

doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2015.03.003

湖南七宝山铜多金属矿床地质特征与找矿方向

杨荣¹, 符巩固², 陈必河^{3*}, 陈剑锋³, 司程山³, 刘邦定^{3,4}, 郑正福³
YANG-Rong¹, FU Gong-Gu², CHEN Bi-He^{3*}, CHEN Jian-Feng³, SI Cheng-Shan³, LIU Bang-Ding^{3,4},
ZHENG Zheng-Fu³

(1 湖南省地质勘查开发局 402 队, 长沙 410014; 2 湖南省地质矿产勘查开发局, 长沙 410110;
3 湖南省地质调查院, 长沙 410116; 4 湖南科技大学, 湖南湘潭 411201)

(1. 402 Geological Brigade of Hunan geology and Mineral Exporation Bureau, Changsha 410014;
2. Hunan geology and Mineral Exporation Bureau, Changsha 410110; 3. Hunan Institute of Geological Survey, Changsha 410116;
4. Hunan University of Technology and Science, Xiangtan 411201, Hunan)

摘要:浏阳七宝山铜多金属矿床是湖南迄今为止探明铜资源量规模最大的矿床。经过多年的开采,探明的矿产资源日趋枯竭,迫切需要寻找和发现新的矿产资源。通过对矿床特征及成矿条件以及成矿规律的总结和研究,表明该矿床类型以矽卡岩型为主,其次为裂隙充填型、蚀变岩体型及风化淋滤型。成矿明显受地层、构造、岩浆岩控制,与花岗斑岩及石英斑岩成矿关系最为密切。矿化分带现象较明显,以岩体为中心向四周,成矿由高温向中低温变化。岩浆岩、围岩蚀变和物化探异常为区内重要的找矿标志。进而指出,矿区成矿地质条件良好,找矿潜力较大,下步找矿方向应是矿区的深部及沿东西向断裂延伸方向。

关键词:七宝山铜矿;地质特征;找矿方向;湖南浏阳

中图分类号:P618.41

文献标识码:A

文章编号: 1007-3701(2015)03-246-07

Yang R, Fu G G, Chen B H, Chen J F, Si C S, Liu B D and Zheng Z F. Geological characteristics of Qibaoshan Cu-polymetallic deposit in Hunan Province and its prospecting orientation. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2015, 31(3): 246-252.

Abstract: Qibaoshan deposit which located in Liuyang City is the largest Cu-polymetallic mine in Hunan province at present. It's drained gradually after exploit for the past many years and seek and find more mineral resources here becoming imperative, through the research on the metallogenic condition and regulation of this deposit, we find the major ore-forming type here is skarn, apart from this, fracture filling, alteration and weathering are also common metallogeny patterns in this deposit. The formation of this deposit is clearly affected by stratum, structure and igneous rocks, and closest related to granite porphyry and quartz porphyry. The mineralized zone clearly shows that mineralization temperature turns high to low from the center of rock-body. Igneous rocks, wall rock alteration, geophysical and geochemical anomaly here are always very important indication for prospecting in mining area. Comprehensive study shows that this deposit with excellent conditions for mineralization has bright future for ore prospect and extend direction of east-west faults and the depth and adjacent of mining districts are best place to mineral prospecting.

收稿日期:2014-09-22;修回日期:2015-08-06.

基金项目:中国地质调查局项目"湘东地区花岗岩与成矿关系研究"(编号:1212011220520).

第一作者:杨荣(1967—),男,工程师,长期从事地质调查与矿产勘查.

*通讯作者:陈必河, E-mail: chenbihe5278@163.com.

Key words: geological characteristics; prospecting orientation; Qibaoshan copper deposit; Liuyang, Hunan Province

位于湖南省东北部浏阳境内的七宝山铜多金属矿床,是目前省内探明规模最大的铜多金属矿床,长期以来,该矿床的发现吸引了众多的学者极大关注和研究,发表了一系列的论文与专著。其中,刘娟群等(1999,2001)^[1-2]、陈必河等(2001)^[3]通过对区域上对花岗岩进行的研究成果表明,花岗岩尤其是燕山期花岗岩与成矿存在密切的关系。陈蓉美等(1985)^[4]、韩公亮等(1985)^[5]及孙敏云等(1985)^[6]对矿床从矿石矿物学方面进行了详细研究。何泗威等(1985)^[7]、黎定焯等(1992)^[8]、胡祥昭等(2003)^[9]、杨中宝等(2004)^[10]通过对矿物地球化学、矿床地球化学及矿物流体包裹体特征的方面的研究成果,在为研究该矿床的成因方面提供了有益佐证。胡祥昭等(2003)^[11]对七宝山石英斑岩的地球化学特征、成因及其与成矿的关系研究成果显示,区内石英斑岩应属壳幔同熔成因,铜矿化与该岩体密切相关,是铜

矿化的成矿母岩。上述研究成果,对于认识七宝山铜多金属矿床及成矿过程起到了积极作用。但在部分问题的认识上仍存在较大分歧和需要深入研究。笔者在前人工作的基础上,根据所掌握资料和体会,对该矿床的基本特征进行综合论述,并对找矿方向和找矿潜力进行探讨。

1 地质背景

七宝山铜多金属矿床地处扬子陆块的东南缘、江南古陆北东段连云山核杂岩隆起东侧(图 1)。区内经历了武陵运动、加里东运动、印支运动、燕山运动及喜马拉雅运动,多期次的构造运动造就了研究区变形程度、变形方式和变形样式各异,并彼此穿插和改造的构造格局^[12-13]。

区内出露最老地层为古元古代涧溪冲岩群、连

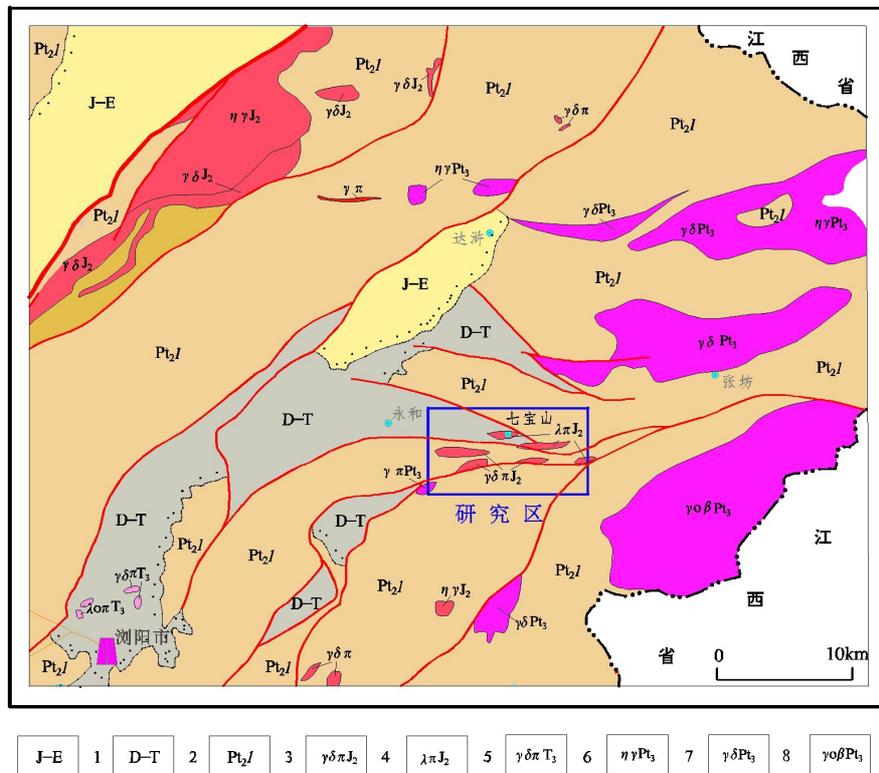


图1 七宝山矿区区域地质简图

Fig1. Regional geological sketch map of Qibaoshan deposit

1.侏罗系-古近系;2.泥盆系-三叠系;3.冷家溪群;4.中侏罗世花岗岩闪长斑岩;5.中侏罗世石英斑岩;6.晚三叠世花岗岩闪长斑岩;7.新元古代二长花岗岩;8.新元古代花岗岩闪长岩;9.新元古代英云闪长岩。

云山岩群。涧溪冲岩群分布于文家市附近,由变拉斑玄武岩夹变火山碎屑岩、千枚岩等组成,为活动构造背景下沉积,分布于文家市一带。连云山岩群分布于连云山,为一套变质程度达角闪岩相的中-深变质岩系,由片麻岩、二云母片岩等组成。冷家溪群为一套巨厚的中浅变质复理石砂泥质浊积岩夹双峰式火山岩,是活动陆缘-岛弧环境下的产物。新元古代界及早古生界为一套浅变质砂泥质碎屑岩。其中,板溪群及与下伏地层冷家溪群呈角度不整合接触。晚古生界及上三叠统为一套浅海碎屑岩-碳酸盐沉积,与下伏地层呈角度不整合接触。中生界主要为一套陆湖相砂泥质含煤沉积,与下伏地层呈角度不整合接触。

区内岩浆岩较发育,经历了武陵期、加里东期、印支期、燕山期岩浆活动。主要岩石类型为花岗岩类,少量中性、基性、超基性岩类;花岗岩类一般为规模较大的岩基、岩株,部分呈岩脉、岩墙及岩床产出。

2 矿区地质特征

矿区出露地层分别为冷家溪群绢云母千枚岩、石英绢云母千枚岩、浅变质粉砂质板岩;南华系富禄组为浅变质砂岩夹板岩;石炭系下统樟树湾组属

滨海相砂岩、粉砂岩,厚几米至十余米。石炭系中上统属浅海相碳酸盐岩,由泥晶灰岩、中-粗粒白云岩组成,厚度大于300m,其与花岗岩类侵入接触部位,产生大理岩化和矽卡岩化,局部形成大理岩及矽卡岩(图2)。

区内构造较复杂,主要表现为褶皱和断裂。褶皱构造为铁山-横山向斜,核部由上石炭统组成,南北两翼被断层破坏而残缺不全。向斜轴向北西西,轴面倾向南西,北翼倾角30°,西部倾伏开阔,东部扬起狭窄,至横山附近闭合,长约6km,宽0.5~2km。

断裂构造较发育,规模较大的为F₁、F₂断裂^[4]。其中F₁断层穿过矿区,走向近东西,使冷家溪群千枚岩逆冲在上石炭统灰岩、白云岩之上。破碎带宽200~300m,由断层角砾岩组成。断层面向南,倾角60°左右。该断层在桥头至横山一段,被花岗闪长斑岩充填,属控岩控矿构造。

F₂断层东起横山,西至庙前,全长约5km,北西西走向,是矿区的主要控岩控矿构造之一^[4]。

七宝山矿区岩浆活动较强烈。其中,以七宝山岩体规模最大,地表东西向长约6000m,南北宽10~1000m,出露面积约1.7km²。岩体形态不规则,平面上呈椭圆状,剖面上为总体呈向南倾斜,向东西两侧

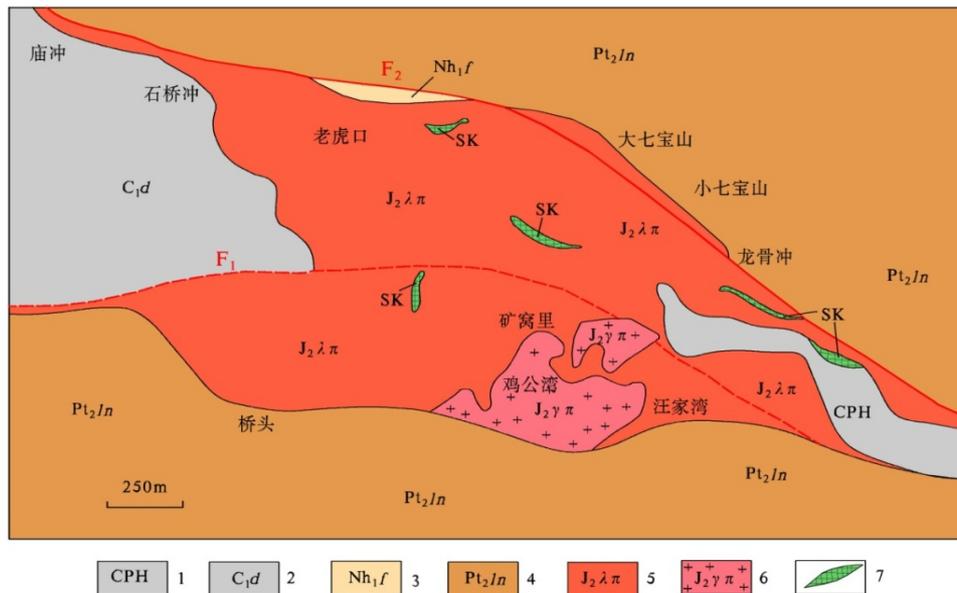


图2 七宝山矿区地质简图

Fig. 2. Geological sketch map of Qibaoshan deposit

1.中上石炭统壶天群;2.下石炭统大塘阶;3.南华系富禄组;4.中元古宙冷家溪群;5.石英斑岩;6.花岗斑岩;7.矿体.

超覆的蘑菇状,主要岩性为石英斑岩,次为花岗斑岩、花岗质隐爆角砾岩。根据侵入体之间的接触关系,岩体分为三个侵入次。花岗斑岩磷灰石 U-Pb 年龄值为 227 百万年^[15],全岩 Rb-Sr 同位素年龄为 193 Ma^[15]、K-Ar 法测得黑云母 184 Ma^[11],表明其形成于晚三叠世。

岩石为斑状结构。斑晶主要由石英、次为长石及黑云母组成。基质呈隐晶质或微晶结构主要矿物成分及含量分别是:石英(34%)、钾长石(22%)、斜长石(36%)及黑云母(7%)。副矿物种类繁多,含量高,其中以磷灰石、锆石、电气石、磁铁矿为主,并伴有大量的黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿等金属硫化物。SiO₂ 偏低(<70%),CaO 含量极低,富钾贫钠(K₂O / Na₂O) = 4.2, Al₂O₃ 含量较高(Al₂O₃ > 15.83%);岩石分异指数高(DI=80),稀土元素总量偏低(Σ REE 158.31 × 10⁻⁶ ~ 176.97 × 10⁻⁶),轻稀土含量大于重稀土含量, LREE / HREE 16.97 ~ 19.02, δ Eu 为 0.88 ~ 1.02, 钕亏损不明显,富铷贫锶, Rb / Sr > 4。Co, Cr, Ni 等元素含量高于世界花岗岩中的平均值。成矿元素 Cu 平均含量为 1800 × 10⁻⁶, 为世界花岗岩平均含量的 90 倍,其综合地球化学特征表明,岩体属壳幔同熔型花岗岩类^[11]。

矿区内岩浆作用和热液蚀变作用强烈。不同的构造部位和不同的围岩性质,造就了不同的围岩蚀变类型,主要有:

矽卡岩化:主要发生在花岗斑岩与灰岩的接触带上,可分为钙镁质矽卡岩与镁质矽卡岩。钙镁质矽卡岩分布在岩体两侧鸡公湾地段浅部;镁质矽卡岩分布在鸡公湾地段深部及大七宝山、江家湾地段;二者界线呈渐变关系,与矿体关系密切。大部分地段矽卡岩与矿体合二为一。

绢云母化:是矿区最普遍的蚀变类型之一,常与硅化相伴出现。

硅化:在矿区十分发育,广泛分布于各种岩石中。

高岭土化:常见于地表花岗斑岩中,与绢云母相伴出现。

铁锰碳酸盐化:主要分布在远离侵入体中心的白云岩、白云质灰岩中。主要表现为铁锰质沿破碎角砾边缘或沿白云岩裂隙充填交代,使岩石呈棕褐色、砖红色或深灰色的角砾状粗晶白云岩。

3 矿床地质特征

七宝山矿床是湖南境内目前查明规模最大的大型铜多金属矿床之一,其铜储量占全省总储量的 30%。矿床矿石类型复杂多样。

地层岩性是成矿的重要介质和载体,不同的围岩其矿床类型也不一样。七宝山矿区的主要赋矿围岩是冷家溪群浅变质碎屑岩、石炭系中上统碳酸盐岩及蚀变花岗斑岩。其中,赋存于冷家溪群碎屑岩,化学活动性相对较差,成矿受构造裂隙控制较明显,成矿方式以裂隙充填型为主,形成裂隙充填型矿床;中上石炭统碳酸盐岩,化学活动性较强,是矿区重要的赋矿地层,矿床以接触交代矽卡岩型为主;产于花岗斑岩和石英斑岩中的矿床,多形成蚀变岩体型矿床。

七宝山矿田由四个矿段组成。自西向东分别是老虎口矿段、大七宝山矿段、鸡公湾矿段、江家湾矿段(图 2)。计有大小矿体 200 多个,主要矿体 3 个^[16]。它以矿体的赋存部位多变及伴生的贵金属、稀散元素多而量大为特色。根据赋矿围岩及成矿作用方式,矿床类型分为 4 类。

裂隙充填型矿床,主要分布于岩体北西侧老虎口矿段,其它地段则分布零星。矿体产于壶天群与冷家溪群不整合界面上。

矽卡岩型矿床,主要分布于鸡公湾、大七宝山和江家湾矿段。矿体产于岩体与碳酸盐岩接触带附近。

蚀变岩体型矿床,主要产于七宝山蚀变的石英斑岩、花岗斑岩中。

风化淋滤型矿床,含铜黄铁矿体,在风化淋滤作用下,于地表次生富集,形成黑土型铁锰金银矿床。

矿床大部分为隐伏矿体,主要矿体有 3 个。其中 I 号矿体为黄铜黄铁矿体,形态简单,呈似层状分布在蘑菇状石英斑岩体与灰岩接触带,近东西向分布,长 2750 m,厚 0.35 ~ 178 m,延深 105 ~ 758 m; III 号矿体为黄铜磁黄铁矿体,形态复杂,呈不规则囊状,分布石英斑岩体内部的灰岩捕虏体或残留体边缘,往往形成大小不等的环状矿体,长 350 m,厚 2.9 ~ 85 m,延深 150 ~ 622 m; VIII 号矿体为环状矿体,长 450 m,厚 9.5 ~ 103 m,延深 19 ~ 170 m。

矿区矿体变化较大。相对而言,充填型、风化淋滤型矿体形态简单,品位较富。而矽卡岩型矿体则形态复杂,品位偏低。矽卡岩型矿体的形态、产状,完全取决于岩体与围岩的接触带形态、产状。

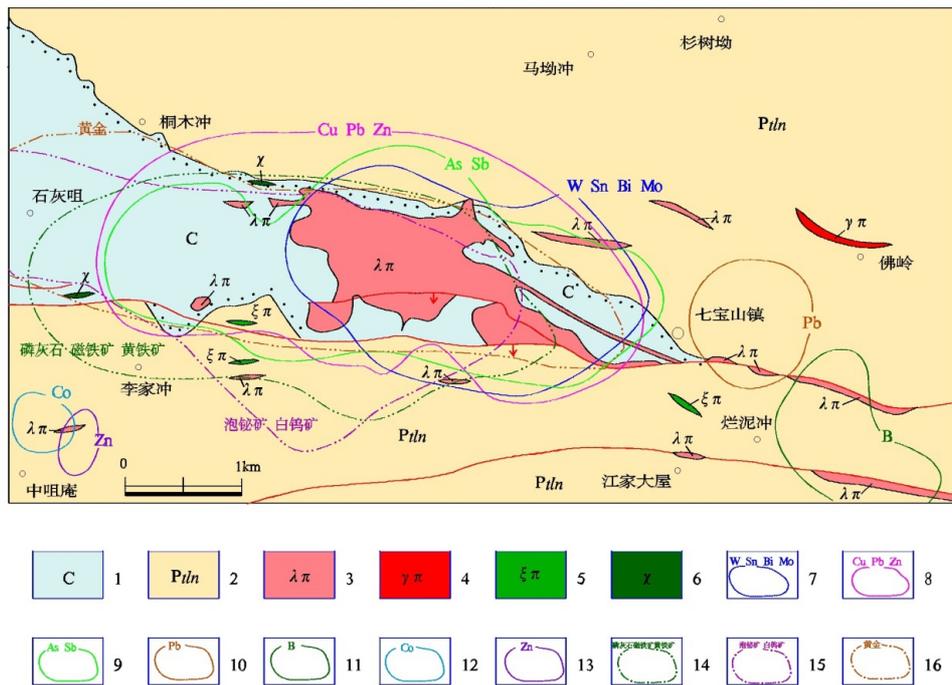


图3 七宝山地区地质矿产及化探异常综合图

Fig. 3 Geological and geochemical prospecting anomaly in Qibaoshan area

1. 石炭系; 2. 冷家溪群; 3. 石英斑岩; 4. 花岗岩; 5. 云煌岩; 6. 煌斑岩; 7. W、Sn、Ni、Mo地球化学异常; 8. Cu、Pb、Zn地球化学异常; 9. As、Sb地球化学异常; 10. Pb地球化学异常; 11. B地球化学异常; 12. Co地球化学异常; 13. Zn地球化学异常; 14. 磷灰石、磁铁矿、黄铁矿重砂异常; 15. 泡铋矿、白钨矿重砂异常; 16. 金重砂异常;

4 矿石特征

矿区矿物种类多, 已查明达有八十余种, 具工业意义的矿物及常见脉石矿物约三十余种。主要为黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、铁闪锌矿, 次为磁黄铁矿、方铅矿等。脉石矿物主要为方解石、石英、透闪石、阳起石、蛇纹石等。

矿体中主要元素为 Pb、Zn、Au、Ag、Fe、Mn、S, 单工程品位: Pb 3.98% ~ 0.15%、平均品位 1.87%, Au 2.25×10^{-6} ~ 0.38×10^{-6} 、平均品位 0.99×10^{-6} , Ag 119.54×10^{-6} ~ 1.15×10^{-6} 、平均品位 43.58×10^{-6} , Zn 9.54% ~ 0.06%、平均品位 0.8%, Mn 16.29% ~ 0.03%、平均 4.39%, Fe 47.98% ~ 7.03%、平均品位 18.55%。另伴生 Cd、Ga、In、Ge、Te、U 等。

矿区矿石结构可分为晶粒结构、交代结构, 自形、半自形、它形粒状结构等。矿石构造主要有浸染状构造、块状构造、条带状构造、其次为角砾状构造、脉状构造、网脉状构造。

根据矿物成分及结构构造, 矿区内矿石类型可分为硫铜矿石、铁矿石、硫锌矿石、铅锌矿石及氧化锌矿石五大类。硫化物矿石受岩体接触带控制, 氧化矿石受水文地质条件控制。

5 成矿规律与找矿标志

5.1 成矿规律

成矿规律是研究矿床形成的时空分布规律, 是成矿预测的基础。七宝山矿区具如下成矿规律:

(1) 矿床的分布规律。一般以岩体中心向外依次为, 磁黄铁矿化、黄铜矿化、黄铁矿化, 外接触带为黄铜矿化、黄铁矿化、闪锌矿、方铅矿化。矿化分带现象较明显。氧化矿石的分布多受地形地貌及水文地质条件控制。

(2) 围岩蚀变大致以岩体为中心, 由内向外向依次为: 碱质交代岩—绢英岩—青磐岩—泥化岩—镁矽卡岩—钙矽卡岩—碳酸盐岩, 相对应的交代相依次为: 钾长石、钠长石相—绢云母、石英相—阳起

石绿帘石、绿泥石相—高岭土相—透辉石相—辉石、石榴石相—碳酸盐岩相,与其相对应的矿化依次为:钨矿化、锡矿化、磁铁矿化—铜矿化、铅矿化、锌矿化—砷矿化。以岩体为中心向四周,由高温向中低温矿化的变化趋势较明显。

(3)成矿元素分布规律。 Fe 、 S 、 Pb 、 Zn ,品位变化较大,而 Cu 品位无论是水平还是垂直方向上变化不大。 S 、 Cu 品位基本成同步消长,由西向东有减低趋势,与厚度成负相关关系。随着标高下降, S 品位相应降低。 Ag 、 Au 、 Fe 、 Mn 的含量变化与厚度变化成同步消长关系,均是矿体东西两端高,中间较低,而 Zn 品位变化与厚度成反比, Pb 由西向东品位略有所降低,与厚度变化关系不明显。

5.2 找矿标志

岩浆岩不仅提供了部分成矿物质,更是成矿热液上升的通道^[17-18]。矿区岩浆岩发育,与成矿关系十分密切。现有资料表明,矿区所有矿床均分布于岩体内或外接触带附近。尤其是蚀变较强的花岗斑岩类,是重要的找矿标志。

断裂构造不仅是岩浆和深部成矿热液上升的通道,同时是成矿热液富集成矿的主要空间。矿区构造裂隙发育,与成矿有关的主要构造是一近东西向断裂、岩体侵位构造及岩体接触带构造。当含矿热水从地壳深部向浅部运移时,随着温度、压力的改变,使成矿物质在有利的构造部位富集成矿。尤其是具有矿化蚀变的断裂,更是重要的找矿标志。

七宝山矿区的主要矿化有 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Au 、 Ag 、 Fe 、 S 等。这些矿化是深部成矿热液上升至在地壳浅部不同部位的产物,是重要的找矿标志和找矿线索。尤其是在成矿地质条件有利、异常清楚的矿化地段,更要引起找矿高度重视。

蚀变是深部成矿热液上升至地壳浅部交代围岩的产物,是重要的找矿标志之一。七宝山矿区热液蚀变发育,分布广泛,围岩蚀变类型以岩体为中心向四周,依次为钾长石化、钠长石化—绢英岩化—青磐岩化—泥化—砷卡岩化—碳酸盐岩化等由高温向中低温变化趋势。蚀变类型受围岩性质的制约。围岩成分不同,蚀变类型也不同,矿化也不一样。一般情况下,蚀变越发育,矿化越明显。其中,绢英岩化、青磐岩化、泥化与 Cu 、 Au 、 S 矿化较密切。砷卡岩化与 Cu 、 Pb 、 Zn 、 A 、 Fe 矿化较密切。碳酸盐岩化与 Pb 、 Zn 矿化较密切。

物探异常和化探异常是地质体地球物理性质和地球化学性质的表现形式,是重要的找矿线索。找矿实践表明,利用物、化探方法是一种行之有效的找矿手段。常用的物探找矿方法主要为电法和磁法。其中,电法勘探通过探测电性参数(电阻率 ρ 、介电常数 ϵ 、磁导率 μ 、极化率 η 等物理参数)差异来了解围岩与矿体的分布状态,一般对硫化物矿床效果较好。磁法勘探主要通过在地面或空中探测磁异常的分布,来研究地下的磁性地质体(地质体或矿体)分布状况,一般对寻找矽卡岩型矿床效果较好。成矿元素及其相关的指示元素异常对指导找矿亦起到较好的效果。尤其是当这些异常相互叠加一起时,找矿效果更佳。七宝山矿区主要是内生金属矿床和非金属矿床,重砂异常、化探异常及物探异常清楚,各类异常围绕七宝山岩体分布(图3)。

6 找矿潜力与找矿方向

6.1 找矿潜力

七宝山铜多金属矿主要受地层、构造、岩浆岩共同控制。

在矿区及外围,地层发育,尤其是在矿区东西两端,中上石炭统碳酸盐岩化学性质活泼,分布广泛,为较理想的赋矿围岩。当与花岗岩类接触时,很易形成接触交代砷卡岩型矿床。

矿区位于东西向铁山—横山向斜东部的扬起端,断裂构造十分发育,是成矿热液上升的主要通道和赋矿空间。其中 F_1 、 F_2 断裂呈东西向横贯矿区至两端,沿断裂附近,小岩体及异常发育,是矿区主要的控岩控矿构造和导矿赋矿构造。

岩浆岩是成矿的重要因素之一,在时间和空间上有着明显的成生联系。它除提供部分成矿热液和成矿物质外,更是深部成矿热液上升的通道和聚集场所^[17]。特别是岩浆的隐爆作用,为成矿提供了矿质运移和储矿空间,使矿体围绕岩体分布。七宝山矿区,花岗斑岩、石英斑岩发育。在矿区外围,与之相似的花岗斑岩和石英斑岩有多处出露,其特征与七宝山花岗斑岩和石英斑岩相近。

综合研究表明,七宝山矿区深部和外围,成矿地质条件较好,找矿潜力较大。

6.2 找矿方向

七宝山铜多金属矿是工作程度较高,开采多年的老矿山,已探明资源量日趋枯竭,寻找新的接替

资源迫切。根据以往和本次研究成果,其找矿方向是:

大量勘查和采矿实践证明,依矿找矿、深边部找矿是行之有效、经济实用而又较为稳妥的找矿方法。七宝山矿区,尽管经历了多年的勘查和开发,但在矿床的边深部,仍显示出较大的找矿前景。尤其是深边部岩体接触带附近,找矿前景广阔。如在岩体深部,寻找斑岩型矿床,在岩体接触带附近,寻找矽卡岩型矿床,在岩体外接触带寻找裂隙充填型矿床。

小岩体与成矿存在密切关系,是重要的找矿标志已成为共识^[7]。现已查明,矿区及外围岩浆岩发育。除七宝山岩体处,在矿区外围,分别有炭冲花岗斑岩群、横山石英斑岩、铁屎山石英斑岩,老虎冲花岗斑岩、石英斑岩,石坳上花岗斑岩,大溪冲石英斑岩,罗紫坳石英斑岩。这些岩体形成于侏罗纪至白垩纪,岩石特征与七宝山岩体十分相似,部分岩体具较强的蚀变和弱的矿化,与物化探异常重叠,显示出较好的找矿潜力。

七宝山铜多金属矿除铜资源量规模较大外,其它如Pb、Zn、Au、Ag、Fe、S、稀有、稀有散等元素矿产无有不同程度的富集,有的已构成矿床,具有较好的经济价值。因此,在该地区应注意综合找矿。

7 结论

(1)七宝山铜多金属矿成矿主要受地层、构造、岩浆岩共同控制,构成“三位一体”矿床,成矿是岩体与成矿流体共同作用的结果。

(2)七宝山铜多金属矿主要矿床类型为矽卡岩型,其次为裂隙充填型、蚀变岩体型、风化淋滤型。

(3)矿区主要找矿标志是岩浆岩(花岗斑岩、石英斑岩)、围岩蚀变和物化探异常。

(4)矿区成矿地质条件良好,找矿潜力巨大。下步找矿方向应为矿区深边部和矿区外围小岩体出露区,尤其是蚀变强烈、物化探异常明显的小岩体分布区。

工作中,得到了湖南省地质矿产勘查开发局402队总工程师董国军、高级工程师宁钧陶的支持和指导。同时,得到402队同仁的合作与帮助。审稿专家对本文提出宝贵意见,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] 刘姝群,金维群,高艳君,张录秀,沈克富.湘东北燕山期花岗岩[J].华南地质与矿产,1999,(4):1-9.
- [2] 刘姝群,金维群,张录秀,沈克富.湘东北斑岩型和热液脉型铜矿成矿物质来源探讨[J].华南地质与矿产,2001,(1):40-47.
- [3] 陈必河,肖冬贵,周国祥.湖南邵阳-郴州北西向构造带花岗岩成岩与成矿[J].华南地质与矿产,2001,(4):58-61.
- [4] 陈蓉美.湖南浏阳七宝山多金属矿床伴生金特征研究[J].中南矿冶学院学报,1985,45(8):78-83.
- [5] 韩公亮,何泗威,孙敏云,黄中歧.湖南浏阳七宝山多金属矿床的金银矿物及其形成条件[J].矿物岩石,1985,6(1):97-104.
- [6] 孙敏云,韩公亮,何泗威,黄中歧.湖南浏阳七宝山多金属矿床中的辉碲铋矿[J].矿物学报,1985,5(1):76-79.
- [7] 何泗威,韩公亮,孙敏云,黄中歧.湖南七宝山多金属矿床中分散元素的初步研究[J].地质论评,1985,31(2):143-148.
- [8] 黎定焯.湖南浏阳七宝山铜-多金属矿原(次)生晕的基本特征[J].四川建材学院学报,1992,7(4):78-84.
- [9] 胡祥昭,杨中宝.浏阳七宝山铜多金属矿床成矿流体演化与成矿的关系[J].地质与勘探,2003,39(5):22-25.
- [10] 杨中宝,彭省临,胡祥昭,李朝艳.浏阳七宝山铜多金属矿床流体包裹体特征及成矿意义[J].地球科学与环境学报,2004,26(2):11-15.
- [11] 胡祥昭,肖宪国,杨中宝.七宝山花岗斑岩的地质地球化学特征[J].大地构造与成矿学,2002,32(6):551-554.
- [12] 贾宝华,彭和求.湘东北前寒武纪地质与成矿[M].北京:地质出版社,2005:5-7.
- [13] 湖南省地质矿产局.湖南省区域地质志[M].北京:地质出版社.1988:420-421.
- [14] 金维群,刘姝群,张录秀,沈克富.湘东北铜多金属矿床控岩控矿构造研究[J].华南地质与矿产,2000,(2):51-57.
- [15] 陆玉梅,殷浩然,沈瑞锦.七宝山多金属矿床成因模式[J].矿床地质,1984,3(4):53-60.
- [16] 胡祥昭,彭恩生,孙振家.湘东北七宝山铜多金属矿床地质特征及成因探讨[J].大地构造与成矿学,2000,24(4):365-370.
- [17] 罗照华,卢欣祥,陈必河,等.透岩浆流体及其成矿作用导论[M].北京:地质出版社,2009:0-177.
- [18] 汪雄武,王晓地.花岗岩成矿的地球化学判别标志[J].华南地质与矿产,2001,(4):36-44.