Sting R1 Ip Swift高密度电法长剖面测量方法探讨

马德锡[1,2], 张志勇[3], 杨 进[2], 路彦明[1], 于爱军[1], 范俊杰[1]
(1.武警黄金地质研究所,河北 廊坊 065000; 2.中国地质大学,北京 100083; 3.东华理工大学,江西 抚州 344000)

摘 要:通过对 Sting r1 Ip Swift高密度电法在前花园金矿区和阿陵河金矿区的应用分析,结果表明勘探线长度大于高密度电法实际探测剖面长度时,可先采用滑动测量或滚动测量两种方法采集数据,再将数据处理融合后进行反演,反演结果为长剖面二维断面图。将其与单条短剖面测量反演结果对比,两种结果反映出的异常在形态上相似、位置上对应,长剖面测量反演图像能够突出强度较高的异常,该方法实现了对整条勘探线上各异常进行强度对比和异常等级划分。

关键词:高密度电法;勘探线;长剖面;滚动测量
中图分类号:P631 文献标识码:A 文章编号:1674-3504(2008)02-152-07

Sting R1 Ip Swift高密度电法作为一种新物探方法,多被用于工程勘探。由于其极距小,剖面短,勘探深度小(郭秀军等, 2001),方法应用的程度较低,尤其是资源勘探方面应用很少,经验不很成熟,有关应用介绍的文献尚不多见,目前还处于研究探索阶段(吕玉增等, 2005)。高密度电法在探矿中的工作方法通常是对一个有价值的测区或某个地质推断的构造、矿体进行剖面测量,但实际找矿工作中,构造或矿体的水平投影宽度常常超出了高密度电法的剖面长度,或者是研究的范围往往延伸到外围盲区,有时需要对几公里范围的剖面进行连续的采样,这时系统固有的探测剖面不能满足勘探目的的需要,此时通常采用的做法是单条剖面分段测量,然后集中解释,由于各条剖面独立反演,所以同级异常色调不统一,反演的精度也不统一,同一条勘探线上异常无法对比,给成果解释带来了一定的困难。

1 系统简介

Sting R1 Ip Swift高密度电法基本原理与常规激电方法完全相同,仍然以岩矿石的导电性和激电性差异为基础,集电剖面和电测深于一体(葛如冰等, 1999),采用高密度布点,进行二维地电断面测量。与高密度电阻率法相比,该系统又有很大改进,能同时采集电阻率(ρ)和充电率(*M*)两项数据,对金属矿勘探非常有利(王文龙等, 2002)。

Sting R1 Ip Swift高密度电法系统工作原理如图 1所示,图中 C_1, C_2, P_1, P_2 是采集一个数据所用到的 4个电极,其中 C_1, C_2 为供电电极, P_1, P_2 为测量电极, *a* 为极距, *n* 隔离系数。现有系统配置 41个电极,极距 10~15 m,勘探剖面长度 400~600 m,测量深度 100~116 m,测量结果是倒梯形的电阻率充电率异常图。

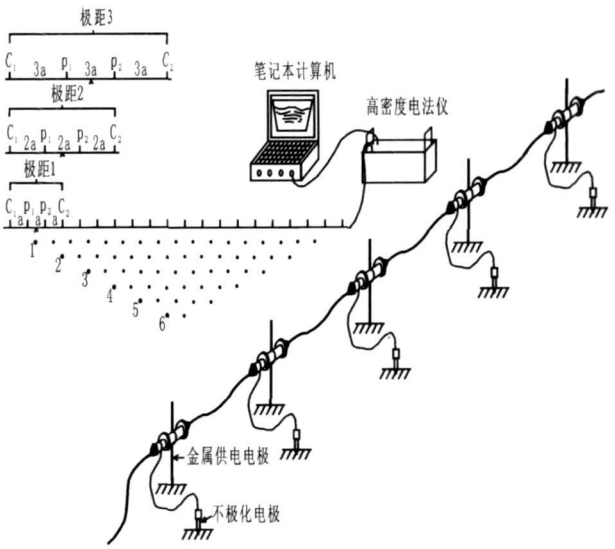


图 1 高密度电法工作原理简图
Fig 1 Sketch of High-density electrical method function

2 滑动测量

山东招远前花园金矿区地表有一定的覆盖,工作程度相对较高[①],用高密度电法探测主要任务是揭示玲珑金矿田破头青断裂在南西方向即前花园

收稿日期:2007-11-26
基金项目:武警黄金地质研究所计划内科研项目"高密度电法测量"(HJ06-05(1)、HJ07-04(1))
作者简介:马德锡(1976—),男,工程师,在读硕士。研究方向:电法、磁法、电磁法等综合物探方法。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区的延伸情况,同时为了揭示与破头青断裂延伸方向近于平行展布的①号、②号碎裂岩带与③号、④号、⑤号破碎带的深部地质特征及矿化情况[②],设计的平行等距电法勘探线长度有 600 m, 1 080 m, 1 780 m三种;由于系统测量剖面长 600 m,为此对长勘探线进行滑动测量。对于 1 080 m长勘探线连续测量 2次, 1 780 m的勘探线连续测量 3次,前后测线重合 9个测量点,重复测量长度 120 m。由于测量结果的规律基本一致,故文中只对部分测量结果进行详细分析。

2 1　滑动测量方法简介

图 2是系统配置 41个电极、15m极距、重合 14个点、连续三次滑动测量的剖面及数据分布示意图, Array1, Array2, Array3为三条滑动测量剖面数据分布图,剖面间有数据空白区,经数据融合反演,程序会对空白三角形区进行插值,最终结果是长度为 1 365 m的倒梯形异常图;测量中前后剖面重合主要是为了减小剖面间数据空白三角形区域,从而消除插值和平滑的反演计算误差,滑动测量的次数与重合的电极数主要是根据勘探剖面的长度和实际工作的需要确定,重合的电极数目满足公式:

$$m - 1 = (600n - L)/15(n - 1)$$

式中 n为连续测量单条剖面数; L为勘探线长, m为重合的电极数。

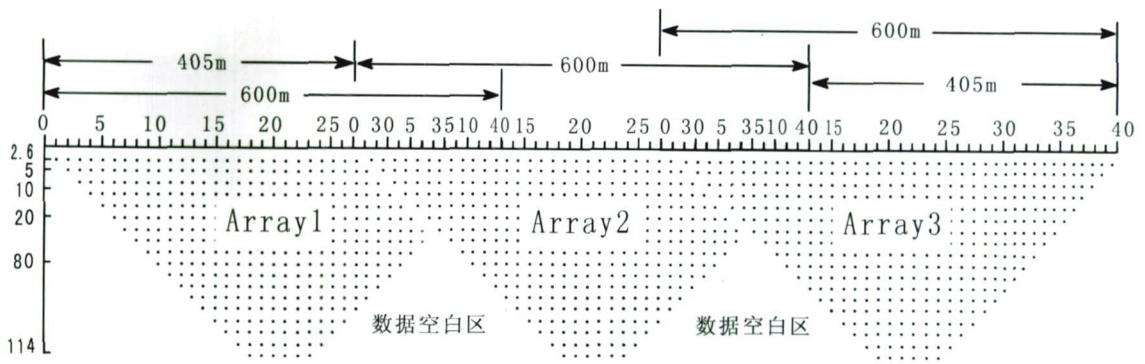


图 2　单条剖面滑动测量数据分布示意图

Fig. 2　Sketch map of data for glide prospecting of single section

Array1剖面的起始点坐标和勘探线的起始点坐标相同, Array2的起始点 x坐标是 Array2与 Array1的第一个重合点在 Array1上该点的 x坐标, Array3的起始点 x坐标是 Array3与 Array2的第一个重合点在 Array2上该点的 x坐标, y坐标都为 0,数据融合处理时根据 x坐标将第二条剖面的测量数据接在第一条剖面数据的后面,第三条接在第二条的后面,数据处理的结果使整条剖面数据为一个文件;每一条剖面在开始测量前都需先对起始 x坐标进行设置,同时要对融合后的数据文件头部分进行修改,这样才能保证同一条勘探线上各条剖面有效融合,被反演程序识别。

2 2　方法试验与实际应用对比分析

2 2 1　202线单剖面测量结果与滑动测量结果对比

图 3是测区 202勘探线的滑动测量 3条剖面 202-1线、202-2线、202-3线未经数据融合时单独反演的电阻率和充电率成果图。202-1线电阻率断面图(上)横向 395~ 600 m为梯度变化的低阻区 R1,电阻率值在 68~ 600 Ω·m之间,充电率断面图(下)横向 330~ 375 m有充电率异常 M1,异常中心幅值约 45 ms,位置与高阻对应。202-2线电阻率断面图(上)横向 0~ 300 m有一相对低电阻率异常带 R2,电阻率值在 76~ 600 Ω·m之间,倾向南东,充电率断面图(下)横向 300~ 400 m深部有充电率异常 M2,异常与高阻区对应,异常向深部增强,范围变大,异常中心幅值约 54 ms。202-3线电阻率断面整体为高阻,充电率在剖面横向 360 m深部有充电率异常 M3,异常向深部递增,范围变大,中心幅值约 57 ms。

图 4是 202-1、202-2、202-3三条剖面线数据融合后一次性反演成果解译图。电阻率断面图(上)在横向 210~ 240 m和 450~ 760 m处为两个相对低阻带 R1, R2,充电率图(下)上有三处异常 M1,

① 陆红. 1987. 金银矿选集[M]. 冶金工业部长春黄金研究所.
② 赵信. 1987. 金银矿选集[M]. 冶金工业部长春黄金研究所.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

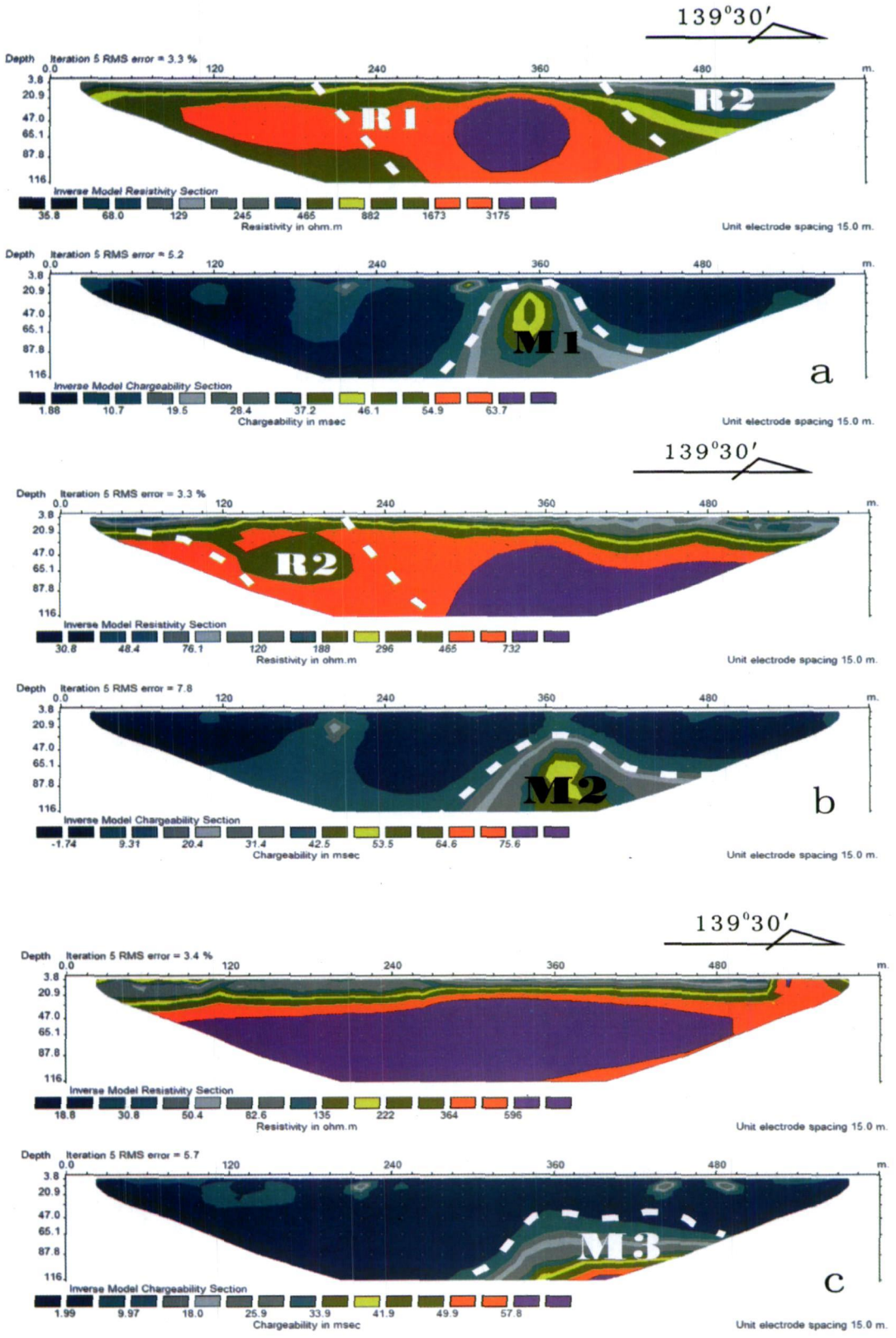


图 3 202线滑动测量单条剖面电阻率充电率成果图

Fig. 3 Sesistivity and charging rate anomaly map for 202# glide prospecting of single section

a 202－1线; b. 202－2线; c 202－3线

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

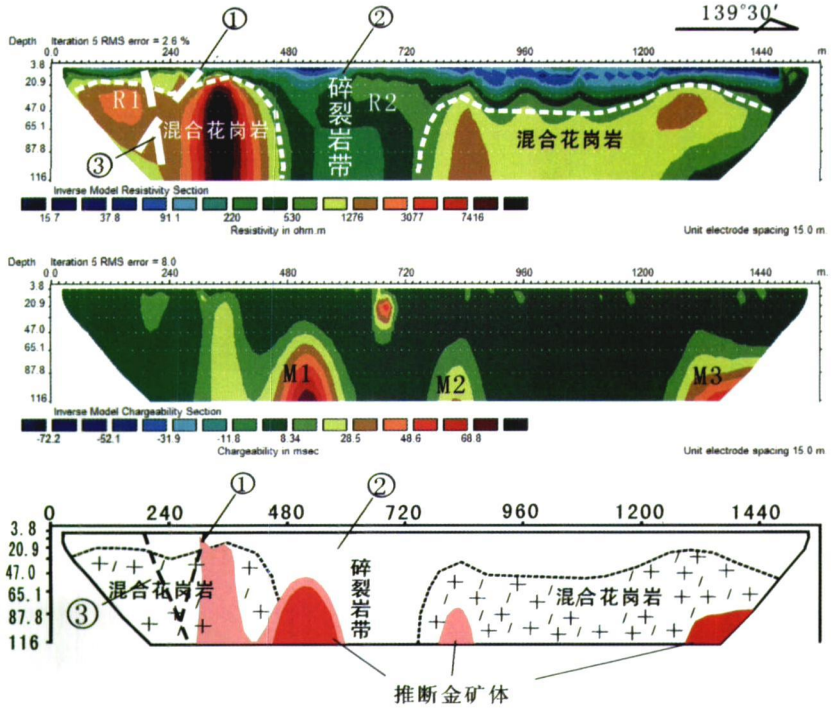


图 4　202线长剖面滑动测量电阻率充电率成果解译图

Fig. 4　Resistivity and charging rate anomaly and interpretation map for 202# glide prospecting of long section

M2, M3充电率异常处在低阻与高阻的过渡带附近靠近高阻的一侧, R1、R2低阻带与矿区的激电异常Ⅳ叠加。对照地质断面图发现, 玲珑混合花岗岩呈相对高阻②, 第四系覆盖区呈现低阻, 低阻带 R2反映出②号碎裂岩带在 202线处向西南方向还有延伸; ①号、②号破碎蚀变带与充电率 M1在岩体一边的分支异常对应, 由充电率异常推断破碎蚀变带在深部聚合, 由高阻到低阻过渡带处的充电率异常 M1与 M2推断②号碎裂岩带与化岗岩体的接触部位矿化较好, 深部范围变大, 矿化变强, 同时由充电率 M3推断在南东方向第四系覆盖区下的岩体边部有有未知的矿化体存在[②]。

对比 202-1, 202-2, 202-3单条剖面和 202线滑动测量长剖面上的电阻率和充电率异常发现: (1) 202-1线的电阻率异常 R1与 202-2线的电阻率异常 R2是同一个异常, 他们反映的是同一个低阻构造, 且从长剖面中的低阻异常判断构造的产状近于直立, 长剖面上的异常比单条剖面规则。(2) 长剖面上的电阻率异常 R1在单条剖面上几乎没有反映。(3) 长剖面显示的充电率异常 M1, M2, M3位置在电阻率高阻到低阻的过渡带上靠近高阻一侧, 单条剖面上充电率异常 M1, M2, M3处在高阻区中。这种异常位置的变化是由于两方面的原因造成, 一是各次测量数据在参加反演时对异常进行重新定义的结果, 二是数据空白参加反演时插值的结果, 单条剖面由于反演彼此独立, 充电率异常中心实际只是主体异常的分支或异常的边部。

2.2.2　滑动测量方法的特点

这种重合电极多次测量并融合数据反演的方法, 其结果剖面电阻率和充电率异常形态、位置和产状都与各测量剖面单独反演的电阻率和充电率异常形态、位置和产状相似, 长剖面突出了单条剖面没有显示的异常, 由于反映异常强度等级的色阶是统一的, 长剖面有利于确定同一条勘探线上各异常的强弱和异常等级; 通过融合数据一次反演, 异常之间的彼此联系更加清楚, 这有利于将测量结果跟已知的地质断面进行对比, 从而判定异常所反映的地质现象。不足之处是各剖面之间的数据空白三角形区域较大, 融合反演过程中空白三角形区的数据主要是通过多次插值计算后得到的, 所以这种插值过程不仅使异常发生部分变形或位移 (胡勘等, 2002), 而且空白区的图像不是很真实, 实际工作中适当增加电极数或或调整极距增加勘探深度来减小这种影响, 同时需要在成果解释时引起注意, 多结合地质资料。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 滚动测量

黑龙江黑河阿陵河金矿区覆盖较厚,槽探工作揭露困难,该区高密度电法测量的主要任务是以矿区北西向的破碎蚀变带为中心,重点对 1号、2号、3号矿脉深部产状进行揭露,同时对破碎带两侧未知区进行探测,设计的平行等距电法勘探线长度 1 200 m,为此对长剖面采用滚动测量,单次滚动 10个电极,滚动 4次;并对 350线、364线开展 sy350、sy364两条实验剖面测量。

3.1 滚动测量测量方法简介

滚动测量的次数可根据实际需要而定,本文只对 4次滚动测量过程进行介绍。第一步,在程序管理软件(ccreator3.0)中创建 41个电极测量极距为 15 m的斯龙贝歇尔装置文件 w.cmd(loke,2000);第二步,创建四次滚动的滚动文件 w1,w2,w3,w4,每个滚动文件含有 10个电极参加滚动的程序信息;第三步,给出滚动文件的 ID号,如:1,2,3,4,ID号主要功能是主机用来识别文件的;第四步,将创建的程序文件下载到测量主机中,下载时确认主机中其他测量控制程序已被删除。测量中当前 10个电极完成测量后就可移动到装置的后边继续进行测量,即一次滚动测量,然后是第二次、第三次、第四次,如图 5是 41个电极滚动四次的测量及数据分布示意图,四次滚动测量以后,剖面总长 1 200 m,是原来剖面长度 600 m的两倍。通常当勘探剖面已知时,滚动文件的数目主要是根据如下公式确定的:

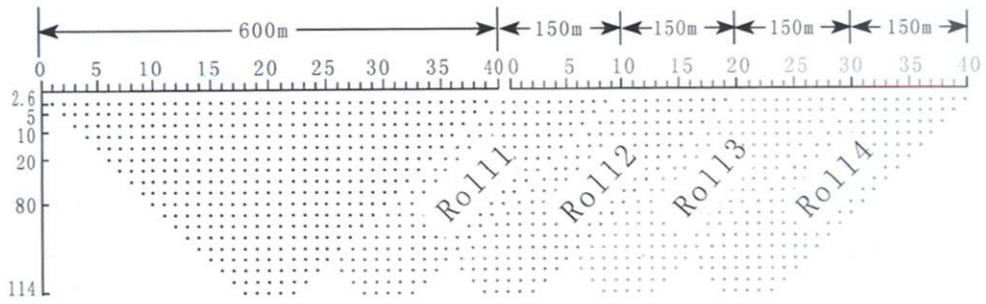


图5 滚动连续测量数据分布示意图

Fig.5 Sketch map of data for roll sequential prospecting

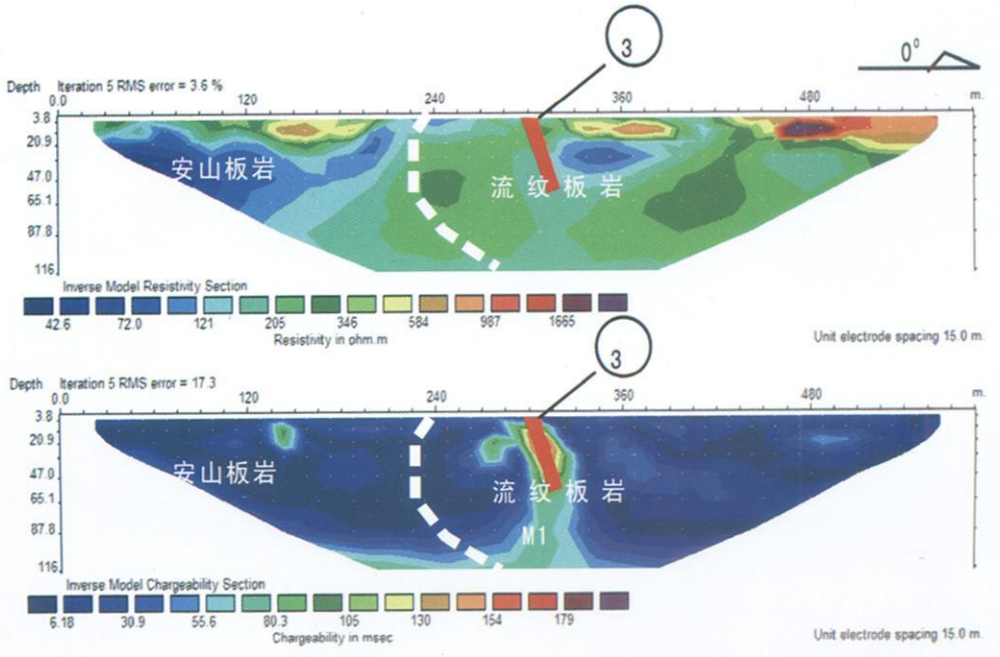


图6 实验剖面 Sy350线电阻率充电率成果图

Fig.6 Sesistivity and charging rate anomaly map for Sy350 test section

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$L = (N - 1) \cdot 15 + 15 \cdot m \cdot n$$

L为勘探线长度, N 为装置电极数, m 为滚动次数, n 为单次滚动的电极数。

3.2 方法试验及实际应用对比分析

3.2.1 350线实验剖面与滚动测量结果对比

图 6是 350勘探线实验剖面 Sy350的电阻率充电率测量成果图, Sy350剖面的 1号点对应长勘探剖面的 15号点, 41号点对应 55号点, 即工作中选择了勘探线中部的 210~ 810 m作实验剖面。从图 6可看出, 电阻率断面整体显示为低阻, 均值小于 400 Ω·m。充电率异常图断面横向 300~ 315 m有充电率异常 M1, 位置与 ③号矿体对应 (图 6), 异常中心幅值约 200 ms, 异常强度向深部减弱, 异常浅部北倾, 深部南倾, 浅部与已知矿体产状一致。

图 7是 350勘探线长剖面滚动测量电阻率和充电率反演成果及解译图, 结合地质资料, 电阻率异常显示安山板岩相对与流纹板岩为低阻, 剖面电阻率值不均匀, 破碎蚀变带深部相对围岩为高阻。充电率异常图横向 495~ 585 m, 840~ 900 m处深部有 M1, M2两处充电率异常, M1异常中心幅值约 289 ms, M2异常中心幅值约 120 ms。 ③号金矿体与充电率异常 M1在剖面位置上对应, 根据充电率异常 M1推断 ③号金矿体在深部倾向变化, 且范围变大, 矿化变强; 充电率异常 M2反映出在破碎蚀变

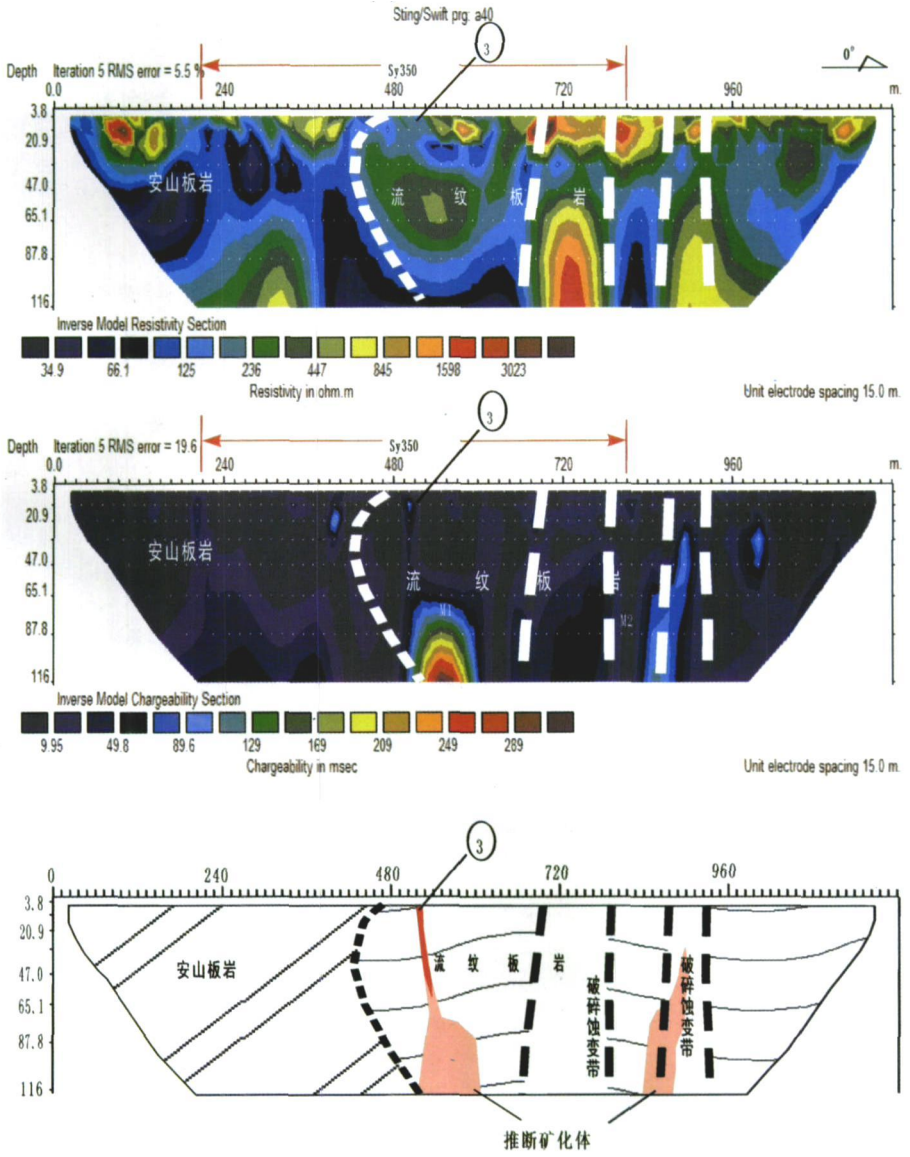


图 7　350线长剖面滚动测量电阻率充电率成果解译图

Fig. 7　Sesistivity and charging rate anomaly and interpretation map for 350 roll prospecting of long section

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

带与围岩接触部位深部有强矿化,推断可能还有未知金矿(化)体存在。

对比实验剖面 sy350和长剖面 350测量成果发现,两种结果剖面异常形态及异常分布的空间位置一致,特别是充电率异常 M1在位置上对应很好,异常都真实的反映了地质体的深部产状和电性特征,但是长剖面中的异常形态更加规则,异常强度更大,反映地下信息更加全面。

3.2.2 滚动测量方法的特点

长剖面滚动测量方法反应的异常和单条剖面反映的异常规律一致,但长剖面滚动测量成果给出了整条勘探线的异常分布特征,数据的一次性反演使得反映异常强度等级的色阶是统一的,这有利于确定同一条勘探线上各异常的强弱和异常等级,还有利于确定异常之间的彼此联系,在有用信息提取、压制干扰和成果多解性等方面有了很大改进(胡勘等, 2002),这些给成果解释提供了方便。但是从滚动连续测量示意图(图 5)就可看出,长剖面滚动测量其数据也存在空白三角形,反演中空白区数据插值给反演结果带来了影响,但空白数据三角形的面积和整条剖面相比很小,因此只要在数据解释时引起注意,这种影响可以忽略不计。

4 结论及建议

以方法理论为基础,在地质工作程度较高、资料丰富的矿区区段进行实验剖面测量,再对实验剖面线进行长剖面测量,无论是长剖面滑动测量还是长剖面滚动测量方法,都实现了系统固有探测剖面所无法达到的探测剖面长度,解决了实际问题;同时长剖面数据融合一次反演结果使用了统一的异常色阶,突出了异常,压制了干扰,解决了异常对比和异常等级划分等问题;但是在实际工作中需要根据勘探线长度,调整或增加极距及重合电极数来减小空白数据区域,从而降低反演结果的误差,同时要在成果解释时结合地质资料,排除空白区数据所反映的虚假信息。

这两种长剖面测量方法能够提高工作效率,很好的解决生产科研问题。对于其他类型的高密度电法系统滑动测量时只需在主机中对测量剖面的初始坐标进行设置,反演时对数据进行融合,并修改反演数据文件的头文件;滚动测量时需要编辑滚动测量文件,并给出文件的 ID号,下载到主机,然后设置为测量文件。

参考文献

葛如冰,黄伟义,张玉明. 1999.高密度电阻率法在灰岩地区的应用研究[J]. 物探与化探, 23(1): 28-32.

郭秀军,王兴泰. 2001.用高密度电阻率法进行空洞探测的几个问题[J]. 物探与化探, 25(4): 306-311.

胡勘,赵贵民. 2002.高密度电法畸变成因浅析及畸变处理方法探讨[J]. 贵州地质, 19: 256-259.

吕玉增,阮百尧. 2005.高密度电法工作中的几个问题研究[J]. 工程地球物理学报, 2(4): 264-265.

王文龙,杨拴海,马德锡等. 2002.高密度电法在金矿找矿中的应用[J]. 黄金地质, 8(3): 53-56.

Discussion of Sting R1 Ip swift High-density Electrical Method in Long Profile Prospecting

MA De-xi[1,2], ZHANG Zhi-yong[3], YANG Jin[2], YU Ai-jun[1], LIU Yan-ming[1], FAN Jun-jie[1]

(1. Gold Geological Institute of the Armed Police Force, Langfang, HB 065000, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. East China Institute of Technology, Fuzhou, JX 344000, China)

Abstract: Application of Sting R1 Ip Swift high-density electrical method on Qianhuayuan and Alinghe gold area shows that, when the length of exploration line is longer than the length of actual investigated profile of high-density electrical method, can collect data by using glide prospecting or roll prospecting method, then inverse the amalgamated data, which result is long profile of 2D profile contour map, contrasting it with the inversed result of single short section prospecting, can be concluded that the shape and position of resistivity and charging rate anomaly is corresponded with each kind of results. And that long profile tested inverse image can give prominence to higher intensity anomaly, by which can contrast intensity and compartmentalize anomaly grade of each kind of anomalies in the whole exploration line.

Key Words: High-density electrical method; long profile; glide prospecting; roll prospecting

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net