

技术 · 方法

高密度电法在金矿勘查中的应用

马德锡^{1,2}, 于爱军¹, 葛良胜¹, 范俊杰¹, 张学军¹, 王春生¹

(1. 武警黄金地质研究所, 廊坊 065000; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

[摘要] 用 STNGR1 IP SW IFT 高密度电法系统在森林覆盖区、荒漠沙层覆盖区对隐伏角砾岩筒、隐伏矿体进行探测, 根据电阻率异常对隐伏构造、地质体的产状规模进行推断, 根据充电率异常对隐伏角砾岩筒、隐伏矿体的特征及赋存位置与构造的关系进行推断。成果得到了深部钻孔工程验证, 系统在研究程度较高的矿区用于进一步查明深部构造、圈定容矿岩石甚至直接寻找盲矿非常有效。

[关键词] 高密度电法 金矿 勘查

[中图分类号] P631. 3; P618. 51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495 - 5331(2008)03 - 0065 - 05

随着找矿工作的发展, 找矿难度加大, 常规找矿方法也面临严峻的挑战。黑龙江金厂金矿区和内蒙古巴彦温多尔金矿区经前期的地质工作预测找矿资源潜力巨大^[7,9], 然而, 找矿工作的进一步深入确遇到了困难, 两个矿区的共同特点是相当数量的矿体处于深部隐伏状态, 金属硫化物矿化与金矿关系密切, 不同之处是覆盖层的性质截然不同, 赋矿构造和矿体特征也不相同。文章以上述两个矿区为例对高密度电法在特殊景观区金矿勘查中的应用部分成果进行了对比研究。

1 方法技术

1.1 高密度电法系统工作原理及其特点

高密度电法就其原理而言, 与传统的直流激电方法完全相同, 是以岩(矿)石的导电性差异和激电性差异为基础的一类电探方法, 研究在施加电场的作用下, 地中传导电流和由传导电流激发的二次电流的分布规律。STNGR1 IP SW IFT 高密度电法系统具有如下功能:

1) 可同时采集电阻率 ()、充电率 (M) 这两项数据。

$$s = n(n+1)(n+2)a V/I(\text{dip le} - \text{dip le}) \quad (1)$$

$$s = n(n+1)a V/I(\text{Schlumberger}) \quad (2)$$

$$M_{s(t)} = \int_{t-t}^{t+t} V_{2(t)} / V_{1+2} dt \quad (3)$$

- 2) 可绘制二维、三维断面图。
- 3) 有接地电阻检测功能。
- 4) 软件程序反演算法采用了平滑 - 最小二乘法收敛 (deGroot - Hedlin and Constable, 1990; Sasaki, 1992)^[17], 这两方面保证了反演成果高效准确。

1.2 仪器简介

STNGR1 IP SW IFT 高密度电法系统是美国 AG 地球物理系统公司生产的电法测量系统。仪器可进行多种装置的测量。装置布置如图 1^[3]。

1.3 接地条件优化处理

由图 1 可见, 高密度电法是通过多个接地电极采集电阻率与充电率数据, 电极接地的好坏直接影响数据的质量。金厂矿区地表覆盖厚, 接地电阻高, 为此采用了深埋电极培土夯实的方法处理, 同时浇灌盐水改善接地条件。内蒙古巴彦温多尔矿区地表主要是风成沙覆盖厚, 沙层电阻率较低, 为此采用浅埋电极方法。

2 金厂金矿区的应用

矿区为森林覆盖区, 植被发育, 且风化残积层厚达 3 ~ 4m, 地质工作遇到了很大困难^[6]。

2.1 矿区地质概况

金厂金矿床产于元古界太平岭隆起与中生代老黑山断裂的交接部位, 已达超大型矿床规模。其矿

[收稿日期] 2007 - 01 - 30; [修订日期] 2007 - 05 - 18。

[第一作者简介] 马德锡 (1976 年 —), 男, 2001 年毕业于华东地质学院, 获学士学位, 在读硕士生, 工程师, 现主要从事金矿地球物理科研工作。

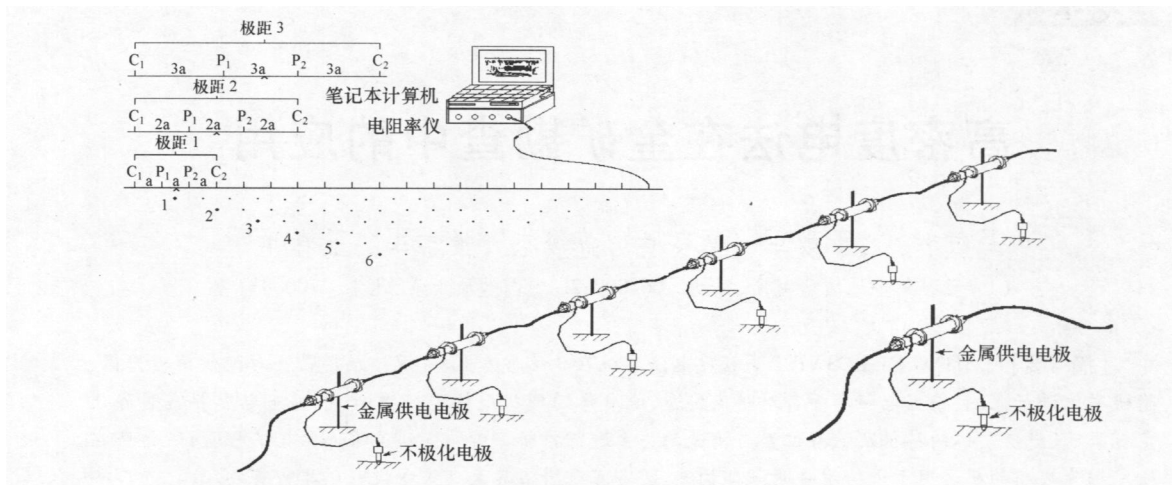


图 1 高密度电法工作原理简图

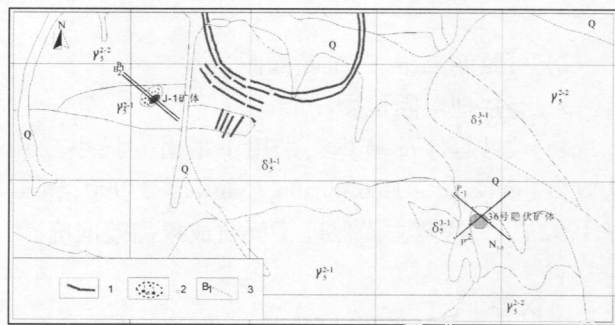


图 2 金厂金矿区测线布置图
1—矿化体; 2—角砾岩筒; 3—测线

化类型主要为岩浆穹窿型,隐爆角砾岩型,环状放射状断裂构造-脉型^[1]。

2.2 工作布置及参数设置

高密度电法在该区的主要任务是结合地质资料和遥感资料对的可能角砾岩筒及盲矿体进行探测。在半截沟 号矿体上布设 B1、B2 两条平行测线,以揭示 号矿体深部矿化特征,测线方位 135°;点距 15m,线距 20m;在大孢子沟 36号盲矿体上布设 P-1、P-2 两条斜交剖面,以揭示 36号矿体规模、产状及深部特征,P-1 线方位 130°;P-2 线方位 45°;点距 15m。测量方式选用偶极-偶极装置,测量次数选取“2次”;相对误差选取“2%”;供电周期选取 2s (激发极化)、1s (电阻率),其它参数选取仪器缺省值。

2.3 工作成果解译

图 3是在 号矿体作的 B₁ 线高密度电法成果图^[4]。在电阻率断面横向 225~360m 处有一近直立低阻异常带 R,底部未封闭,电阻率值低于 487 Ω·m。与低阻带对应的充电率异常图(下)上有充电率异常 M,异常套合性好,异常中心靠近低阻与高阻的过渡带处,幅值约 320m s。

常 M,幅值 300ms,异常均一,倾向与电阻率一致。图 4是在 号矿体作的 B₂ 线高密度电法成果图。在电阻率断面横向 240~375m 处有一近直立低阻异常带 R,异常上下等宽,底部未封闭,电阻率值低于 597 Ω·m。与低阻带对应的充电率异常图(下)上有充电率异常 M,异常套合性好,异常中心靠近低阻与高阻的过渡带处,幅值约 320m s。

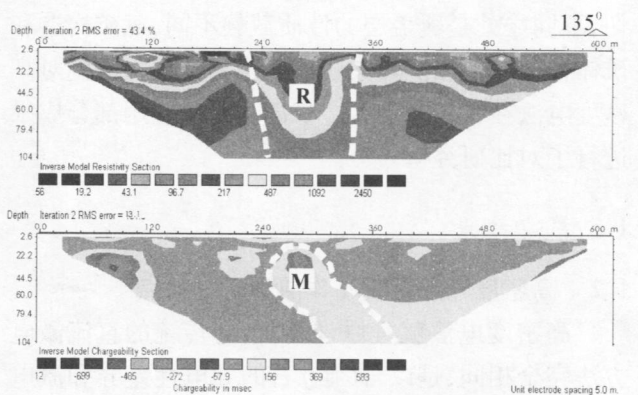


图 3 金厂金矿区 B₁ 线电阻率(上)充电率(下)断面图

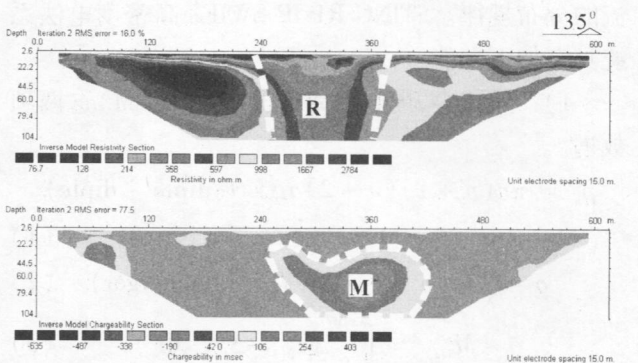


图 4 金厂金矿区 B₂ 线电阻率(上)充电率(下)断面图

综合两条测线,根据电阻率断面图推断 号矿

体受角砾岩筒构造控制,角砾岩筒近于直立,保存完整。根据充电率异常推断 36 号矿体中心埋深约 60m,矿化较好,矿化向深部延伸不大,为此进行了深部打钻验证,发现金矿体平均厚度 23.4m,厚度变化系数 165%,平均品位 8.1×10^{-6} ,品位变化系数 118%,矿体产于印支期花岗岩、花岗闪长岩中,位于隐伏的燕山晚期闪长玢岩形成的环形构造上部^[1]。可见电阻率异常准确的给出了角砾岩筒构造的产状和规模,而充电率异常则指示了矿体(矿化)的埋深和规模,矿体严格受角砾岩筒构造的控制。

图 5 是在 36 号隐伏矿体作的 P-1 线高密度电法成果图^[5]。电阻率断面图(上)在横向 210~600m 为低电阻率异常区 R_1 , 0~210m 为低电阻率异常区 R_3 。充电率断面图(下)在 20m 以下的深部与高阻 R_3 对应有很强的充电率异常 M,异常幅值约 45ms,异常套合性好。图 6 是在 36 号隐伏矿体作的 P-2 线高密度电法成果图。电阻率断面图(上)在横向 60~390m 为低电阻率异常区 R_1 , 390~600m 高电阻率异常区 R_2 , 低电阻率异常区 R_1 深部为高电阻率异常 R_3 , 高阻范围向下变宽;充电率断面图(下)在 20m 以下的深部与高阻 R_3 对应有很强的充电率异常 M,异常套合性好,异常幅值约 120ms。对照地质剖面图,断面图低阻 R_1 为覆盖层和第三系砂岩,高阻 R_2 为闪长玢岩,高阻 R_3 为花岗板岩。

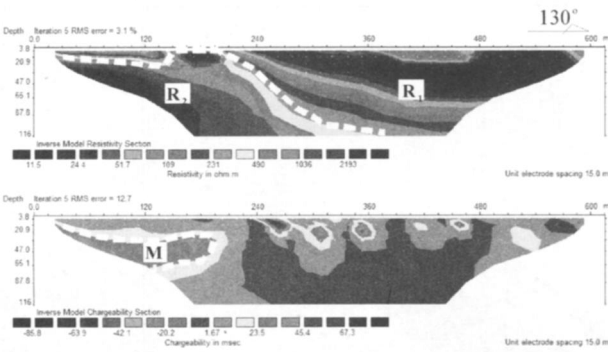


图 5 金厂金矿区 P-1 线电阻率(上) 充电率(下)断面图

综合两测线结果推断,隐伏的 36 号矿体就赋存在深部花岗板岩体中,据充电率异常推断矿体含有较多的金属硫化物,属硫化物型金矿体,与围岩间存在明显的激电特性差异,但导电性与围岩差异不大,矿体延深较大,深部矿化较好,围岩蚀变较弱,闪长玢岩与花岗板岩间为一低阻构造带 R_1 。

3 巴彦温多尔金矿区

矿区为典型的干旱荒漠区,地表沙层覆盖几米

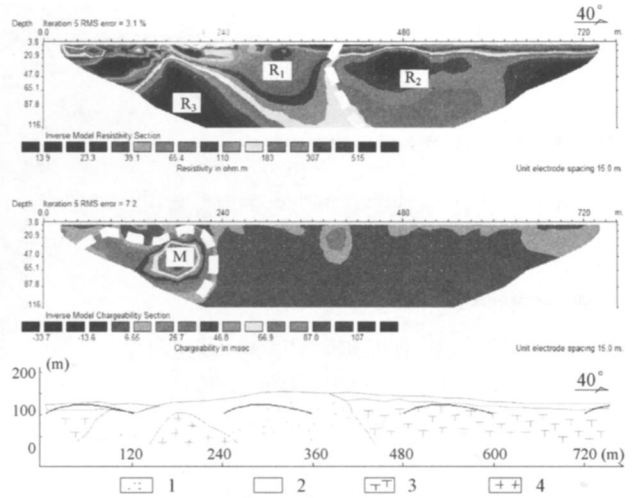


图 6 金厂金矿区 P-2 线电阻率(上) 充电率(下)断面图、地质剖面图
1—第三系砂岩; 2—第四系; 3—闪长玢岩; 4—花岗岩

至几十米,其他地质方法很难发挥作用。

3.1 矿区地质概况

华力西期、印支期是矿区构造活动最为强烈的时期,形成一系列 NEE、NNW 及近 EW 向褶皱、断裂及韧性剪切带。矿区已发现含金脉体 36 条,多赋存于印支期二长花岗岩中,并与韧性剪切带及断裂构造关系密切^[2]。含金脉体主要受构造控制,其中 6、22 号脉受 NE40 方向的压性断裂带控制^[9]。

3.2 工作布署及参数设置

高密度电法工作任务是重点对矿区的 35 号、6 号、22 号、31 号脉体进行详细解剖,从而确定脉体与构造的关系及脉体的深部矿化特征^[9]。结合地质资料在 22 号脉布设 112、128、144 三条平行测线,测线方位 305°;点距 15m,线距 100m。测量方式选用偶极-偶极装置,测量次数选取“2 次”;相对误差选取“2%”;供电周期选取 2s(激发极化);其它参数选取仪器缺省值。

3.3 工作成果解译

图 7 是 22 号脉上作的 144 线成果图,在电阻率断面(上)横向 390~570m 有电阻率低阻带 R_2 ,电阻率值在 100~360 $\Omega \cdot m$ 之间,充电率断面图上与低阻区位置对应有很强的充电率异常 M2,异常中心深度约 60m,幅值约 100 ms,异常的套合性较好。图 8 是 128 线成果图,在电阻率断面(上)横向 450~630m 为电阻率低阻带 R_1 ,电阻率值在 300~405 $\Omega \cdot m$ 之间,该低阻异常与矿区激电异常 -2 叠加,在充电率断面图(下)上与电阻率低阻区对应有很强的高充电率异常 M1,异常中心深度 104m,幅值 240 ms,异常不

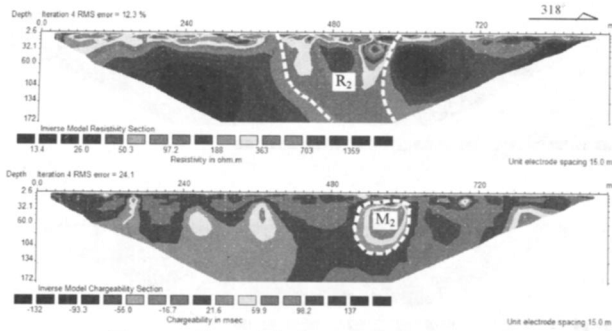


图7 巴彦温多尔金矿区144线电阻率(上)充电率(下)断面图

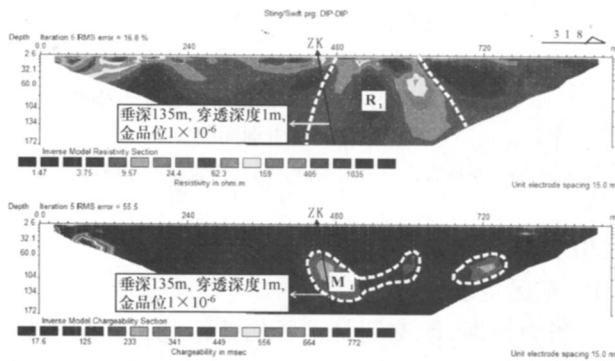


图8 巴彦温多尔金矿区128线电阻率(上)充电率(下)断面图

连续,单个异常套合性较好。图9是112线成果图,在电阻率断面(上)横向645m为电阻率低阻区,电

阻率值低于 $360 \cdot m$,在充电率断面图(下)上与电阻率低阻区对应有高充电率异常,异常中心深度60m,幅值134 m s。综合对照3条线的测量结果(图10),在测线的横向390~600m处为一连续的东北向低阻带 $R_1 - R_2$,低阻带对应有高充电率异常 $M_1 - M_2$;在128线和112线645~675m处为另一充电率异常带,异常中心深约60m。

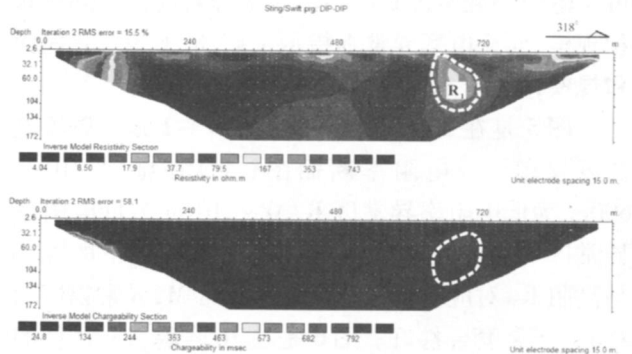


图9 巴彦温多尔金矿区112线电阻率(上)充电率(下)断面图

结合地质资料根据电阻率异常 $R_1 - R_2$ 推断该低阻带就是破碎蚀变带中的次级断裂构造,据645~675m处充电率异常推断22号脉在东北方向还有延伸,并且60m以下深部矿化不好。据 $M_1 - M_2$ 充电率异常推断构造中还赋存有与22号脉平行的含

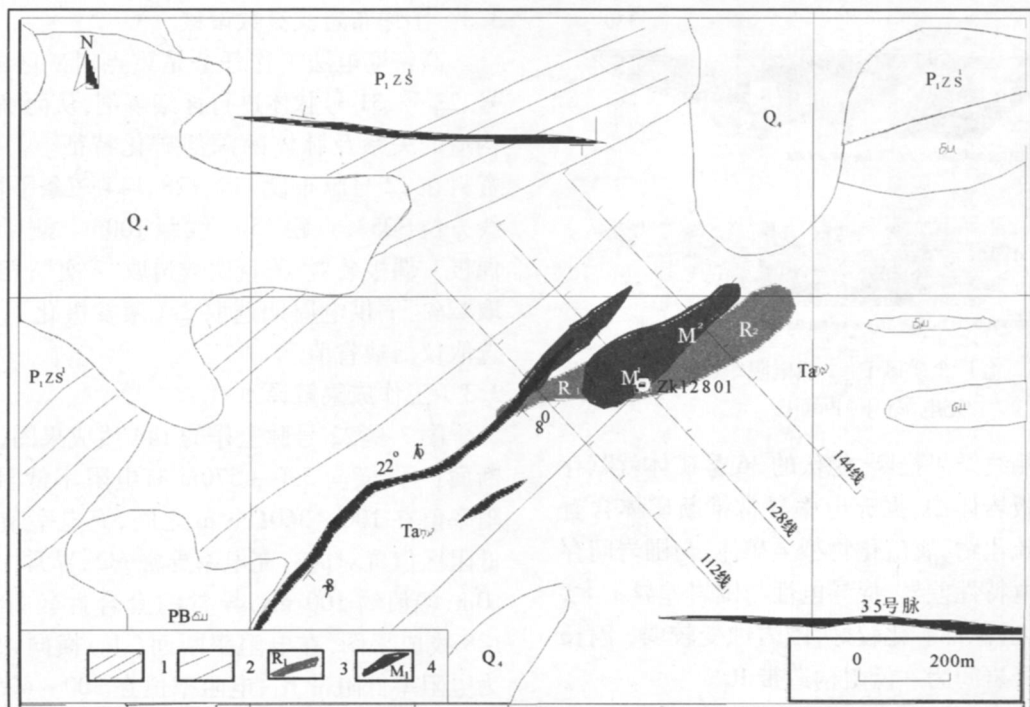


图10 巴彦温多尔金矿区平面异常图

1—韧性剪切带;2—破碎蚀变带;3—电阻率异常;4—充电率异常

金矿化体,而且矿化(含矿)更好,但矿化体实际的赋存位置要比充电率异常解译的 104m 深,这是由于该区沙层覆盖所带来的影响,沙层的电阻率很低,因而测量中出现“低阻屏蔽”现象,使得反映地质体异常深度要比实际地质体的位置浅。为了验证解译推断结果,在 128 测线水平 450m 处进行钻孔工程验证(如图 10),钻孔(ZK12801)在垂深 135m 处见矿,品位 1.0g/t,实际见矿深度比充电率异常在剖面的位置深,并且石英脉在深部没有延伸,深部主要为糜棱岩型矿化。高密度电法测量结果说明该区北东向和东西向压剪带、断裂控矿构造赋存有除 22 号脉以外的其他矿体,22 号脉体产状有变化,并且向深部延伸不大,与 22 脉大致平行的矿化体矿化不均匀,埋藏较深,但矿化强,找矿前景好。

4 结论

1) 通过对 STNG R1 IP SW IFT 高密度电法系统在两个金矿应用对比研究发现,该方法用于金矿勘探非常有效,能够穿透覆盖层,真实反映隐伏构造、盲矿体的产状及矿化特征。

2) 针对不同景观区,要从测量成果中获取准确信息,就要在野外工作中保证有良好的接地电阻,使系统能够采集到高质量的数据。同时要对低阻覆盖所造成的异常畸变,结合已知对比对解译成果做必要的矫正。

3) 在对异常进行划分解译并将其转化为地质认识时,应当充分的研究分析测区的地质资料和已有的成果。

[参考文献]

- [1] 王艳忠,张景海,于明军. 东宁金厂金矿床矿体特征及找矿模型初探[J]. 物探与化探, 2006,增刊(28): 103~108.
- [2] 高德臻,徐有华. 内蒙古苏尼特左旗韧性剪切带研究[J]. 地质与勘探, 2000, 5(36): 31~35.
- [3] 寇玉才,王俊洋,程洪明. 青海江仓煤矿高密度电法的应用效果[J]. 地质与勘探, 2005,增刊: 42~46.
- [4] 王文龙,陈瑞林,马德锡. 黑龙江东宁金厂吉林汪清杜荒岭金矿区高密度电法测量工作报告[R]. 河北:武警黄金地质研究所, 2002.
- [5] 于爱军,马德锡,王春生. 黑龙江东宁金厂金矿区高密度电法测量工作报告[R]. 河北:武警黄金地质研究所, 2005.
- [6] 陈晓强,徐德利,陈瑞林. 黑龙江东宁金厂金矿区 EH4 电法测量工作报告[R]. 河北:武警黄金地质研究所, 2005.
- [7] 陈锦荣,李汉光,金宝义. 黑龙江东宁金厂 J-1 号矿体地质特征及深部预测. 黄金地质[J], 2002, 4(2): 18~12.
- [8] 李高生,陈锦荣,王艳忠. 黑龙江东宁金厂金矿床矿化类型及流体包裹体特征研究[J]. 黄金地质, 2003, 1(3): 8~1.
- [9] 于爱军,马德锡,王春生. 内蒙古苏尼特左旗巴彦温多尔金矿区高密度电法测量报告[R]. 河北:武警黄金地质研究所, 2005.
- [10] 崔玉军. 森林沼泽景观区无根金矿体的成因及追踪方法[J]. 黄金, 2001, 1(1)期: 14~16.
- [11] 章增凤. 隐爆角砾岩的特征及其形成机制[J]. 地质科技报, 10(4): 1~5.
- [12] 陈锦荣,金宝义,王科强,等. 黑龙江省东宁县金厂金矿区及外围金矿成矿规律与深部预测报告[R]. 河北:武警黄金地质研究所, 2000.
- [13] M H LOKE, Geoelectrical Imaging 2D & 3D RES2D NV ver 3.4 2000, 1.
- [14] 吕玉增,阮百尧. 高密度电法工作中的几个问题研究[J]. 地质与勘探, 2005,增刊: 179~183.

APPLICATION OF MULTI-ELECTRODE ELECTRICAL METHOD IN GOLD ORE PROSPECTING

MA De-xi^{1,2}, YU Ai-jun¹, GE Liang-sheng¹, FAN Jun-jie¹, ZHANG Xue-jun¹, WANG Chun-sheng¹

(1. Institute of Gold Geology, Chinese People's Armed Police Force, Langfang 065000;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: STNG R1 IP SW IFT multi-electrode electrical method has been used to explore concealed breccia pipe and gold orebodies in the forest-covered and wilderness sand-covered regions. Concealed structures and geological body occurrence can be inferred based on resistivity anomaly. Features and locations of concealed breccia pipes and orebodies as well as relations to structures are deduced according to charging rate anomaly. The interpretation results are proved by drill holes. It is proved that the method has very effective to find deep structures, to define ore-bearing ores, and even to prospect concealed ores in the well studied ore district.

Key words: multi-electrode electrical method, gold deposit, prospect