doi: 10.11720/wtyht.2017.3.28
赵兆,范涛,王继矿.瞬变电磁法在靶场寻找弹体的实验[J].物探与化探,2017,41(3):583-586.http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.3.28
Zhao Z,Fan T,Wang J K.The application of transient electromagnetic method to the military shooting range[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2017,41(3):583-586.http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.3.28

瞬变电磁法在靶场寻找弹体的实验

赵兆,范涛,王继矿
(中煤科工集团 西安研究院有限公司,陕西 西安 710077)

摘 要: 军工靶场在进行常规打靶训练或测试时,经常会有大量的金属弹体因脱靶偏离既定轨道,从而留存在靶场周围的土壤中,不易寻找,由此会引发成本与安全等问题。针对这一问题,利用瞬变电磁法来探测靶场中遗失的金属弹体。通过实例说明了瞬变电磁法在军工靶场中寻找遗失弹体的有效性。

关键词: 瞬变电磁法;靶场;金属弹体
中图分类号: P631 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-8918(2017)03-0583-04

0 引言

在军工靶场,由于经常进行各种武器的性能测试,在靶场方圆几公里范围内难免会有各种大小不同的弹体,因为脱靶或者跳弹没有命中既定的目标,从而遗留在靶场周围的地下,深度从几米到十几米不等。这些弹体如果不及时清理,不但会造成弹药的浪费,也会带来安全隐患。因此应及时有效的对这些脱靶的埋藏弹药进行定位探测并进行挖掘回收,以减少遗留弹体造成的安全事故,还可进行二次回收利用。

针对这一问题,目前常用的探测技术主要有电磁法勘探、化学勘探、应力波勘探等。其中,瞬变电磁法具有探测效率高、定位准确等优点,它是一种无损的电磁探测技术,可对地下埋藏的金属物体及相关信息进行解释[1]。由于脱靶弹体与周围土壤之间存在明显的电性差异,可使用瞬变电磁法对其进行定位,从而找回埋藏在土壤中不易被发觉的金属弹体。

1 理论基础

瞬变电磁法是向不接地回线装置发射特定频率的脉冲电流,通过脉冲电流产生的一次磁场信号引起探测目标产生二次场,并且在一次场的发射的间歇时间,使用接收设备来获取二次场信号跟随时间变化的规律,由此可以分析研究探测区域的不规则异常体的位置、形态以及电性特征[2-3]。在进行瞬变电磁法探测之前,首先需要对探测区域的地质情况进行调查,查明地下异常区域与周围岩层之间的电性差异大小,电性差异较大时才适合本方法来进行勘探[4]。

瞬变电磁二次场信号主要来源于地下良导电体的感应电流,接收由地下异常体引起的二次场信号,再结合实地的地质资料就可判断该异常区域所包含的地质信息,从而对该区域的地下地质体的相关物理参数进行分析与解释[5-6]。

军工靶场是我军武器装备建设的重要组成部分,肩负着履行各种武器装备试验鉴定的职能,是我国新型武器装备战斗力生成、验证武器装备体系对抗能力的重要组成部分。而在靶场日常测试中,偶尔有脱靶或者跳弹,即武器弹药未能命中既定目标,散落在靶场周围,留下了安全隐患。由于脱靶弹大多是金属材质,其自身电阻率与周围土壤电阻率有较大差异,因此,可利用瞬变电磁法来对脱靶弹进行探测[7]。

收稿日期: 2016-08-01
作者简介: 赵兆(1981-),男,陕西韩城人,助理研究员,硕士,主要从事地球物理勘探工作。Email:zhaozhao@cctegxian.com
万方数据

2 实验方案设计

由于兵工靶场的特殊性,其选址通常位于人烟稀少的位置,遗失弹体与周围土壤介质存在明显的电性差异,因此应及时对遗失弹体进行探测。由于被探测物体有可能是体积较大的炮弹,也可能是体积较小的子弹,应根据靶场实地探测需求,可在被探测物体地表设计 2 m×2 m 或更小的探测网格,覆盖面积为被探测区域 2 倍以上即可。

本次试验应某兵器实验厂的要求,试验场地位于靶场外的农田内,探测目标为一枚脱靶的钻地弹,如图 1 所示,直径 250 mm,长度 1.2 m,根据靶场处理脱靶弹经验,预计深度在 3~5 m。

图 1 探测目标示意

根据已知信息,设计初步勘探网格为 2 m×2 m,试验测点布置如图 2 所示。在初步勘探完成之后,针对异常区域 6 线 12 点位置进行了加密探测。

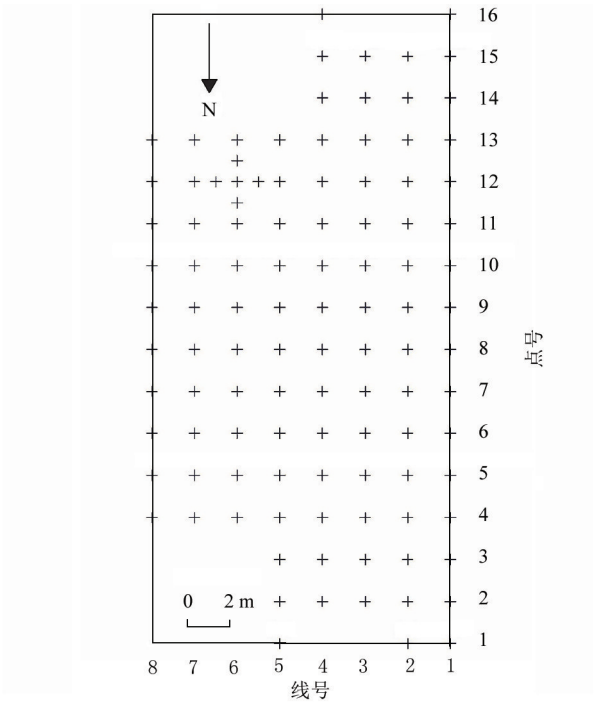

图 2 试验测点布置

考虑到探测区域地下覆盖层为湿土壤,电阻率值从 0.1 Ω·m 到 6 Ω·m,地下介质的靶场探测深度一般为 5 m 之内,选用了探测时间较长的低频,并增加了观测道数,具体试验参数设置见表 1。

表 1 靶场瞬变电磁法试验参数

观测装置类型	小线框中心回线装置
采样率	500 K
激发频率	6.25 Hz
叠加次数	500 次
发射回线参数	2 m×2 m×10 匝
接收探头	磁探头(等效面积 454 m^2)
发射电流	约为 1.75 A
增益	10 倍
观测道数	150 道

3 实验数据处理

数据处理大体包括 3 个步骤:首先是对原始数据进行坏点剔除,其次是对剔除坏点后的数据进行滤波圆滑,最后是作反演处理并绘制图件,具体处理流程见图 3。

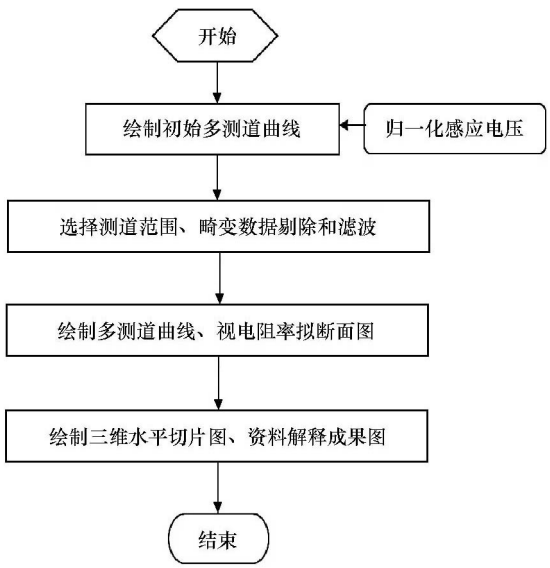

图 3 瞬变电磁资料处理流程

图 4 是工作区的原始数据多测道感应电位曲线,横坐标 1 号点对应 1 线 1 点,106 号点对应 8 线 13 点。从图上可以看到红圈中的曲线形态与其他测点明显不同,该位置对应 6 线 12 点及其周围的加密测点。在 6 线多测道图(图 5)上可以看到,22 m(12 号点)有明显异常,同时加密的 21 m(11.5 号点)与 11 m 处(6.5 线)也有较弱的异常反映。此时,在现场根据仪器显示的多测道图,已经可以圈定异常体(脱靶钻地弹)的平面位置。

为测试仪器的稳定性,防止出现误判,针对 6 线 12 点做了复测(图 6),结果显示一致性很好。

万方数据

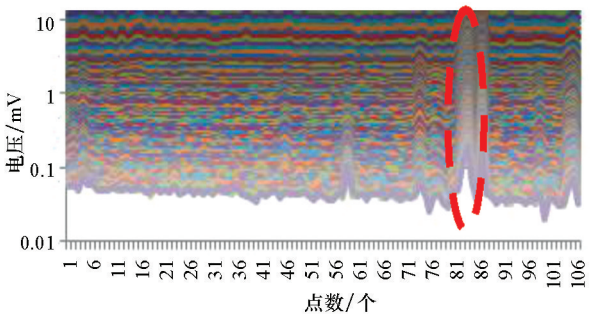

图 4　原始数据多测道感应电位剖面

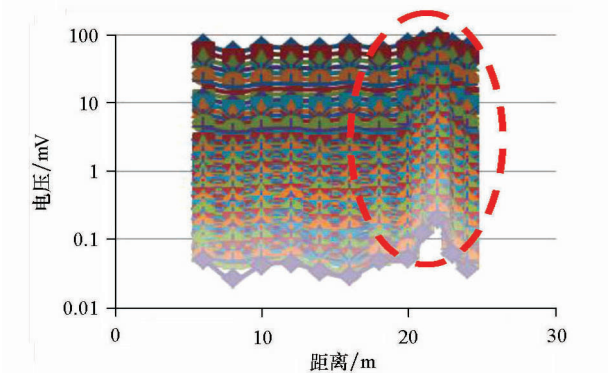

图 5　6 线多测道感应电位测量结果

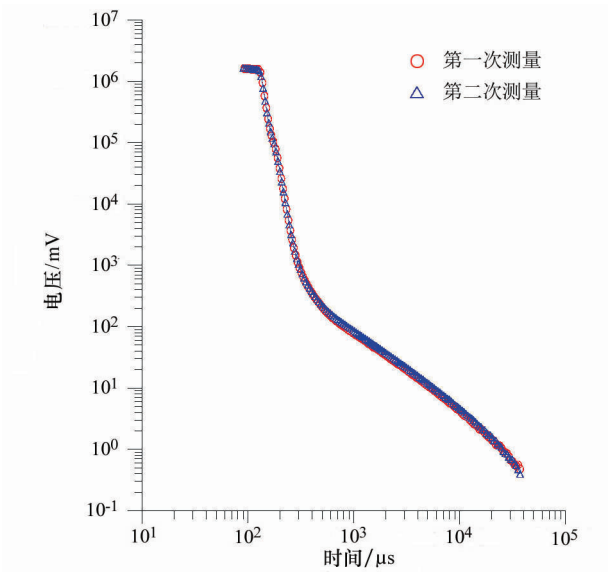

图 6　6 线 12 点一致性对比

反演采用文献[8]中的拟地震反演方法,为便于解释,只给出从多测道图上判断出有异常的 6 线和 12 点的反演电阻率剖面。图 7、图 8 分别为过 6 线 12 点的 2 条互相垂直的反演电阻率断面,可以看到地下介质从 1.5 m 深度以下电阻率逐渐降低的层位,说明 1.5 m 以下可能存在含水层位,与挖掘情况吻合;在图中红色圈出的位置,深度 3.5~5 m 处有孤立低阻异常体反映,推测应是脱靶钻地弹的响应。

图 9 是处理后的深度为 4 m 的电阻率平面,可

万方数据

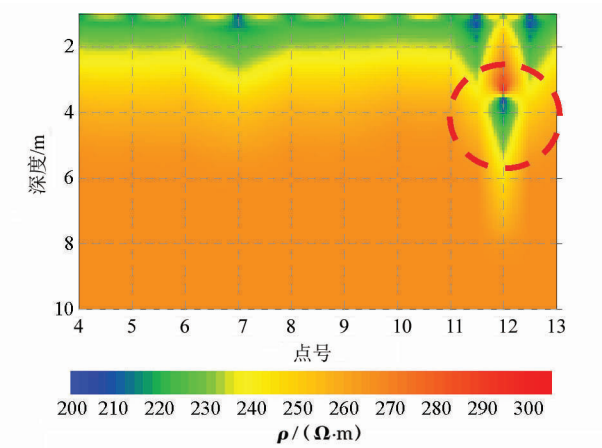

图 7　6 线反演电阻率断面

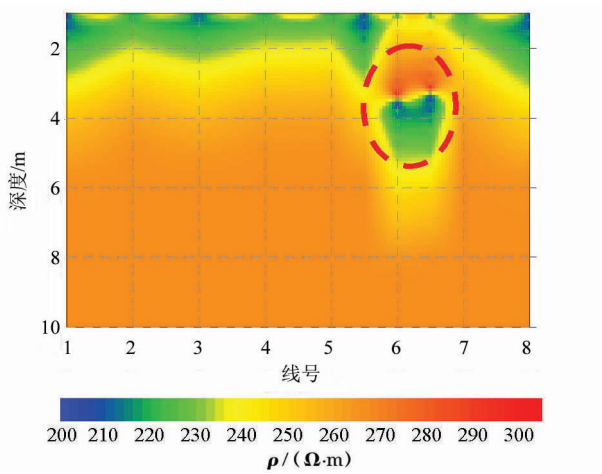

图 8　12 点反演电阻率剖面

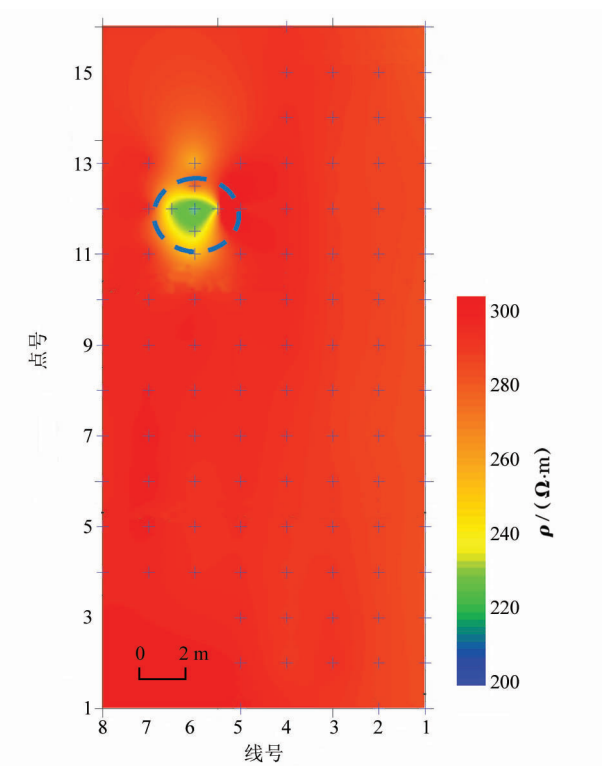

图 9　工作区反演电阻率平面

以看到在 4 m 深度层位的平面图上,最主要的异常仍然表现在 6 线 12 点和 6.5 线 12 点,其次是 6 线 11.5 点,验证了现场根据多测道图画出的异常区域,经靶场方开挖施工,脱靶弹体实际位置与数据处理结果相符。

4 结语

国家靶场是对武器装备系统进行检测与鉴定的机构,在大量进行的武器实验中,需要对偶尔脱靶的武器弹药进行回收再利用,对当脱靶弹体与周围土壤介质有明显电性差异时,利用瞬变电磁法可以对其进行快捷、高效的进行探测。此次实验证明了瞬变电磁法可以用来勘探地下炮弹,而且效果较好,达到了预期的试验目的。

参考文献:

[1] 何展翔,罗延钟.西方地面瞬变电磁法理论的发展现状[J].国外地质勘探技术,1989(1):1-8.

[2] 蒋邦远.实用近区磁源瞬变电磁法勘探[M]. 北京:地质出版社,1998.

[3] 牛之琏. 脉冲瞬变电磁法及应用[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1992.

[4] 朴化荣.电磁测深原理[M].北京:地质出版社, 1998.

[5] 静恩杰,李志聃.瞬变电磁法基本原理[J]. 中国煤田地质,1995,7(2):83 - 87.

[6] 嵇艳鞠.浅层高分辨率全程瞬变电磁系统中全程二次场提取技术研究[D]. 吉林:吉林大学,2004.

[7] 洛刚.国家靶场开展装备作战试验问题研究[J] .装备学院学报,2013,24(1):114 - 118.

[8] 范涛.应用瞬变电磁虚拟波场成像方法检测井下煤层气水力压裂效果的试验研究[J].煤炭学报,2016(7):1762 - 1768.

The application of transient electromagnetic method to the military shooting range

ZHAO Zhao, FAN Tao, WANG Ji-Kuang

(*Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp*, *Xi'an* 710077, *China*)

Abstract: During the military shooting range target practice or routine test, a large amount of metal elastomer is likely retained in the soil surrounding the shooting range, which is not easy to find, and this will lead to cost and other safety issues. To solve this problem, this paper proposes a means to detect the lost metal elastomer with the transient electromagnetic method. Theoretical and case analysis of the transient electromagnetic technology was performed in finding lost elastomer in the military shooting range, and the results show that the detection is satisfactory.

Key words: transient electromagnetic method; shooting range; metal projectile

(本文编辑:沈效群)

万方数据