doi: 10.11720/wtyht.2019.1275

李英宾,李毅,张占彬,等.不同地质背景下 EH-4 的应用效果[J].物探与化探,2019,43(3):529-535.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.1275 Li Y B,Li Y,Zhang Z B,et al.The application effect of EH-4 under different geological backgrounds[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2019, 43(3):529-535.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.1275

不同地质背景下 EH-4 的应用效果

李英宾1,2,李毅1,2,张占彬1,2,张伟1,2

(1.核工业航测遥感中心,河北 石家庄 050002; 2.中核集团铀资源地球物理勘查技术中心 重点实验室,河北 石家庄 050002)

摘要: EH-4 的应用效果受采集频段、地质及地球物理条件的影响。为了判断在地质物探工作中选择 EH-4 是否合理,分析了 EH-4 在连山关硬岩型铀矿勘查、二连盆地砂岩型铀矿勘查及新疆伊利盆地采空区工程勘查中的应用效果,认为在硬岩地区, EH-4 的勘查深度普遍能达到 1000 m 左右,且其对探测断裂和岩体接触带的走向和空间展布有较好的应用效果;在沉积盆地地区, EH-4 受整体电阻率和地表电阻率的影响,其勘查深度少则二三百米,多则五六百米,变化较大,虽然勘查深度不大,但其对浅部地电性质的反映效果较好。

关键词: EH-4;应用效果;勘查深度

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2019)03-0529-07

0 引言

EH-4 电磁仪综合了 CSAMT 和 MT 的优点,高频段可以采集人工信号,低频段采集天然信号,实现测量远处天然场源和人工场源电信号和磁信号计算地质体的电阻率^[1]。该系统测量结果受地形影响小,高频段自带发射抗干扰能力强,相对探测深度较大、在对探测盲矿体的勘查以及划分勘查区断裂构造格架等方面具有较好的应用效果,成功应用在了深部的矿产及工程勘查、岩层的划分等众多领域^[2-5]。

在生产中发现,浅部低阻层对电磁波具有较强的屏蔽效应,对高频大地电磁测深的勘探深度具有较大影响^[6]。综合来看,EH-4 在矿床勘查和工程勘查中都能发挥很好的作用,但特殊地区其勘查深度甚至不足 300 m,值得引起注意。近几年,先后在多个硬岩型铀矿勘查、砂岩型铀矿勘查及各种工程勘查中应用 EH-4 开展 AMT 工作。文中拟通过几个典型应用实例总结 EH-4 在物探工作的优势和不足,为地质物探工作提供参考。

1 硬岩型地区的应用效果

1.1 地质概况

工作区处于辽东—吉南古元古代裂谷内的北缘,辽东台背斜营口—宽甸隆起带与太子河—浑江 拗陷带相毗邻部位的连山关复背斜南翼中西部,该复背斜轴向 NW-SE,核部由鞍山群和新太古代连山关钾质混合花岗杂岩体组成,鞍山群残留体零星分布其中,两翼由古元古代辽河群沉积变质岩系及震旦纪地层组成,属于辽东铀成矿带。裂谷由古元古界辽河群中浅变质岩及辽吉花岗岩组成;辽吉花岗岩为组成辽河群的火山岩同期同源侵入体,与上覆的辽河群全部为构造接触^[7]。

铀矿化特征:铀矿化主要受浪子山组与岩体的接触带、NE 向次级褶皱以及 NE、NNE 向断裂 3 种构造控制。铀主要充填在 NEE 向的挤压破碎带和压扭性构造所产生的低次序构造中。

1.2 岩石电阻率特征

浪子山组石英岩位于浪子山组片岩和混合花岗 岩之间,由于石英岩厚度薄,且部分地段存在缺失,

收稿日期: 2018-07-13; 修回日期: 2018-11-27

基金项目: 中国核工业地质局项目(201426,201623,201326)

作者简介: 李英宾(1987-),男,2011 年毕业于中国地质大学(武汉),获学士学位,在职研究生,工程师,现从事铀矿勘查工作。Email: 799982826@qq.com

因此,岩体接触带的电性差异实际上表现为浪子山组二云片岩与浪子山组一段石英岩、混合花岗岩之间的电阻率差异。岩层电性差异地段基本上反映了区内接触带的位置。

由表 1 可见, 浪子山组片岩电阻率一般在数百 欧姆米,表现为相对低阻特征。浪子山组石英岩、变 粒岩与混合花岗岩,电阻率值一般大于2000 Ω·m, 总体表现为相对高阻特征,其中石英岩电阻率最高。 这种电性差异为开展 AMT 工作提供了前提条件。

表 1 连山关地区岩石电阻率统计^[8-9]
Table 1 The statistical table of rock resistivity in Lianshanguan area^[8-9]

岩性 -	$ ho/(\Omega \cdot m)$		
	最大值	最小值	平均值
浪子山组二云片岩	933	98	267
浪子山组石英岩	16500	7853	8598
混合花岗岩	2568	1453	2145
变粒岩	2598	1257	2087
变辉长岩	3056	1025	1952

1.3 工作方法及方法效果

为了探索连山关岩体接触带的深部延伸和断裂的展布特征,开展了 AMT 测量(使用仪器为 EH-4)和土壤氡测量工作,取得了较好的效果,为区内铀矿勘查工作提供了参考。

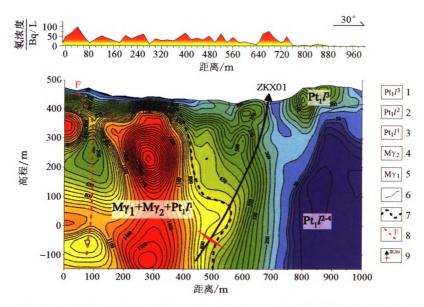
连山关地区岩体接触带大部分地段被第四系所

覆盖,为分析区内方法的应用效果,收集了位于 L14 线上的 ZKX01 钻孔资料与物探测量成果进行了对比分析。L14 线方位 30°,长度 1000 m。ZKX01 位于平距 700 m 处。图 1 为 L14 线氡浓度剖面与反演电阻率断面推断解释。

由图 1 可见,断面平距 500~1 000 m,电阻率一般小于 800 Ω· m,表现为明显的相对低阻特征,推测为浪子山组二段片岩和大理岩的反映。平距 0~500 m,电阻率表现为相对高阻,推测为混合花岗岩、石英岩的反映,平距 0~400 m、标高 400~460 m 混合花岗岩由于受风化作用影响,表现为相对中阻特征,中深部表现为相对高阻特征。黑色虚线为岩体接触带位置,浪子山组一段石英岩厚度较薄,沿着围岩接触带的位置分布。断面平距 50 m 处出现氡浓度异常值,反演电阻率断面图中部出现明显的中高阻分界,且沿垂向延伸方向出现明显的反演电阻率等值线密集带分布,推测为断裂的反映。

经过综合测量推断出区内岩体与围岩接触带整体走向 NW,倾向 SW,局部地段混合花岗岩岩体明显向辽河群浪子山组片岩凸起,倾角近直立,岩体接触带在该地段走向 NE。

核工业 240 研究所对上述部位进行了钻探验证工作,钻孔 ZKX01 在推断的岩体接触带附近发现了工业铀矿化信息,进一步证实了物探资料的可靠。



1—浪子山组三段大理岩;2—浪子山组二段片岩;3—浪子山组一段石英岩;4—古元古代混合花岗岩;5—新太古代混合花岗岩;6—推断地质界线;7—推断接触带;8—推断断裂;9—钻孔及见矿位置

1—group of three prodigal mountain marble; 2—group two prodigal mountain schist; 3—a prodigal mountain group quartzite; 4—Paleoproterozoic Neoarchaean mixed granite; 5—mixed granite; 6—inferred geological boundary; 7—inferred contact; 8—inferred fault; 9—drilling and ore position

图 1 L14 线 RaA 法测氡与 AMT 反演电阻率断面推断解释

Fig.1 L14 line RaA method for radon and AMT inversion resistivity section interpretation interpretation map

2 砂岩型地区不同方法对比分析

2.1 地质情况

工作区位于二连盆地成矿区中东部乌兰察布坳陷、苏尼特隆起伊和乌苏凹陷。基底及蚀源区由古元古界、新元古界、早古生界、晚古生界及加里东一燕山期侵入岩组成,沉积盖层包括侏罗系、白垩系、古近系、新近系和第四系。发育 NE 向断裂和 NW 向断裂,控制着该区二连组后生蚀变与铀成矿。工作区具有较好的铀成矿地质条件,找矿类型为古河

道砂岩型,具备形成中—大型铀矿床的成矿潜力^[10]。

2.2 电阻率特征

由表 2 可见:①工作区前白垩系基底表现为相对高阻电性特征,盖层表现为低阻电性特征,二者之间存在明显的电性差异;②找矿目的层赛汉组上段砂体与上覆赛汉组上段泥岩、下伏赛汉组下段泥岩相比表现为相对高阻的电性特征。因此,工作区具备开展 AMT 和 CSAMT 查明基底埋深和赛汉组砂体空间展布的物性条件。

表 2 二连盆地盖层及岩体电阻率参数统计[11]

Table 2 The statistical table of resistivity parameters of caprock and rock mass in Erlian Basin [11]

地层代号		主要岩性	$ ho/(\Omega \cdot m)$
第四系(Q)		黄土、黏土、沙、砾石	5~150
新近系(N)、さ	ī近系(E)	泥岩、砂质泥岩、粗砂岩、砂砾岩、砾石	10~150
白垩系上统(K	$(\zeta_2 e)$	盐层、泥岩、细砂岩、含砾中粗砂岩	6.0~40
巴彦花群二段(K ₁ bs ²) 白垩系下统 巴彦花群一段(K ₁ bs ¹)	红色泥岩、粉砂岩,其间夹中细砂岩	2.0~12	
	□ 多化杆 — 权(K ₁ os)	含砾粗砂岩、粗砂岩、泥质砂岩	10.0~20
		炭质泥岩、中细砂岩	5~10
	巴彦花群一段(K ₁ bs ¹)	泥—砂—砾混杂堆积	5~40
		灰白色花岗质砾岩夹泥质中细砂岩	16~44
侏罗系上统(J	3)	火山碎屑岩、火山熔岩	50~500
侏罗系中下统	(J_{1-2})	砂岩、泥岩、碳质页岩	50~500

2.3 工作方法及效果

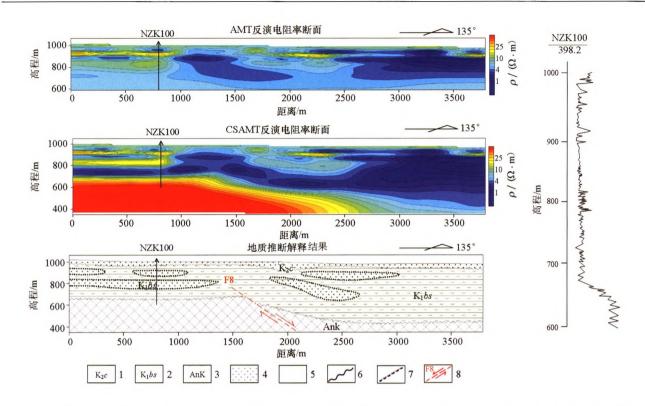
为查明区内基底埋深、断裂构造及赛汉组上段砂体的空间展布,开展了 AMT 工作(测量仪器 EH-4)和 CSAMT 工作(测量仪器 GDP-32)^[12],通过对比分析、合理应用,取得了较好的效果,为钻探工程布设提供了参考。

从图 2 可以看出,不同测量方法给后期地质推断解释造成较大差别。首先,从可控源音频大地电磁测量反演结果来看,电性层从上至下大致分为 4 层结构,呈低阻—中阻—低阻(其间夹中阻)—中高(高)阻分布。其中,第一至第二电性层呈低阻—中阻(中高阻)分布,推断为上白垩统二连组;第三电性层总体呈低阻分布,部分地段分布有呈透镜状、似层状分布的中阻体,推断为下白垩统赛汉组上段泥岩、中阻体反演电阻率值变化较大,但总体呈中间高两侧低的形式分布,推断为下白垩统赛汉组上段泥岩、砂岩、砂质砾岩及含砾中粗砂岩。但从反演电阻率断面图中可以看出,这几组中阻体总体由 NE 向 SE 缓倾,结合地质资料分析,该段位于巴音宝力格南部斜坡带,其砂体成因应为三角洲相;第四电性层位于断面图底部呈断续分布,中高阻特征,推断为前白垩

纪基底。平距 1500 m 推测为断裂 F8,断面图上其上盘明显下降,故推测 F8 为正断层。钻孔 NZK100位于平距 800 m 孔深 398.2 m,于 100 m 及 200 m 左右见砂体,于孔深 370 m 处见花岗岩,推断结果与钻孔揭露情况相吻合。

其次,从音频大地电磁测量反演结果与可控源音频大地电磁测量及钻探资料对比来分析,①两者浅部电性分层与钻探资料所揭露的地层、岩性厚度基本吻合;②海拔800m以下,由于EH-4受频点限制(最低频点15.8 Hz),音频大地电磁测量电性分层较差且深部高阻电性层缺失、没有达到探测到断裂F8的深度,探测深度较浅。

经对比,采用 EH-4 开展 AMT 工作难以查明工作区部分地段的基底埋深(基底埋深较浅地段除外)和深部断裂。采用 GDP-32 开展 CSAMT 工作大致查明了工作区基底起伏特征,总体表现为二隆(一级构造单元巴音宝力格隆起带、二级构造单元苏尼特隆起)、四凸、六凹(三级构造单元)的构造格局,呈 NE 向展布;推断了 15 条断裂构造,断裂呈 NE 向展布;大致查明了找矿目的层赛汉组砂体主要分布于赛汉组上段底部,厚度一般为 50~400 m。



1—上白垩统二连组;2—下白垩统赛汉组;3—前白垩纪基底;4—砂岩;5—泥岩;6—角度不整合地质界线;7—岩相界线;8—推断的断裂构造 1—Erlian group of The upper Cretaceous; 2—the lower Cretaceous Saihan formation; 3—pre Cretaceous basement; 4—sandstone; 5—mudstone; 6—angle unconformity geological boundary; 7—facies boundary; fault 8—inference

图 2 H15K01 线(2008 年 AMT 测量 L02 线) 反演电阻率断面及地质推断解释

Fig.2 Inversion of resistivity profile and geological interpretation map of H15K01 line (2008 AMT surveying L02 line)

3 沉积盆地地区采空区勘查

3.1 地质情况

工作区位于伊犁盆地南部斜坡带,处于次级构造单元扎吉斯坦向斜南翼。基底由下石炭统—下二叠统组成,岩性以中酸性火山碎屑岩、陆相-浅海相碎屑岩为主[13]。中新生代沉积盖层由中—下侏罗统、白垩系、新近系和第四系组成。断裂多为 NE 向逆断层[14]。

3.2 采空区电阻率剖面特征

工作区煤矿巷道相对较浅,一般不超过 250 m,由于降水较少,加之煤层顶板为泥岩,属于良好的隔水层,故巷道中多充填空气,在反演电阻率断面图中表现为圆球形高阻异常特征。

L02 线布置在 3 条已知采煤巷道上方。由图 3 可见,这 3 条采煤巷道在反演电阻率断面图上都表现为明显的团块状或椭圆状高阻体,埋深在 50~150 m 之间,阻值高出背景值 2 倍以上。根据实际情况,此 3 处高阻体与煤矿采煤巷道位置对应较好。

3.3 成果解释

为查明采空区分布范围及深部展布特征,采用

EH-4 开展了 AMT 工作, 共完成测线 29 条, 取得了较好的效果。下面以 L11、L29 两线为例进行介绍。

L11 线位于工作区西部, 地势北西低、南东高, 地形起伏较大, 地表为第四系覆盖, 此条测线穿过煤矿区块。根据地质资料可知, 侏罗系埋深较浅, 一般小于 200 m。侏罗系煤层表现为中高阻电性特征, 反演电阻率一般大于 30 Ω·m, 中高阻层厚度近 100 m, 埋深在 50~200 m 之间。

图 4 为 L11 线反演电阻率断面,由图可见,其总体表现为中低阻特征,反演电阻率一般为 10~50 Ω·m,等值线稀疏、宽缓,中低阻层厚度较大,反映了第四系、新近系、白垩系和侏罗系沉积地层的电性特征;在中低阻背景上,反演电阻率大于 30 Ω·m 的中高阻呈厚度不大的似层状、纺锤状断续展布,并向NW 舒缓倾斜,推断其为中下侏罗统水西沟群煤层的电性反映,其厚度一般为 20~60 m,埋深大于 40 m,其上分布着 6 处相对高阻率异常圈闭;断面图底部高阻电性层、埋深大于 200 m,反映了盆地基底的电性特征。

根据推断解释依据,本测线共解释采空区6处。 平距400、450、550、640、750、850 m处反演电阻率出

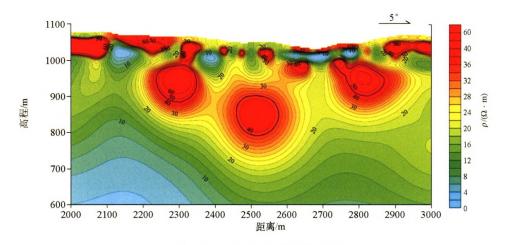
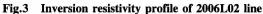


图 3 2006L02 线反演电阻率断面



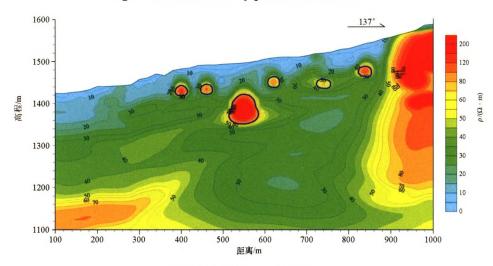


图 4 L11 线反演电阻率断面

Fig.4 Inversion resistivity profile of L11 line

现规模较小的团状高组体,推测该处为采空区,宽度约 10~40 m,埋深约 40~60 m。

L29 线位于工作区东部,测线长度 800 m,地形自 NW 向 SE 逐渐升高,南端为 NE 向冲沟,地表为第四系覆盖,植被稀疏。在南端测线两侧可视范围内见数个竖井,深部采空区在地表形迹较为明显。

图 5 为 L29 线反演电阻率断面,从图上可以看出,该测线反演电阻率总体表现为上低、下高特征。断面图上部、海拔 1 400 m 以上表现为中低阻特征,反演电阻率一般为 20~40 Ω·m,厚度约 80 m,推断其为第四系、新近系、白垩系砂泥岩等的电性反映。在埋深 20~40 m 之间为一层阻值小于 20 Ω·m 的低阻层,反映了新近系陆相红色泥岩的分布范围;下部为厚度较大的中高阻层,反演电阻率一般大于 80 Ω·m,反映了侏罗系煤系地层的电性特征,其上分布有 3 个醒目的团块状高阻异常,反演电阻率大于 150 Ω·m,根据推断解释依据,这 3 个高阻异常由深部采空区引起。

测线平距 $50,340,750 \,\mathrm{m}$ 处采空区规模相近,宽度 $30\sim40 \,\mathrm{m}$,埋深 $70\sim80 \,\mathrm{m}$ 。测线平距 $540 \,\mathrm{m}$ 处反演电阻率略有增高,大于 $90 \,\Omega \cdot \mathrm{m}$ 的等值线呈规模较小的紧密圈闭,推断深部存在规模较小的采空区,宽度约 $10 \,\mathrm{m}$,埋深近 $100 \,\mathrm{m}$ 。

通过 EH-4 开展 AMT 工作查明了地下采空区分布范围及深部展布特征,推测的采空区位置大部分与 735 矿采矿巷道相吻合,达到了预期目的。五年来指导在采空区密布的地区布置钻探,布钻时合理避开了采空区,未出现卡钻、漏钻。

4 讨论

受趋肤深度的限制,在实际工作中应用 EH-4 开展 AMT 工作,其勘查深度受电阻率和仪器接收频 率的影响变化范围很大。

由电磁波的趋肤效应理论得出趋肤深度公式:

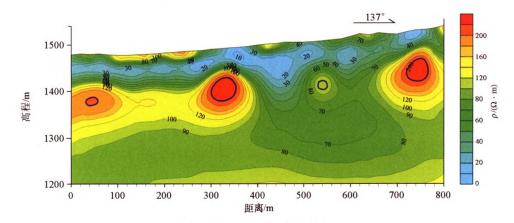


图 5 L29 线推断解释断面

Fig.5 Interpretation section of L29 line interpretation

 $H=k\sqrt{\rho/f}$;式中:H 为探测深度, ρ 为电阻率,f 为频率,k 一般取值 356。当电阻率 ρ 保持不变时,探测深度 H 与频率f 成反比,高频时探测的是浅部的地质体,低频时探测的是深部的地质体;通过改变发射频率可以改变勘探深度,从而达到变频测深的目的,最终得到深度与电阻率的剖面图进行推断解释。EH-4(超低频探头除外)最低频点为 15.8 Hz,最大探测深度 $H=356\times\sqrt{\rho/15.8}$ 。

在硬岩地区,岩石电阻率一般较高,当平均电阻率为 $500 \Omega \cdot m$ 时,由趋肤深度公式可以得出探测深度 $H = 356 \times \sqrt{500/15.8}$,约为 2000 m, EH-4 的有效勘查深度普遍较深,如图 1,相对高分辨率勘查深度可达近 700 m,且其对探测断裂和岩体接触带的走向和空间展布有较好的应用效果。

在沉积盆地地区,岩石电阻率一般较低,EH-4的有效勘查深度普遍较浅,当平均电阻率为 30Ω · m时,由趋肤深度公式可以得出探测深度 $H=356\times\sqrt{30/15.8}$,约为 490 m,分辨率较高的勘查深度约 $300\sim400$ m,如图 2 勘查深度约 400 m,图 3 勘查深度约 450 m,图 4 勘查深度约 400 m,图 5 查深度约 300 m。EH-4 勘查深度受地表电阻率特征影响很大,如图 3 和图 5 ,两条测线位于同一地质背景下,电阻率特征基本处于同一个数量级,当地表为相对高阻时(如图 3),其勘查深度能够达到约 450 m,但当地表为相对低阻时(如图 5),其勘查深度仅 300 m。虽然在沉积盆地背景下,EH-4 勘查深度不大,但其对浅部地电性质的反映效果较好。

综上所述,应用 EH-4 开展 AMT 工作能够取得较好的效果,但受仪器本身条件和地质、地球物理条件的限制,其勘查深度变化范围很大。所以在物探工作开始前,要做好踏勘和试验工作,以免带来不必要的麻烦。

5 结论

应用 EH-4 开展 AMT 工作能够取得较好的效果,但要注意其勘查深度。

- 1) 在硬岩地区,应用 EH-4 开展 AMT 工作其勘查深度能达到 1000 m 左右,且其对探测断裂和岩体接触带的走向和空间展布有较好的应用效果。
- 2) 在沉积盆地地区, EH-4 受整体电阻率和地 表电阻率的影响, 其勘查深度少则二三百米, 多则五 六百米, 变化较大, 虽然勘查深度不大, 但其对浅部 地电性质的反映效果较好。
- 3) EH-4 勘查深度变化范围很大,应用 EH-4 开展 AMT 工作前一定要确定找矿目的层的大致深度和做好地球物理资料的收集分析工作,以免达不到勘查目的。

参考文献 (References):

- [1] 叶益信,邓居智,方根显.高频大地电磁测深(EH-4)在热储构造勘查中的试验研究——以抚州地热区为例[J].地质与勘探,2011,47(4):649.
 - Ye Y X, Deng J Z, Fang G X. The test research of high frequency magnetotelluric sounding 12 to reservoir structure survey: taking the Fuzhou geothermal area in Jiangxi province as an example[J]. Geology and Exploration, 2011, 47 (4):649.
- [2] 席振铢,冯万杰,李瑞雪,等.低阻覆盖层对高频大地电磁测深 的影响[J].地质与勘探,2011,47(4):673. Xi Z Z,Feng W J,Li R X,et al. Effect of a low-resistivity cover on

high-frequency magnetotelluric sounding[J]. Geology and Exploration, 2011, 47(4):673.

- [3] 李彬, 孙莉芳, 郭甲一,等. EH-4 技术在豫西菊竹沟金矿区的应用[J].物探与化探,2016,40(1): 51-54. http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.1.09
 - Li B, Sun L F, Guo J Y, et al. The application of EH-4 technology to the Juzhugou gold ore district in western Henan Province [J].

- Geophysical and Geochemical Exploration, 2016, 40(1):51-54. http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.1.09
- [4] 孔志召, 吴勇.南方硬岩地区 EH-4 资料处理的若干问题——以沙子江矿床为例[J].物探与化探,2016,40(4): 804-808. DOI: 10.11720/wtyht.2016.4.26
 - Kong Z Z, Wu Y. A discussion on some EH-4 measurement problems in hard-rock areas in southern China: A case study of the Shazijiang deposit [J]. Geology and Exploration, 2016, 40 (4): 804-808.DOI: 10.11720/wtyht.2016.4.26
- [5] 柳建新,童孝忠,程云涛,等. 有效视电阻率在音频大地测量数据二维反演中的应用[J].地质与勘探,2008,44(3):56.
 Liu J X,Tong X Z,Cheng Y T,et al. Application of effective apparent resistivity in two-dimensional inversion of EH-4 date[J].Geology and Exploration, 2008,44(3):56.
- [6] 张作伦,曾庆,刘建明,等. GDP-32II、EH-4 在深部成矿预测中的应用[J].地质与勘探,2010,46(3):470.

 Zhang Z L, Zeng Q D, Liu J M, et al. Application of GDP-32II and EH-4 to prediction of mineralization at depth[J]. Geology and Exploration, 2010,46(3):470.
- [7] 吴迪,刘晓东.辽宁省本溪县连山关—祁家堡子地区铀矿普查报告[R].核工业二四〇研究所,2014.
 Wu D, Liu X D. Survey report of uranium deposits in Lianshanguan-Qijiabaozi area, Benxi County, Liaoning Province[R]. 240
 Research Institute of Nuclear Industry, 2014.
- [8] 李茂,牛禹,吴勇.辽宁省本溪县连山关—祁家堡子地区物探测量报告[R].核工业航测遥感中心,2012.
 Li M,Niu Y,Wu Y. Report on Geophysical exploration in Lianshanguan-Qijiabuzi area, Benxi County, LiaoNing province[R]. Airbome Survey and Remote Sensing Center of Nuclear industry, 2012.
- [9] 牛禹、谢明宏、武永强、辽宁省本溪县吴家堡子地区物探测量报

- 告[R].核工业航测遥感中心,2014.
- Niu Y, Xie M H, Wu Y Q. Report on geophysical survey in Wujiabaozi area, Benxi County, Liaoning Province [R]. Airbome Survey and Remote Sensing Center of Nuclear industry, 2014.
- [10] 康世虎.二连盆地乌兰察布坳陷东部古河道型氧化带发育特征及铀成矿模式[J].河南理工大学学报:自然科学版,2010,28 (s):107.
 - Kang S H. Development characteristics and uranium metallogenic model of paleochannel oxidation zone in the Eastern Wulanchabu Depression, Erlian Basin[J]. Journal of Henan polytechnic university (Natural Science), 2010,28(S): 107.
- [11] 谈成龙.古河道砂岩型铀矿的几种勘查方法[J].铀矿地质, 2000,16(3):164.
 - Tan C L. Several exploration methods for paleochannel sandstonetype Uranium Deposits[J]. Uranium Geology, 2000,16(3):164.
- [12] 张俊伟.内蒙古二连盆地乌兰察布坳陷赛乌苏地区物探测量报告[R].核工业航测遥感中心,2012.

 Zhang J W. The geophysical survey report of Saiwusu area in Ulandahu danasia. Edian Paria, Luan Manadia [R] Airbana
 - anchabu depression, Erlian Basin, Inner Mongolia [R]. Airbome Survey and Remote Sensing Center of Nuclear industry, 2012.
- [13] 蒋宏,康勇,武永利,新疆察布查尔县蒙其古尔铀矿床 P0 线以 西普查 2013 年度设计书[R]. 核工业二一六大队,2013. Jiang H, Kang Y, Wu Y L. Design for 2013 census to the west of P0 line of Mongqigur uranium deposit, Chabuchaer County, Xinjiang[R]. 216 Brigade of Nuclear Industry, 2013.
- [14] 籍增贤.新疆伊犁盆地南缘苏阿苏—达拉地地段音频大地电磁测量成果报告[R]. 核工业航测遥感中心,2016.Ji Z X. Report on the achievements of audio magnetotelluric survey in Suasu-Dala area, Southern Margin of Yili Basin, Xinjiang[R]. Airbome Survey and Remote Sensing Center of Nuclear industry, 2016.

The application effect of EH-4 under different geological backgrounds

LI Ying-Bin^{1,2}, LI Yi^{1,2}, ZHANG Zhan-Bin^{1,2}, ZHANG Wei^{1,2}

(1.Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002, China; 2. Key Laboratory of Uranium Resources Geophysical Exploration Technology, China Nuclear Industry Group Company, Shijiazhuang 050002, China)

Abstract: EH-4 has been applied to many fields, such as mineral exploration and engineering exploration. Nevertheless, because of the limitation of the acquisition frequency as well as geological and geophysical conditions, the application effects of EH-4 in different geological backgrounds are different. In order to prove the argument that the geological geophysical work in EH-4 is reasonable, the authors analyzed the EH-4 effects in exploration of Lianshangguan hard rock type uranium, sandstone type uranium deposit in Erlian Basin and mined out region of Yili basin in Xinjiang. The results show that, in the hard rock area, the depth of EH-4 exploration generally can reach 1000 m or so, and the detection of faults, the contact zone of rock bodies and its strike and spatial distribution can yield fairly good application effect; in sedimentary basins, the exploration effect of EH-4 is affected by the overall depth of resistivity and surface resistivity, the exploration depth may sometimes only reach two hundred or three hundred meters, but can sometimes reach five hundred or six hundred meters. Although the depth of exploration is not big, but the shallow geoelectric properties reflect good effect.

Key words: EH-4: application effect: exploration depth

(本文编辑:沈效群)