

调查低降速带的厚度及速度

$V_2 > V_1$  在潜水面具有很强的反射，则透射的就少，找油而不是找水，则希望在低降速带的底部爆处，潜水面的深度决定了打井深度。

工区速度的分布规律，一般速度是深度的垂直，这个任务由地震测井来完成。

调查有无标准层：标准层：大面积连续追踪的地下反射界面。

3、选择最佳的激发条件：炸药埋藏深度，药量、炸药组合方式。

4、选择合适的接收条件：确定检波器的组合方式，合适的观测系统。

比如：道间距的为多少最好，第一个检波器与炮点多远，选择合适的仪器因素。

## 二、生产工作

根据试验得出的结论进行野外生产

## 第二节 干扰波

### 一、地震波波场的特点：

地震震源激发以后，在地质介质中产生的振动的总和就是波场  $L_1(x, y, z, t)$ ，震源性质以及地质介质中的弹性参数分布情况决定了波场的特点。在陆地震勘探时，广泛使用浅井、炸药包和它在井中安置的不对称性也会产生一定强度的横波和面波，当采用非炸药震源的激发的波场更加复杂，有的主要激发纵波，有的主要激发横波，但这些震源也不会是纯的，它们总是激发出两种体波以及面波。

各种震源之中，有些是脉冲型的，激发出很短的（约 50ms）不超过 3~4 个周期的振动，有的产生变频正弦振动，其延续时间达若干秒震源激发的振动形状对波场的总形态有重大影响，它会改变不同类型和不同形式的波所引起的振动之间的关系，当波的震源传播到具有大量界面的地质介质时，产生多次生波（各种类型的一次波和多次波）波场是由数目不多的强一次波和部分二级波加上许多弱的一次波和多次波构成的，当存在折射界面时，则除了反射波外，还有折射波，除了地震震源引起的振动外，波场中还包括外部震源激发的振动 微震。

所有波的现有动态可达 100—120dB，当记录折射波时，自然动态范围大大减小，一般不超过 20—40dB。

实际观测小的振动脉冲状由震源特点、介质的吸收作用界面的影响，向接收和记录仪器的情况决定，为了用解决或表达所观测的振动的形状，已有不同学者提出不同的分式，别尔拉格地震脉冲由表达式：

$t \geq 0$  指出其中  $a$  和  $n$  是决定包络出具体形式的参数说脉冲波前有几阶段连续间断。

此外，较常用的还有以钟形包络函数来描述的地震波

$$f(t) = ae^{-\beta^2 t^2} \sin(\omega_0 t + \varphi) \quad t \geq 0$$

参数  $\beta^2$  和  $\varphi$  选择的不同，能得到不同包络变化的振动借助于这两个公式或其它类似的表达式即可，足称精确地追近实际反射波的形状。

在地震勘探测量中，地震仪器及可接收到观测点处的所有扰动，在这些扰动中，只有用于解决所提出的地质任务的时才称为主波，所有妨碍波识别和的其它波称为干扰波，由于地震勘探方法及其解决地质的任务的不同所需要记录的种类和形式不同，有些波在某种场合称为有效波，即在另外的场合波划分为干扰波如：在反射波勘探中，一般只有反射波纵波是有效波，其它波都属于干扰波范畴，而在折射波勘探中，反射波一般视为干扰波。

主要分两大类

1、第一类：规划干扰波，由震源产生的其传播路径不同，有效波的波称为有一定主和传播方向的干扰波。

类型：产生原因

声波：在浅井爆炸产生的声波在空气中传播，在地震到来上形成尖锐强韧的波。

面波：当震源较浅和表层具有明显成层性时，注意改善激发条件和利用检波结合是克服面波的主要方法。在大地和空气的分界面附近，由纵横波在地面干涉

侧反射：海底潜山或凸起，地面的山等产生的反射。 $V^*$ 低， $V_{海}=V_{声}$ （在水中）

（在地形变化剧烈的黄土高原减速是地层情况下也会产生侧反射）

第二类：不规则干扰波：没有固定主频，没有固定传播方向上随机干扰叫不规则干扰波。

类型      产生原因

微震：与激发震地球公转和自转过程中所固有的震动，风吹带动，机动车和工厂等人为干扰。

特点：出在整张记录上形成干扰背景。

次生干扰：地面障碍物是次生震源，在近处直达波的方式，在远处的折射波的方式传到检波器产生干扰，浅层介质的不均匀性引起高、低速次生干扰。

特点：出现在整张记录上，视速度有高低，形成交频及低频干扰背景。

低频主频背景：在沼泽、流河、等至松介质中激发地震源时，低高频背景的特点是整张记录出现，而且复杂化无率。底波：在浅海地震勘探时，如果附近海底激发就会在淤它底面产生类似于面波形状的底波，其特点是频率低、视速度（1000m/s）横向意域延续时间长。

这些介质的原有振动形成低散频（10~30HZ）炮炸时，如石乐石多孔岩石上产生的散频，形成高频的干扰波（80~200HZ）。鸣震：地震波在海底及平面之前的多次反射。类似正弦振动，有周期忙，持续的时间长等特点。

侧面波：在地表条件比较复杂的地区进行地震勘探工作时，还会出叫侧面波的干扰波如：黄土高原地区，由于水系切割形成谷沟交错的复杂地形，当黄土高原侧面波是沟原和沟的相对差达几百米，在原与沟的交界为陡峻的黄土高原与空气的接触面，形成一个强波阻抗界面，因而地震波激发后，传播到黄土高原边沿，主波反射回来，记录上可出现不同的方向具有不同视速度的干扰波，这种干扰波是一种侧面波。

（三）干扰波的观测方式

1、小排列

干扰波的方向： $\alpha = \arctg \frac{V_{I\text{南北}}}{V_{I\text{东西}}}$

## 一、地震测线布置：

### （一）原则

1、应尽量为直线：一是反映的构造形态比较真实，二是解释工作方便。

2、一般应垂直走向

### （二）不同勘探阶段对测线布置的要求

1、路线普查：了解基底起伏情况及基本地层结构，线距几十~几百公里。（未超过地震地区）

2、面积普查：了解盆地二级构造形态及范围采用丰字型测线，线距几公里~几十里（二级构造是多个小块构造）

3、面积详查：了解已知构造的具体形态及各种参数采用丰字型测线，线距1~3公里。

4、构造细测：详细了解构造的特点，准确地确定井位，线距几百米~1公里，再增加垂直断层走向的测线及连井测线。

## 二、观测系统及其图示方法

### （一）观测系统的概念

为了查明地下构造形态，必须连续地追踪各界面的地震波，因此就要沿测线在许多个激发点上分别激发地震波进行连续多次观测，即多次覆盖技术，每次观测时，激发点和接收点相对位置应保持一定的关系。

观测系统：描述炮点和检测点相对位置关系的平面图叫观测系统。

分类  $\left\{ \begin{array}{l} \text{纵观测系统: 炮点和检波点在一条直线上.} \\ \text{非纵观测系统: 炮点和检波不在一条直线上和三维观测系统.} \end{array} \right.$

测系统的选择定于地震勘探任务，该工区的地震地质条件和采用的方法总的原则是：尽量使记录的地下界面能连续追踪避免发生有效波彼此干涉现象，施工

共反射点道集：接收自地下同一反射点的各检波器的道号集合

目前野外分：单边放炮、中间放炮（有偏移距）

（大号、小号、正序、反序……（无偏移距））

2、观测系统中的几个术语：

物理点：地面上任何一个激发点或接收点都叫物理点。

野外排列：在一次激发时，最远两个物理点间所夹的线段叫野外排列。

线段可以是直线也可以是曲线。

野外道间距：地面观测时两个相临接收点的距离。

剖面道间距：野外道间距的一半。

炮间距：炮点与检波点的距离。

偏移距：最小炮检距

（三）一次覆盖观测的基本类型

a、简单连续观测系统（中间放炮、两边接收、无偏移距）

优点：不受折射波的干扰施工方便（因为折射波有盲区）

缺点：近炮点的几道爆炸后的声波，面波干扰。

b、间隔连续观测系统（具有一定的偏移距）单边放炮

优点：避开声波干扰

c、延长时距曲线的观测系统

A 点放炮，B—N 摆排列得时距曲线  $t_A$ ，追踪  $R_2R_3$  界面。

B 点放炮，A—N' 摆排列得时距曲线  $t_B$ ，追踪  $R_1R_2$  界面。

（四）多次覆盖观测系统（对被追踪的界面观测多次）

从测线端点放炮最先满足覆盖次数的

$$\text{地下反射点数} = \frac{\text{排列总道数}(N)}{\text{覆盖次数}(n)}$$

多次覆盖是通过炮点和检波点同时搬家使其共反射不变来实现的，那么每放一炮炮点移动必须有一定的规律，否则不能完成共反射点迭加

即炮点在排列的一端，每放一炮，炮点和整个排列向前移动 2 个道间距

即若  $X=50$  米，则炮点和排列向前移动 100 米。

实施工工时，在移动炮点的同时，将近炮点的两道检波器拿掉，排列末尾再加上两道即可，这样连续放炮，使可组成一个 6 次覆盖的观测系统将所有的炮点  $O_1, O_2, \dots$  标在同一条直线上，然后从各炮点的向排列前进的方向作一条与炮点呈  $45^\circ$  的斜线上，即每一根直线表示一个排列获得一张原始记录：

下面具本分析一下：

炮点向前移动两道反射点不变，根据反射定律按接收 A 点的检波器应是向后移动 2 道的道号

则：	A	B	C	D
(1) 炮	21	22	23	24
(2)	17	18	19	20
(3)	13	14	15	16
(4)	9	10	11	12
(5)	5	6	7	8
(6)	1	2	3	4

放 36 炮 A、B、C、D 点正好得到了 6 次覆盖,继续放炮得到了一系列满足覆盖次数的共反射道集。

在多次覆盖系统的综合平面图上，补充一条线构成列线图。

(1) 从炮点出发的斜线代表一个排列，在此线上所有的接收点有共同的炮点 共炮点线。

(2) 从接收出发的斜线，在此线上所有道都是在同一个地面点接收的 共接收点线。

(3) 与测线平行的水平线上，各接收点炮检距都相等 共炮检距线。

(4) 垂直测线的竖线上，各点接收到来自地下同一反射点的的反射 共反射点线。

海上用电火花、空气枪、无气泡蒸汽枪。

### (一) 炸药震源

炸药震源同炸药爆炸的方法激发地震波，激发地震波的强度和频率主要决定于炸药量及爆炸场的物理性质。

$$f = \frac{av\rho}{6\sqrt{g}} \quad a: \text{与介质有关的常数} \quad v_p: \text{纵波速度} \quad g: \text{炸药量}$$

#### 1、激发岩性的选择

不能在干燥、疏松低速激发地震波。因为在这种岩石中激发时纵波的传播及分数  $a$  较小，对高频成份有吸收作用，激发频谱中主要频率较低，且爆炸能量大部分被松散的岩层所吸收，转化为有效的弹性能量不大。

不能在坚硬的岩石中激发地震波

因为大部分能量消耗在坏井壁围的岩石上，转换为弹性能量的不多。造成激发的地震源能量不强。

一般在湿的沙土、粘土等可塑性岩石上激发效果好。

因为在这种岩石中激发能获得丰富的频谱深度一般在潜水面以下 3~5 较好，潜水面是一个强反射界面，爆炸所激发的能量由于潜水面二级反射作用而大部分往传播，从而增加有效激发的能量由于潜水面的强反射作用大部分往下传播，从而增加有效波的能量减少干扰波的能量。

#### 2、炸药量的选择：

炸药是与地震波振幅之间关系：

$$A = K \cdot g^m$$

↓

弹性常数

$m=0.2\sim 1.0$  变化，当  $g$  值较小时， $m \approx 1$ ，激发产生的弹性波与炸药量成正比

使用炸药震源有许多优点，但也存在着使用上的障碍，安置炸药需要钻井，但在地形起伏和缺水地区进行钻井是相当困难的，因炸药量是一种危险品，在运输、储存和使用上也受到一定限制，因此目前大力发展非炸药震源，这些震源有：重锤、气锤。

电火花和连续振动的可控震源等，在使用上可探震源效果最好。

### 1、人工可控震源原理

相关出数的概念：

$$\text{用量 } \sigma = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2 \text{ 来度量两个}$$

信号的相似性， $x(t)$ 与 $y(t)$ 完全一样时

$\sigma = 0$  即 $\sigma$ 越小，越相似

$\sigma$ 越大，越不相似

$$\sigma = \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N x_i^2 + \sum_{i=1}^N y_i^2 - 2 \sum_{i=1}^N x_i y_i \right]$$

其中 $\sum_{i=1}^N x_i^2$ ， $\sum_{i=1}^N y_i^2$ 代表地震源的能量是常数，那么 $\sigma$ 只决定于 $\sum_{i=1}^N x_i y_i$  其越

大 $\sigma$ 越相似，这时我们定义

$$\varphi = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i y_i \Rightarrow \text{相似系数}$$

$\varphi$  越大，两个信号越相似，将 $y(t)$ 向左移得 $\sum_{i=1}^N x_i y_{i+2}$



扫描频率信号向地下发送的同时,在震源附近用一个专门检波器 A 记下震源,信号的图形如图:

将参考道信号和检波器输出信号作相关

将参考信号  $y(t)$  移到  $t_1$  时,相关函数就达到第一次最大值。

将参考信号  $y(t)$  移到  $t_2$  时,相关函数就达到第二次最大值。

将参考信号  $y(t)$  移到  $t_3$  时,相关函数就达到第三次最大值。

出现最大值的时间就是在三个反射界面到达检波器的时间。

原理:用参考道的记录与实际的地震道的记录作相关,当参考道移到与每一个反射界面的位置对齐时,相关函数为极大值,因而依据极值的位置,可以决定每个反射界面反射波的到达时刻。

根据采集方法:1、震源多次重复振动,采用激发多次接收后进行迭加,可以有效地加强有效波,压制随机干扰这种迭加方法叫垂直迭加。

2、多台可控震源人工组合加强信号的能量

可控震源的优点:

多台可控震源人工组合可加强信号的能量迭了 3~4 台,震源组合与炸药震源相比,可控震源有三个方面的突出优点。

a、不产生地层不传播的振动频率

从而节约能量,当炸药炸时在炸药附近产生的是一个实脉冲,它的频谱很宽,随着这个脉冲向地下传播时,高频和低频部分。地被地层吸收,而只有一个部分,频率的波得到比较顺利的传播,炸震源消除了一部分能量,产生无用的频率,而厂控震源则可以根据地层特性选择抽耗量最小,最适于地层传播的频率作为扫描的频带,这样震源的能量便能发挥更大的效果。

b、不破坏岩石、不消耗能量于岩石破碎上。

用炸药震源时,在炸药附近,相当一个范围是岩石破坏圈,所以炸药的很大部分,能量消耗在这里,而可控震源冲击地配力量一般是 5~15 吨,所以对岩石破坏较小,大部分能量用于产生了单性波。

C、抗干扰能力较强

## 二、地震波的接收

### (一) 对地震仪器的要求

#### 1、有放大作用（主要有地震放大器装置）

地震波经过长距离的传播，到达地面的振动是极其微弱的，由检波器所接收的最小地震信号，输出电压小至  $1\mu\text{V}$ ，这样微弱的地震信号，通常是不能直接记录的。因此，在记录之前，必须先进行放大，直到地震信号的幅度达到记录设备所要求的电平范围。

#### 2、滤波

有效波与干扰波的频率范围是有显著差异的，通常有效波频率范围为  $25\sim 60\text{HZ}$ ，而面波的频率范围为  $5\sim 20\text{HZ}$ ，为了压制干扰波放大有效波，地震放大器中没有带定滤波装置，有选择地放大有效波，阻止通过干扰波。

#### 3、增益控制

来自深层的地震信息十分微弱，但来自浅层的地震信息却相当强烈。强弱的变化可达几十万倍，甚至近百万们，若以最大振幅与最小振幅之比，定为动态范围，则地震信息的动态范围为  $120\text{d}$ 。这样大幅度的变化则超出了记录设备的动态范围，这就要求地震放大器在记录浅层信号时，降低增益，在记录深层信号时，提高增益。可是浅层至深层的信号，在时间上的变化只有几秒钟，因此地震放大器必须根据地震信号幅度变化，自动地进行增益控制，使放大器的输出信号总是维持在记录设备所要求的动态范围之内。

#### 4、地震记录仪器具有较好的分辨能力（分辨地层厚度的能力）

#### 5、数字记录（A/D 模数转换器）

是以数字形式记录地震信号，但检波器所接收的、放大器所放大的都是连续的地震信号，为此必须将连续的地震信号进行离散取样变成数字形式的离散振幅值。

$$\text{采样定理：} \Delta t \leq \frac{1}{2fc} \quad \text{截频}$$

$$Vt \leq \frac{V}{2}$$

T 为地震信号的主频视同期

$$\text{即 } \frac{V_x}{V^*} \leq \frac{T^*}{2} \quad V_x \leq \frac{1}{2} V^* T^* \quad \text{排列总长度 } L = (n-1) V_x$$

(三) 检波器的埋置条件：埋置又埋紧，插头不接地，接线不漏电，极性不接反，要没在 0.2m 深的浅坑中。

### 三、低速带的测定

低速带：浅层钢化剥能有厚薄不均的一层速度很低的地层，它的存在对地震波能量呈有强烈吸收作用和产生散射及噪音，并会使反射波旅行时显著增大。

在地震勘探中，为了校正低速带有在对地震波传播时间和其它特点的变影响，就要对低速带的厚度，波速进行测定，为进行必要的校正提供参数。

#### (一) 浅层折射波测定低速带

低速带测定包括低还带速度和低速事的厚度测定，主要是根据直达波和折射波的时距曲线来估计的。

低速带的直达波和折射波时距曲线如图示：

$$\text{从直达波时距曲线 } t = \frac{x}{V_o} \quad \text{可得 } V_o = \frac{1}{k}$$

可通过折射波时距曲线求得高速层  $V_1$  和  $h_0$

$$\text{折射波时距曲线 } t = \frac{1}{V_1} x + \frac{2h_o \cos \theta c}{V_o}$$

$$\text{则 } \frac{1}{V_1} = \frac{1}{k} \quad \text{量取交叉时 } t_{i_1} = \frac{2h_o \cos \theta c}{V_o}$$

$$h = \frac{t_{i_1} V_o}{2 \cos \theta c} = \frac{t_{i_1} V_o}{2 \sqrt{1 - \left(\frac{V_o}{V_1}\right)^2}}$$

一种行之有效的组合。

组合法是利用有效波和干扰波传播方向上的差别来压制干扰波的方法组合：将多个检波器按一定的方式连接起来，组成一个地震道的输出。

它是在一点激发，多道接收，每道一个检波器这一最基本的地震野外工作方法的基础上发展起来的一种压制干扰的有效措施，目前仍是野外工作的一种最基本的技术。

组合不但可以压制规则干扰波，还可以压制随机干扰。要想压制干扰波，那么就得清楚干扰波与有效波的主要区别，前面我们已经学了各类干扰波的主要特点，下面我们总结一下有效波与干扰波的主要区别：

干扰波与有效波的主要区别

1、传播的方向可能不同。（组合）

2、频谱可能不同。（有效波主频在 30~50HZ，面波的主频在 10~30HZ）（滤波）

3、出现的规律不一样。（有效波时距曲线为双曲线  $t = \frac{1}{V} \sqrt{x^2 + 4h^2}$ ，而干扰波则不同，如面波出现的规律为直线，随机干扰随时出现）（组合，多次迭加）

4、动校正后的剩余时差不一样（多次迭加）下一章讲

问题：为什么组合法能消弱干扰波呢？

（一）组合法原理

若反射界面很深，则反射波到地面时，与地面的夹角特别小（因为深层速度

很高，浅层速度较小  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{V_1}{V_2}$ ，所以一般认为有效波近似垂直入射）。

有效波近乎同时到达检波器，几个检波器的信号加在一起做为一道输出则因同相迭加振幅显著加强。

而干扰波多出现在浅层，传到各个检波器的信号有先有后，迭加时就不同相反而被削弱，若  $Vt$  正好是波的半个周期时，则干扰波就认为相互抵消了。

波。

## 二、简单线性组合的方向特性

组合以后压制了干扰波，突出了有效波，但压制的程度如何？突出的程度如何？这都和波入射的角度有关（角度反映方向）。

### （一）组合的滤波作用

线性组合的基本假设：（1）检波器沿直线排列；（2）地震波是简谐平面波；

（3）各检波器接收的信号的形状一样，只是时间延迟不同。

第2个检波器收到的振动相对于第一个要晚 $Vt$

设第一个检波器的信号为 $f(t)$ ，则第2个检波器的信号为 $f(t-Vt)$

若共有几个检波器组合则有第3个检波器的信号为 $f(t-2Vt)$

第 $n$ 个检波器的信号为 $f[t-(n-1)Vt]$

所以组合以后的输出信号为 $f(t)$

$$f(t) + f(t-Vt) + \dots + f[t-(n-1)Vt] = \sum_{i=0}^{n-1} f[t-iVt]$$

以 $f(t)$ 为输入信号，以组合后的输出为总输出

输入 $f(t)$  组合系统  $F(t)$ （输出）[在组合系统中，有几个形状相同而相位不同的信号相迭加]

组合系统相当于一个滤波系统，对于干扰信号滤除，对有效波加强，下面我们利用滤波理论来研究组合系统。

设 $f(t)$ 的频谱为 $g(jw)$ ，根据频谱定理中的时延定理有：

$$f(t-Vt) \text{ 的谱} \rightarrow g(jw)e^{-jwVt}$$

$$f(t-2Vt) \rightarrow g(jw)e^{-2jwVt}$$

$$f[t-(n-1)Vt] \rightarrow g(jw)e^{-(n-1)jwVt}$$

$\sum_{k=0}^{\infty}$

(等比级数前几项之和  $S_n = \frac{1-q^n}{1-q}$ ) 所以  $e^{-jk\omega\Delta t} = \frac{1-e^{-jn\omega\Delta t}}{1-e^{-j\omega\Delta t}} = k(j\omega)$

则有： $G(j\omega)=g(j\omega) \cdot k(j\omega)$  （相当于线性滤波）

$\xrightarrow{g(j\omega)} \boxed{k(j\omega)} \rightarrow G(j\omega)$   $K(j\omega)$ 反映了组合系统的特性

为了书写方便，令  $\Delta\varphi = -\omega\Delta t$

则  $k(j\omega) = \frac{1-e^{jn\Delta\varphi}}{1-e^{j\Delta\varphi}}$  我们将它化简看看，它到底具有什么特性？

$$= \frac{[e^{-j\frac{n-1}{2}\Delta\varphi} - e^{j\frac{n+1}{2}\Delta\varphi}]e^{j\frac{n-1}{2}\Delta\varphi}}{1-e^{j\Delta\varphi}} = \frac{[e^{-j\frac{n}{2}\Delta\varphi} - e^{j\frac{n}{2}\Delta\varphi}]e^{j\frac{n-1}{2}\Delta\varphi}}{e^{-j\frac{\Delta\varphi}{2}} - e^{j\frac{\Delta\varphi}{2}}} e^{j\frac{n-1}{2}\Delta\varphi}$$

$$= \frac{\sin \frac{\frac{n}{2}\Delta\varphi}{\frac{\Delta\varphi}{2}}}{\sin \frac{\Delta\varphi}{2}} e^{j\frac{n-1}{2}\Delta\varphi}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \cos \omega\Delta t = \frac{e^{j\omega\Delta t} + e^{-j\omega\Delta t}}{2} \\ \sin \omega\Delta t = \frac{e^{j\omega\Delta t} - e^{-j\omega\Delta t}}{2j} \end{array} \right\} \text{欧拉公式}$$

组合当中相临检波器的距离  $\delta x$   $S_x$  则  $V_t = \frac{\delta x \sin \alpha}{V}$

所以  $k(jw, V_t) = k(jw, \frac{\delta x \sin \alpha}{V}) = k(\alpha)$  反映波的方向

(2) 如果  $V_t$  是常数, 则称  $k(jw)$  为组合的频率特性, 即只研究来自某一方向的不同频率的信号组合的效果。

(二) 组合后输出信号的特点

当单个检波器接收到的振幅是  $A_o$ , 初始相位为 0 的简谐波

则:  $f(t) = A_o \sin wt = A_o e^{jw[t-(n-1)V_t]}$

$$F(t) = A_o e^{jw t} + A_o e^{jw(t-V_t)} + \dots + A_o e^{jw[t-(n-1)V_t]}$$

$$= A_o e^{jw t} g(jw) = A_o \frac{\sin \frac{n}{2} w V_t}{\sin \frac{w}{2} V_t} e^{j[w t - \frac{n-1}{2} w V_t]}$$

$$= A_o \frac{\sin \frac{n}{2} w V_t}{\sin \frac{w}{2} V_t} e^{jw[t - \frac{n-1}{2} V_t]}$$

结论: 此式的物理意义:

(1) 几个检波器组合后的总输出也是同一频率的简谐波, 其总输出信号的振幅为:

$$A_z = A_o \frac{\sin \frac{n}{2} w V_t}{\sin \frac{w}{2} V_t} \quad (V_t = \frac{\delta x \sin \alpha}{V})$$

(1) 定义：组合之后输出信号的幅度  $A_z$  与组合步单个检波器接收信号振幅的几倍之比称为组合的方向特性（条件：W 是固定的谐波）用  $\varnothing(n, \sqrt{V}\varphi) = \frac{A_z}{nA_o}$  表示

$$\varnothing(n, \sqrt{V}\varphi) = \frac{\sin \frac{n}{2} \sqrt{V}\varphi}{\sin \frac{1}{2} \sqrt{V}\varphi} A_o \frac{1}{nA_o} = \frac{\sin \frac{n}{2} \sqrt{V}\varphi}{n \sin \frac{\sqrt{V}\varphi}{2}}$$

用此式来表示组合对来自不同方向的波的相对加强或压制效果

$$\varnothing(n, w\sqrt{V}t) = \varnothing(n, \frac{\sqrt{V}t}{T}) = \frac{\sin \frac{n}{2} w\sqrt{V}t}{n \sin \frac{w}{2} \sqrt{V}t} = \frac{\sin n\pi \frac{\sqrt{V}t}{T}}{n \sin \pi \frac{\sqrt{V}t}{T}} (w = 2\pi f = \frac{2\pi}{T})$$

此式具体给出方向特性与波到达组内两相临检波器的时差  $\sqrt{V}t$  的关系

$$\sqrt{V}t = \frac{\delta x \sin \alpha}{V} \quad \therefore \varnothing(n, \alpha) = \frac{\sin \frac{nw}{2} \frac{\delta x \sin \alpha}{V}}{n \sin \frac{w \delta x \sin \alpha}{2V}}$$

此式具体给出方向特性同  $\alpha$  之间的关系

$$\text{又Q } V^* = \frac{V}{\sin \alpha} \quad \therefore \varnothing(n, v^*) = \frac{\sin \frac{nw \delta x}{2V^*}}{n \sin \frac{w \delta x}{2V^*}}$$

(2) 方向特性曲线的特点

如果我们对一组给定的参数  $V$ ,  $\delta x$ ,  $W$  等讨论  $\varnothing(n, \frac{\sqrt{V}t}{T})$  与  $n, \frac{\sqrt{V}t}{T}$  的关系就可作出（利用上面的式子）方向特性曲线的图形这个问题在数学上就是根据



<2>当  $y=1, 2, 3, \dots$  等正整数时,  $\sin n\pi y = 0, \sin \pi y = 0$ , 仍是  $\frac{0}{0}$  型应用罗

必达法则微分

$$\varnothing(n, y) = \frac{n\pi \cos n\pi y}{n\pi \cos \pi y} = \left| \frac{n\pi \cos n\pi y}{n\pi \cos \pi y} \right| y = 1, 2, 3L$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{分子 } \cos n\pi y = \begin{cases} +1 & n, y \text{ 为偶数时, 即 } n, y \text{ 任一为偶数} \\ -1 & n, y \text{ 都为整数} \end{cases} \\ \text{分母 } \cos \pi y = \begin{cases} +1 & y \text{ 为偶数} \\ -1 & y \text{ 为整数} \end{cases} \\ \varnothing(n, y) = \begin{cases} +1 & n, y \text{ 都为整数, 或 } y \text{ 为偶数, } n \text{ 为任意数} \\ -1 & y \text{ 为整数, } n \text{ 为偶数} \end{cases} \end{array} \right\} |\varnothing(n, y)| = 1$$

<3>零点  $\varnothing(n, y) = \frac{\sin n\pi y}{n \sin \pi y} = 0$  的条件是

$n y = 0, 1, 2, 3, \dots$  而  $y = 0, 1, 2, \dots$

则  $y = \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, L, \frac{n-1}{n}$  时有零点

设  $n=2$ , 零点为  $y = \frac{1}{2}$

$n=3$ , 零点为  $\frac{1}{3}, \frac{2}{3}$  (检波个数  $n$  为整数时, 中心点  $y = \frac{1}{2}$  代入  $\varnothing(y)$ ,

$$\text{得 } \varnothing\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{n} \frac{\sin \frac{n}{2}\pi}{\sin \frac{\pi}{2}} = \pm \frac{1}{n} )$$

加强，对于某些干扰波，例如：面波，由于它沿水平方向传播，当它的传播方向与组合基线平行时，到达相临检波器的时差， $Vt$  较大，组合后其总振动的幅度没有最大增强，相对就受到压制，如果波落入二次极大，也能得到最大加强。

上面讨论的是对有效波最有利和对干扰波压制最厉害两种情况，实际上不一定能同时实现这两种情况，因此还要引入通放带和压制带的概念来分析组合的效果。

一般习惯上定义对不可救药一波若组合后的  $\varnothing(y) \geq \frac{1}{\sqrt{2}} \quad 0.707$  ,则  $y$  的变化

范围就是通放带，定义  $[0, y_1]$  为通放带，大致可以解出  $y_1 = \frac{1}{2n}$ ，压制带定义

$[\frac{1}{n}, \frac{n-1}{n}]$  压制带有极值和周期性，极值的个数为  $n-2$  个，大小为  $\frac{1}{n}$ ，我们希望有效波落在通放带得到加强，干扰波落在压制带得到削弱，在分析了组合的方向特性后，我们想结算一下组合对信噪比的改善程度  $PP$ 。

### 三、组合的方向效应

若组合前有效波的振幅为  $A_s$ ，规则干扰波的振幅为  $A_p$ ，则组合前信噪比

$be = \frac{A_s}{A_p}$  组合后有效波的振幅为  $A_{s_2}$ ，组合后规则干扰波的振幅为  $A_{p_2}$ ，则组合后

信噪比  $be_2 = \frac{A_{s_2}}{A_{p_2}}$  定义比值  $Ge = \frac{be_2}{be}$  为组合的方向效应，即结算组合对信噪比

的改善程度  $Ge = \frac{A_{s_2}}{A_{p_2}} \frac{A_p}{A_s} = \frac{A_{s_2}}{A_s} / \frac{A_{p_2}}{A_p}$  组合后有效波加强，即  $A_{s_2} > A_s$ ，规则

干扰波被压制  $A_{p_2} < A_p$ ，则  $Ge > 1$ ，所以方向效应反映了加强有效波和压制规

所以组合的方向效应也可定义为有效波的方向特性与规则干扰波的方向特性之比，如果  $y_s$  落在通放带，可以认为  $|\varnothing(n, y_s)| = 1$  （最大时）

如果  $y_p$  落在通放带，可以认为  $|\varnothing(n, y_p)| = \frac{1}{n}$  （最小时）

则  $Ge=n$  即在最有利的条件下，组合的方向效应与组内检波器数相等，检波器个数  $n$  越多，信噪比的改善度越大。

#### 四、组合的频率特性

上面讨论了组合的方向特性，知道了对于垂直入射到地面的有效波，组合后振帐会大大增强，但是组合后的波形与组合前单个检波器的波形是否一样呢？也就是组合是否会引起波形的畸变？引起什么样的畸变？这就是我们将要讨论的问题。

前面讨论组合的方向特性时已得出结论：对平面简谐波来说，组合后的信号频率与组合前单个检波器的信号的频率是一样的。因此没有频率畸变，而组合后信号的相位，相当组内中心位置的检波器接收到的信号的相位，但实际的地震波不是简谐波，而是脉冲波，在这种情况下，如果有效波到达相临检波器的时差为 0（即  $V^*=$  ），那么很容易理解，组合后的脉冲波形仍然是不变的，只是振幅增强了几倍。然而，实际上对于有效波来说，到达相邻检波器的时差虽然可能很小，但不一定就等于 0，这时组合后的波形就要发生畸变了。

分析这种畸变的基本思想是：把组合看作一种频率滤波装置，又从频谱分析的观点，把脉冲波看成是由许多不同频率的简谐波组成，每种频率的简谐波在组合后的变化，可以利用组合的方向频率公式来计算，最后再把组合后的各种简谐波成分叠加起来，就可以得到脉冲波组合的输出了。下面就按这一思路进行分析，

组合方向频率特性公式可由  $\varnothing(n, y) = \frac{\sin n\pi y}{n \sin \pi y}$  改为  $\varnothing(n, Vt, f) = \frac{\sin n\pi f Vt}{n \sin \pi f Vt}$ 。现

在我们要分析组合对不同频率的简谐波的作用，因此可以取定一个检波器数目  $n$ ，

合本身也具有一定的频率选择作用。不过，我们不是，也不可能用这种频率选择作用来进行频率滤波，因为原来设计组合方案时，只考虑到有效波和干扰波在传播方向上的差别，而不是考虑到它们在频谱上的差别。因此，组合的这种低道频率特性，只能起着使有效波波形畸变的不良作用，特别是如果有效波的视速度沿测线发生变化时（实际上，地震反射波是球面波，一般来说，当炮检距增大时，视速度要变小）这就造成在不同地点相组合时，其  $V_t$  值随炮检距增大而加大，而组合的频率特征的通频带随  $V_t$  增大而变窄，就会使组合后的波形延续时间加长，相位数增多，引起有效波动力学特点的变化。

### 五、脉冲波的组合特征

前面已指出，我们得出的组合方向特性公式虽然是从脉冲波  $f(t)$  出发的，但经过付立叶变换后，其结论实际上只适用于简谐波，因为只有固定频率  $f$ ，才能得到确定的  $y$  及  $V\varphi$ ，以求得确定的方向特性数值，那么对于一个脉冲波，组合后的

方向特性实际上又将如何呢？要解决这个问题有两种方法：一种办法是把脉冲波分解为无数个不同频率的谐波，研究每个谐波组合后的变化，再对组合后的谐波进行合成。但这一过程太麻烦了，另一种方法是根据组合方式，参数计算需脉冲波到达组内相邻检波器的时差，再利用实际给出的脉冲波形，进行人工组合叠加，不断改变参数，多次计算，即可求得方向特性，这样做比较方便，但应注意，因为是脉冲波，就不能同组合前后的振幅比来说明组合的方向特性，只能用别的参数，如振幅极值比，能量比或包线面积比等。人们对脉冲波的组合进行了讨论，得出的主要结论：与简谐波所得特性曲线相比较，两者的通放带宽度基本一致，脉冲波的压制带不是周期性曲线，无零值，但其数值基本上与谐波压制带极值相同为  $1/n$  左右。

脉冲波的二次极大区较宽，数值较小，有的不出现，从这些特点可看出谐波的组合方向特性曲线基本上适用于脉冲波，只是在二次极大区两者有所不同。

第三类：是激发所产生的不规则干扰。

<1>介质的不均匀性造成的弹性波的散射。

<2>任意方向来的相位变化毫无规律的波的迭加，这类激发条件及地震地质条件有关的随机干扰在水泡子、沙漠、砾石、黄土覆盖等地区最为严重。

随机干扰表面上看来是不规则的，但实际上仍是有规律可循，它遵循的规律是“统计规律”在这方面，它与有效波是有差别的，在组合检波和多次迭加中正是利用随机干扰的特殊的统计规律来压制它，这就是所谓的组合检波和多次迭加的统计效应。

## （二）非统计问题和统计问题

A、必然事件（非统计问题）在一定条件下必然发生的事件称为必然事件，其变量可以用一个明确的函数关系来表示：函数的自变量的每一个值必然对应于函数的一个（或若干个）确定的值如：对一个匀速  $V$  运动的物体，其运动所走过的路程  $S$  同时间  $t$  的关系是  $S=Vt$ ，给定一个  $t=t_1$ ，则  $S_1=Vt_1$ ，再给定一个  $t=t_2$ ，则  $S_2=Vt_2$ ，……也就是说物体所走过的路程可以用一个确定的时间函数  $S=f(t)=Vt$  来表示。

在地震勘探中也存在这类的情况，例如：我们在一个排列上放一炮，得到一张记录，在记录上看到在  $t=t_1$  的时刻有一条很可靠的反射波同相轴。如果再用同样的激发条件（炸药量、井深等）和接收条件，在这个排列上放一炮，则放炮之前，已能断定在记录上  $t=t_1$  时刻一定还会再出现一个反射波同相轴，又例如：

如果已准确地知道某个反射界面的力量藏深度  $h$ ，倾角  $\varphi$ ，上覆介质的平均速度

$V_{av}$ ，以及接收排列的各道的位置  $x$  之间有如下确定的函数关系：

$$t = \frac{1}{V_{av}} \sqrt{x^2 \pm 4hx \sin \varphi + 4h^2}$$

## B、随机事件

在未来无法预测的事件，其值取决于每次实验的结果，其变量称为随机变量。

即这类物理现象的数据的变化规律不能用一种简单的函数关系来描述，如：

那么是不是对地震勘探中的随机干扰的振幅随时间的变化就毫无规律可循呢？并不是这样，实践证明，它们遵循的是统计规律，研究这类问题要重复做大量实验通过概率论，数理统计等数学工具来解决。

（三）地震勘探中的随机干扰是具有各态历经性质的平稳随机过程。

1、平稳随机过程：对随机过程的一次实现研究其规律取  $t_1$   $t_2$  段的结果和取  $t_1+t$   $t_2+t$  的结果相同，这个随机过程叫做平稳随机过程。

2、各态历经的随机过程：随机过程的每个样本函数都包含了其它样本函数所具有的状态，也就是代表了随机过程的全部特点，这个随机过程叫各态历经的随机过程。

样本函数：把表示随机现象的单个时间历程叫样本函数。（或一次实现）

随机过程：一类随机现象的可能产生的全部样本函数的集合叫随机过程。

试验证明地震勘探中的随机干扰是一种具有各态历经性质的平稳随机过程。

有以上两点作保证，研究随机干扰时，我们只需研究一个地震道中的任意一段的随机干扰就够了。

（四）描述随机干扰的参数——平均值、方差、相关函数

1、平均值：许多随时间有随机起伏变化的物理量的数值，设随机干扰为  $n(t)$ ，取离散值相加再除离散的数目。

$$\bar{n}(t) = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N n(ti)$$

这个平均值就是描述随机过程的统计特性的一个重要统计参数。如：地震勘探中随机干扰振幅的平均值等于 0。

2、方差：若两个随机干扰的平均值相差不多，则我们规定出一个平均值，它们偏离出平均值的大小用方差来描述。

$$D = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N [n(ti) - \bar{n}(t)]^2 = M[n(ti) - \bar{n}]^2 \quad M \text{ 称为数学期望}$$

相等，幅度变化快慢也相似，但仍有差别，即幅度变化大小不同，因此为了更完整地描述随机过程的特点就引用了表示幅度变化大小的统计参数——方差。

令  $\sigma = \sqrt{D}$  称为均方差，它和  $D$  是两个等价的统计参数，它们都可以用来描述过随机过程偏离其平均值的幅度变化大小这方面的统计特性。

### 3、相关函数

两个随机过程可以有相同的平均值和方差，但并不能保证它们的变化特点完全一样。

例如图 4-3-9(a)、(b)中的两个随机过程，它们的平均值都为 0，均方值也等于  $\sigma_1^2$ ，但二者仍有各自的特殊性，可以看出，一个变化缓慢(a)一个变化急剧(b)，显然这是两上具有不同统计特性的随机过程，因此，为了能完整地描述一个随机过程的统计特性，除用平均值和方差两个统计参数外，还引用了描述随机过程的“变化快慢”的统计特性参数——相关函数。

相关函数分：

互相关	$R_{xy}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(ti)y(ti+t)$	
	$R_{xy}(t) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)y(t+T)dt$	
自相关	$R_{xx}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(ti)x(ti+t)$	离散形式
	$R_{xx}(t) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+T)dt$	连续形式

利用自相关函数可以描述变化得快慢为什么？

对规则干扰来说，组合以后，系统的信噪比可提高到组合前的几倍，但对随机干扰而言，只能同统计规律来研究，组合后，有效波对随机干扰信噪比提高多少？

定义组合量地震道有效波与随机干扰的信噪比为  $b = \frac{As}{g}$

组合后信噪比为  $b_z = \frac{As_z}{g_z} = \frac{As_z}{\sqrt{D_z}}$  定义  $G = \frac{b_z}{b}$  为组合的统计效应。统计

算  $G = \sqrt{n}$ （在  $\delta x$  大于随机干扰的相关半径有前提下）。由此可见，组合以后对压制随机干扰也是有效的，若有 9 个检波器组合，则对规则干扰波信噪比可以提高 9 倍，对随机干扰来说，信噪比可提高  $\sqrt{9} = 3$  倍。

## 第七节 组合参数的确定方法、原则

### （一）确定组合参数的主要步骤：

#### 1、对有效波及干扰波进行调查

（1）有效波相临检波器的时差  $Vt$ ，有效波的主周期  $T$ ，有效波的视速度出现规律及强度变化。

（2）规则干扰波的视速度，周期  $T_{\mp}$ ，相临检波器的时差  $Vt_{\mp}$ ，出现规律及强度变化，随机干扰的相关半径。自相关函数第一个零值点所对应  $T$  值（ $L\delta x$ ）整数倍。把相关函数第一个零值点所对应的  $L\delta x$  叫做随机干扰的相关半径。

#### 2、参数的选择

（1） $n$  的选择：一般情况信噪比大时， $n$  取小些，信噪比低时， $n$  选择大些。规则干扰波视速度变化大时， $n$  取多些，反之取少些。

#### （2）组内路 $\delta x$ 的选择

原则：选择  $\delta x$  时使  $y_{\text{有}} = \frac{Vt_{\text{有}}}{T_{\text{有}}}$  落在通放带， $y_{\mp}$  落在压制带



组合长度  $l = (n-1)\delta x$

### 3、理论计算及现场实验修正统计效果

通过有效波及干扰波组合后的图形看是否提高了信噪比,现场实验修正理论,计算以及现场实验为准。

例 1: 干扰波和有效波调查的结果为

$$V_{\text{有}}^* = 7000 \text{ m/s} \quad V_{\text{干}}^* = 1500 \text{ m/s}$$

$$T_{\text{有}} = 30 \text{ ms} \quad T_{\text{干}} = 40 \text{ ms}$$

试计算用 9 个检波器进行线性组合求:

(1) 画出其方向特性曲线

(2)  $\delta x$  多少? (3) 如果  $\delta x = 11 \text{ m}$  信噪比仍不能 如何改变参数才能提高信噪比?

$$\text{解 2: } \delta x \leq \frac{1}{2n} V_{\text{有}} T_{\text{有}} = \frac{1}{18} \times 7000 \times 30 \times 10^{-3} = 11.5$$

$$\frac{1}{n} V_{\text{干}}^* T_{\text{有}} \leq \delta x \leq \frac{n-1}{n} V_{\text{干}}^* T_{\text{干}}$$

$$\frac{1}{9} \times 1500 \times 4 \times 10^{-3} \leq \delta x \leq \frac{8}{9} \times 1500 \times 40 \times 10^{-3} \quad 6.7 \leq \delta x \leq 11.5$$

$$6.7 \leq \delta x \leq 13.2$$

$\therefore$  取  $\delta x = 11 \text{ 米}$  即可

解 3:  $\delta x = 11 \text{ 米}$  不够理想改过办法

$$y_{\text{干}} = \frac{\delta x}{V_{\text{干}}^* T_{\text{干}}} = \frac{11}{1500 \times 40 \times 10^{-3}} = \frac{11}{60} \text{ B } \frac{1}{6}$$

若取  $n=6$ ,  $\delta x=11$ , 效果会好由 9 个~6 个 (干扰波视速度小  $n$  取小些)

四、各种组合方式

如图示，有几个组合点等间距线性分布，中心点灵敏度最高，向两闻风而动下降，端点灵敏度最小。

当两端点灵敏度为 1，向中心依次对称地增加 2, 3, …… , m，而  $m = \frac{n+1}{2}$

为中心点的灵敏度，为了对称中心，组合数 n 应当为整数。

7 个检波器不等灵敏度组合就可以看成由 4 种中心点重合，检波器个数 n 分别是 7, 5, 3, 1 的简单线性组合后的叠加，它的组合方向特性也就是这 4 个简单线性组合方向特性的叠加，比简单线性组合小得多，这是它的优点。

$$k_1(w) = \frac{\sin \frac{n}{2} V\varphi}{\sin \frac{V\varphi}{2}} \quad k_2(w) = \frac{\sin \frac{n-2}{2} V\varphi}{\sin \frac{V\varphi}{2}} = \frac{\sin(\frac{n}{2}-1)V\varphi}{\sin \frac{V\varphi}{2}}$$

$$k_3(w) = \frac{\sin \frac{n-2}{2} V\varphi}{\sin \frac{V\varphi}{2}} \quad k_m(w) = \frac{\sin[\frac{n}{2}-(m-1)]V\varphi}{\sin \frac{V\varphi}{2}}$$

$$k(w) = k_1(w) + \dots + k_m(w) = \left[ \frac{\sin \frac{m}{2} V\varphi}{\sin \frac{V\varphi}{2}} \right]^2 \quad m = \frac{n+1}{2}$$

$$\text{当 } V\varphi \rightarrow 0 \text{ 即 } Vt \rightarrow 0 \text{ 时, } k(w) = m^2, \quad \varnothing_V(V\varphi) = \frac{1}{m^2} \left[ \frac{\sin \frac{m}{2} V\varphi}{\sin \frac{V\varphi}{2}} \right]^2$$

## 2、面积型组合

直线型组合只能压制沿测线方向传播的干扰波，而不能压制来自各个方向的干扰波。因此，当测区内存在着不同方向上的噪音时，就应该考虑用面积组合的

在到达时差，不等灵敏度组合就是采用某些办法使用一组内各检波器接收到的信号幅度不一致，实现这种要求的最简单的做法是在同一点放两个或更多个检波器。

例如：5 点的简单线性组合是每点放一个检波器，它的方向特性曲线

如果在中心点放三个检波器，第二个和第四点各放 2 个，两端各放一个就构成一种灵敏度呈等腰三角形分布的不等灵敏度组合。

利用分解法将不等灵敏度组合分成几个等灵敏度的线性组合可看成是 3 种中心点重合，检波器个数为 5，3，1 简单线性组合。

$$\begin{array}{ll} \text{第一组} & |k_1(w)| = \frac{\sin \frac{n}{2} V \varphi}{\sin \frac{1}{2} V \varphi} \\ \text{第二组} & |k_2(w)| = \frac{\sin \frac{n-2}{2} V \varphi}{\sin \frac{1}{2} V \varphi} \end{array}$$

$$\text{第 } m \text{ 组} \quad |k_m(w)| = \frac{\sin[\frac{n}{2} - (m-1)] V \varphi}{\sin \frac{1}{2} V \varphi} \quad \text{组合的振幅特性}$$

$$k(jw) = k(w) = \frac{m}{2} \sum_{i=1}^m k_i(m) = \left[ \frac{\sin(\frac{n+1}{2} V \varphi)}{\sin \frac{1}{2} V \varphi} \right]^2$$

$$\text{好处：} \quad \text{当 } Vt=0 \quad k(w) = \left( \frac{n+1}{2} \right)^2 = m^2 > n \quad \text{压制带极值为 } \frac{1}{m^2} \text{ 对干扰波压}$$

制效果更佳。

## 第七节 地震勘探检波器简介

地震勘探数据采集系统可把接收到的地面振动转换为时间函数的电信号，现代地震勘探采集仪器主要由检波器、放大器、数字记录器（包括有关的硬件）以及作监视用的显示器等装置组成（野外工作时装于汽车上）。近几年，在仪器车上还安置了专用数字计算机，用以控制野外全部记录过程，调整和监视野外操作，

介绍一下地震检波器：

检波器是安置在地面，水中或井下以合取大地振动的地震探测器或接收器，它实质是将机械振动转换为电信号的一种传感器。现在地震检波器几乎完全是动圈式（用于陆地工作）和压电式（用于海洋和沼泽工作）的。

1、动圈式地震检波器，其机电转换通过线圈相对磁

铁往复运动而实现，线圈及线枢由一个弹簧系统支撑在和磁铁的磁极间隙内，组成一个振动系统，当线圈在磁极间隙中运动时，线圈切割磁力线，同时在线圈两端产生感应电势，感应电势的大小与线圈切割磁道量的速度成正比，也就是说与其相对于磁铁的运动速度成正比。因此，动圈式检波器也称为速度检波器。

大地作重向运动时，磁铁随之运动，但线圈由于其惯性而趋于保持固定，使线圈和磁场之间有相对运动，

对于水平的运动，线圈相对于磁铁是不动的，所以这种检波器的输出为零。

2、压电式检波器

一般用于水下一定深度接收地震波。它是用压电晶体或类似的陶瓷冶化元件作为压力传感元件，当这类物质受到物理改变时（如水压力变化），它们产生一个与瞬时水压（和地区信号有关）成正比的电压，因此这种检波器称作压力检波器式水下检波器。

3、动磁性检波器

主要用于地震测井，生产的数量很少。

它是由硬铁及固定在硬铁上的线圈，弹性垫片、软铁隔板组成，地震波到达时使水压发生变化，水压变化引起软铁隔板相对磁铁发生位移，进而导致硬路的长度变化，引起硬路中硬阻差改变，硬阻变化使磁通改变，结果在线圈中产生感应电势。