

基于Grapher软件绘制瞬变电磁法多测道剖面曲线图

刘宽宏 刘才华* 冉军林

中核核工业集团二一四大队有限公司 陕西西安 710100

摘要: 瞬变电磁法具有工作效率高、经济成本低、高阻围岩中找低阻地质体灵敏度优异的优点使其常用于近地表考古、金属未爆武器探测、煤田采空富水区勘查、金属矿山勘探。技术规程中将多测道剖面曲线图规定为瞬变电磁法成果图件之一，常配合视电阻率断面图、视电阻率—时间拟断面图综合研究来对异常进行定性解释来判断异常的性质及其形态与产状。本文作者团队针对当前鲜有绘制此图件方法的公开出版物现状，总结出一套基于Grapher软件绘制瞬变电磁法多测道剖面曲线图的方法，可实现该图件绘制和提高作图效率。

关键词: 瞬变电磁法；多测道剖面曲线图；感应电动势；Grapher软件

Drawing of Transient Electromagnetic Multi-channel Profile Graph based on Grapher Software

Kuanhong Liu, Caihua Liu*, Junlin Ran

Sino Shaanxi Nuclear Industry Group 214 Brigade Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710100

Abstract: Transient electromagnetic method has the advantages of high efficiency, low economic cost and excellent sensitivity to find low resistance geological body in high resistance surrounding rock, so it is often used in near-surface archaeology, metal unexploded weapon detection, coal mining and water-rich area exploration, metal mine exploration. The multi-channel profile curve is defined as one of the tem result maps in the technical regulations, and it is often used in combination with the comprehensive study of the apparent resistivity section and the apparent resistivity - time pseudo section to conduct qualitative interpretation of anomalies to judge the nature, shape and occurrence of anomalies. In view of the current situation that there are few public publications of this graph drawing method, the authors and their team have summed up a set of methods to draw the multi-channel profile graph of transient electromagnetic method based on Grapher software, which can realize the graph drawing and improve the efficiency of the drawing.

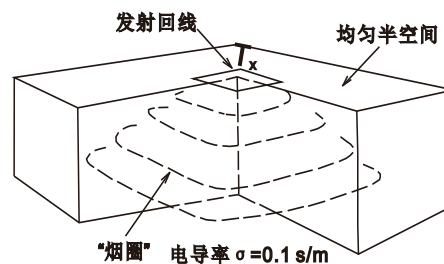
Keywords: Transient electromagnetic method; Multi-channel profile graph; Induction electromotive force; Grapher software

引言:

瞬变电磁法具有工作效率高、经济成本低、高阻围岩中找低阻地质体灵敏度优异的优点^[1-4]，常用于近地表考古^[5]、金属未爆武器探测^[6]、煤田采空富水区勘查^[7]、金属矿山勘探^[8]。在磁性源和电性源两种方法各自的技术规程中都将多测道剖面曲线图规定为成果图件之一，配合视电阻率断面图、视电阻率—时间拟断面图综合研究来对异常进行定性解释，判断异常的性质及其形态与产状^[9, 10]。实际生产项目需要向甲方业主提交CAD或MAPGIS格式的多测道剖面曲线图，而多数仪器预处理软件不支持导出CAD格式的多测道剖面曲线图，鉴于当前鲜有公开出版物介绍绘制此图件的方法^[11]，本文立足当

前生产项目内业作图需求现状提出一种基于Grapher软件来绘制此图件的方法。经实践证实该方法简捷高效，可以在实际生产中推广使用，也为从事瞬变电磁法软件开发的技术人员提供思路借鉴。

1 瞬变电磁法原理



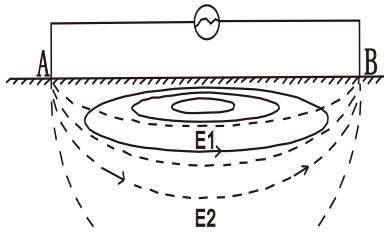


图1 瞬变电磁法发射源装置示意图

(上: 磁性源瞬变电磁法^[12]; 下: 电性源瞬变电磁法^[13])

如图1所示, 磁性源瞬变电磁法和电性源瞬变电磁法本质区别在于它们激励电磁场的方式不同。由于电性源需要接地使长导线与大地构成回路, 大地中存在因感应产生的水平感应流E1和垂直感应流E2, 因此电性源瞬变电磁场中存在生TE和TM两种极化模式, 而回线源只存在TE模式^[13]。磁性源瞬变电磁法从发射接收装置类型方面分为大定源装置、中心回线装置、偶极装置和重叠回线装置, 其中大定源装置采用发射线圈固定接收线圈在其内部按测网逐点测量的方式外, 其他三种装置采用发射线圈和接收线圈同时在测网上进行测点的数据采集。而电性源瞬变电磁法观测系统是布置好发射源AB后, 采用短偏移距或长偏移距的方式, 在AB发射源导线两侧一定位置范围内进行面积性旁线测量, 观测网度要求与磁性源瞬变电磁法的规范相同^[14, 15]。电性源瞬变电磁法较磁性源瞬变电磁法具有探测深度大、抗干扰能力强、复杂地形施工便捷的优点正在快速推广。

2 多测道剖面曲线图绘制方法

无论是磁性源瞬变电磁法还是电性源瞬变电磁法, 接收线圈(测量dB/dt)或磁强度计(测量B)的测量数据最终在预处理过程中都归一化后换算为感应电动势dB/dt, 将同一测线的同一时间道的感应电动势值按测点号排列在同一张图上绘制成该测线的多测道剖面曲线图。图件以二维形式绘制, 图的横轴表示测点号, 纵轴表示以10为底取对数后的感应电动势值, 各时间道按采集时间从前到后在图上从上到下绘制出。各时间道上感应电动势曲线反映的是该测线上各测点同一时刻二次场感应电动势变化趋势, 一定程度上反映出测线地下电性差异变化。

表1 数据格式

测点号	时间道1		时间道2		时间道m	
1	t1	dB/dt 1	t2	dB/dt 1	tm	dB/dt 1
2	t1	dB/dt 2	t2	dB/dt 2	tm	dB/dt 2
3	t1	dB/dt 3	t2	dB/dt 3	tm	dB/dt 3
n	t1	dB/dt n	t2	dB/dt n	tm	dB/dt n

绘图之前将测线上各测点数据整理成上述表1所示数据文件格式以备在Grapher中进行绘制。第一列为测点号, 第二列为时间道t1单位为毫秒(ms), 第三列为t1道时刻各测点对应的归一化后感应电动势值(dB/dt n), 第四列为时间道t2单位为毫秒(ms), 第五列为t2道时刻各测点对应的归一化后感应电动势值(dB/dt n), 从左往右从上到下依次类推整理。不同的瞬变电磁数据采集仪器(如加拿大V8、美国GDP32、骄鹏EMT系列、地大华睿CUGTEM-8等)配套的预处理软件导出多测道数据格式各有差异, 建议结合具体仪器实际情况手动复制粘贴整理或使用编程语言自动化整理。按表1格式进行各测线数据文件整理后, 导入Grapher软件中将X轴设置为第一列点号, Y轴设置选择该时间道tm所在列并设为log10取对数, 手动将各时间道感应电动势曲线逐条完成绘制并添加图例配色后导出.dxf的CAD交换格式和JPG格式, 也可以参考本文数据格式整理和属性设置的绘图思路使用Visual Basic、F#或C#语言调用Grapher的COM接口进行二次开发来实现整个工区多条测线的多测道曲线批量绘制和导出以备出图打印或插入项目报告。将.dxf的CAD交换格式文件导入MAPGIS软件中进行图层整理、线区整理即可完成MapGIS格式图件转换。

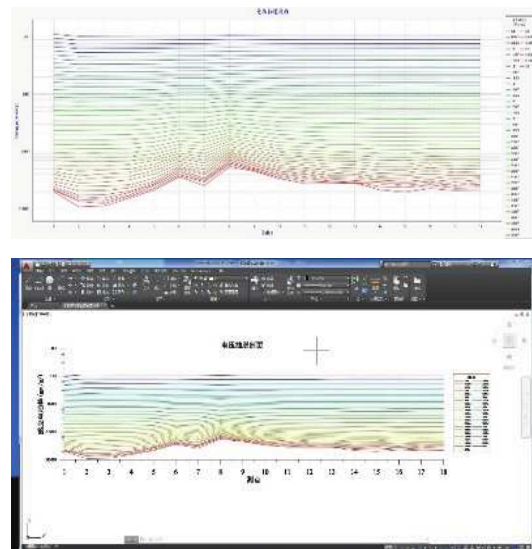


图2 成果比较

(上: 仪器预处理软件显示;

下: 本文方法导出的CAD图件)

本文以西安市某考古现场使用骄鹏科技(北京)有限公司的EMT1200中功率发射机发射EM3W多功能采集站进行磁性源瞬变电磁数据采集的某测线为例, 该测线共18个测点43个时间道。如图2所示, 通过对比仪器配套预处理软件显示的该测线多测道剖面曲线图和本文

提出方法在Grapher软件中绘制的多测道剖面曲线图在AutoCAD 2016中打开对比发现坐标轴比例、自定义图例颜色、感应电动势曲线形态相吻合,且本文方法能够进行个性化调整曲线颜色、添加图例和项目责任表,满足生产项目实际需求。

3 结论

本文提出一种基于Grapher软件来绘制瞬变电磁法多测道曲线图的方法,经实践证实该方法简捷高效,可以在实际生产中推广使用,也为从事瞬变电磁法软件开发的专业技术人员提供思路借鉴。

参考文献:

- [1]刘国兴.电法勘探原理与方法[M].北京:地质出版社,2005.
- [2]牛之琰.时间域电磁法原理[M].长沙:中南大学出版社,2007.
- [3]李金铭.地电场与电法勘探[M].北京:地质出版社,2005.
- [4]闫述,陈明生,傅君眉.瞬变电磁场的直接时域数值分析[J].地球物理学报,2002(02):275-284.
- [5]武军杰,吕国印,赵敬洗.瞬变电磁技术探测古墓陪葬金属器皿的应用效果[J].物探化探计算技术,2007(S1):47-50.
- [6]Holladay J S, Doll W E, Beard L P, et al. UXO Time-Constant Estimation from Helicopter-Borne TEM Data[J]. Journal of Environmental & Engineering Geophysics, 2006, 11(1):43-52.
- [7]刘洋.地面电法勘探在多层煤采空区积水探测中的应用[J].山东煤炭科技,2019(07):183-186.
- [8]王兴春,邓晓红,陈晓东,张杰,武军杰,智庆全,杨毅.基于高温超导的瞬变电磁法在青城子矿集区的应用[J].地球科学,2021,46(05):1871-1880.
- [9]DZ/T 0187-2016,地面磁性源瞬变电磁法技术规范[S].
- [10]JT/CGS 002-2021,电性源短偏移距瞬变电磁法勘探技术规范[S].
- [11]张龙科.基于Python语言的瞬变电磁多测道图绘制[J].陕西煤炭,2020,39(04):123-125.
- [12]刘树才,岳建华,刘志新.煤矿水文物探技术与应用[M].中国矿业大学出版社,2005.
- [13]陈卫营.短偏移距电性源瞬变电磁法研究[D].桂林理工大学,2012.
- [14]薛国强,闫述,陈卫营.电性源瞬变电磁短偏移探测方法[J].中国有色金属学报,2013,23(9):2365-2370.
- [15]陈卫营,薛国强.电性源短偏移距瞬变电磁法数据处理软件系统SOTEMsoft[J].地球科学与环境学报,2021,43(6):1050-1056.