

# 等值反磁通瞬变电磁法在隧道超前地质预报中的应用研究

邓冶

辽宁省化工地质勘查院有限责任公司

**摘要:**近年来,我国铁路建设迅猛发展,其中,隧道超前地质预报工作在隧道开挖和施工过程中,发挥重要的作用。瞬变电磁法是预报方法中的一种,可查明含水地层、岩溶洞穴与通道、煤矿采空区、深部不规则水体等,在提高探测深度和在高阻地区寻找低阻地质体是最灵敏的方法,具有自动消除主要噪声源,且无地形影响,是一种极具发展前景的预报方法。

**关键词:**瞬变电磁法;超前地质预报;隧道开挖

## 概述

隧道超前地质预报物理勘探法:包括弹性波反射法(地震波和声波法)、电磁波反射法、电法、放射性监测等。用爆破、激振装置等手段产生弹性波或用仪器发射电磁波,对不同界面反射回的波形进行分析,预测、预报隧道前方的工程地质、水文地质情况,其占用隧道循环时间较少,方便施工。

瞬变电磁法是一种时间域电磁法,它是利用阶跃波形电磁脉冲激发,利用不接地回线向地下发射一次场,在一次场断电后,测量由地下介质产生的感应二次场随时间的变化,来达到寻找各种地质目标的一种地球物理勘探方法。可适用探测隧道工作面前方的地质情况,包括断层、溶洞和富水带的位置和规模。本方法可用于断层破碎带等富水带探测。

隧道瞬变电磁超前探测多采用中心回线装置,适用于在狭小的掌子面上探测较远深度,有效预报距离可达掌子面前方30~60m。连续探测时前后两次重叠应在5m以上。

## 一、预报原理

等值反磁通瞬变电磁法(OCTEM)是测量等值反磁通瞬态电磁场衰减扩散的一种新的瞬变电磁法。以相同2组线圈通以反向电流时产生等值反向磁通的电磁场时空分布规律,采用上下平行共轴的两组相同线圈为发射源,且在该双线圈源合成的一次场零磁通平面上,测量对地中心耦合的纯二次场,装置示意图1-1。双线圈在地面发射瞬态脉冲电磁场信号,其中一组线圈置于近地表面,在瞬态脉冲断电瞬间,近地表叠加磁场最大,因此,在相同的变化时间下,感应涡流的极大值面集中在近地表,感应涡流产生的磁场最强,随着关断间歇的延时,地表感应涡流逐渐衰减又产生新的涡流极大值面,并逐渐向远离发射线圈的深部、边部方向扩散,即为M. N. Nabighian形象描述的瞬变电磁法的“烟圈效应”(图1-2)。涡流极大值面的扩散速度和感应涡流场值的衰减速度与大地电性参数有关,一般在非磁性大地中,主要与电导率有关:大地电导率越大,扩散速度越小,衰减得越

慢。根据地表接收到的涡流场信号随时间的衰减规律即可获得地下电导率信息,这就是等值反磁通瞬变电磁法的物理原理。

## 二、工作及现场布置

贴掌子面布置测点27个,现场具体探测方式与测点布置如下图:

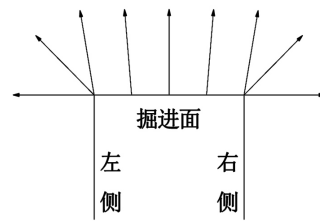


图2-1 探测测点示意图

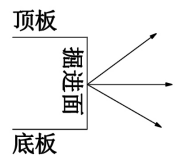


图2-2 探测方向示意图

探测方式:从掌子面左侧开始以45°布置测点,至迎头右侧为止共布置9个测点。每个测点按如图2-2所示分三个方向探测,探测掌子面正前方、斜上方30°顶板、斜下方30°底板,岩层的电性变化情况。

## 三、围岩地质情况判断原则

1. 探测结果是通过间接测量掌子面前方围岩视电阻率值,得到前方围岩视电阻率等值线图。
2. 视电阻率等值线图利用“蓝-青-绿-黄-红”国际标准化色填充,其中蓝色系代表低阻(富水性好或破碎)、红色系代表高阻(围岩完整或富水性差)。
3. 成果图中,粉色矩形区域为隧道俯视空间;蓝色填充区域为异常段落。

## 四、结束语

1. 瞬变电磁法与其他物探方法一样,具有多解性。隧道内施工条件复杂,干扰因素多,物探资料分析及评价受到一定限制,这也是隧道超前地质预报的难点之一。
2. 物探不能代替钻探。建议在异常部位选择性布置一定的钻探验证工程,并做进一步水文地质调查与分析。
3. 在应用物探资料时,应充分发挥现场技术人员丰富的实践经验和现场情况了解全面的优势,将物探结果与已知地质资料、水文地质资料结合起来综合分析,可以取得更好的探测效果。
4. 瞬变电磁法超前探测结果反映了围岩原始状态下的电性分布状态,在巷道掘进过程中,由于岩层破坏扰动,会造成富水区域重新分布。应密切注意由于掘进影响造成的水文地质情况的变化,适时采取物探或者钻探等相应措施,确保隧道安全掘进。

## 参考文献

[1] 张军,李貅,赵莹.瞬变电磁法在岩溶水勘查中的应用[J].工程地球物理学报,2011,(5):521-524. doi:10.3969/j.issn.1672-7940.2011.05.002.

[2] 朱正国,卿志.时域瞬变电磁法在裸露灰岩地区岩溶探测研究[J].铁道勘察,2004,(1):45-48. doi:10.3969/j.issn.1672-7479.2004.01.011.

[3] 杨金凤,庞炜,王世杰,等.瞬变电磁法在城市岩溶探测中的应用[J].工程勘察,2014,(12):88-93.

[4] 秦良,朱国维,张庆朝,等.瞬变电磁法在井巷掘进超前预报中的应用[J].勘察科学技术,2016,(4):58-61. doi:10.3969/j.issn.1001-3946.2016.04.016.

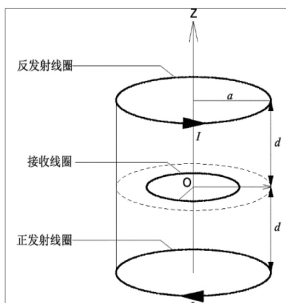


图1-1 等值反磁通瞬变电磁装置示意图

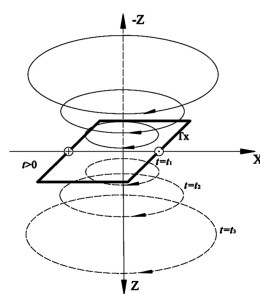


图1-2 全空间瞬态涡流极大值扩散示意图