

物 理 勘 探

二连盆地中南部最佳采集
因素设计及效果分析

蔡为方 阎万朝

摘要

从二连盆地中南部的表层及地下地质结构出发，建立一个地质模型，并导出相应的一套数学模型。根据埋深、速度及最高频率要求，制作空间采样与信号波长、最大炮检距与界面的埋深及速度、组合基距与频率及地层倾角、激发深度与表层虚反射等一套关系曲线，使地震野外采集因素的设计建立在比较科学的基础上。

为了查明埋深仅有580米的下白垩系目的层，则希望得好0.3秒的反射波，保护50Hz的有效波高频成分，分辨40米厚、300米长的地质体。因此，在野外采集时，要尽量增加覆盖次数、选用50米组合基距、零偏移距、降低仪器灵敏度、综合选择激发因素，这样才能提高浅层反射波的信噪比和克服超调现象。实践说明，从定量分析的角度确定最佳因素，改善了浅层资料的质量，保护了50Hz的有效信息不受损害，提高了对特殊地质体的分辨能力，突出了大倾角反射。

ABSTRACT

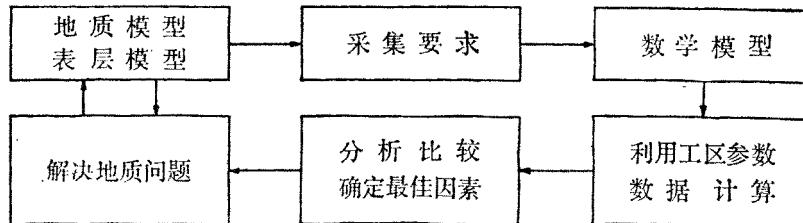
In the light of the near surface condition and subsurface geologic structure, in middle-south Erlian Depression a geologic model is established; and a series of corresponding mathematic models are derived. According to the requirement of depth, velocity and highest frequency, we plot a set of curves, which are spatial sampling interval versus signal wavelength, maximum offset vs reflector depth and velocity, array length vs frequency and dip, shot depth vs ghost, and so on. These curves make the acquisition parameters more reasonable.

In order to ascertain the lower Cretaceous reservoir bed at the

depth of 580m, we must get clear reflection at 0.3 seconds, keep 50 Hz high frequency content, and have the ability to distinguish a geologic body whose thickness is 40 m, and length 300 m. Therefore, in field data acquisition, high multiplicity, end-on spread with 50m array length, low instrument sensitivity and resonable shot factors must be used so that high S/N ratio in shallow bed is obtained, and over modulation eliminated. It is shown from the practice that the optimum acquisition parameters determined by quantitative analysis can keep 50 Hz effective seismic wave, improve shallow data and the resolution of special geologic bodies, and enhance high dip reflections.

前　　言

地震采集因素的选择，以往一般都采用一系列的系统试验和使用较多的试验点资料，凭借经验加以判断，来确定野外施工方法，这样往往带有一定的盲目性。特别是对于已作过地震勘探工作的探区，有可能改变这种做法，使野外采集设计理论化、系统化、数据化，提高野外采集精度。我们现以二连盆地采集因素设计为例，从建立能代表工区的表层和地下地质模型出发，将地质问题转化为地球物理问题，并建立一套相应的数学模型，作出最佳采集因素设计。其采集方法研究的流程如下框图所示。



地质特征及其对野外采集的要求

本区的地质模型及其特征

图1是本区有代表性的地下地质模型。可以看出，其地质特征是：(1) 目的层埋藏深度浅，沉积厚度薄；(2) 构造运动剧烈，断层发育；(3) 地层倾角大。

对野外采集的要求

1. 保护和改善浅层有效反射波

本区目的层巴彦花群埋藏深度浅，经钻探证实，最浅在580米左右见到油气显示，相当于地震反射时间0.5—0.6秒。为了搞清目的层与上覆层接触关系，要求野外采集时必须得好0.3—0.5秒的浅层反射，因此有必要了解浅层有效反射波的最大接收长度。

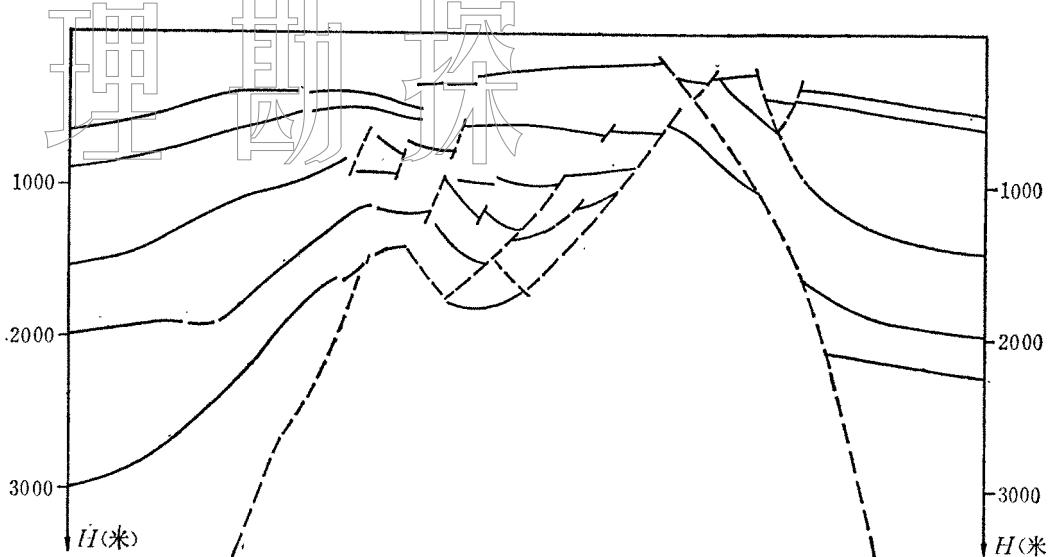


图 1 地质模型

工区低速层厚度一般都小于 10 米, 激发深度大约为 18 米, 即在低速层以下激发。因此, 在生产记录上表现的初至折射波大都是由表层高速界面产生的。

设高速界面以上的速度为 v_1 , 高速层速度为 v_2 , 折射界面为水平界面, 表层高速界面埋深为 z , 则折射首波的时距曲线方程为

$$t = \frac{x}{v_2} + \frac{z \cos i}{v_1} \quad (1)$$

由于多次折射波的存在, 在 1 秒以前大约有 150 毫秒的延续时间, 考虑到初至切除, 式(1)可改写成

$$t = \frac{x}{v_2} + \frac{z \cos i}{v_1} + 0.15 \quad (2)$$

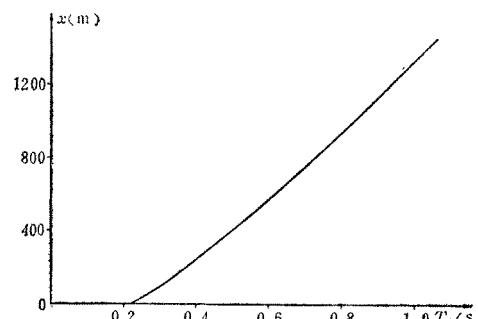
解式(2)得

$$x = \frac{v_2(100t v_1 - 200z \cos i - 15v_1)}{100v_1} \quad (3)$$

由式(3)求得的 x 是 t 时间的接收距离。

取工区参数为: $v_1 = 1,000$ 米/秒; $v_2 = 1,950$ 米/秒; $z = 50$ 米; $t = 0.3, 0.5, 1.0$ 秒。代入式(3), 得出不同 t 与 x 之间的关系, 为了便于设计时计算, 将 t 转换成 T_0 , 得出不同 T_0 时间与最大接收长度关系曲线, 如图 2 所示。

由图 2 可以看出, 对于 0.3 秒浅层反射, 最大接收长度为 100 米左右; 对于 0.5 秒的浅层反射, 最大接收长度为 420 米左右; 对于 1.0

图 2 不同 T_0 时间与最大接收长度关系曲线

秒反射实际最大接收长度为1,360米。当 $\Delta x=50$ 米，采用零偏移距施工时，在生产记录上实际明显可辨认的0.3秒浅层有效反射同相轴也只有2—3道。

根据浅层反射波接收道数少的特点，在野外采集时要尽量通过增加浅层反射波的接收道数来增加叠加次数，提高浅层反射波的信噪比和克服超标溢出现象，以此来提高浅层叠加效果。

2. 提高分辨率和信噪比

根据上述地质特征，要求在2,000米的深度($T_0=1.5$ 秒左右)，纵向分辨率达40米；横向分辨率达到能搞清300米长的地质体，才能为钻探提供比较准确的井位和分层数据。

大家知道，界面反射的清晰度取决于分辨率，无论是纵向分辨率，还是横向分辨率，都与频率有关。提高频率是提高分辨率的基础。下面具体讨论本区纵向、横向分辨率与频率的关系。

(1) 纵向分辨率

纵向分辨率是指地震记录沿铅直方向能分辨的最薄层的厚度 ΔH ，即

$$\Delta H = \frac{1}{2} v_n \Delta \tau \quad (4)$$

式中： v_n 为层速度； $\Delta \tau$ 为地震波通过薄层的双程旅行时间。根据信噪比实际情况，选 $T/2$ 为可分辨，则代入式(4)得

$$\Delta H = \frac{v_n T}{4} = \frac{v_n}{4f_s} \quad (5)$$

式中 f_s 为有效波主频。

如果我们以0.7为有效波通放带(3分贝衰减)，则有效波的最大频率 $f_{s\max} = f_s / 0.7 = 1.43 f_s$ 代入式(5)得

$$\Delta H = \frac{1.43 v_n}{4f_{s\max}} = \frac{0.358 v_n}{f_{s\max}} \quad (6)$$

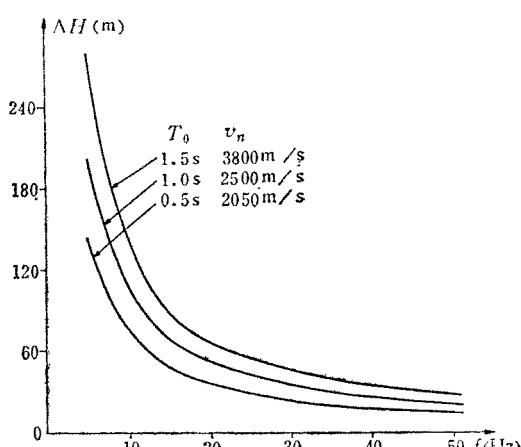
取 $T_0=0.5$ 秒， $v_n=2,050$ 米/秒； $T_0=1.0$ 秒， $v_n=2,500$ 米/秒； $T_0=1.5$ 秒， $v_n=3,800$

米/秒代入式(6)，算出本区有效波最大频率 $f_{s\max}$ 与纵向分辨率 ΔH 的关系曲线，如图3所示。

从图3可以看出，要达到在2,000米埋藏深度处($T_0=1.5$ 秒左右)纵向分辨率为40米，则要求有效波的最大频率不小于35Hz。考虑到各种滤波特性的影响，野外采集时必须保护50Hz左右的有效反射不受压制才行。这就是纵向分辨率对野外采集因素的要求。

(2) 横向分辨率

图3 有效频率与纵向分辨率关系曲线



横向分辨率是指沿水平方向能分辨的地质体的长度 L 的长短。

根据物理地震学的观点，在地面上的一点可以收到地下许多点的绕射子波。当激发地震波后，地面上一个点收到的可以分辨的反射，是来自某一范围内绕射子波叠加的结果，水平方向分辨能力就是该范围的大小，再小则无法分辨。如果某一范围内绕射子波的时差小于或等于 $T/2$ 时，则认为是可以分辨的。

如图4所示，根据菲涅尔原理，菲涅尔带半径为

$$O'B = \sqrt{OB^2 - OO'^2} = \sqrt{\frac{v^2 T_0}{4f} + \left(\frac{v}{4f}\right)^2} \quad (7)$$

式中： v 为平均速度； T_0 为垂直双程时间； f 为有效波频率。

取下列参数代入式(7)： $T_0 = 0.5$ 秒， $v = 2,150$ 米/秒； $T_0 = 1.0$ 秒， $v = 2,250$ 米/秒； $T_0 = 1.5$ 秒， $v = 2,620$ 米/秒。得

出不同 T_0 时间横向分辨率 L (即 $O'B$)

与频率 f 关系曲线如图5。

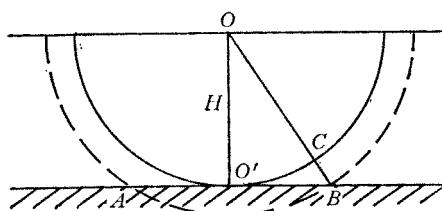


图 4 求横向分辨率原理图

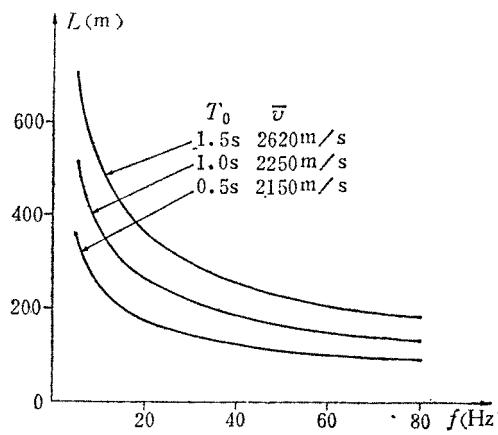


图 5 横向分辨率与频率关系曲线

从图5可以看出，要搞清水平方向长度为300—320米的地质体，野外采集必须保护40Hz左右的高频反射不受压制才行($f_{\max} = 1.43f_s$)。综合考虑各种滤波作用，野外采集时能保护50Hz的反射波不受压制，便可实现本区纵向、横向分辨率的要求。

3. 保护大倾角地层的反射

为了保护大倾角地层的高频反射(50Hz)，根据理论计算结果，空间采样和检波器组合基距的关系如图6所示。由图6可见，要使40°倾角地层的50Hz高频成分不受压制，检波器组合基距(L_x 方向)不能大于50m。下倾发炮对保护大倾角高频反射也是有利的。因此要保护大倾角反射，必须合理选择检波器基距和空间采样间隔。

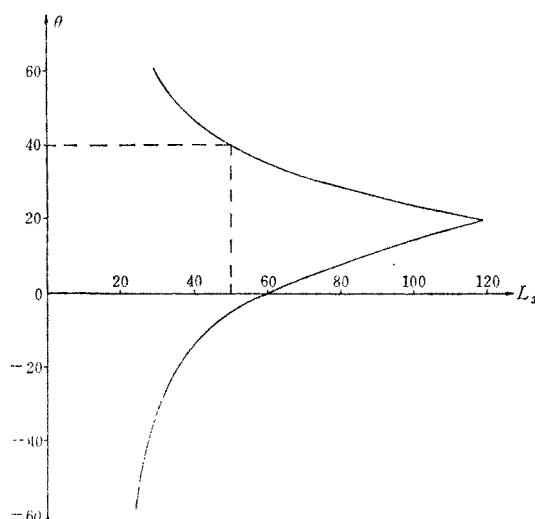


图 6 地层倾角与组合基距关系曲线

物理勘探

采集因素设计

空间采样间隔

空间采样间隔可以利用有效信号波长 λ 求得，理想的空间采样间隔 Δx 至少应小于或等于有效信号波长的 $1/2$ ，才不致使信号失真。

根据公式可以求得有效信号波长 λ ，即

$$\lambda_{\text{下}} = \frac{\nu[x^2 + (T_0\nu)^2 - 2T_0\nu x \sin \varphi]^{1/2}}{f_s(x - T_0\nu \sin \varphi)} \quad (8)$$

$$\lambda_{\text{上}} = \frac{\nu[x^2 + (T_0\nu)^2 + 2T_0\nu x \sin \varphi]^{1/2}}{f_s(x + T_0\nu \sin \varphi)} \quad (9)$$

式中： ν 为均方根速度； f_s 为设计频率； φ 为地层倾角； x 为炮检距； T_0 为垂直反射双程旅行时间。

因上倾放炮时信号波长短，对空间采样间隔的要求要更小些。故应用式（9）来计算信号波长，确定采样间隔 Δx 的选择范围更有实际意义。

取本工区内上述参数代入式（9），计算地层倾角为 40° ，设计频率为 50Hz 时，不同 T_0 时间有效信号最小波长 λ 与炮检距关系曲线如图 7 所示。

从图 7 曲线可以看出，对于 0.5 秒的有效反射波，当炮检距 $x_{\text{max}} = 426$ 米时，信号波长为 $\lambda = 140$ 米，即 $\Delta x \leq 70$ 米，即可保护 50Hz 的高频成份不受压制；当 $T_0 = 1$ 秒时，以最大接收长度 $x_{\text{max}} = 1,420$

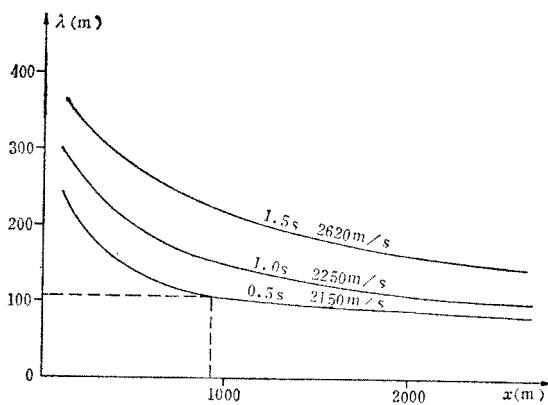


图 7 有效信号波长与炮检距
关系曲线 ($\varphi = 40^\circ$)

米来计算，信号波长 $\lambda = 130$ 米，即 $\Delta x \leq 65$ 米便可以保护 50Hz 高频不受压制。

综上分析可以看出，本区采用 50 米道距的空间采样间隔，可以保护 50Hz 的高频反射。

观测系统

根据本区横向与纵向分辨率的要求，道距 Δx 选用 50 米。为了达到改善浅层 ($0.3 \sim 0.5$ 秒) 反射的目的，可采用小偏移距或零偏移距或中间放炮来增加浅层接收道数；采用高覆盖次数来增加浅、中、深层的叠加次数，提高信噪比。也可以使用不对称观测系统来增加浅层接收道数。

从稳定反射系数考虑，避免因入射角过大而引起反射畸变和出现寄生折射，最大炮检距应为

$$x_{\text{max}} = T_{\text{max}} \frac{\nu_r^2}{\nu_0} \sin i_{\text{max}} \quad (10)$$

式中: 浅层切除量 $T_{\max} = T_0 / \left(1 - \frac{v_R^2 \cdot \sin^2 i_{\max}}{v_0^2} \right)^{1/2}$; v_R 为均方根速度; v_0 为近地表平均速度; i 为入射角。

根据弹性理论, 在纵波(P)入射的情况下, 振幅反射系数与透射系数之间的关系式可表示为

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin \alpha + R_{PP} \sin \alpha - R_{PS} \cos \alpha' - T_{PP} \sin \beta - T_{PS} \cos \beta' = 0 \\ \cos \alpha - R_{PP} \cos \alpha - R_{PS} \sin \alpha' - T_{PP} \cos \beta + T_{PS} \sin \beta' = 0 \\ \frac{v_{P1}^2 - 2v_{S1}^2 \sin^2 \alpha}{v_{P1}} + \frac{R_{PP}(v_{P1}^2 - 2v_{S1}^2 \sin^2 \alpha)}{v_{P1}} + R_{PS} v_{S1} \sin 2\alpha' \\ \quad - T_{PP} \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{(v_{P2}^2 - 2v_{S2}^2 \sin^2 \beta)}{v_{P2}} + T_{PS} v_{S2} \sin 2\beta' = 0 \\ \frac{v_{P1}^2 \sin 2\alpha}{v_{P1}} - \frac{R_{PP}(v_{S1}^2 \sin 2\alpha)}{v_{P1}} + R_{PS} v_{S1} \cos 2\alpha' - T_{PP} \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{v_{S2}^2 \sin 2\beta}{v_{P2}} \\ \quad - T_{PS} \frac{\rho_2}{\rho_1} v_{S2} \cos 2\beta' = 0 \end{array} \right. \quad (11)$$

其中: R_{PP} 为反射纵波的反射系数; R_{PS} 为反射横波的反射系数; T_{PP} 为透射纵波的透射系数; T_{PS} 为透射横波的透射系数。

根据斯奈尔定律, 有

$$\frac{v_{P1}}{\sin \alpha} = \frac{v_{S1}}{\sin \alpha'} = \frac{v_{P2}}{\sin \beta} = \frac{v_{S2}}{\sin \beta'} \quad (12)$$

由于反射界面上的情况比较复杂, 我们可根据如图 8 的一族参考曲线来选择入射角。根据二连盆地实际情况选择入射角 $i_{\max} = 20^\circ$ 是比较合适的。

利用式(10), 求出二连盆地相应的反射目的层与最大炮检距关系曲线, 如图 9 所示。由图 9 可以看出, 该区最大炮检距一般不应超过 2,400 米。

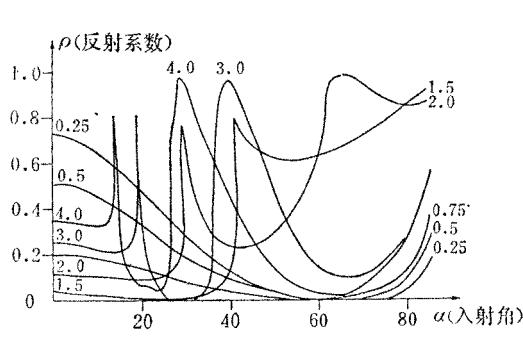


图 8 反射系数与入射角的关系

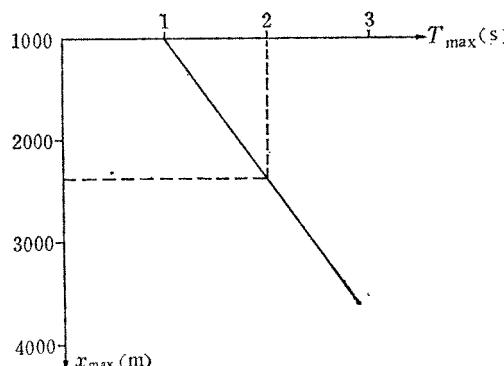


图 9 目的层深度与最大炮检距关系曲线

组合检波

究竟怎样才能发挥组合检波的作用, 既使有效波的高频成分(目前一般小于 100Hz)不受压制, 又能在保护所需要的高频成分的基础上, 压制干扰, 使记录有足够的信噪

比。为了达到上述目的，组合基距到底选择多大才比较合适，是值得研究的。

我们的目的是使信号和噪声尽量分离，有效反射不受损失，干扰波尽量压制；二者不能兼顾时，以保护有效信号为主，使记录有足够的信噪比，剩余干扰留给室内处理。

根据本区解决地质问题对分辨率的要求，野外采集因素设计时，要保护 50Hz 的高频成分，使有效波有比较理想的叠加效果，组合基距 L_x 必须满足下列关系

$$L_x \leq \frac{v^*}{2f_s} \quad (13)$$

式中，反射波的视速度 v^* 与炮检距、地层倾角和埋深有关，即

$$v^* = \frac{\bar{v}[x^2 + (T_0 \bar{v})^2 - 2xT_0 \bar{v} \sin \varphi]^{1/2}}{x - T_0 v \sin \varphi} \quad (14)$$

将式(14)代入式(13)得

$$L_{x\downarrow} \leq \frac{\bar{v}[x^2 + (T_0 \bar{v})^2 - 2x\bar{v}T_0 \sin \varphi]^{1/2}}{2f_s(x - T_0 v \sin \varphi)} \quad (15)$$

同理可以求出上倾发炮时的组合基距

$$L_{x\uparrow} \leq \frac{\bar{v}[x^2 + (T_0 \bar{v})^2 + 2x\bar{v}T_0 \sin \varphi]^{1/2}}{2f_s(x + T_0 v \sin \varphi)} \quad (16)$$

下倾发炮时，若地层倾角 $\varphi = 40^\circ$ ，考虑到初至切除的影响，当

$$T_0 = 0.5 \text{ 秒} \quad x = 426 \text{ 米} \quad \bar{v} = 2,150 \text{ 米/秒}$$

$$T_0 = 1.0 \text{ 秒} \quad x = 1,380 \text{ 米} \quad \bar{v} = 2,250 \text{ 米/秒}$$

$$T_0 = 1.5 \text{ 秒} \quad x = 2,350 \text{ 米} \quad \bar{v} = 2,620 \text{ 米/秒}$$

便有图10的有效波频率与组合基距之间的关系曲线。

从图 10 可以看出，当地层倾角为 40° ，上倾发炮时，对于 0.5 秒的浅层反射，要使 50Hz 的高频成分不受压制，检波器的组合基距就不能大于 50 米。

当地层界面为水平时，式(16)可以化简为

$$L_x \leq \frac{\bar{v}[x^2 + T_0^2 \bar{v}^2]^{1/2}}{2f_x} \quad (17)$$

用上述同样参数代入式(17)，便得出水平界面不同 T_0 时间有效波频率与组合基距之间的关系曲线，如图11所示。

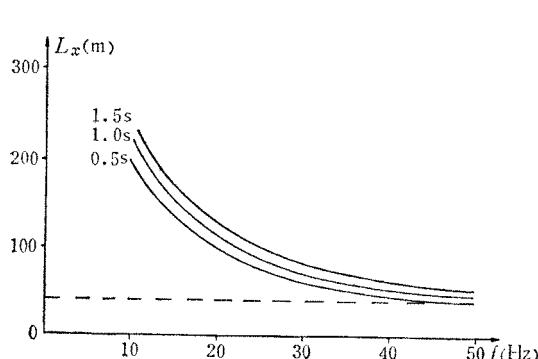


图 10 有效波频率与组合基距之间的关系曲线 ($\varphi = 40^\circ$)

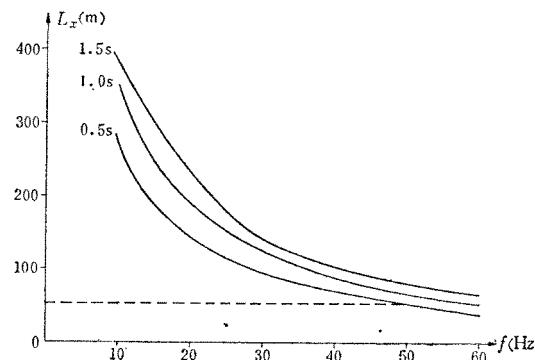


图 11 有效波频率与组合基距之间的关系曲线 ($\varphi = 0^\circ$)

从图11可知, 当地层倾角为零时, 要保证0.5秒、频率为50Hz的反射不受压制, 检波器组合基距不能大于40米。

由图10和图11分析, 随着勘探地层的埋深和地层倾角的变化, 检波器组合基距的长度要求也在变化, 最理想的情况是坚持下倾放炮, 对保护高频反射有利。对于大倾角地层, 缩小组合基距尤为重要。

激发因素

激发因素的选择可以从下面几个方面加以综合考虑。

1. 理论计算分区

根据表层结构, 虚反射滤波特性公式为

$$K(f) = \left[\left(1 + \sum_{i=1}^n R_i' \cos \omega \Delta t_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n R_i' \sin \omega \Delta t_i \right)^2 \right]^{1/2} \quad (18)$$

利用上式可以对不同激发深度的虚反射滤波特性进行计算。

二连盆地中南部一般有如图12所示的三种代表性的表层结构模型。

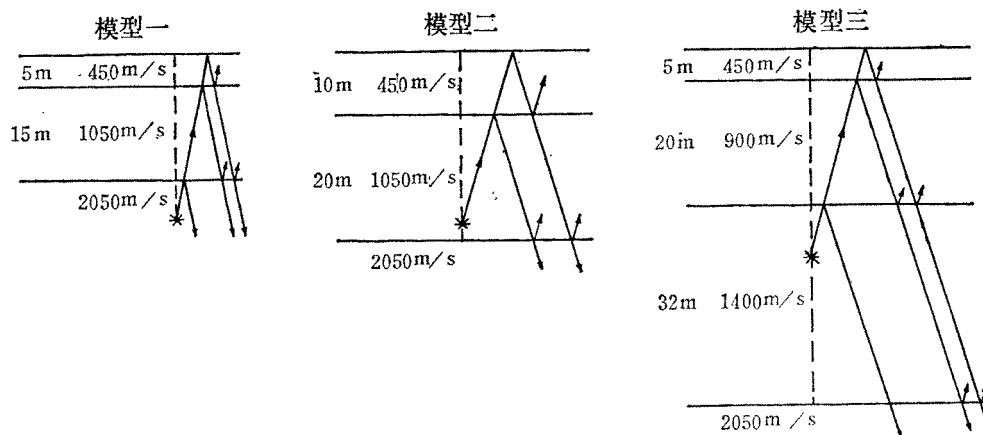


图 12 表层结构模型

将上述三个模型代入式(18)计算出不同激发井深的虚反射滤波特性, 如图13所示。

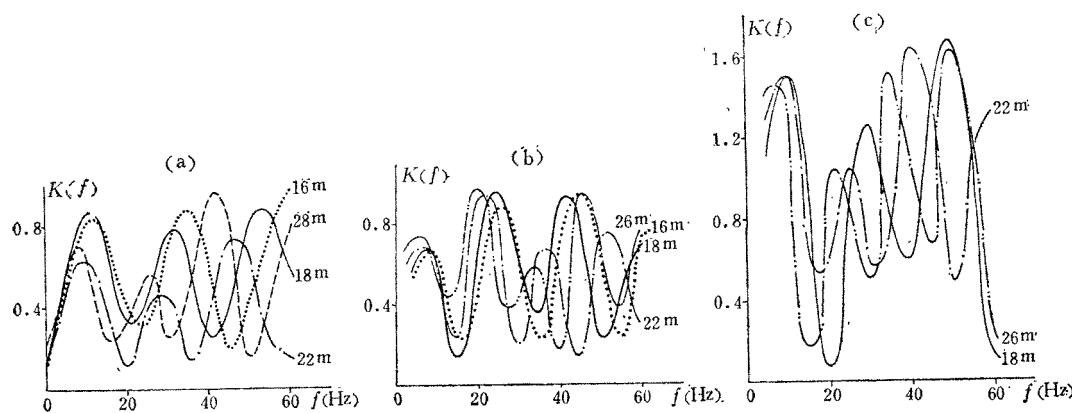


图 13 三种模型不同井深激发下传频谱

(a)、(b)、(c) 分别代表模型一、二、三

因为炸药的爆炸可以近似看成是一个 $\delta(t)$ 子波，所以经虚反射滤波后的下传频谱可以近似地以虚反射滤波特性代替。对图13三种不同模型不同激发井深虚反射滤波特性曲线在相应频段积分求面积，即为不同激发井深的相对振幅。图14为三种不同理论模型不同激发井深的相对振幅曲线。该曲线的变化在某种意义上可以代表在反射波主频附近的相应频段内激发能量的变化（当然激发能量还与药量、岩性有关，这里是在上述两参数完全相同情况下作的比较）。

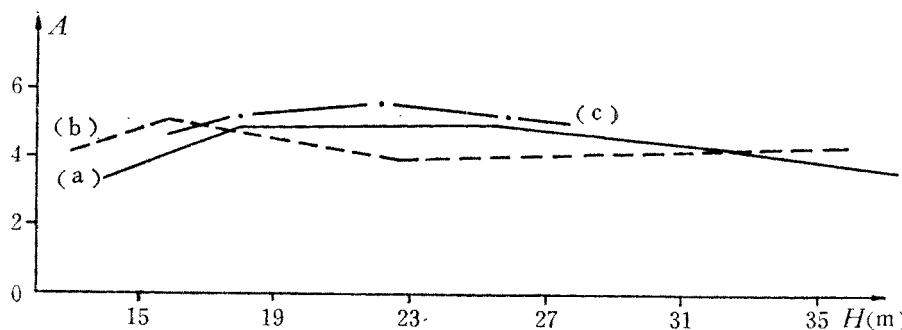


图 14 三种不同模型不同激发井深的相对记录能量

(a)、(b)、(c) 分别代表模型一、二、三

从上述理论分析可以看出，模型一激发深度在16—20米较好；模型二的激发深度在18—26米较好；模型三激发深度在19—22米较好，即本区最佳激发深度理论预测在18—26米。图15是模型三试验点不同激发井深的试验记录。

由图15可以看出，16—30米井深基本层次相当，16米信噪比低些；18—22米信噪比、分辨率较高，1.5秒左右的反射比30米井深激发有较高的分辨率；30米井深激发由于激发频率较低，记录的波形发胖。

这样，可以根据不同的表层模型进行理论计算，作理论预测分区。

2. 根据民用井静止水面（不稳定潜水面）或低降速带资料来进行激发深度选择。内蒙地区的民用井静止水面一般和降速层顶板相当，只要将激发深度选择在民用井静止水面以下12—14米或降速层顶板以下13—17米的含水层中（但不饱含水）激发便可得好资料。

3. 对于低降速带厚度较大的地区，由于表层结构对能量的吸收作用较强，应在理论预测的基础上适当增加井深2—3米。

4. 激发药量的使用一定要做到因地制宜，在保证中、深层能量够的情况下，尽量使用小药量，以保证激发频谱的高频成分和浅层不超调。

5. 利用以往资料品质进行激发深度考核，重新调整激发分区。

综合上述几方面的因素，进行激发分区，并严格按激发分区进行施工，所获资料层次齐全，信噪比和分辨率都较高。

仪器因素

分析以往资料，影响浅层资料的主要原因之一，是由于浅层反射能量太强，而造成

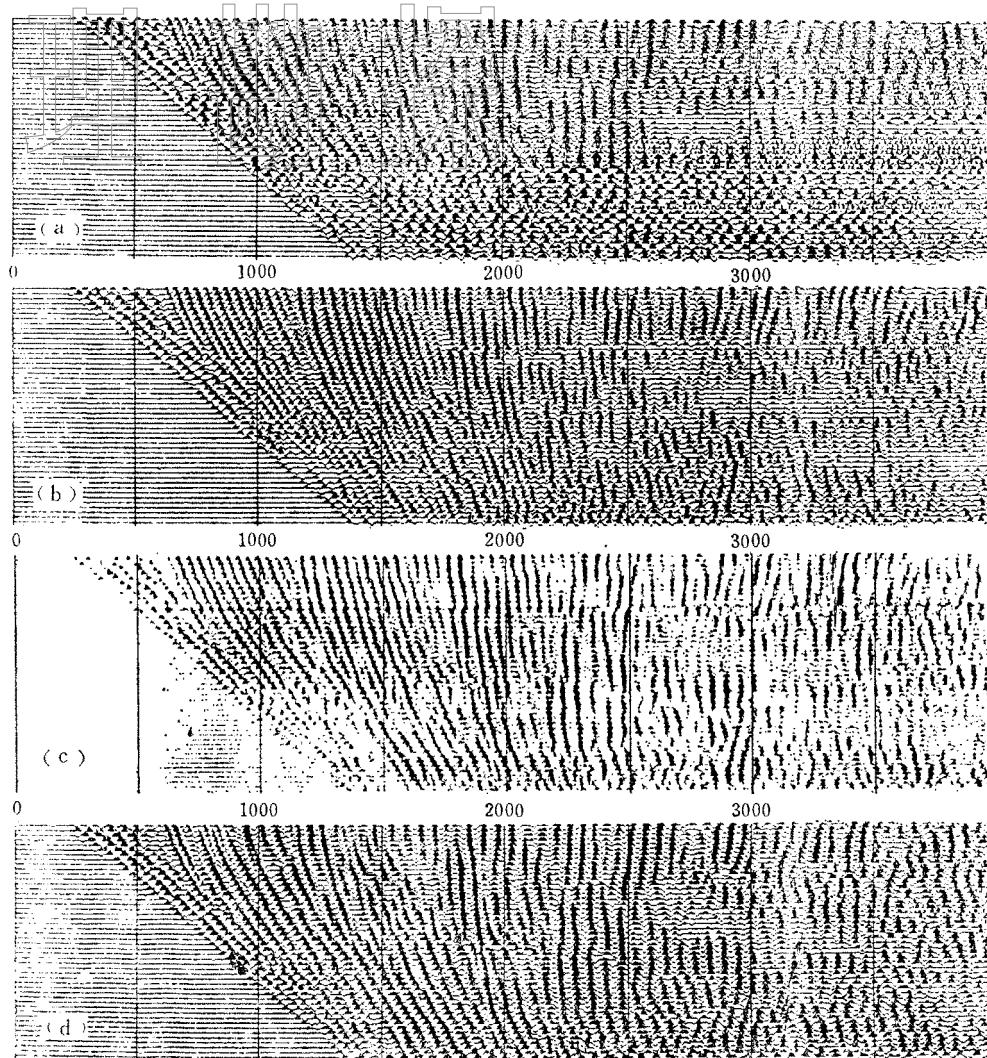


图 15 不同井深激发记录

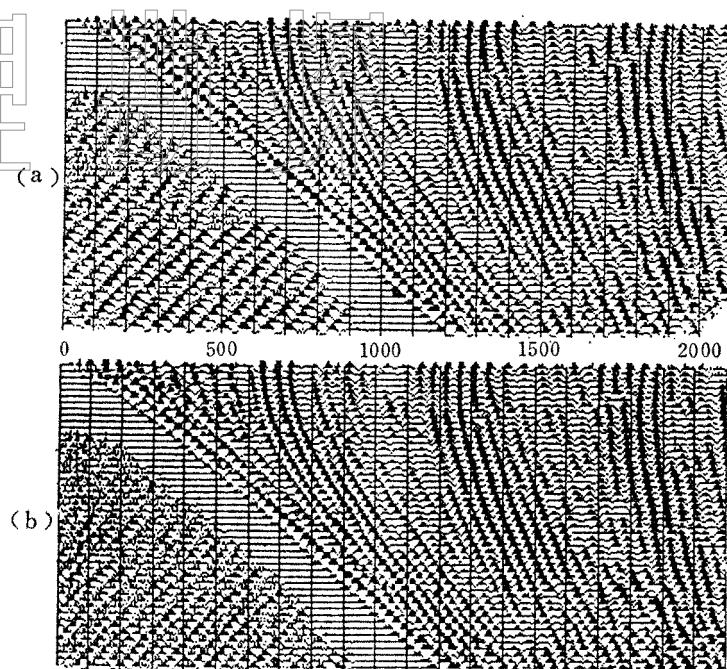
(a) : $H = 16$ 米; (b) : $H = 18$ 米; (c) : $H = 22$ 米; (d) : $H = 30$ 米

0.3—0.5秒浅层反射溢出，溢出后该样点全部充零，影响浅层叠加效果。模拟仪器由于公控作用，使得浅层强反射波后引起反冲，将初至后的浅层资料压死，这是模拟仪器先天性缺陷。因此，适当降低仪器灵敏度，对于克服浅层溢出（超调）、扩展频宽、改善叠加效果和提高分辨率是有益的。

图16是前放 2^8 和 2^6 对比记录，由图16可以看出，降低仪器灵敏度后，浅层0.3—0.5秒的反射同相轴有明显改善。

最佳采集因素的确定及效果分析

根据本区地质任务对野外采集因素的要求以及最佳采集因素设计的分析，确定采用下列采集因素在本区施工：

图 16 前放 2^8 (a)和 2^6 (b)对比记录

1. 观测系统: 50~0~2,350, 覆盖次数 12—24 次。
2. 激发深度: 18—22米, 漏井、基岩出露区可采用 3 口浅井组合爆炸。
3. 激发药量: 凹陷部位 8—12 公斤; 凸起部位 4—6 公斤。
4. 组合检波: 检波器类型 SJ-1、DZ-681; 检波器个数 45—50 个; 组合基距 $L_x = 50$ —60 米, $L_y = 55$ —60 米; 组合图形及响应曲线如图 17。

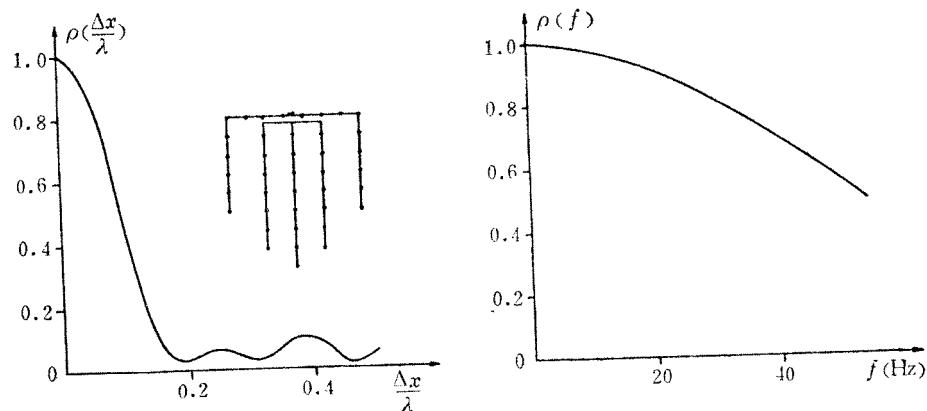


图 17 山字形组合图形及响应曲线

5. 仪器因素: 进口数字仪前放采用 2^6 (个别用 2^4); 国产 751B 仪器前放采用 2^5 ; 加低截频 12Hz。模拟 48 道仪器的门坎值 280—300mV, 调制度 18—26%。

效果分析

根据上述确定的采集因素, 我们再来看其解决地质问题的效果。当然, 要达到最佳采

集因素设计的地质效果,必须有正确的数字处理流程、方法和参数,室内处理应根据最佳采集因素设计的要求,进行处理流程、方法和参数的选择试验。

1. 改善浅层资料效果

从图16单张记录来看,0.5秒左右的浅层反射已获得明显改善。图18是以往剖面(a)和按上述确定的采集因素获得的剖面(b)的比较。由此可见,浅层资料得到了明显改善。

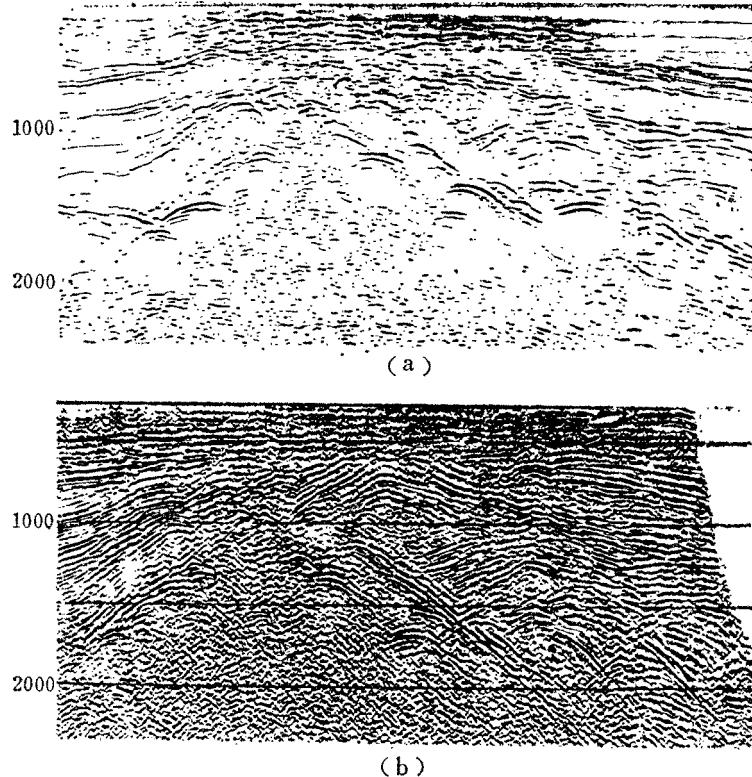


图 18 采用最佳采集因素前(a)、后(b)的剖面对比

2. 保护高频反射

对上述采集因素获得的有效信息作频谱分析,其频谱如图19所示。从图19可见,50Hz高频有效信息,得到了保护。

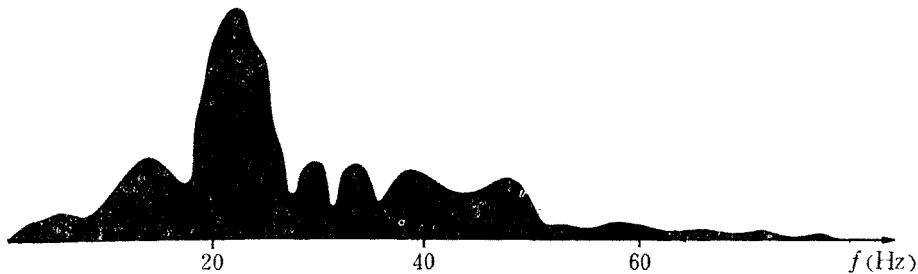


图 19 有效波的频谱

3. 提高分辨率效果

根据纵、横分辨率要求,设计采集频率保护50Hz,对搞清小断块及40米左右的薄层反射是行之有效的,从图20的对比剖面(a)、(b)可以看出:断层接触关系清楚,尤其

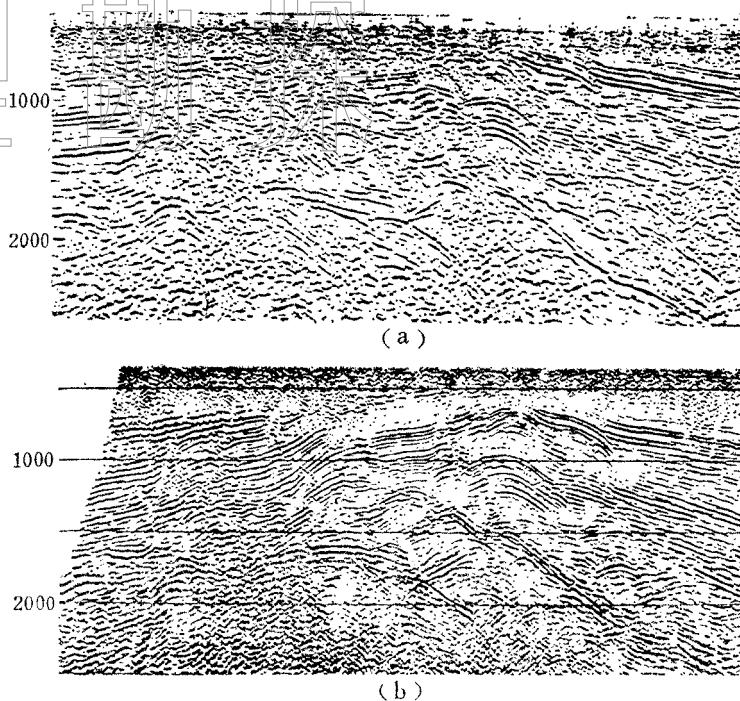


图 20 采用最佳采集因素前(a)、后(b)的剖面对比

是300米左右的地质体明显可以分辨；地层接触关系清楚，层间分辨率明显提高。

4. 改善大倾角反射

按照地层倾角对空间采样及检波器组合基距的要求而设计的采集因素，经剖面对比证实，如图18、20所示，构造两翼的大倾角反射也得到了明显改善。

几点结论

1. 根据地质模型，建立一套相应的数学模型，将地质问题转化成地球物理问题，进行最佳采集因素设计，是选择野外施工因素的行之有效的方法。
2. 按照采集因素设计，从保护有效波高频成份出发，选择空间采集间隔和检波器组合基距，对保护大倾角反射和提高勘探分辨率是有利的。
3. 采用零偏移距、降低仪器灵敏度，对保护浅层反射、提高浅层叠加效果是有益的。
4. 利用表层资料，进行最佳激发深度预测，是提高原始资料质量的有力措施。
5. 根据野外采集因素要求，进行室内数字处理的流程、方法、参数试验与选择，是确保野外采集因素地质效果实施的关键。

参考文献

- [1] 长春地质学院等合编：《地震勘探（原理和方法）》，地质出版社，1981
- [2] 陆基孟等编：《地震勘探原理》，石油工业出版社，1982
- [3] 群力：东濮凹陷地震勘探最佳激发接收系统的选，《石油地球物理勘探》，(4)1982