

探地雷达在南京某铜矿采空区探测中的应用

赵牧华, 滕 龙, 袁 平, 杨献忠

(南京地质矿产研究所, 江苏 南京 210016)

摘要:采空区的存在严重威胁着当地居民的农田、地面建筑物乃至生命财产的安全。介绍了探地雷达原理和技术方法,以及数据处理和资料解释方法。以南京某铜矿采空区探测为例,探讨了探地雷达在铜矿采空区探测中的应用,修正了采空区的位置,为下一步对该采空区的整治提供了依据。

关键词:探地雷达;采空区;探测;江苏南京

中图分类号:P631.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-6474(2008)01-0037-04

0 引言

近年来,随着开采规模的不断扩大以及部分违规违章开采导致铜矿采空区上方的农田、建筑物出现不同程度的安全问题(如农田塌陷,建筑物倾斜、开裂、倒塌等),严重威胁着人民的生命和财产安全。铜矿采空区有的年代久远,采空区上方的岩层变形业已趋于稳定;有的是近年来开采或仍在开采的,采空区上方的岩层处于不稳定状态。由于受地下水径流影响采空区通常充水或充气,加速了对采空区围岩的破坏,从而导致不同程度的地质灾害。

对采空区的探测主要以钻探和地球物理方法为主。钻探方法比较直观,但其只是“一孔之见”,对于违规违章滥采乱挖形成的采空区或巷道,钻探显得无能为力。地球物理方法具有面积性探测的优势。地球物理方法中的探地雷达法适用于探测深度较浅的目标体,具有适用面广、分辨率高的特点。

1 探地雷达原理

探地雷达法是一种非破坏性的探测技术,它具有抗干扰能力强、适应性强、工作条件宽松、快速、简洁、具有较高的探测精度和分辨率等优点。探地雷达是用高频电磁波(主频为数十至数百兆赫以至上千兆赫)以宽频短脉冲形式,由地面通过发射天线(Tx)送入地下,经目的层或目标体反射后返回地面,为另一天线(Rx)所接收(图1)。

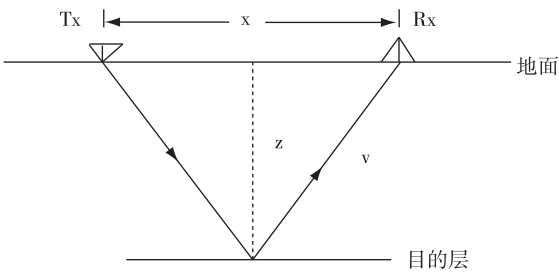


图1 探地雷达探测原理示意图

整个过程脉冲波行程所需时间 t 为:

$$t = \sqrt{(4z^2 + x^2)} / v$$

式中: v 为电磁波速; x 为天线距; z 为目的层深度。

当地下介质速度 v 已知时,可根据测定到的精确时间 t 值(ns),由上式求出反射体的深度 t (m)。电磁波在介质中传播时,其电磁波强度与波形将随所通过的介质的电性质及几何形态而变化。因此,根据接收到的波的旅行时间、振幅与波形资料,可推断介质的结构。雷达图形常以脉冲反射波的波形形式记录,波形的正负峰分别以黑、白色表示,或者以灰阶或彩色表示。这样,同相轴或等灰度等色线即可形象地表征出地下反射界面。

收稿日期:2007-05-23;编辑:陆李萍

作者简介:赵牧华(1981—),男,江苏丰县人,硕士,主要从事应用地球物理研究工作。

2 野外工作方法

2.1 采空区概况

研究区位于南京南部某镇。该矿于 20 世纪 90 年代关闭,后又违规开采,矿区地质资料不全。2006 年春该铜矿勘探线上方农田内出现塌陷,塌陷直径近 20m,塌陷区内积水水深近 40m,水面距地表 3m 左右。塌陷坑东侧 60m 为一建筑材料厂,南侧约 150m 为居民居住区,方圆 200m 内为农田。由于没有完整的矿井地质资料,出现塌陷后,当地政府只能根据以前矿井工作人员回忆圈定采空区范围,在地面设立危险区域标志。为了降低成本,同时满足对塌陷等地质灾害的处理和整治工作的要求,决定用探地雷达方法对该铜矿勘探线上的采空区位置、范围进行圈定。

2.2 方法选择

本次探测采用瑞典 RAMAC/GPR 型探地雷达系统。在开展工作前,针对工区探测目标,了解采空区与围岩是否有足够的介电常数差异及要求探测的深度,以其选定使用的天线及制定工作方案。根据要求的探测目标深度及试验结果,选用中心频率 50MHz 软体天线,天线线距 4m、采样点数 512、叠加次数自动叠加、工作时窗 800ns ~ 1 000ns、道间距

0.5m,天线由人工拖着缓慢匀速前进,采用反射剖面法进行探测,获取连续雷达探测图像。同时,探测过程中实时监控采集的数据,并及时对探测数据进行预处理,确保采集的数据有效。

3 数据处理及解释

3.1 数据处理

探地雷达数据处理的目标是压制随机和规则的干扰,以最大可能的分辨在探地雷达图像剖面上显示反射波,提取反射波的各种有用参数(包括振幅、波形、频率等)来帮助解释。本次采用专用数据处理软件对探测资料进行处理,着重进行振幅恢复、滤波、反褶积处理,获得信噪比较高的时间剖面,提高有用信号的识别。

3.2 资料解释

探地雷达主要利用地下介质的电性差异来进行分层及查明地下异常地质体。通过对测区雷达时间剖面与已知的地质资料的对比分析,采空区及其上覆地层中主要标志层的雷达反射波特征如下。

3.2.1 矿化层反射波 测区内浅部地层中矿化层主要有 2 层~3 层,厚约 5m~6m,由于矿化层与其顶底板围岩的电性差异较大,能形成能量较强的反射波,如图 2 所示,是雷达探测的标志层。

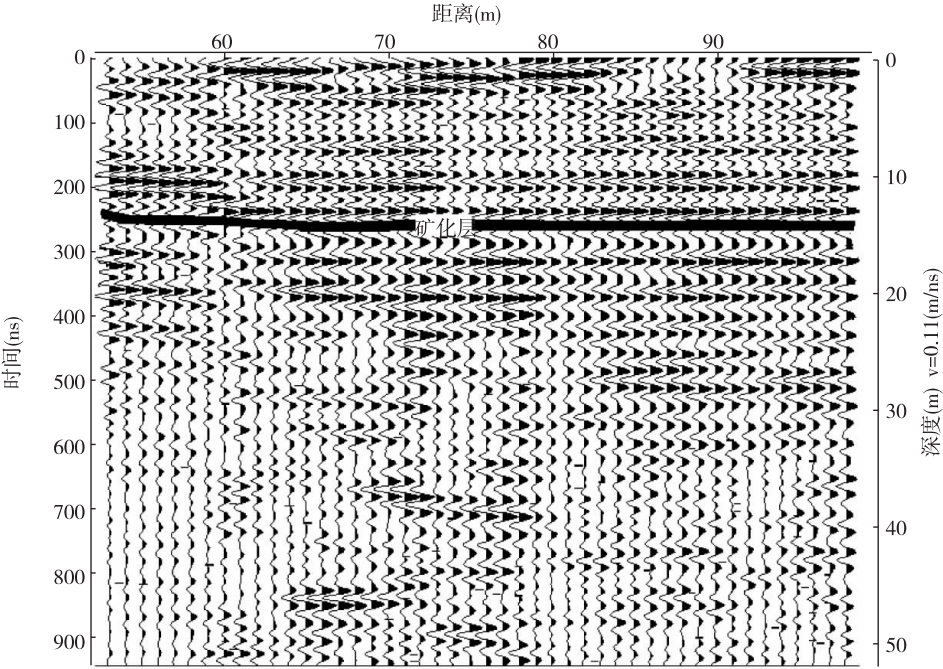


图2 矿化层反射波

3.2.2 采空区地层反射波 矿化层被开采后,其顶板岩层发生冒落和坍塌,岩性结构发生改变,裂隙发育,这就造成电磁波出现严重吸收衰减,探地雷达时间剖面上表现为矿化层波消失,反射波零乱,局部虽有反射波但其能量极弱(图3),是雷达探测采空区的依据。

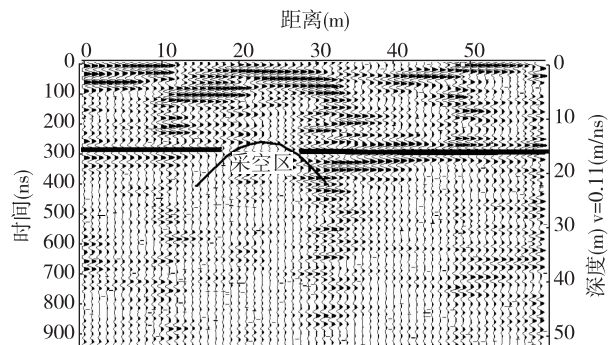


图3 采空区反射波特征

3.3 对比效果

经探地雷达资料处理解释后发现,在农田内有一近似 NS 向的宽 15m ~ 28m 的采空区与前矿井地质人员提供的采空区基本一致;同时,探地雷达资料显示在 NS 向采空区南端采空区分成近 SW45°、SE45°方向的两个异常区域,其中 SW45°方向异常宽近 20m 为采空区,SE45°方向异常宽近 5m 推测为巷道。

探地雷达资料解释出来后,指导钻探队在钻孔 ZK1 偏西 5m、ZK2 偏南 10m 处布置钻孔 GPR3 (ZK1、ZK2 未见采空区),钻孔 GPR3 打至 28.5m 处时钻孔大量涌水,为采空区承压水;同时,指导钻探在原钻孔 ZK8 (未见采空区或巷道异常)向西偏6m处布置钻孔 GPR8 (图4),钻孔资料证实该处为巷道,证明探地雷达解释成果中的 NE45°方向巷道存在。

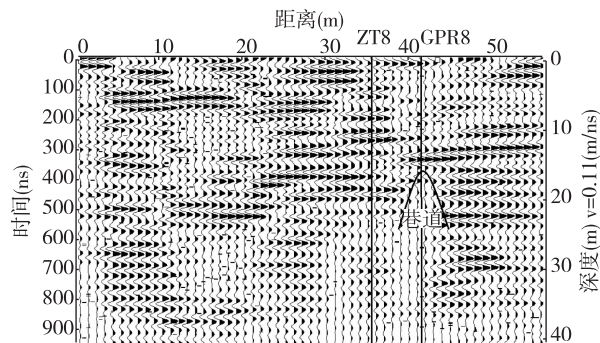


图4 巷道反射波特征

4 结语

探地雷达探测技术修正了该铜矿采空区的位置、范围,同时发现了铜矿巷道。通过钻探验证,进一步证实了探地雷达探测铜矿采空区及巷道的准确性。运用探地雷达进行铜矿采空区及巷道的探测工作方法简便、灵活、直观,并且效果较理想。

参考文献:

- [1] 李大心. 探地雷达方法与应用[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [2] 程久龙,胡克峰,王玉,等. 探地雷达探测地下采空区的研究[J]. 岩土力学,2004,25(增刊):79-82.
- [3] 曾昭发,刘四新,王者江,等. 探地雷达方法原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [4] 张宇. 地质雷达在地下洞穴探测中的应用[J]. 地质装备,2001,2(4):16-19.
- [5] 夏照华,李晓峰. 地质雷达在探测地下深洞中的应用[J]. 西部探矿工程,2005,104:91-92.
- [6] 姜卫方,万明浩,赵永辉,等. 地质雷达在滑坡面调查中的应用及效果分析[J]. 物探与化探,2000,24(3):230-234.

Application of detecting copper mined-out areas by ground penetrating radar in Nanjing

ZHAO Mu-hua, TENG long, YUAN Ping, YANG Xian-zhong

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China)

Abstract: The existence of the Copper mined-out areas takes a big threat to the safety of farmland, ground-building and even people's living. The authors presented the principles and techniques of ground penetrating radar (GPR). Taking the Copper mined-out areas

detection in Nanjing for example, the authors discussed the application of detecting Copper mined-out areas by GPR. The application is able to modify the position of the mined-out areas and provide basis for the further rectification of the mined-out areas.

Keywords: GPR; Mined-out areas; Detection; Nanjing, Jiangsu

南极石

在大连市东南面,有个很著名的老虎滩风景区,规模大,依山傍海,景色宜人。景区内有个国内最大的极地海洋动物馆,位于该馆左前侧约 20m 处,有块十分醒目、好似扁柱形的岩石竖立在那里。看了景点介绍牌得知,这是一块极其珍贵、来之不易、难得一见的南极石,即是一块从南极采集来的岩石。

从外形观察,可以明显看出是经海水反复冲击滚动搬运过的巨形砾石,有一定滚圆度,无棱角,下部大、上部略小,好似一个“大陀螺”。表面风化呈灰白色、灰黑色,好似条带状,构造裂隙内被铁质充填,呈暗紫红色。这块岩石被定名为石榴子石花岗片麻岩,说明它的主要成分为云母、长石、石英和少量石榴子石,是原先为含石榴子石的花岗岩,后经变质作用形成片麻岩,呈花岗结构、片麻状构造。属于距今约 5 亿年前的前寒武纪地质时代形成的变质岩。

采集地点,在南极拉斯曼丘陵地区的中国南极中山站,即南纬 69°22',东经 76°23'。

采集者为中国第 19 次南极科学考察队。采集时间为 2003 年。

经对这块南极石用钢卷尺进行初步测量,高约 1.72m、宽 1.24m、厚约 1.02m。净重约 7.8t。垫在南极石下面的基石,是采自大连本地区的灰白色石灰岩,高约 0.66m。“南极石”3 个红色行书大字,采自黄庭坚的书法。底座岩石上还有两句诗:“五亿年极地沉睡,五千年文明唤醒。”

这块“南极石”已成为大连老虎滩公园供游人观赏、拍照留念的主要景点之一。



南极石正面拍摄图

(项长兴)