

窑街地区地震勘探水中激发反射试验

甘肃省煤田综合普查队 时作舟、朱晓东、赵学义

1977年我队在祁连山东段的窑街地区开展了地震勘探工作。本区山大沟深，流砂和砾石遍布沟谷。地质构造比较复杂。局部地区黄土复盖厚达50米以上，潜水面深达80米以下，表层地震地质条件极为恶劣。大通河贯穿本区，河水深浅不一。河两岸虽然潜水面较浅，但表层河流石洪积层厚在8~12米之间，由石英岩、变质岩和各种火成岩组成，使钻井工作极难进行。开始在试验点打了一个爆炸井，深16米，消耗钻头36个，费了35个小时。虽然放炮取得了好记录，但工效太低，机械材料损耗太大，成本昂贵，不能适应工作需要。

为了改变这种被动局面，我们提出了在大通河中放水炮来代替井中激发，减少钻探工程量的试验方案。并采取以下技术措施：组合检波，不同药量和药包个数的组合爆炸和变换仪器因素选择接收以及远近排列双重追踪法，有效地压制了干扰，突出了有效波，在煤系中获得了较可靠的反射层，构造特征反映明显。

一、地震地质条件

本区位于祁连山褶皱带的二级复式向斜褶皱凹陷带。地层自上而下有第四系沉积物、砾石、黄土等，厚约8~60米。第三系由砖红色砂岩、粉砂岩、泥岩等组成。白垩系上部为红色砂岩、泥岩互层，下部为杂色砂岩、砂泥岩互层，薄厚不均，厚者达500米。上侏罗系为砂泥岩互层，厚约350米，中侏罗系为粉砂岩、油页岩、铝质泥岩，并含可采煤层两层，为主要含煤地层，厚约150米。下侏罗系为粉砂岩、石英岩等组成，厚约100米。其下为古老变质岩、火成岩等。全区岩层倾角变化很大，断层发育。在煤系地层中存在一个能够连续追踪的强反射界面，为本区主要反射标志层。其上覆地层的平均速度尚未经地震测井所精确测定。根据一些点的有效速度计算，测区范围内标志层有效速度在3000~3400米/秒左右，计算深度与钻探深度基本吻合。

二、野外工作方法

全部采用反射法工作。因为沿河放炮，测线布置必须打破常规，因地制宜地安排。测线沿河岸呈折线布置。个别地方一个排列之内也须做必要的弯曲。但每一排列两端的炮点均有实测坐标，使 t_0 点有准确的空间位置，以保证最后地质成果的精度。排列长度一般采用230米（特殊情况下有所伸缩），道间距10米，组内距5米，9个检波器直线串联组合。

观测系统为近排列接收和隔排列接收的双重连续追踪系统。其中近排列接收记录可得出 t_0 点回声时间和法线深度。为构制剖面图、平面构造图提供依据。但有效波的追踪易受声波干扰。隔排列接收记录可避开声波干扰，使有效波的连续对比和反映地质构造形态清晰可靠。因此，双重追踪可实现反射段和共接收段的对比验证，相互弥补不足，以消除因地形、低速带不均一而造成的假象，提高解释成果的准确程度。

激发方式：炸药量和组合炮数，根据河水深浅、接收间隔远近以及有效波能量强弱随时调整。组合个数 \times 药量（公斤）常选 3×1 、 3×2 、 4×1 、 3×3 、 4×3 ，个别炮点曾选用过 3×0.5 、 6×0.5 、 6×1 。一般均为纵向直线组合，组内距10米左右。每个药包捆上卵石沉放水底，以免被急流冲走，满足定点放炮的要求。

仪器因素选择：门坎值8.8伏（公控输出桥压）；调制度15%~25%；公控起始增益-30分贝；终了增益-10分贝；延迟时间3~5档；跟踪速度多数选为快档；自控起始增益，隔排列一般为20~5档，近排列为35~10档；延迟时间，隔排列为6~8档，近排列为2~6档；野外监视回放三道混波，混波比33%，滤波档30~75赫芝。

三、试验记录

1. 单炮和组合炮的激发效果对比

河水深1.5米，检波器埋置在河滩上。

①使用单炮，药量3公斤。所得记录低频面波干扰大，有效波不突出（图1，右）。

②使用三点线性横线组合爆炸，各点药量2公斤，即 2×3 。所得记录有效地压制了低频干扰，突出了有效波（图1，左）。

2. 井炮和水炮的激发效果对比

①井炮：井深16米，在浅水面以下10米，穿过卵石层在泥岩中激发，单炮药量为3公

斤。所得记录良好，有效波振幅强，波形单一，同相轴平滑，讯噪比高（图2，右）。

②水炮：在临近井位的河水中进行三点组合爆炸。河水深1.5米，炮点组合距10米，各点药量2公斤。所得记录质量基本上与井炮激发相等（图2，左），说明水炮可代替井炮，用于解释对比。

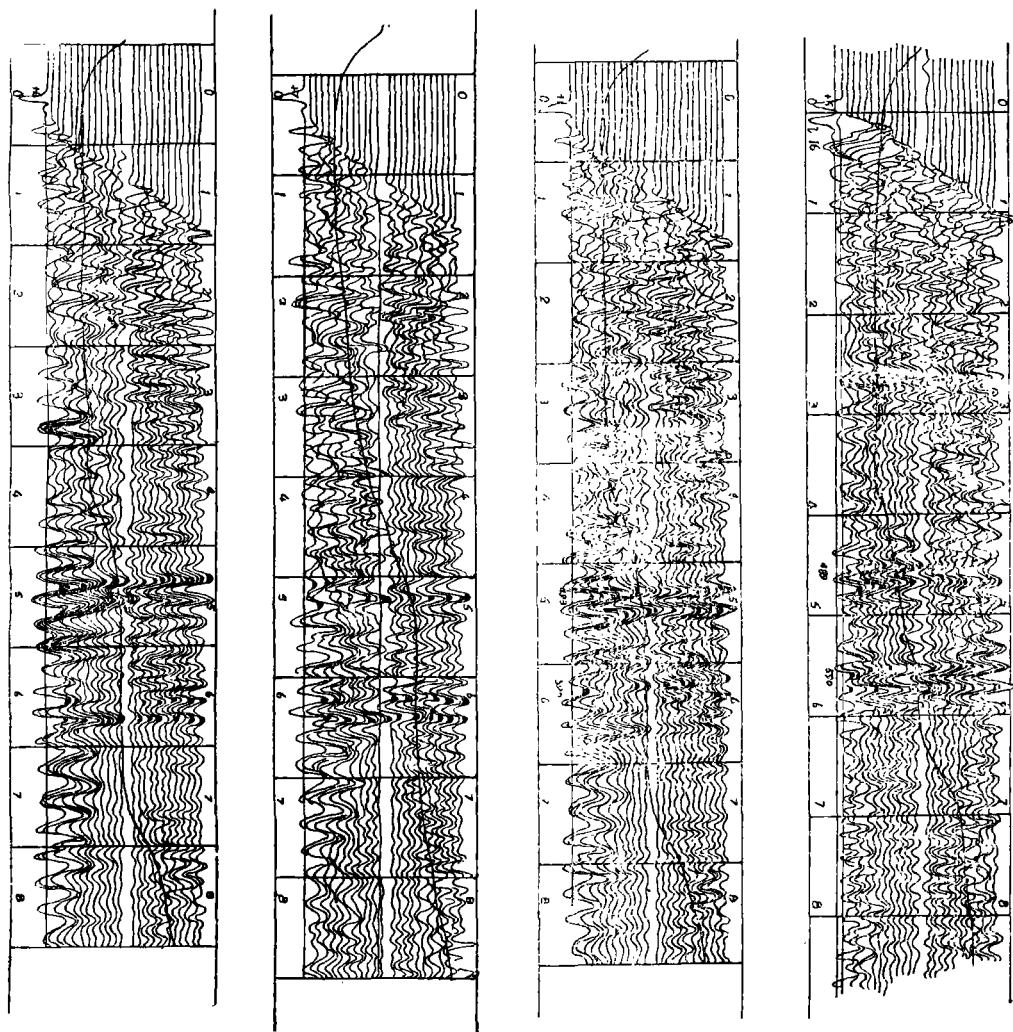


图1. 左: 药量: 6 公斤, 组型: 2×3
右: 药量: 3 公斤, 组型: 3×1

图2. 左: 水深: 1.5 米, 组型: 2×3
右: 井深: 16 米, 药量: 3 公斤.

3. 隔排列接收和近排列接收对比

①近排列: 声波干扰严重（图3，右）。

②隔排列（230米）: 利用声波速度慢的特点，有效地甩开了声波干扰，使0.6秒以前

的有效波不受声波干扰，反映清晰（图3，左）。

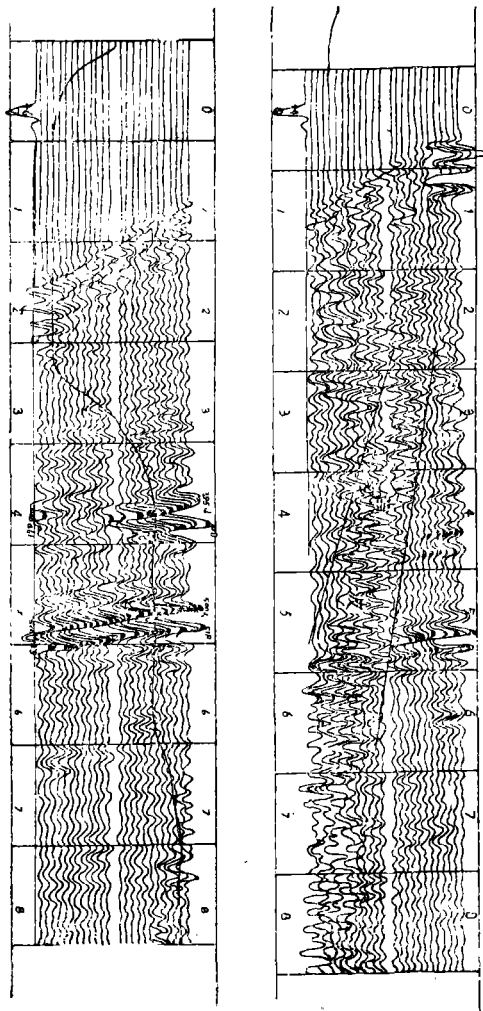


图3.

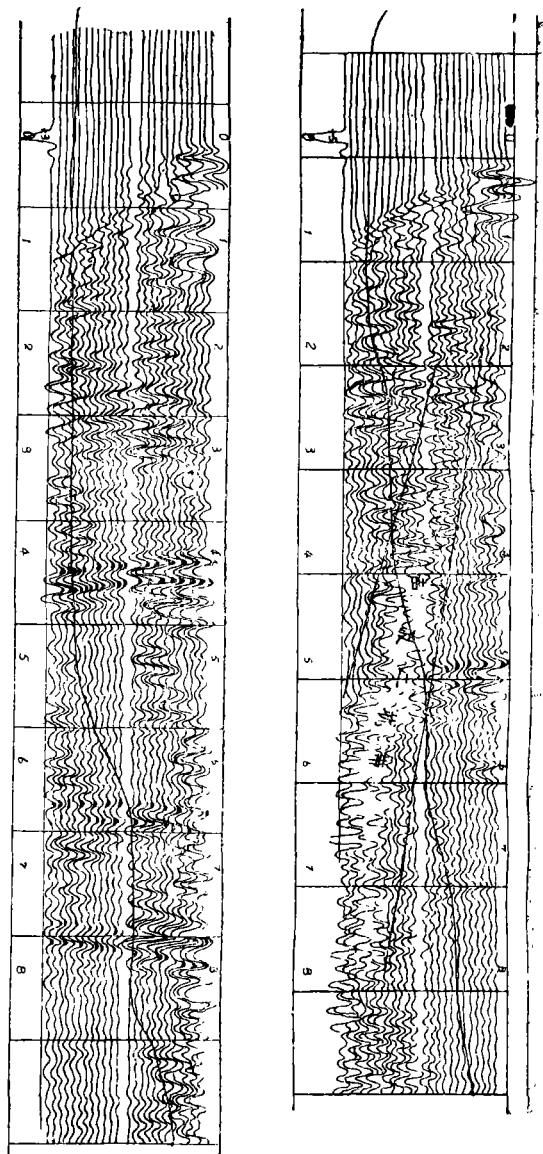


图4.

4.不同水深激发效果的对比

- ①水深0.6米，声波干扰严重，破坏了有效波的追踪（图4，右）。
- ②水深2米，有效地压制了声波，记录上有效波反映清晰可靠（图4，左）。

5.在同一个反射段，用隔排列和近排列接收，验证构造

图5 为在同一个反射段，用隔排列和近排列接收的两张记录。在近排列接收的记录上

发现有错断现象。又采用隔排列接收，也反映出明显的错断现象，证明了该处确有落差为30米左右的小断层。

四、地质效果和存在问题

窑街测区水中激发地震反射工作，经过反复试验，用水炮代替了井炮，为国家节约了材料，降低勘探成本65%。将水炮反射资料与钻探资料对比可知，地震勘探资料反映的地质构造形态基本正确。

1. 测区721号孔原钻探设计认为见煤深度在850米以上。但据地震资料初步解释为900米以下。后经钻探证实见煤深度为917米。

2. 原地质推断认为斜跨测区有一个朱儿庄背斜，后经地震资料验证在原推断位置不存在此构造。

3. 在鳌塔向斜南翼发现一个落差为150米左右的断层。

4. 据地震资料，在测线11发现了落差70米和50米左右的两条断层，其位置与原钻探所控制的F702、F2断层的延伸方向一致。

目前还存在如下问题有待进一步解决：

1. 由于地形条件限制，测线和排列沿河谷弯曲，并且不成网格，难于实现精确的空间校正，对最终地质成果的精度有影响。

2. 不少地区河水太浅，声波干扰严重。如果单纯地为排除干扰进行大量炮点组合，在施工中有一定困难，但组合药包少，则质量不好。

3. 个别排列因测线沿河弯曲厉害，用隔排列、近排接收时反射段产生较大偏移，所以难以保证严格的共反射段双重追踪和验证。

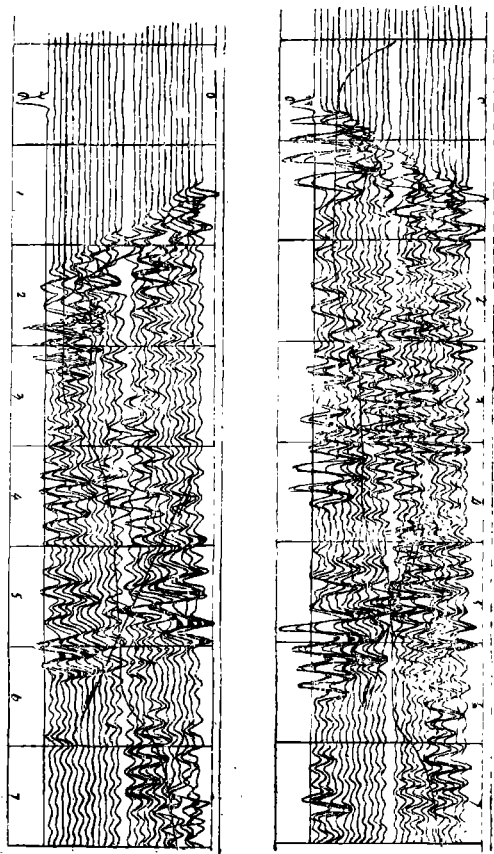


图5.