

孔中电磁波透视在煤窑采空区勘探中的应用实例

王文龙

摘要 在山西地方铁路病害整治的勘探过程中，将电磁波孔间透视法应用于寻找煤窑采空区，取得了良好的地质效果。

关键词 电磁波；孔间透视法；煤窑采空区

THE APPLICATION OF BOREHOLE ELECTROMAGNETIC WAVE FLUOROSCOPY TO THE EXPLORATION OF MINED-OUT AREAS OF COAL PITS

Wang Wenlong

(Geophysical Exploration Company of No.1 Surveying and Designing Institute, Ministry of Railways, Lanzhou 730000)

Abstract In the exploration process for harnessing and renovating local railways in Shanxi, the interborehole electromagnetic wave fluoroscopy was used to search for mined-out area of coal pits, which yielded satisfactory geological effects.

Key words electromagnetic wave ; interborehole fluoroscopy ; mined-out area of coal pit

在山西省地方铁路孝（义）—柳（林）线，由于当地农民随意开窑采煤，造成了麻子山隧道的路基塌陷，致使铁路运输被迫中断。为解决上述问题，在勘探过程中，应用了电磁波孔间透视法，以确定采空区的范围。

1 基本原理及野外工作方法

地下电磁波法是根据电磁波在介质中的传播特性来进行的。

利用孔中电磁波透视（即地下电磁波法）可以寻找和圈定钻孔（或坑道）之间的各种地质目标（围岩中的隐伏洞穴、破碎带、矿体、岩溶区的地下河湖等）的赋存状态，如位置、形态、尺寸以及物性参数等。

与地面物探相比，孔中电磁波透视法具有以下优点：

1. 借助于钻孔，勘探深度较大；
2. 以波场理论为基础，对目标的分辨率较高；
3. 由于孔间透视是在两孔间进行的，其影响范围表现为透距，是横向的，故其纵向分辨率亦较高。

在野外工作时，将发射机和接收机分别置于2个钻孔内，发射机通过发射天线向周围介质发射电磁波。电磁波在地下媒质的传播过程中，若遇到探测目标物，目标物则会

产生二次辐射，即散射。散射场的大小和方向，取决于入射波的强弱、方向、散射目标物本身的电学性质和形态以及传播媒质的电性和状况等。由于散射场不能直接观测，故接收到的电磁波信号是直达波和散射场的叠加场强，即

$$E = E_d + E_s$$

式中， E, E_d, E_s 分别为叠加场、直达波场和散射场。如果只观测场强的幅值，则

$$|E|^2 = E_d^2 + E_s^2 + 2E_d E_s \cos(r_1 + r_2 + r_0)$$

式中， δ 为相位常数； $\delta = 2\pi / \lambda$ ； λ 为媒质中波长； r_1 为辐射源至散射点的距离； r_2 为散射源至观测点的距离； r_0 为辐射源至观测点的距离。

由此不难看出：

1. 当 $E_s = 0$ 时， $|E|^2 = E_d^2$ 。目标物距观测点很远时，即属此情况，此时观测值接近正常场。

2. 当 $E_d = 0$ 时， $|E|^2 = E_s^2$ 或 $|E|^2 = 0$ 。在 E_d 被良导体屏蔽或被高导体强烈吸收地段，相对两侧观测值将出现阴影或低值带。

3. $E_d \neq 0, E_s \neq 0$ 时，原则上讲都会出现振荡现象，其强弱取决于 E_d, E_s 的相对大小（图1）。

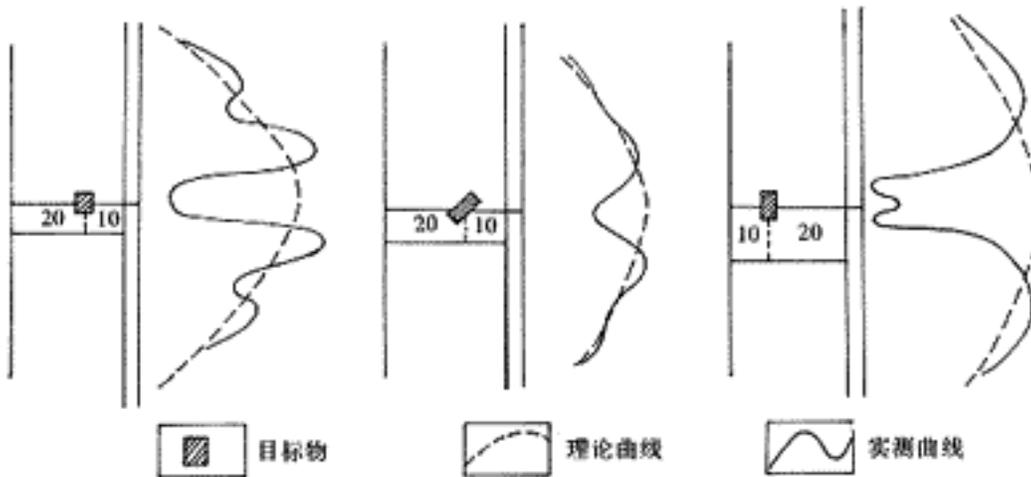


图1 存在地质目标散射时的异常场

可以通过对观测到的电磁波信号进行分析和计算机处理，来探明钻孔之间地质目标物的赋存情况。

野外双孔观测方式可分为同步观测法和定点观测法。同步观测又可分为水平同步和斜同步，它是将发射机和接收机置于2个钻孔中，使之保持一定的高差同步移动，高差为零时为水平同步，高差不为零时称为斜同步（视高差的正负又可分为上同步和下同步方式）。定点观测分为定点发射和定点接收2种工作方式，即将发射机（或接收机）固定在钻孔的某一深度上，移动接收机（或发射机）进行测量。

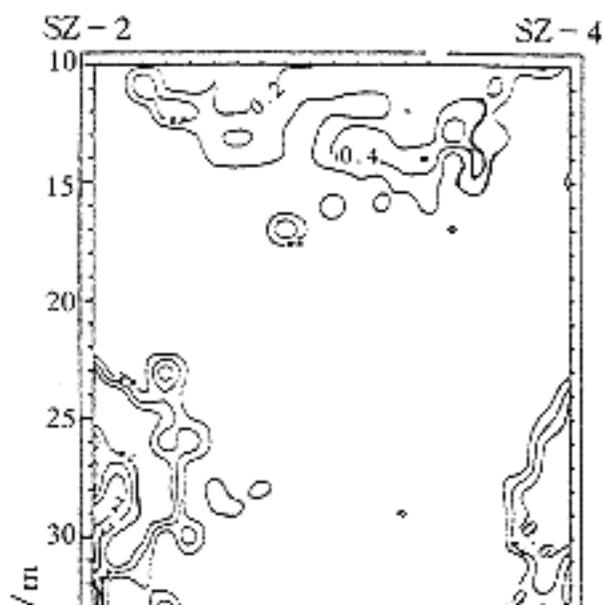
2 应用实例

在勘探中，共进行了3对钻孔的孔间透视，由于钻孔漏水严重，基本均为干孔，故将透视距离缩小到10~20 m。

野外使用原地矿部物化探研究所生产的JW-4型地下电磁波仪进行数据采集。它具有全频扫描的特点，测量使用的频率为4~12 MHz，频率间隔为1 MHz。

数据处理采用了原地矿部计算中心开发的软件包。具体处理方法采用的是射线层析成像之代数重现法。

经数据处理（采用10 MHz）后，在其它2对透视成果图上，未发现明显异常，而在SZ-2与SZ-4透视成果图上47~54 m处，存在一个明显的吸收系数高值异常(图2)。分析应为一空洞或岩石坍塌造成的局部破碎所引起。



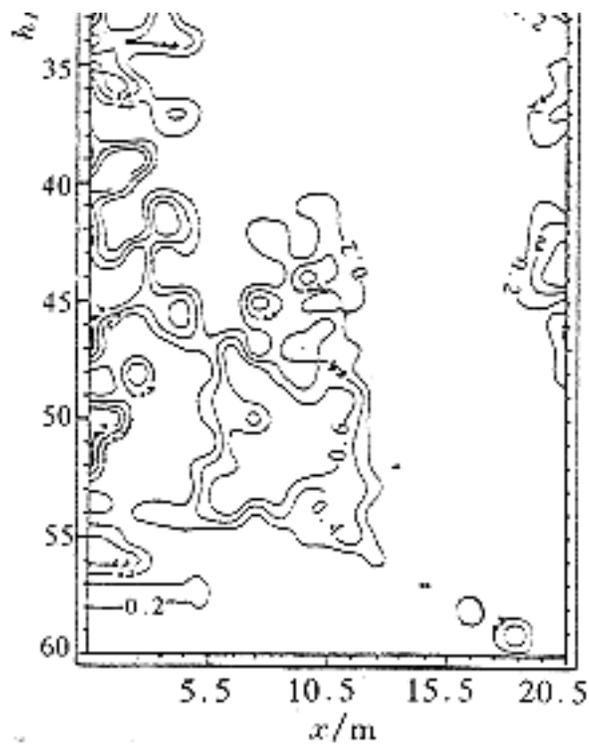


图2 孔间透视等值线

后经SZ?3钻孔验证，47.70 ~ 48.15 m为空洞，48.15 ~ 53.25 m岩石采样率极低，与邻近岩石对比应为坍塌的炭质页岩块石；上述地段钻机钻进较快，甚至自动放下，而且漏水严重。53.25 m以下为6.6 m厚的煤层。

由上所述可以看出，钻孔验证结果与孔透资料完全吻合，说明了电磁波孔间透视法的有效性和准确性。

3 结论

通过麻子山隧道的病害整治工作，可以得出以下结论：在寻找煤窑采空区的勘探中，运用钻孔进行电磁波孔间透视，是一种良好的工作方法。

作者简介：王文龙，男，1964年3月出生，河北省正定县人，1984年毕业于西安地质学院应用地球物理系，获工学学士，现任铁道部第一勘测设计院物探工程新技术开发公司物探工程师，曾发表数篇论文。

作者单位：铁道部第一勘测设计院物探公司，兰州 730000

1998年8月3日收稿。