

文章编号:1673-9469(2008)03-0095-03

地震波 CT 技术在煤矿采空区探测中的应用

张宁,韩洪德,刘晓晨,韩亮
(河北工程大学资源学院,河北邯郸 056038)

摘要:大连董家沟煤矿地下存在多处采空区,因建设治理需要,采用地震波 CT 技术对其进行采空区分布状况探测。通过探测,结合收集的其他资料,共圈定董家沟煤矿研究区域内地下 34 处异常区域,经钻孔验证准确率高达 87.5%,取得了很好的效果。

关键词:煤矿采空区;探测;地震波 CT 技术

中图分类号: P631

文献标识码: A

Application of seismic CT technology in detecting coal mining area

ZHANG Ning, HAN Hong-de, LIU Xiao-chen, HAN Liang

(College of Natural Resource, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: There are many hollow areas underground of Dongjiagou coal mine. Due to construction, the distributions of these areas are detected by seismic CT (Computed Tomography) technology. CT technology of elastic wave which adopts the basic principle of section X-ray scanning is a kind of new method of geophysical exploration. We can get the distribution information of physical parameters of rocks or soil underground by different responses of boundaries to elastic wave. Thirty-four hollow areas are delineated in the study area of Dongjiagou coal mine by CT detecting and some other information. From drilling testing, the exact ratio of location reaches 87.5%.

Key words: coal mining area; detection; seismic CT technology

在我国,煤炭资源的开发造成大范围、大规模的采空区。在建设用地紧张的情况下,许多交通设施、厂房、民用建筑等都建在采空区上或穿越采空区。由于地下采空,上覆岩体在自重作用下冒落、断裂和弯曲,承载能力大大降低,在其地表修建建筑物,需对采空区稳定性进行研究及治理,而查明采空区分布及其状况则是第一步工作^[1]。本次的工程场地大连董家沟煤矿开采过程中形成了多处地下采空区,历史上曾发生过多次地面塌陷和地裂缝灾害。目前,用于采空区探测的工程物探方法主要有电法勘探、电磁勘探、地震勘探、重力勘探和氦气勘探^[2]。考虑地面轻轨的正常使用需要,一般的地面物探工作难以布设,而且轻轨运行中对电法干扰大等因素,结合地形、采空区埋深、以往物探工作程度、工作精度的要求,笔者在此采用地震勘探中的地震波 CT(即地震波层析成

像)物探法对研究区段进行采空区分布探测,取得了很好效果。

1 工程概况

1.1 采空区构造特征

董家沟煤矿位于大连经济技术开发区湾里乡董家沟街道城南村南,1966年正式建矿开采,于1995年因资源枯竭而停采闭坑。采空区主要为古生界奥陶系、石炭系地层。主要发育有一组向斜构造,二组走向为北西向和南北向的断裂构造,形成序次为先向斜,后断裂;先北西向,后南北向。煤系地层赋存于向斜核部和北东翼的单斜岩层内,地层产状 $200^\circ \angle 20^\circ$,由于构造运动影响,向斜核部及两翼地层均被断裂错断。

收稿日期:2008-05-21

作者简介:张宁(1984-),女,汉,河北保定人,硕士研究生,从事地质灾害方面的研究。

1.2 采空区顶板的岩性

第四系松散层:底板埋深 5.2-19m,自西而东埋深逐渐变浅,岩性为回填土、粘土、粉质粘土为主,西部普遍发育砾砂层,最厚可达 14.8m;基岩:岩性为灰岩、页岩、砂岩、煤层。上部和下部以灰岩为主,含砂岩夹层。中部地层沉积次序乱,层位极不稳定。含煤的层位呈蜂窝状,可分为二层,总体上也是自西而东埋深逐渐变浅,上层埋深 10.6-35.7m;下层埋深 32.3-71.9m。力学试验分析,顶板岩石坚固性分类为:灰岩属极硬;砂岩变化较大,次软至极硬;页岩属极软。

2 工作方法

2.1 CT 技术基本原理

弹性波 CT(Computed Tomography) 技术即弹性波层析成像技术,是近年发展起来的地球物理方法。这种技术借鉴了医学上 X 射线断面扫描的基本原理,通过边界处对弹性波信号的差异反应,获取地下岩土体物性参数的分布信息。弹性波信号一般指波在地下介质中的传播速度,由速度的差异进一步解译其他所需信息。具体实现过程是:根据地质条件、测试条件和探测精度要求,将两钻孔之间的区域离散成若干个规则的网格单元,并将两钻孔处的网格节点分别作为弹性波测试时的发射点和接收点。实际工作时根据目标体的大概分布规律合理布设钻孔和观测系统,采用一发多收的扇形透射,即在任一节点发射时,所有接收点都能接收到该发射点产生的信号。逐点激发将在被测区域形成致密的射线交叉网络。正常状态时,每条射线弹性波旅行时间将被唯一确定,而射线通过异常体时,将产生时间旅行差,当多条致密

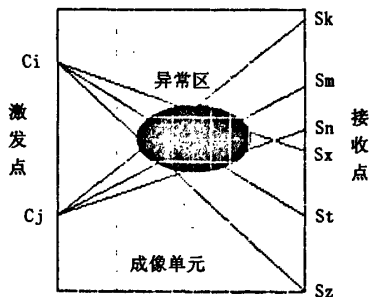


图1 层析成像原理示意图

Fig.1 The sketch map of the principle of tomography

交叉射线通过异常体时,就会对异常体的空间位置进行唯一确定,然后再根据射线的疏密程度及成像精度的要求在施测范围内划分若干规则的成像单元。通过对诸多成像单元波速的数学物理反演计算可获得异常体的空间展布形态,见图(1)。探测中假定从发射点到接收点弹性波是沿直线传播的,当弹性波波长与网格单元尺寸相比较小时,这一假设是合理的^[3]。

2.2 应用基础

正常情况下,地下岩土体成相对层状分布。当地下存在采空区时,采空区相对其边界岩土体,结构状态发生变化,与周围的介质相比,可视为异常体^[4]。从弹性波的传播速度讲,在正常体和异常体分界线部位,要发生变化,进而传播时间也发生变化。其结果便形成信号的差异显示。根据这一前提,采用合适的弹性波方法,可以显现异常体(采空区)的空间展布状况。本文采用地震波层析成像方法探测董家沟煤矿地下的采空区。

3 CT 探测工作布置

根据场地地质条件和工程建设要求,经现场测试,本次工作中观测方式采用定点发射,激发装置使用电火花震源,9000V,接收装置使用 SE-2404 地震仪,12 道检波器,3kHz。观测系统:孔位间距为 30~50m,激发点距 1m,接收点距 1m(如图 2)。数据采集:采集系统如图 3^[5]。工作量:充分分析已有资料,在初步推测可能存在采空区部位进行钻孔布置,间距按 30m 布设,个别部位根据实际情况调整。29 个孔间共作了 50 个剖面的透视成像工作。在每条剖面上都做均匀重复探测布置,个别部位根据实际情况调整。注意事项:钻孔施工时要确保钻孔的垂直性,套管下方深度超过第四系,终孔时清除孔内的块状物及岩粉,在每个

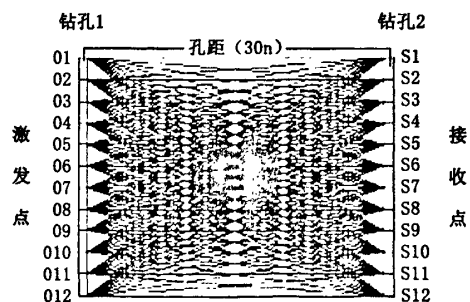


图2 观测系统示意图

Fig.2 The sketch map of observing system

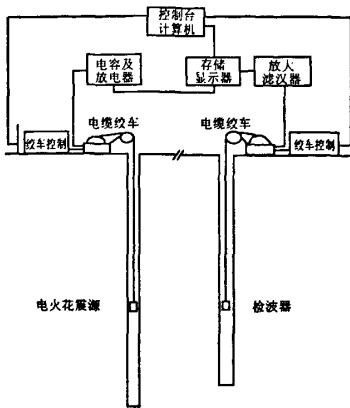


图3 CT层析成像数据采集系统示意图
Fig.3 The sketch map of data collecting system

钻孔顶观测高程。探测过程中所有仪器和采集的数据工作状态都基本保持一致,整个系统要求较高的接收灵敏度和较强的抗干扰能力^[6]。

4 物探成果分析及验证

4.1 成果分析

本次物探成果解译过程中,采空区异常判断的依据是:

剖面内煤系地层部位的封闭或半封闭相对低速异常区,地震波纵波波速一般在小于 1800m/s 左右的低速范围,而围岩以灰岩为主,夹有页岩、砂岩,波速一般大于等于 2000m/s。由于不同岩性或同一岩性的不均匀性及观测误差的影响,个别部位的波速可能偏高或偏低。

煤系地层以外也存在低速异常区,由于构造破碎带、溶洞等引起,其中破碎带呈条带状分布,溶洞也呈现封闭或半封闭的异常区。

根据以上异常特征,结合以往工作成果及钻探资料,对各剖面的空区、溶洞进行了推断,共圈定异常 34 处,平面分布形态见图 4。

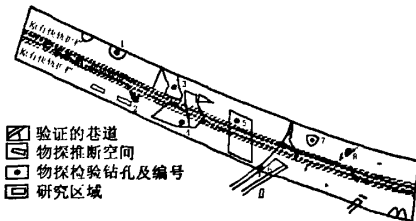


图4 探测采空区分布及验证孔布置图
Fig.4 The map of testing mining areas and validate bores

4.2 结果验证

探测工作结束后,有选择的另外施工了 8 个钻孔(1-8),用于物探异常查证。验证孔布置如图 4。8 个查证孔中,1*、3*~8* 孔均见采空区,2* 孔未见采空区,钻孔准验率为 87.5%。

分析 2* 孔未见采空区原因,推测是这个孔在剖面上异常呈半封闭状,且异常位于剖面底部,所经测线少,解译方法中边界线误差大引起的。为此,通过在较深的验证孔中开展弹性波 CT 测井进一步修正了解译成果。

5 结束语

1)地震波 CT 法探测中,地下空区与其围岩介质存在较明显的波速差异,低速异常区明显。探测结果显示,董家沟煤矿地下确实存在多处空区。结合以往资料,共圈定 34 处异常区域,经钻孔验证,CT 探测准确率为 87.5%,效果显著。

2)弹性波 CT 物探法理论上虽然较先进,但是在实际工作中也有重大缺陷。它要求有较苛刻的接收灵敏度和抗干扰能力,实际工作中很难达到理想的探测环境。因地下介质情况复杂,它的解译亦受很多因素影响,单一的凭借层析成像很难准确得出地下岩土体的复杂状况,因此必须和钻探等其他技术手段结合,综合分析,才能得到较可靠的解译结果。

参考文献:

[1] 魏放,魏义亮.东露天铁路专线采空区治理对策研究[J].科技情报开发与经济,2007,17(17):163-164.
 [2] 孙忠弟,李仙虎,韩许恒,等.高速公路采空区(空洞)勘察设计与施工治理手册[M].北京:人民交通出版社,2005.
 [3] 杨文采,李幼铭.应用地震层析成像[M].北京:地质出版社,1993.
 [4] 袁金泉,韦荃.声波 CT 层析成像技术在古生物化石探测中的应用[A].中国文物保护协会.中国文物保护技术第二届学术年会论文集[C].西安:中国文物保护协会,2002,430-434.
 [5] 何华,宋飞,薛德生.隧道采空区治理方法研究[J].山西建筑,2007,33(1):258-259.
 [6] 黄仁东,古德生,吕苗荣,等.声波层析成像技术在新桥硫铁矿中的应用[J].湘潭矿业学院学报,2004,19(1):12-15.

(责任编辑 闫纯有)

作者: [张宁](#), [韩洪德](#), [刘晓晨](#), [韩亮](#), [ZHANG Ning](#), [HAN Hong-de](#), [LIU Xiao-chen](#), [HAN Liang](#)
作者单位: [河北工程大学, 资源学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (3)
被引用次数: 2次

参考文献(6条)

1. [魏放;魏义亮](#) [东露天铁路专线采空区治理对策研究](#)[期刊论文]-[科技情报开发与经济](#) 2007 (17)
2. [孙忠弟;李仙虎;韩许恒](#) [高速公路采空区\(空洞\)勘察设计与施工治理手册](#) 2005
3. [杨文采;李幼铭](#) [应用地震层析成像](#) 1993
4. [袁金泉;韦荃](#) [声波CT层析成像技术在古生物化石探测中的应用](#) 2002
5. [何华;宋飞;薛德生](#) [隧道采空区治理方法研究](#) 2007 (01)
6. [黄仁东;古德生;吕苗荣](#) [声波层析成像技术在新桥硫铁矿中的应用](#)[期刊论文]-[湘潭矿业学院学报](#) 2004 (01)

本文读者也读过(10条)

1. [孙立斌](#) [关于工程地质勘察中对地震CT探测技术的应用研究分析](#)[期刊论文]-[硅谷](#)2010 (17)
2. [牛建军.杜立志.谷成](#) [岩溶探测中的弹性波CT方法](#)[期刊论文]-[吉林大学学报\(地球科学版\)](#) 2004, 34 (4)
3. [王旭.张晨.由静.胡玉瑞.WANG Xu.ZHANG Chen.YOU Jing.HU Rui-hai](#) [地震波CT在隧道地质灾害探测中的应用](#)[期刊论文]-[大坝与安全](#)2010 (1)
4. [李张明.练继建.戚蓝](#) [地震波层析成像技术探测复杂岩体结构应用研究](#)[期刊论文]-[岩石力学与工程学报](#) 2004, 23 (1)
5. [王素贞.Wang Suzhen](#) [高分辨直流电法在矿井水文地质探测中的应用](#)[期刊论文]-[江西煤炭科技](#)2005 (3)
6. [刘盛东.李承华.LIU Sheng-dong.LI Cheng-hua](#) [煤层内断层在双巷声波CT重建图像中的表现](#)[期刊论文]-[煤炭学报](#)2000, 25 (3)
7. [刘永华.田宗勇.赵淑红.王玉贵.黄小军.LIU Yong-hua.TIAN Zong-yong.Zhao Shu-Hong.WANG Yu-gui.HUANG Xiao-jun](#) [洞室工程地震CT与VSP联合检测方法及应用实例](#)[期刊论文]-[地球科学与环境学报](#)2005, 27 (3)
8. [张平松](#) [应用跨孔地震CT技术检测锚基基础断裂](#)[期刊论文]-[地质与勘探](#)2004, 40 (5)
9. [王建霞.李志杰.钟雪光](#) [有关岩溶塌陷稳定性评价的分析](#)[期刊论文]-[西部探矿工程](#)2009, 21 (7)
10. [王勇.乔春生.孙彩红.刘开云.WANG Yong.QIAO Chun-sheng.SUN Cai-hong.LIU Kai-yun](#) [基于SVM的溶洞顶板安全厚度智能预测模型](#)[期刊论文]-[岩土力学](#)2006, 27 (6)

引证文献(2条)

1. [汪洋](#) [地震多属性拟测井多参数反演预测煤层顶底板岩石赋水性研究](#)[期刊论文]-[中国煤炭地质](#) 2012 (4)
2. [方良成.吴荣新.张爱华](#) [煤层工作面内陷落柱综合物探探查](#)[期刊论文]-[中国煤炭地质](#) 2013 (11)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200803027.aspx