

地震仪器的 校驗与調节

[苏联] Г·В·別列扎 著

张光厚 译

中国工业出版社

205
2577

地震仪器的校验与调节

〔苏联〕Г·В·別列扎著

张光厚 译 謝劍鳴 校

中国工业出版社

本书主要内容是介绍地震仪器（检波器、放大器、示波仪和音频振荡器等）校验与调节的不同方法。它不仅适用于野外队实验室（或修配站）和设在基地条件的简易检修站，同时也适用于仪器修造厂。

本书可供地震仪器检修人员、仪器操作人员以及一般地震勘探人员参考。

Г.В.Береза
ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА
СЕЙСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ
ГОСТОПТЕХИЗДАТ МОСКВА 1959

* * *
地震仪器的校验与调节
张光厚 译 谢剑鸣 校

*
石油工业部编辑室编辑（北京北海六铺炕石油工业部）
中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）
北京市书刊出版业营业许可出字第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·各地新华书店经售

*
开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $2^{15/16}$ ·字数63,000
1962年5月北京第一版·1966年3月北京第四次印刷
印数3,315—3,914·定价（科四）0.30元

*
统一书号：15165·1644（石油-120）

目 录

第一章 地震检波器	1
1. 用諧振法測定自然頻率	1
2. 用示波法測定自然頻率	2
3. 自然頻率的調节	4
4. 用固有振动示波图校驗阻尼系数	5
5. 在阴极示波仪的螢光屏上目測固有振动的仪器	8
6. 阻尼的調节	9
7. 根据初次和二次机电諧振校驗检波器的参数	10
8. 根据李沙育图形确定检波器的一致性	13
9. 检波器机电耦合系数的測定	14
10. 检波器頻率特性曲綫的繪制	16
11. 測定检波器中的寄生諧振	19
12. 检波器灵敏度的校对	21
13. 成套检波器极性的检查	21
14. 在野外条件下地震检波器一致性的检查	22
15. 在野外条件下地震检波器灵敏度的校对	24
16. 检波器与輸入綫的导电性和漏电检查	25
第二章 放大器	26
1. 放大器放大系数的校驗	27
2. 測定放大器接入检流計时的灵敏度	29
3. 頻率特性的測定	30
4. 放大器振幅特性曲綫的繪制	35
5. 放大器一致性的校驗	39
6. 放大器相位一致性受到破坏的原因及其消除方法	45
7. 自动放大控制器APV的校驗	46
8. 地震仪道間相互影响的校驗	49

9. 放大器内部故障的检查	52
10. 半自动振幅控制器 (БД) 的校验和调节	54
11. 扼流圈和变压器的校验	58
12. 变压器变压系数的测定	61
13. 变压器绕组始末端的确定	62
14. 变压器和扼流圈线圈中短路的校验	63
15. 电容器的校验	64
16. 电阻的校验	66
第三章 示波仪、音叉振荡器和混波器	67
1. 检流计自然频率的测定方法	67
2. 检流计阻尼的校验和调节	71
3. 检流计的某些故障	75
4. 地震记录的冲洗	75
5. 音叉振荡器频率的校验和调节	77
6. 几个地震站音叉振荡器的校对	81
7. 混波器的校验和调节	82
8. 校验和调节地震仪需用的仪器	85
附录 1 分贝与百分数换算表	87
附录 2 在校验与调节地震仪时, 计算电气参数所用的主要公式	89

第一章 地震检波器

检波器频率特性曲线的形状取决于它的自然频率 ω_0 和阻尼系数 h 。为了使成套检波器具有一致性，必须使它们都具有同样的频率特性，也就是说，它们的自然频率和阻尼系数必须相同。

1. 用谐振法测定自然频率

在进行工作前，对电动式检波器先截断线圈的分路电阻，对电磁式检波器要倒掉外壳内的油，把失去了阻尼的检波器 CH 吊在橡皮绳 $PЖ$ 上。对橡皮绳的弹性要求，应该使它在作机械振动时，检波器的振动次数每秒钟不超过1次或2次。这样，检波器在进行测量时不受外来机械震动的影响。

把检波器的一端接到阴极示波仪 KO 的垂直放大器上，另一端经过电阻 R_1 接在音频振荡器 $3T$ 上（图1）。

电阻 R_1 的值尽可能选用大一点的，以免具有不大阻抗的音频振荡器的输出端不与检波器分路。把阴极示波仪放大器的灵敏度调到最大程度。

要慢慢地改变音频振荡器的频率。阴极示波仪电子束到最大偏移时的频率，就等于检波器的自然频率。在校验成套检波器时，音频振荡器的输出电压应尽可能的小，并应保持不变。否则，由于支持检波器惯性体弹簧的非线性畸变，即使它们的自然频率相同，也会使各检波器的音频振荡器的读数（谐振频率）不同。

用这种方法校验自然频率时，可以用1.5—3伏测程档的交流伏特表或普通地震示波仪来代替阴极示波仪。

把伏特表或地震示波仪的检流计接检波器时，必须经过

电阻 R_2 （图1所标的虚线），以减少伏特表或检流计的分路作用。使用伏特表测定谐振频率时，伏特表像一个谐振频率指示器一样，是根据表头指针的最大偏转度来决定的。如采用地震示波仪时，则根据示波仪圆柱状透镜前面观察屏上的检流计光点的最大偏移来决定。

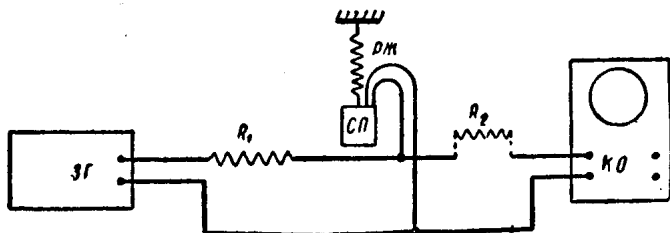


图1 用谐振法测定检波器自然频率的线路

2. 用示波法测定自然频率

在野外，用示波法校验检波器的自然频率比较容易而且准确。这种方法是用地震站上的地震示波仪。此法不外乎把失去了阻尼的单个检波器吊在橡皮绳上并把它接到示波仪内的一个检流计上。不断地敲击检波器的外壳，同时接通示波仪的卷纸马达，把检波器由敲击产生的振动照在照相纸上。

只有带油阻尼的电磁式检波器能直接接入检流计。对于这种检波器，由于检流计的内阻不大，其阻尼不会超过实有的阻尼。然而，用这种方法不方便，因为示波记录的显影和计算工作都要花许多时间。

为了确定电动式检波器的自然频率，在它的电路里必须串联一个10—15千欧姆电阻，再通过变压比约1:40的降压变压器来记录检波器的电动势（地震放大器输出变压器TP-2

比較适用)。

为了确定检波器的自然频率和阻尼系数,近年来采用了一种用电来激励检波器惯性体的仪器。这种仪器既可用于电动式检波器,又可用于电磁式检波器。

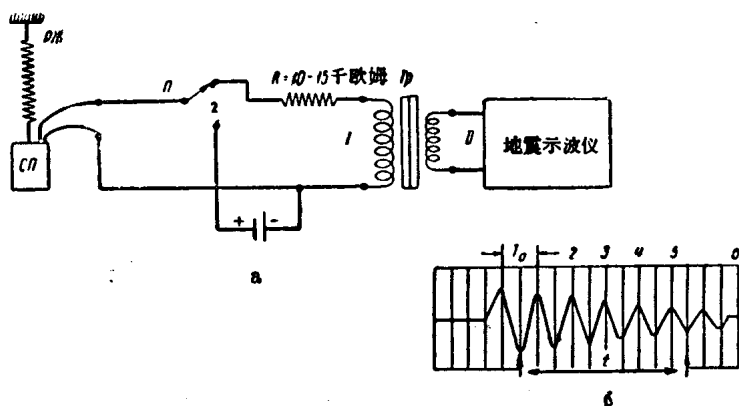


图 2 用示波法测定检波器的自然频率

a—接线图; 6—计算检波器的自然频率示意图

仪器的线路如图2a所示。检波器用一根引出线和变压器 Tp 的初级绕组 (10,000 匝, 用直径 0.06 毫米单纱漆包线) 及蓄电池组 B 的负极连接; 用另一根引出线接于开关 Π 上。当开关转到第二档时, 从蓄电池组输到检波器线圈里的电流使惯性体离开零点位置引起偏移。迅速把开关转到第一档上就能立刻截断电流, 检波器的惯性体便开始作自由振动。由检波器产生的电动势经过变压器 Tp (次级绕组为 250 匝, 用直径 0.41 毫米的漆包线以及用带有空隙 0.05 毫米 III-10 坡莫尔合金片作铁心) 被输到示波仪的检流计上。要使示波检流计的光点偏移, 必须接通计时马达。

R 值的选择, 应使变压器的初級繞組的总阻与电阻 R 的阻值之和, 比被切断的检波器綫圈的分路电阻大到 30—40 倍。通常为了提高計算自然頻率的精确度, 应根据示波記錄測定不少于 5 个完全的振动周期的時間。求一个周期的大小按以下公式确定:

$$T_0 = \frac{t}{n},$$

式中 T_0 ——周期;
 n ——周期数;
 t —— n 个周期的時間。

根据图26 的示波記錄, 計算周期和頻率如下①:

$$T_0 = \frac{0.1}{5} = 0.02 \text{ 秒}.$$

要确定頻率 f , 可用周期 T_0 除 1, 或者用時間 t 除 n 个周期数。

例如:

$$f = \frac{1}{T_0} = \frac{n}{t},$$

$$f = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ 赫}$$

或者

$$f = \frac{5}{0.1} = 50 \text{ 赫}.$$

3. 自然頻率的調节

检波器的自然頻率是用改变支持慣性体的彈簧的彈性来調节的。在 СП-48 型 检波器里, 彈簧的彈性与长度有关。

① 图26中的每个格, 表示時間为0.01秒——譯者。

当截短弹簧时，則頻率增加；延长弹簧时，則頻率降低。在电磁式检波器里（СП-48），在綫圈鉄心和可动系統之間所形成的間隙里，磁鉄磁性的大小对頻率也有影响。因此在調节时，对于成套检波器的間隙，應該借助于專門的塞規进行校核。在每次改变間隙和弹簧长度之后，都必須測定检波器的自然頻率。在СПМ-16和СП-15型检波器里，要調节自然頻率只有更換弹簧。

4. 用固有振动示波图校驗阻尼系数

在电磁式检波器里，把慣性体放在液体中（油或煤油）就能得到必須的阻尼系数。当慣性体运动时，粘性液体便发生阻力。当振幅很小时，阻力的大小与慣性体同外壳間相对位移的速度成正比。在电动式检波器里，阻尼是由綫圈里的感应电流而产生的。

校驗阻尼系数值可以用两种方法：用示波法或者用肉眼观察阴极示波仪螢光屏上的固有振动的波形。把检波器吊在橡皮绳（РЖ）上并直接接到地震示波仪的一个检流計上^①，或者经过輔助装置接到检流計上（见图2）。

由不断敲击外壳，使所产生的振动或者从輔助装置来的直流脉冲，均被記錄在示波仪的照相紙上。图3所示为三个具有不同阻尼的检波器振动波形。曲綫a表示阻尼不够，b表示阻尼正常，c表示阻尼过大。最好采用所謂“最佳”阻尼。在最佳阻尼的条件下，检波器的頻率特性如果以最大頻率范围度量，其頻率特性曲綫的横座标軸是水平的。在这种情况下，阻尼系数 $h = \frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$ ，而两个相邻的最大偏移振幅比

① 只有电磁式检波器才能直接接在检流計上。

(在固有振动记录上)应等于20。應該記住：在进行这种测定时，注意不能取第一个偏移最大的 C 值。 C 值和 A 与 B 的比值大小（图3）并不决定于阻尼系数，而是决定于敲击力或电脉冲的大小和持續時間的长短。應該同时注意到，某些电动式检波器（例如 СПМ-16 型检波器），不可能得到最佳阻尼，只好以小阻尼为满足，此时，两个相邻振幅最大的偏移比值約为6—7。

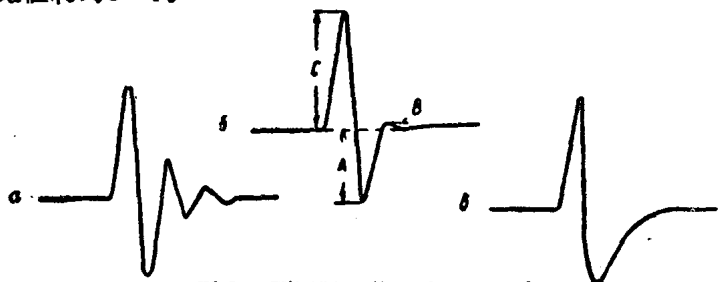


图3 不同阻尼的检波器振动波形

用示波法测定检波器的阻尼系数时，只用示波仪的一个检流計。通常在这些情况下測量时，照相紙上检流計光点最大的偏移不会超过60—70毫米。因此，使用宽度为19—20厘米的多道地震照相紙进行记录是不經濟的。为节约照相紙起見，最好使用宽度为65—70毫米的照相紙。图4所示为最简单的照相紙切割机，它是由机座1、两块定向板2、压板3和滾軸4組成的。

把压板3固定在两定向板2上，又把装有保險刀的角鉄5装在压板3上面。将有保險刀的角鉄5固定在两定向板之間，其距离决定于所用照相紙的宽度。照相紙的切割應該由两个人同时进行：一个人拉伸已切好的照相紙的尾端；另一个人站在滾筒的旁边，輕輕地推动照相紙向刀口移动。图5

所示为在 O-27-51 型示波仪的纸库中窄照相纸的安置位置。为了使照相纸在抽拉时不发生水平方向的移动，在纸库轴的臂梁上安有一个止挡衬套，限制着照相纸的卷轴沿着纸库的轴位移。

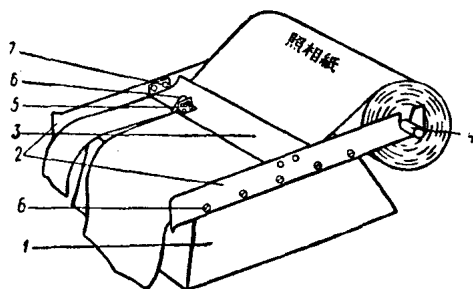


图 4 照相纸切割机

1—机座；2—定向板；3—压板；4—滚轴；5—切纸刀（保险刀）；6—螺钉；7—铆钉

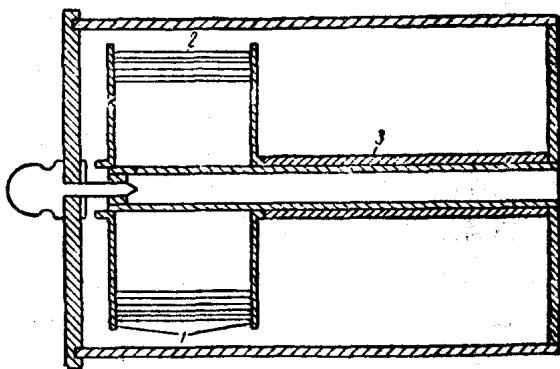


图 5 在示波仪的纸库中窄照相纸的位置

1—圆盘；2—照相纸；3—止挡衬套

5. 在阴极示波仪的螢光屏上目測固有振动的仪器

用示波法校驗和調节检波器的阻尼时，要耗費許多的時間；在摄取示波記錄时又要消耗大量的照相材料。A.H.莫茲任科提出了一种加速校驗和調节检波器阻尼，并減輕其工作量的仪器。这种仪器可以在阴极示波仪的螢光屏上目測其阻尼曲綫，仪器的綫路如图6所示。仪器的工作情况如下：如果經過閘流管 $TP_1=0.1/0.3$ 和继电器 P_1 的繞組有电流流过，則 K_1 接触点断开， K_2 接触点閉合。自灯絲蓄電池將直流电源接到检波器綫圈里去，这个电流会使綫圈离开零点位置而偏移。接到检波器綫圈里的电流强度，可以用电阻 R_4 来調节。当电流流經检波器的綫圈时，电容器 C_1 上也就加上了电压（“負极”接閘流管的栅极，“正极”接阴极）。用继电器 P_2 的接触点 K_3 切断屏路和熄灭閘流管。将电容器 C_2 和电阻器 R_3 并接于继电器 P_2 的繞組上。由于继电器 P_2 比继电器 P_1 的工作時間稍迟一些，所以，当接触点 K_2 的接触時間足够长时，閘流管的屏路就被切断。当閘流管熄灭时，接触点 K_1 和检波器 CI 接通并被接到阴极示波仪 KO 的垂直放大器的輸入端。

当示波仪的扫描時間适合时，在螢光屏上可以看到检波器的固有振动曲綫。当閘流管熄灭时，接触点 K_3 又会閉合起来，于是重新点燃閘流管（如果在閘流管的栅极和阴极之間电容器 C_1 上加負压）；当閘流管熄灭时，灯絲蓄電池不只与检波器断路，而且和电容器 C_1 也断路。电容器 C_1 首先經過电阻 R_1 放电，并且只有在 C_1 上的电压达到发火点时，閘流管才点火。 C_1 的放电時間可以通过調节电阻 R_1 的值来控制；并选择这样的放电時間：当检波器的固有振动显示完

情况下，检波器的灵敏度也会降低。

在电磁式检波器里，阻尼系数的数值取决于油的粘度、惯性体的质量和间隙的大小。使用不同粘度的油可以改变阻尼系数；油的粘度愈大，阻尼也愈大。为了使成套检波器振动的阻尼一致，应该使用粘度相同的油。

当间隙的大小改变时，不仅阻尼随着改变，而且自然频率也会改变。因此，为了改变阻尼，在调节间隙大小的同时，要不使自然频率改变，那就只有改变支持惯性体的弹簧长度。

使用的油不应有化学和机械的杂质，因为这些杂质会破坏线圈的绝缘，会在外壳上出现漏电和线圈短路。

7. 根据初次和二次机电谐振校验检波器的参数

近年来，广泛采用着A.A.达兹克维奇提出的，根据初次和二次机电谐振校验检波器参数的方法。使用这种方法可以不拆卸检波器的部件和不使检波器失去阻尼。校验参数的原理线路如图7所示。

让音频振荡器 $3I$ 产生的同一个交流电通过检波器 CH 和电阻 R 。在这种情况下，检波器和电阻的作用相同。在振幅与相位上，要使检波器的电压降与电阻 R 的电压降相等，两个电压降预先要用宽频带放大器（ $Yc-I$ 和 $Yc-II$ ）放大，然后，把它们接在阴极示波仪 KO 的垂直放大器和水平放大器的输入端上。

因为检波器不是一个纯直流电阻，所以流过它的电流和在它产生的电压之间会产生相位差。在同一个时间内流过电阻 R 的电流和电阻 R 上的电压间就没有相位差。流过检波器和电阻器是同一个电流，所以在检波器和电阻器上的两个电

压之間将会出現相位差。因此，阴极示波仪的电子束显示在示波管的螢光屏上是一个椭圆。在检波器的直流电阻上存在着两个频率，即 f_1 和 f_2 。用这些频率时就不会产生相位差，并且在阴极示波仪的螢光屏上显示为一条直线。频率 f_1 称为初次机电諧振频率， f_2 称为二次机电諧振频率。这样，改变振盪器的频率，并测定使椭圆变成一条直线时的频率 f_1 、 f_2 ，便可以测定初次和二次机电諧振频率。改变电阻 R ，使其与在这一频率上检波器的电阻相等。显然，在这种情况下，在检波器和电阻器上的电压将是相同的；而阴极示波仪螢光屏上的直线位置，与接到第一个和第二个放大器輸入端上的电压大小无关。根据这些情况，就可以测定初次諧振频率 f_1 、二次諧振频率 f_2 和检波器的电阻 R_1 、 R_2 的数值。一方面，在調节音频振盪器频率时使阴极示波仪的螢光屏上显示出一条直线；另一方面，改变电阻 R 的数值，同时用双联开关 Π 迅速地从第1档到第2档来回轉接。当每次轉接时，接到第一个和第二个放大器輸入端上的电压就不断发生变化。必須这样选择电阻 R 的值：使开关 Π 在第1档和第2档时，在阴极示波仪示波管螢光屏上的直线位置不变为止。在这种情况下，电阻 R 的值才等于检波器的电阻。

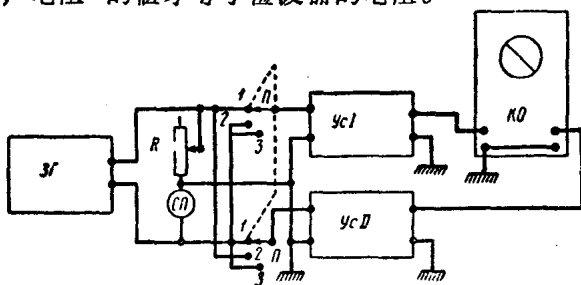


图 7 检波器参数的校驗路線

频率 f_1 、 f_2 和电阻 R_1 、 R_2 的数值都取决于检波器的参数（自然频率、质量、弹簧的强度等）。对于没有机械阻尼的电动式检波器来说，得出最简单的关系：初次机电谐振频率 f_1 和振动的自然频率 f_0 相重合。而且，在初次谐振频率时的电阻 R_1 和并联接于检波器线圈的分路电阻相等。二次机电谐振频率取决于自然频率 f_0 、机电耦合系数 $\mathcal{M}$ 、惯性体的质量 m 和线圈的自感量 L 。在二次谐振频率时的电阻

$$R_2 = \frac{r_k r_{\text{ш}}}{r_k + r_{\text{ш}}},$$

式中 r_k ——线圈电阻；

$r_{\text{ш}}$ ——分路电阻。

测定频率 f_1 、 f_2 、电阻 R_1 和 R_2 ，就可以确定某一个检波器发生故障的原因。测出频率 f_1 ，即可直接确定自然频率 f_0 ；测定出 R_1 ，就可以求出分路电阻值。如果某一个检波器的电阻 R_1 值比其它都小，则可能是由于接到输出端的分路电阻损坏所引起的（不一定），或由于在间隙内的惯性体被“粘附”所致。焊开分路电阻并测定其电阻值，就可以找出使检波器电阻减小的原因。如果某个检波器的二次谐振频率 f_2 比其它的都低些，则很可能是由于磁铁“去磁”（机电耦

表 1

检波器的主要参数	检波器的编号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 等等
f_1 ——初次机电谐振频率										
f_2 ——二次机电谐振频率										
R_1 ——分路电阻值										
R_2 ——检波器的总电阻值										