

基于超宽工作面复杂煤层中隐伏构造探测的应用

郭生凯 孙文斌 王涛 高定州

北京探创资源科技有限公司 北京 丰台区 100068

【摘要】目前矿井回采工作面构造探测主要有无线电波坑道透视法、槽波勘探等。其中无线电波坑道透视探测只能做透射测量，不能做反射测量；坑透仪测量时干扰因素比较多，如金属导体或动力设备等；透视探测距离不大。而槽波勘探具有透射反射均可做、探测距离大、探测精度高、抗电干扰能力强、波形特征较容易识别、最终成果直观等特点。且可以探查隐伏断层、陷落柱、煤层分叉与变薄带、充水采空区及废弃巷道等地质异常。故槽波勘探逐渐成为矿井回采工作面构造探测必做方法之一。我公司在实际应用中根据不同的现场条件及工程要求选择最佳的方法手段，在各大矿区实际应用中均取得了良好的应用效果。

【关键词】槽波勘探；透射法；反射法；隐伏断层；煤层变薄带

1 引言

煤炭资源是我国能源组成中最重要的部分，并在未来数十年间依然为主要能源。我国的采煤方式以井工开采为主，地质条件复杂，开采技术难度大。如何快速、准确探测井下致灾体，避免各类矿井安全事故的发生，对各类矿井物探方法提出了更高的要求。针对不同的探测目的，选择合适的物探方法很重要。

回采工作面探构造较常用方法有槽波地震法、无线电波坑道透视法等，无线电波坑道透视法具有数据采集速度快、但是分辨率低，探测深度浅；槽波地震探测距离大、探测精度高、抗电干扰能力强、波形特征较容易识别。因此在构造复杂区域一般采用槽波地震进行探测工作。

2 槽波技术原理

煤矿井下槽波地震技术具有完整的理论基础，煤层间的波导现象Evison于1955年在新西兰煤矿首次发现，1963年德国Krey从理论和实践中证明了煤层中槽波的存在。他在现场测量中指出波在岩—煤—岩的结构中传播会形成槽波，并且槽波传播时会形成有限的几种模式，最重要的是槽波有着很强的频散特性。

槽波地震勘探是利用在煤层中激发和传播的导波，探查煤层不连续性的一种地球物理方法，是地震勘探的一个分支。槽波地震勘探可以探查小断层、陷落柱、煤层分叉与变薄带、充水采空区及废弃巷道等地质异常，具有探测距离大、精度高、抗干扰能力强、波形特征较易于识别以及最终成果直观的优点，尤其在探测精度和距离上优于其他煤矿井下勘探方法，是目前最有效的探测方法，槽波形成原理图见图2-1。

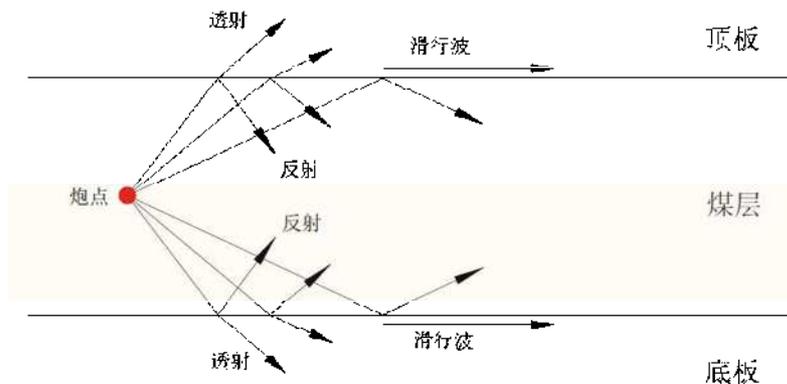


图2-1 槽波的形成原理示意图

由于不同体波干涉，形成的槽波具有不同特点，通常将槽波分为两种：

(1) 瑞雷 (Rayleigh) 型槽波，这是由 P 波与 SV 波相互干涉形成的，其质点是在垂直于煤层，而包含射线的平面内作椭圆形逆行极化。

(2) 拉夫 (Love) 型槽波。它是 SH 波与 SH 波干涉形成的，它的质点是在平行于煤层的平面、垂直于传播

方向的平面内作线性极化振动，是一种纯 SH 波。在煤层中激发出地震波时，槽波沿着围岩—煤层—围岩层序传播，它的波长与煤层厚度为同一数量级。由于围岩与煤层的速度比和密度比不同，在煤层的垂直距离上，槽波的振幅是不同的，由于低速地震槽和其直接条件的限制，槽波的振幅随着到震源距离的增加而产生的衰减，比在三维空间传播的体波要小。因此，煤层不仅对在煤层中

的槽波，而且对相邻围岩中的槽波都是一个二维导体。

3 应用实例

山东某矿 93 上 15 工作面煤层结构复杂，局部受薄煤带、断层影响。工作面走向长 583.22m，倾斜宽 403.20m，总面积约 232511.93m²。煤层厚度 0.3~4.6m，平均厚度 2.82m，煤层倾角 2~10°，平均 5°。根据采区三维地震解释资料、地面钻孔资料及巷道揭露资料，工作面回采范围内最大断层落差超过 10m。断层的存在对工作面的安全生产带来了不利影响，为了查明 93 上 15 工作面的构造及异常体情况，采用槽波地震探测透射法联合反射法进行数据采集。

本次 93 上 15 工作面槽波探测沿轨道顺槽、切眼、运输顺槽布设炮点和检波点共激发 63 个炮点，使用 136

个检波器接收。

3.1 透射法成像

对于工作面，首先按照工作面施工范围大小建立一个沿着 X 方向和 Y 方向分布的模型，网格大小约为 5×5 m。即 X 方向 121 个，Y 方向 80 个格点。按照 CT 成像的原理，把能量分配到各个网格，并进行迭代求解，最终得到此模型上每个网格点的能量分布数据，最后将网格数据绘制成等值线图。

3.2 反射法成像

本次 93 上 15 工作面反射法探测接收的槽波数据有效频带很宽，在 150Hz 至 400Hz 均有有效信号。由于槽波探测反射波信号一般，大部分单炮记录中反射波难以辨别。经预处理后，对各单炮记录进行包络叠加处理，轨道顺槽和运输顺槽的成像结果见图 3-3。

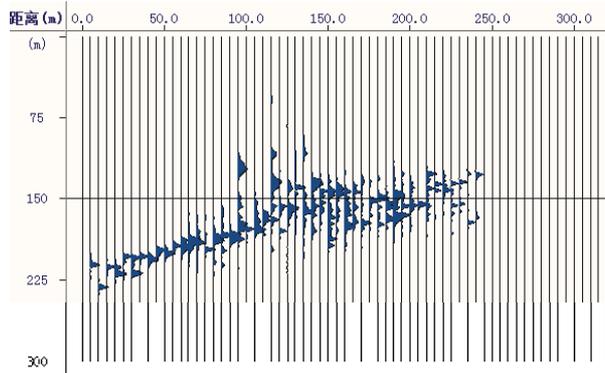


图 3-1 93 上 15 工作面轨道顺槽包络叠加法反射剖面

3.3 地质解释

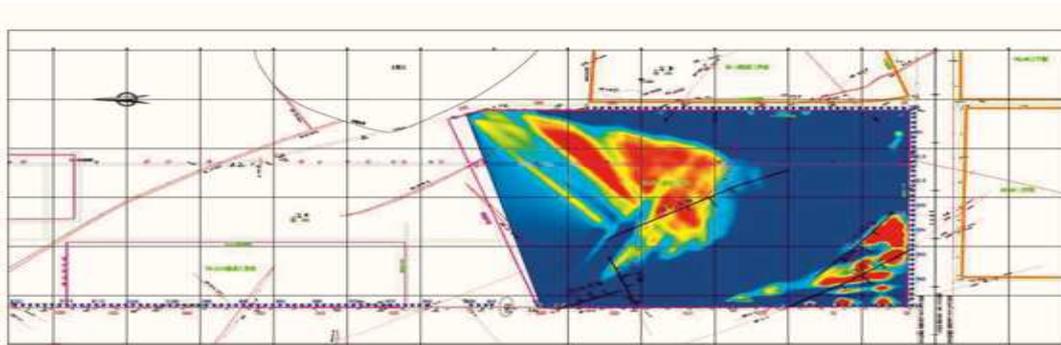


图 3-2 槽波透射法探测地质解释图

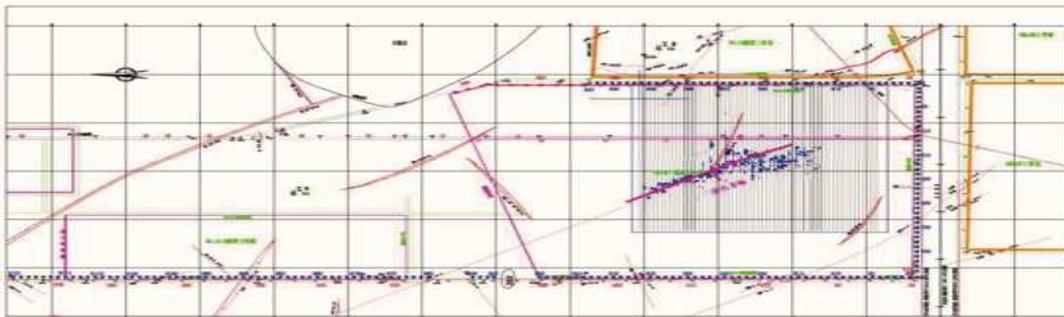


图 3-3 槽波反射成像解释图

(1) CH-F1 断层

通过图 3-5 槽波反射法成像解释图可知在工作面探测区域的中间部位存在明显反射波能量，图中 CH-F1 断

层反射波同相轴清晰，巷道反射波也较为清晰，因此可以判断出 CH-F1 断层的分布情况。同时可以判断在 CH-F1 与轨道顺槽之间反射波传播的通道内没有较大的

构造及地质异常体。

结合多个炮点记录分析，可以推断出 CH-F1 的大致位置，这与 CT 图中能量的异常分布是一致的。

(2) CH-F2、CH-F3 断层

CH-F2、CH-F3 位于 93 上 15 工作面的西南角。在图 3-7 所示 CT 图中右下角出现了较为明显的异常区，巷道在该处也揭露了最大落差达 $H=5.1\text{m}$ 的断层。对比单炮记录槽波能量分布特征，最终解释为 CH-F2 落差 $H=3\sim 5\text{m}$ ，CH-F3 断层落差 $H>4\text{m}$ 。

(3) CH-F4、CH-F5 断层

CH-F4、CH-F5 位于 93 上 15 工作面运输顺槽 9S1535 与 9S1537 导线点之间，该区域在 CH-F1 大断层的背景下，CT 图中无明显异常，依据巷道实际揭露该处存在两条落差较小的断层，推测 CH-F4 断层 $H<3\text{m}$ ，CH-F5 断层 $H<3\text{m}$ 。

(4) 煤层变薄区

距切眼（右边为切眼）250~600m 范围内存在大片区槽波能量异常，推断该区域为煤层变薄区。

3.4 矿方回采情况

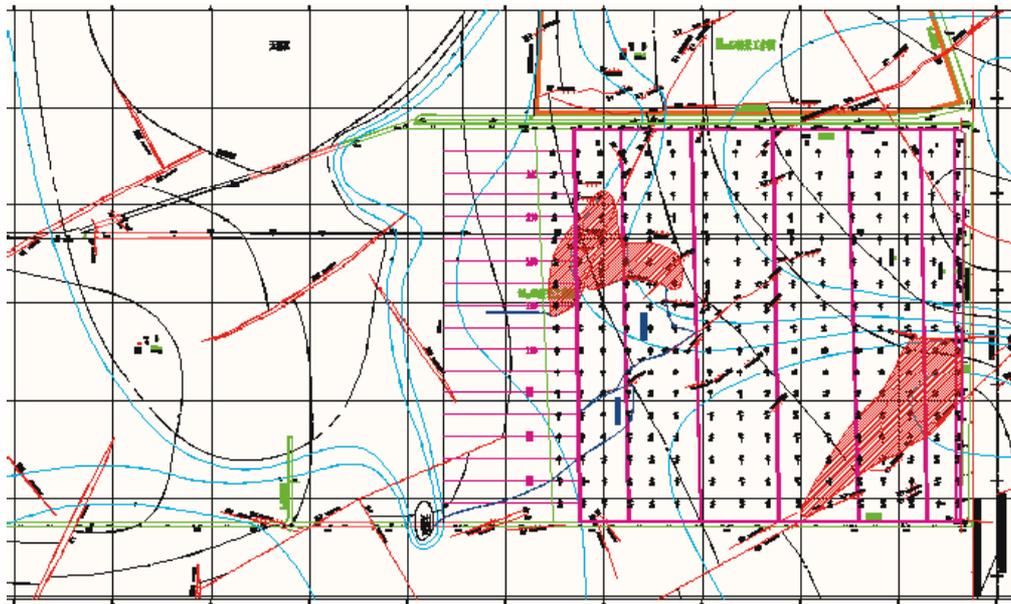


图 3-4 93 上 15 工作面回采地质图

目前矿方已回采 387m，由于前方煤层冲刷区和构造异常区域范围较大，已停止回采。通过矿方回采实际验证，总共揭露两处煤层地质损失区域。区域一位于工作面西南区域（切眼右下方）主要为 CH-F2、CH-F3 断层断裂带影响；区域二位于距切眼 250m 范围往后区域，另外在距切眼 140m 开始揭露 CH-F1 断层。本次探测的三条断层与煤层变薄区均与实际揭露情况相吻合。

4 结论

本次槽波勘探采用共探测断层 5 条，煤层变薄区一处，其中 CH-F1 断层为工作面内隐伏断层，在透射和反射成果中均有异常反应，推测断层落差大于 4m，其它四条断层均为巷道揭露断层。本次工作面槽波透射数据处理时使用了槽波能量高精度 CT 成像算法；反射槽波数据处理使用了包络叠加法成像，成像结果都较为可靠。由此说明采用槽波探测对工作面隐伏构造探测具有重要意义。

【参考文献】

- [1] 马士趁，杨思通，朱鲁 透射法槽波地震勘探在煤矿小构造探测中的应用. 煤炭技术.
- [2] 胡国泽，滕吉文. 槽波地震勘探技术在预防煤矿灾害方面的研究与应用 [C]. 中国地球物理学会年会，2011.
- [3] 乐勇，王伟，申青春，等. 槽波地震勘探技术在工作面小构造探测中的应用 [J]. 煤田地质与勘探，2013 (4)，74-77.
- [4] 钱建伟，李德春. Love 型槽波的基本特性研究 [J]. 中国煤炭地质，2013 (9)，:52-54
- [5] 何文欣. 槽波波速 CT 成像技术及其应用 [J]. 矿业安全与环保，2017, 44(1):49-52.