

文章编号:1672-3961(2009)04-0050-03

瞬变电磁对含水层的超前探测效果分析

孙亮

(中铁十四局集团有限公司隧道工程分公司, 山东 济南 250002)

摘要:在隧道开挖过程中,掌子面前方多存在充水、充泥断层或裂隙等地质病害体形成的含水夹层.基于等效导电平面法基础上的视纵向电导二次微分成像方法,利用“H”型地电模型理论得到含水夹层的视纵向电导微分成像响应特征和识别方法,提出视电阻率和视纵向电导相结合进行含水夹层的探测方法,以此来指导瞬变电磁法在隧道内的超前地质预报工作,提高了瞬变电磁探测的精度及准确度.

关键词:瞬变电磁;含水夹层;视纵向电导;超前探测

中图分类号:P631 **文献标志码:**A

The effect analysis of advanced detection of water interbed by TEM

SUN Liang

(Tunnel Project Branch, The 4th Engineering Co. LTD. of China Railway, Jinan 250002, China)

Abstract: During tunnel excavation processes, some geological diseases such as water-filled or mud filled cracks and other geological faults, often occur in front of the working face, which usually exist in a form of the water interlayer. By means of apparent longitudinal conductance quadratic differential coefficient imaging based on the equivalent conductive plane method, the response characteristics and the identify method of the apparent longitudinal conductance quadratic differential coefficient imaging were obtained through the “H”-type geoelectricity model. Then, the effect of water interbed advance detection was analyzed by way of apparent longitudinal conductance quadratic differential coefficient imaging. The conclusions can be used to direct the transient electromagnetic method in tunnel geological forecast and to improve the accuracy of TEM detection.

Key words: transient electromagnetic; water interbed; apparent longitudinal conductance; advanced detection

0 引言

在隧道开挖过程中,掌子面前方往往存在充水、充泥断层或裂隙,还可能发育有溶蚀管道或暗河等,这些地质病害体一旦没有被预报出来,将会影响隧道开挖施工进度,甚至会造成工程事故或人员伤亡.因此,对于隧道掌子面前方的探测就显得很重要、也很有意义.对于这些地质病害体的预报方法已有多种,瞬变电磁法^[1-2](transient electromagnetic method, TEM)无疑是这些方法中最有发展前景的一种.由于瞬变电磁法对低阻体反应灵敏,具有无损性,成本

低,工作效率高等特点,在探测隧道掌子面前方含水或充泥断层、裂隙和破碎带等不良地质体上得到了越来越广泛的应用.掌子面前方这些地质病害体往往又以一种含水夹层的形式存在,于是,本文拟对掌子面前方含水夹层的瞬变电磁探测效果开展相应的研究分析.国内外关于瞬变电磁探测含水构造相关文献较多,但大多数都是针对煤矿不同含水构造探测的应用研究^[3-7],而隧道掌子面前方含水构造探测的文献相对要少很多.本文拟采用建立在等效导电平面法^[1-2]基础上的视纵向电导微分成像来研究掌子面前方含水夹层响应特征和识别方法,来提高瞬变电磁对隧道掌子面前方含水夹层的探测效果.

收稿日期:2009-05-20

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(2007CB209407)

作者简介:孙亮(1977-),男,山东淄博人,高级工程师,研究方向为隧道超前地质预报和治理. E-mail: sunhina@163.com

1 “H”型地电模型的视纵向电导及其微分成像

关于视纵向电导的定义及详细计算过程可以参见文献[1],这里主要以“H型”地电模型的计算结果来对视纵向电导及其一、二次微分曲线的对应关系进行详细说明.由于“H型”地电模型属于三层模型,中间为低阻,两边为高阻,因此,它可以等效于一个含水夹层模型,通过分析此模型,可从理论上获得含水夹层的视纵向电导微分成像响应特征和识别方法.

从图1可以看到,在良导层的 S_r 曲线上升较快,对应的视纵向电导曲线斜率大,高阻层的斜率则比良导体(低阻层)的小,各线段的斜率值与相对应层位的纵向导值相近;一次微分 dS_r/dh_r 的阶跃位置对应着 S_r 曲线转折点的位置;二次微分 d^2S_r/dh_r^2 曲线的极值点位置分别对应着 S_r 曲线的斜率突变点位置,且由高阻向低阻转变的突变点位置对应着一阶导数曲线的正阶位置和二阶导数曲线的正极值,而由低阻过渡为高阻 S_r 曲线突变点位置则对应着相应的负阶跃位置和负极值位置.可见,将视纵向电导曲线进行微分处理后,原曲线转折点对应于二次导数曲线上的极值点,并且在二次导数曲线上更加突出.

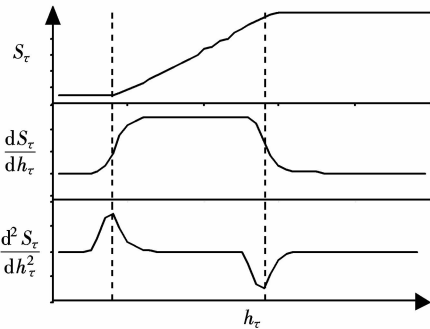


图1 “H型”断面的视纵向电导及其微分曲线对应关系
Fig.1 Relation between apparent longitude conductance and its differential coefficient curve of “H type section”

2 工程应用实例分析

为了验证基于等效导电平面法的视纵向电导二次微分成像在实际隧道超前地质预报中的应用效果,以沪蓉西高速公路隧道的某次瞬变电磁超前地质预报工作实例进行说明.

本实例中,隧道掌子面前方的岩层基本处于灰岩地带,裂隙节理发育,溶蚀现象严重.为了有效探测掌子面前方的水体等不良地质体,这里采用的工

作参数为:中心回线装置,探头接收,回线边长3m,线圈匝数6匝,点距0.4m.探测结果见图2.

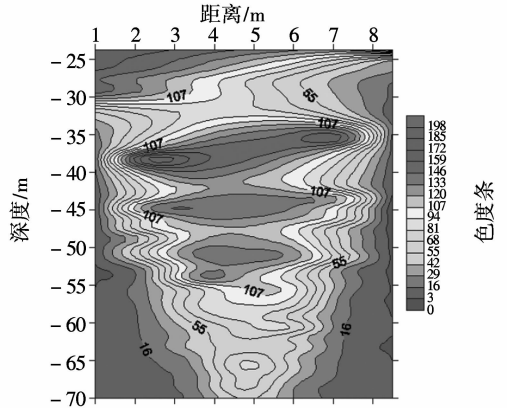


图2 视电阻率断面等值线
Fig.2 Apparent resistivity section contour

图2和图3分别为基于等效导电平面法所计算得到的视电阻率断面等值线图 and 视纵向电导二次微分成像图.图4为隧道开挖结果与地质解释成果图,其中虚线表示推断的结构面,粗实线表示开挖后的结构面.

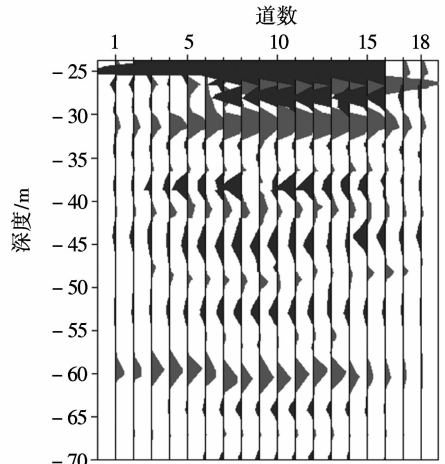


图3 视纵向电导二次微分成像
Fig.3 Apparent longitudinal conductance quadratic differential coefficient imaging

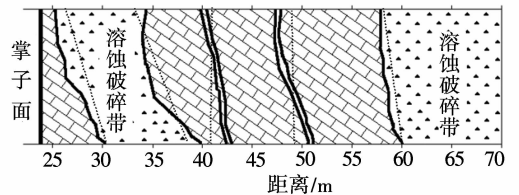


图4 开挖结果及地质解释成果图
Fig.4 Excavation results and the geological interpretation

依据采集到的原始数据情况,这里解释的深度范围是从25~70m.从图2的视电阻率等值线图可以看出掌子面前方30m附近存在一明显的低阻夹层,在图3的视纵向电导二次微分成像中,约30m处也有一幅值较大的分界面.与开挖结果(见图4)

相符,但视纵向电导二次微分成像反映出的界面信息更加丰富,位置更加准确,比较薄的一些结构面或岩性分界面都能有所反映,如视纵向电导二次微分成像图中大约 42 m 和 48 m 处都有一较明显的界面响应,开挖结果显示这两个位置均发育有充水裂隙,这就证明了,视电阻率等值线图不容易判断的低阻薄层,在视纵向电导二次微分成像中可以得到较好地显示.另外,约 60 m 处的界面响应与开挖结果也非常符合.这进一步说明了视纵向电导二次微分成像在识别电性分界面的优势.然而,视纵向电导二次微分成像只反映掌子面前方的纵向电性变化界面及深度信息,不能看到不同空间位置的视电阻率变化情况,也不能像视电阻率等值线图那样可以比较直观、形象地圈出异常体.因此,在利用等效导电平面法进行资料解释的时候,应该结合视电阻率断面等值线图和视纵向电导二次微分成像一起进行解释判断.

3 结论和建议

结合前面的分析研究,对于隧道掌子面前方含水夹层的瞬变电磁探测,可以总结得到以下几点结论和建议:

(1)相比于视电阻率断面等值线成像,基于等效导电平面法的视纵向电导二次微分成像对于电性界面的响应特征较明显,可在较早的时间范围内,以较高的灵敏度和信噪比将电性层分辨得很详细.

(2)基于等效导电平面法的视纵向电导二次微分成像可以对隧道掌子面前方夹层进行有效识别.掌子面前方含水层厚度越大,视纵向电导二次微分成像的界面响应特征都会越明显,反之则越不容易分辨.

(3)在进行掌子面前方含夹层的瞬变电磁探测时,最好结合视电阻率等值线图与视纵向电导二次微分成像来进行解释.这样可以得到掌子面前方更

加丰富的地质信息,解释成果会变得更加全面、准确.

参考文献:

- [1] 李貅. 瞬变电磁测深的理论与应用[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2002.
LI Xiu. Theory and application of transient electromagnetic sounding[M]. Xi'an: Shaanxi Science & Technology Press, 2002.
- [2] 牛之琰. 时间域电磁法原理[M]. 长沙:中南大学出版社,2007.
NIU Zhilian. Theory of time domain electromagnetic [M]. Changsha: Zhongnan University Press, 2007.
- [3] 刘白宙. 井下瞬变电磁技术在探测煤矿老空水方面的应用[J]. 地震地质,2007,29(3):687-691.
LIU Baizhou. The application of underground transient electromagnetic method(TEM) to detecting goaf water[J]. Seismology and Geology, 2007, 29(3):687-691.
- [4] 严良俊,陈清礼,胡文宝,等. 灰岩溶洞发育区浅层瞬变电磁法找水效果[J]. 工程地球物理学报,2004(1):83-90.
YAN Liangjun, CHENG Qingli, HU Wenbao, et al. Exploration trials for underground water in karst caverns by shallow transient electromagnetic method[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2004(1):83-90.
- [5] BUSELLI G, BARBER C, DAVIS G B, et al. Detection of groundwater contamination near waste disposalsites with transient electromagnetic and electrical methods[J]. Geo-technical and Environmental Geophysics, 2005(5):512-519.
- [6] COOPER N J, SWIFT R. Application of TEM to cyprus-type massive sulphide exploration in Cyprus[J]. Geophysics, 2004(59):202-214.
- [7] FITTERMAN D V, STEWART M T. Transient electromagnetic sounding for groundwater[J]. Geophysics, 2006(51): 995-1005.

(编辑:孙培芹)