

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2018.03.015

电磁法物探在北方中生代盆地产铀性 评价中试验研究

王会波¹, 宋振涛¹, 李新站², 王均³, 王生云⁴

(1. 核工业航测遥感中心, 石家庄 050002;

2. 河北省地质矿产勘查开发局第九地质大队, 河北 邢台 054000;

3. 贵州省地矿局一一三地质大队, 贵州 六盘水 553001;

4. 核工业北京地质研究院, 北京 100149)

摘要: 北方中生代盆地砂岩型铀矿床是我国一种重要的铀矿类型, 使用现代地球物理探测技术对典型产铀盆地进行探测, 在划分盆地结构、查明铀成矿地质环境方面可以发挥巨大作用, 且可有效缩短找矿周期。文章选取新疆伊犁盆地南缘加格斯泰地区为试验区, 在两条地质情况已知剖面上开展音频大地电磁法(AMT)与可控源音频大地电磁法(CSAMT)对比试验, 其结果表明: ① AMT与CSAMT对断裂构造和砂体均有明显的反映, 所展示的盆地电性结构基本一致, 清晰刻画了地质体面貌及相互关系, 均可投入生产应用。② AMT与CSAMT在细节表现上又有所不同, AMT由于频点数量多、偶极距短, 因此分辨率较高, 能识别较小的地质体, 但是具有低阻屏蔽效应; CSAMT抗电磁干扰能力强, 能获得较高质量的数据, 对盆地内砂体、断裂构造等地质要素探测效果较好。

关键词: 中生代盆地; 砂岩型铀矿; AMT; CSAMT; 方法试验; 伊犁盆地

中图分类号: P631.325; P619.14 **文献标识码:** A

0 引言

随着我国经济的快速发展, 对能源的需求量与日俱增, 能源供需矛盾日趋突显, 如何经济、快速查明我国铀资源分布状况, 发现更多的铀矿床, 是目前铀矿地质勘查的主要任务。我国自上世纪五十年代初, 开始组建了具有一定规模的铀矿地质勘查队伍, 并逐步掌握和完善了火山岩型、花岗岩型、碳硅泥岩型铀成矿地质理论和勘探方法。到二十世纪八十年代, 随着西方国家在砂岩型铀矿找矿方面取得重大突破, 成矿理论、找矿方法日趋成熟, 逐渐引起了我

国对沉积盆地砂岩型铀矿找矿工作的重视, 并及时调整了铀矿找矿方向, 铀矿勘查重点放在寻找中生代盆地中的可地浸砂岩型铀矿上。这类铀矿床上方一般都有较厚的沉积盖层, 找矿标志不明显, 加大了找矿难度, 传统的“地质+钻探+地表放射性物探”的找矿模式存在投入费用高、找矿周期长、探测精度差等情况, 已不能满足目前地质找矿工作需要。

近年来, 由于电磁法物探快速发展, 电磁法理论、反演软件、仪器设备等日趋完善, 电磁法物探具有探测深度大、分辨率高、经济快速等特点, 可以有效探明地下地质体电性结构, 在铀矿勘查领域具有广阔的应用前景^[1-4]。

在我国北方中生代盆地开展物探测量, 如何

收稿日期: 2017-03-25; **责任编辑:** 王传泰

基金项目: 中国核工业地质局基础地质专项项目(编号:201544)资助。

作者简介: 王会波(1981—), 男, 高级工程师, 硕士研究生, 长期从事固体矿产勘查和地球物理勘探工作。通信地址: 河北省石家庄市学府路11号, 核工业航测遥感中心; 邮政编码: 050002; E-mail: 53915425@qq.com

通信作者: 宋振涛(1985—), 男, 工程师, 硕士研究生, 长期从事固体矿产勘查和地球物理勘探工作。通信地址: 河北省石家庄市学府路11号, 核工业航测遥感中心; 邮政编码: 050002; E-mail: 511210112@qq.com

选取有效的电磁方法,成为目前亟待解决的问题。为此,笔者在新疆伊犁盆地南缘地质工作程度较高的加格斯泰地区,开展了两种电磁物探方法(AMT、CSAMT)对比试验,通过对比分析不同方法对盆地结构的电阻率异常响应特征,力图总结相关方法的应用效果及有效性,为寻找中生代盆地砂岩型铀矿床提供有效的技术支撑。

1 地质背景

1.1 区域地质背景

研究区位于伊犁盆地南缘斜坡带加格斯泰相对活动区。伊犁盆地处于哈萨克斯坦板块和塔里木板块所夹持的伊犁微板块中,是在塔里木板块和哈萨克斯坦板块的南北对冲挤压应力下形成的压陷性与扭张性断陷盆地(图1),具双层结构,基底由前震旦系结晶基底和古生界褶皱基底组成,盖层为中生代沉积。

古生界褶皱基底主要由石炭-二叠系碳酸盐岩、滨海相碎屑岩、火山碎屑岩、中基性熔岩、中酸性火山岩及火山凝灰岩组成,出露于研究区南部山区,铀含量高,为区内后生铀矿床的形成提供了丰富的初始铀源^[6-7]。盖层为中生代陆相沉积,地层产状平缓,呈近东西向展布,向北倾斜,倾角一般 $3^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。盖层的构成自下而上依次为中上三叠统小泉沟群($T_{2-3}xq$)、中下侏罗统水系沟群($J_{1-2}sh$)、上侏罗统齐古组(J_3q)、白垩系(K)、古近系(E)、新近系(N)和第四系(Q)。

四系(Q)。

盆地南缘总体为构造斜坡带,中生界呈现为向北缓倾的单斜(图2),局部地段受构造作用影响形成平缓的隆起区和凹陷,往往是可地浸砂岩型铀矿发育的有利部位。发育有近东西向、北东向及北西向三组断裂构造,它们相互交切控制了本区的隆拗分布及地层展布,褶皱构造主要分布于测区南部山前一带,总体轴向呈近东西向,形态较为完整。

1.2 水文地质特征

研究区地下水具有完整的补给、径流和排泄机制。南部的察布查尔山区为地下水的补给区,盆地南缘为径流区,盆地中央的伊犁河谷为区域排泄区(图2)。

自晚侏罗世,古气候逐渐变为干旱,南部察布查尔山体抬升,遭受风化剥蚀,U元素在氧化环境下被淋滤迁移,在氧化-还原过渡带沉淀富集。主要含水层为第四系潜水及侏罗系煤系地层中的粒度较粗、胶结疏松、具有较强透水性的砂岩夹层。含水层地下水补给形式主要有基岩裂隙水、第四系潜水和地表径流三种形式。

1.3 伊犁盆地南缘铀矿化特征

矿化主要产于中下侏罗统水西沟群中,按含矿

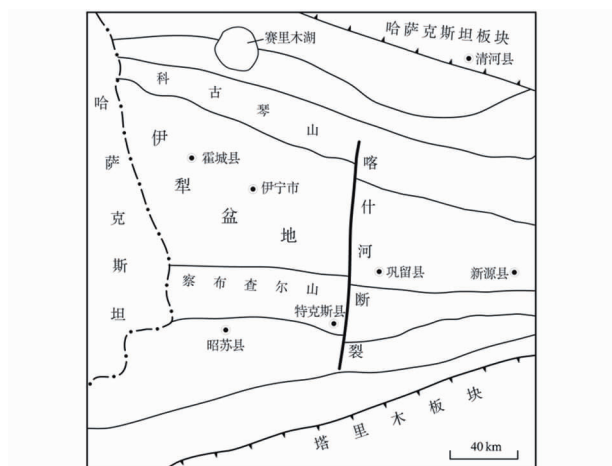


图1 伊犁盆地大地构造位置图

(据文献[5]修绘)

Fig. 1 The geotectonic locations map of Yili basin

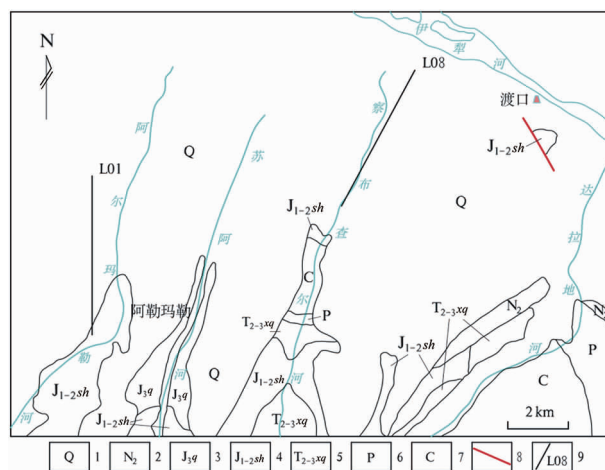


图2 加格斯泰地区地质与物探试验测线布置图

Fig. 2 The geological map of Jiagesitai area with layout of geological and geophysical survey lines

1. 第四系松散沉积物; 2. 上新统砂砾岩;
3. 上侏罗统齐古组杂色碎屑岩建造;
4. 中下侏罗统水西沟群陆相粗碎屑岩建造;
5. 中上三叠统小泉沟群河湖相碎屑岩沉积;
6. 二叠系中酸性-中基性火山碎屑岩;
7. 石炭系中酸性喷发岩及凝灰岩;
8. 断裂; 9. AMT与CSAMT对比试验测线

主岩可划分为砂岩型、含铀煤型和泥岩型等^[6-8]。含矿主岩为灰色深灰色及白色中粗、中细粒岩屑砂岩,富含炭屑及硫化物。铀矿石多为深灰色、灰色砂岩,胶结松散、易碎。铀的存在形式以铀矿物为主,少量呈吸附态。铀矿物有沥青铀矿,残余再生铀黑等。

1.4 地球物理参数

研究区不同岩性的物性差异是研究地球物理异常响应的基础,对伊犁盆地南缘相关岩性进行了电阻率测量,统计结果见表 1 所述。

从表 1 可以看出研究区内不同岩性具有明显电性差异,总的趋势是按照粒度的增大,电阻率逐渐升高。泥岩电阻率最低,平均为 $13.78 \Omega \cdot \text{m}$,为低阻特征;粉砂岩的平均电阻率 $24.8 \Omega \cdot \text{m}$,为中低阻特征;细砂岩和中砂岩电阻率为平均电阻率为 $40 \Omega \cdot \text{m}$,为中阻特征;粗砂岩平均电阻率为 $51.22 \Omega \cdot \text{m}$,为中高阻特征;煤层电阻率最高,平均 $177.03 \Omega \cdot \text{m}$,为高阻特征。

表 1 研究区岩石电阻率参数统计表

Table 1 Statistics of Rock Resistivity in Study area

岩性	频数/个	视电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$		
		范围	平均	标准差
煤	17	55~105	87.03	13.91
粗砂岩	31	26~93	51.22	12.6
中砂岩	27	23~74	39.79	13.86
细砂岩	25	22~61	39.61	13.31
粉砂岩	32	15~64	24.8	9.17
泥岩	23	3~35	13.78	7.05

2 电磁法原理简介

AMT 与 CSAMT 均属于频率域电磁法范畴,通过在地表测量把不同频率大地电磁场的响应,计算出不同深度的地下介质的电阻率,即利用“趋肤效应”原理,通过改变人工场的频率 f 进而探测地下不同深度的岩层和构造。

由卡尼亚电阻率计算公式可以看出当大地电性结构一定时,电磁波频率越低,穿透深度越大,能反映出深部的地电特征;电磁波频率越高,穿透深度越小,则能反映浅部的地电特征。调整供电频率的高低,可得到不同深度的地电信息,从而达到垂向频率测深的目的。

$$\rho_k = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (1)$$

式(1)中, ρ_k 为卡尼亚电阻率,单位 $\Omega \cdot \text{m}$; f 为供电

频率,单位 Hz; E_x 为观测点 x 方向水平电场分量,单位 mV/km ; H_y 为观测点 y 方向水平磁场分量,单位 nT 。

由电磁理论可知,电磁波在介质中的传播遵循麦克斯韦方程,其能量随距场源距离 r 的增大而衰减,电磁波在大地介质中的穿透深度用其趋肤深度 δ 来表示:

$$\delta \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (2)$$

式(2)中, ρ 为大地平均电阻率, f 为电磁波的频率。

(1) 音频大地电磁法 (AMT)

AMT 基于大地电磁法 (MT) 的基本原理,是以天然大地电磁场为场源,通常观测范围为 $10^{-1} \sim 10^4 \text{ Hz}$,采集时间序列信号,通过傅氏变换将时间序列转换为频率域,获取一系列不同频率的电磁场信号,利用不同深度上正交的两个电场分量 (E_x 、 E_y) 和两个磁场分量 (H_x 、 H_y) 参数,计算张量阻抗,然后求得两个不同方向上的视电阻率,进而获取地层的视电阻率值,最终反映测区地质结构的地球物理勘探方法^[9-14]。工作方法与 MT 基本一致,具有效率高、探测深度大、设备装置简单等特点,在各种地质、矿产勘查领域发挥了巨大作用^[15-18]。

(2) 可控源音频大地电磁法 (CSAMT)

可控源音频大地电磁法 (CSAMT) 是在大地电磁测量 (MT) 和音频大地电磁测量 (AMT) 的基础上,为解决天然信号随机性大,信号弱等问题,采用人工供电方式向地下发送交变电流,形成交变电磁场,在距信号源足够远的地方接收大地响应的电磁场信号,通过改变供电频率达到测深的目的^[19-21]。

人工场源产生的交变电磁场与天然场源不同,天然场的电磁波到达地表已经是平面波,人工场源距观测点的距离是有限的,不同位置的观测点电磁波场的性质也就不一样。频率测深要求在远场区工作,在此区电磁波可视为平面波。实际工作中,通常选择收发距 $r = (3 \sim 6)H$, H 为需探测的最大深度。

3 测线布置及工作方法

3.1 测线布置

研究区位于伊犁盆地南缘斜坡带东段,主构造线的方向为近东西向,因此,AMT 与 CSAMT 试验测线设计为:L01 线测线方向为 180° ,线长 5 km ,点距 100 m ;L08 线,测线方向为 209° ,线长 5 km ,点距

100 m。测线布置位置图见图 2 所示。

3.2 AMT 法

本次试验的 AMT 野外数据采集使用 EH-4 连续电导率仪,采取单点、张量观测方式,测量偶极距为 20 m,观测频率范围为 $10 \sim 100 \times 10^3$ Hz,探测深度从地表数十米至一千多米。AMT 工作装置示意如图 3 所示。

AMT 数据处理,包括预处理和反演处理两个阶段。预处理在时间域序列进行,目的是为了剔除噪声干扰,保留有用信号,重新生成功率谱文件、计算张量阻抗的过程;反演处理是选择预处理后的视电阻率和相位数据进行二维反演或成像,提取观测区域的电性分布信息,并根据已有的物性资料,确定电性分布与岩体或岩层的对应关系来恢复剖面下方地电结构,进而通过反演电阻率断面图反映深部地质构造特征的过程。反演处理过程中需结合钻孔资料和电阻率资料进行综合分析,通过反复试验对比,选择适合的数据处理方法和约束参数。

本次试验工作的数据转换处理采用 Bostick 法,该方法是通过较为简单的运算将视电阻率与周期的关系曲线变换成介质电阻率与深度的关系曲线,通过逐点变换得到反演结果,从而直观地揭示地下电性结构的特征。

3.3 CSAMT 法

本次试验的 CSAMT 野外数据采集使用仪器为美国 ZONGE 公司生产 GDP-32 多功能电法数字采集系统,收发距 $r = (3 \sim 5)$ km,发射偶极距 $\overline{AB} = 1\ 000$ m,接收偶极距 $\overline{MN} = 100$ m。A、B 供电电极使用钢钎或钢板,采用组合电极方式布极,A、B 两端各打 40 根钢钎,入地深度 0.5~0.7 m,浇灌盐水,保持接地条件良好,以减小接地电阻,试验过程

中供电电流保证 10 A 以上。接收电极使用硫化铅不极化电极(廊坊物化探研究所生产),电极间极差小于 0.7 mV。使用与 GDP-32 仪器配套的高灵敏磁探头接受磁场信号,磁探头放置方向与 $\overline{MN}$ 垂直,其误差不大于 3° ,保持探头水平,其水平误差不大于 3° ,磁探头进行挖坑埋实处理。CSAMT 工作装置示意图见图 4 所示。

为了提高信噪比和提高采集数据质量,实际观测中,采用了多次迭加和多次观测的方法,同条测线换发射源,接线时至少有一个叠加测量点。

4 试验效果对比分析

图 5 为 L01 剖面线的 CSAMT、AMT 测量所得到的地电断面图,图 6 为 L08 剖面线的 CSAMT、AMT 测量所得到的地电断面图。从图 5 和图 6 可知,CSAMT、AMT 在同一测量剖面上所获得的盆地边缘电性结构轮廓基本相似,盆地基底、盖层、断裂构造、岩性岩相均有明显异常显示,客观反应了盆地边缘地层结构。但是,由于两种方法自身的特点(装置系数、频点数量、信号质量、反演方法与人为因素等),地质要素在地电断面上细节展示略有不同。

(1) L01 剖面线电磁测深断面解释与对比

图 5a 为 L01 剖面线 CSAMT 测量地电断面图,由此图可以看出物探异常反映的地质信息较为丰富,测线平距 2 200 m 处电阻率等值线发生畸变,将整条剖面分成两个部分,该处为断裂构造的物探反映,该断裂为逆断层,倾向北,断裂下盘较为破碎,形成低阻区域。

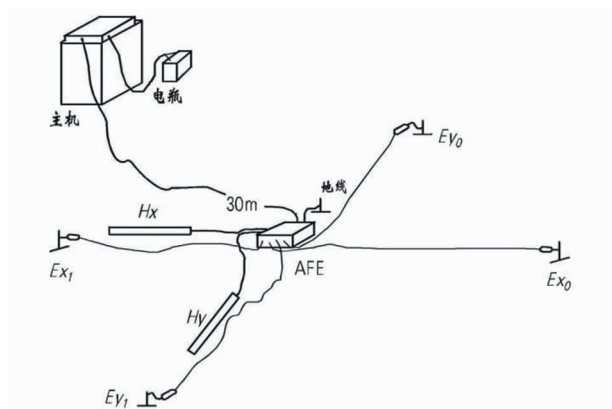


图 3 AMT 工作装置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of AMT working device

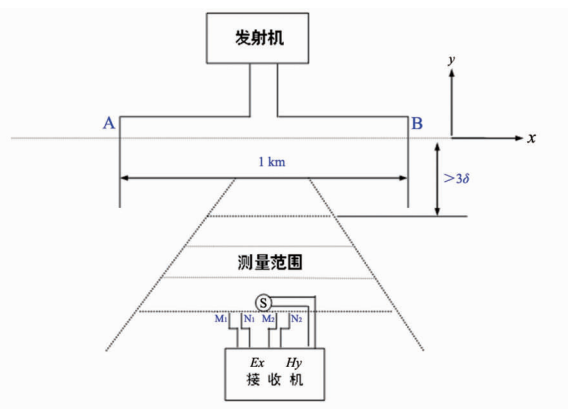


图 4 CSAMT 工作装置示意图

Fig. 4 Schematic diagram of CSAMT working device

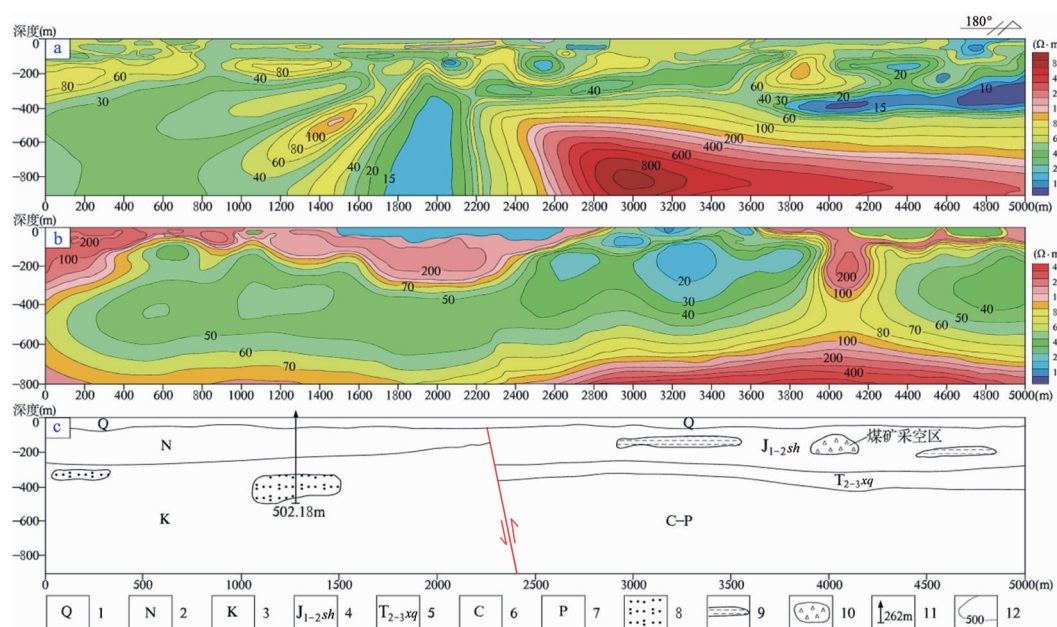


图5 L01剖面线物探测量解译地电断面与地质剖面对比图

Fig. 5 The comparison diagram of AMT, CSAMT inversion result and cross section of Lines 01

a. CSAMT 测量地电断面图; b. AMT 测量地电断面图; c. L01 线地质剖面

1. 第四系砂、泥松散沉积物; 2. 新近系砂砾岩、泥岩; 3. 白垩系灰白色的砾岩、砂砾岩、含砾砂岩;
4. 侏罗系中下统水西沟群; 陆相含煤碎屑岩沉积;
5. 三叠系中上统小泉沟群, 河湖相碎屑沉积, 主要岩性为泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、中粗砂岩及砾岩;
6. 石炭系灰岩、滨海相碎屑岩; 7. 二叠系火山碎屑岩、中基性熔岩、中酸性火山岩及火山凝灰岩;
8. 砂体; 9. 泥岩; 10. 煤矿采空区; 11. 钻孔及深度; 12. 电阻率等值线

断裂北侧从上到下分为三个电性层: 浅层中低阻电性层, 视电阻率一般为 $30 \sim 40 \Omega \cdot \text{m}$, 横向分布不连续, 为第四系松散砂泥沉积; 第二电性层为埋深 $100 \sim 250 \text{ m}$, 以中-偏高阻电性为主, 视电阻率 $40 \sim 80 \Omega \cdot \text{m}$, 偏高阻电性体呈纺锤状、团块状分布, 推断为新近系砂、砾岩等粗碎屑沉积物的反映; 第三电性层为埋深 $250 \sim 900 \text{ m}$, 以中、低阻为主的电性层, 视电阻率一般为 $20 \sim 60 \Omega \cdot \text{m}$, 推断为白垩系, 中间夹含偏纺锤形高阻体, 视电阻率 $40 \sim 100 \Omega \cdot \text{m}$, 为扇根相砾岩、砾岩、砂砾岩等粗粒沉积物的电性反映, 圈闭的长轴方向指示了当时沉积物的搬运方向, 向扇体前缘方向沉积物粒度逐渐变细。

断裂南侧可分为四个电性层: 浅部中低阻电性层为第四系沉积; 第二电性层为以中阻为主夹低阻电性体的电性层, 推断为侏罗系, 其中平距 $2900 \sim 3500 \text{ m}$, $3800 \sim 5000 \text{ m}$ 近水平条带低阻层为碳质泥岩的反映, 平距 $3800 \sim 4200 \text{ m}$ 电阻率等值线畸变区域为煤矿采空区; 第三电性层近水平状中高阻层, 推断为三叠系小泉沟群; 第四电性层为视电阻率大于 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 的高阻电性层, 这是基底高阻地质

体的反映。

图5b为L01剖面线AMT测量地电断面图, 整体形态与图5a基本相似, 但是局部展示地质体电性特征有以下不同: 平距 2300 m 附近电阻率等整体发生上下错动, 为断裂构造的电性反映; 平距 $1000 \sim 1600 \text{ m}$ 砂体表现为水平椭圆状中阻体; $1600 \sim 1800 \text{ m}$ 断裂下盘破碎带表现为宽缓的低阻区; 由于CSAMT法采用大功率发射系统, 在平距 $3900 \sim 4300 \text{ m}$ 矿区亦采集到高质量数据, 煤矿采空区表现为球状高阻区域。另外, AMT测量反演结果显示, 各地质体对应异常深度较实际深度均有偏大趋势, 而CSAMT测量反演深度与实际地质情况较为符合。

(2) L08剖面线电磁测深断面解释与对比

图6a为L08剖面线CSAMT测量地电断面图, 电阻率总体特征表现“下高上低”的二元结构, 横向上表现为整体向左倾斜的层状电性层, 展示了盆地基底与盖层、由盆地边缘到盆地中心逐渐过渡的电性特征。

CSAMT地电断面图(图6a)中显示从上到下可

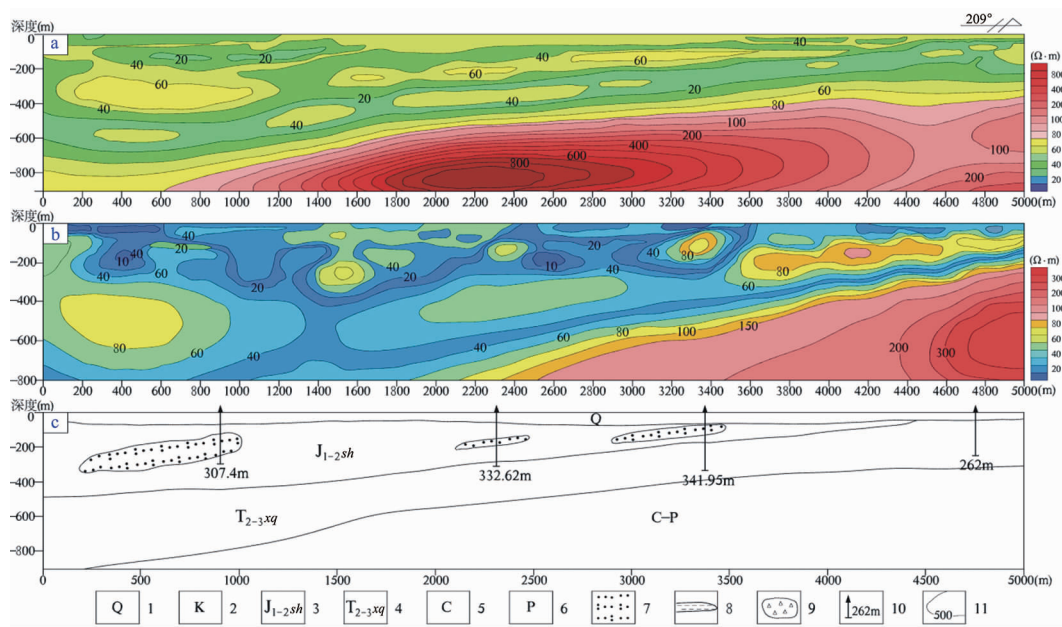


图6 L08剖面线物探测量翻译地电断面与地质剖面对比图

Fig. 6 The comparison diagram of AMT, CSAMT inversion result and cross section of Lines 08

a. CSAMT 测量地电断面图; b. AMT 测量地电断面图; c. L08 线地质剖面

1. 第四系砂、泥松散沉积物; 2. 白垩系灰白色的砾岩、砂砾岩、含砾砂岩;
3. 侏罗系中下统水西沟群陆相含煤碎屑岩沉积;
4. 三叠系中上统小泉沟群河湖相碎屑沉积, 主要岩性为泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、中粗砂岩及砾岩;
5. 石炭系灰岩、滨海相碎屑岩; 6. 二叠系火山碎屑岩、中基性熔岩、中酸性火山岩及火山凝灰岩;
7. 砂体; 8. 泥岩; 9. 煤矿采空区; 10. 钻孔及深度; 11. 电阻率等值线

分为四个电性层: 第一电性层: 深度为 50~90 m, 中阻或偏高阻电性层, 反演电阻率一般 50~80 $\Omega \cdot m$, 最高可达 150 $\Omega \cdot m$, 横向上连续分布, 延伸稳定, 这是第四系砂、砾、泥冲洪积层的反映; 第二电性层: 由南西到北东厚度化从几米到 400 m 的楔形电性层, 以中阻、偏高阻电性体为主, 夹有较低阻电性体, 视电阻率最高为 60 $\Omega \cdot m$, 一般为 20~40 $\Omega \cdot m$, 横向连续性较差。这是侏罗系中下统水西沟群(J₁₋₂sh)含煤碎屑岩的反映, 横向连续性的变化, 反映了沉积相的变化; 第三电性层: 为一条带状低阻夹中阻体的电性层, 视电阻率一般为 20~30 $\Omega \cdot m$, 间夹中阻体电阻率为 30~40 $\Omega \cdot m$, 横向连续性好, 为三叠系中上统小泉沟群(T₂₋₃xq)河、湖相碎屑沉积物的反映, 低阻层对应滨浅湖相的中、细粒沉积物, 中阻层为滨湖及河流相的较粗粒的沉积物; 第四电性层: 视电阻率大于 60 $\Omega \cdot m$ 的高阻电性层, 为盆地基底石炭、二叠系浅变质的中酸性火山岩、火山碎屑岩、火山凝灰岩及碎屑沉积岩的反映, 密集带的延伸及起伏特征反映了基底的延伸及起伏变化。

图 6b 为 L08 剖面线 AMT 测量地电断面图, 整体

形态与图 6a 基本相似, 呈左高右低的电性分布形态, 但在反演深度与 L01 线相似, 出现了深度偏大的情况。

AMT 地电断面图(图 6b)中显示从上到下亦可分为四个电性层: 第一电性层为 30~100 m 厚的低阻、中阻电性层, 视电阻率一般 20~60 $\Omega \cdot m$, 横向分布连续性差, 为第四系砂、泥沉积的反映, AMT 法由于偶极距小(20 m), 因此对浅部电性差异细节反映的更加清晰; 第二电性层为中阻夹椭圆状偏高阻电性层, 为第一电性层下的楔形区域, 厚 100~600 m, 视电阻率一般为 40~80 $\Omega \cdot m$, 为侏罗系中下统水西沟群(J₁₋₂sh)中粗粒夹细粒含煤碎屑沉积层的反映, 椭圆状偏高阻体为砂体发育区域; 第三电性层为带状分布的低阻电性层, 视电阻率一般为 40~60 $\Omega \cdot m$, 为三叠系中上统小泉沟群(T₂₋₃xq)河-湖相碎屑沉积物的反映, 与第二电性层界线在埋深浅时较清楚, 当电性层埋深增大时逐渐模糊, 这显示了 EH-4 探测具有低阻屏蔽效应; 第四电性层为视电阻率大于 80 $\Omega \cdot m$ 的高阻电性层, 是对石炭-二叠系高阻基底的反映, 但对基底埋深及起伏形态的反映已出现较大偏差。

5 结语

通过论述两种物探方法的原理、工作方法和仪器特点,对比分析两种物探方法地电断面特征,以及与地质剖面的对应性分析,可以得出如下结论:

(1)AMT(音频大地电磁测深法,EH-4)与CSAMT(可控源音频大地电磁测深法)都以地壳中岩矿石导电性与导磁性的差异为前提,根据电磁感应原理观测和研究地球内部产生的感应电磁场的空间与时间分布规律,获得地下的电阻率。它们具有相同研究解决问题的物理基础和地质前提。

(2)AMT与CSAMT具有各自的特点。CSAMT采用人工控制场源,在音频范围内逐次改变发射和接收的频率,便可得到不同深度的卡尼亚视电阻率值,达到测深的目的;AMT(EH-4)使用人工电磁场和天然电磁场两种场源既具有源电磁法的稳定性,又具有无源电磁法的节能和方便性。

(3)CSAMT采用了大功率的人工场源,信号稳定,信噪比高,穿透能力强,探测深度大,适合于解决基底埋深、隆坳分布、断裂位置、地层结构及展布特征等地质问题。AMT(EH-4),在本次试验中仅使用了普通探头,探测深度小,具有低阻屏蔽效应,对深部基底反映不如CSAMT清楚,但对浅部电性层较细微的电性差异能够清楚的显示出来,为浅部层位岩性、岩相的划分提供了信息,对于使用低频探头后能否清楚的反映深部信息,需进一步试验。

参考文献:

- [1] 伍岳,刘汉彬,董秀康. EH4电导率成像系统在砂岩型铀矿床上的应用研究[J]. 铀矿地质, 1998, 14(1): 32-37.
- [2] 李茂,王利民,许第桥. 可控源音频大地电磁测量法在砂岩型铀成矿地质环境研究中的应用[J]. 铀矿地质, 2005, 21(6): 353-359.
- [3] 王志宏,山科社. 综合物探在层间氧化带砂岩型铀矿勘查中的应用研究[J]. 铀矿地质, 2006, 22(1): 50-54.
- [4] 李茂,伍显红,乔勇,许第桥,等. CSAMT法在松辽盆地南部砂岩型铀矿勘查中的应用[J]. 铀矿地质, 2011, 27(5): 309-317.
- [5] 张国伟,李三忠,刘俊霞,等. 新疆伊犁盆地的构造特征与形成演化[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 203-214.
- [6] 李光云. 伊犁盆地油气地质特征及勘探前景[J]. 新疆地质, 2002, 20(1): 72-76.
- [7] 王保群. 伊犁盆地南缘可地浸砂岩型铀矿的重大突破[J]. 新疆地质, 2002, 20(2): 106-109.
- [8] 陈奋雄,聂逢君,张成勇. 伊犁盆地南缘中生代构造样式与铀成矿关系[J]. 地质与勘探, 2016, 52(3): 480-488.
- [9] 刘天佑. 应用地球物理数据采集与处理[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2004.
- [10] 李金铭. 地电场与电法勘探[M]. 北京:地质出版社, 2005.
- [11] 姚大为,朱威,王大勇,等. 音频大地电磁法在武山外围深部勘查中的应用[J]. 物探与化探, 2015, 39(1): 100-103.
- [12] 武斌,曹俊兴,邹俊,等. 音频大地电磁测深法在康定小热水地热勘查研究中应用[J]. 物探化探计算技术, 2011, 33(5): 507-510.
- [13] 张西君,杨胜发,张海,等. AMT勘查贵州铁(稀土)多金属矿效果分析[J]. 物探化探计算技术, 2015, 37(1): 27-31.
- [14] 孙栋华,汪冰,朱琳,等. 摩天岭岩体北部俾门断裂带深部电性特征及其与铀成矿关系[J]. 物探化探计算技术, 2015, 37(5): 584-591.
- [15] 杨进. 音频大地电磁法在秦岭地区的地质效果[J]. 物探与化探, 1995, 19(5): 286-290.
- [16] 于向前,赵义平,王明新,等. 音频大地电磁法与核磁共振法结合划分含水层的试验[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2014, 44(1): 351-358.
- [17] 王元君,杨轮凯,刘宏. 综合物探方法在秦岭探测隐伏铅锌矿中的应用[J]. 物探与化探, 2007, 31(4): 320-322.
- [18] 郭毅. 音频大地电磁法(AMT)在某铜镍矿勘查中的应用[J]. 新疆有色金属, 2011(3): 24-29.
- [19] 姚文,李琼,杨剑,等. 可控源与天然源音频大地电磁法对比应用研究:以云南北衙铁金矿为例[J]. 地球物理学进展, 2015, 30(4): 1825-1832.
- [20] 周明海,康国益,杨青. 可控源音频大地电磁法(CSAMT)在铀金地质中的应用[J]. 铀矿地质, 1994, 10(2): 106-112.
- [21] 王刚,张振宇,李永博,等. 张量可控源音频大地电磁法及其应用效果[J]. 物探化探计算技术, 2016, 38(5): 598-602.

The experimental study on assessment of uranium ore prospecting in Mesozoic and Cenozoic basins in the north China with electromagnetic geophysical survey

WANG Huibo¹, SONG Zhentao¹, LI Xinzhan², WANG Jun³, WANG Shengyun⁴

(1. Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry,

Shijiazhuang 050002, China;

2. Hebei bureau of Geology and Mineral resource Explortion No 9 Geological Party,

Xingtai 054000, Hebei, China;

3. Guizhou Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources 113 Geology Group,

Liupanshui 553001, Guizhou, China;

4. Beijing Research Institute of Uranium Geology, CNNC, Beijing 100029, China)

Abstract: Sandstone type uranium deposit in Mesozoic and Cenozoic basins is an important uranium deposit type in north China. Modern geophysical prospecting methods used in uranium ore prospecting in the uranium ore-producing basins have played an important role in structure division of the basins and check of the geological and metallogenic environment and the prospecting cycle can be shortened. The experiment was carried out in Jiagesitai area at the south margin of Yili Basin in Xinjiang. Along two sections whose geology are known AMT and CSAMT were comparatively conducted. The result is: 1) the generally coincident electrical property of the basin and faults and sand bodies are clearly reflected by data of the both surveys, Morphology and relationship of geological bodies clearly thus the data can be applied to production; 2) details of the two methods are varied. ATM is high in resolution due to numerous frequency points and shorter dipole distance and smaller bodies can be recognized but the low resistance shielding effect appears, CSAMT possesses stronger electromagnetic interference resistance, can obtain higher quality data, and has the positive effect on sand body in basin, fault structure and other geological factors.

Key Words: Mesozoic and Cenozoic basins; sandstone-type uranium deposits; AMT; CSAMT; method test; Yili basin