

充电激发极化法在金属矿上的应用^①

杨立功

(桂林矿产地质研究院, 广西 桂林 541004)

摘 要:充电激发极化法是矿山物探的一种主要方法,其兼有充电法与激发极化法的特点,可利用已有的工程,最大限度地了解地下三度空间地球物理场的分布情况,解决地质问题。概述了其理论基础和方法技术,并列举了该方法在多个金属矿上的应用实例。

关键词:勘探地球物理学;矿山物探;充电激发极化法;面极化体;体极化体

中图分类号:P631.324 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-5663(2003)01-0034-03

多年来,应用充电法和激发极化法在寻找金属矿上均取得了良好的找矿效果,各自形成了一套完整的理论。充电激发极化法就是使用充电法的野外工作方式,分别在地表、坑道和钻井内观测激发极化法参数,结合二者对不同构造矿石具有不同反应的特点,研究其充电场(一次场)和极化率的变化规律,而达到追索和发现隐伏矿体的一种主动源电法勘探,是金属矿矿区物探的主要方法之一。由于该方法的激发场(一次场)电源直接作用于矿体(或附近),可获得强度较大的各电场信息,加之该方法测量方式多样,可获得已有空间上的多处一、二次场信号,较之常规地面测量具有信噪比高、探测深度大、反映矿体准确、减少地球物理场多解性、解决地质问题多的特点。

1 方法技术

充电激发极化法工作,主要为点源场工作系统。采用井中激电测量工作的命名方式,按供电点—测量点顺序,其测量可分为:地面—地面、地面—地下、地下一地面和地下一地下等四类工作方式;按其测量方式,又可将每一类分为梯度测量和电位测量。

供电系统以点源场方式供电,按充电法要求布设电极,只有在特殊情况下,才能按一定的方式布极。

测量系统一般采用梯度测量,原则上只有在大地噪音干扰小或需要利用近场源二极法解决问题的地区,才使用电位测量。

使用上述工作方法,可以确定浸染状矿体和致密块状矿体存在的空间范围、形态、产状、埋深和矿体的连接性,发现隐伏矿体的存在。

2 充电激发极化法的数理基础

充电激发极化法的理论基础同电阻率法和激发极化法一致,在供电点外,其一次场电位 U_1 符合稳定电流场的基本规律,满足拉普拉斯方程:

$$\nabla^2 U_1 = 0$$

其总场电位 U ,在导电介质电流密度 $j < 1 \mu A$ 的激发极化场建立后,也符合稳定电流场的基本规律,满足拉普拉斯方程:

$$\nabla^2 U = 0$$

上述微分方程同时又满足以下三个边界条件,

第一类边界条件(电位有限条件):

观测点很远时($R \rightarrow \infty$), $U=0$ 和 $U_1=0$,

观测点很近时($R \rightarrow 0$), U_1 与 U 近似相等,

在地下深部, $U \approx \frac{I\rho_1}{4\pi R}$,

在地下近地表, $U \approx \frac{I\rho_1}{4\pi} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$,

在地表, $U \approx \frac{I\rho_1}{2\pi R}$ 。

第二类边界条件(观测点地表的电流密度法线分量为零):

$$j_n = - \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial U}{\partial n} = 0$$

^① 收稿日期:2002-11-20 作者简介:杨立功(1962-),男,河南镇平人,高级工程师,长期从事金属矿物探工作。

第三类边界条件(导电介质界面条件)见下表:

表 1 导电介质界面条件
Table 1 Interface condition of electric
conducting media

边界 条件	一次场	总 场	
		面极化体	体极化体
1	$U_1^{(1)} - U_1^{(2)} = 0$	$U_1^{(1)} - U_1^{(2)} = \frac{k}{\rho_1} - \frac{\partial U^{(1)}}{\partial n}$	$U_1^{(1)} - U_1^{(2)} = 0$
2	$\frac{1}{\rho_1} \frac{\partial U_1^{(1)}}{\partial n} = \frac{1}{\rho_2} \frac{\partial U_1^{(2)}}{\partial n}$	$\frac{1}{\rho_1} \frac{\partial U_1^{(1)}}{\partial n} = \frac{1}{\rho_2} \frac{\partial U_1^{(2)}}{\partial n}$	$\frac{1 - \eta_1}{\rho_1} \frac{\partial U_1^{(1)}}{\partial n} = \frac{1 - \eta_2}{\rho_2} \frac{\partial U_1^{(2)}}{\partial n}$

注: U 的上角标代表导电介质(1)、(2)两侧电位; ρ_1 、 ρ_2 为导电介质电阻率; η_1 、 η_2 为导电介质极化率; R 为点源至观测点的距离, R' 为镜像源至观测点的距离, K 为面极化系数; n 为法线方向。

在满足上述方程和边界条件的情况下,可通过物理模拟、数学解析和计算机数值模拟,获得地下半空间点源场作用下各处规则几何体的一次场和总场,为解释地下各类地质问题提供基础。

对于体积化体(浸染状矿体)的一次场和总场,主要以导电介质中的电阻率和等效电阻率为参数,求解稳定电流场获得;对于面极化体(致密块状矿体)的一次场和二次场,主要使用积分法+镜像法获得。

3 应用实例

图 1、图 2 是青海省东昆仑东段督冷沟铜(钴)矿北矿带 II 号矿体坑道—地面测量的高频电位差(ΔU_G)和视幅频率(F_s)的平面等值线图。矿带处于 NWW 向构造中,矿体由致密块状和浸染状黄铜矿构成,近矿围岩为硅质岩,其上下盘为互层状安山岩和

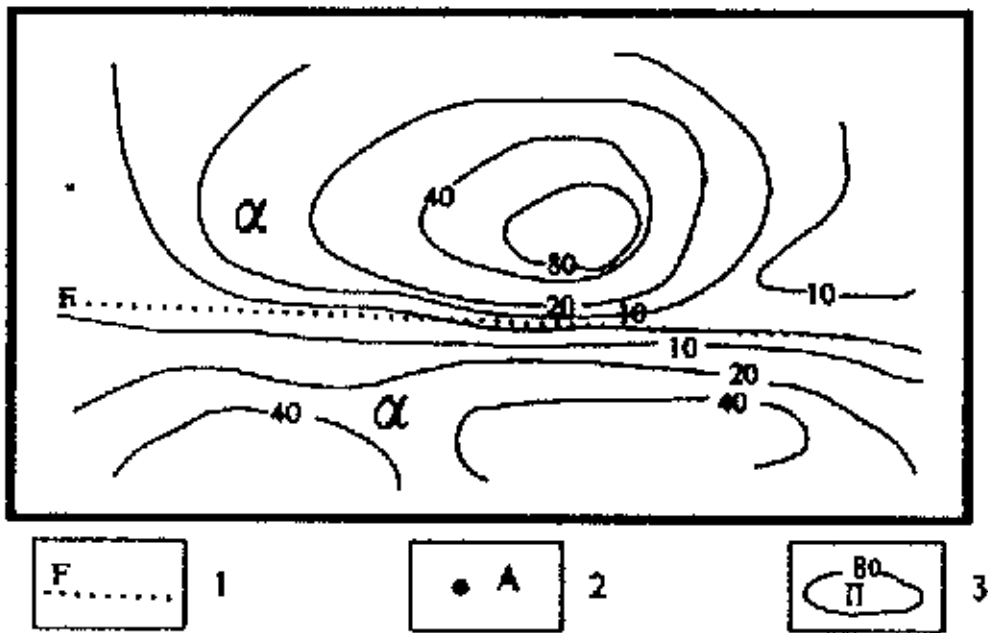


图 1 充电 U_c 电位梯度等值线图
Fig. 1 Graduation contour diagram of U_c
charge potential gradient
 α —安山岩 1—含矿构造带 2—充电点的地面投影
3—等值线及异常编号

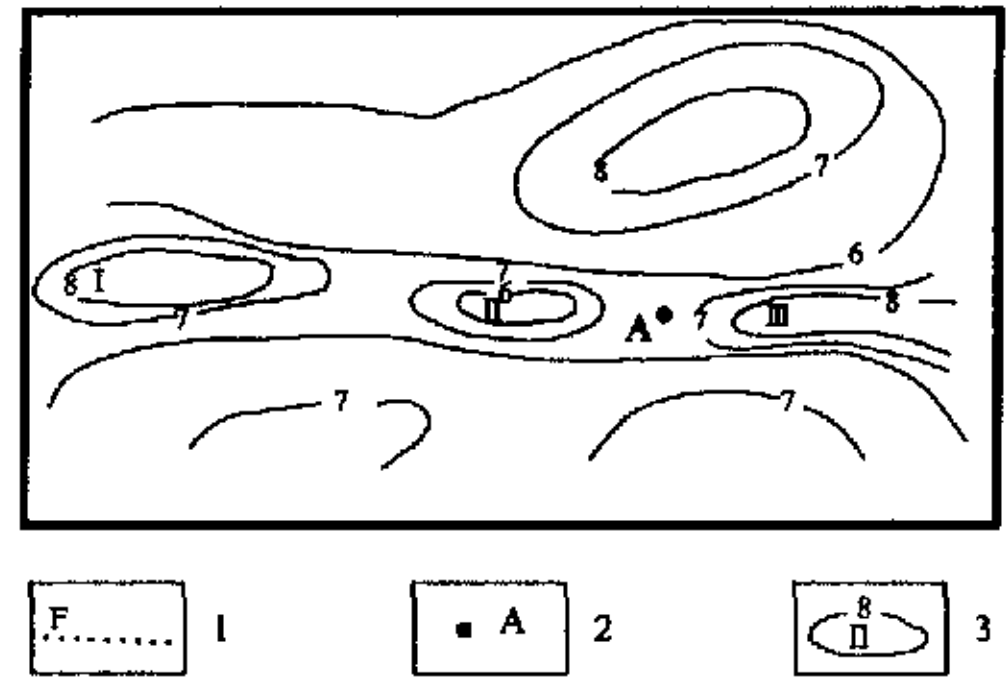


图 2 幅频率 F_s 平面等值线图
Fig. 2 Contour plan of amplitude frequency F_s
 α —安山岩 1—含矿构造带 2—充电点的地面投影
3—等值线及异常编号

碳质板岩。工作的目的是寻找富矿体的赋存部位。充电点位于坑道中的块状黄铜矿处,地表测量结果推测:矿带连续性较好,有三处富矿地段,长度分别为 40m、30m 和 60m,但充电点处的矿体不具规模。经工程验证,II 号异常的富矿体长 36m,充电点处的富矿规模仅为 $2 \times 2.5 \times 3(m^3)$,验证与推测相符。

图 3、图 4 是西藏“三江”拉龙拉铅锌矿 I 矿带西段充电—地面高频电位差(ΔU_G)和视幅频率(F_s)的平面等值线图。该矿带受近 EW 向构造控制,矿体由致密块状方铅矿和闪锌矿构成,其上盘为碳酸盐岩,下盘为片岩。经地面工作后,得出了该矿带西段矿体长 96m 和在其上盘 35m 处的碳酸盐岩中存在一条隐伏矿体的结论。经工程验证 I 矿带矿体长 104m,并在矿体上盘的碳酸盐岩中发现了 4m 宽的铅锌矿体。该成果拓宽了一直沿近 EW 向构造找矿的思路,为该区扩大找矿空间和扩大矿山储量奠定了基础。

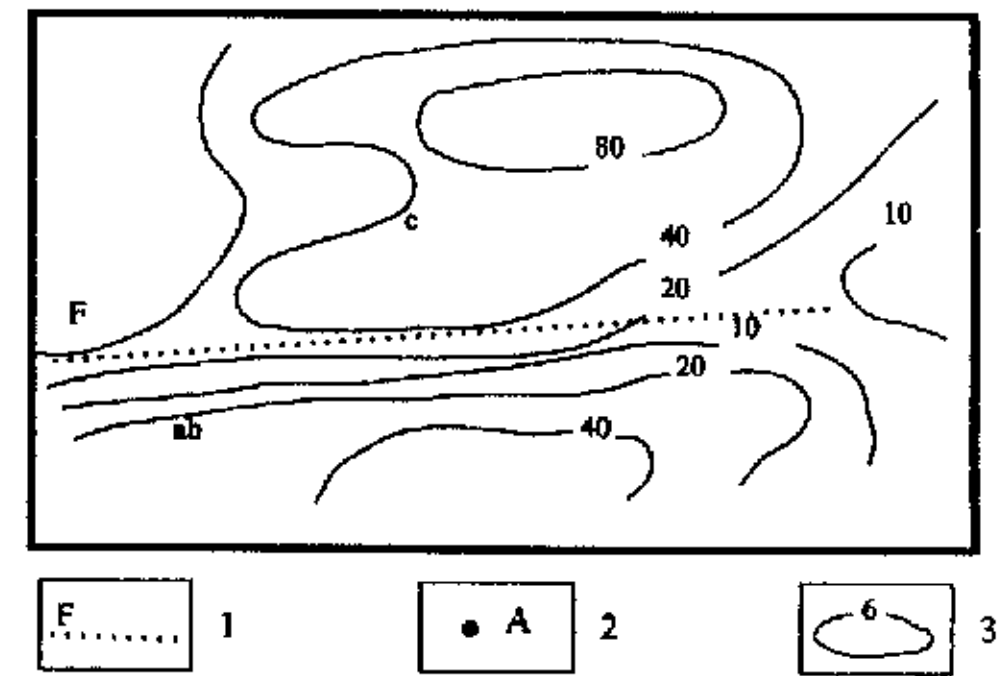


图 3 充电 U_c 电位梯度等值线图
Fig. 3 Graduation contour diagram of
 U_c charge potential
SLP—片岩 C—灰岩 1—含矿构造带 2—充电点的地面投影
3—等值线及异常编号

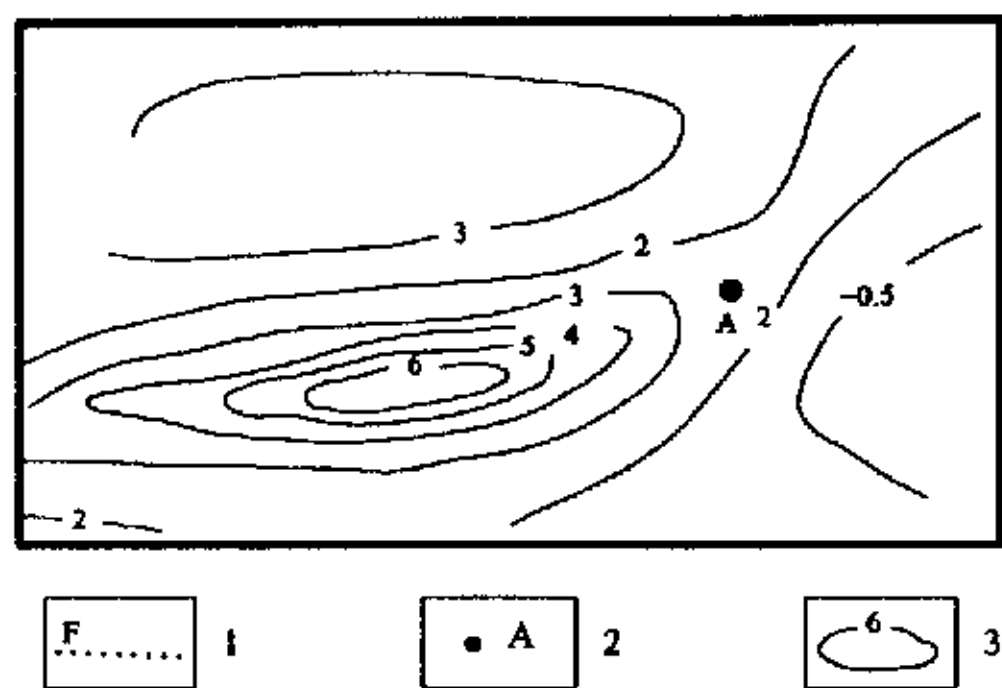


图4 幅频率 F_s 平面等值线图

Fig. 4 Contour plan of amplitude frequency F_s
SLP—片岩 C—灰岩 1—含矿构造带 2—充电点的地面投影
3—等值线及异常编号

图5、图6为青海省东昆仑东段海寺铁矿外围一处铅锌矿体上的工作情况,该矿受NW向砂卡岩化

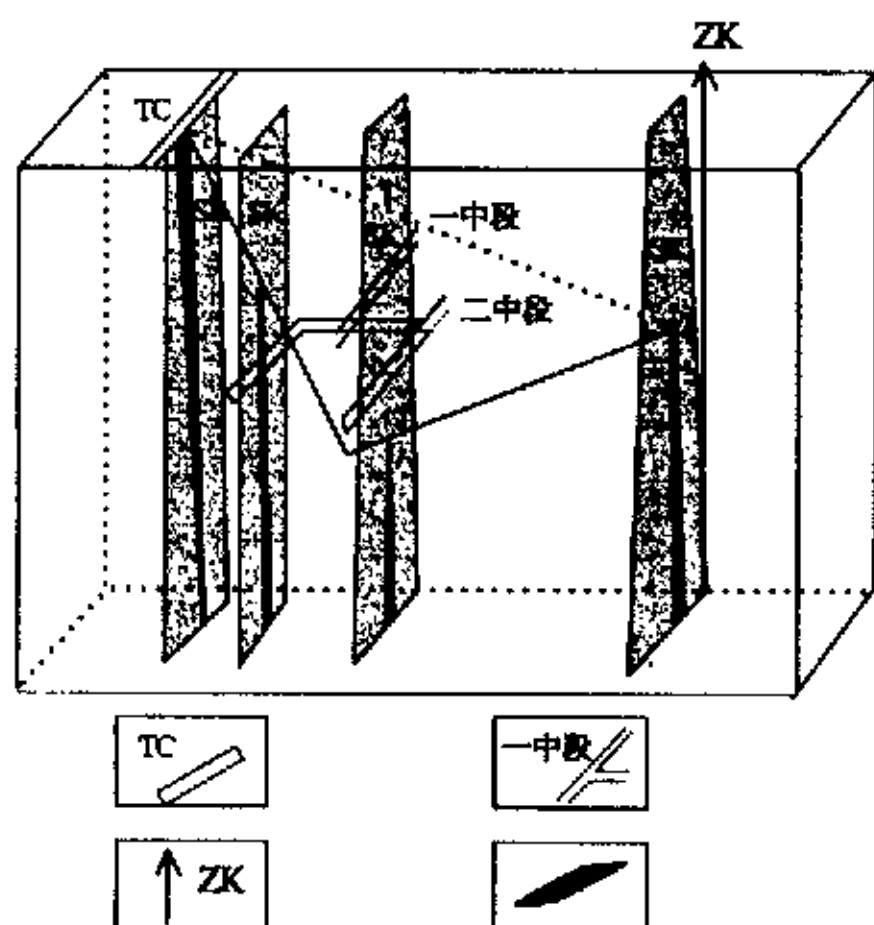


图5 矿体分布示意图

Fig. 5 Sketch of orebody distribution

SK—砂卡岩化带 1—探槽 2—坑道 3—钻孔 4—Pb、Zn 矿体

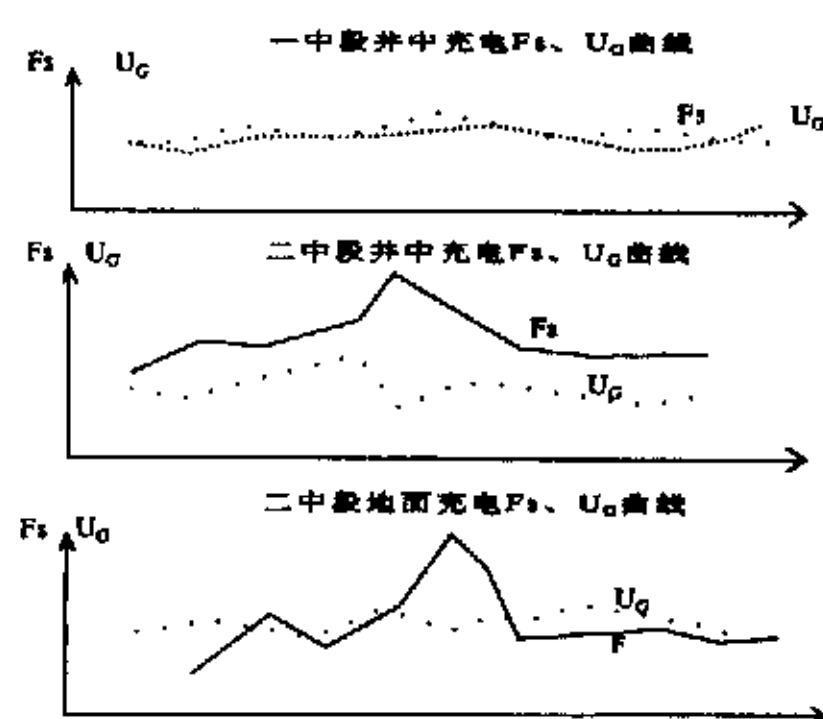


图6 一、二中段幅频率 F_s 电位梯度 U_g 曲线图

Fig. 6 Graph of amplitude frequency F_s and potential gradient U_g

带控制,矿体由含铅锌的块状硫化物矿石构成。在推测矿体范围内(虚线)的一、二中段主穿中均未见矿。经井中一坑道测量后,在一中段见有弱异常,二中段出现明显的异常,变换充电点在槽探中时,二中段主穿异常幅值加大,推测矿体在其西部。经二中段西穿验证后重新圈定了矿体范围(实线)。

图7为青海省拉脊山东段西山铜矿I号矿体上地面—地面测量的视幅频率剖面平面图,该矿带走向NW,矿体由浸染状黄铁矿和黄铜矿构成,围岩为绿泥石石英片岩。经地表工作后,1线和3线出现了明显的视幅频率高值异常,在6线和8线出现了与1线、3线位置不对应的视幅频率低缓异常,在加密的4线处出现了视幅频率负异常。推测该矿体在4线处由断裂错断,断距约为5—7m。工程验证证实该处存在NE向断裂,断距为4m。

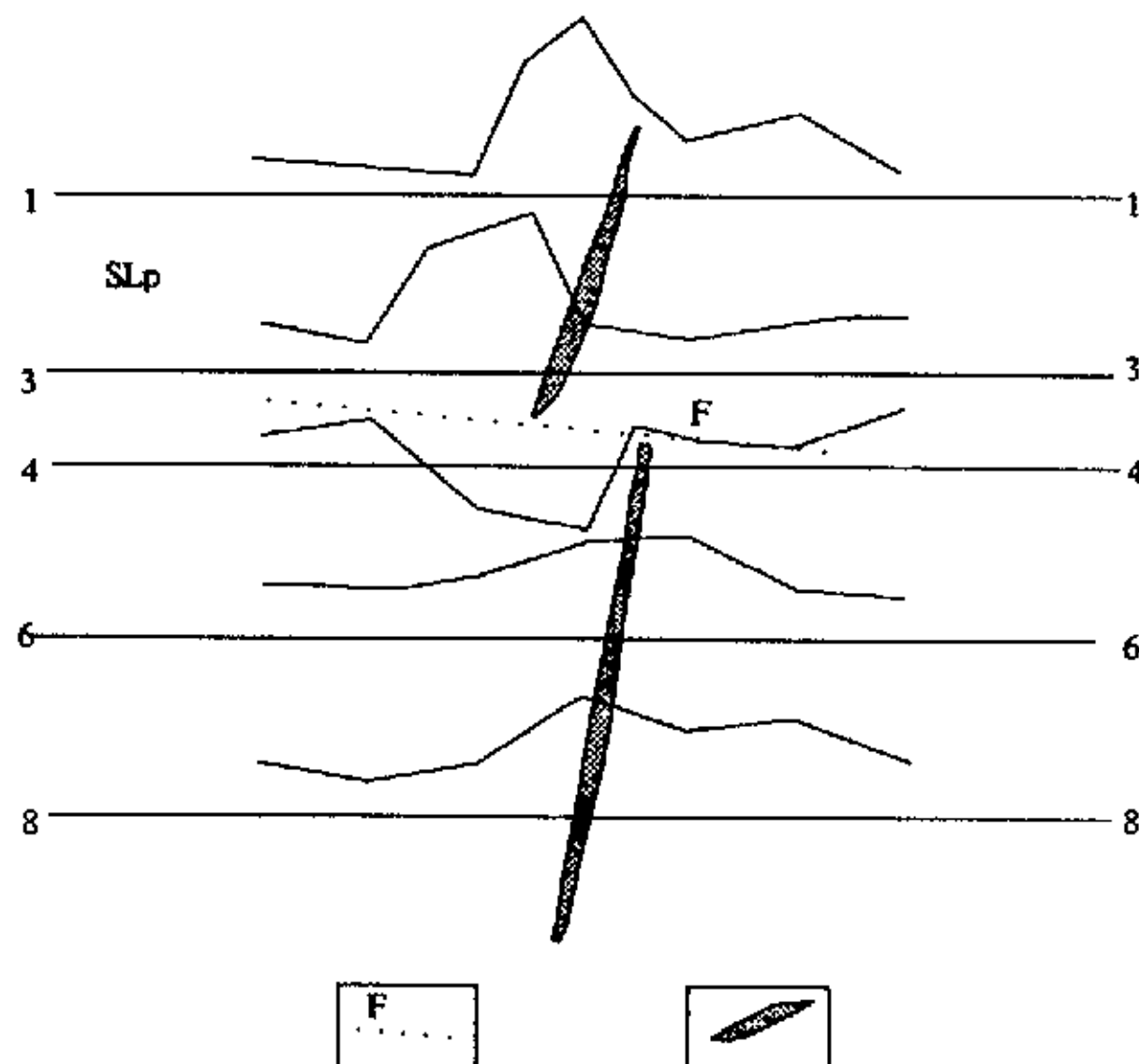


图7 幅频率 F_s 剖面平面图

Fig. 7 Profile and plan of amplitude frequency F_s
SLP—绿泥石石英片岩 1—断裂 2—铜矿体

4 结论

多年来,在多个矿山的研究和找矿效果表明,充电激发极化法理论成熟,方法成功。只要是具有激电效应的矿体,就可以利用地表、坑道和井下等多种测量方式,确定矿体的空间赋存位置、形态及产状等几何参数,预测隐伏矿体和判断多个矿体的连接性。对矿山的规划、勘探、开拓、采矿等关键问题起到指导作用。

(下转 26 页)

(4)原始样品(编号1#)化学成分中的铁主要为石英等矿物裂隙中铁染造成的(约占64%),其次为暗色矿物中的铁(约占31%)。

(5)采用不同的处理方法,可不同程度降低矿砂中的铁、铝、钛、钙、镁含量(见表4),提高砂的品质:

原始样品经稀酸浸泡处理, SiO_2 含量提高较大,铁、钛、钙、镁等也明显降低,按“我国平板玻璃用硅质原料国家专业标准”的要求,其化学成分已达到了一级品原料的国家标准,接近优等品原料的国家标准;

将暗色矿物的磁选分离与酸处理结合,可将矿砂的白度明显提高,成分中 SiO_2 的含量明显提高,而 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Al_2O_3 含量明显降低,可使该处的石英砂的化学成分可达到了平板玻璃用硅质优等品原料的国家标准。

参考文献:

- [1] 《矿产资源综合利用手册》编辑委员会编. 矿产资源综合利用手册. 北京: 科学出版社, 2000 年出版.

PURIFICATION STUDY OF QUARTZ SAND USED AS RAW MATERIAL FOR PLATE GLASS

PENG Guang-ju et al

(Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin, Guangxi, 541004, China)

Abstract: Iron, aluminium, calcium and magnesium in the quartz sand of a certain place are reduced more or less after has being separated by magnetic separation method and treated by submerging in diluted acid. The chemical contents in the sand quartz has reached national standards of silicon raw material for plate glass production after combined treating by magnetic separation plus diluted acid dipping.

Key Words: inorganic nonferrous metal material; quartz sand purification; plate glass; chemical composition

(上接 36 页)

该方法的激发场(一次场)电源直接作用于矿体(或附近),可获得强度较大的各电场信息,加之该方法测量方式多样,可获得已有空间上的多处一、二次场信号,较之常规地面测量具有信噪比高、探测深度大、反映矿体准确、减少地球物理场多解性、解决地质问题多的特点。

随着计算机数值模拟的迅速发展,电法勘探的理论解释得到了进一步的加强,这将使得该方法在矿山

物探中起到更大的作用。

参考文献:

- [1] 傅良魁. 电法勘探教程[M]. 地质出版社, 1983.
[2] 蔡柏林. 井中激发极化法[M]. 地质出版社, 1983.
[3] 毕德显. 电磁场理论[M]. 电子工业出版社, 1985.
[4] B·A·柯马罗夫. 激发极化法电法勘探[M]. 地质出版社, 1983.

APPLICATION OF IP CHARGE METHOD FOR METAL DEPOSIT PROSPECTING

YANG Li-gong

(Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin, Guangxi, 541004)

Abstract: IP charge method is one of the main means of mine geophysical methods with both characteristics of charge and IP method which can be used in the existing projects to maximize the understanding of the underground three dimensional geophysical field and solve geological problem. Its theory and technique is outlined briefly in the article with several application cases of metal deposit prospecting.

Key Words: exploration geophysics; mine geophysical prospecting; IP charge method; plane polarization body; stereo polarization body