

doi: 10.11720/wtyht.2016.5.09

曹秋义,王志宏,山亚.应用地—井 TEM 方法勘查铀矿[J].物探与化探,2016,40(5):899-903.http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.5.09

Cao Q Y, Wang Z H, Shan Y. The application of well-to-ground TEM method to uranium exploration[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2016, 40(5): 899-903. http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.5.09

应用地—井 TEM 方法勘查铀矿

曹秋义, 王志宏, 山亚

(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: 地—井 TEM 是近年来引入的一种先进的井中物探测量方法, 该方法通过研究井中感应二次场在空间和时间上的变化特征, 可以达到研究钻孔周围电性分布结构的目的, 从而发现井旁、井底盲矿, 或推断已见矿体的空间分布与延伸方向。文中对地—井 TEM 的静态及动态响应特征进行了说明, 重点对响应的前期和中期数据进行处理, 形成随深度变化的电场变化强度图, 并通过对江西荷上地区 ZK39-7、广东长排地区 ZK8-2 两个钻孔的研究, 表明地—井 TEM 测量不仅可以反映钻孔附近地段的构造破碎及蚀变等信息, 而且对铀矿化信息也有一定反映, 为进一步钻探施工提供了较为准确的依据。

关键词: 地—井 TEM; 铀矿勘查; 深部找矿; 钻孔资料

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2016)05-0899-05

在矿产资源形势日益严峻的背景下, 向深部“第二空间”进军, 寻找深部矿和隐伏矿是找矿工作的一大主题。然而, 深部(隐伏)矿具有埋藏深度大、信号响应微弱、找矿难度大等特点。近几年国内外的研究表明^[1], 采用井中物探技术方法是解决深部矿产资源立体探矿的重要途径之一。对于硬岩地区铀矿地质勘查来说, 进行地—井 TEM 试验研究, 期望达到利用地—井 TEM 确定井旁或井底破碎带、构造或蚀变等成矿环境及铀矿体分布情况等铀成矿信息的目的。

1 地—井 TEM 方法简介

地—井 TEM 测量, 就是将发射回线布置在钻孔上方或附近地面上, 用接收探头在钻孔中逐点测量地下介质产生的感应二次场, 其方法原理如图 1 所示。在不接地回线中供以双极性脉冲电流, 从而产生激发电磁场。在该电磁场的激励下, 地下介质受感应而产生涡旋电流。当发射回线的脉冲电流从峰值跃变到零, 激发场立即消失, 而地下介质中的感应涡流并不立即消失, 有一个衰变过程, 这个过程的特征与地下电性结构分布有关。

在地—井 TEM 测量时, 所观测到的地—井 TEM

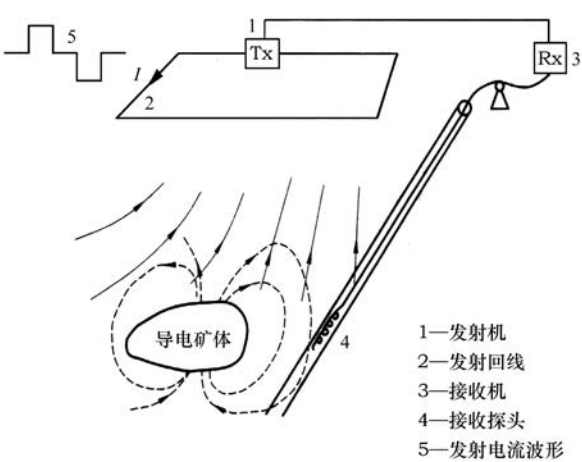


图 1 地—井 TEM 法工作原理示意

响应曲线的特征, 一方面取决于导电矿体的导电性和几何形态, 另一方面还与发射回线、导体、接收探头之间的位置关系有关。在实际工作中, 当已有资料不足以对异常体进行精确定位时, 可以通过在地面不同方位布置多个发射回线, 每个回线激发时都用探头在钻孔中测量一遍, 可以得到不同特征的响应曲线, 从而获得更丰富的地质信息, 也有助于对异常体的定性、定量解释。形象地说, 地—井 TEM 测量相当于把“深矿变为浅矿”, 把一孔之见变为“集

体”之见,其特点是勘测深度大(>1 000 m,一般取决于钻孔深度),能准确地反映导电体的空间分布状态和规模等几何参数,该方法的探测半径可达 250~300 m。地—井 TEM 法具有以下几方面特点^[1]:

- 1) 观测的是感应二次场,具有旁测探测能力,可以寻找井旁或井底盲矿;
- 2) 纵向分辨力强,能定位良导电目标体的深度、产状及延伸方向;
- 3) 接收线圈更接近地下良导电目标体,能获得更强的 TEM 异常响应信号,有利于探测深部良导电体;
- 4) 探头在井中接收,受导电覆盖层和外部电磁干扰小。

2 地—井 TEM 的异常响应特征

地—井 TEM 的异常响应特征分静态特征和动态特征,在推断解释中,综合应用静态和动态特征非常重要,两者是不可分割的^[2]。

2.1 静态特征

井中 TEM 测量信号响应的幅值随时间的延长而衰减,但响应的剖面(深度)特征不随时间改变,特征点也不移动。它主要出现在晚延时,坐标特征与地面剖面测量的坐标函数相当。

最基本(或典型)的静态响应特征有 4 种(图 2),即穿过导电矿体中部、边部、外部附近和外部远处的 4 种不同特征。对不同特征进行响应符号变化(过零)、幅度变化等静态特征分析,不仅能够得到矿体赋存方位的信息,而且可以确定矿体的几何参

数。

2.2 动态特征

异常响应的动态特征(或称为时间特征)是指异常响应曲线的形状和特征点(如极值、过零点等)随取样延时而变化的特征,反映了导电矿体中感应涡流随时间的衰变及在矿体内的扩散规律,通常分为早、中、晚期。穿过矿体不同部位的钻孔中所观测到的异常动态特征存在明显的差异,曲线形态会产生正、负号的反转,特征点(过零点、极值点)的位移等。

如图 3 所示,动态特征主要分 3 种,其主要影响因素是导电矿体的几何形态、产状、尺寸和导电性以及接收钻孔相对导体的位置关系等。地—井 TEM 异常的动态特征主要表现在异常曲线上随时间变化的“过零点”位移和异常响应的正、负符号变化,就其物理意义而言,就是体现导电体感应涡流随时间的位移。

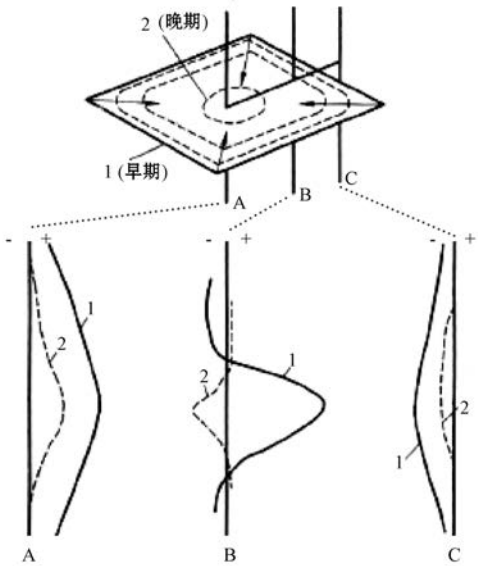
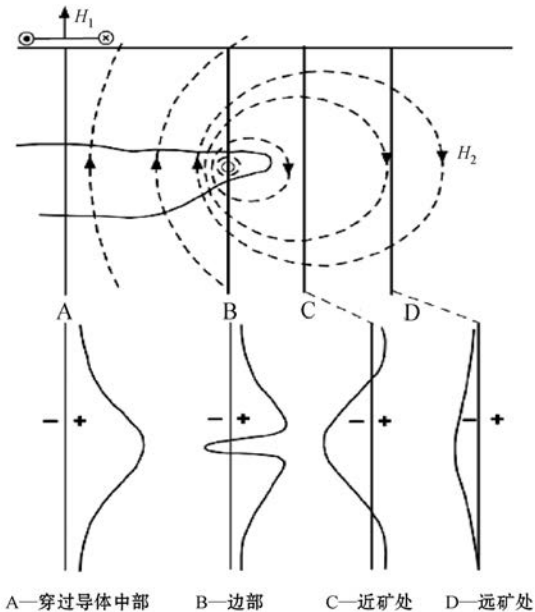


图 3 地—井 TEM 响应动态特征曲线

3 装置及方法简介

本次研究工作发射与接收装置均采用拿大 Geonics 公司的 PROTEM67 仪器,仪器的重复率为 237.5~0.25 Hz,即 4.2~25 ms 可选。本次采用 25 ms,在 30 s 观测时间内仅能发射和接收到 1 500~0.083 个信号,即在相同的观测时间内信噪比提高 10 倍。测量采用矩形回路线圈大小为 300 m×300 m,在测量中采用“叠加”技术和提高重复率,可取得较好的原始数据。

测量过程中,随着探头的不断下降,得到同一时刻不同深度的 3 个方向的电场强度变化,从而可判断 x、y、z 轴 3 个方向周围岩体的情况。



A—穿过导体中部 B—边部 C—近矿处 D—远矿处

图 2 地—井 TEM 响应静态特征曲线图(据 Crone)

4 应用实例

4.1 江西荷上地区

江西荷上地区在 ZK39-7 钻孔开展了试验研究,该钻孔位于荷上铀矿北部北东向 F_3 断裂与北西向断裂交汇部位。钻孔深度 490 m,顶角 83.5° ,方位角 315° ,井口 0~5 m 为 110 mm 套管,其余为 75 mm 套管。地—井 TEM 测量范围 10~485 m。

本次研究中,数据处理及解释仅采用了早期和中期数据进行处理分析。将 1~5 道分为早期数据,

6~10 道分为中期数据,分别得到随钻孔深度变化的电场强度变化曲线(图 4)。

伽马测井显示,在 149~175 m、240~242 m、356 m 附近有多层工业铀矿化显示(见图 4a),矿层厚度最厚 0.8 m,其中在 153 m 处铀含量达到工业品位,含矿岩性为碎斑熔岩,岩心破碎,碎裂面见碳酸盐化、水云母化,整体见红化,部分地段发育强烈水云母化及较强的红化,红化处叠加黑色可能为绿泥石化,也可能为炭质矿物的黑色物质。

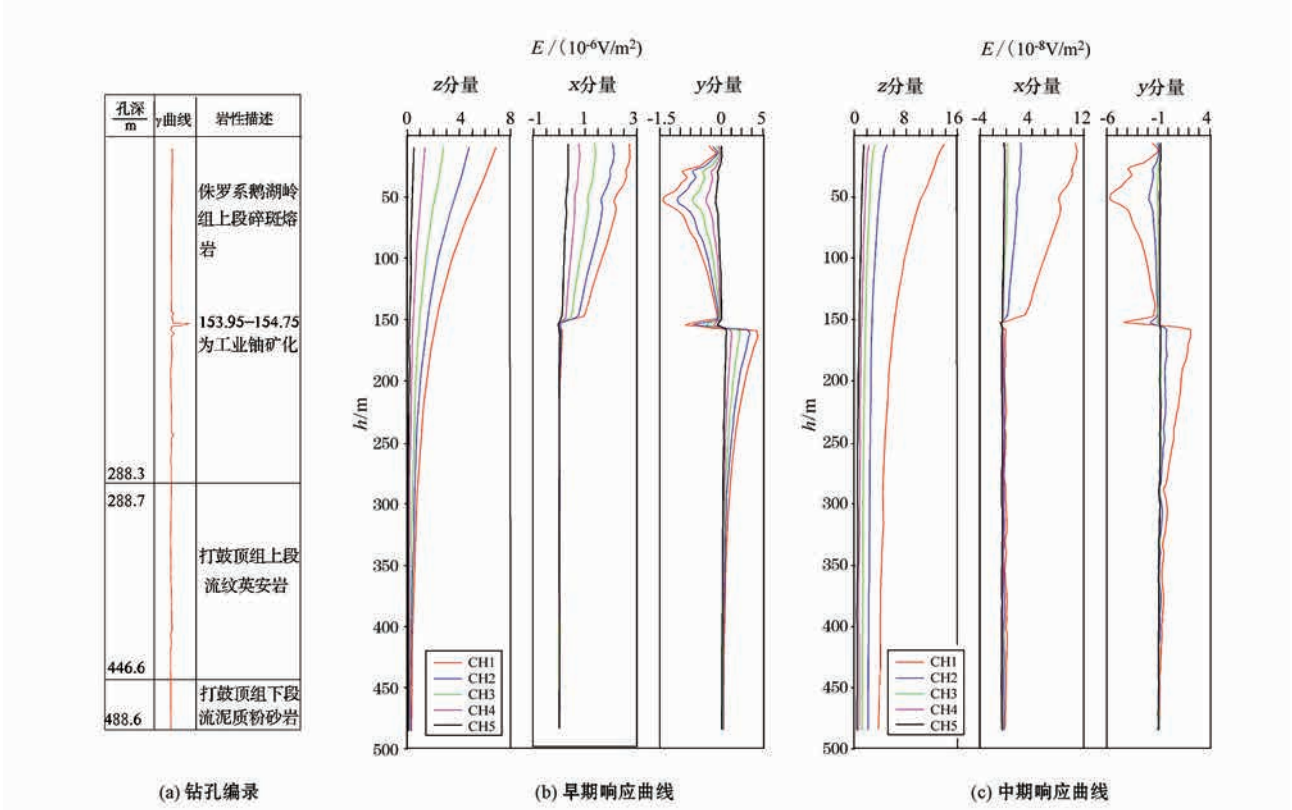


图 4 ZK39-7 编录及地—井 TEM 测量响应曲线

由图 4b、c 可以看出,地—井 TEM 曲线响应在 20~465 m,无论早期道和中期道,z 分量基本上无明显的异常显示,仅反映了其正常的背景值,为正常衰减曲线。而 x、y 分量的早期响应曲线在 155 m 含矿段均呈现明显异常特征显示,x 分量异常特征为由正快速变负,y 分量则出现较强的由负变正尖峰异常信号;中期响应曲线 x、y 分量特征基本与早期异常特征一致,只是随着延时时间的增大,异常幅值逐渐减弱,根据理论推测该处存在一低阻板状体。

由钻孔综合编录分析可知,在 153.95~154.75 m 段,岩性为碎斑熔岩,构造裂隙以及蚀变发育,铀当量含量为 599×10^{-6} ,为工业矿段。因此,认为该处异常与构造、岩性蚀变因素密切相关。

4.2 广东长排地区

广东长排地区在 ZK8-2 钻孔开展了试验研究,该钻孔位于长江矿区 61 号铀成矿带西侧约 200 m 处,钻孔深度 757.6 m,开孔方位角 274° ,倾角 75° ,0~9.35 m 为 110 mm 套管,9.35~10.40 mm 为 91 mm 套管,10.40~305.19 m 为 75 mm 套管,305.19~757.60 m 为 60 mm 套管。在 225、400 m 左右钻孔内岩石破碎,孔壁坍塌,280~300 m 附近为 18 m 铁质套管。地—井 TEM 测井时由于钻孔孔壁坍塌,为了确保仪器设备安全,探头只能下至 225 m 深度,故测井范围为 20~225 m。

长排地区数据处理及解释也仅采用了早期和中期数据进行处理分析,分别得到随钻孔深度变化的

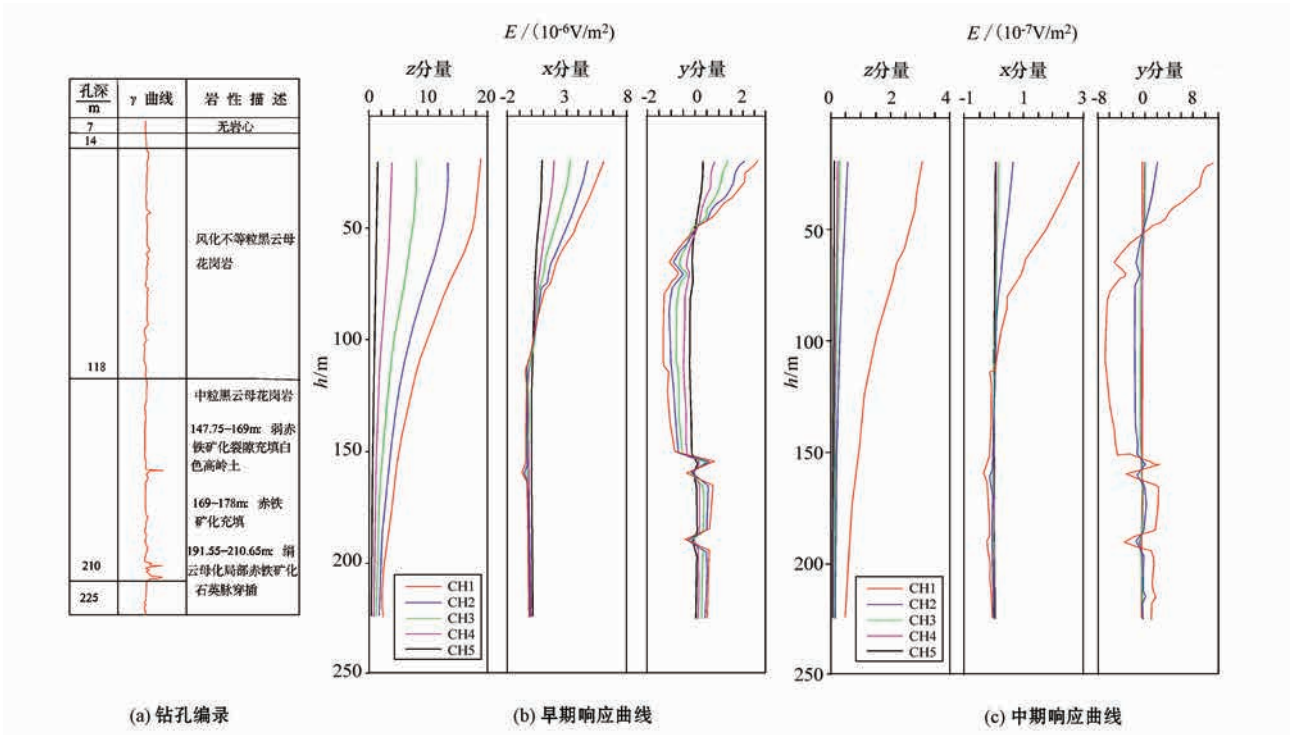


图 5 ZK8-2 编录及地—井 TEM 测量响应曲线

电场强度变化曲线。

由图 5 可知,该孔岩性多为中粒黑云母花岗岩,部分地段为碱交代、绢云母化、赤铁矿化黑云母花岗岩,在 221 m 左右为构造破碎带,岩性主要为高岭土化碎裂岩。伽马测井显示,在井中物探测量范围内,在 159 m、201~209 m 等地段均有铀矿化现象,各该段内构造裂隙发育,石英细脉互相穿插,赤铁矿化发育。

从图 5 可以看出,地—井 TEM 测量响应曲线:20~225 m 无论早期道和中期道,z 分量基本上无明显的异常显示,仅反映了其正常的背景值,为正常衰减曲线;而 x 和 y 分量在早、中期道上,在深度 155 m 和 190 m 两处均有较明显的异常显示,且 y 分量异常响应值大于 x 分量异常。早期道,在 155 m 处异常 y 分量呈先正后负的 S 型两个尖峰异常,x 分量为一弱负尖峰异常;中期道,两处异常同样存在,只是 y 分量更明显,而 x 分量则相对较弱。根据理论推测,在 155 m 处附近有一低阻板状体,且此低阻体靠近 y 方向;在 190 m 处 x、y 向异常均呈负值,表明在该处附近存在有一低阻板状体。

通过对 ZK8-2 地—井 TEM 曲线异常结合收集的钻井资料综合分析,推测 155、190 m 处异常可能为孔深 159、201 m 附近构造破碎带、裂隙密集发育等低阻体的反映,裂隙内高岭土化、石英细脉、赤铁矿化也比较发育,其中在 159 m 处铀含量已达工业

品位,190 m 处铀含量为铀矿化异常。

5 结论

地—井 TEM 的纵向分辨率强,对尺度较小的构造、裂隙、蚀变等良导电目标体反映灵敏,而这些良导电目标体位置与铀矿化紧密相关。

地—井 TEM 测量可以获取钻孔周围的有用信息;对钻孔已见良导电目标体可以进行定位,追踪其延伸方向,为进一步的布钻提供可靠资料。

地—井 TEM 在深部隐伏矿体探测方面具有较好效果,国内少量的应用研究已初现成效。因此在铀矿深部找矿中应推广应用,充分利用矿山可用钻机开展测量,发挥其深部找矿优势,提高找矿效率。

参考文献:

[1] 邓晓红,张杰.地—井 TEM 方法技术简介及应用实例[R].中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,2011.
[2] 牛之琰.时间域电磁法原理[M].长沙:中南工业大学出版社,1992.
[3] 潘和平,马火林,祁明松.井中物探教学内容探讨与改革[J].中国地质教育,2009(2):83-87.
[4] 樊金生,周云海,王备战,等.直流电法在陕南某铜矿深部找矿中的应用及效果[J].矿产与地质,2006,20(4):23-27.
[5] 蔡柏林.钻孔地球物理勘探[M].北京:地质出版社,1986.
[6] 王志宏,曹秋义.物探方法在铀矿山井中、坑道中的应用试验报告[R].核工业航测遥感中心,2012.
[7] 张继锋.井—地电阻率法确定油气藏边界研究[D].西安:长安

大学,2005.

[8] 王志刚,何展翔,魏文博,等.井地电法三维物理模型试验[J].石油地球物理勘探,2005(5):594-597.

[9] 吕玉增,阮百尧,彭苏萍.地-井方位激电观测异常特征研究[J].地球物理学进展,2012(1):201-216.

[10] 王占孝,王显光.安徽胡家碾地区井中地电异常现象探讨[J].山东国土资源,2012(3):33-35.

[11] 曹辉,王绪本,何展翔,等.水平层状介质条件下的井地电磁场响应计算[J].石油地球物理勘探,2012,47(2):338-343

[12] 凌飞.瞬变电磁法低阻层屏蔽问题研究[D].成都:成都理工大学,2015.

[13] 冯思佳.瞬变电磁法及其在工程地质中的仿真研究[D].东北石油大学,2012.

[14] 安然,李桐林,徐凯军.井地三维电阻率反演研究[J].地球物理学进展,2007,22(1):247-249.

The application of well-to-ground TEM method to uranium exploration

CAO Qiu-Yi, WANG Zhi-Hong, SHAN Ya

(Uranium Resources Geophysical Exploration Technology Center of CNNC, Shijiazhuang 050002, China)

Abstract: The well-to-ground TEM Is an advanced borehole geophysical measurement method introduced in recent years. The method is characterized by sensing changes in the secondary field in space and time. With this method, researchers can achieve the purpose of discussing the borehole electrical nature and to discover the bottom hole blind ore or infer the spatial distribution and extension direction of the orebody. In this paper, the authors analyzed the well-to-ground TEM static and dynamic response characteristics and, through the research on well-to-ground TEM measurements in Heshang ZK39-7 in Jiangxi and Changpai ZK8-2 in Guangdong, found that this method can not only reflect lots of broken structure and alteration information around the borehole but also detect the information on the uranium mineralization. The results obtained by the authors provide a more accurate basis for further drilling construction

Key words: well-to-ground TEM;uranium prospecting;deep prospecting;borehole data

作者简介: 曹秋义(1984-),男,工程师,从事物化探工作。