

第三章 浅层折射波法

本章主要内容：

简介浅层折射波法勘探的野外工作措施及地震资料解释，要点内容为测线的布置、测线长度和探测深度的关系、道间距与激发点的选择、观察系统的布置。

目 录

第一节 折射波法概述

第二节 折射波法的野外工作措施

第三节 折射波法的地震资料解释

第一节 折射波法概述

在浅层地震勘探中，折射波法是一种使用较久且成熟的措施，常用来探测覆盖层厚度，基岩面起伏，断层及古河道等水文工程地质问题。

折射波法本身也存在弱点：波速的条件，辨别率低，测线较长等。

在浅层地震勘探中，野外工作可分为三个阶段：

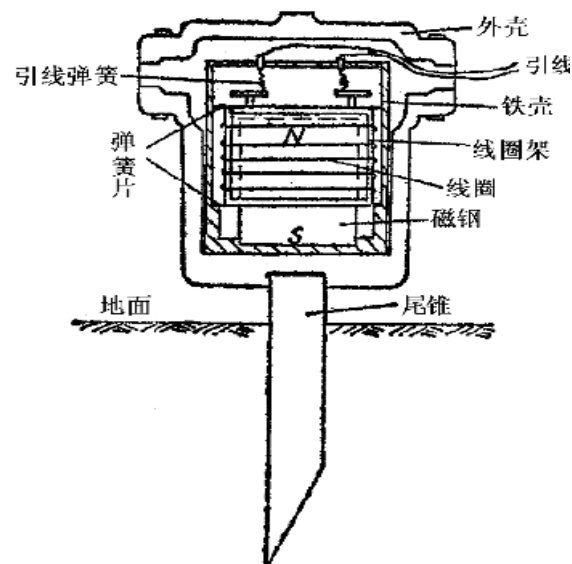
- 1、搜集资料、现场踏勘
- 2、试验工作
- 3、完毕勘探任务

第二节 折射波的野外工作措施

浅层地震数据采集措施主要简介采集系统所使用的仪器设备、野外观察系统设计和有关采样参数的选择等。



地震仪



检波器

震源要求有合适的能量、安全可靠便于使用，能产生较高频率成份。常用的有：锤击震源、雷管和炸药、地震枪震源、电火花震源等。

地震仪是将检震器的输出的电信号放大，显示并统计下来的仪器，具有滤波、放大、信号叠加、高精度计时及数字统计和微机处理等功能。

检波器又叫检震器，是把地震波到达引起地面单薄振动转换成电讯号的换能装置。目前常用的检波器主要由线圈、弹簧片和永久磁钢架及外壳构成。

检波器输出的信号电压和其振动时的位移初速度有关，所以又叫**速度检波器**。

用晶体压电效应特征制成的晶体检波器，固有频率高的特点，能够测量物体震动加速度，又叫**加速度检波器**。

一、测线布置

- (1) 测线最佳为直线。其切面为一平面，所反应的构造形态较真实。
- (2) 主测线垂直岩层或构造走向。目的：控制构造形态，利于资料分析与解释。
- (3) 尽量与其他物探线一致（或过钻孔）。便于综合分析解释。
- (4) 疏密程度应据地质任务、探测对象大小及复杂程度等原因拟定。
- (5) 考虑地形、地物。复杂条件，弯曲测线或分段观察。

测线布置原则：

- 1、若地质任务是调查整个工区内基岩起伏，需要布置测网。
- 2、对于路基或隧道等类的测线，布置在条带状的狭长地域。
- 3、若地形起伏较大时，必须在起伏的顶部及底部设置激发点，保持测线分段观察的直线性。
- 4、调查滑坡和边坡的测线，一般以主滑动方向为中心布置成相互垂直的网格状，其中一组测线和地层走向平行。
- 5、使用折射波法追踪断层时，测线与推断的断层走向垂直相交。

二、测线长度与探测深度的关系

地震测线长度基本要求：

测线长度必须满足观察追踪第二层的初至折射波，可靠求取 v_1 、 v_2 波速和观察折射波时距曲线的要求。

$$X = 2x_c + x = 4h \sqrt{\frac{v_2 + v_1}{v_2 - v_1}} + x$$

三、道间距及激发点的选择

1.道间距：相邻两道检波器的间距，用 ΔX 体现。

$$\Delta x \leq v^* \cdot T / 2$$

浅折：5m，10m；浅反：2~5m。有时为求准表层速度：震源附近加密点，构成不等间距排列。

2.排列长度

$$L = (N - 1) \Delta X$$

显然，道间距大，排列长度大，工作效率高。不宜太大，相位追踪对比困难，远处能量衰减大。

3.偏移距

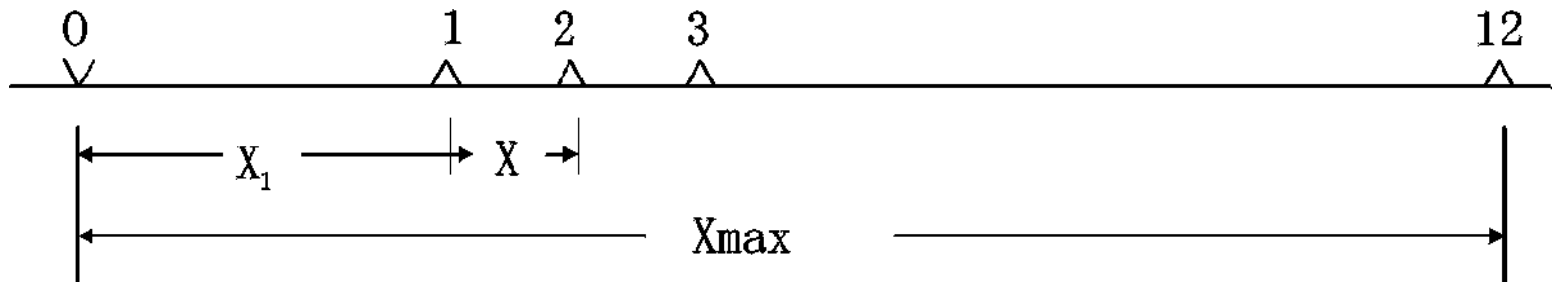
定义：炮点离近来一种检波器的距离，用 X_1 体现。

工作中：端点不设检波器。一般为道间距的整数倍。

4. 炮检距和最大炮检距

定义：离开炮点最远的检波点与炮点的距离，用 X_{max} 体现。

与探测深度有亲密关系。折射：目的层深度的5~7倍；反射：目的层深度的0.7~1.5倍。



四、炮间距及激发点的选择

在测线两端及测线上，以合适的间距设置震源或布置炮点，用以激发弹性波，其位置和间距对调查结果有主要影响。

震源间距越小，测量精度越高，但一般是按每6至12个检波点（即间距为40m至120m）设一种震源点来进行设计的。

五、观察系统

地震现场数据采集中，为压制**干扰波**和确保对**有效波**进行追踪，激发点和接受点之间的排列和各排列的位置应保持一定的相对关系。

激发点和**接受点**之间的位置关系和排列和排列间的位置关系系统称为**观察系统**。

体现措施有：**综合平面图**和**时距平面图**

折射波法观察系统：

- 1、单支时距曲线观察系统
- 2、相遇时距曲线观察系统
- 3、追逐时距曲线观察系统
- 4、双重相遇时距曲线观察系统
- 5、双重相遇追逐时距曲线观察系统

观察系统合用条件

- 单支时距曲线观察系统

合用于地质情况简朴，折射界面规则且近水平情况。

特点：施工简朴，效率高，界面起伏较大误差大，不合用。

- 相遇时距曲线观察系统

折射界面起伏明显，不规则。

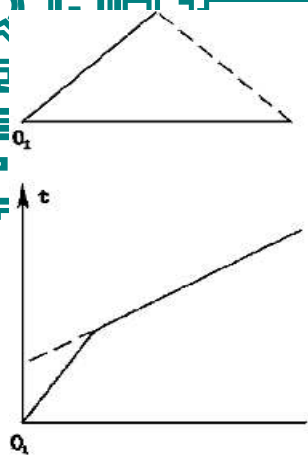
特点：解释精度高，中间部分反复观察。

- 追逐时距曲线观察系统

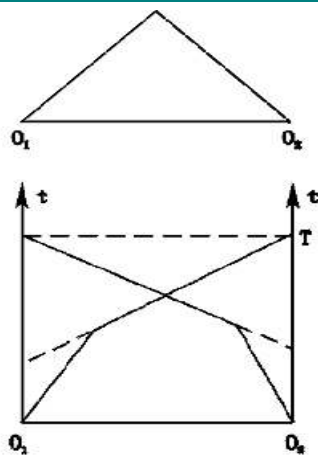
对折射界面连续追踪，曲线形态和折射界面形态有关。

特点：时距曲线平行相同；界面上凸，则不平行

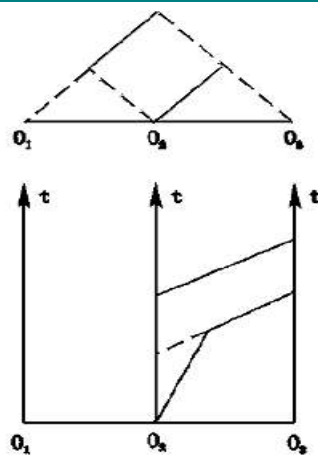
- 双重相遇时距曲线观察系统
表层条件复杂条件下采用
特点：可弥补近炮点时距曲线不足，并可连续追踪。
- 双重相遇追逐时距曲线观察系统



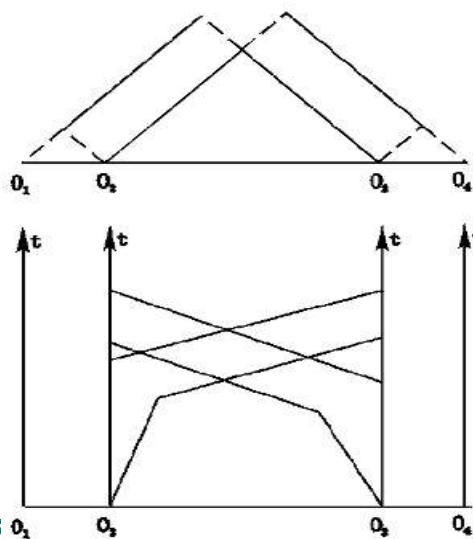
(a)



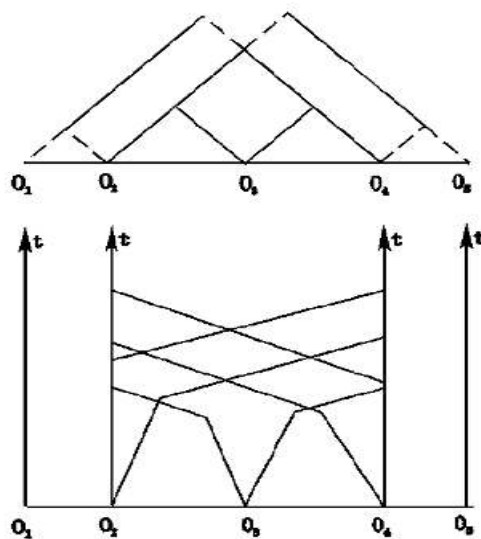
(b)



(c)



(d)



(e)

- (a) 单边观察系统
- (b) 相遇系统
- (c) 追逐系统
- (d) 相遇追逐系统
- (e) 双重相遇追逐系统

第四章 浅层反射波法

本章主要内容：

简介浅层反射波法勘探的野外工作措施及地震资料解释，要点内容为屡次覆盖观察系统，要求掌握综合平面图的绘制措施及反射波资料处理与解释。

目 录

第一节 反射波法概述

第二节 反射波法的野外工作措施

第三节 反射波法的地震资料解释

第一节 反射波法概述

折射波利用首波初至时间绘制时距曲线，推断地下构造，而反射波法则主要利用反射波相位的时空特征推断解释地下构造。不但能直观的反应地层界面的起伏变化，而且能探测地下隐伏断层、空洞及异常物体。

反射波法和折射波法的区别：

探测深度范围不同

工作频率不同，中、深：几十赫兹，浅层：100~300Hz

浅层比中、深层探测难度更大

低速带厚度变化对波的传播有滞后作用，使得时距曲线为双曲线。

第二节 反射波法的野外工作措施

一、浅层地震地质条件

地质条件：深度地震地质条件和浅层地震地质条件

研究地质条件的目的是为了获取高质量的地震统计

1、地表涣散层的影响

（反射波产生偏移和时间滞后，吸收高频信号，产生屡次反射波干扰）

2、潜水面的影响

潜水面下或泥岩、粘土岩中激发，频率丰富，能量较强

3、表层不均匀性影响

二、地震测线的布置

布置测线的原则：

测线为直线，尽量垂直地层或构造线走向；

测线均匀分布于全测区，最佳与钻探线重叠；

测线间距和疏密程度应根据地质任务、测区勘探程度及探测对象等原因拟定。

三、反射波法观察系统

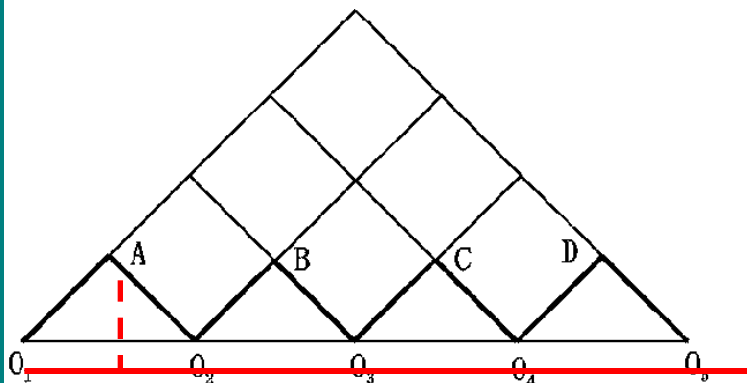
- 1、简朴连续观察系统
- 2、间隔连续观察系统
- 3、屡次叠加观察系统

折射法：多用时距平面图体现。

反射法：多用综合平面图体现。形式简朴，直观地体现炮点和排列之间的关系。

1. 单次覆盖简朴连续观察系统

如图所示， O_1 、 O_2 ... O_5 是激发点，A、B、C、D体现互换点，实线段 O_1A 、 AO_2 、 O_2B ...等在水平直线上的投影恰好连续单次地覆盖了整条测线。

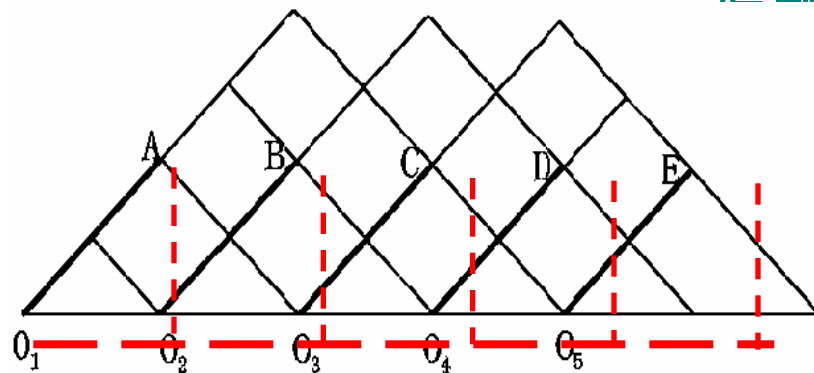


(a)

(a) 双边激发

这种观察系统，可连续勘探整条测线下列反射界面，所得地震剖面为单次剖面。

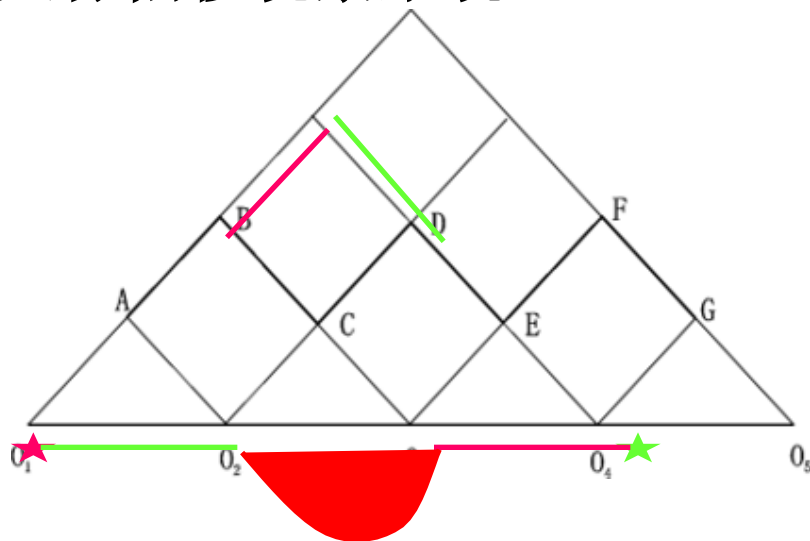
如固定在排列一端激发，
每激发一次，排列沿测线
方向移动一次（半个排列
长度），称单边激发观察
系统。如图所示。



2. 单次覆盖间隔连续观察系统

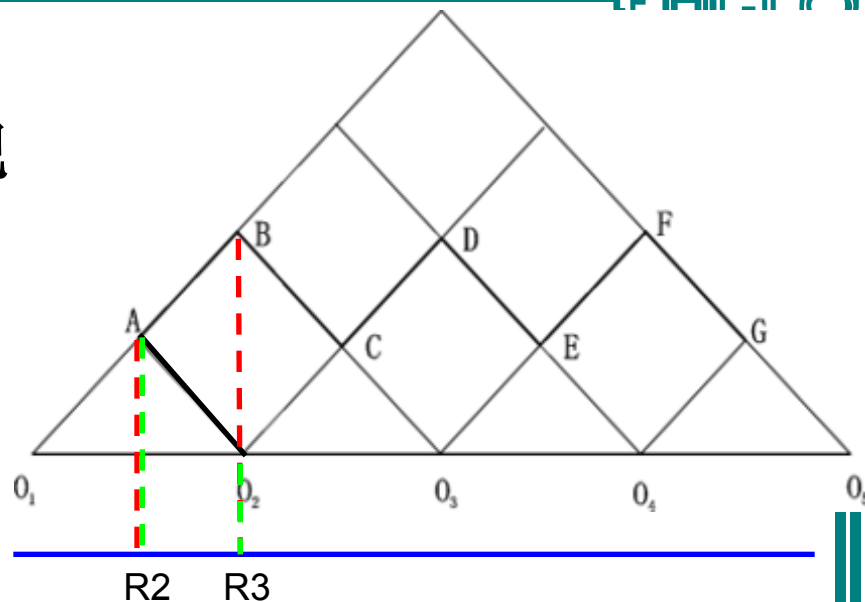
(b) 单边激发

定义：炮点离接受点一定距离激发。避开震源附近面波和声波的强干扰，又称偏移观察系统。



O_2 激发， O_1O_2 接受，用斜线段
 O_2A 体现，对 R_2R_3 进行了一次观
察，叫单次覆盖；

O_1 激发，又在 O_2O_3 接受，用斜
线段 AB 体现，又对 R_2R_3 进行了
一次观察，叫二次覆盖。



同理，可对 R_2R_3 段进行更屡次覆盖。

屡次覆盖观察系统：对整条反射界面进行屡次覆盖的系统。

屡次覆盖技术：压制屡次反射波之类的特殊干扰波，以提升地震统计的信噪比。

3、屡次叠加观察系统

组合：压制面波等低视速度干扰作用明显，但降低了辨别率；另外不能压制屡次反射波、折射波之类干扰波（其波长往往达数十米）。

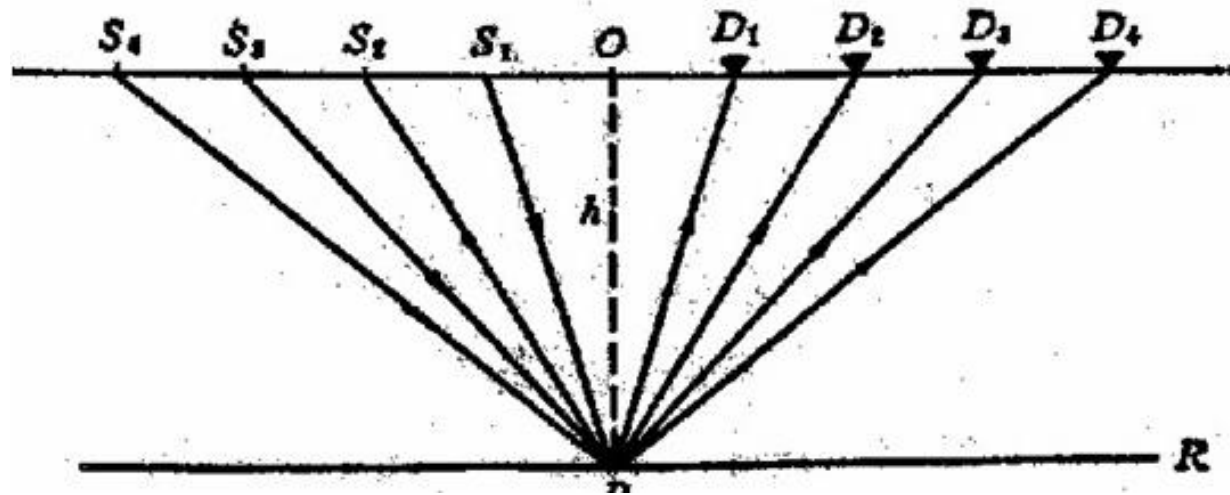
在浅层地震勘探中，广泛采用屡次叠加法。

共反射点屡次叠加法：共深度点屡次叠加法、屡次覆盖法、水平叠加法。

基本思想：对地下反射界面上各点的地质信息进行屡次观察，以排除因为地面上个别观察点受到某种干扰而歪曲地下真实信息的影响。

水平叠加的概念：

又称为共反射点叠加或共中心点叠加（处理），就是以O点为中心，左右两侧对称位置选择激发点和接受点，接受到的统计来自于同一反射点，将地震统计进行叠加，能够压制屡次波和多种随机干扰波，从而大大提升信噪比和地震剖面质量，而且能够提取速度等参数。



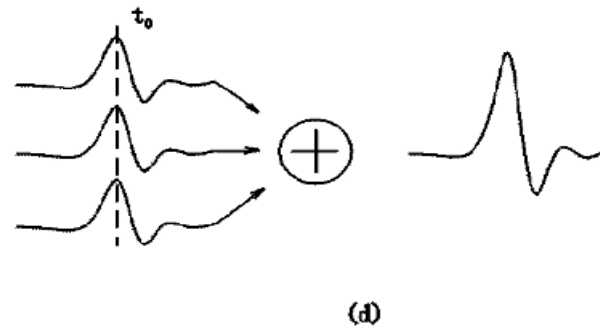
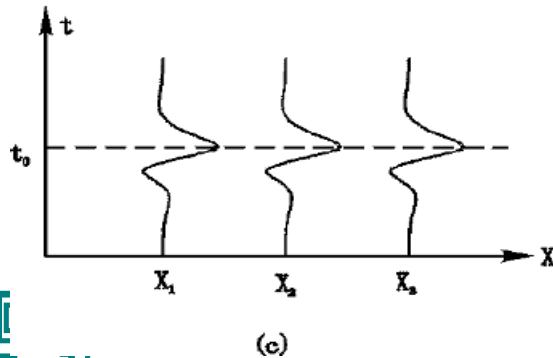
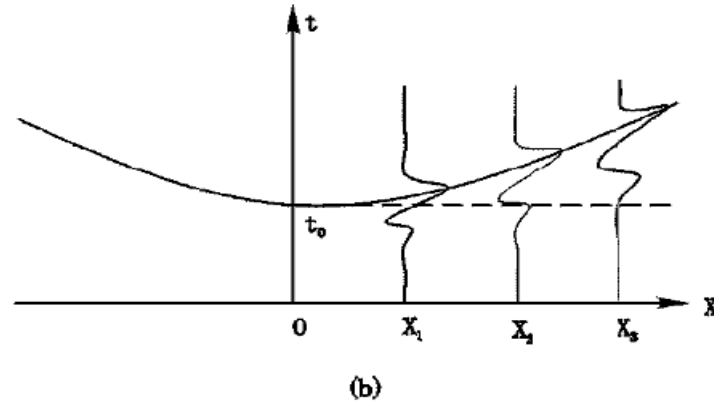
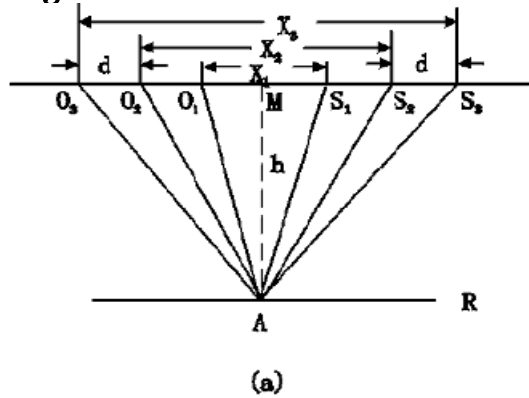
共反射点示意图

1. 共反射点叠加原理

屡次覆盖：在测线上不同点激发、相应点接受来自地下界面相同反射点的多种地震统计道进行叠加。

条件：建立在水平界面假设的基础上。

如下图示：在 O_1 、 O_2 、 O_3 ...激发，在与M点为对称的 S_1 、 S_2 、 S_3 ...接受R界面上同一点A的反射波。



A点：共反射点或共深度点。

M点：A的投影点，共中心点或共地面点。

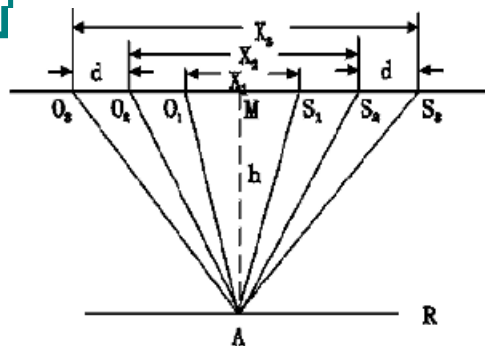
S_1 、 S_2 、 S_3 …地震道：共反射点或共深度点) 叠加道。
集合称CDP(共深度点)道集。

以炮检距 X 为横坐标，以反射波到达各叠加道的时间 t 为纵坐标，可绘出相应A点的半支时距曲线。将炮点和接受点互换，得到另半支时距曲线。

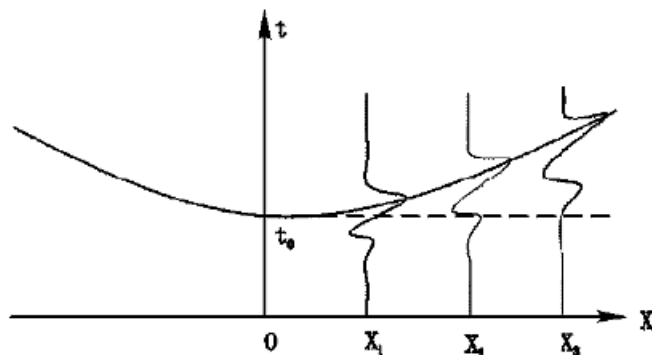
- (1) 共炮点反应一种区段，共反射点反应一种点；
- (2) 共炮点 t_0 体现炮点回声时间，共反射点 t_0 体现A的垂直反射时间，即M点的回声时间。当

$$X_i=0 \text{ 时, } t_0=2h/V。$$

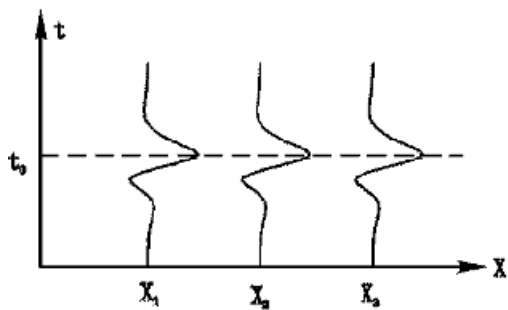
对共反射点时距曲线动校正：



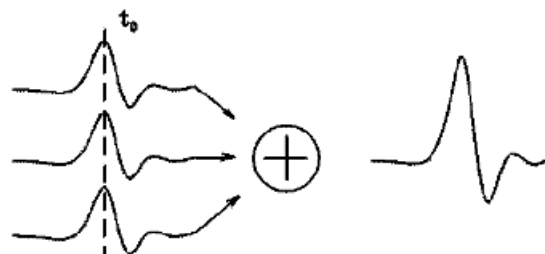
(a)



(b)



(c)



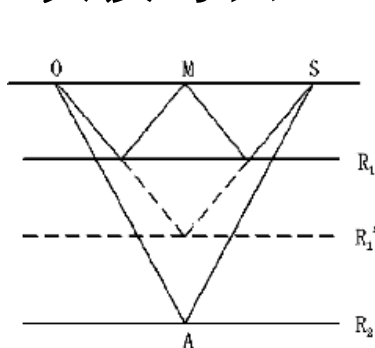
(d)

把各叠加道的时间校正到M点的回声时间，或者把曲线拉平，如图(c)示。

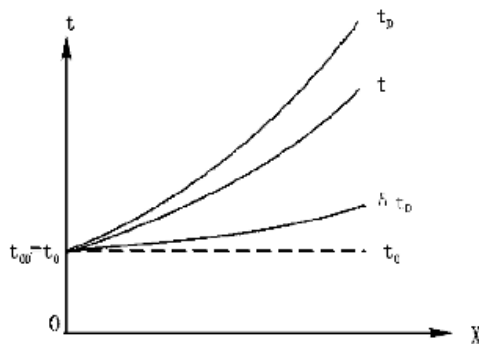
假设各叠加道波形相同，必是同相叠加，叠加后振幅成倍增长。如图(d)示。 ψ

2. 共反射点屡次波的叠加效应

如图示，在水平界面 R_1 上产生二次全程反射，在 R_2 界面上产生一次反射，假设一次波的 t_0 时间等于二次波的 t_0 时间 t_{0D} 。用视速度定理易证：具有相同 t_0 时间的二次波曲线比一次波弯曲。



(a)



(b)

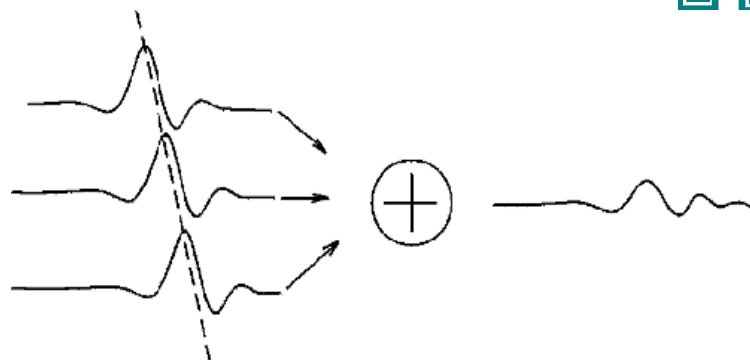
对时距曲线 t 及 t_D 按一次波的速度进行校正：

一次波： t 被拉平到 t_0 ；

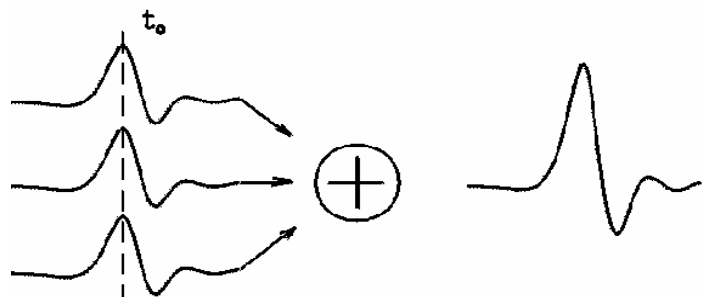
屡次波： t_D 不能拉平(为 δt_D)，校正量不足，校正后仍上弯，叫剩余时差曲线。

剩余时差：屡次波时距曲线按一次波校正后与 t_0 的时差，用 δt_D 体现。

各叠加道 δ_{tD} 不同，叠加时非同相叠加，叠加后屡次波被减弱，从而到达压制屡次波的目的，如右图示。

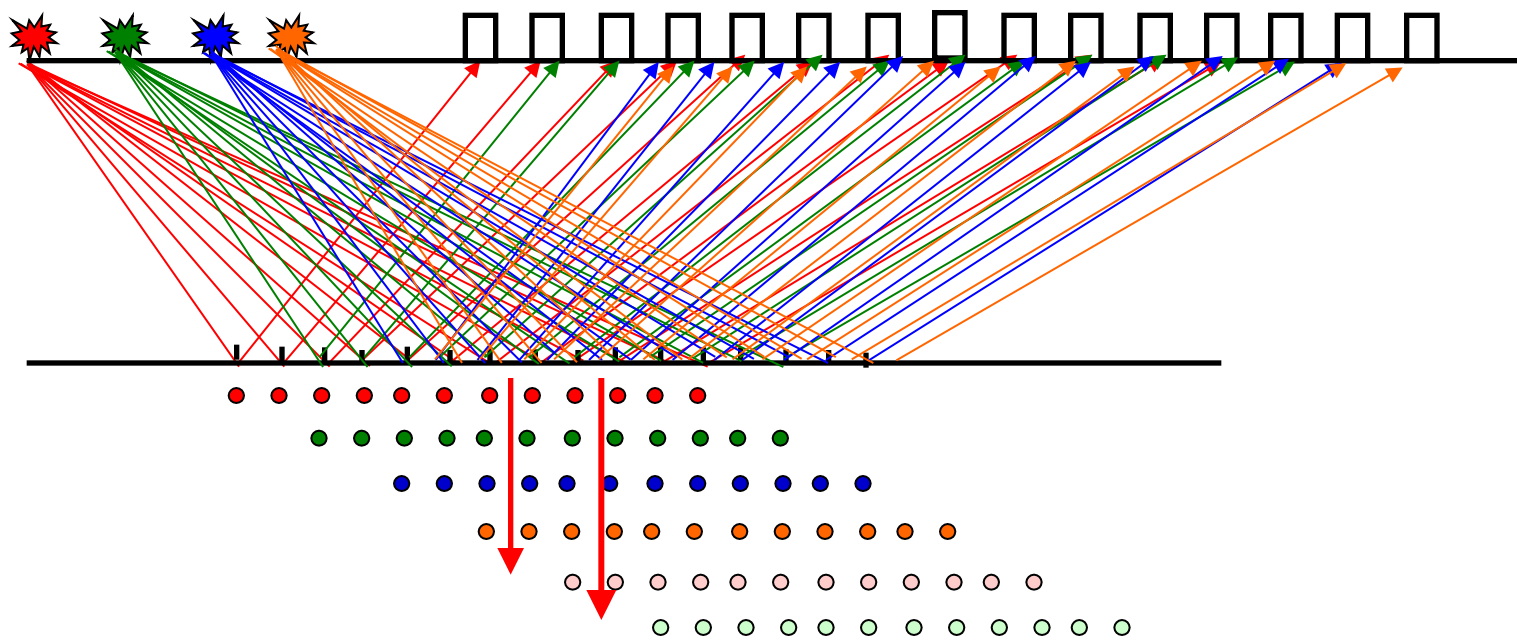


共反射点经动校正后，叠加时同相叠加，叠加后振幅成倍增长，到达突出有效波的目的，如右图示。



3. 屡次覆盖观察系统

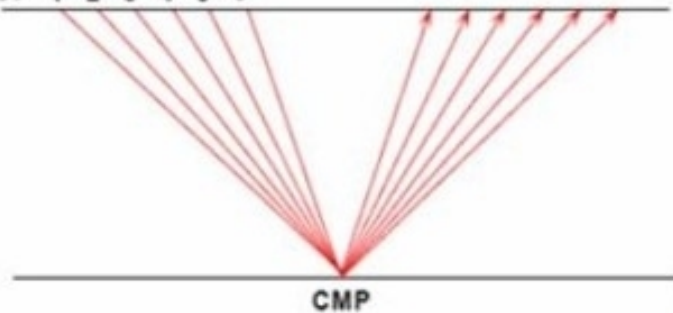
定义：对整条反射界面进行屡次覆盖的系观。主要有两种形式：端点(单边)，中间放炮。

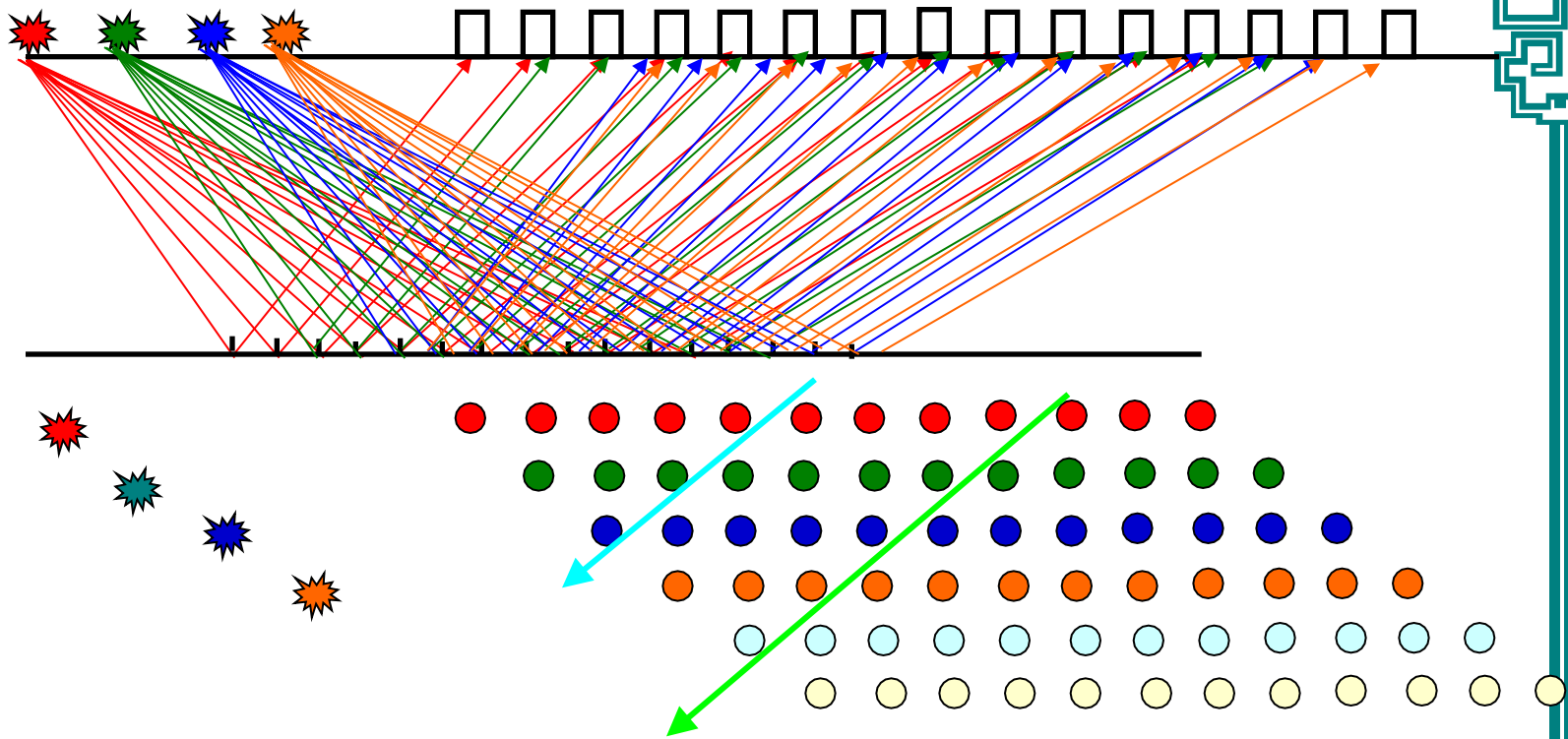


叠加次数: 1 1 2 2 3 3 4 4 5

共反射点地震统计

SHOT 1 2 3 4 5 6





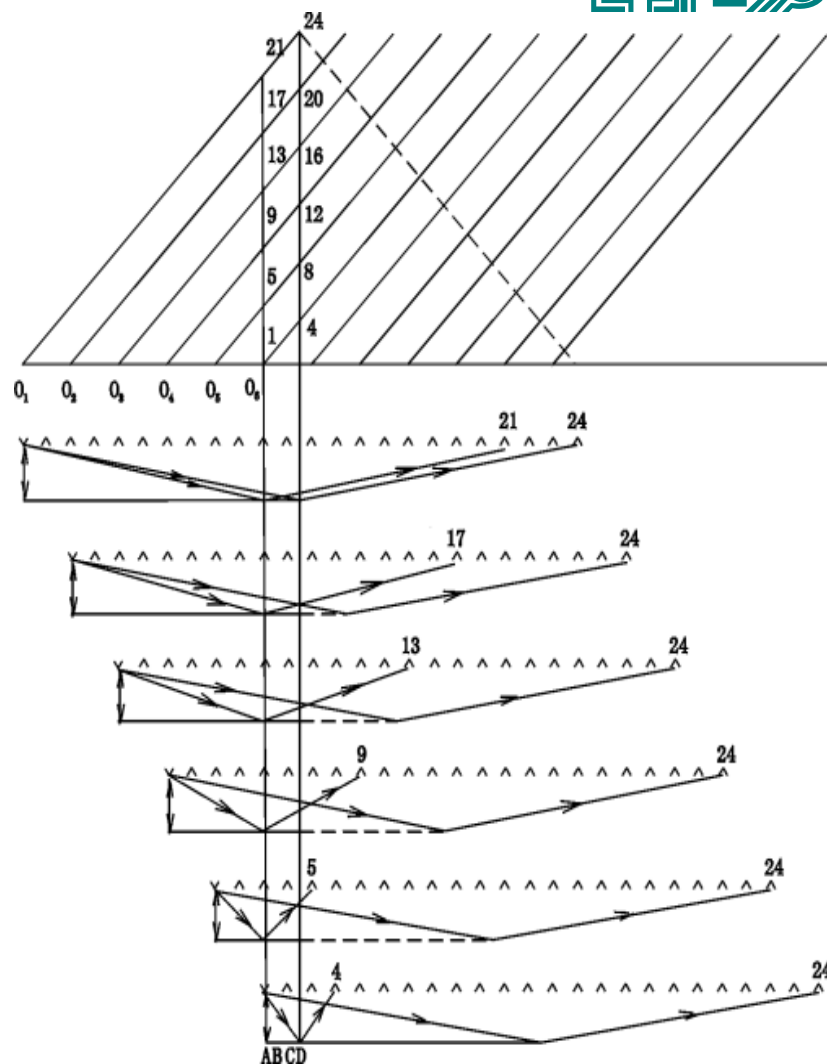
以地面接受排列体现，则叠加次数为倾斜线上接受点个数。

以简朴常用的单边放炮六次覆盖观察系统为例讨论。如右图所示：每放一炮可得地下**24**个反射点，放完六炮，可得相应六个反射界面段。其中**ABCD**界面段，每次放炮都进行了观察，观察了六次。叫六次覆盖。

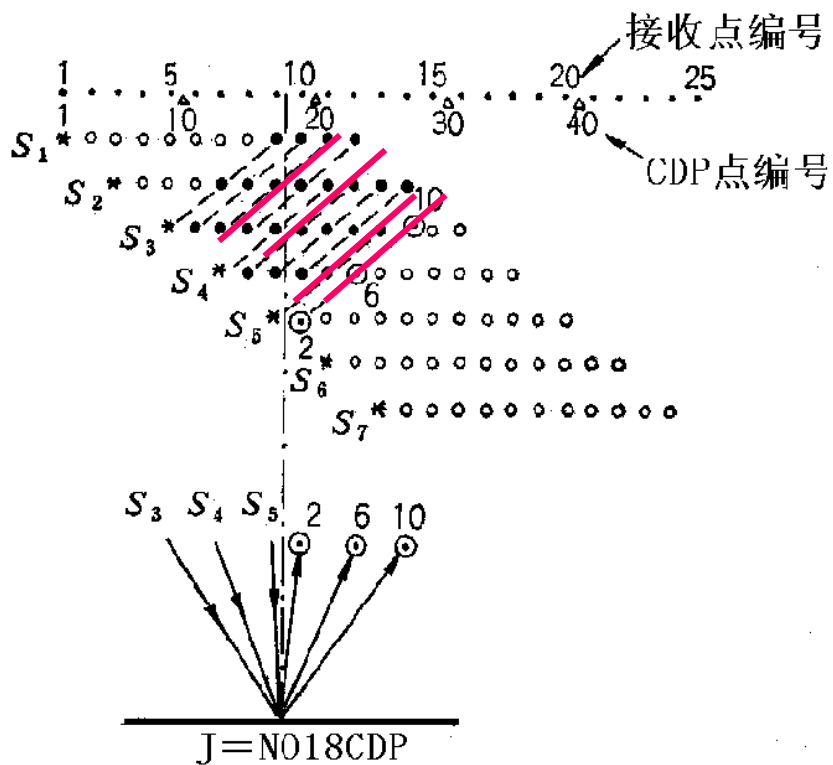
其中

第1炮第21道，	}
第2炮第17道，	
第3炮第13道，	
第4炮第9道，	
第5炮第5道，	
第6炮第1道。	

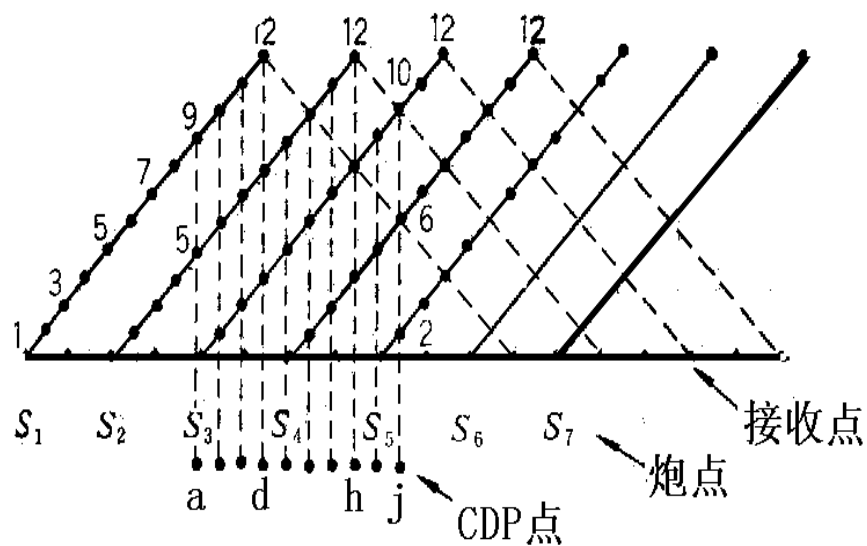
都是来自A点的反射，都是A的叠加道集。



单边放炮六次覆盖观察系统平面图



排列展开示意图



屡次叠加观察系统

综合平面图

对其他反射点，也可找到相应的共反射点道集。
在放完6炮后，继续放第7炮、第8炮、第9炮、……，可得一条连续的六次覆盖剖面。为设计屡次覆盖观察系统，引入某些专业术语：

n —覆盖次数； v —炮点移动道数； N —仪器道数； S —系数（单边 $S=1$ ，双边 $S=2$ ）。有如下关系：

$$v = \frac{S \cdot N}{2n}$$

如采用单边放炮，且接受道为24道，上式变为

$$v = \frac{N}{2n} = \frac{12}{n}$$

当 $n=6$ ， $v=2$ ，即每移动两道放一炮；当 $n=12$ ，则 $v=1$ 。

为施工以便及便于资料处理， v 应取正整数。显然，对于单边放炮的24道地震仪，覆盖次数 n 只能取12、6、4、3、2等5种形式。

垂直叠加

垂直叠加：把同一点上反复激发、同一排列上反复接受到的信号依次叠加在一起，到达增强有效波的目的。

浅震中，经 m 次激发后，接受到的归一化振幅为

$$A = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m n_i$$

式中： S —有效波振幅； n —干扰波振幅

对有效波：经 m 次叠加后，因为是同相叠加，振幅增长 m 倍；

对随机干扰：经 m 次叠加后，由概率统计规律，振幅增强

所以，有效波相对干扰波增长了： $m/\sqrt{m}=\sqrt{m}$ 倍。

频率滤波

定义：在信号采集时，在频率上选用合适的检波器和设置仪器滤波参数，到达压制干扰波的目的。

抗干扰与辨别率

1. 抗干扰与辨别率的关系

前面讨论可知，抗干扰浅层地震勘探技术提升了统计的信噪比，压制了干扰波。另一方面，采用的组合检波、水平屡次叠加和垂直叠加等抗干扰技术都具有低通滤波特征，采用的频率滤波（涉及高切、低切、陷切滤波）和高频检波器接受，缩小了地震信号的频带宽度，全部这些措施都降低了地震勘探的辨别率。所以能够说，在强干扰背景条件下，提升地震统计的信噪比是以降低统计的辨别率为代价的，辨别率和信噪比似乎是“矛盾”的。

经研究可知，地震统计的信噪比与辨别率之间有如下的关系：

$$P_n = \frac{1}{1 + \frac{1}{r^2}} P_a$$

式中： r 为信噪比； P_n 为噪声干扰时的辨别率； P_a 为无噪声时的辨别率； $q = 1/(1+1/r^2)$ 为信号纯洁度，反应噪声对信号的破坏程度。

当信噪比 $r \rightarrow 0$ 时，即无信号时，信号纯洁度为0， $P_n \rightarrow 0$ ；当无噪声时， $r \rightarrow \infty$ ，信号纯洁度为1，就是无噪声时的辨别率。显然，地震统计的辨别率伴随信噪比的降低而降低。根据信号纯洁度 q 和信噪比 r 之间的关系，可得出不同当信噪比 r 相应的 q 值，见下表。

表1 信噪比 r 与信号纯洁度 q 的关系

r	0	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	∞
q	0	0.0154	0.0588	0.2	0.5	0.8	0.9412	0.9846	0.9961	1

分析表1和公式可知，实际地震统计的辨别率伴随信噪比的提升而得到改善，伴随统计信噪比的降低而恶化。所以，只有在地震统计具有一定的信噪比（从表中可见，保持 r 在 $2\sim 4$ 之间比较合适）的前提下才干谈提升地震统计的辨别率。

所以，在较强干扰背景条件下，假如不采用相应的技术措施，压制地震噪声和背景噪声，获取较高信噪比的地震统计，而只注重强调获取高、宽频反射波，其成果是获取的反射波频率最高，频带最宽也是没有用的，因为我们不能在强干扰背景中提取很弱幅度的有效信息，所以也就不能利用地震资料处理地质问题。

2.振幅辨别率与时间辨别率

地震统计信噪比对时间辨别率的影响也可用**时间辨别率与振幅辨别率**之间的关系来描述。

振幅辨别率，就是有效波振幅超出干扰水平的程度，在地震统计上发觉信号的可能性决定于统计的振幅辨别率。为了能在统计上可靠地辨认地震脉冲信号，它的振幅至少要超出干扰波均方差的1.5~2倍。

在大多数情况下**有效波**和**干扰波**的频谱是重叠的，经**频率滤波**后，在滤除干扰波的过程中，有效波的**频带宽度**也相应**变窄**，使得有效波的延续时间增长，造成时间辨别率降低。为了提升时间辨别率，必须缩短有效波脉冲的宽度，即扩展它的频谱，在扩展有效波频谱的同步，也带来了强大的干扰噪声，所以降低了振幅辨别率。

在抗干扰条件下开展浅层地震勘探，首要的问题就是怎样正确、合理地处理振幅辨别率与时间辨别率之间的矛盾，处理的措施一般采用折中的措施，即在确保充分的振幅辨别率条件下，到达统计的最大时间辨别率。

(1)信号比干扰弱得多

在这种不利的条件下，为了在统计上发既有效波，要力求统计有较大的振幅辨别率。在数据采集和处理中，应以提升地震统计的信噪比为主攻方向，允许合适降低统计的时间辨别率。在强干扰条件下开展浅层地震勘探就属于这种情况。

(2)信号与干扰相当

在这种条件下，不但能发既有效波，而且可估计有效波的振幅。这时，应在不严重降低时间辨别率的前提下，提升统计的振幅辨别率。在一般干扰水平条件下，开展浅层地震勘探当属此种情况。

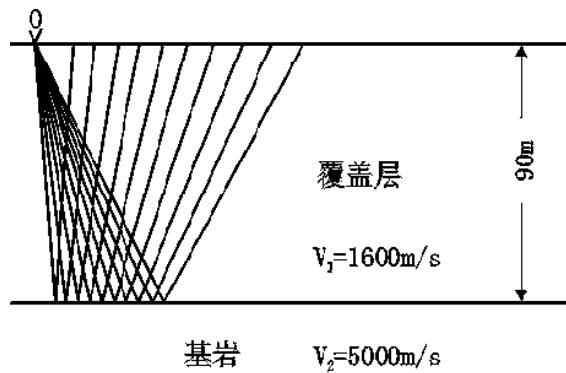
(3)信号比干扰强得多 ψ

在这种条件下，比较轻易发既有效信号，甚至于不用紧张统计的振幅辨别率。这时，应以提升统计的时间辨别率为目的，即设法提升统计的频带宽度与上限频率。在外界干扰背景很小，地震地质条件很好的条件下，开展浅层地震勘探属于此种情况。

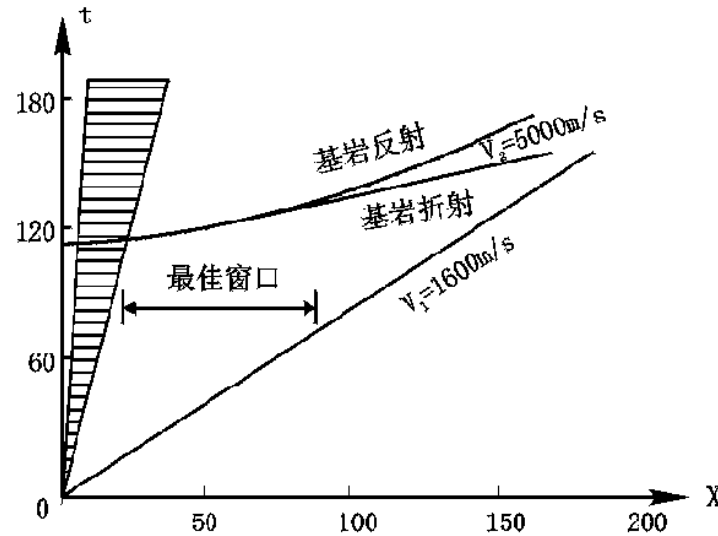
两种有效的浅层地震反射技术

一、最佳窗口接受技术

在浅层反射波法勘探中，一种观察方式是选择**最佳窗口法**，它的目的是为了选择最佳接受地段。为了使面波、声波、直达波和折射波产生较少的干扰，能够把接受地段选择在既不受面波的影响，也不受折射波影响的地段。这种最佳接受地段称为最佳窗口，一般要经过实地试验来选择拟定。



(a)



(b)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/308132051117006116>