

井巷煤岩体内构造特征反射波探测技术与应用

张平松¹, 刘盛东¹, 李培根²

(1. 安徽理工大学 资源与环境工程系, 安徽 淮南 232001; 2. 福州华虹智能科技开发有限公司, 福建 福州 350002)

摘 要:采用反射共偏移技术在巷道两帮进行布点与探测,可有效确定各种岩煤体内地质构造体的范围及延展情况。煤矿井下大量探测实验及应用表明,反射共偏移技术的合理应用,可切实解决矿井地质构造相关问题,节约井下钻探成本。

关键词:反射共偏移法;矿井工作面;地质构造;探测技术

中图分类号: P631.4⁺25; TD163⁺.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008 - 4495(2006)06 - 0043 - 04

在矿井建设和生产过程中,存在着许多影响安全生产的地质因素,如煤岩体中的断层构造、陷落柱、采空区、含水体、煤体结构特征及瓦斯赋存规律等。特别是当巷道开挖时,揭露一些地质构造如断层、陷落柱、岩浆岩侵入体等,其延展方向与长度特征,以及工作面或巷道两帮内隐伏地质构造问题的判定,都是煤矿安全生产必须解决的地质问题。为了获得各种地质构造或异常的具体位置及其延展情况,采用地震波勘探方法中反射共偏移探测技术,在巷道两帮进行测线布置,可有效地探测这些地质异常体^[1~3]。通过在矿井煤岩体中大量探测试验发现,反射共偏移技术的合理运用,能准确地提供技术资料,节约大量的钻探费用,对煤矿安全生产具有极大的指导意义,其经济效益和社会效益较为显著。

1 反射共偏移探测技术

反射共偏移探测技术是依据反射波勘探原理,在单边排列分析基础上选定最佳偏移距,采用多次覆盖观测系统进行数据采集^[4]。探测时,首先针对测试区域地震地质条件进行现场噪声调查,对排列记录分析对比,确定最佳共偏移接收窗口以及窗口内的检波器间距,并按一定的步距同步前移完成探测任务。只要地质体中存在波阻抗差异,如地质界面,就会产生反射回波,且反射能量受界面特性控

制,这是进行地质体分辨的前提。在现场实际工作中,常用密集型单道共偏移数据解决实际问题,能满足现场的需要^[5]。

现场探测时是在最佳窗口内选择一个公共偏移距,采用单道小步长,保持炮点和接收点距离不变,同步移动震源和接收传感器。每激发一次接收一道波形,最后得到一张多道记录,各道具有相同的偏移距。图 1 为共偏移法现场施工示意图。另一种方法是通过共炮点记录进行自动排列,也可以获得各种偏移距的共偏移剖面。利用这种共偏移地震剖面,可正确识别反射波同相轴,由于偏移距相同,数据处理时不需作正常时差校正。工程中常用来对反射波同相轴位置及特征进行了解,由于这种方法施工较为简单,特别适用于矿井煤岩巷道或工作面构造及异常地质体的调查工作。

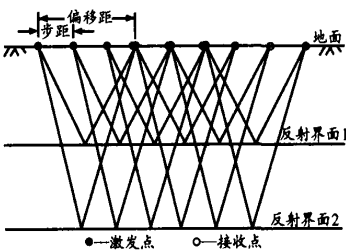


图 1 共偏移距记录野外施工示意图

根据反射波勘探原理,以水平反射界面为例,单道观测系统有相应波路图(见图 2),且它的时距曲线方程为

$$t = \frac{2 \sqrt{h^2 + \left(\frac{x}{2}\right)^2}}{v} = \frac{\sqrt{4h^2 + x^2}}{v} \tag{1}$$

收稿日期:2005 - 03 - 23;2006 - 05 - 26 修回
作者简介:张平松(1971 -),男,副教授,博士研究生,主要从事地质工程、矿井物探的教学与科研工作。E-mail: pszhang71@163.com。

式中： x 为偏移距； v 为探测介质的地震波波速； t 为地震波旅行时间； h 是目标体的界面深度。因此根据测试所获得的地震波记录，进行反射波相位追踪，确定各个界面的反射波组并求取反射相位时间，即可求解探测目标体的深度，并进行地质解释。对于倾斜界面则根据反射波组特征进行相应的深度校正，获得该界面的实际深度位置。

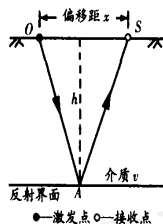


图 2 单道观测系统波路图

2 共偏移数据处理

采用单道共偏移法进行数据采集，其数据处理较为简单，可分别进行时间域和频率域分析，并以时域波组相位追踪对比为主进行地质解释。在时间域里，主要处理过程包括：信号录入、格式转换、预处理、数字滤波、修饰处理和偏移剖面形成与显示等内容。其中预处理包括道集重排、振幅平衡、静校正、二次采样等；修饰处理包括空间混波、三瞬处理、平滑处理等。

数据处理的结果是由共偏移地震记录获得偏移时间剖面，根据剖面中反射相位同相轴的连续追踪与对比，结合已知地质资料及地质体的各种特征进行解释，最终形成地质剖面。不同地质体在时间剖面中具有不同的反射波同相轴特征，即反射时间不同。其界面的具体位置要根据每一组反射波旅行时间利用式(1)计算并进行深度计算，界面位置确定时需对地震波速度进行有效选取，可通过井下煤岩体中调查试验获得。

由于地震波在旅行过程中携带了大量的地质体中的信息，通过时间、振幅和频率等特性表现出来，因此可以通过频率域相关变化分析其特征。在频谱分析中，较多地利用振幅谱，通过振幅谱的基本特征可以判定煤、岩层中介质特性的变化，构造的延展范围，煤岩松软状况，瓦斯富集特征等。

3 矿井地质探测应用

对于反射共偏移法，其探测测线布置、地震仪器、震源激振方式、检波器耦合条件等与地面二维空间相比，复杂程度高，可操作性差，因此必须充分考

虑其现场数据采集的可靠性，力求获得第一手高质量的地震数据记录。

3.1 测线布置

在井下对煤矿体进行探测，可利用的空间与地面相比受到极大的限制，因此必须针对所要解决地质问题的基本概况，有效地选取激发和接收方向，进行相应布置和数据采集。对底板岩层探测可沿底板布置测线，而对工作面或两帮内地质异常体的探测只能在煤(岩)帮上布置测线，进行激发和接收。图 3 为反射共偏移法巷帮测线布置示意图。

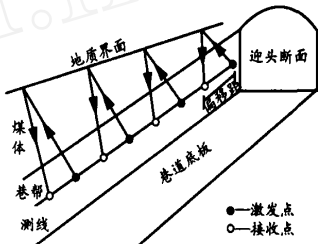


图 3 反射共偏移法巷帮测线布置示意图

井下地震波的激发常用锤击震源，为了获得有效的地震波数据，激发和接收是关键。对于煤壁上探测，受煤帮松动或煤体自身松散特性的影响，往往不能形成很好的地震波，这时必须针对巷帮的支护情况，加工各种锤垫如“工”字型、“圆柱”型、“薄片”型等，辅助激发有效的地震波向煤(岩)体中传播，保证能量能向介质传播与返回，被地震检波器所接收。同样接收检波器也要尽量避开煤岩壁的松动范围，保证接收到有效的地震波信号。必要时还可在同一腰线上按一定距离打深度 1 m 左右的小孔径钻孔，采用放振动炮方式激发地震波，扩大探测距离。

3.2 探测仪器

单道前进移动的方式工作量大，要求仪器必须轻便，智能化程度高。为此专门开发了一套适合于井下使用的便携式矿井地质探测仪，型号为 KDZ1114-3，其主要工作原理是通过人工激发地震波向介质中传播，并接收各种回波进行数据处理与分析。仪器 4 通道 12 位 A/D 数据采集，所获得的地震波信号记录精度完全满足矿井安全生产需要。通常采用锤击激振时 3~4 人可完成现场实测任务。

3.3 岩体中陷落柱体探测

四川广安煤电某矿在开拓过程中，同时施工 2 条斜井，一条为进风斜井，另一条为回风斜井。2 个斜井井口处于同一水平，倾角均为 25°且相互平行，平距为 31.7 m，其中岩层倾角 20°左右，斜井与岩层呈大角度穿层状态。进、回风斜井均经下三叠统二

亚段石灰岩,三叠统一亚段泥岩,进入上二叠统长兴组长兴灰岩。进风斜井已掘至长兴灰岩 50 余 m,上下地层界面清楚,层位正常。而回风斜井在 140~150 m 段飞仙关紫色泥岩中出现异常,根据进风斜井揭露的地层层位、厚度和构造特点,预计回风斜井约在 173 m 进入长兴,现迎头距长兴灰岩斜长约 13 m。分析推断,下部长兴灰岩中存在岩溶陷落柱体,使上

部的飞仙关泥岩失稳而逐渐陷落,造成泥浆侵入形成目前的异常。

为了准确测定构造异常体的具体形态,采用反射共偏移方法在进风斜井中沿朝向回风斜井的巷帮布置测线,现场噪声调查确定探测偏移距为 16 m,移动步距为 0.5 m,共完成探测测线 100.5 m。图 4 为进风斜井中反射共偏移法测试偏移时间剖面。

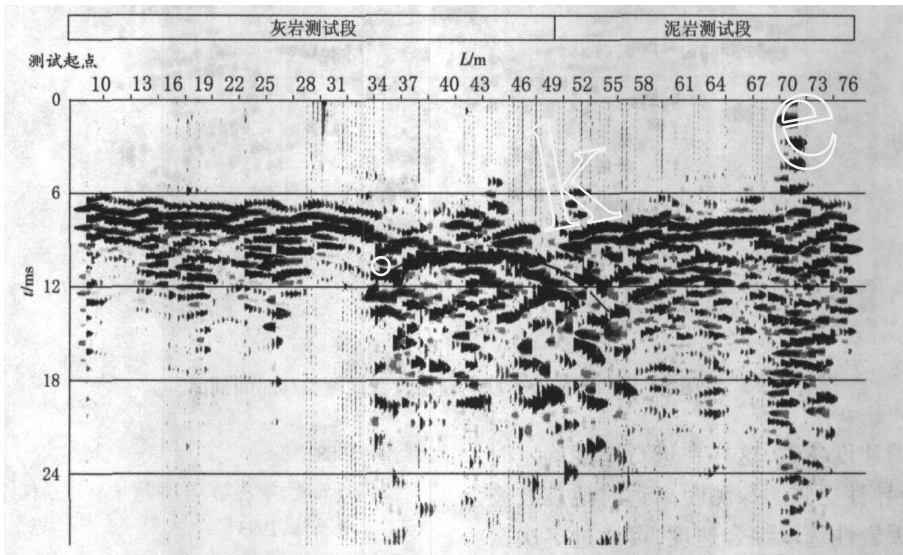


图 4 四川某矿进风斜井地质构造异常区域探测偏移时间剖面

从图 4 中可以看出,自测试起点至 60 m 段为灰岩体中测试波形,波组完整无异常,但到 40 m 时由于受测试前方构造异常影响,波形发生变异,40~62 m 段波组相对紊乱,分析为岩性破碎引起较多的反射回波。进入泥岩区段测试后,该段波形受泥岩岩性结构变化影响较灰岩中有一定的差异。总体上很直观,从时间剖面上很容易分辨出构造异常区域的影响范围。在沿测试倾斜方向,时间剖面上距起点 40 m 应为构造异常区的下边界,且异常区延伸为 21.5 m 左右。在探测方向的前方,即朝着回风斜井方向上,构造异常区域的轮廓较为清晰,根据波组特征,结合测试岩性情况及现场地震地质条件调查选取灰岩地震波波速 3 500 m/s,泥岩波速 2 200 m/s,异常区域内岩层地震波综合波速 3 000 m/s,可计算获得异常区的前边界距进风斜井最近为 15~18 m,而后边界距进风斜井最远为 35~40 m。该异常区在下方由于处于灰岩岩层区,破碎相对严重,掘进中应注意含水层沟通问题,加强防范。后经回风斜井进一步掘进证实,该陷落柱在巷道中延伸长度为 22 m,与探测判定位置仅相差 0.5 m。

3.4 工作面内构造延展情况探测

山西霍州矿业集团某煤矿条带联巷不同位置巷

道分别揭露落差为 6~9 m 大断层,为判定其未揭露区前方延伸状况,在条带联巷一帮向煤帮内进行布点观测。现场采用单道反射共偏移法,偏移距选定为 20 m,移动步距 2.0 m,共进行了 130 m 段帮内数据采集。图 5 为测试偏移时间剖面及结果分析,从图 5 中可以看出,该构造迹线反射波同相轴粗状、连续,易于分辨。从波组整体上分析,该断层迹线有所摆动,总体上沿测试起点方向向联巷逐渐靠近,但在测试起点 25 m 段内又向工作面内摆动。

结合现场测试取 2 号煤煤体地震波综合波速 2 500 m/s,可以判定在距测试起点 60 m 处断层应位于工作面内 43 m 左右。而在距测试起点 110 m 处断层位置在工作面内 57.5 m,后经巷道揭露,该位置前方距离为 60 m。

4 结语

反射共偏移技术可解决生产中大量的井巷地质问题,特别是对异常目标体测线方向上的定位,其准确性较好,但受实际探测条件所限,在对地质异常体垂向位置定量确定时,必须获得地震波在该煤岩层介质中的旅行速度,因此对某一矿区开展探测工作时,最好先做一些基础数据采集工作,目的是获得不

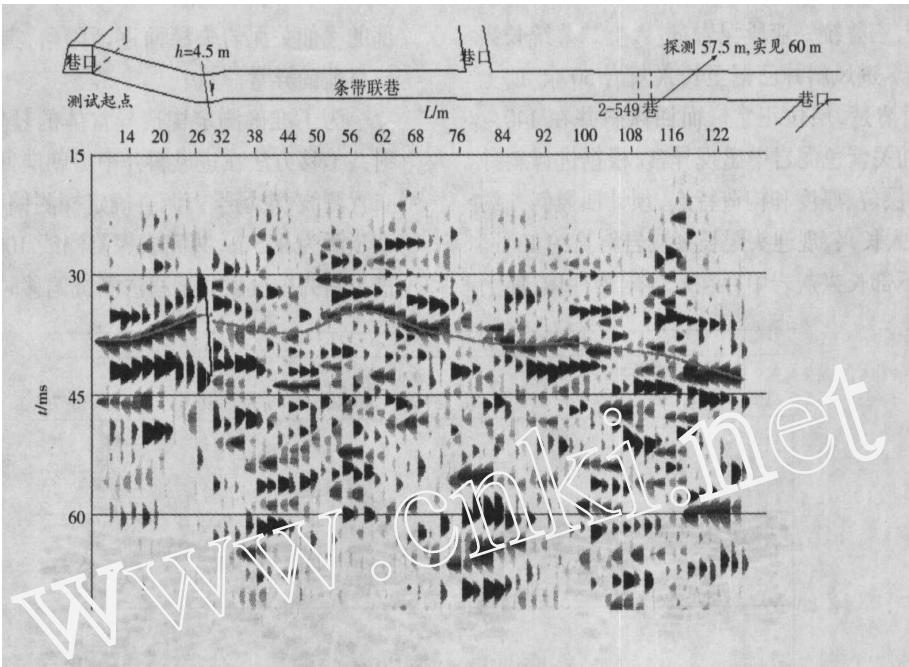


图 5 山西某矿条带联巷断层位置探测偏移时间剖面

同煤岩体介质的速度参数,这样在进行厚度确定时准确率更高,指导性更强。探测距离远时地震波波速应结合顶底板岩性选取综合速度,可通过多次探采对比反演获得,更有效地对地质目标体进行偏移归位。煤矿的高产高效开采离不开有效的探测技术,高精度高分辨的探测技术为煤矿安全开采提供了技术保证,积极开展反射共偏移法探测技术应用将会取得更好的效果。

参考文献:

[1] 王振东. 浅层地震勘探应用技术[M]. 北京:地质出版社,

1988

[2] 刘天放,李志鹏. 矿井地球物理勘探[M]. 北京:煤炭工业出版社,1993
[3] 钟世航. 浅层高分辨率勘查中的陆地声纳法[J]. 工程地球物理学报,2004,1(1):31~37
[4] 熊章强,张学强,李修钟,等. 高密度地震映像勘查方法及应用实例[J]. 地震学报,2004,26(2):313~316
[5] 张平松,刘盛东. 新集三矿西部采区基岩界面探测应用与效果[J]. 淮南工业学院学报,2002,22(2):1~3

(责任编辑:李 琴)

(上接第 42 页)

5 m 处为 37.6 mg/m³。

5 结论

针对古书院矿 9 号煤 92211 掘进工作面瓦斯低、断面小的特点,通过长压短抽通风除尘的试验和应用表明:当压入风筒口距迎头 20~40 m,抽出风筒口距迎头小于 3.3 m 时,在掘进机司机处、掘进机后 10 m 处、除尘器出风口后 5 m 处各个位置的平均粉尘浓度分别为 59.4,58.2,37.6 mg/m³,通风除尘系统的除尘效果达到最佳,有效地改善了工作面环境。

根据对古书院矿 9 号煤 92211 掘进工作面粉尘治理的经验表明,利用长压短抽通风除尘技术是治

理掘进工作面粉尘的一条有效途径,可为今后的粉尘治理工作提供参考。

参考文献:

[1] 责任者不祥. 掘进工作面以抽出式为主的混合通风降尘效果的研究[Z]. 国内外煤矿粉尘防治技术资料选编,1986
[2] 幸大学. 掘进混合式通风合理抽压风筒口位置的探讨[J]. 矿业安全与环保,2005,32(4):30~32
[3] 王树德. 新型湿式旋流除尘器的试验研究[J]. 矿业安全与环保,2001,28(增刊):102~103

(责任编辑:吴自立)