

# 地震勘探汇编(一)

石油工业部地质勘探司勘探处编

• 内 部 发 行 •

中国工业出版社

# 地震勘探汇编(一)

---

石油工业部地质勘探司勘探处编

在这一汇编中，选入的文章計11篇。内容包括新疆等石油主要产区物探队在提高地震資料质量方面的經驗（如仪器的調节、使用，确保质量的施工技术）；应用地震反射波法、折射波法研究断裂的經驗；討論与断裂有关的繞射波、“迴轉波”的性质及辨認方法。此外，有三篇文章介紹地震測井以及应用大地电流法、重力梯度法研究較大断裂的經驗。

本书可供石油及地质部門地球物理勘探工程技術人員及科学研究人員参考。

## 地震勘探汇编（一）

石油工业部地质勘探司勘探处編

\*

石油工业部編輯室編輯（北京北郊六鋪炕石油工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

\*

开本  $850 \times 1168^{1/32}$  · 印张  $4 \frac{5}{8}$  · 插頁 2 · 字数 118,000

1964年4月北京第一版·1964年4月北京第一次印刷

印数0001—1,260 · 定价（科七）0.90元

\*

統一书号：15165·2695（石油-160）

## 目 录

在地震仪器调节方面实现“两高两低”

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| 的经验·····                   | 顾显明 (1)       |
| 提高记录品质的几点体会·····           | 孙奎祥 (15)      |
| 地震激发条件的选择·····             | 钱绍新 (21)      |
| 利用地震反射法研究断层·····           | 徐中英 兰师仁 (28)  |
| 与小断层有关的各反射波的时距关系·····      | 刘治藩 (47)      |
| 克一烏断裂带上折射波时距曲线的特点·····     | 刘汝腾 (58)      |
| 地震勘探中的绕射波·····             | 徐中英 侯雁林 (78)  |
| 反射“迴轉波”的特点·····            | 刘治藩 (97)      |
| 有关地震测井资料的几个问题·····         | 欧阳立吾 (112)    |
| 用重力水平梯度法研究断层·····          | 李庆中等 (120)    |
| 应用大地电流法对垂直断层的<br>定量解释····· | 新疆石油管理局 (129) |

## 在地震儀器調節方面實現“兩高兩低”的經驗

顧 顧 明

### 一、“兩高兩低”技術要求的提出

地震勘探是研究地下地質構造的重要手段。為了細致地研究地層剖面，尋找小幅度構造，查明“斷”（層）、“撓”（曲）、“尖”（滅）、“超”（復）等特殊地質現象，必須對地震記錄質量提出很高的要求。如果地震記錄質量不高，勢將影響地震勘探的效果。為了提高地震記錄質量，經過較長時期的摸索及總結經驗，在地震儀器調節方面提出如下的技術要求，即：

高靈敏度——能同時記錄淺、中、深層反射波；

高分辨能力——有效波的振幅突出，延續相位少，易于辨認；

適當低振幅——有效波振幅不過大，不重迭；

低干擾背景——干擾背景低，波形無畸變。

實踐證明，實現上述“兩高兩低”，地震記錄質量普遍提高，並為研究波的动力學特征及波組對比工作帶來極大方便。

“兩高兩低”的技術要求，必須通過以下三個方面才能達到：調節好儀器；正確掌握激發條件和接收條件；排除車內外一切不利因素。可見，“兩高兩低”亦是對整個野外地震工作的要求。這裡，僅對儀器調節方面實現“兩高兩低”技術要求的經驗進行初步總結。

### 二、地震儀動態特性的分析

為了正確使用儀器，有必要談一下影響記錄質量的儀器因素。

## (一) 放大器

### 1. 各因素之間的关系

图 1 为带 APA 的放大器方框图。

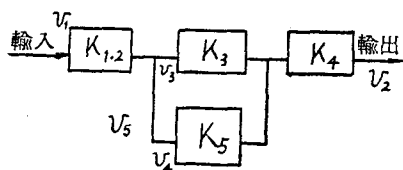


图 1

$K_{1,2}$ —6H8C 前电路的放大倍数； $K_3$ —6H8C 左半管放大级的放大倍数； $K_4$ —6H8C 左半管后，电路总放大倍数； $K_5$ —6H8C 右半管和  $TP_3$  总放大倍数。

51 型放大器中， $K_{1,2}$  用放大档控制， $K_4$  通过输出振幅微调调节。

$K_5$  为固定值， $K_3$  受 APA 控制，即为  $U_3$  的函数：

$$K_3 = F(U_3) = F(U_5 - U_4 \text{ ①})。$$

由图 1 得到放大器输入  $U_1$  与输出  $U_2$  的关系：

$$U_2 = U_1 \cdot K_{1,2} \cdot K_3 \cdot K_4。$$

由此可见，带 APA 的放大器输出可由改变放大倍数，调节闭锁电压，选择放大器振幅微调来实现。

改变上述任何一个参数，均能使放大器振幅特性曲线发生变化。

改变放大倍数时，所得曲线如图 2 所示。随着放大倍数增加，曲线向左移动，APA 工作始点也向左移，曲线右部相靠近，而输出电压

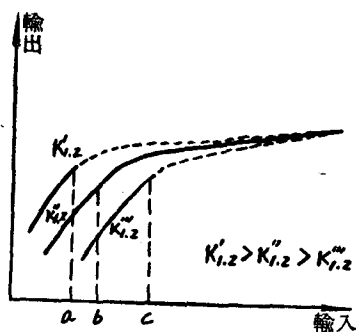


图 2 改变  $K_{1,2}$  日振幅特性曲线

①  $U_4$  为讯号经过 6H8C 右半管放大，再经全波整流后得到的直流电压值； $U_5$  为闭锁电压，而  $U_3 = U_4 - U_5$ ，所以通过调节闭锁电压  $U_5$  可以改变  $K_3$ 。

值略微升高。

改变閉鎖电压时，得到的曲綫如图 3。曲綫随  $U_5$  的减小向下移动， $APA$  工作始点亦随之左移，压制作用加强。

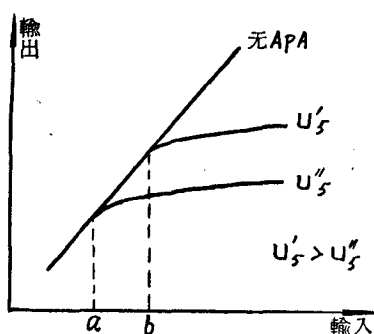


图 3 改变閉鎖电压

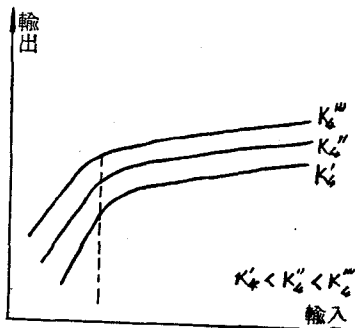


图 4 改变輸出微調

改变放大器振幅微調时，所得曲綫图 4。由此看出， $K_4$  的改变仅使曲綫平移，而  $APA$  工作的始点不变。

以上，仅是放大器的各項可变因素对輸出的影响。假如放大器因素不变，仅靠调节检流計灵敏度的电阻来改变检流計灵敏度，則使道的振幅特性曲綫平移，其效果和改变放大器振幅微調相同。

通过以上分析，可以得出如下結論：

(1) 增加放大倍数， $APA$  作用增强，放大器輸出仍控制在某一輸出范围；

(2)  $APA$  閉鎖电压的改变，控制  $APA$  工作始点和放大器最大輸出值；

(3) 放大器振幅微調和检流計灵敏度改变的效果相同，控制輸出的振幅。

## 2. $APA$ 特性

上面談到的  $APA$  作用，仅指等幅正弦訊号輸入而言。但实际工作中，有效訊号为脉冲形式。为了說明在脉冲訊号作用下

APA的特性,有必要分析一下APA的綫路。

图5为等幅正弦訊号作用下,带APA放大器的輸出波形。波形分为6段。

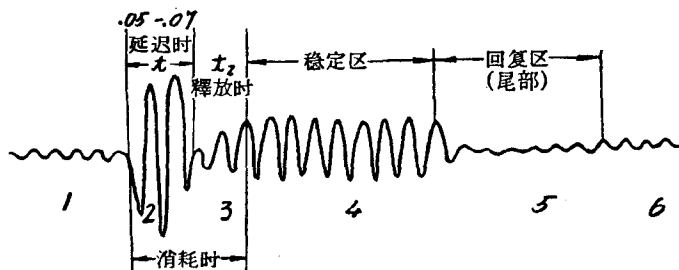


图5 自动振幅控制波形图

APA系統造成的延迟时 $t_1$ 和释放时 $t_2$  ( $t_1 + t_2$  总称为消耗时), 主要由整流器中滤波电容器 (图6中 $C_3$ 、 $C_4$ 和 $R_3$ ) 充电的时间来决定。此时間值由电容量 $C$ 和电阻值 $R_3$ 的乘积 $R_3C$ 所决定 (称为时间常数)。51型地震仪的消耗时为0.07—0.09秒。

对上述波形的形成进行說明, 有助于对APA性能更进一步的了解。

(1) 如图6所示, 当輸入訊号小时, 經6H8C左半管放大后再經整流得到的直流电压 $U_4$  (加在1、2两点之間), 不能抵消加在这上面的閉鎖电压, 此时二极管仍閉鎖, APA对此小訊号不起压制作用, 得到第一段波形。

(2) 訊号突然变大后, 經整流得到的較大值的直流电压 $U_4$ 对 $C_3$ 和 $C_4$ 充电。1、2两点間的电压 $U_3$ , 按 $C_3$ 、 $C_4$ 和 $R_3$ 决定

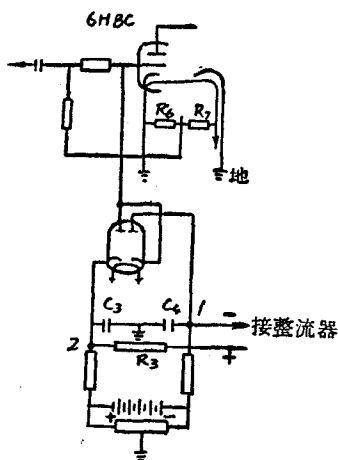


图6



的电容充电曲线变化，如图 7 电压逐渐增加。因此，控制二极管两端的闭锁电压(等于  $U_4 - U_5$  的差)亦随之减小，由负值变为正值。二极管的内阻，按二极

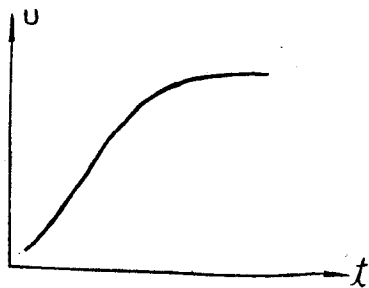


图 7 充电曲线

管特性曲线变化(如图 8)，特性曲线斜率的倒数，即为内阻。从曲线上可知：当电容电压还未升到足以抵消所加的闭锁电压  $U_5$  时，内阻极大，二极管仍闭锁，这时讯号仍未受到压制，即得到第二段波形。

(3) 当强讯号突然输入的瞬间，APA 系统尚未作用，输入到双二极管之整流电压特别强，同时在充电过程中会出现瞬间的过分充电现象。这两个原因，使强振幅以后存在过分压制带，即第三段波形。

(4)  $U_5$  继续增加，过  $b$  点后，二极管内阻增大，分流作用较前变小，送去放大的讯号亦增大。

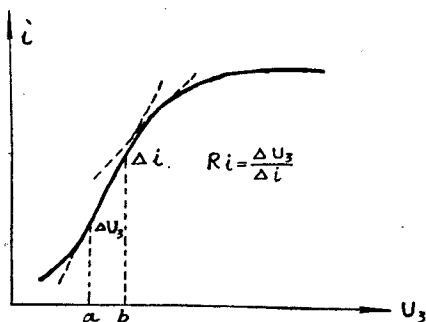


图 8 二极管特性曲线

对某一等幅正弦讯号电压，经过上述的不稳定过程

后就进入稳定状态。这时二极管的电压为某定值，对应的内阻也为定值，送到 6H8C 左半管栅极放大的讯号也为定值，这时得第四段等幅正弦波。

(5) 讯号由大突然变小， $C_3$  和  $C_4$  电容贮存的电荷不可能立即消失，而按电容放电曲线变化(图 9)。因此，APA 的作用不能立即消失，而对变小了的讯号起压制作用，造成了回复期，即得第五段波形。

(6) 当电容放电降至闭锁电压以下时，二极管又被闭锁，

小訊号就不受压制，得到第六段正弦波形。

以上分析，可以清楚地了解到，消耗时和回复时是由电容充电、放电造成的，由此可以推测，此时间的长短受时间常数  $\tau$  和  $U_0$  所决定。当  $\tau$  大时，充电到一定电压值，需要的时间就长，消耗时也跟着长； $U_0$  大时，则充到使二极管启开的电压值所需的时间增长，否则相反。

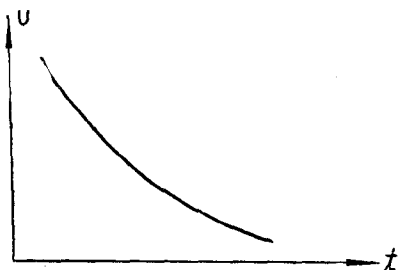


图 9 放电曲线

同时应当指出，二极管的内阻是由闭锁电压  $U_0$  和整流电压  $U_4$  的差值所决定，所以增加放大倍数（经整流后  $U_4$  增加）和减小闭锁电压  $U_0$ ，可以达到加大压制的效果。

上面是对等幅讯号作用于放大器的情况的分析，由此得到 APA 延迟作用的明确概念，用这一概念可以说明 APA 脉冲的作用。

假设某一时刻前二极管的电压  $U'_3$ ，对应的放大倍数为：

$$K'_3 = F(U'_3).$$

这时突然接收到一强的脉冲讯号，由于 APA 作用的延迟，讯号仍以原来的放大倍数放大，即  $U'_2 = U'_1 \cdot K_{1,2} \cdot K'_3 \cdot K_4$ ，而对于跟踪而来的另一脉冲，受到前一脉冲讯号，经整流后使  $K_3$  改变而产生压制作用。由于前一讯号的作用使  $U'_3$  变为  $U''_3$ ，则  $K''_3 = F(U''_3)$ ，后面的讯号就以此放大倍数通过，而输出  $U''_2 = U''_1 \cdot K_{1,2} \cdot K''_3 \cdot K_4$ （式中  $K_{1,2} \cdot K_4$  在接收过程中是不变的）。

由此可知，强讯号后面的讯号将受到较大的压制。

## （二）示波仪

关于检流计的特性，这里再明确两点：

1. 检流计是线性系统，改变灵敏度电阻时，得到不同斜率的振幅特性曲线，它们的延伸线都通过原点（图10）。
2. 检流计阻尼值影响其固有过程时间，但检流计固有过程

時間和放大器固有过程延續時間相比是極微小的，可以略去不計。所以，用改變檢流計阻尼來提高分辨能力，不會獲得顯著效果。

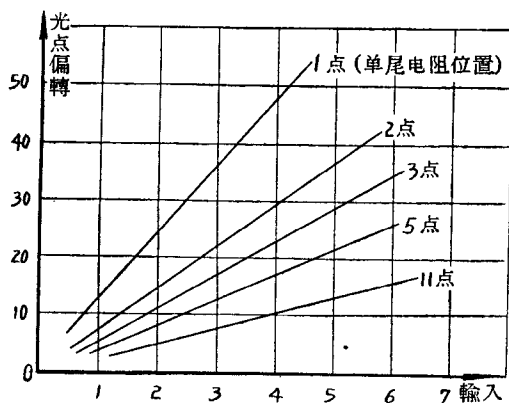


图 10 檢流計振幅特性曲綫

檢流計灵敏度电阻調节，对地震道頻率特性沒有显著影响 (图11, 12)。

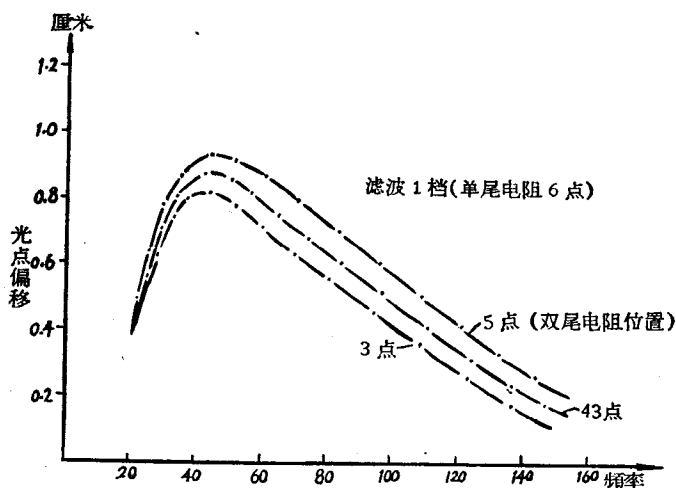


图 11 道頻率特性曲綫 (改变阻尼)

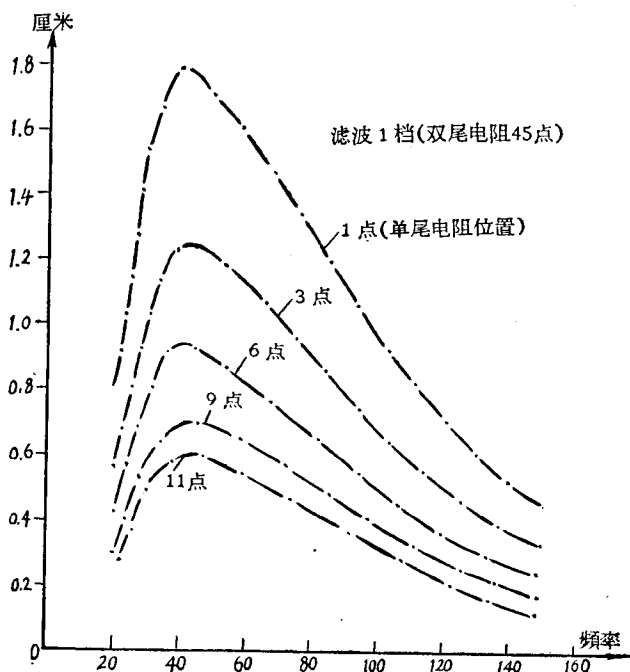


图 12 道频率特性曲线 (改变检流计灵敏度)

### 三、正确使用“两高两低”的仪器调节方法

“两高两低”是对记录的要求，为达到这一要求，就仪器方面，可通过下列因素调节来实现：

#### (一) 高灵敏度

可以通过改变放大档、调节 *APA* 闭锁电压、放大器输出微调和检流计灵敏度等来实现。

经过摸索试验，其中尤以改变放大档为佳。放大档的选择受地面微振强弱的限制，在微振允许范围内，应尽量增大放大档，使放大器所具备的放大能力充分利用，保证有效波有足够强度使浅、中、深目的层能同时记录下来。

前面谈到，由于自动振幅控制的作用，增大档和低振幅要

求的矛盾可以得到統一。适当調节閉鎖电压，可使放大器輸出电压值控制在一定的水平。

## (二) 高分辨能力

由选择滤波档和 $APA$ 閉鎖电压达到。

### 1. 滤波档的选择

滤波档不同，对放大器阻尼有影响。51型地震仪Ⅰ档的固有过程相位数比Ⅱ、Ⅳ档少，是因为Ⅰ档的頻带宽，阻尼大，因而固有过程延續時間短。需要分辨薄反射层时，如解决尖灭、超复等特殊地质問題时，采用Ⅰ档較為合适。

高分辨能力一般可由高频滤波达到，但并非滤波档愈高愈好。因为选择滤波档时，还需考虑勘探目的层的深度。由于波在传播过程中，高频成分吸收快，頻譜向低频轉移。一般深层有效波的頻率低，若采用不适当的高频滤波，深层的低频波就会受到压制，而不能完成勘探任务。

另外，还須注意，不同的滤波档，放大倍数亦不同（即影响 $K_{1,2}$ ），后者对 $APA$ 控制作用有影响。如51型Ⅳ档放大倍数小于Ⅰ档。因此，在改变滤波档后， $APA$ 閉鎖电压也須相应調节。

### 2. 閉鎖电压的选择

如前所述，由于 $APA$ 作用的延迟，致使对强弱訊号起不同的压制作用，紧跟着强波后面的弱波，会受到較大的压制。因此，选择适当的閉鎖电压可以削弱干扰背景，突出有效波，提高有效波的分辨能力。应该指出，在改变閉鎖电压时，須同时进行偏压調节，以使平衡，否則会引起波形畸变。

## (三) 低干扰背景

为了获得面貌清晰的地震記錄，应该从各方面削弱干扰，包括規則干扰波和微震。野外对付干扰波，就仪器方面有如下几种方法：（1）利用干扰波与有效波的頻譜不同，选择合适的滤波档；（2）利用干扰波和有效波視速度不同采用組合检波；（3）利用有效波和干扰波的强度差别，降低仪器放大档，或检流計灵敏度；（4）选择 $APA$ 閉鎖电压压制微震干扰，而选择激发条

件又是削弱干扰波最有效的办法。

野外最常见的是道的工作不正常，致使背景杂乱。将引起道工作不正常的原因有：

(1) 检流计线圈框遇卡（不易发觉）造成对强弱有效波反应不同；强波作用时工作好，弱波作用时则不正常。

(2) *APA*偏压不平衡，尾部畸变，引起强讯号波形畸变。

(3) 检流计单尾和双尾电阻接触卡固定不牢，中间放炮时仪器震动大引起接触不良；放大器振幅微调旋钮不紧，也可能引起道的工作不正常。

(4) 检波器漏电和安置不当。

(5) 放大器受感应。

(6) 混波器与继电器接触不好，等等。

为了使仪器正常工作，操作人员必须对仪器勤检查，有问题及时解决，这样才能保证所得记录道道工作正常，波形一致。

#### (四) 适当低振幅

1. 为达到适当低振幅的要求，而降低放大档是不适宜的。因为这样做，一方面会使仪器的放大能力不能充分发挥，另一方面 $APA$ 作用也不能得到充分发挥。经过一段实践，一般认为用适当降低检流计灵敏度的方法来实现适当低振幅的要求，是较好的一种办法。实验证明，灵敏度电阻的改变对放大器输出阻抗的改变影响很小，频率特性曲线变化并不显著。

当灵敏度改变后，输入讯号中的有效波和干扰波（由放大器末级输出的）也按一定比例改变，所以，当有效波和干扰波强度相差悬殊时，降低灵敏度，可使记录振幅适当，记录面貌清楚整齐。

用放大器微调也可以达到减小振幅的目的。但考虑到它在野外应有较灵活的改变，以便补偿放大部分的不一致，宜放在中间位置。

#### 2. 合理使用半自动振幅控制

压制器对追踪浅层反射起着很大作用。正确选用压制电压和压制时间是很重要的，这两个参数的选择，需要根据深、浅层反

射，能量强弱和接收时间的长短而定。当浅层能量很强时，可使压制电压大些；反之小些。追踪的反射层很深、而记录前部能量强的反射层次多，这时压制时间可长些；反之可短些。

合理选用压制因素和 *APA* 配合使用，能使浅层强反射以合适的振幅清楚地记录下来。

#### 四、因地制宜地选用仪器因素

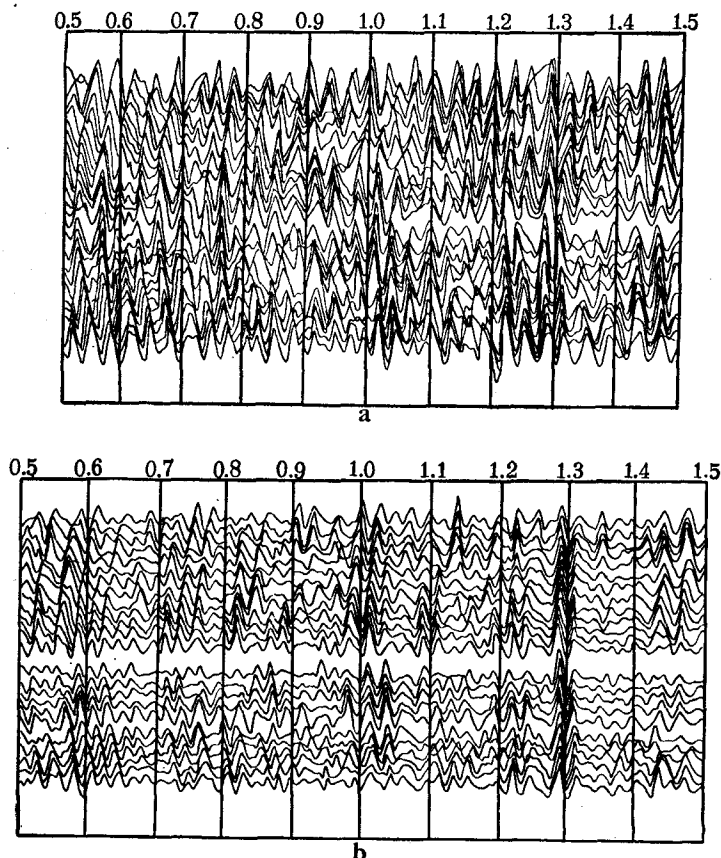


图 13 示波图

a—*APA* 试验记录；b—*APA* 压制过大

所謂合理的儀器因素，是指相對於具體的地震-地質條件而說的。離開特定的條件，也就談不上合理與否。由於地震條件的複雜性，需要操作員能因地制宜地選用儀器因素。反之，如果機械地搬用別隊的經驗，有時不但得不到好效果，反而降低記錄質量。

前面談到的低振幅要求由降低檢流計靈敏度達到，但降到什麼程度，尚需經過試驗才能確定。盲目採用低檢流計靈敏度，將會使記錄波形特徵不明顯，波形圓滑，從而使對比困難。

APA 閉鎖電壓的選擇也是如此。適當的閉鎖電壓值，能使淺、中、深層以大致相等的振幅記錄下來。但過低的調節，同樣會使記錄波形特徵不明顯，甚至得不到反射（圖13）。

提高地震勘探研究小幅度構造的精度，首先與提高地震原始記錄品質有關；當研究地層尖滅、超復等特殊地質現象時，波形的特徵及其穩定性要求更為嚴格。而首先要求儀器不能引起波形畸變，並要求相位和振幅具有良好的一致性。也要求安置條件和激發條件保持良好的一致性。為此，操作員應該不斷提高技術水平，熟悉儀器性能，並掌握工區的地震-地質條件，合理選擇儀器因素。

## 附：地震儀自動振幅控制線路的改進

### （一）APA偏壓調節

調節偏壓的作用，在於使控制雙二極管 6X6 兩半管的閉鎖電壓平衡。當訊號正半周加在 6H8C 左半管的柵極與地之間時，控制二極管左半管導電，右半管閉鎖。負半周時則相反，即二極管右半管導電，左半管閉鎖。為了使訊號正半周與負半周受到同樣的控制，一方面要求雙二極管的兩管特性曲線一致，另一方面也要求加在兩半管的閉鎖電壓相等。

如 APA 總壓為  $U_0$ ，則加到兩半管的閉鎖電壓應各為  $\frac{U_0}{2}$ 。應該指出，

51型放大器 6H8C 的柵偏壓為固定偏壓，它取自 6H8C 燈絲電池在  $R_6$  上的



电压降。而二极管接于此栅极上，所以，控制二极管上早已加上了这部分电压，即左半管阳极上已加上负的  $1/4$  灯丝电压，而右半管阴极上加了负的  $1/4$  灯丝电压。在调节 APA 偏压时，应考虑到这点。

偏压可由下面公式计算：

$$U_c = -\frac{U_0}{Z} + \frac{U_H}{4},$$

式中  $U_0$  为总压， $U_H$  为灯丝电压。

如选总压为 9 伏，灯丝电压  $U_H$  为 6 伏，由公式可算得偏压为 6 伏，即在二极管的左半管阴极加 3 伏正电压，和原来的正 1.5 伏相加成为 4.5 伏。右半管阳极上加负 6 伏偏压，抵消原来的正 1.5 伏，也得 4.5 伏，因此左右两半管平衡。

偏压不平衡的表现是，APA 波形局部畸变，故也可根据波形予以调节。

## (二) 自动摆幅控制电路改进

既然偏压受灯丝电压的影响，而野外工作时灯丝电压的改变又不可避

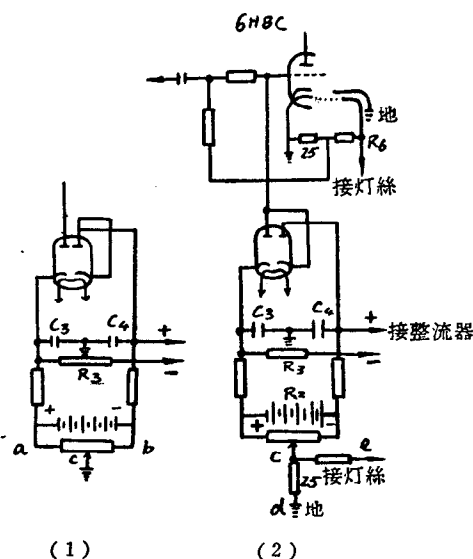


图 14

(1) 改装前线路；(2) 改装后线路