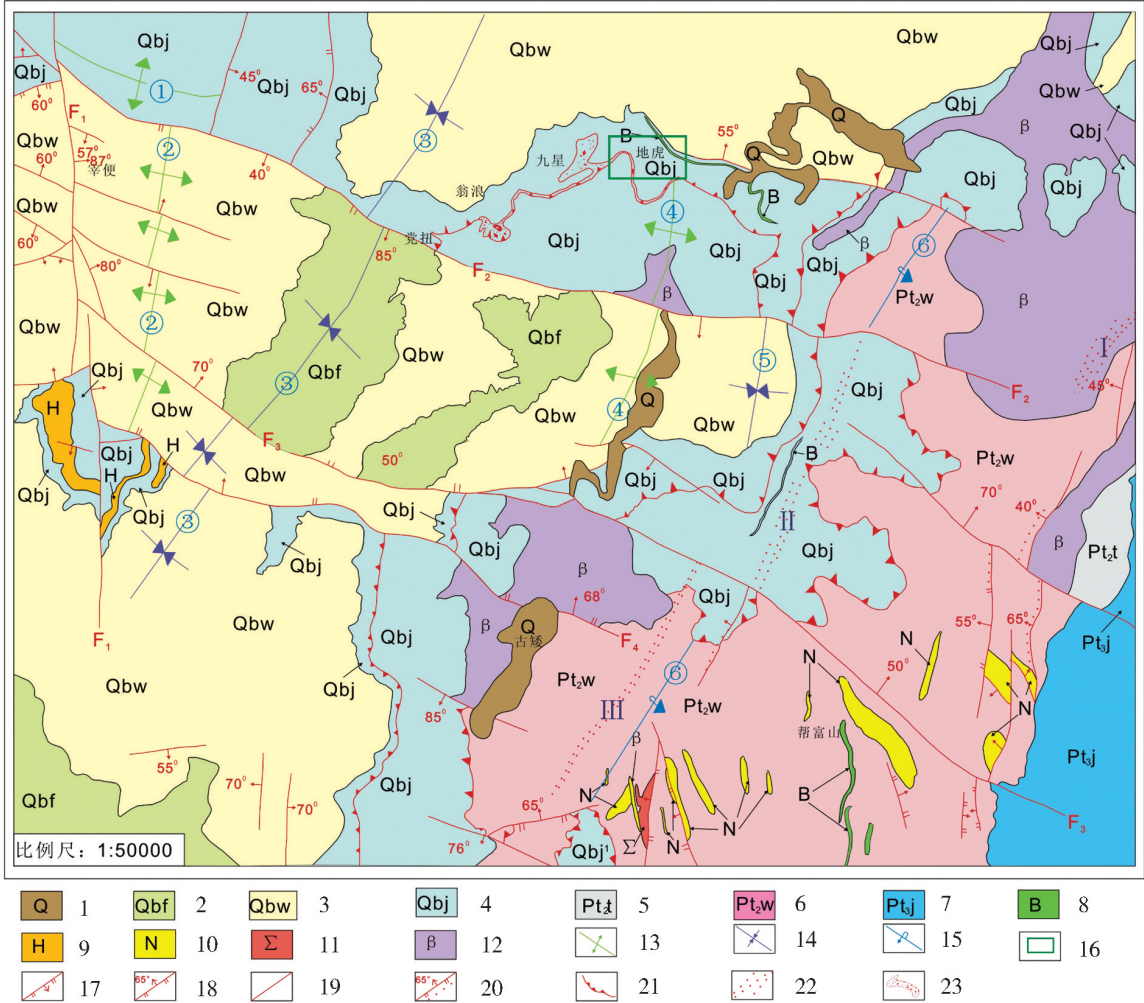


图 1 地虎铜多金属矿床区域地质图

(据贵州省地质调查院地质资料修改[贵州从江县宰便-平正一带普查报告(1:5万),1972年8月])

Fig. 1 Regional geological map of Dihu polymetallic deposit

1—第四系;2—下江群番禺组;3—下江群鸟叶组;4—下江群甲路组;5—四堡岩群唐柳岩组;6—四堡岩群文通组;7—吉羊花岗岩体;8—基性火山岩;9—辉绿岩体;10—蚀变基性岩;11—超基性岩;12—混合岩;13—背斜轴迹;14—向斜轴迹;15—倒转背斜轴迹;16—研究区;17—正断层及产状;18—逆断层及产状;19—性质不明断层;20—脆韧性断层;21—滑脱断层;22—韧性剪切带;23—滑脱构造带

①引略向斜;②加榜背斜;③加车向斜;④板良背斜;⑤鸡脸向斜;⑥新村倒转背斜. F₁:宰便断层;F₂:党扭断层;F₃:雷拢断层;F₄:里培断层. I:令里剪切带;II:新村剪切带;III:下大弄剪切带

2 矿床地质特征

矿区内地层主要为下江群甲路组,为一套浅变质岩。根据岩性的不同,甲路组又划分为二个岩性段,分别为甲路组第一段(Qbj¹)和甲路组第二段(Qbj²)。其中甲路组第一段根据蚀变强弱的不同,从下到上又划分出四个亚段,第四亚段为主要的含矿层,而第四亚段又可以从上至下分为黑层、绿泥石岩、强硅化重结晶石英岩(Sia)、致密石英岩(Sib)、千枚岩、石英千枚岩(Sic)六个岩性段。甲路组第一段第三亚段的中上部也有矿体

产出,划分为j₁³含矿带。矿区内发育一些小型断层,分为东西向、南北向、北西向和北北东向四组,均为高角度张扭性平移断层。北西组断裂切割南北向断裂,近东西向断裂又错断前两组断裂。断裂都表现为成矿后期断裂,但其规模小,垂直断距2 m~6 m,对矿体的破坏程度小。据地虎地质勘查报告资料,地虎矿床中主要有用元素有Au、Ag、Cu、Pb、Zn、S、Fe、Hg,半生有用元素有Ga、Ge、Cd、In、Ti、Te等元素(汪志成等,1988),金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿,其次有辉铜矿、斑铜矿、磁黄铁矿、自然金、银金矿;脉石矿物以石英、绿泥石为主,见绢云母、绿帘石等。根据矿体

产出的层位和蚀变体,将地虎矿床划分为四个矿带,分别为 Sia、Sib、Sic、 J_1^3 (图2)。Sia 矿带分布在矿区的最上层,基本出露于地表,是矿区内的主要含矿带;Sib 矿带分布在 Sia 矿带的下部,范围与 Sia 矿带相当;Sic 矿带是 Qbj¹⁻⁴第三层与 Qbj¹⁻⁴第四层分层的标志,层位稳定,区内保存完整; J_1^3 矿带为变质岩型矿床类型,该矿带位于最底层,埋藏一般较深,不具有工业意义。

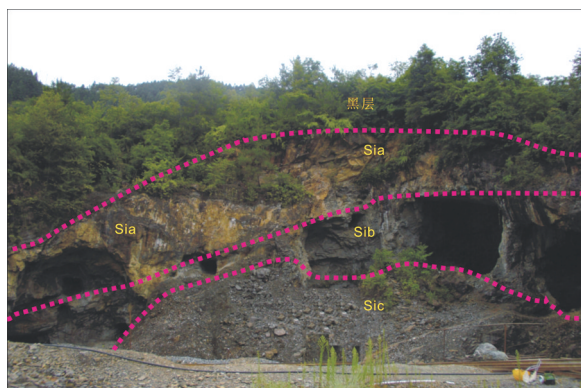


图2 地虎铜多金属矿床矿带关系图

Fig. 2 Relation of Dihu polymetallic deposit and ore belt

3 主要金属硫化物特征

经大量光片观察鉴定和电子探针分析,已查明较多的金属矿物,矿石矿物的组成比较复杂,主要为一套中—低温热液成因的矿物组合。其中,金属硫化物主要有黄铁矿(Py)、黄铜矿(Cp)、闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)、黝铜矿(Te)、辉铜矿(Cc)和斑铜矿(Bn)。

3.1 金属矿物镜下特征

(1) 黄铁矿(Py)

为该矿床中常见的金属矿物,粒径一般在 $10\ \mu\text{m}$ ~ $2\ \mu\text{m}$ 之间,颗粒大小变化较大,多呈半自形或他形颗粒,也见形状较好的自形晶颗粒,手标本上可见晶形较好的黄铁矿颗粒。根据黄铁矿颗粒的自形程度及与其它矿物间的关系,矿石中至少有两期黄铁矿。早期黄铁矿结晶粗大,多呈自形—半自形颗粒分布在脉石矿物中或零星分布在黄铜矿中,常被后期黄铜矿、闪锌矿、辉铜矿从边缘交代。晚期的黄铁矿多呈他形颗粒,边缘很不规则,常呈群、呈片分布,多数被氧化(图3a、图3b)。地虎矿床中 Co 含量较高而 Ni 含量较低(马思根等, 2013)造成 Co/Ni 的值较高,这也指示了黄铁矿可

能为热液成因。

(2) 黄铜矿(Cp)

黄铜矿是地虎铜多金属矿床中主要的硫化物矿物。黄铜矿在矿石中分布不均匀,局部比较富集,呈暗铜黄色,金属光泽。在光学显微镜下,黄铜矿呈亮黄色,弱非均质体,表面不光滑,有很多杂质,其中常分布有其他矿物颗粒,如闪锌矿、黄铁矿、斑铜矿等,有受到氧化的痕迹(图3c、图3d)。颗粒形状不规则,主要呈他形,粒径一般在 $20\ \mu\text{m}$ ~ $400\ \mu\text{m}$ 之间,粒径变化范围也较大,但粒径分布较为均匀,在光学显微镜下观察到的黄铜矿最小粒径为 $2\ \mu\text{m}$,在矿石中的含量约为 2% ~ 40%,常沿非金属矿物裂隙分布,呈细脉状、浸染状,常与黄铁矿、方铅矿共生。

(3) 方铅矿(Gn)

方铅矿是主要的矿石矿物之一,呈铅灰色,强金属光泽。在矿石中见到三种产出方式:其一为方铅矿呈他形颗粒零散分布在闪锌矿或是脉石矿物中,粒径一般在 $10\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ 之间,见呈圆形、椭圆形方铅矿零星分布在闪锌矿中,为闪锌矿出溶的产物;其二为方铅矿沿脉石矿物的裂缝或闪锌矿的两组节理分布,此种方式分布的方铅矿表面比较粗糙;其三为方铅矿分布在脉石矿物颗粒及闪锌矿、黄铜矿等金属矿物周围、内部及孔隙中,黑三角孔发育,揉皱发育(图3e、图3f)。

(4) 闪锌矿(Sp)

闪锌矿也是矿石中常见的硫化矿物之一,手标本上见到的闪锌矿呈黑褐色、黄褐色,半透明,镜下呈灰色、他形颗粒。有两种产出方式:其一呈他形颗粒孤立分布在方铅矿中,表面粗糙,突起明显,边缘粗黑,与方铅矿界线清晰,含有杂质,粒径一般在 $20\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ 之间;其二是分布在脉石矿物中的闪锌矿,常呈细脉状,脉的宽度变化较大,部分被方铅矿沿两组节理面交代(图3g)。

(5) 黝铜矿(Te)

分布在方铅矿、闪锌矿中,光学显微镜下呈淡灰色,略带一点玫瑰色,形状很不规则,表面比较光滑、平整、干净,与方铅矿、闪锌矿的界线较为清晰,颗粒普遍比方铅矿和闪锌矿小,粒径在 $30\ \mu\text{m}$ ~ $220\ \mu\text{m}$ 之间,未发现与黄铁矿、黄铜矿共生的情况(图3h)。

(6) 斑铜矿(Bn)

在光学显微镜下呈淡的玫瑰色,形状不规则,

表面较为光滑,但含有其他杂质,零散分布在黄铜矿内部,颗粒较细小,粒径在 $45\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$ 之间;有受到摩擦而留下的痕迹,擦痕方向基本一致,摩擦严重的部位出现了锈色膜;内部还含有黄铁矿、辉铜矿颗粒(3i)。

(7) 辉铜矿(Cc)

分布在黄铜矿中,光学显微镜下呈灰色,略带一点淡蓝,表面平整,有杂质,形状很不规则,交代先期形成的黄铜矿和闪锌矿,粒径在 $20\ \mu\text{m} \sim 900\ \mu\text{m}$ 之

间,颗粒大小变化大(图3j)。

经过光学显微镜的观察,发现有一些粒径较小($<2\ \mu\text{m}$)的金属矿物,但因光学显微镜放大倍数的限制,不能准确鉴定,可见地虎铜多金属矿床中的金属矿物分布较为复杂。为了确定矿石中更小颗粒的矿物及金银矿物、含金银矿物的分布形式,本次对样品进行了电子探针分析。通过不同的研究手段来了解矿石粒度分布,对矿石的选冶有重要意义,尤其是对矿石的破碎程度有决定性作用。

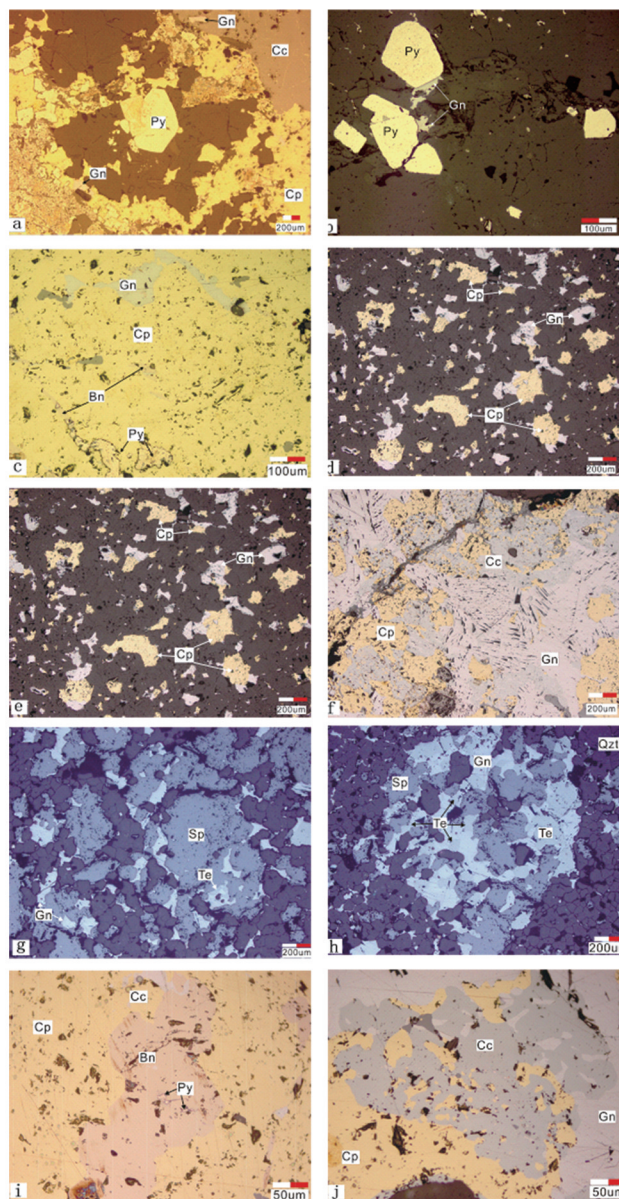


图3 地虎矿床中的矿石矿物镜下特征

Fig. 3 The microscopic characteristics of the ore minerals on Dihu polymetallic deposit

a—与黄铜矿(Cp)共生的黄铁矿(Py),单偏光;b—分布在岩石矿物中的半自形、他形颗粒黄铁矿(Py),单偏光;c—呈片状分布的黄铜矿(Cp),单偏光;d—呈不规则颗粒状黄铜矿(Cp),单偏光;e—方铅矿(Gn)中呈揉皱排列的黑三角孔,单偏光;f—与黄铜矿(Cp)、辉铜矿(Cc)共生的方铅矿(Gn),单偏光;g—呈他形颗粒分布的闪锌矿(Sp),单偏光;h—与闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)共生的黝铜矿(Te),单偏光;i—分布在黄铜矿(Cp)中的斑铜矿(Bn),单偏光;j—与黄铜矿(Cp)共生的辉铜矿(Cc),单偏光

3.2 电子探针分析

电子探针除发现光学显微镜下的一些常见的金属矿物之外,对于光学显微镜下较难准确鉴定的细小颗粒矿物($<2\ \mu\text{m}$)也能较好的确定,并能对不常见的金属矿物进行较为准确的鉴定。在电子探针分析的过程中除了准确的鉴定了细小颗粒的金属矿物之外,还鉴定出硫锑铅矿和辉钴矿,它们的特征如下:

(1) 硫锑铅矿(Do)

与闪锌矿关系密切,往往沿着闪锌矿的边缘对其进行交代,闪锌矿常被硫锑铅矿包裹(图4a),在矿石中的分布很不均匀,一般交代独立分布的闪锌矿颗粒。

(2) 辉钴矿(Cos)

在矿石中少见,颗粒很不规则,常被闪锌矿交代,其形成应早于闪锌矿(图4b)。

(3) 辉锑矿(St)

形状不规则,分布在闪锌矿颗粒边缘,是成矿热液沿闪锌矿边缘交代而形成的矿物,与之构成反应边结构(图4c)。

(4) 银的碲化物

在对矿物进行电子探针分析时,意外发现了Ag的碲化物,由于颗粒极细小,离子束直径大于矿物颗粒,在电子探针下放大了5000倍的情况下还难以对其准确测定。得出的能谱图中含有非金属矿物成分,能谱图上显示了S和Fe的特征谱线,说明该碲化物分布在黄铁矿中或是分布在黄铁矿的缝隙中,其能谱图如图4d。

电子探针准确的鉴定出了光学显微镜下尚难以准确鉴定的黄铁矿、黄铜矿等矿物($<2\ \mu\text{m}$),并鉴定出了其他不常见矿物。这给矿山提供了矿石综合利用的理论依据,提醒矿山对不常见矿物的利用,提高了矿山矿石的利用率。

4 主要有用组分赋存状态

经光学显微镜观察,有用组分为Cu、Pb、Zn,主要以独立矿物的形式存在;经电子探针分析,发现部分Cu、Pb、Zn的细小颗粒矿物,此外,Zn还以类质同像的形式赋存在黝铜矿中。

4.1 Cu的赋存形式

在地球系统的地质作用过程中,铜主要以化

合物、络合物的形式存在,它的存在形式与其地球化学性质及氧化还原条件有关。Cu在自然界中多形成硫化物及硫盐,Cu的氧化物少见,除非在强氧化条件下(晏萍等,2007)。经肉眼及光学显微镜下观察地虎铜多金属矿床中Cu所形成的硫化物,Cu赋存的主要形式是独立矿物,常见的独立矿物有黄铜矿、黝铜矿、辉铜矿和斑铜矿,孔雀石和蓝晶石仅见于地表附近且含量较少,黄铜矿是Cu主要独立矿物形式。此外,还有一些粒度较小的金属矿物,经电子探针分析,包括有铜的矿物,仍然是以独立矿物形式存在。

4.2 Pb、Zn的赋存形式

通过光学显微镜观察,Pb主要形成方铅矿,经电子探针分析一些粒度较小的金属矿物中也包含有方铅矿,Pb还是独立矿物形式。Zn主要形成闪锌矿这种独立矿物,闪锌矿中常含有Co、Fe、Mn、Sn、Ge、Ga、Cd、In、Sb、Tl、Ag、Hg等元素,这些元素的种类及含量在一定程度上能反应闪锌矿的成因(刘英俊等,1984)。一般高温条件下形成的闪锌矿含Co、Fe、Mn、(Sn),中温条件下含Cd、In、(Ga)、(Sn),低温条件下含Sb、Tl、Ge、(Ga)、Ag、Hg等。此外,闪锌矿中所含Fe多少与闪锌矿颜色有相关性,一般高温条件下形成的闪锌矿呈黑色、黑褐色,Fe的含量在7%~13%之间;中温条件下形成的闪锌矿呈红褐色、暗砖红色,Fe含量在3%~6%之间;低温条件下形成的闪锌矿呈黄色、淡黄色、灰白色,Fe含量在1%~2.5%之间(杨敏之,1961)。经电子探针分析,地虎矿床中的闪锌矿除了含Fe之外,未含其他的杂质元素,且铁的含量在7.59%左右,手标本观察到的闪锌矿呈黑褐色,由此可以推测闪锌矿可能形成于较高温条件。此外,根据黄典豪(1999)研究,该闪锌矿为含铁闪锌矿。对黝铜矿的电子探针分析,发现黝铜矿中含有少量的Zn且含量较为稳定,在3.85%~7.23%之间,变化范围不大。做Zn与Cu、Zn与Sb的散点图(图5),发现Zn与Cu有弱的负相关,而Zn与Sb的相关性不明显,由此推测Zn可能是与Cu构成类质同像。

5 结论

(1)地虎铜多金属矿床矿物成分较为复杂,金

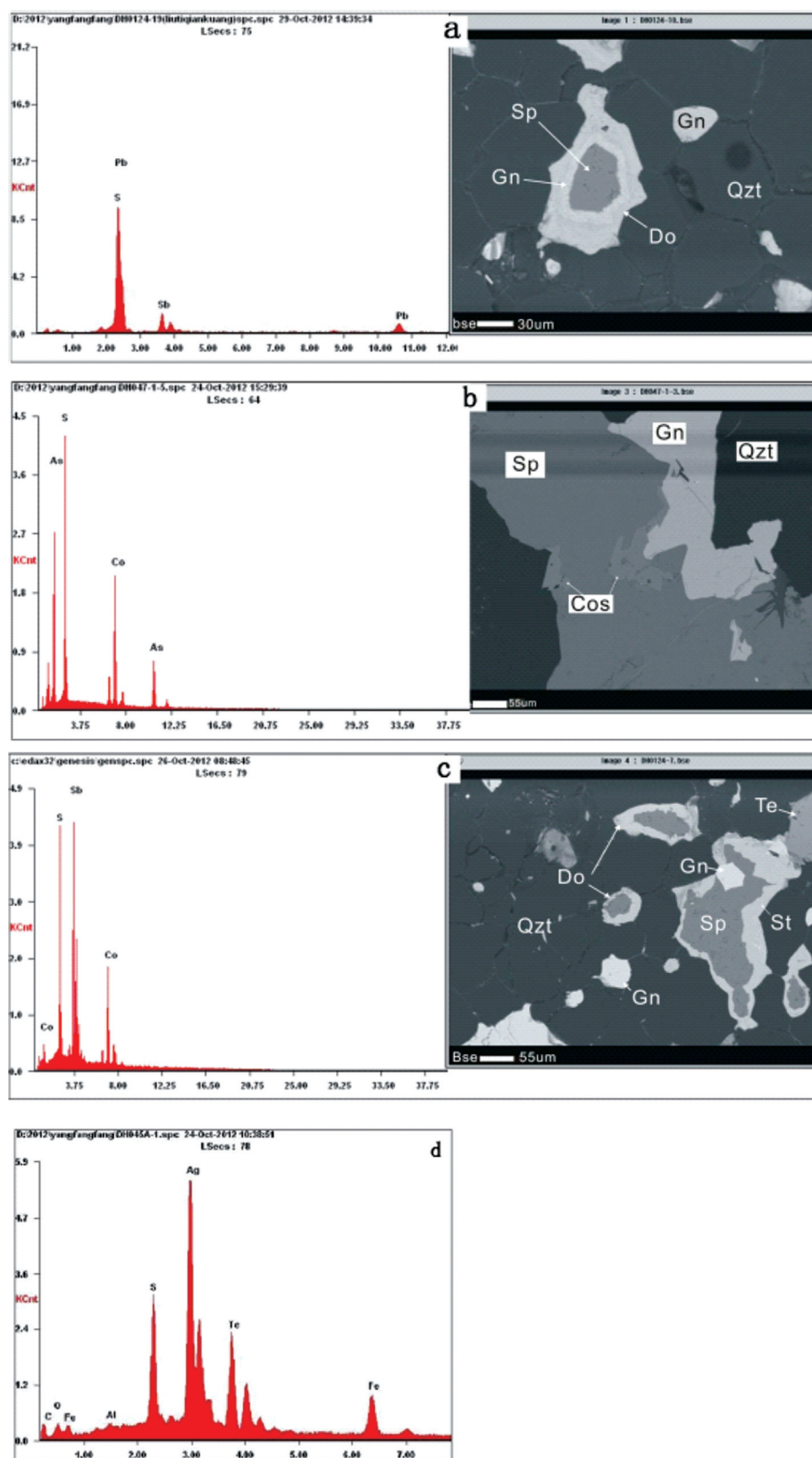


图 4 矿物能谱图和背散射电子图像

Fig. 4 The mineral energy spectrum and backscattered electron image

a—硫锑铅矿; b—辉钴矿; c—辉锑矿; d—银的碲化物

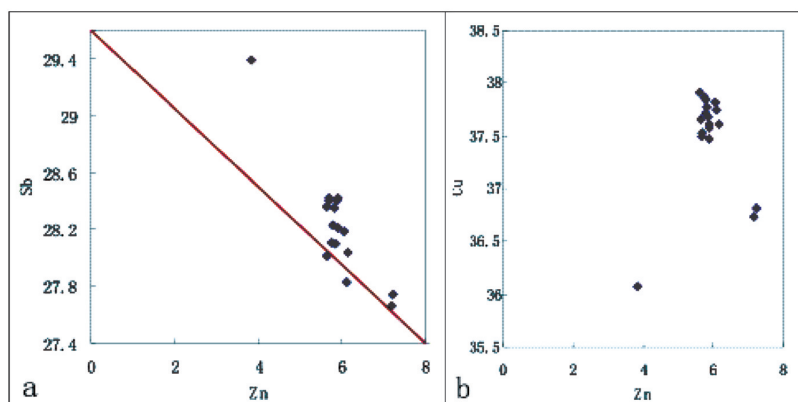


图 5 散点图

Fig. 5 The scatter diagram

a—Zn 对 Sb 散点图; b—Zn 对 Cu 散点图

属硫化物主要有黄铁矿 (Py)、黄铜矿 (Cp)、闪锌矿 (Sp)、方铅矿 (Gn)、黝铜矿 (Te)、辉铜矿 (Cc) 和斑铜矿 (Bn)。

(2) 有用组分为 Cu、Pb、Zn, 主要以独立矿物的形式存在。经电子探针分析, 发现部分 Cu、Pb、Zn 的细小颗粒矿物, 此外, Zn 还以类质同像的形式赋存在黝铜矿中。

[参考文献]

- 陈璠, 杜定全, 孙士军, 等. 2009. 贵州从江地虎—九星金矿流体包裹体研究[J]. 贵州地质. 26(2): 125-128.
- 黄典豪. 1999. 热液脉型铅—锌—银矿床富铁闪锌矿中硫化物包裹体成因探讨[J]. 矿床地质. 18(3): 244-252.
- 刘灵, 王康年, 李吉春, 等. 2003. 贵州从江地区滑脱构造初步研究

[J]. 贵州地质. 20(3): 139-144.

刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 王鹤年, 储同庆, 张景荣. 1984. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社.

马思根, 何明勤, 周家喜, 等. 2013. 贵州从江地虎铜金多金属矿床微量和稀土元素地球化学[J]. 矿物岩石地球化学通报. 32(5): 599-608.

王劲松, 周家喜, 杨德智, 等. 2010. 黔东南宰便新元古代镁铁—超镁铁质岩地球化学[J]. 矿物学报. 30(2): 215-222.

汪志成, 段庆云, 代克显, 等. 1988. 贵州省从江县地虎银多金属矿详细地质普查报告[R]. 贵州有色地质勘查局六总队.

杨敏之. 1961. 中国辽东一些多金属矿床中闪锌矿的形成温度与其物理化学性质的关系[J]. 地质学报. 41(1): 45-83.

晏萍, 肖静, 奎明娟, 等. 2007. 铜的地质地球化学特征与找矿[J]. 西部探矿工程. (6): 105-108.

杨忠琴. 2008. 黔东南从江翁浪金矿床矿物特征及金的赋存状态研究[D]. 贵州大学硕士论文.

Ore Mineral Characteristics and Useful Components Occurrence Status on Dihu Copper Polymetallic Deposit in Congjiang County, Guizhou Province

YANG Fang-fang, LIAO Shu-heng

(115 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development,
Qingzhen 551400, Guizhou, China)

[Abstract] It is found that the mineral composition is quite complex by field investigation, the sample collection, the microscopic identification and the electron probe. The Dihu copper polymetallic ore deposit main metal minerals are pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, tetrahedrite, chalcocite and bornite, it is mainly a set of mineral assemblages of medium - low temperature hydrothermal origin. Most of these minerals are semidiomorphic, stellate and metasomorphous structures with disseminated and massive structures. The main useful compositions are Cu, Pb and Zn, their occurrence status are mainly independent minerals. Some Cu, Pb and Zn are found in the form of fine mineral particles by the electron probe. In addition, the Zn has isomorphism.

[Key Words] Copper polymetallic deposit; Ore mineral; Characteristics; Occurrence Status; Congjiang Guizhou