瞬变电磁法在掘进巷道水害探测中的应用

赵 辉，熊祖强，王 文

（河南理工大学 能源科学与工程学院，河南 焦作 454000）

摘 要:简要介绍了瞬变电磁超前探测技术的原理与方法,及某矿二水平皮带下山和 13 皮带上山 2 个掘进工作面前方 80 m 范围内岩层赋水情况进行多角度、多方位的探测,探讨了瞬变电磁法的应用效果,并提出了防治水的建议,为巷道安全掘进、避免严重水害事故的发生提供参考依据。

关键词:瞬变电磁；掘进工作面；超前探测

中图分类号:TD704 **文献标识码**:B **文章编号**:1008-8725(2010)11-0097-03

Application of TEM to Water Disasters Exploration in Excavation Roadway

ZHAO Hui, XIONG Zu-qiang, WANG Wen

(School of Energy Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: The principles of transient electromagnetic method (TEM), and multi-angle, multi-directional detection of rock water stadus in the rang of 80m at front of two levels belt down-hll and 13 belt up-hill are briefly introduced in this paper. The effect of TME method is analyzed, the proposals are proposed to preventi and control water, and the reference is provided to avoid the occurrence of water disaster and roadway's security excavation.

Key words:transient electromagnetic method (TEM); excavation working face; advanced detection

0 引言

水害作为影响矿井安全生产的“五害”之一,应对其加强治理和防范。为避免水害事故的发生,了解掘进工作面前方一定范围内岩层的赋、导水性及其分布情况等,对于巷道安全掘进及防治水害意义重大。瞬变电磁法具有定向性好、探测距离大、分辨率高、对水敏感性强等突出优点,尤其在侧方、侧下方含水构造探测方面效果良好,是矿井井下探测含水构造的有效方法[1]。因此,利用瞬变电磁法可高效、准确地探测掘进巷道工作面前方赋水状态,为矿井的安全生产提供参考依据。

1 瞬变电磁技术的原理

瞬变电磁法(TEM)是以地壳中岩石的导电性与导磁性

(上接第 94 页)

锚杆按间排距 800 mm 对底板锚固,并及时用混凝土铺底。第一区段的一次支护(临时支护)全部结束后,开始立模、浇注混凝土(永久支护),待浇注好的混凝土凝固 3～4d 后,按第一区段的施工方式进行第二区段的施工。在施工第二区段的硐室主体段时,由于顶部受 k8 砂岩水浸泡,裂隙发育。由于结构松散在施工中发生冒落，冒落平均高度 1.2 m，长度 6 m ;为了保证工程质量,针对冒落段采用板梁配合钢管进行构顶实施维护,然后用混凝土进行充填。

3.4 峒室浇注混凝土

为了使混凝土配比合理,按 C30 混凝土配制了不同配比的 5 组试块,经试压后,选取最佳配比。各段由下向上依次连续浇注。随浇注混凝土,随预埋注浆管和测压管。当门框、排水管及底部工字钢联好后,用清水冲刷围岩表面,清除浮碴,排净底板积水,自下而上浇注混凝土,并使用机械振动棒捣固。硐室底部浇注完混凝土后,立模、接工字钢。浇注好的混凝土待拆模后,每天洒水 6 次,养护 28 d。

4 结语

该工程双门高压防水闸门硐室施工断面大,开凿岩石立方量多,施工难度大,给硐室施工带来了一定的困难。但是在施工过程中采取了科学合理的施工技术方案,取得了很好的效果。避免了许多水害对矿井安全生产的威胁,创造了良好的经济和社会效益。这对防止矿井突水造成淹井事故,保障矿井安全生产而不受水患威胁发挥了重要作用。

参考文献：

[1] 张有天.论有压水工隧洞最小覆盖厚度[J].水利学报,2002.
[2] 孔德坊.工程岩土学[M].北京 地质出版社,1994.
[3] 吴从国,曹琼.浅谈地下防水工程补漏措施[J].山西建筑,2009.
[4] 金跃彦,张志军.浅谈地下防水工程渗漏的预防与控制[J].城市道桥与防洪,2007.

(责任编辑 徐艳杰)

收稿日期:2010-03-04;**修订日期**:2010-08-03

作者简介:赵辉(1985-),男,安徽淮北人,河南理工大学硕士研究生,研究方向:矿山压力及其控制,E-mail:zhaohuilife@163.com。

差异为主要物质基础，根据电磁感应原理，利用不接地回线或接地线源向地下发送一次脉冲磁场，在一次脉冲磁场的间隙期间，利用线圈或接地电极观测二次涡流场，并研究该场的空间与时间分布规律，从而探测介质电阻率的一种时间域电磁法。其基本工作方法是：于井下巷道内设置一定电流的发射线圈，从而在其周围空间产生一次电磁场，并在巷道周围导电岩矿体中产生感应电流，断电后，感应电流由于损耗而随时间衰减。衰减过程一般分为早、中和晚期。早期的电磁场相当于频率域中的高频成分，衰减快，趋肤深度小；而晚期成分则相当于频率域中的低频成分，衰减慢，趋肤深度大。通过测量断电后各个时间段的二次场随时间变化规律，可得到不同深度的地电特征[2-4]。原理图如图 1 所示：

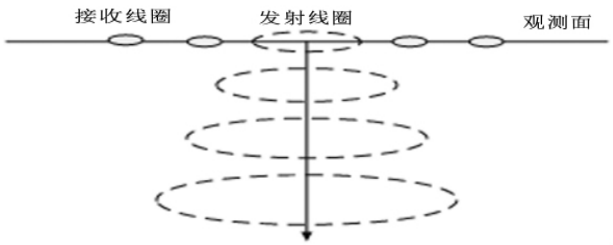

图 1　瞬变电磁半空间探测原理图

2　工程技术条件

2.1　地质条件

某矿井田为一单斜构造，伴有宽缓褶曲，主采二$_2$煤层，煤层赋存于山西组中部，属稳定—较稳定型中厚煤层，煤层结构简单，厚度 0.90～5.09 m，平均 2.67 m，倾角 5°～32°。该煤层上距 K4 铝质泥岩为 47.57 m，下距 K3（即 L10-L9，厚约 4 m）灰岩为 45 m，距奥陶纪灰岩约 170 m。其中，二水平皮带下山掘进工作面位于二$_2$煤层上部约 45 m 处 K4 铝质泥岩附近，以 -16° 坡度掘进（地层倾角约为 -35°），13 皮带上山沿二$_2$煤层掘进，巷道坡度 +22°。

2.2　仪器的选择

采用加拿大 CEONICS 公司生产的最新式 PROTEM+TEM-47(增强型)瞬变电磁仪，仪器探测精度高，抗干扰能力强，主要技术参数如表 1。

表 1　瞬变电磁仪主要技术参数

接收机主要技术参数	发射机主要技术参数
时间门：20/30	输出电压：0~9v
动态范围：23bit	输出电流：最大 10A
接受线圈：EM-47 空气芯线圈	最小关断时间：2.5μs
数据操作：固体存储器，RS232 输出	发射基频：237.5（μ），62.5（v）Hz
同步方式：晶体及电缆	发射波形：双极性梯形
基频：237.5~0.25Hz	
模拟输入：3 分量	

2.3　工作方法及工作量

采用偶极装置方式（如图 2）进行观察，发射线圈和接收线圈平面始终平行，间距为 10 m 且 2 线圈轴线指向探测方向。

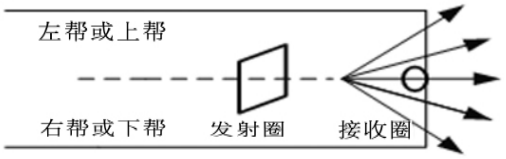

图 2　掘进工作面超前探测方向示意图

超前探测时，分别按多角度、多方向进行探测并准确控制探测方位，以获得掘进工作面前方尽可能完整的水文地质信息。

工作量：二水平皮带下山掘进工作面超前探测时以水平方向为基准 0°，分别朝上偏 20°、水平方向、下偏 16°、下偏 40°、下偏 60° 和下偏 16° 同时左偏 30°、下偏 16° 同时右偏 30° 等多个方向进行探测，共完成 7 个物理点。13 皮带下山掘进工作面超前探测时也以水平方向为基准 0°，分别朝上偏 22°、水平方向、下偏 20°、下偏 45° 和上偏 22° 同时左偏 30°、下偏 22° 同时右偏 30° 等多个方向进行探测，共完成 6 个物理点。2 掘进巷道共设 13 个物理点。

2.4　资料处理及解释

采用最先进的全空间瞬变电磁数据处理软件 BETEM。资料处理简程为：将探测得到的原始二次涡流磁场数值由接收机自动传入计算机后，再按顺序通过多种校正和特殊变换，经过正、反演计算，求出地层的视电阻率值并把时间转换为距离，然后根据得到的全空间视电阻率值，结合探测距离、探测方向、地层倾角等多种物探、地质因素，采用专用高分辨电阻率成像方法，即得到瞬变电磁勘探视电阻率断面图。

资料解释的任务主要是根据瞬变电磁勘探视电阻率断面图，观测地层相对高、低阻电性分布情况，结合区域水文地质资料，判断探测范围内岩层的赋、导水性及其分布情况等。

3　物探结论及建议

此次瞬变电磁勘探盲区约为 15 m，以视电阻率值小于 3 的区域为相对低阻异常区。低阻异常区附近岩层一般相对破碎、裂隙岩溶发育或赋水性稍好。结论及建议如下：

（1）分析二水平皮带下山掘进工作面瞬变电磁超前探测视电阻率断面图图 3（沿巷道横向切片）、图 4（沿巷道纵向切片）：

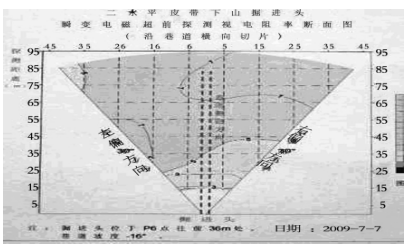

图 3　二水平皮带下山（横向）视电阻率断面图

探测时，二水平皮带下山掘进工作面位于 P6 点往前 36 m 处。二水平皮带下山掘进工作面正前方 15~23 m 段为相对低阻异常区，可能系岩层相对破碎、裂隙岩溶发育或弱富水性引起。此低阻区在左偏 30°～右偏 30° 和上偏 20°～下

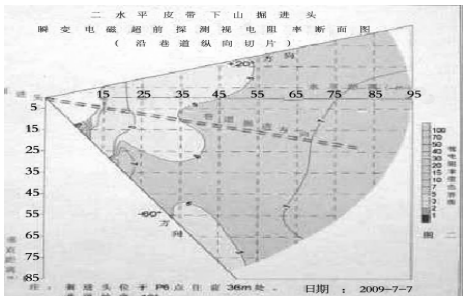

图 4　二水平皮带下山（纵向）视电阻率断面图

偏 60°探测方向均有反映，但总体范围较小，视电阻率值 2~3，说明整体赋水性不强。巷道掘进到此段时可能出现少量淋、渗水现象，对巷道掘进影响较小。而其它探测区域均显示为相对高阻区，岩层赋水性较弱或贫水，对巷道安全掘进无影响。建议对 15~23 m 段低阻区加强水情管理，预防水害。

⑵ 分析 13 皮带上山掘进工作面瞬变电磁超前探测视电阻率断面图图 5（沿巷道横向切片）、图 6（沿巷道纵向切片）。

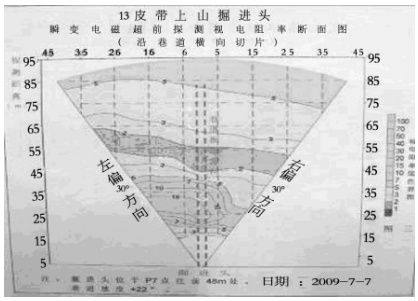

图 5　13 皮带上山（横向）视电阻率断面图

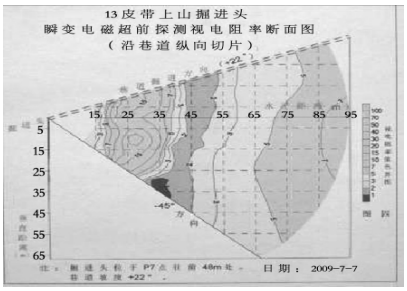

图 6　13 皮带上山（纵向）视电阻率断面图

探测时，13 皮带下山掘进工作面位于 P7 点往前 48 m 处。13 皮带上山掘进工作面正前方 15~17 m 和 43~63 m 2 段为相对低阻异常区，两低阻区在左偏 30°~右偏 30°和上偏 22°~下偏 45°探测方向均有反映。其中，15~17 m 段低阻区范围较小，视电阻率值 2~3，说明整体赋水性不强。巷道掘进到此段时可能出现淋、渗水现象，但水量有限，对巷道安全掘进影响较小。

而 43~63 m 段低阻区总体范围较大，横向和纵向都能贯穿探测区域，可能系断裂破碎带反映，且视电阻率值小于 2 的区域范围较大，深部存在小于 1 的区域，说明整体赋水性较强。巷道掘进到此段时可能出现顶板淋水或底板渗水、突水现象，影响巷道安全掘进，需加强防范。其它探测区域均显示为相对高阻区，岩层赋水性较弱或贫水，对巷道安全掘进无影响。

建议对 15~17 m 段低阻区加强水情观察，防止水害发生。而 43~46 m 段低阻异常区，应提前打钻探验水量。若涌水量较大且补给丰富，相应含水岩层实施注浆加固工程、改造成隔水岩层后再掘进；若涌水量较小，应疏通排水线路，提前制定好相应防治水措施。巷道掘进 75 m 时，进行下次物探，保留足够超前距离。

4　结语

实践表明，瞬变电磁法对充水构造或充水岩溶等反映灵敏，加之巷道可施工空间的选择余地较直流电法大，在探测掘进工作面前方岩层赋水性方面效果良好[5]。但如何克服井下强地电干扰和解决多匝小线圈发射带来的视电阻率计算值偏低等问题，值得进一步分析研究，以便提高瞬变电磁法的探测精度，使其更好地为矿井水害防治服务。

参考文献：

[1] 陈利.瞬变电磁技术在煤矿井下的应用[J].煤炭技术，2007，5(5)：106- 108.

[2] 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.

[3] 牛之琏.时间域电磁法原理[M].长沙：中南工业大学出版社，1992.

[4] 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.

[5] 岳建华.矿井瞬变电磁法及其应用[Z].中国地球物理学会第 19 届年会，2003.

（责任编辑　徐艳杰）

煤炭技术全国中文核心期刊