

最高指示

我們不但要提出任务，而且要解决完成任务的方法問題。

科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性。因此，对于某一現象的領域所特有的某一种矛盾的研究，就构成某一門科学的对象。

复杂断裂构造地震勘探方法探讨

——消除干扰改进原始記錄质量

九二三厂 地质指揮所

編者按 SL油田是一个被断层复杂化了的构造油田。在这里进行地震細測工作，从試驗方法、野外生产到室內資料整理比之普通的地震勘探方法均有着嶄新的內容。

九二三厂的同志們高举毛泽东思想伟大紅旗，在战无不胜的毛泽东思想指引下，乘无产阶级文化大革命的东风，通过反复实践，反复認識，總結出了一套富有成效的“开发地震”工作方法。本刊从这期起，将陸續刊載他們在这方面所积累的工作經驗，以供其他地区参考。

前 言

SL油田的地震勘探工作已进行八年了。随着对地震工作精度要求的不断提高，在一些复杂断裂构造上曾进行过多次工作。在这个反复实践过程中，地震勘探方法有了不断的发展和改进。到1966年8月止，在盆地內已发现了近400条断层。一些复杂的断裂构造上，往往300——500米就有一条断层；并且有时几个方向的断层互相交錯。在这样复杂的情况下，使一般的地震工作方法不能滿足勘探精度要求。

为了提高地震勘探断层的精度，1966年10月起开展了地震試驗研究工作，配合油田开发，总结試驗地震方法。

实际上这个地区的地震試驗工作是从1960年开始的。經過五年的努力工作。查明了构造的基本形态和主要断层的分布，但构造頂部的确切形态和断层的詳細分布，尚待进一步查清。

以往做过的試驗工作，包括双重追踪，非縱測綫，滤波（51型1，4档和低频5档），平面波前法，組合爆炸和組合检波等，对改善記錄起了一定作用。1964年又加密了

測綫，布置了穿断块測綫，发现了更多断层。

1965年以来，地震方法有新的发展，如解放波形，干涉波分解和解释断层时初步考虑立体概念等，給地震工作的野外試驗和室内資料分析带来了新的內容。

1966年在辛区有5口井发现了断层，其中有3口井遇到2条断层，但从原来的地震解释結果看，除了一口井通过断层外，其余四口井都不通过断层。而第二标准层的深度，有四口井說明地震是正确的，只有1口井誤差50米左右，这說明地震第二标准层的深度解释是准确的，而对断层面的解释精度还不够高。

我們分析了地震工作中的問題，認為应该从以下六个方面努力：

1、在原来解放波形和克服干扰影响的基础上，为进一步改善原始記錄质量，必須进一步消除干扰波的影响。

2、更严密地机动灵活地布置測网。过去在复杂构造上曾多次加密測綫，但基本上以矩形网为主，在复杂断裂构造上，往往有几組不同方向的断层，为了清楚表現断层，測綫应接近垂直断层，因此，需要布置多方向的測网，測綫密度也应该較大。

3、对复杂的干涉带进行有效的分解，复杂断裂构造上記錄往往表現为复杂的干涉，以往对兩組波干涉已經有了分解的方法，并得到一定效果，但对于多于兩組波的干涉还缺乏方法和实践，需要研究多組波干涉的分解方法，才能正确解释复杂記錄。

4、綜合考虑各方向測綫关系，合理解释断层面。以往解释工作中对断层面的問題注意不够，各条測綫的剖面图上断层面的解释常常是不一致的，不同方向測綫的断层面不能閉合，剖面图上断层面解释錯誤，就不能对复杂断裂构造作进一步研究。

5、对剖面进行空間归位，地震剖面不一定代表一个垂直剖面，所以必須把剖面上各个“反射段”归到原来的位置，才能得到正确的解释。

6、对复杂記錄进行分解后，剖面图內容就很丰富，有的代表地层产状的反射段，也有的代表与断层有关的异常波的“反射段”，必須作一番去伪存真工作，才能得到清楚描述地质現象的剖面图。

以上六个方面我們認為是在以往工作的基础上，进一步解决复杂断裂构造上地震工作方法的途径，这几个方面是互相联系的，包括了从野外工作到解释工作的各个重要环节，必須逐一加以解决。

毛主席教导我們，对于敌人“在整体上我們一定要藐視它，在一个一个的具体問題上我們一定要重視它”。“打仗只能一仗一仗地打，敌人只能一部分一部分地消灭。……这叫做各个解决，軍事書上叫做各个击破”。对待地震勘探复杂断裂构造問題也是如此，我們在整体上一定要藐視它，我們坚信可以解决这个問題，它是可以分成一个一个具体問題的。对这些具体問題，我們一定要重視它，这些問題，只能一个一个地解决。按照毛主席的这个教导，将上述六个方面的問題一个一个地进行了研究，取得了一定的結果。

消除干扰改进原始記錄質量

解决复杂断裂构造的关键在于如何获得优质的原始記錄。

在构造简单地区，或是在勘探阶段，与干扰斗争的目的是使有效波的同相轴不致被干扰掩盖起来，能够可靠地找出同相轴。但按这个要求应用到油田开发地震上，就不能满足要求了。因为，油田开发地震上，即使干扰只影响几道也可能给正确分析复杂现象带来很大困难，只有在消除干扰影响后，才能避免被假象所迷惑，作出关于地下构造情况的正确结论。

以往由于调查干扰的方法不完善，所以实际意义不大。因此，应该研究改进调查方法。

干 扰 的 调 查

过去调查干扰是用小药量（一个雷管到1公斤）进行的。1966年作了不同药量（到8公斤）的试验。发现药量在1公斤以上时，记录上的干扰已不能对比，这就提出了两个问题：

1、药量增大后，是不是又出现了新的干扰（小药量时不明显的）？是不是由于干扰数目增多，使调查干扰记录不好对比。

2、药量增大后，是不是干扰在记录上已不占主要地位？是不是由于反射波强度随药量增加的速度要比干扰快，致使干扰不好对比。

要回答这些问题，必须研究：①在大药量（5—10公斤）条件下干扰波能否清楚地记录。②能否求出各种干扰的振幅与反射波振幅的关系。

对第一点，我们用反向组合检波法调查干扰。1965年曾用反向组合检波法消除平的多反射突出倾斜的深部反射；或者用它来消除斜差小的反射波突出倾斜的深部反射，现在同样可用来消除倾斜差小的反射波突出斜差大的干扰，这样在大药量条件下记录清楚的干扰就有可能了。对第二点，我们在调查干扰的记录上，用一个道记录反射波（采用多个检波器的正向组合），减少干扰的影响，使记录下来的振幅能近似地代表反射波的振幅，以便通过换算求出干扰与反射的振幅比。

对不同性质的干扰我们经过三个步骤进行了调查，调查方法和结果如下：

1、面波的调查 以前调查面波通常是采用单个检波器，不带混波，120米的排列，用一个雷管或0.3公斤炸药。

这次我们采用了2个检波器反向组合，组距为5米，井深9米，其他因素和以往一样，效果很好。从记录上可以明显地分出三组面波。而用单个检波器接收时，出现了有效波，面波不清（图1）。下面把三组面波略加说明（图2）。

第一组：视速度为300—360米/秒，视波长为7—11米，在离爆炸点0—300米范围内出现的时间在1.2秒以前。

第二组：视速度为210—310米/秒，视波长为5—11米，在离爆炸点0—300米范围内出现的时间在1.6秒以前。

第三组：视速度为210—240米/秒，视波长约为5—8.5米，在离爆炸点0—300米范围内出现时间在2.2秒以前。

2、生产药量条件下，低视速度干扰波的调查。在调查面波时，我们使用了不同的反向组合距，这时发现当反向组合距离小到一定程度时，面波就变得看不清楚，记录就变得

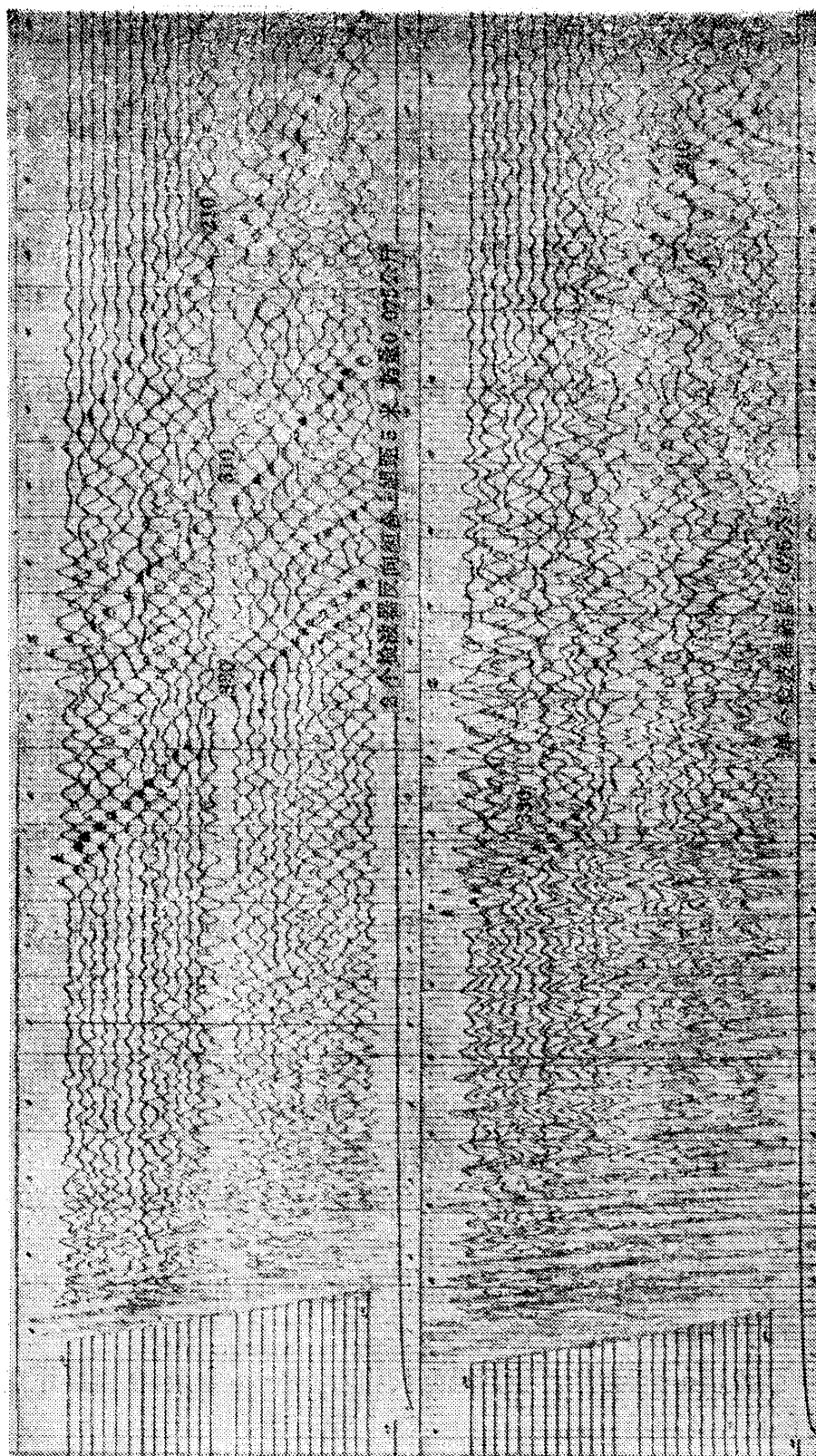


图1 2个检波器反向组合与单个检波器记录对比

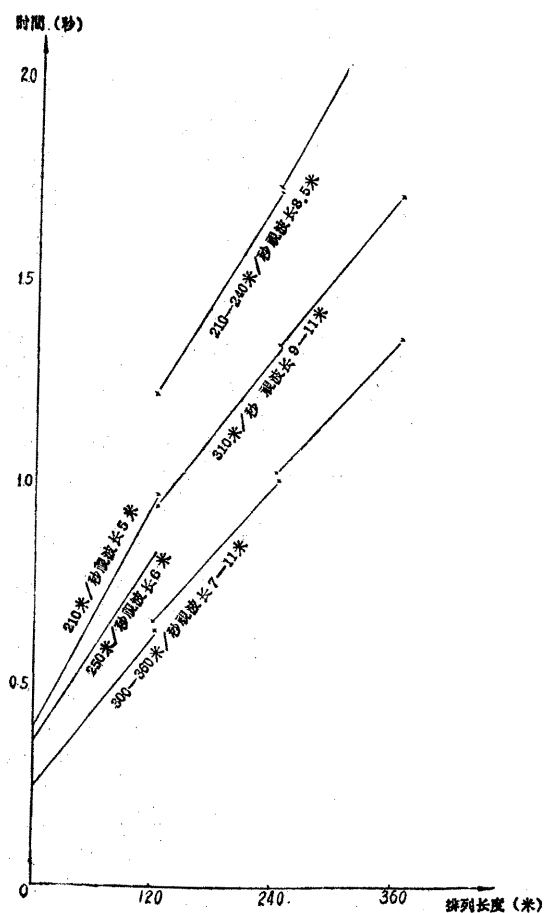


图2 某井附近面波时距曲线

比較乱，但有一定的强度。记录乱的可能原因：（1）反向組合距不适当，不能得到最强的干扰波；（2）排列长度不合适，即使得到加强的干扰波，由于排列的长度太大，使干扰波同相軸套不起来，使记录变得比較乱。我們認為有这样一条規律，排列上相邻两道的中心距，必須小于反向組合距，具体的說反向組合距最好等于半个視波长，而道的中心距應該不超过半个視波长。經過反向組合距由5、3、1、0.5米，道間距由5、3、1.5、0.5、0.25米的試驗，最后得到当道間距为0.5米或0.25米；反向組合距为1米或0.5米时，发现从0.2秒开始就有正負两个方向，視速度为110米/秒左右的干扰波（图3 a）。既然有正負方向来的，推想其他方向也应存在，于是試了非縱排列，也得到了这种干扰波（图3 b）。

为了了解干扰波的强度，我們在調查时，把第26道用正向組合接受有效波，經過反向組合校正后，算出干扰波的平均强度大約为有效波的50%。

具体計算方法如下：

（1）从记录上求得 $V^* = 100$ 米/秒， $T^* = 0.25$ 秒，得到視波长 $\lambda^* = V^* \cdot T^* = 2.5$ 米。

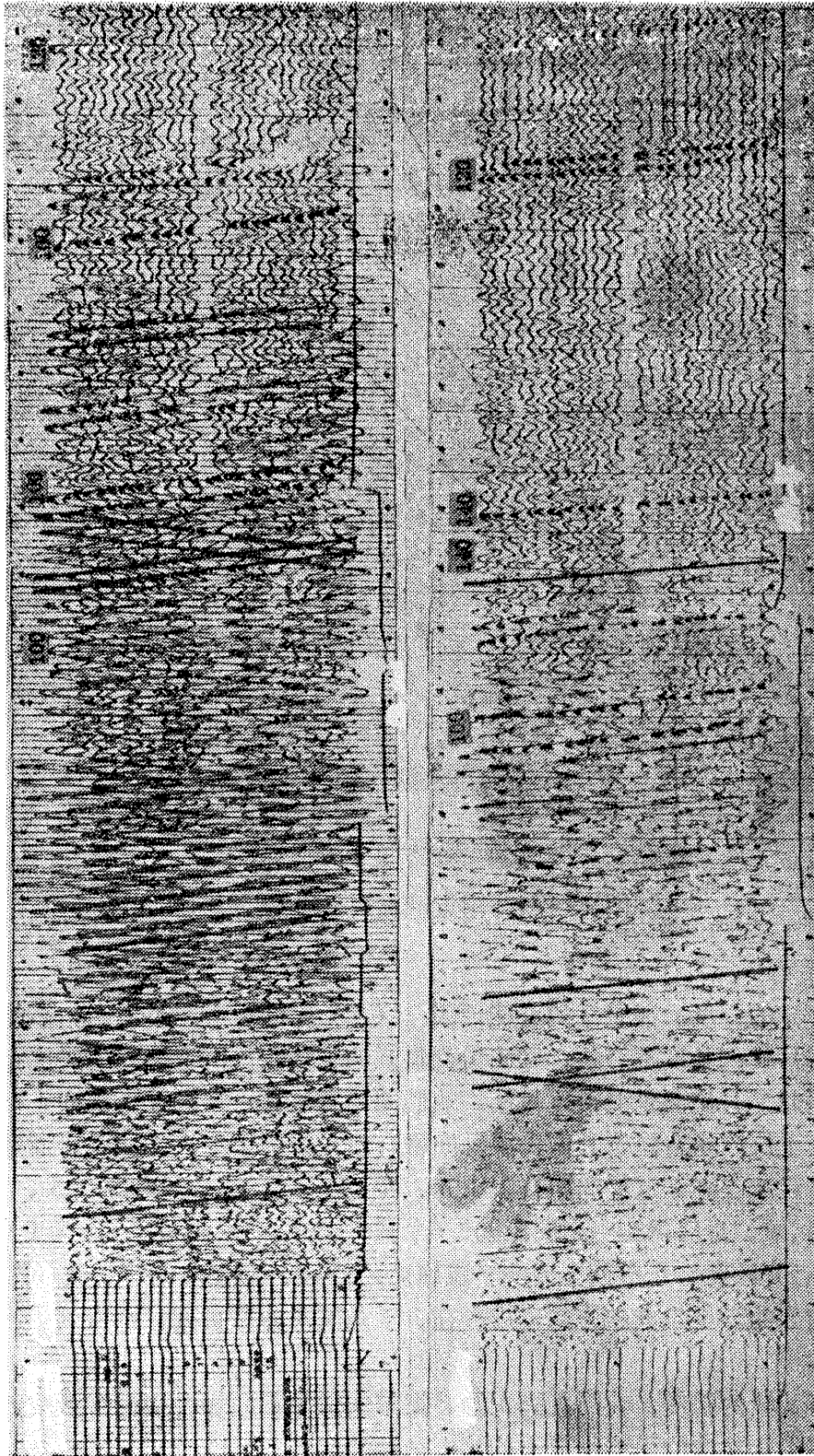


图3、a 反向组距1米，点距0.25米炮点，顺排列距220米，药量10公斤

b 炮点垂直排列距200米，其他因素同图a

(2) 根据反向組合距为1米, 視波长2.5米, 从2个反向組合方向特性曲綫中(图4)查出反向校正系数为0.95。

(3) 量得記錄中相应时间的反射波和干扰波的振幅值分别为49毫米和23毫米。

(4) 校正后的干扰波振幅值为 $23/0.95 \approx 24$ 毫米。

(5) 干扰波与有效波的强度比为 $24/49 \approx 50\%$ 。

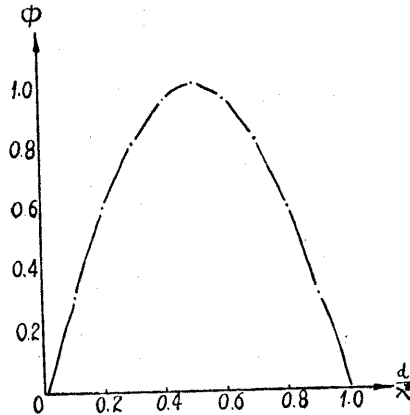


图4 2个检波器反向組合方向特性曲綫
 λ^* ——視波长, d ——反向組合距

这种低視速度的干扰波特点: (1) 視速度比較稳定。近乎地面直达波传播速度或者說与敲击記錄取得的速度一样。(2) 它是从不同方向来的, 在記錄上可以看出两个方向的干扰波形成有規律的干涉。(3) 它是高于110米/秒的速度传播到排列附近遇到干涉源, 再以110米/秒速度传播到排列上的。(4) 能量比較强, 为有效波的50%左右。(5) 影响范围較广, 从0.2秒一直到2.5秒还可以見到。

調查了低視速度干扰之后, 我們針于它的特点, 选用了組距为1.5米的不同检波器个数的組合。为便于比較, 把前半排列和后半排列重合起来, 前半排列用单个检波器, 后半排列用組合检波。当半排列长度为6米时, 7个和9个检波器組合时, 基本上克服了低視速度的干扰; 而当半排列长度为300米时, 还是用7个检波器組距为1.5米直綫組合, 这时記錄上干扰仍然很严重, 有的还可以看出干扰带。这說明用1.5米組合基本上克服了低視速度干扰, 但仍然还有其他干扰存在, 这些干扰視速度可能比較高。

3、高視速度和中視速度干扰的調查。为了揭露和解决以上矛盾有必要进一步調查研究視速度較高的干扰。調查高視速度干扰只有在消除反射并消除了低視速度干扰之后才有可能。图5的組合形式是用小距离組合(直綫或面积)来消除低速干扰; 用大距离反向組合消除反射, 以便使高速干扰显示出来。这两种形式都用了縱測綫和非縱測綫, 炮点离排列距离为100、200、300米, 試驗結果获得了不同視速度的干扰, 它們比較集中地出現在500—1000米/秒和1800—2500米/秒两个范围(图6)。其中后者最大量, 速度与初至(折射)速度相近, 視波长50—60米, 强度为有效波的45%左右, 来自不同方向影响范围很广。

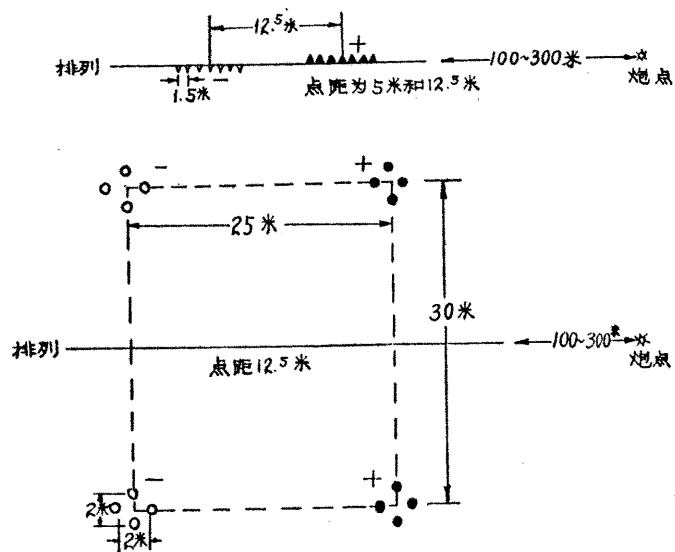


图 5、小组距、大组距联合组合形式示意图

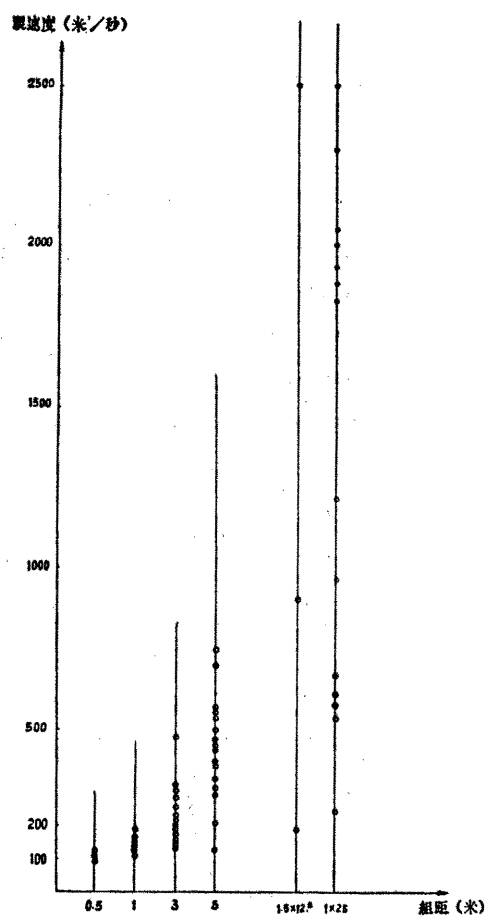


图 6、某井附近不同视速度干扰波示意图

为了进一步说明问题，做了一些补充试验，一种是园形排列（图 7），1——12道为南北向 7 个检波器 12.5 米组合；14——25 道为东西向 7 个检波器 12.5 米组合。如果干涉从炮点来，则炮点①爆炸时，东西向组合应该消除干扰比较彻底；炮点③爆炸时，应该南北向组合消除干扰比较彻底；炮点②爆炸时，东西向组合和南北向组合效果相近。如果干扰不是来自炮点方向，则东西向和南北向组合的效果与炮点变动无关，干扰背景和同相轴品质差不多，试验结果正是这样。这就间接地说明了干扰波是来自各个方向的。另外还试了直角排列（图 8）反向组合，检波器都为东西向，从这个试验我们可以求出干扰波的方向，而且可以算出干扰波视速度的合成（真视速度）。

具体作法是：

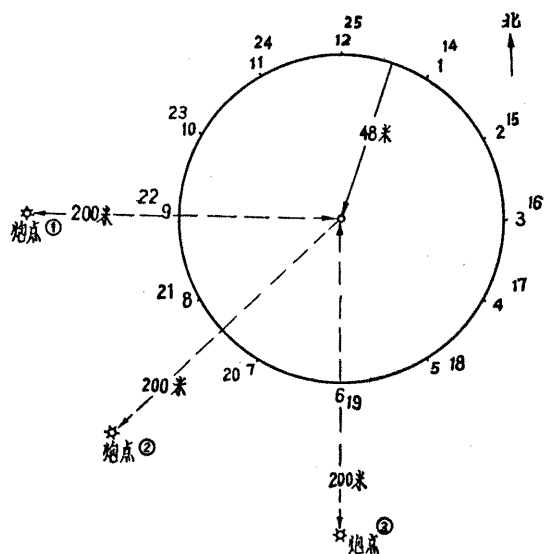


图 7 图形排列 7 个检波器直线 12.5 米组合，
1——12 道为南北向组合，
14——25 道为东西向组合

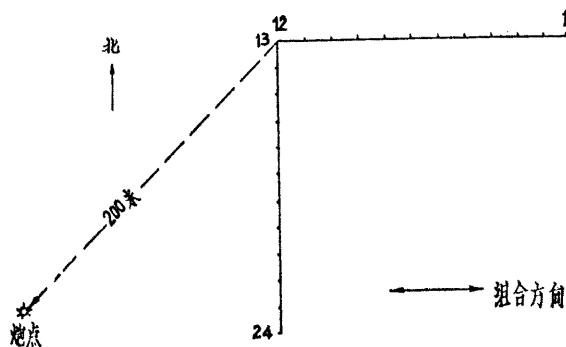


图 8 直角排列

(1) 从记录上求出同一干扰波在两个方向的视速度 V_1^* 、 V_2^* 。

(2) 以一定的比例尺将 V_1^* 、 V_2^* 标到对应的坐标上 (图 9)， $OA = V_1^*$ ， $OB = V_2^*$ 。

(3) 作 AB 连线的垂直线 OC ， OC 的方向即为干扰波沿地面的传播方向， OC 的

图 9 →

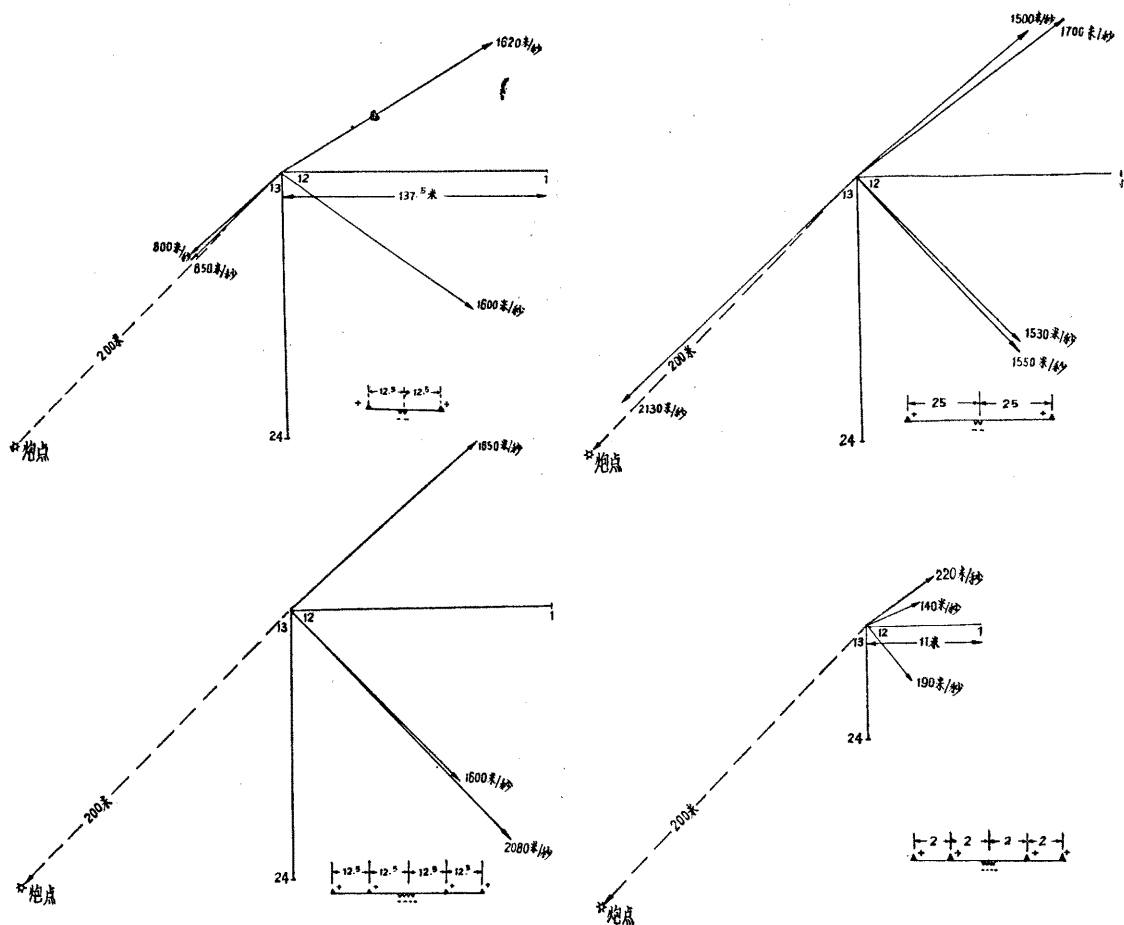
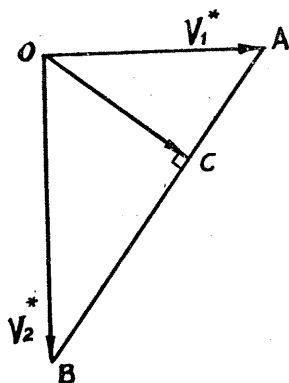


图 10

长度代表传播的速度。

試驗結果如图10所示。不难看出，高視速度干扰波也是来自各个方向的。

綜上所述,本区除了面波的干扰之外,还存在視速度为110米/秒、210米/秒、290米/秒、550米/秒、660米/秒、960米/秒、1200米/秒、1820米/秒、2000米/秒、2500米/秒等干扰波。几乎低、中、高視速度的干扰波全有。对于他們之間的强度关系以及与有效波之間的强度比見图11。图中标出110米/秒、1000米/秒、2000米/秒附近为强干扰区，干扰波的相对强度为有效波的50%左右。出現机会最多的为110米/秒和2000米/秒的干扰波，有从炮点方向来的，也有反方向和側面来的。

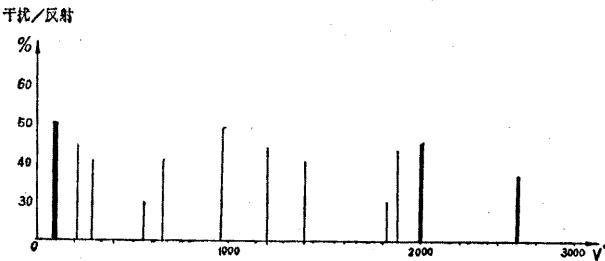


图11、干扰波强度

压制干扰波、加强有效波的組合检波試驗

毛主席早就指出：“馬克思主义的哲学認為十分重要的問題，不在于懂得了客觀世界的規律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客觀規律性的認識去能动地改造世界”。調查干扰波的目的在于消除它，以便加强、突出有效波。为此，根据我們的仪器設備能达到的各种組合检波进行了試驗。

1、消除110米/秒低視速度干扰波的組合检波試驗。

为了了解組合个数，組合方式，組合距离对于干扰的压制作用，我們試了：(1)直綫1.5米，5、7、9个检波器比較。(2)7个检波器1.5米直綫和园形比較。(3)9个检波器直綫1.5米和3米比較。(4)半排列长度300米，7个检波器直綫1.5米和12.5米比較(12.5米是常用的)。

具体項目和因素如下表：

序号	組合		爆炸樁号	检波点樁号	备注
	检波器(个)	形式(米)			
1	5	直綫1.5	— 200米	0—6米	不用自控器
2	7	直綫1.5	— 200米	0—6米	压制器 6.7/5
3	7	园形1.5	— 200米	0—6米	放大格 8
4	9	直綫1.5	— 200米	0—6米	药量 5公斤
5	9	直綫3	— 200米	0—6米	井深 9米
6	7	直綫12.5	— 300米	300—0米	
7	7	直綫1.5	— 300米	300—0米	

記錄方式：1——12道用单个检波器，13——24道用組合检波。

从試驗記錄說明，（1）半个排列长6米，1.5米直綫組合，5、7、9个检波器組合記錄变化不是很大。說明检波器增加是有限度的。（2）6米排列，7个检波器1.5米直綫組合与7个检波器半径1.5米园形組合比較差別不大，各有优点，园形对克服視速度110米/秒的側面干扰波有利；直綫对克服略大于110米/秒的視速度的干扰波有利。（3）6米排列，9个检波器，直綫3米組合的記錄好。說明1.5米組合检波对压制110米/秒的干扰波，加强有效波的，而3米組合对压制110米/秒的干扰波是不利的。（4）300米排列，7个检波器，直綫12.5米組合比直綫1.5米組合好。說明記錄上除了有110米/秒的低視速度的干扰波之外，还有影响比較大的高視速度的干扰波。对此，可以采取方向效应压制大于1.4米視波长的干扰波。而通过統計效应压制110米/秒的干扰波。压制低視速度的干扰波，采用一定数量的組合检波器就能压制它，而且在試驗过程中，可着重压制高視速度的干扰波为主，而附带考虑压制低視速度的干扰波。（5）各张单个检波器的記錄面貌和干扰情况不一样，所以干扰还可能与爆炸条件有一定的关系，这次試驗組合因素比較，沒有用同一爆炸条件（即同一张記錄上比較）是不足之处。

2、綜合压制各种干扰的試驗。

根据調查結果，为了压制各种干扰突出有效波，进行了中間放炮，600米排列的多种組合形式的試驗。

直綫組合形式：目的是通过方向效应，消除沿測綫方向传播的高、中速干扰，和从側面一定角度来的干扰，另外，通过統計效应消除低速干扰，这样既达到压制干扰波，又使工作比較方便，提高工作效率。

面积組合分成两类：（1）以小面积为基础的面积組合，目的是通过小面积組合消除低速干扰。（2）大面积組合消除高、中速干扰，同时以統計效应消除低速干扰。

具体的組合检波形式分以下几种：

直綫組合形式（用单向联合混波，它的等效組合形式相当于相邻两道的組合形式）：

- （1）2个检波器，組內距50米。
- （2）3个检波器，組內距25米。
- （3）5个检波器，組內距12.5米。
- （4）7个检波器，組內距6.25米。
- （5）9个检波器，組內距6.25米。
- （6）10个检波器，不等距組合。

面积組合形式見图12（用单向联合混波）：

- （1）两个小五角形中点之間距离沿測綫4米，小五角形半径1.0米；
- （2）两个小五角形中点之間距离沿測綫12.5米，小五角形半径1.0米。
- （3）两个小五角形中点之間距离垂直測綫25米，小五角形半径1.0米。
- （4）6个面积組合，組內距5米。
- （5）8个面积組合，組內距12.5米。

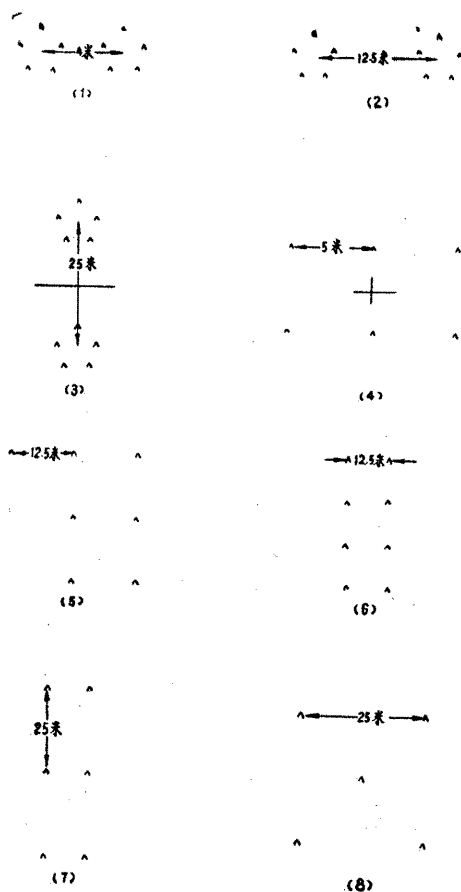


图12 面积組合形式

(6) 9个面积組合, 組內距12.5米。

(7) 6个大面积組合, 組內距沿測綫12.5米, 垂直測綫25米。

(8) 5个大面积組合, 4个25米方形中心加一个。

試驗結果說明:

(1) 直綫 2个50米, 3个25米不如 3个12.5米。說明1000米/秒視波长25—30米的干扰在起作用, 証明以前所用的組合距完全是合适的, 只是組合方式和組合个数不能滿足复杂地区的要求。

(2) 以小面积为基础的組合, 都不如 3个12.5米, 說明对高、中速干扰的消除还不够。

(3) 直綫检波器增多, 一般效果有改进, 7个、9个6.25米記錄比3个12.5米为好。

(4) 8个面积組合效果較好, 說明高、中速干扰也来自各个方面, 而低速干扰由統計效应可以消除。

为了进一步說明干扰波的方向, 又对 7个6.25米直綫組合和 8个12.5米的面积組合进行比较試驗, 总共放了 7个排列, 一致認為 8个組合要比 7个組合好 (图13)。为什么 8个12.5米面积組合会比 7个6.25米直綫組合好呢? 就得分析 7个6.25米直綫組合有那些不利因素, 对克服那种干扰波是不利的, 若干扰是沿測綫方向来的, 从 7个6.25米直綫組合和 8个12.5米的方向特性曲綫 (图14) 以及混波比來說, 不論是那种視速度的干扰波 7

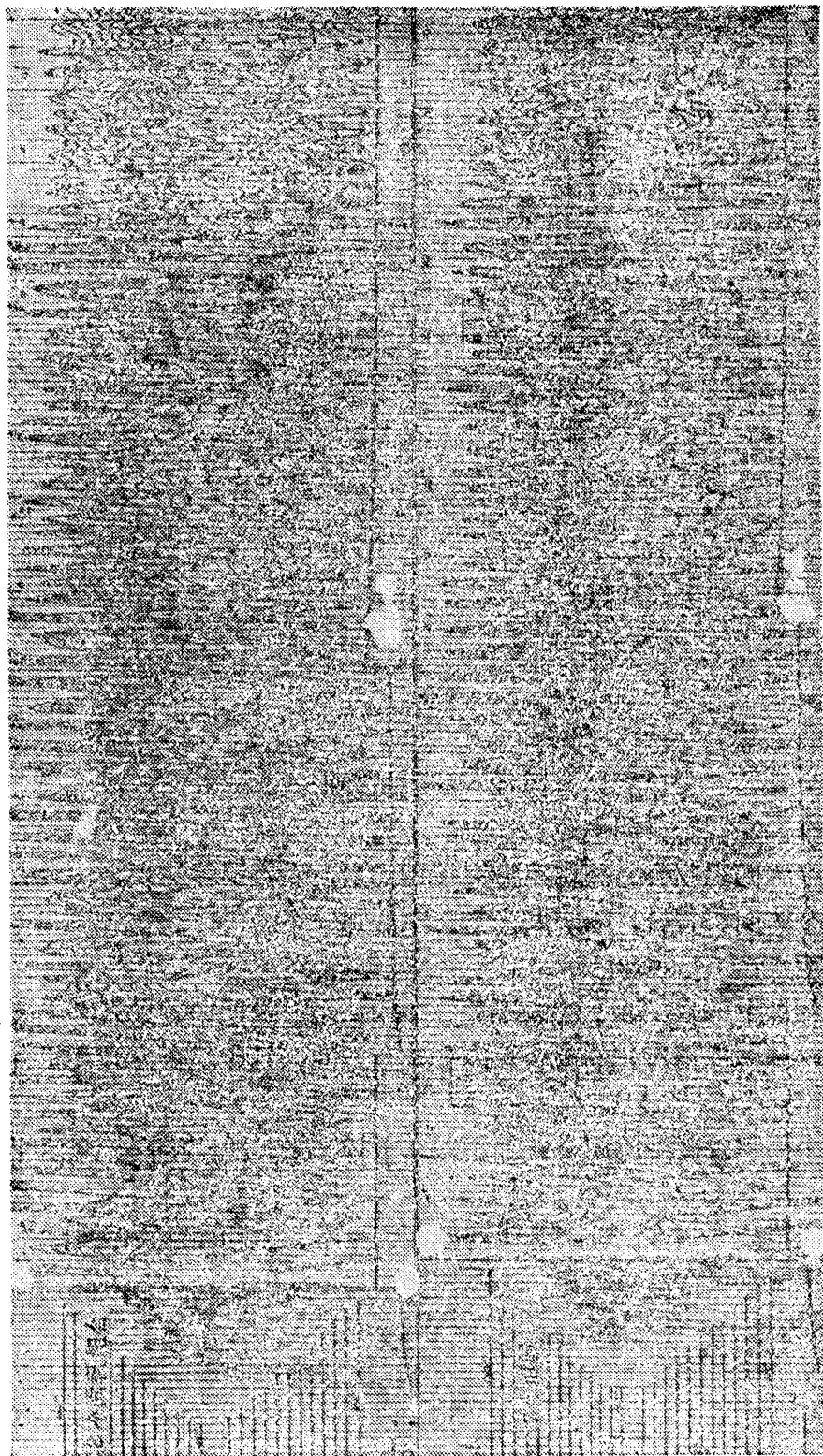


图13 用8个检波器面积组合与7个检波器直綫組合消除干扰的对比

个应该比8个压制得比较好,但结果却相反,说明可能7个6.25米直线组合的记录中,侧面干扰比较多,为了更明显地表示对侧面干扰的压制作用,我们作了方向特性的平面图(图14),从图可以说明8个12.5米面积组合对克服高视速度的侧面干扰波是有利的,而7个6.25米直线组合对克服高视速度的侧面干扰波是不利的,所以8个组合记录比7个组合的记录好。

由此可见,要比较好的消除干扰:(1)检波器有一定数量。(2)大面积组合,组合距12.5米较好。

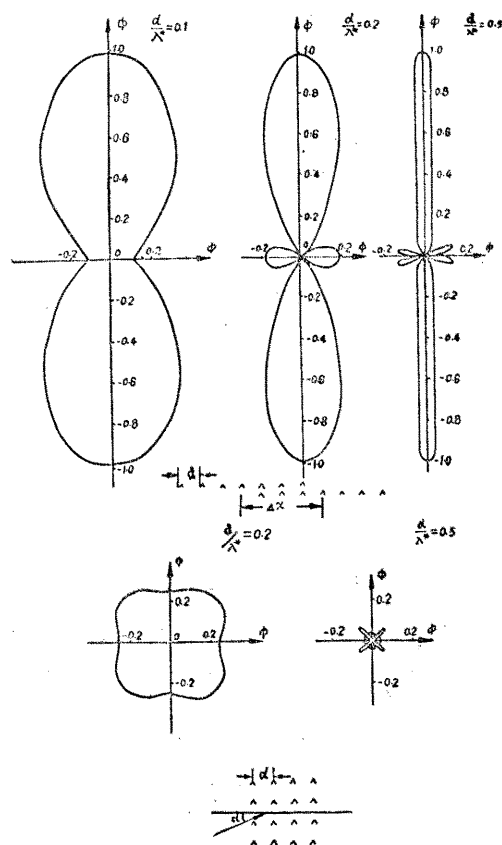


图14 7个检波器直线组合与8个检波器面积组合方向特性曲线

通过这一阶段工作,得到以下几点认识:

- 1、用反向组合调查干扰波,效果是比较好的,尤其调查低速干扰的效果更好。
- 2、否定了以前那种认为除了面波之外的干扰波是没有规律的看法,为今后解决地震干扰波树立了信心。
- 3、本区面波的干扰还是存在的,但在记录中不是主要的干扰波。
- 4、干扰以110米/秒(与地面直达波传播速度一致)和2000米/秒(和初至相近)为主要干扰波,它们来自各个方向,相对强度为有效波的50%左右。
- 5、要较好的消除干扰波,需要一定数量的检波器的大面积组合,组合距12.5米较好。

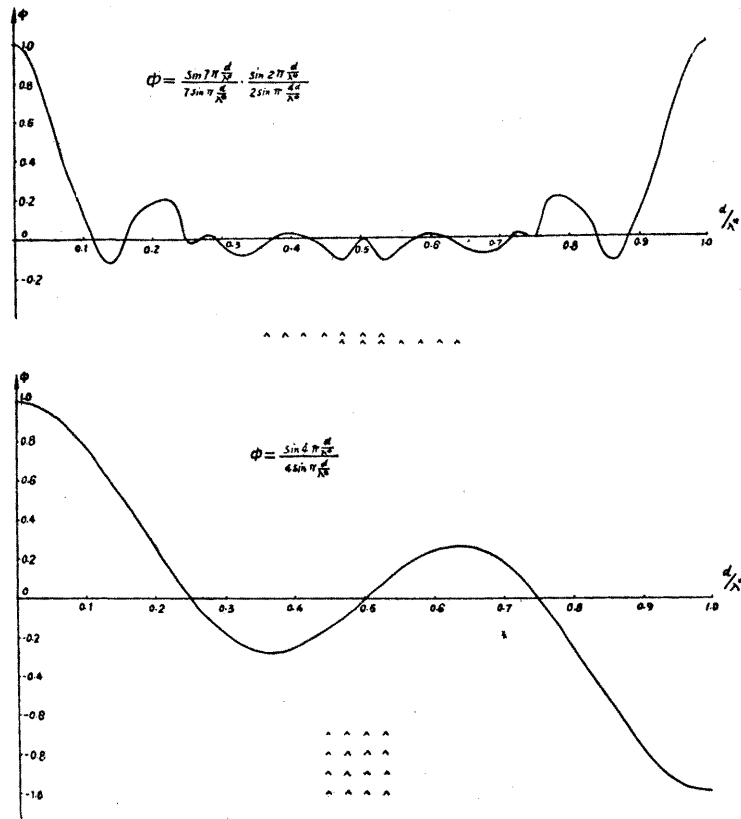


图15 組合檢波对不同方向干扰波的压制作用

6、目前所用8个面积組合，干扰波的残余还有20—30%（相对强度为有效波的10—15%），所以在干涉复杂的記錄中，干扰在局部还可能起較大的作用。

通过这一次試驗工作，我們体会到，虽然搞地震試驗工作，調查和压制干扰波是向自然作斗争，打的是科学試驗仗，但起决定作用的是人，正如我們的伟大領袖毛主席所指出的那样：“世間一切事物中，人是第一个可寶貴的。在共产党的领导下，只要有了人，什么人間奇迹也可以造出来。”

（全文未完，待續）