

# 高密度电法测量在金厂矿区的应用\*

崔雷<sup>1</sup>, 尹西军<sup>1</sup>, 宋先清<sup>2</sup>

(1 中国人民武装警察部队黄金第一支队, 黑龙江 牡丹江 157021; 2 辽宁省第七地质大队, 辽宁 葫芦岛 125100)

**摘要** 黑龙江省金厂矿区为森林覆盖区, 利用单一的地表工程找矿难度大, 寻找隐伏矿体是区内急需解决的难题。在金厂矿区采用高密度电法测量, 圈定视极化率、视电阻率异常, 大致了解矿化体深部变化情况, 推断矿化体的规模、产状, 并直接投入探矿工程进行验证, 通过以上工作在区内发现金矿体一条, 为在该区寻找隐伏矿体提供依据, 并积累一定的找矿经验。

**关键词** 地质学; 高密度电法; 金矿; 隐伏矿体; 黑龙江

黑龙江金厂为一特大型岩金矿区, 从1995年至今已发现矿体11条, 累计提交普查储量已经超过80 650 kg。目前出露地表和近地表矿体已经基本查明(图1), 寻找深部的隐伏矿体是矿区当前急需解决的难题, 单一的地表工程施工无法寻找隐伏矿体。为了扩大矿区规模寻找新的矿体, 本区采用了遥感、土壤测量、激电中梯等找矿手段, 圈定了多处成矿有利地段。但是由于区内覆盖较厚, 地表工程无法验证, 利用钻探工程直接施工成本太高, 并且缺乏施工的地质依据。由于区内的矿体与金属硫化物关系密切, 结合本区的成矿地质条件和地球物理特征, 可利用高密度电法测量, 采用电法层析成像技术, 来了解目标地质体的深部变化情况, 为钻孔的布设提供有力的证据。该技术利用DUK-2A多功能高密度电法测量数据采集系统, 采用温纳装置进行观测, 该装置适用于固定断面扫描测量, 观测参数为视极化率和视电阻率, 野外数据采集为全自动测量与记录。数据处理利用瑞典RES2D模型反演数据系统, 采用最小二乘法进行数据运算, 它将自动确定一个从电成像测量中所获得的数据子表面二维视极化率和视电阻率模型。剖面三维图象处理利

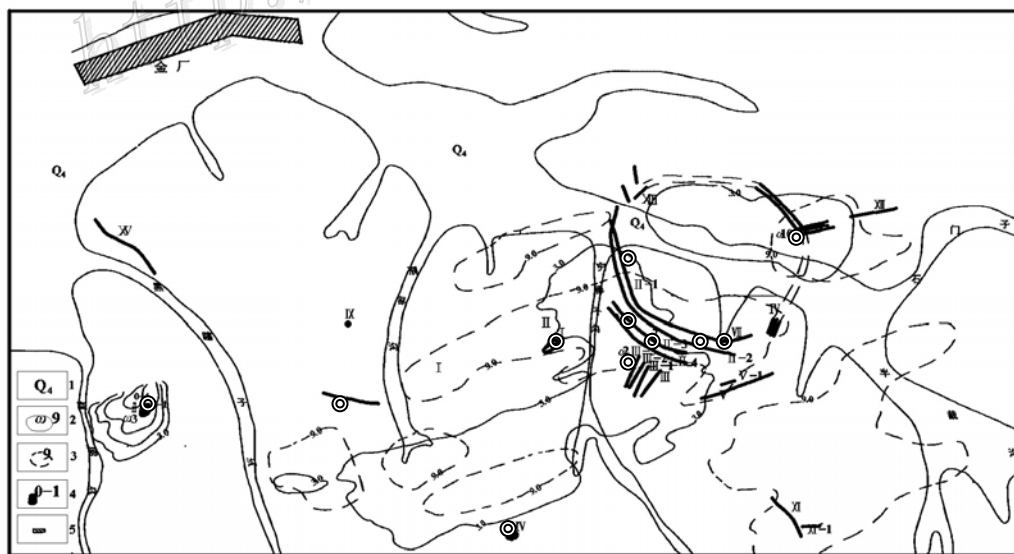


图1 金厂岩金矿区矿体及异常分布图

1—第四系冲洪积; 2—电法异常区及编号; 3—金异常区及编号; 4—矿体位置及编号; 5—金厂乡政府驻地

\*第一作者简介 崔雷, 男, 1972年生, 现从事地球物理勘查工作。

用加拿大CRT数据三维成像系统。通过本次工作,在区内新发现隐伏矿化体1条,矿化体厚度达280多米,最高品位 $2.67 \times 10^{-6}$ ,平均品位 $0.26 \times 10^{-6}$ 。鉴于高密度电法在金厂岩金矿区找矿效果明显,本文报导该方法的应用情况。

## 1 地质概况及地球物理特征

### 1.1 地质特征

金厂矿区产于中生代构造岩浆活化区内的隆凹接触部位,即太平岭隆起与黑山断陷的交接部位,属I级多金属成矿远景区带。由于受古生代太平洋板块向欧亚板块俯冲的影响,NE及SN的深断裂系统的活化,形成中生代断陷盆地,强烈的构造及岩浆活动不仅使区内具有高热物,还会从深部带上丰富的成矿物质和矿化剂。岩浆热液活动还可促使古老的地质体中的金等成矿物质产生再分布,这样的构造十分有利于热液金矿的形成。金厂矿区正是处在这样一个有利的成矿构造环境中<sup>①</sup>。断裂构造为本区的导矿构造和容矿构造,矿区内发育有60~70°、345~355°、20~30°、120~190°、100~110°等5组断裂构造,矿体及矿化体均产于这5组构造及其交汇部位,矿体的形态、规模、产状严格受这几组相对垂直的构造控制。区内隐爆角砾岩型矿体产于两组近于直交的断裂结构交汇部位,呈柱状产出;构造破碎蚀变岩型矿体产于闪长岩的断裂构造中,多呈脉状产出。两种矿体矿化及蚀变类型主要有黄铁矿化,其次为黄铜矿化、褐铁矿化;蚀变主要为绿泥石化、绢云母化。矿石中硫化物含量较高,矿体围岩为闪长岩或花岗岩,闪长岩呈深灰色-灰色中细粒结构,块状构造。主要矿物成分是斜长岩、角闪石。花岗岩呈灰白色,中粗细花岗结构,块状构造。

金厂金矿是与中生代岩浆活动有密切关系的岩浆后期热作用形成的金矿床,其成因类型属于中高温岩浆期后热液金矿床<sup>②</sup>。

### 1.2 地球物理特征

#### 1.2.1 矿区地球物理特征

对矿区具有代表性的岩矿石进行了物性测定,统计结果见(表1)。

通过对矿区内有代表性的岩石标本进行的测定结果可知:矿区分布的大面积闪长岩、花岗岩及侏罗系凝灰岩其视极化率值较低,视电阻率值较高,显示出高阻低极化率特征,为本区的背景地段,是本区的背景场。

表1 金厂矿区不同岩矿石电性参数测定结果表

岩性	块数	视极化率 $\eta/\%$			视电阻率 $\rho/\Omega$		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
矿石	57	12.5	2.5	4.7	1203	42	404
闪长岩	37	2.7	0.82	1.26	12821	276	2109
花岗岩	41	1.9	0.75	1.08	11284	375	1528
凝灰岩	30	1.01	0.56	0.94	12735	576	3724

#### 1.2.2 矿体地球物理特征

从标本测定结果看:含金属硫化物较高的矿体(矿化体)视极化率值高,而视电阻率低,显示出低阻高极化率特征,为本区的异常地段,是区内的异常场,因此区内矿体与围岩存在着明显的电性差异<sup>③</sup>。

① 崔雷,左全安,尹西军,等.2006.黑龙江省东宁县金厂岩金矿区高密度电法测量报告.

② 王艳中,张景海,程军,等.1999.黑龙江省东宁县金厂岩金矿区普查报告.

③ 王亮义,慕淘,王艳忠,等.1999.黑龙江省东宁县金厂一带金矿成矿地质特征控矿地质条件及找矿方向研究.

④ 崔雷,左全安,尹西军,等.1998.黑龙江省东宁县金厂岩金矿区及外围普查报告.

## 2 高密度电法测量工作

在邢家沟 14 号角砾岩筒布设的 4 条高密度电法剖面由北向南依次为：X1、X0、X2、X4 线，剖面走向东西，长度 600 m，线距 100 m，点距 5 m（图 1）。

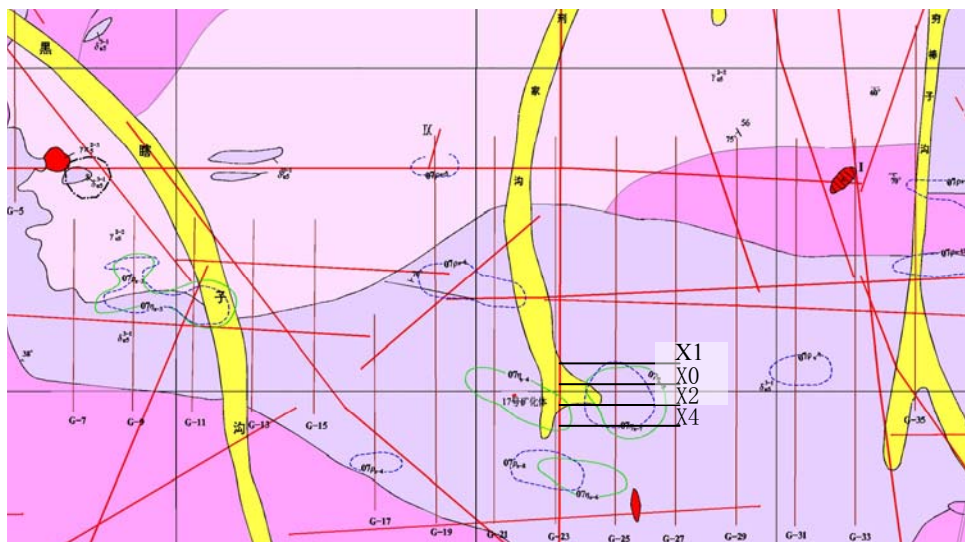


图 2 邢家沟 14 号角砾岩筒高密度电法剖面图

通过高密度电法测量在本区圈定异常 1 处，位于邢家沟 14 号角砾岩筒北侧（图 3）。结合区内地质特征、以往物化探工作成果、遥感解译，推断邢家沟 14 号角砾岩筒北侧高密度电法圈定的异常部位，存在一含金的低阻高极化地质体，金属矿化主要为黄铁矿化。地质体形态为陡倾斜的椭圆柱体，略向西侧伏，该地质体长轴呈北北西向展布，长 260~300 m，宽 70~100 m。顶板埋深大于 10 m，测量深度为 100 m，推断向下地质体延伸大于 100 m，在 20~60 m 之间金属矿化最强。

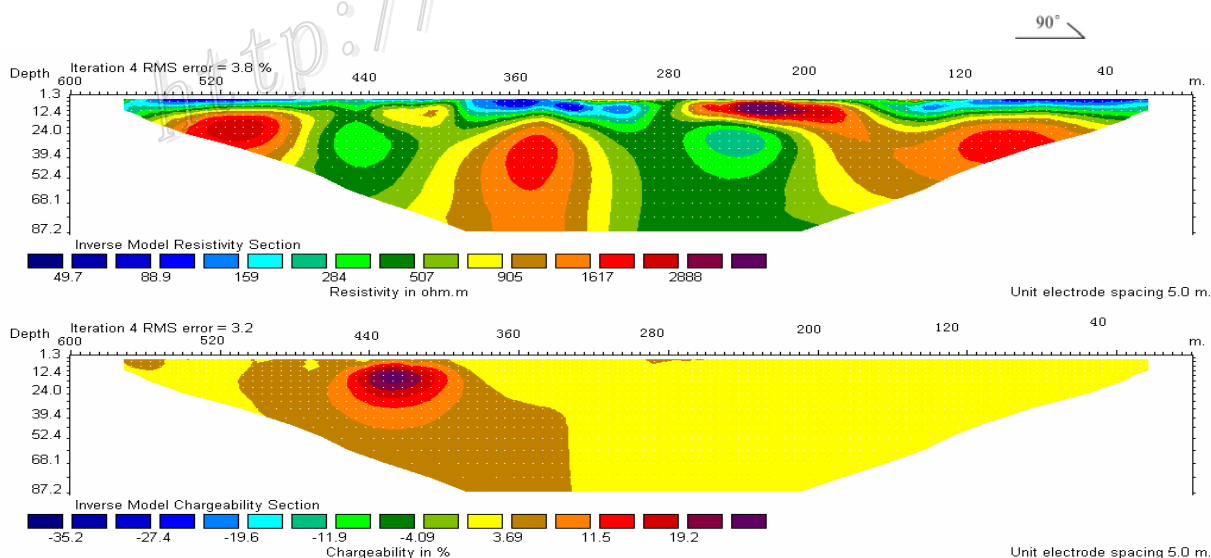


图 3 邢家沟 1 线视电阻率与视极化率反演断面图

上图第一条为视电阻率模型反演断面图,在剖面西侧 440 m 处和中部 280 m 处有 2 个低阻异常带,应引起注意的是西侧的低阻异常,推测在此处有一个宽约 80 m,向下延深超过 80 m 的一个呈圆柱状的低阻地质体。视电阻率值变化范围在 284~507  $\Omega\cdot\text{m}$ ,在低阻体右上方,沿剖面方向 405~435 m 处存在一个厚度约 10 m 的近地表的高阻盖层,在工程验证过程中要注意该地质体的影响。视极化率模型反演断面图也是在同样位置上有一个视极化率异常区,推测存在一个高极化体,形态也基本一致,该极化体顶板埋深约 5 m,向下延伸大于 80 m,视极化率值变化范围在 3.69~19 之间,深部 5~50 m 范围内金属矿化最强。

图 4 中第一条为视电阻率反演断面图,在西侧 400 m 处存在一个低阻异常带,推测此处存在一个低阻地质体,其宽度 80 m,测量深度为 100 m,推断地质体向下延伸大于 100 m,视电阻率值在 500  $\Omega\cdot\text{m}$ 。与图 3 一样,在该低阻地质体上部,沿剖面方向 380~410 m 同样存在一个高阻盖层,厚度在此剖面位置有增加的趋势,地表至下厚约 20 m。从 X1、X0 两条剖面图来分析该盖层走向应为北北西,和发现的这个矿化体长轴方向一致,盖层可能是一个小的岩体或者是角砾岩筒的盖层,长度大于 100 m,宽度为 30 m。在今后的工程验证中,尤其是地表工程一定要注意其影响。在 400 m 处同样存在一个视极化率异常带,和低阻地质体相对应的是在同样位置存在着一个高极化体,形态也相近。极化体宽度在 80~90 m,向下延伸大于 100 m,金属矿化从 15~80 m 较强。视极化率值变化范围在 16~36,顶板埋深 10 m 左右。

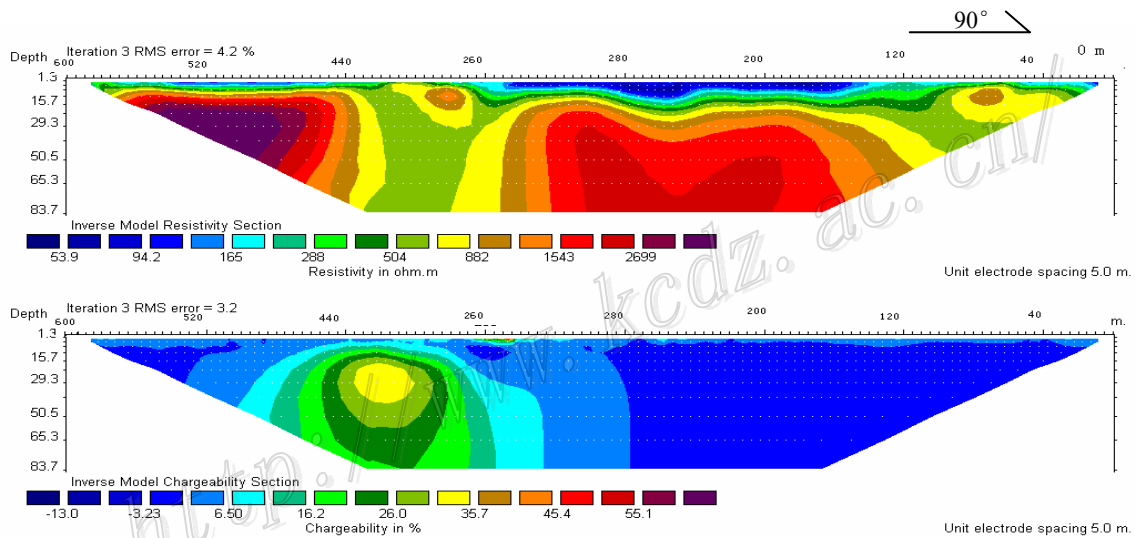


图 4 刑家沟 0 线视电阻率与视极化率反演断面图

目前结合 X1、X0 两条高密度电法测量结果来看,在剖面的西侧,沿剖面方向上 380~460 m 处有一个宽度在 80 m 左右,长度大于 100 m,产状较陡,向西侧伏的椭圆柱体状的矿化体,长轴走向北北西,测量深度为 100 m,推断地质体向下延深大于 100 m。

图 5 中第一条视电阻率剖面断面图可看出地表 5~10 m 为低阻层,之后变化为高阻,在视电阻率方面没有异常显示。从视极化率结果来看,与上两条剖面相比,极化体有变宽的趋势,极化体宽度 160 m 左右,沿剖面方向从 260~420 m,埋深有所增加,极化体顶板埋深在 13 m 左右,向下延深大于 90 m。金属矿化较强地段主要集中在沿剖面方向 380~430 m 处,深度在 20~60 m,和 X1、X0 两条剖面相对应。初步研究认为是矿化体到了此处金属矿化范围扩大,以至于围岩也产生局部矿化,而且矿化结构产生变化,变为浸染型黄铁矿化,所以形成高极化的特征。

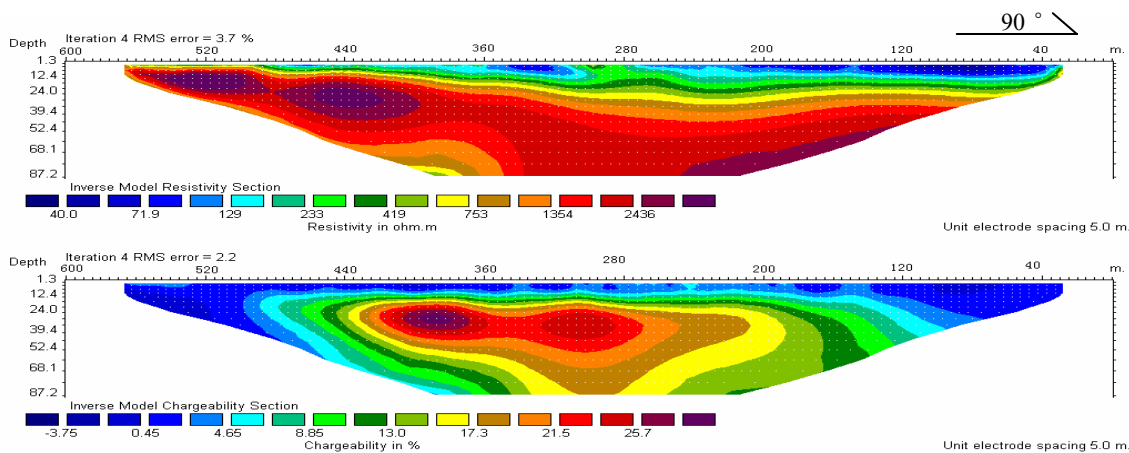


图 5 刑家沟 2 线视电阻率与视极化率反演断面图

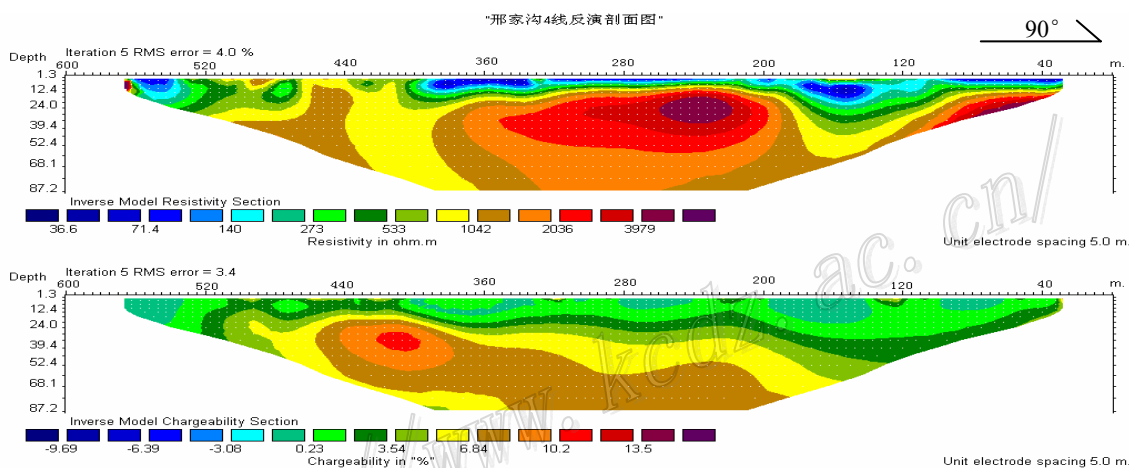


图 6 刑家沟 4 线视电阻率与视极化率反演断面图

图 6 中第一条剖面为视电阻率断面图，在沿剖面方向 420 m 的位置有一相对的低阻地质体，宽度在 50 m，延深大于 90 m。在视极化率断面图同样的位置上存在着一高极化地质体，形态同样为圆柱体，宽度在 50 m，延深大于 60 m，其顶板埋深 28 m 左右，金属矿化在 24~60 m 最强。结合 X1、X0、X2、X4 线的高密度电法异常特征，以及区内的土壤地球化学即 9 号金异常，推断在该区 X1—X4 剖面 360~460 m 的位置上（剖面西侧）有一个宽度在 80 m 左右，长度在 300 m 左右的金矿化体，其走向北北西，形态为圆柱体，产状较陡，略向西侧伏，延深大于 100 m。

图 7、图 8 两个三维图件是利用加拿大 CRT 数据处理系统，对原始观测数据进行反演处理，然后将这 4 条剖面放在同一个三维坐标内编辑成图，可以更直观地看出异常和引起异常地质体的特征。与利用瑞典 RES2D 数据处理系统进行反演的模型断面图对比，都基本上体现出了推断矿化体的基本特征和客观存在的证据。

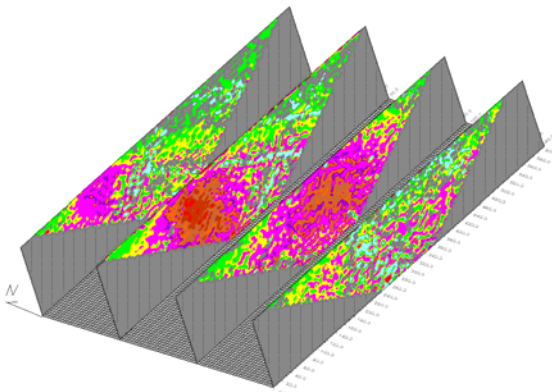


图6 邢家沟 X1、X0、X2、X4 线视极化率三维图

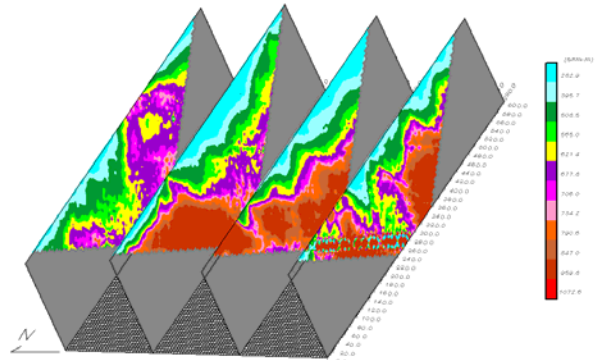


图7 邢家沟 X1、X0、X2、X4 线视电阻率三维图

### 3 地质效果

通过对高密度电法测量成果研究分析并结合该区地质特征,在X1线距离西部起点位置415 m处,施工了一个钻孔,钻孔编号ZK1404,终孔深度299.0 m。钻孔取样271件,10~299 m的深度上均见到明显的黄铁矿化和金矿化,金最高品位 $2.67 \times 10^{-6}$ ,平均品位为 $0.26 \times 10^{-6}$ 。

钻孔从深度10 m处见黄铁矿化细脉,节理面上矿化较强。从40~90 m见团块状黄铁矿化,蚀变见绿泥石化、高岭土化、碳酸盐化、硅化。从90~219.30 m,黄铁矿化细脉发育成网脉状穿插,蚀变见绿泥石化、高岭土化、硅化,岩石破碎较强。从219.30~253.80 m,团块状黄铁矿化,蚀变见绿泥石化、高岭土化、碳酸盐化。253.80~262.60 m黄铁矿化细脉发育成网脉状穿插,262.60~299.0 m见团块状黄铁矿化,蚀变见绿泥石化、高岭土化、碳酸盐化、硅化。以上钻孔成果表明,本区高密度推断解释成果与实际地质情况相吻合,在该区利用此方法研究深部地质体的变化情况以及寻找盲矿体具有很好的指示作用。

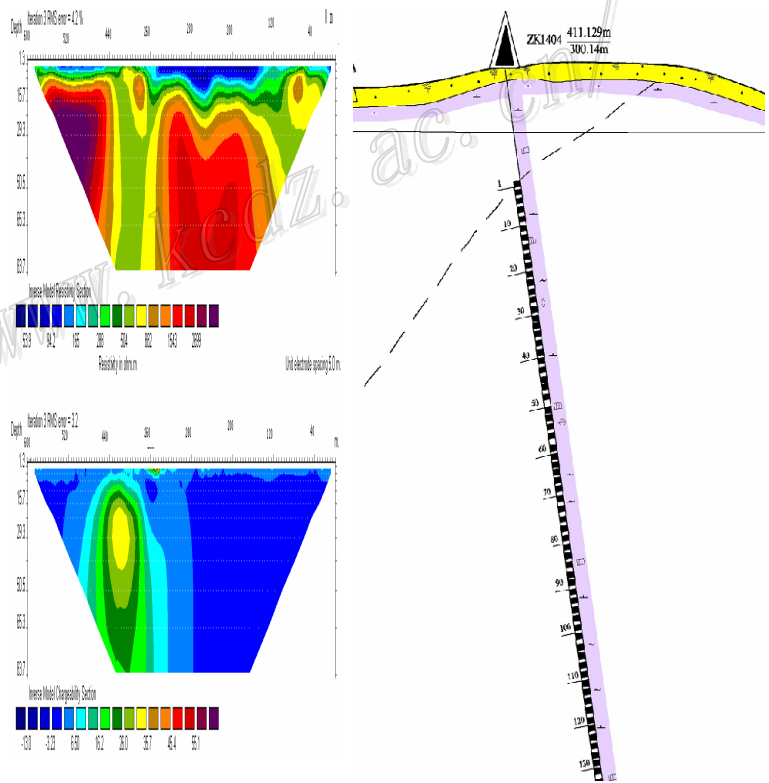


图9 邢家沟 17号矿化体高密度异常与钻孔剖面对比图