

文章编号:1671-4814(2015)01-057-05

大功率井中激发极化法在铜陵某铜矿勘探中的应用*

赵牧华¹,袁家余²

(1 中国地质调查局南京地质调查中心, 南京 210016)

(2 上海市岩土工程检测中心, 上海 200436)

摘要:以安徽铜陵某铜矿 ZK1003 钻孔井中激发极化测井、激发极化地-井方式及井-地充电法勘探为例,介绍了大功率井中激发极化在铜矿勘探中的应用,且后继钻孔资料验证了推断结果的准确性及可靠性。实际应用表明大功率激发极化测井应用于铜多金属勘探具有受控条件少、应用范围广、性价比高等特点,可在金属矿勘探中予以推广。

关键词:井中激发极化法;激发极化地-井方式;井-地充电法;铜矿

中图分类号:P631.3⁺²⁴

文献标识码:A

井中激发极化法(简称井中激电)是在钻孔中进行激发极化测量的工作方式^[1],在国内外一些铜矿、多金属矿以及某些弱金属矿或磁性磁铁矿的普查和勘探工作中,由于具有受控条件较少,应用范围广,性价比高等特点,得到了广泛的应用并取得较好的地质勘探效果。在查明井旁盲矿并确定其空间位置时,可采用激发极化地-井方式;在圈定盲矿体分布范围时可采用井-地充电法^[1-3]。但是随着钻孔勘探深度的增大,国内对上述方法研究却相对缓慢^[1,2,4,5]。本文通过介绍大功率激发极化法在铜陵某铜矿勘探中的应用,说明该法对划分矿体边界范围、计算矿体产状及厚度、指导矿区布孔、寻找盲矿、研究成矿规律等方面具有可行性。

1 地质概况

该矿区位于铜陵市南郊,地形较为平坦,钻孔周围植被茂盛。铜矿 ZK1003 孔位于铜官山石英闪长岩体的南段,矿体分布于宝山矿段和白家山矿段交汇地段及其深部。区内成矿作用表现为典型的接触交代矽卡岩型矿床特征,矿体空间分布具有层控矿床的特点。工业矿体赋存在石英闪长岩体与黄龙组 and 船山组接触交代形成的石榴子石、透辉石矽卡岩

带中。矽卡岩带厚度 50~80 m,平均厚 70 m。在矽卡岩中的铁、铜工业矿体多为铁、铜共生矿体,少数为单一的铁矿体或单独铜矿体。区内主矿体形态以似层状为主,其次为似层状透镜体产出,零星矿体多呈透镜状分布。矿段内主要金属矿物为磁铁矿、黄铜矿,局部有少量黄铁矿。

2 野外工作方法

本次大功率井中激发极化法野外施工主要包括激发极化测井、激发极化地-井方式及井-地充电法,野外工作方法如下:

(1)激发极化测井:使用装置为 A1.9M0.2N 的梯度电极系,部分点因视电阻率太低,一次场较小,视极化率参数不稳定,改用电位装置 N1.9M0.2A;测量点距 10 m,异常段加密至 0.5 m。B 极位于孔口。

(2)激发极化地-井方式:A 极与孔口距离为 300m,分别测量 A0°、A60°、A90°、A149°、A180°、A235°、A330°共 7 个方位,B 极距离大于 3~5 倍钻孔深度,MN=10 m(M 在上,N 在下),点距 10 m,异常段加密至 5 m。

(3)井-地充电法:ZK1003 孔周围植被茂盛,为

* 收稿日期:2014-07-23 改回日期:2014-08-19 责任编辑:谭桂丽
基金项目:中国地质调查局地质调查专项(项目编号:200799087)资助。
第一作者简介:赵牧华,1981 年生,男,高级工程师,主要从事应用地球物理工作。

了便于地面工作,采取井口放射状布置测线,选择植被相对较少的方位布置测线,用罗盘定位,用测绳测距并布置点号,测线布置如图1所示,共布置8条测线,测线半径300 m,充电点深度780 m,测量电极M极在井口、N极远离井口。

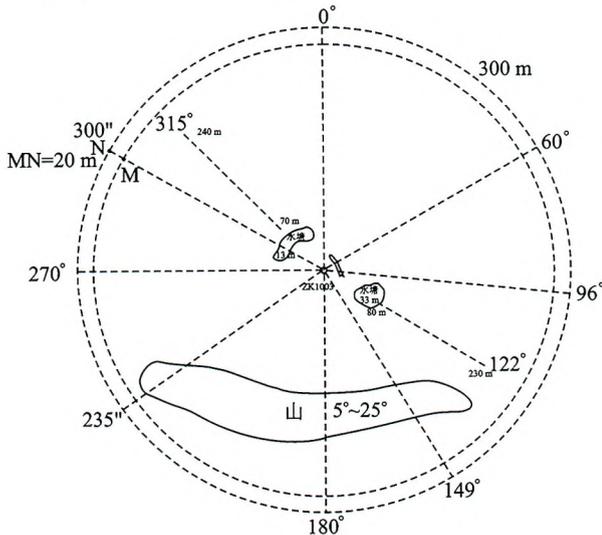


图1 ZK1003孔井-地充电法测线布置图

Fig. 1 Survey lines of ZK1003 using borehole-surface mise-a-la-masse method

3 资料解释

(1) 激发极化测井

从图2可看出,ZK1003孔矿层呈现低阻、高极化特征,矿体与围岩电阻率差异明显,但矿层本身视极化率差异也很明显,这与矿层中的硫化物含量有关,硫化物(黄铁矿)含量较少,因此视极化率也较低。而围岩局部也存在浸染状黄铁矿化,使视极化率升高,当围岩中裂隙发育时,视电阻率也较低。

从表1统计的钻孔剖面物性参数来看,ZK1003孔矿体为黄铜黄铁磁铁矿(含砂卡岩),矿体顶板为石英闪长岩,底板为石英砂岩,石英闪长岩整体为高阻,局部含裂隙时为低阻,视电阻率最大值11000 $\Omega \cdot m$,局部最小值220 $\Omega \cdot m$,平均值5200 $\Omega \cdot m$;视极化率平均值3%。石英砂岩比较完整,视电阻率最大值8000 $\Omega \cdot m$,最小值4000 $\Omega \cdot m$,平均值5700 $\Omega \cdot m$;视极化率平均值1%。黄铜黄铁磁铁矿视电阻率平均值1 $\Omega \cdot m$,视极化率平均值10%,砂卡岩视电阻率平均值120 $\Omega \cdot m$,视极化率平均值5%。因此矿体(含砂卡岩)与围岩存在明显的视电阻率差异,视电阻率差异在50倍以上;视极化率存在3倍以上的明显差异。

万方数据

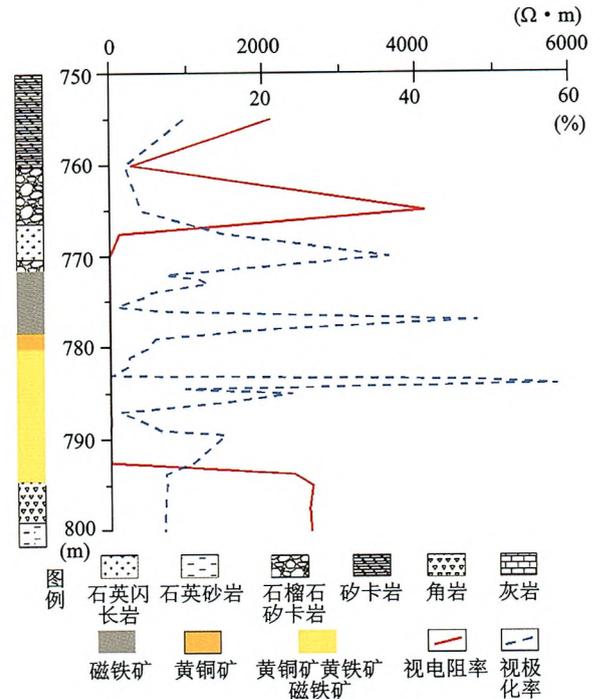


图2 ZK1003孔矿层附近IP测井曲线图

Fig. 2 IP log of ore bed in ZK1003

表1 ZK1003孔IP测井物性参数
Table. 1 Physical parameters of IP well log in ZK1003

岩矿层	视电阻率($\Omega \cdot m$)			视极化率(%)		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
石英闪长岩	11523.40	224.00	5195.98	12.90	0.00	3.42
砂卡岩	4118.64	129.91	1843.56	9.73	0.87	4.45
石英砂岩	8334.25	3814.02	5710.18	1.92	0.61	1.37
角岩	3987.77	2394.94	2843.87	7.32	6.98	7.14
含磁铁矿透	279.63	19.18	121.38	7.35	3.72	5.69
辉石砂卡岩						
磁铁矿	11.68	0.02	1.00	58.3	0.15	14.96
黄铜矿	1.19	0.82	0.91	20.4	5.0	10.42
黄铜矿黄铁						
矿磁铁矿	4.6	1.8	3.24	15.0	6.59	10.83

(2) 激发极化地-井方式

ZK1003孔石英闪长岩段各方位视电阻率曲线均呈现“高阻”异常(图3),方位0°、方位60°、方位90°及R=0等四条曲线明显高于其它方位,从孔深100 m到700 m曲线逐渐升高,在孔深700 m达到峰值;各方位视极化率曲线为平缓的“低极化”异常。孔深750 m~800 m由于矿体及砂卡岩的存在,各方位视电阻率曲线均呈现“低阻高极化”异常,各方位在矿层处的异常特征没有明显区别。

(3) 井-地充电法

ZK1003孔一次场梯度等值线如图4,钻孔东南

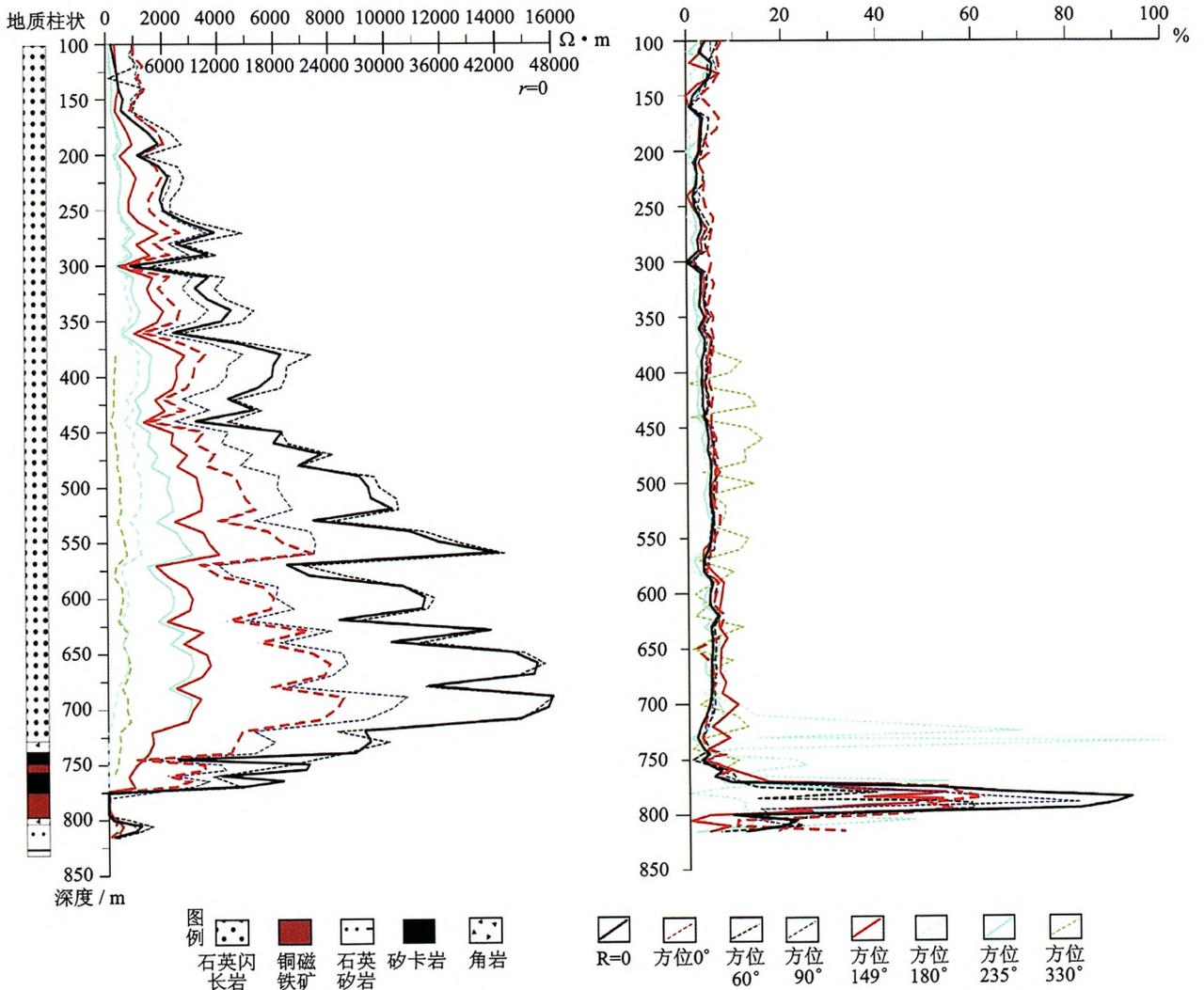


图 3 ZK1003 孔激发极化地-井方式测井成果示意图

Fig. 3 Resultant sketch map of induced-polarization surface-borehole method in ZK1003

区域为“负值区”，出现“负值”的原因是由于矿体由东南向西北逐渐变深(倾角 63°)，东南区域靠近钻孔的矿体埋藏深，远离钻孔埋藏浅，因此 M 点电位低于 N 点电位，导致 ΔV_{MN} 为负值，西北区域则正好相反。

根据测量成果经正反演计算，推断矿体走向北偏东 61°，走向方向较为平缓，走向方向长度 295 m；倾向北偏西 29°，倾向方向地面投影长度约 330 m，倾向方向倾角较陡，由东南方向往西北方向倾，(90~460)m 倾角 72°、(460~740)m 倾角 63°。推断矿体边界范围如图 4 所示，图中绿粗虚线为推断矿体(含低阻砂卡岩)的边界范围；钻孔位置是将矿体投影到地面，而不是开孔位置；钻孔旁边的数字表示该孔见矿厚度(单位 m)；ZK1003 孔孔口位置为 (0,0)。

4 验证情况

地质后继施工的 ZK1404 孔位于矿体异常范围内，推断能够见矿，钻探结果为：钻孔深 872m，钻孔孔底方位 125°，孔底偏差 37.1m，相比孔口位置更加靠近 ΔV_{MN} 矿体异常的边缘，但仍在 ΔV_{MN} “零”等值线以内。钻探结果在孔深 722.29~724.36 m 处，见到厚 2.07 m 的达到工业品位的磁铁矿，铁品位 20.56%。另外见到累计厚度为 4.60 m 的磁铁矿化。

地质后继施工的 ZK4701 孔位于矿体异常范围外，推断不能够见矿，钻探结果为：终孔深 1030.68 m，982 m 以上为石英闪长岩、(982~990)m 为磁铁矿化砂卡岩、990 以下为石英闪长岩与石英砂岩互层。未见工业品位矿体存在，与推断结果相一致。

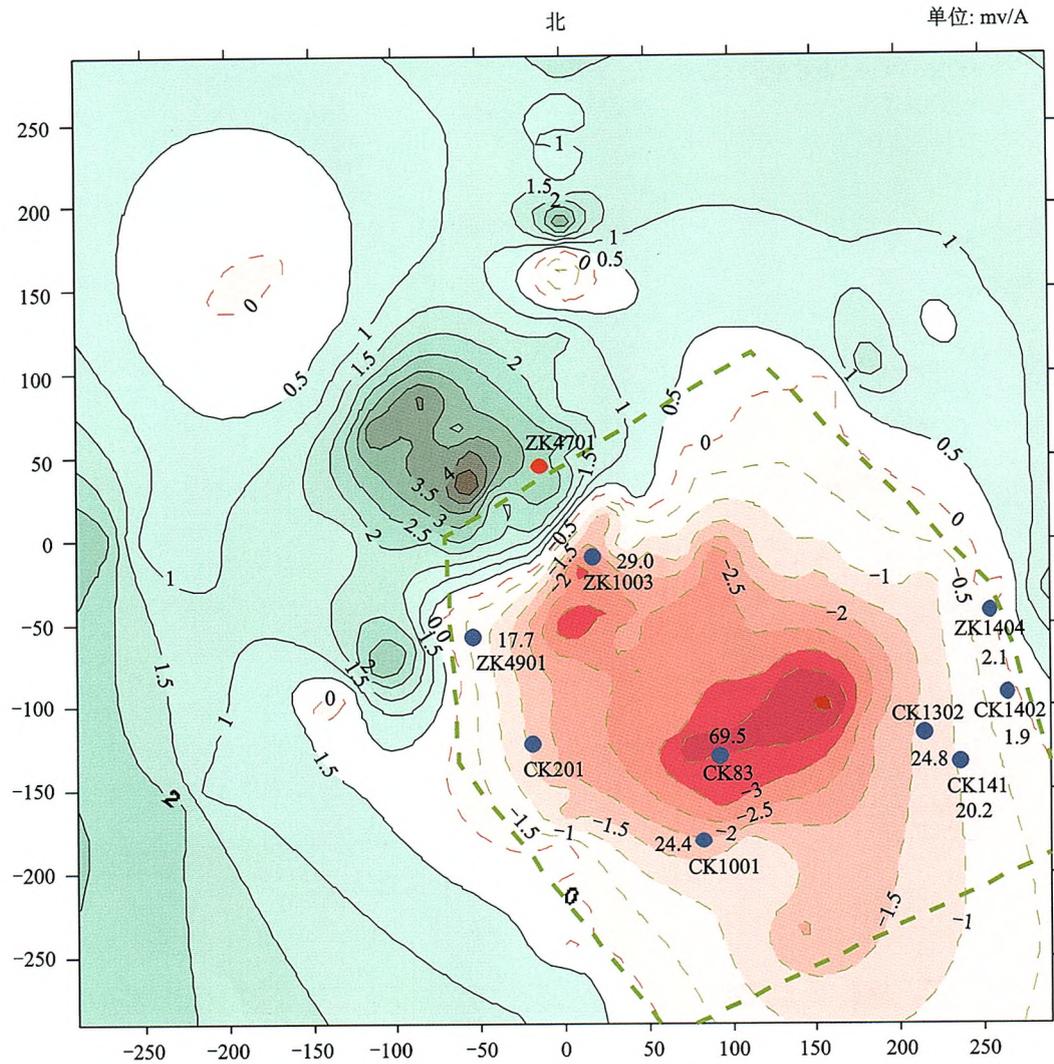


图4 推断矿体(含低阻矽卡岩)边界范围及钻孔矿体位置地面投影图

Fig. 4 Boundary range of inferred ore-bodies(including low-resistance skarn) and projection of ore-bodies in drill holes

5 结论与建议

5.1 结论

(1)本矿区岩体、矿体较为简单,矿体与围岩物性差异大,井中激发极化低阻高极化异常与矿体对应,井中激发极化效果显著。

(2)本区矽卡岩与成矿关系密切,一般矽卡岩越厚,成矿越好,对应视电阻率越低,矿体从中心往边界方向一般矽卡岩会变薄,含矿性较差, ΔV_{MN} 由负到零;而矿体中心位置 ΔV_{MN} “负”值逐渐变大, ΔV_{MN} 最大为-3.5 mV/A,对应矽卡岩较厚,矿体厚度较大、品位较高。

5.2 建议

(1)从ZK1003孔井-地充电法解释成果的验证结果来看,矿体低阻异常明显。建议对见矿钻孔(含低阻矽卡岩)开展井-地充电法,并可依据测量结果

直接推断矿体边界范围。

(2)激发极化测井曲线中视电阻率越低,往往对应低阻层越厚,含矿性就越好。因此,建议本区及类似矿区每个孔至少应开展激发极化测井,通过激发极化测井曲线研究成矿规律,间接推断矿体延伸范围。

(3)建议今后本矿区或类似矿区开展井中激发极化测量工作,通过1个钻孔(或少数钻孔)可分析和研究300 m×300 m甚至更大范围内(最大可达400~500 m)矿体的空间分布状态,对于划分矿体边界范围、计算矿体产状及厚度、指导矿区布孔、寻找盲矿、研究成矿规律具有重要意义。

参考文献

- [1] 蔡柏林,黄智辉,谷守民.井中激发极化法[M].北京:地质出版社,1983.
- [2] 黄智辉.井中激电地-井方式方位测量资料解释问题的

探讨[J]. 物探与化探,1979,3(3):22-30.

院学报,1998,18(3):280-283.

[3] 何裕盛,夏万芳. 充电法[M]. 北京:地质出版社,1978.

[5] 张炯,李雪松. 井-地充电法地表电位分布正常数据模拟研究[J]. 物探化探计算技术,2010,32(3):284-292.

[4] 张玉池,张兆京. 大功率充电法及其应用[J]. 桂林工学

Application of high-power induced polarization in the exploration of copper deposit in Tongling

ZHAO Mu-hua¹, YUAN Jia-yu²

(1 Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016)

(2 Shanghai Geotechnical Engineering Detecting Center, Shanghai 200436)

Abstract: The paper introduces an application of high-power induced polarization in the exploration of copper deposit, and subsequent drilling data verified the accuracy and reliability of the inference results taking ZK1003 of a copper deposit in Tongling, Anhui Province as an example. The method of high-power induced polarization used in copper deposit exploration with less controlled conditions, a wide range of applications and cost-effective, may be extended to metal ore exploration.

Key words: induced polarization method; ground-well method; well-ground mise-a-la-masse method; copper deposit

《资源调查与环境》文稿修改注意事项

1. 论文题目:是否精炼、准确,一般不超过 25 个汉字。
2. 作者及工作单位:作者署名及署名先后顺序是否有异议,作者工作单位是否是单位的全称,是否给出与作者和工作单位对应的英译文。
3. 中文摘要:是否完整、准确地反应论文成果,是否语言精炼,简短扼要,是否与正文中文字大段重复。
4. 英文摘要:是否符合科技英语的结构式要求,各项描述是否准确。
5. 前言:是否总结了前人成果和知识空白,是否阐明了论文研究与前人研究的异同及创新之处,与“讨论”或“结论”部分有无重复。
6. 正文:内容和撰写格式是否符合学术期刊的要求,图、表是否规范、清晰,内容有无重复,数字、计量单位、专业术语、缩略语的运用是否规范,语言是否通顺简洁,有无错字别字等。
7. 地质插图:图面内容取舍是否恰当,图中字体和字号是否统一,图面线条选取是否分明,图例是否与主图内容一致。
8. 结论:是否为本文的核心内容总结,措辞是否严谨。
9. 参考文献:是否新颖,数量是否适中,著录格式是否规范,有无缺项,标点符号是否符合本刊格式。
10. 修改时可参阅《资源调查与环境》最新文章样式和本刊《征稿简则》。