

文章编号:1005-6157(2011)01-052-8

在月山岩体利用大地音频电磁测深(CSAMT) 法寻找深部隐伏矿体的初步研究

程长根¹,李 勇¹,张 凯²,汪青松²

(1 安徽省地质矿产勘查局326地质队, 安徽 安庆 246001;2 安徽省勘查技术院, 安徽 合肥 230031)

摘 要:月山岩体为一中酸性成矿岩体,最近几年我队利用大地音频电磁测深(CSAMT)法新方法、新技术加大找矿深度。通过对深部物探异常分析和研究,捕捉可能存在的矿体信息,分析研究寻找和推断成矿异常,建立典型异常概念,对测区所有剖面进行反复认真查证,寻找和推断可能成矿异常。结合测区地质条件进行综合分析和研究,提出系统解释和整体推断,指导钻探整体布孔,实现整体找矿突破和提高矿床价值。

关键词:月山岩体;CSAMT;典型异常;找矿突破

中图分类号:P631.3

文献标识码:A

0 引言

月山岩体是一个成矿岩体,从上世纪60年代发现中型的安庆铜矿以后,该区的找矿工作一直没有大突破。进入21世纪以后,队上加大了找矿的力度,从技术力量和资金方面全力的保障该区的找矿工作,利用大地音频电磁测深(CSAMT)法新方法、新技术加大找矿深度。在月山岩体东枝的北部1100m以下发现了富铁铜矿体,该区的找矿工作取得了40年以来新的重大突破。

1 地质背景

月山岩体形成于燕山期,为一中酸性小岩体,它的深部形态为一呈北东—南西延长的椭圆形,浅部侵入于三叠纪地层中,分成东、西、西南、北四个岩枝,为一多枝状岩株,总出露面积11km²。

月山岩体南部出露地表,向北渐低,到测区北部边界。岩体埋藏深度超千米(图2)。岩体上部地层主要为三叠系中统铜头尖组(T_{2t})和月山组(T_{2y})覆盖。局部见侏罗系下统磨山组(J_{1m})。地表第四系(Q)覆盖(图1)。

月山岩体为亚碱性系列岩浆岩,岩石性质以高

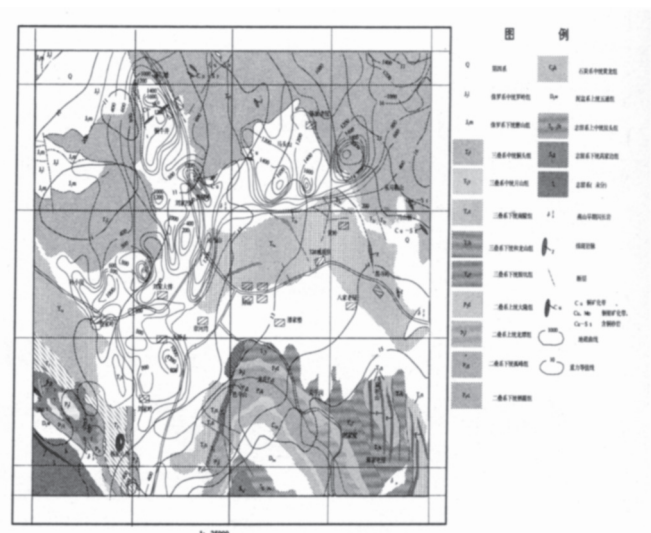


图1月山岩体地质、物探综合图

Fig.1 Geological and geophysical composite chart of the Yueshan intrusion

硅、高碱为特征,铜铅锌等微量元素丰度中等—偏高,岩石类型以浅色闪长岩、石英闪长岩为主,成岩时代为燕山早期。浅色闪长岩、石英闪长岩中的铁铜矿化强烈、接触交代与碱质交代作用强烈,已知矿床均与此类岩体有关,为区内最重要的成矿岩体。

月山岩体东枝位于铁铺岭向斜以东,中浅部沿中三叠统膏盐层侵入,“顺层”产出,近东西向延伸。它的北接触带倾向北,倾角30°~40°,接

收稿日期:2010-11-10

作者简介:程长根(1953-),男,安徽怀宁人,高级工程师。长期从事地质勘查和勘查技术管理工作。

触面起伏较大,称为“上接触带”。南侧与南陵湖组、月山组一段接触,接触面倾向岩体,倾角40°左右,称“下接触带”。下接触带的中深部,接触面返转倾向围岩,形成幅度较大的内凹接触面,三叠系中、下统的白云岩、大理岩形成半岛状残留体保存于内凹构造空间之中,称为“舌状体构造”;

接触带则分别命名为“下接触带”与“深部接触带”。北枝在铁铺岭—斋仁铺一带,为一沿早期南北向剪裂带贯入的近南北向岩墙,与之接触的围岩为铜头尖组与月山组三段,接触面倾向围岩,倾角40°左右,变化不大。西枝与西南枝为一向北缓倾的岩床,东宽西窄,平面形状呈指向北西的三角

表1地层简表
Table 1 Simple table of strata

系	统	地 层 名 称		符 号	厚 度(m)	主要岩性	控矿性
三 叠 系	上 统	拉犁尖组		T ₃ <i>l</i>	17~55	细砂岩、粉砂岩、砂质页岩、碳质页岩,含薄层煤及透镜状赤铁矿。	
		铜头尖组		T ₂ <i>t</i>	1735	粉砂岩、粉砂质页岩夹细砂岩、含砾粉砂岩及含铜粉砂岩透镜体。	具有一定的找矿潜力
	中 统	月 山 组	三段	T ₂ <i>y</i> ³	43	粉砂岩、页岩夹白云质泥灰岩。	次要成矿围岩
		月 山 组	二段	T ₂ <i>y</i> ²	52	膏溶角砾岩	次要成矿围岩
			一段	T ₂ <i>y</i> ¹	15~60	薄—厚层白云岩,灰质白云岩,含石膏假晶。	重要成矿围岩
	下 统	南陵湖组		T ₁ <i>n</i>	>420	薄—中厚层石灰岩,顶部薄层灰岩夹灰质白云岩	重要成矿围岩
		和龙山组		T ₁ <i>h</i>	146	薄层条带状灰岩与钙质页岩互层	有利成矿围岩
殷 坑 组		T ₁ <i>y</i>	136	上部钙质页岩,下部钙质页岩夹泥灰岩透镜体			

形。北侧与月山组接触,向北缓倾,倾角20°~30°,南侧与南陵湖组接触,接触面倾向北东,倾角与上接触带相似(图2)。地层特征、接触关系等见地层

岩、石英二长闪长岩等,为岩体的近中心相带。推测中心相为花岗闪长岩。已经查明,月山岩体为一成矿岩体,最佳成矿部位为“舌状体构造”的内、外接触带,成矿类型为夕卡岩型,矿床的规模较大。上接触带及其内接触带的捕虏体构造为次要成矿部位,其中赋存有一系列的小型铜、铁、钼等矿床(点)。具有一定规模型矿体集中在岩体东枝及东枝与北枝交汇部位。

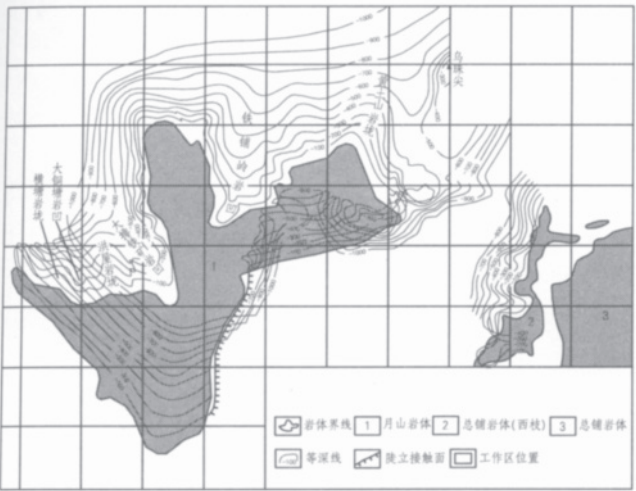


图2 岩体接触面等深线图
Fig. 2 Depth contour of intrusion contact surface

简表(表1)

岩体的水平分带不明显,主要表现为垂直相带。700m深度以内,岩石的线型、面型构造发育,岩石类型主要为中细粒闪长岩与石英闪长岩,局部出现二长闪长岩,为岩体的边缘相和过渡相带。深部岩体的流动构造基本消失,矿物粒度变粗,石英与钾长石含量增高,岩石类型有中粗粒石英闪长

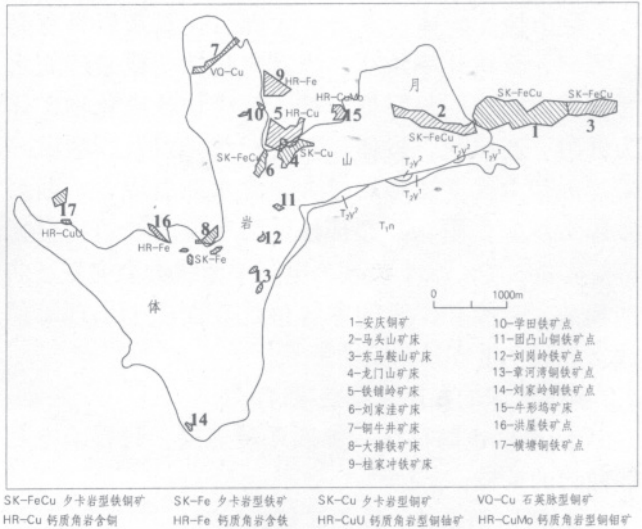


图3 月山岩体矿床水平投影图
Fig.3 Horizontal projection of the Yue Shan intrusion deposit

月山岩体已探明矿床15个,其中具一定规模的

矿山6处,以往已提交铜金属储量 $50 \times 10^4 \text{t}$,铁矿石量 $5000 \times 10^4 \text{t}$ (高硫富矿)。矿区的已知矿床分为四类:受东西向构造带控制的矿床、受上接触带控制的矿床、受捕虏体构造控制的矿床与构造断裂带控制的矿床(图3)。

2 地球物理特征

2.1 各类岩(矿)石物性特征

砂页岩:弱磁、低密度、低极化、低电阻率;
灰岩:微磁、中密度、低极化、高电阻率;
闪长岩:中磁、中密度、中极化、中电阻率;
矿体:高磁、高密度、高极化、最低电阻率。

2.2 月山地区地球物理场特征

月山岩体在航磁图上表现为一北东向、幅值较强、且较规则的带状异常, $\Delta T_{\text{max}}=1080 \text{nT}$ 。地磁检查结果表明,较高值的地磁异常分布大体与闪长岩体一致,但从异常强度观之,北东部较南、西部强。局部异常走向在安庆铜矿以东为北东向,以西为近南北向或北北西向,呈高一低一高相间分布。反映了岩性不均一的特点。

安庆铜铁矿床地磁异常呈较规则的椭圆形, $Z_{\text{a max}}=2360 \text{nT}$,为一隐伏的夕卡岩型铜铁矿及闪长岩共同引起的综合异常(图1)。

岩体的重力场特征并不明显,位于稀疏的南北向重力梯级带。东枝在重力 $11 \times 10^{-5} \sim 16 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 的等值线向西突出的北东向的重力高值带,系闪长岩、灰岩和角岩的综合反映,三者岩石之间的密度相差甚微(图1)。

月山地区岩体、灰岩、大理岩化石灰岩具有高电阻率、低极化率特征,当其矿化蚀变或破碎充水时,其电阻率明显降低。铁、铜等块状硫化物矿体为低阻、高极化。岩体与灰岩接触带以及断裂破碎带等部位电性变化相对较大。含水断裂或含水断裂破碎带均呈低阻,断裂部位电阻率值较周边将会大幅度降低,CSAMT表现为电阻率曲线类型突变、曲线模式发生变化,电阻率等值线断面图上出现等值线密集陡立带或扭曲错动带等。

2.3 典型矿床的电阻率模型(图4)

I:最低电阻率体—第四系覆盖层,只影响电测深曲线的首枝;

II:低电阻率体—铁铜矿体;

III:中低电阻率体—砂页岩;

IV:高电阻率体—闪长岩;

V:特高电阻率体—灰岩。

其中IV、V类物性体所占体积较大,而II类物性体则相反,虽然它们电性相差较大,但从体积勘

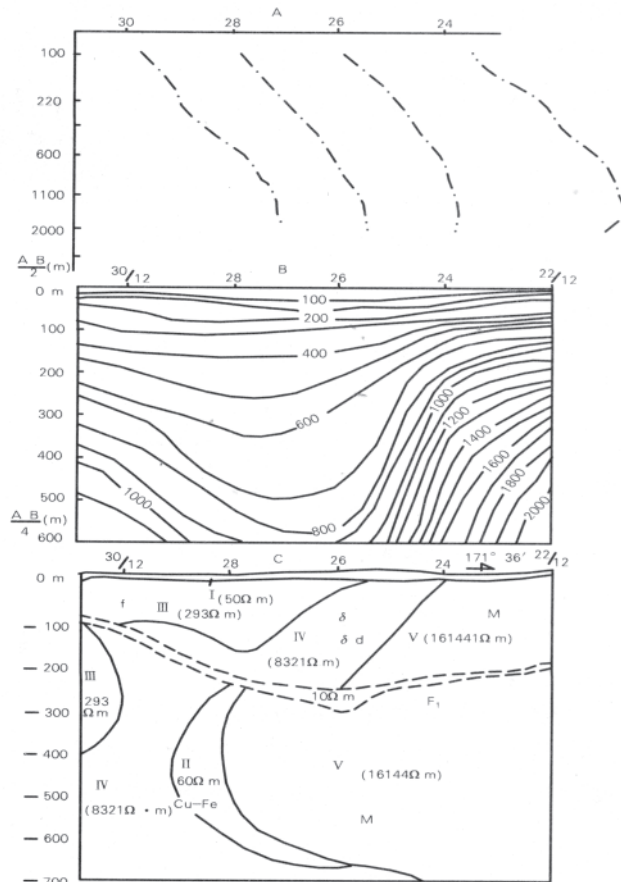


图4典型矿床的电阻率模型

Fig. 4 Resistivity model of typical deposit

探角度出发,II类物性体在地表产生的低阻异常可被IV、V类物性体产生的高阻异常所掩盖。但由于IV、V类物性体电阻率之间也有差异,II类又位于IV、V类之间(接触带)处,即可把接触带作为间接找矿标志。

3 CSAMT法工作布置方法与目的

CSAMT法是在MT法(大地电磁法)、AMT法(音频大地电磁法)基础上发展起来的是研究地下介质导电性 ρ 差异的方法,CSAMT则是使用人工场源,所观测电磁场的频率、场强和方向可由人工控制,其极化方向明显,信噪比高,易于观测。它属于一种人工源频率域电磁测深方法,研究大地的电磁响应,探测地下电性分布及地质构造。它可以穿过高电阻薄层,有些无法用直流电法和地震法探测到的高电阻薄层下的地质体,用CSAMT法可得到好

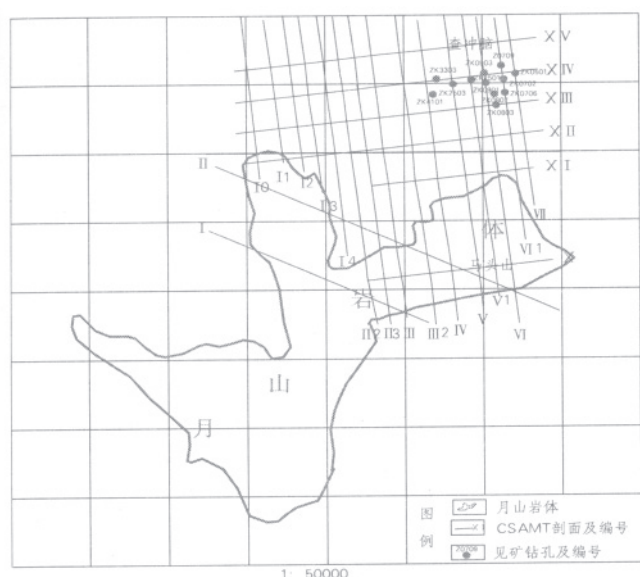


图5月山岩体可控源工作布置图

Fig.5 Controlled-source work arrangement map for the Yueshan intrusion

的效果。目前国内利用CSAMT法,在寻找深部隐伏金属矿,油气构造勘查,推覆体或火山岩下找煤,地热资源勘查和水文-工程地质勘查等方面,皆取得了良好的地质效果。

CSAMT法工作布置的目的是在岩体东枝及北枝以北地区,寻找有价值的矿体,实现找矿突破。

测区先后三次布置CSAMT工作。第一次布置北北向测区4条,剖面编号为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ,北北向2条剖面编号为Ⅰ、Ⅱ、(图5),主要目的探索岩体向北倾伏深度;第二次布置北北西向11条,剖面编号为Ⅰ0、Ⅰ1、Ⅰ2、Ⅰ3、Ⅰ4、Ⅱ2、Ⅱ3、

Ⅲ2Ⅴ1、Ⅵ1、Ⅶ,主要目的是增密网度,减少剖面间距和控制全测区;第三次布置北东东向剖面6条剖面编号为Ⅹ、ⅩⅠ、ⅩⅡ、ⅩⅢ、ⅩⅣ、ⅩⅤ,主要是寻找南北向构造和类比不同方向可控源物探信息。

4 可控源物探剖面—800m以下(深部)局部异常特征分析与钻探验证结果

(1)在前两次布置的北西西向可控源剖面电阻率等值线图上,物探异常基本分布在-800m以上部位,局部延伸到-1000m左右深度。钻探见矿部位也都是在-1000m以上部位,成矿地质位置也都是在岩体与上覆月山组(T_2y)中下段接触带位置。一年多时间异常验证与勘探,初步确定该区矿体主要位于月山组(T_2y)与岩体接触带,埋深在地表下1000m左右(查冲脑北部地区,个别地区达1200的深度),标高一般在-1000m以内,主要矿体为含铜富磁铁矿。TFe品位约50%,mFe品位约45%,预测储量1000~1500×10⁴t。因剖面深部异常特征不明显,在-800m的深度以下,电阻率值从5000Ωm到20000Ωm,局部达30000Ωm以上,基本呈波状起伏,无明显异常特征,没有引起关注。

(2)在近东西向可控源剖面中局部有异常出现,最典型的是ⅩⅢ线4175~4575点之间,在-1000m以下区段顶部和东西两侧电阻率值达1500~4000Ωm,内部出现最低值只有400Ωm的环形异常。经与物探技术工作人员核对,工作中此异常

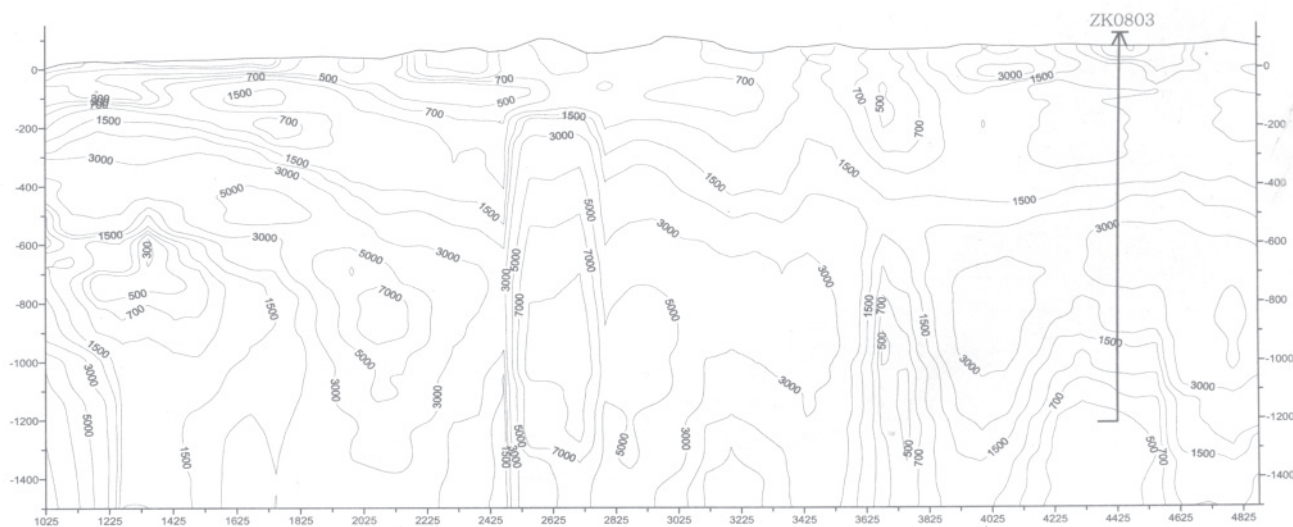


图6Ⅷ线CSAMT电阻率断面

Fig. 6 No.ⅧCSAMT resistivity profile

阻曲线环绕下部低阻异常。但上部有约 $2000\Omega\text{m}$ 低值形成的“天窗”现象。

⑥形成的异常曲线在剖面中均呈对称性,且两侧曲线较陡立。

⑦此异常与北北西向物探V-1、VI、VI-1线(图7、8、9)三条剖面交汇。虽北北西向剖面上下曲

线呈过渡关系,无明显异常特征,但靠近交汇点附近,三条剖面下部大于 $20000\sim 40000\Omega\text{m}$ 电阻率值形成的波状曲线,呈明显“V”型特征。在 -1000m 的深度,“V”型谷部位电阻率 $20000\Omega\text{m}$,两侧约高 $5000\Omega\text{m}$ 。而且两侧电阻率曲线均呈对称特征。向北约 500m 平行的XIV线异常变窄,仅 $4375\sim 4475$

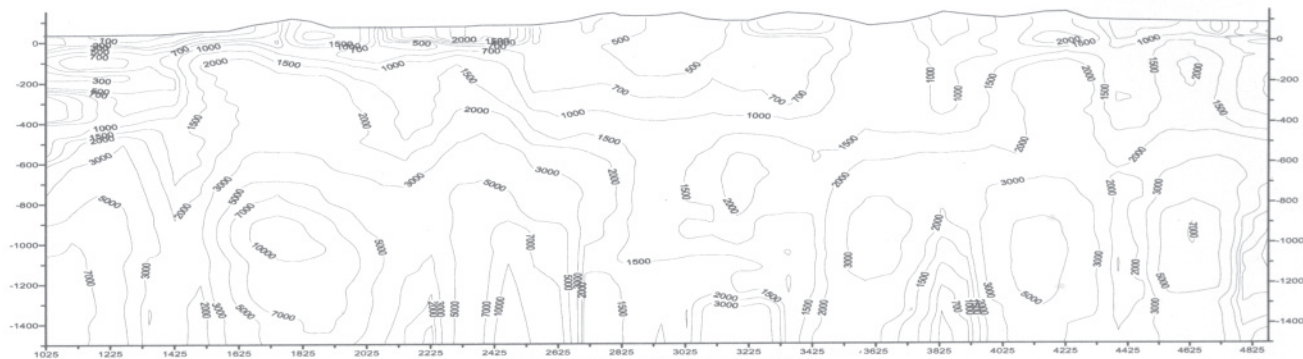


图10 XIV线CSAMT电阻率断面
Fig.10 No. XIV CSAMT resistivity profile

点 100m 宽度。异常中部电阻率约图 $1500\Omega\text{m}$,两侧高阻约 $7000\Omega\text{m}$,高低值相差5倍。但上部无高电阻率阻隔特征(图10)同时,异常位置明显抬升到 -700m 左右。

向南约 500m 平行的XII线 $4075\sim 4225$ 点,异常总体特征类似,异常中部电阻率约 $1000\Omega\text{m}$,顶部大

于 $5000\Omega\text{m}$,两侧 $2000\Omega\text{m}$ 以上,但异常位置降低,属 -1200m 以下(图11)。

南约 1000m 平行的XI线 $2325\sim 2525$ 点,异常中部电阻率约 $900\Omega\text{m}$,异常中部不规则,

两侧最高值大于 $5000\Omega\text{m}$,异常位置从 -1100m 以下开始(图12)。

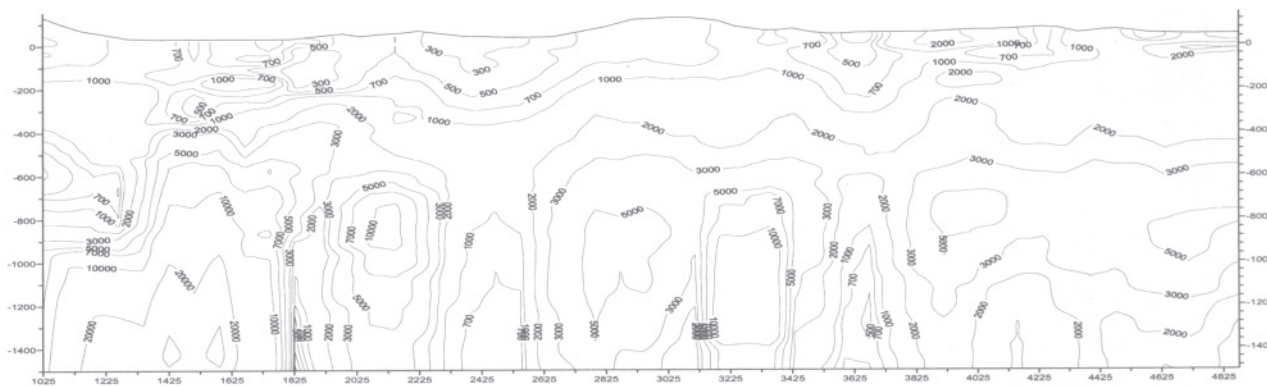


图11 XII线CSAMT电阻率断面
Fig. 11 No. XII CSAMT resistivity profile

从北部XIV线向南XI线,异常走向可以相连,仅XIII线异常

规模较大,且异常中部电阻率最低,异常也规则。总体向北异常抬升,向南异常深度降低。

经区域地质资料分析,南马头山地区岩体中有一大理岩南宽北窄的透镜体向北延展,可能到达XIII线异常点。在岩体作用下具有成矿的可能,决定布置0803钻孔进行深部验证。在0803钻孔还没有搬迁时,预测在接触带能打到矿体的0706钻孔穿过接触带没有见到矿体。经对XIII线 $4175\sim 4575$ 点异

常在延展方向上的分析,认为向北可能延展到0706钻孔部位,决定此孔打到岩体后再加深 300m ,率先进行岩体内深部异常验证。结果打入岩体 160m 后(孔深 $1151.40\sim 1160.42\text{m}$)见富铁矿体 9.02m 。TFe品位在 47.99% ,mFe品位 43.23% ,Cu品位 0.11% 。在 $1180.32\sim 1215.60\text{m}$ 处又见 35.28m 富磁铁矿,TFe品位在 49.48% ,mFe品位 45.88% ,铜品位 0.14% 。首孔验证获得成功。接下来在0706向西 100m 布置0807孔,到目前,0803、0807穿过闪长岩体 $160\sim 290\text{m}$ 均见矿,见矿深度 $44\sim 64\text{m}$,实现了重大突破。从而证实

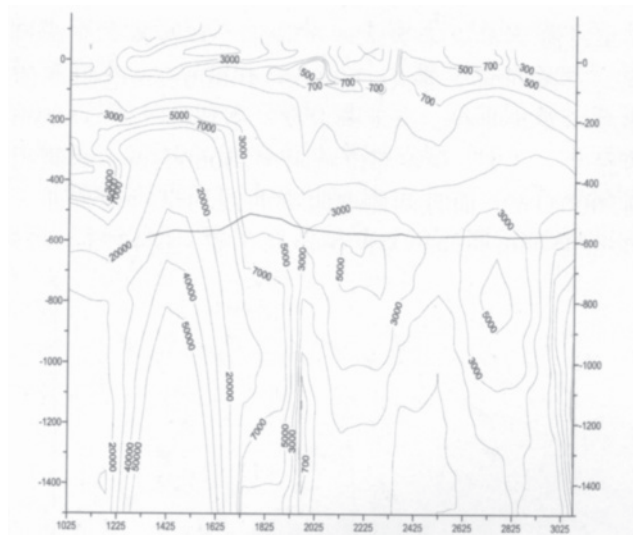


图12 XI线CSAMT电阻率断面
Fig.12 No. XI CSAMT resistivity profile

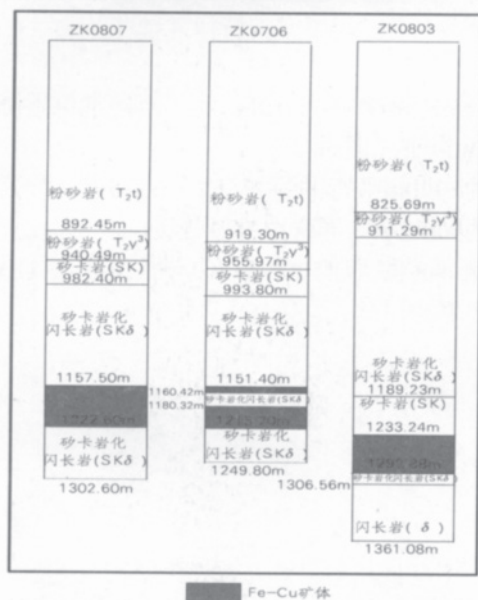


图13 ZK0807、ZK0706、ZK0803钻探验证结果
Fig.13 Drilling test results by boreholes ZK0807, ZK0706 and ZK0803

X III线4175~4575点异常是成矿异常,推断是正确的(图13)。并且查明隐伏矿体顶部(板)岩体厚度具有北部薄、南部厚的明显特征。

同时,通过矿体分析对比以及异常化延展特征分析,北部查冲脑一带发现的接触带矿体与南部闪长岩体内部矿体是同一矿体。这可能是查冲脑地区岩体接触带相对向下倾伏,接触带与矿体直接接触的原因所致。或者局部矿体顶部出现“天窗”,矿体进入上部接触带并扩散形成。

6 可控源剖面下部异常整体组合特征分析

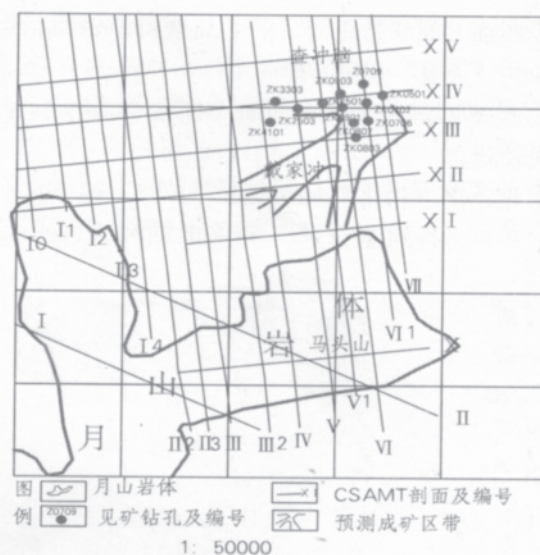


图14 预测成矿区带
Fig.14 Prognostic mineralizing zones

从捕捉局部典型异常,进行解剖和钻探验证,得到证实后,再对所有物探剖面进行系统的类比分析找出特征。推断出测区整体矿体分布(图14),进行预测和指导勘探。

异常类比特征如下:

(1) 通过V-1、VI、VI-1线与Ⅷ线物探剖面电阻率曲线类比分析,两个垂直方向形成的物探剖面在相同地质体异常特征明显不同,即在近东西向剖面呈独立异常体,在垂直南北向剖面中仅为波状起伏中的V型低洼区。综合分析互相垂直的物探剖面原因形成的不同特征异常形态可以类比。

(2) 两种不同方向物探剖面中的电阻率值相差达10倍,即相同地质体在东西剖面中的电阻率值低,相交的南北向剖面中电阻率值高。这与物探在野外工作中设备仪器摆放位置因素有关。因此,只能同剖面中用相对值进行比较。不同方向剖面中电阻率绝对值高低不影响异常类比。

(3) 根据局部类比结果,将可能成矿的各异常点逐一找出,进行平面连接,结果在中部戴家冲地区形合成一条长度达两公里成矿异常带,在X III线以北呈北北西向,在X III线以西呈北北东,宽度约400m左右,到VI线以西分成两带,各带的宽度约100~200m。

目前对已推断的矿带,在中西部地段又布置了2个钻孔进行验证。钻孔若验证成功,该矿体资源量将会较大增长。

7 结语

(1) 在目前CSAMT法是进行深部找矿有效方法之一,布置物探工作中要有互相垂直控制剖面,以方格网式的方式布置是非常必要的。有利于较好控制和发现深部不同方向的矿体或构造,有利于捕捉可能存在的矿体信息,同时有利于分析研究寻找和推断成矿异常,实现找矿突破。

(2) 一般情况下,浅部地质体在可控源剖面中通常反应相对明显。到-1000m以下部位,综合地质因素影响较大。地质体在剖面中反映特征相对不明显。有些规模较小地质体异常特征信息不明显,也容易被忽略。异常分析中,先要找到相对明显异常,其特征表现为:

①异常中部低阻值与两侧高阻值相差约10倍;

②异常两侧曲线较对称,整体较规则,且异常中部也规则;

③在其他剖面能找到对应异常,空间展布上有一定范围,不是很小孤立体;

④区域地质条件分析判断,有成矿的可能。

⑤在此基础上进行钻探验证,见矿后可总结不同方向剖面的异常特征,可以建立测区典型异常概念(条件)。

(3) 典型异常概念(条件)建成后,对测区所有剖面进行反复认真查对,寻找和推断可能成矿异常。再将推断的可能成矿异常进行系统连接,结合测区地质条件进行综合分析和研究,提出系统解释和整体推断,指导钻探整体布孔,实现整体找矿突破和提高矿床价值。

(4) 物探可控源异常验证中,对见矿孔和没有见矿孔都要结合钻探结果和区域地质条件,反复对物探异常信息进行梳理,不断完善典型异常概念(条件),不断修正可能见矿异常推断,提高见矿孔率。

(5) 对深部物探异常分析和研究,是在对浅部异常分析研究和钻探验证取得一定的成效基础上进行的。只有浅部的地质成矿条件和对应的物探信息得到初步掌握后,才有利于深部异常验证的开展。从浅到深是一个循序渐进的工作过程,不可忽视。

参考文献:

- [1] 安徽省地质矿产局三二六地质队.安徽省怀宁县月山区月山矿田大比例尺成矿预测地质报告[R].1989.
- [2] 安徽省地质矿产勘查局326地质队.安徽省怀宁县月山地区深部找矿工作报告[R].2010.

A PRELIMINARY STUDY ON PROSPECTING DEEP-SEATED HIDDEN ORE BODY IN THE YUESHAN INTRUSION USING CSAMT

CHENG Chang-gen¹, LI Yong¹, ZHANG Kai², WANG Qing-song²

(1. No.326 Geological Party of Bureau of Geology and Mineral Exploration, Anqing, Anhui 246001, China; 2. Institute of Exploration Technology of Anhui Province, Hefei, Anhui 230031, China)

Abstract: The Yueshan intrusion is an intermediate-acid mineralizing rock body. In recent years new CSAMT method and technology were used to deepen the ore-prospecting depth by analysis and study of deep-seated geophysical anomaly, searching possible ore body information, figuring out mineralizing anomaly, establishing typical anomaly conception, making repeated and careful testing of all profiles across the surveyed area. After integrated analysis and research with geological conditions of the area being taken into consideration, systematic interpretation and integral inference are put forward for guiding overall arrangement of boreholes, thus achieving ore-prospecting breakthrough and improving the value of deposit as a whole.

Keywords: Yueshan intrusion; CSAMT; typical anomaly; ore-prospecting breakthrough