技术・方法(

EH4 电磁测深在江西城门山矿区深部及 外围找矿中的应用

王 冲,董 平,孙 斌,吴咏敬,蒋少涌

(南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室,南京 210093)

[摘 要]城门山铜矿床位处九瑞铜多金属矿集区南东端,是典型的层控块状硫化物型铜矿床。利 用 EH4 电磁测深清晰的反映地层和低阻体的展布状态,在城门山矿区取得了明显效果,并将这一成果 运用到城门山矿区的深部和外围,发现了与成矿相关的电性异常,达到了评价勘探区成矿潜力的目的, 也证明了 EH4 电磁测深对层控硫化物铜矿床是一套高效实用的勘探手段。

[关键词]块状硫化物 EH4 电磁测深 城门山矿区 成矿潜力

[中图分类号]P631.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2009)06-0742-06

Wang Chong, Dong Ping, Sun Bin, Wu Yong-jing, Jiang Shao-yong. Application of EH4 electromagnetic sounding in the deep and peripheral of Chengmenshan mining area, Jiangxi[J]. Geology and Exploration, 2009, 45(6):742-747.

城门山铜矿区位于江西省九江市西北约20km, 是一个以铜,金,银,锌等为主的多金属矿产地。矿 区大地构造位置上处于九瑞铜多金属矿集区东部, 华南板块边界靠华北板块的关键部位,是长江中下 游成矿带的的重要组成部分,该地区发育有一批具 有长江中下游成矿带特色的"多位一体"、"三位一 体"(矽卡岩型、斑岩型及层控型)大型铜多金属矿 床,铜、金资源丰富,类型众多,是我国重要的铜多金 属矿产基地^[1-3]。尽管九瑞地区资源潜力巨大,但 目前的资源形势不容乐观,部分矿山已经面临资源 枯竭的境地,挖掘深部和外围资源势在必行。

1 地质概况和矿体地质

城门山铜矿区位于九瑞矿田的南东端,矿区出 露的地层由南至北而由老到新,包括志留系中统罗 惹坪组、上统纱帽组;泥盆系上统五通组;石炭系中 统黄龙组;二叠系下统梁山组、栖霞组、茅口组,上 统龙潭组、长兴组;三叠系下统大冶组、中统嘉陵江 组。区内展布的主要地质构造是轴向北东东的长山 背斜,核部由志留系中上统罗惹坪组和纱帽组的砂 页岩组成,翼部则分别由五通组含砾石英砂岩及石 炭系至三叠系碳酸盐岩组成,此外北东东、北西及北 北东向的断裂构造也很发育。矿区岩浆岩为燕山期 中酸性浅成—超浅成多次侵入的复式杂岩体,出露 面积 0.8km²,组成复式杂岩体的岩石类型有:花岗 闪长斑岩、二长花岗斑岩、石英长石斑岩、石英斑岩 (靡细石英斑岩、晶屑石英斑岩)及隐蔽爆破角砾 岩、石英安山玢岩等,其中以花岗闪长斑岩、石英斑 岩为主体。

矿体有产于五通组与黄龙组不整合面间的似层 状块状硫化物型矿体,产于岩体接触带、豆荚状、透 镜状、带状矽卡岩型矿体;产于岩体内部透镜状、席 状斑岩型矿体。其中,以五通组和黄龙组不整合面 间的似层状块状硫化物矿体规模最大,矿石品位最 高^[3]。

作者对城门山矿区主要矿体,钻孔和岩体进行 了研究,结合19号勘探线剖面(图2中已有多个钻 孔揭露地下信息)可知矿区分布的五通组和黄龙组 地层厚度不大,在60m~120m间,倾角45°~60°,两 者之间的不整合面控制了似层状块状硫化物矿体的 分布。岩体与围岩界线清晰,岩体内部及岩体与围 岩接触带上的裂隙为各类矽卡岩型小矿体的有利赋

[[]收稿日期]2009-07-02;[修订日期]2009-11-05;[责任编辑]孙 赫。

[[]基金项目]国家科技支撑计划项目(2006BAB01B06)。

[[]第一作者简介]王 冲(1984年—),男,硕士研究生,构造地质学专业。



存空间,花岗闪长斑岩体与硫化物铜矿床关系密切。



1—orebody; 2—mineralization zone; 3—mineralization rock mass; 4 skarn rock; 5—quartz diorite porphyry; 6—loose sediments

2 EH4 电磁测深

EH4 电磁成像系统是一套将天然场源和人工 场源相结合的电磁测深系统,以不同岩石在导电性 和导磁性上的差异作为测深的物性基础,通过连续 点阵上的测量得到地下二维剖面的视电阻率图像, 以此推测地下断裂,地层的展布状态,勘探深度可从 地表几十米至地下一千米^[5-9]。城门山铜矿区位于 长山-城门湖背斜西北翼,按层控矿床的找矿思想, 在背斜同翼沿黄龙和五通层位走向,或者背斜另一 翼的同一个层位,应该是成矿有利地段。于是,我们 利用 EH4 电磁测深法在城门山矿区(图1中19线) 和外围(25 线和142 线)选择了3条典型剖面,重点 针对黄龙和五通之间的赋矿层位,进行深部找矿工 作。本次 EH4 电磁测深布置总长度约 2600m,测点 间距为 20m。

2.1 19线 EH4 测深结果

19 号测线位于城门山矿床 1 号矿体采坑西侧 (图 3),呈北东方向展布,长度 800m,地形平坦,标 高在 20m 左右,从南向北,依次有志留系纱帽组,泥 盆系五通组,石炭系黄龙组地层,矿体采坑,水塘,岩 浆岩体。测线 2400m 处,为五通组与黄龙组地层间 的不整合面 F₂。





1—daye formation; 2—changing formation; 3—longtan formation; 4 maokou formation; 5—qixia formation; 6—huanglong formation; 7—wutong formation; 8—Silurian; 9—quartz diorite porphyry; 10—skarn rock; 11—andesitic porphyrite; 12—fracture; 13—EH4 survey line; 14—borehole

测量结果如图 4 所示, 剖面长度为 800m, 剖面 距离 2400m 处明显存在一个倾角 45°, 倾向向北的 异常分界线(图 4 中黑色虚线), 该分界线与 50Ω · m 等值线相对应, 一直延伸到标高–500m 处。分界 线上方低阻区规模较大, 电阻率小于 50Ω · m, 内部 还分布了几个电阻率相对较低的地质体, 如剖面距 离 2800m ~ 2940m, 标高约–200m 处。在异常分界 线附近, 电阻率等值线呈与异常带平行的带状展布。 分界线下方岩石的电阻率值向深部逐渐变大。

在对矿区岩(矿)石的电阻率参数了解后(表 1),结合19线的EH4电磁测深和实际勘探剖面进 行分析,分界线上方大规模产出的低阻体,在剖面北 部深度超过500m,电阻率在50Ω・m以下,为花岗 闪长斑岩体,存在一定程度的矿化,致使其电阻率较 正常花岗闪长斑岩体的电阻率低,岩体中还有部分 灰岩捕虏体,矿化强烈,电阻率相对于矿化花岗闪长 斑岩低。剖面中间分界线附近中等电阻率地质体, 其倾角与勘探剖面上地层倾角一致,是二叠系茅口 组到泥盆系五通组的几套地层,从地表开始沿倾角



度的矿化或破坏,电阻率较正常值低,剖面 2430m 处为五通组和黄龙组的不整合面,平面图上表现为 断层 F_2 ,在这一不整合面上的似层状矿体,品位较 高,电阻率值在 50~500 $\Omega \cdot m_{\circ}$ 分界线下方出现的 高电阻率岩石,应为志留系砂岩,倾角与上覆岩层相 同。

EH4 电磁测深结果与勘探线剖面的实际地质 情况一致,矿体岩体位置显示了较低的电阻率值,范 围在 50~500Ω · m,其次为蚀变灰岩,而深部砂岩 电阻率值较高,可达 5000Ω · m 以上。

2.2 25 线 EH4 测深结果

25 号测线位于大城门坝北侧赛城湖浅水区堤坝(图3),总体呈北西向展布,长1100m,地形平坦,标高15m左右,两侧为水域,地层从南到北依次为志留系纱帽组,泥盆系五通组,石炭系黄龙组,二叠系栖霞组,茅口组,龙潭组,长兴组及三叠系大冶组,测线350m处有一逆断层 F₂₀。

测量结果如图 5 所示,剖面浅部的电阻率值都 很低,在 $10\Omega \cdot m$ 以下。剖面 0m 处和 450m 处存在 两个倾向为北西的低阻带(图 5 中黑色虚线),0m处低阻带倾角约 50° ,400m 处低阻带较陡,倾角约 70° ,在标高–100m 位置分成两支,一支沿原倾角向 下延伸至 – 300m 处,另一支沿倾角 30° 延伸至 – 450m 处,向深处倾角有变缓趋势。剖面深部电阻率 值普遍较高,大于 $1500\Omega \cdot m$,在 100m,300m,900m处出现几个低阻条带,宽度约 100m,产状很陡。

744

表	1 测区岩(矿)石电阻率参数
Table 1	Resistivity parameters of the rocks
	(ores) in the area

些(症) 标本 夕 秒	标本块数	$\rho(\Omega\boldsymbol{\cdot}\boldsymbol{m})$	
石(1)/小平石小		变化范围	算术平均值
含铜黄铁矿	35	0.3 ~ 3.0	1.7
含铜矽卡岩矿体	29	$10^{-2} \sim 10^3$	458
志留系中统罗惹坪组矿化 砂岩	35	$10^2 \sim 10^3$	541
矿化矽卡岩	35	$3 \times 10^2 \sim 3 \times 10^3$	1442
花岗闪长斑岩	43	$10^2\sim5{\times}10^2$	236
志留系上统纱帽组强硅化 砂岩	39	$3 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3$	2042
上泥盆系五通组石英砂岩	6	$10^3 \sim 4 \times 10^4$	2338
大理岩	29	$3 \times 10^2 \sim 4 \times 10^3$	1403
石炭系中统黄龙灰岩	24	$10^3 \sim 3 \times 10^3$	1655
二叠系下统茅口灰岩	29	$2 \times 10^{-2} \sim 7 \times 10^{3}$	3349
二叠系下统栖霞灰岩	20	$10^2 \sim 10^4$	5366
第四系浮土	35	$1 \sim 10^2$	200



section of line 25

剖面浅表的大规模低阻区域为湖水以及其下方 的第四系泥土层,其电阻率很低,小于 $10\Omega \cdot m_o$ 在 剖面 0m 出现的沿倾角 50° 向下延伸的低阻带为五 通组和与黄龙组地层之间的不整合界面,其电阻率 值较 19 线五通与黄龙组之间不整合面间矿体的电 阻率值高,推测存在部分矿化;400m 处低阻带为断 层 F_{20} ,沿 70° 倾角延伸至标高 – 300m 处;断层在标 高 – 100m 与五通组黄龙组地层之间的不整合面相 遇,此不整合面是剖面距离 0m 处低阻带的下支,被 断层 F_{20} 错断至现在的位置。25 线剖面岩层的倾角 更接近岩层的真倾角,所以倾角比 19 线岩层倾角 大。剖面深部出现的高阻团块为志留系砂岩和二叠 系灰岩,在剖面距离 100m,300m,900m 处深部产状 陡立的低阻条带电阻率值范围在 200~400Ω・m, 接近花岗闪长斑岩电阻率,推测为岩浆岩枝倾入。

2.3 142 线 EH4 测深结果

142 线位于长山背斜南东翼的潘湖渡地区,出 露的地层与城门山矿区相同。断裂主要为北东—北 东东向和北西向,裂隙和接触构造也很发育。岩体 主要为尖刀咀花岗闪长斑岩体,其岩性与城门山矿 区的花岗闪长斑岩极其相似,同属于浅侵入浅剥蚀 的花岗闪长斑岩体^[10]。

测线位于石山南侧(图6),呈北西走向,长 720m。地形起伏频繁,但起伏程度不大,一般不超 过30m。测线经过地层相对较少,有泥盆系五通组, 石炭系黄龙组,二叠系栖霞组。测线420m 处有一 逆断层 F₇。



图 6 142 号测线地质图(据赣西北地质队资料编制)

Fig. 6 Geology map of 142 survey line (edited from data of Geological Team of NW-Jiangxi) 1-第四系;2-栖霞组;3-茅口组;4-黄龙组;5-五通组;6-志留系;7-花岗闪长斑岩;8-断裂;9-EH4 测线;10-钻孔 1-Quaternary; 2-Qixia formation; 3-Maokou formation; 4-Huanglong formation; 5-Wutong formation; 6-Silurian; 7-quartz

diorite porphyry; 8—fracture; 9—EH4 survey line; 10—borehole

测量结果如图 7 所示,剖面东西两侧电阻率较低,东部的低阻体,规模不大,从浅表延伸至地下-300m 处;剖面西部的低阻体分布范围较大,延伸深 度较深。剖面中间 580m 处存在一个低阻条带,倾 向 SE,倾角约 60°,规模较大,宽约 100~150m,向地 下延伸至约-500m 处还未尖灭。剖面距离约 300m 处从浅到深存在三个低阻环带,上面两个规模较小, 靠近剖面底部的高阻环带规模较大,延伸不清。

剖面东部边缘分布的,范围较小,电阻值极低的



为花岗闪长斑岩体;剖面西部大面积分布的电阻率 较低的岩层为五通组和志留系砂岩,由于受断层 F₄ 破坏,致使其电阻率值很低,深部 300m 下可能为岩 体侵入。剖面中部 580m 处,倾向 SE 的低阻带所在 地表位置为黄龙组地层,低阻带电阻值与19线黄龙 组地层电阻率值相近,推测为黄龙组地层,倾角较 陡,约60°。东部由浅到深的分布的三个高阻环带, 上面的两个为栖霞组灰岩,可能存在一定程度的矿 化或者遭岩体破坏使其不同块段的岩层出现电阻率 差值,最深部的高阻带顺着产状是与浅表的低阻带 连成一体的,推测为未遭岩体破坏的黄龙组灰岩。

钻孔验证 3

根据 EH4 点磁测深的探测结果,结合前人已有 的钻孔资料,分别在25线300m位置和142线490m 位置设计了两个钻孔 ZK25-2 和 ZK142-2,以针对 本次电磁测深的低阻带进行工程验证,钻孔验证的 结果为:

ZK25-2 钻孔在407~411m(图5钻孔上黑色部 分)深度见到黄铁矿化硅化灰岩,岩石中裂隙发育, 矿化程度较高,黄铁矿含量达30%,呈细脉状,浸染 状分布在岩石中,偶见黄铜矿化。矿化带上部均为 不同类型的灰岩,下部为含砾长石石英砂岩,为泥盆 系五通组岩层,矿化带即为黄龙组与五通组之间的 不整合界面。

ZK142-2 钻孔在 125~134m(图7钻孔上黑色

部分)见着层间破碎带,岩石赤铁矿化,其上方为厚 度接近 100m 的灰岩,受断层破坏较强烈,下方均为 砂岩,这一破碎带为上覆黄龙组与下伏五通组之间 的不整合面。195.4~198.3m 见到铁矿层,主要成 分为赤铁矿,块状或网脉状构造,致密。这两个钻孔 都在预期的低阻带上见着了矿化。

4 结论

EH4 连续电导率剖面仪携带轻便,工作效率 高,可以清晰的显示地下岩层的展布状态和低阻信 息,尤其是富矿体有良好的反映,对深部的岩体信息 也有一定的效果,可以作为层控块状硫化物矿体的 有效勘探手段。

城门山铜矿深部和外围的城门坝、潘湖渡地区 都具有良好的成矿前景,有进一步展开工作的价值。 「参考文献]

- [1] 常印佛,刘湘培,吴言昌.长江中下游铁铜成矿带[M].北京: 地质出版社,1991:2-126. Chang Yin-fo, Liu Xiang-pei, Wu Yan-chang. Metallogenic belt of iron and copper deposits in the middle and lower Yangtze region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991:2-126.
- [2] 黄恩邦,孟良义,张乃堂.城门山、武山铜矿地质[M]. 江西省 地质矿产局赣西北大队,1990:1-103. Huang En-bang, Meng Liang-yi, Zhang Nai-tang. The copper geology of Wushan[M]. Bureau of geological and mineral in northwest Jiangxi province, 1990:1-103.
- [3] 翟裕生,姚书振,林新多.长江中下游地区铁、铜等成矿规律研 究[J]. 矿床地质,1992,11(1):1-12. Zhai Yu-sheng, Yao Shu-zhen, Lin Xin-duo. Metallogentic regularity of iron and copper deposits in the middle and lower valley of the Yangtze river [J]. Mineral Deposits, 1992,11(1): 1-12.
- [4] 曹钟清,田邦生,章平.九瑞地区铜矿资源预测与勘察[J].东 华理工学院学报, 增刊, 2006:38-44.

Cao Zhong-qing, Tian Bang-sheng, Zhang-ping. The prospecting and exploration of copper resources in Jiujiang Ruichang area [J]. Journal of east china institute of technology, supplementary issue, 2006:38-44.

- [5] 郭建强,武毅,邵汝君. Stratagem[™]EH-4 电导率成像系统简介 及应用[J]. 物探与化探,1998,22(6):458-464. Guo Jian-qiang, Wu-yi, Shao Ru-jun . A brief description of the stratagemTMEH-4 electrical conductivity image-forming system and its application [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1998, 22(6): 458-464.
- [6] 刘鸿泉,孙希奎,张华兴. 电磁成像系统在煤矿中的应用研究 [J]. 煤炭科学技术,2002,30(10):39-46. Liu Hong-quan, Sun Xi-kui, Zhang hua-xing. Applied research on electric magnetic image system in coal mine [J]. Coal Science and Technology, 2002, 30 (10) : 39-46.
- [7] 孟贵祥,兰险, EH-4 电导率成像系统的特点及其在金属矿勘

746

探中的应用[J]. 矿床地质,2006,25(1):36-42.

Meng Gui-xiang, Lan-xian. Characteristics of EH - 4 electrical conductivity imaging system and its application to ore exploration [J]. Mineral Deposits, 2006, 25(1); 36-42.

[8] 孙兴国,刘建明,刘洪涛. 综合物探方法在好力宝铜矿床中的应用[J]. 地球物理学进展,2007,22(6):1910-1915.
Sun Xing-guo, Liu Jian-ming, Liu Hong-tao. The application of integrated geophysical prospecting method to the evaluation of haolibao copper deposits [J]. Progress in geophysics, 2007,22(6): 1910-1915.

[9] 沈远超,申萍,刘铁兵.东天山镜儿泉铜镍矿床成矿预测及 EH4 地球物理测量依据[J].地质与勘探,2007,43(2);6267.

Shen Yuan-chao, Shen-ping, Liu Tie-bing. Geophysical prospecting and prognosis in the Jingerquan Cu-Ni deposit, eastern Tianshan mountains[J]. Geology and Prospecting, 2007,43(2):62-67.

[10] 朱汉青,冯绍辉,周开朗. 江西九瑞地区潘湖渡隐伏铜金矿找 矿前景[J]. 东华理工学院学报,增刊,2006:163-166.
Zhu Han-qing, Feng Shao-hui, Zhou Kai-lang. The Prospecting for Panhudu Cu-Au Depositin Jiurui Region, Jiangxi Province [J].
Journal of east china institute of technology, supplementary issue, 2006:163-166.

Application of EH4 Electromagnetic Eounding in the Deep and Peripheral of Chengmenshan Mining Area, Jiangxi

WANG Chong, DONG Ping, SUN Bin, WU Yong-jing, JIANG Shao-yong

(State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract: Chengmenshan copper deposit, located in the southeastern part of JiuRui copper-polymetallic mineralization concentration field, is a typical stratabound massive sulfide copper deposit. EH4 electromagnetic sounding helps the authors to achieve remarkable results in the chengmenshan mining area because it can reflect expansion state of the strata and the low resistance body clearly and this result can be used in the deep and peripheral of Chengmenshan mining area. The paper finds a clearly electric anomaly related to mineralization. It not only achieves the goal of estimating exploration area prospecting potential but also confirms that EH4 electromagnetic sounding is an efficient and practical exploration mathod to investigate stratabound massive sulfide copper deposit.

Key words: massive sulfide, EH4 electromagnetic sounding, Chengmenshan mining area, prospecting potential