

井中三分量磁测经验汇编

· 限 国 内 发 行 ·

地 质 出 版 社

井中三分量磁测经验汇编

地 质 出 版 社

井中三分量磁测经验汇编
(限国内发行)

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1977年1月北京第一版·1977年1月北京第一次印刷

印数1—3,300册·定价1.80元

统一书号: 15038·新154

毛主席语录

无产阶级必须在上层建筑其中包括各个文化领域中对资产阶级实行全面的专政。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

前 言

井中三分量磁测是普查、勘探磁铁矿床的一种重要物探方法。在国内，它是在无产阶级文化大革命的推动下迅速发展起来的。实践证明，在磁铁矿的普查、勘探中，井中磁测在验证地面磁异常，指导钻探施工，寻找井底、井旁盲矿体，确定矿体产状、延伸和连接，研究矿层构造等方面都能发挥良好的作用，效果比较显著。

为了总结交流经验，进一步推广和提高方法的技术水平，我们组织编成了这本经验汇编，内容包括：目前使用较多的JSZ型仪器的调试和改进，小口径轻便三分量磁测井仪的介绍，井中磁测探测范围的探讨，井中磁测资料各种解释方法的研究，利用似二度体磁异常量板和电解槽或导电纸的模拟试验进行井中磁场正演的方法，二度体正演电测直读量板的介绍以及各地在磁铁矿的普查、勘探中运用井中磁测解决地质找矿问题的实例等。

在编辑过程中，陕西省第二物探队、内蒙古物探队、长春地质学院等单位的有关同志参加了稿件的审定和修改工作。

书中的缺点、错误，请读者批评、指正。

目 录

JSZ 型三分量井中磁力仪的调修与改进·····	重庆地质仪器厂 (1)
小口径轻便三分量磁测井仪的试制·····	陕西冶金物探水文队 (20)
井中磁场垂直分量的连续记录·····	长春地质学院金属物探教育革命大队测井组 (27)
板状体井中磁测探测范围的讨论·····	桂林冶金地质研究所磁法组测井专题组 (33)
矢量包线法及其在井中磁测资料解释中的应用·····	陕西省地质局第二物探队 (42)
板状体、球体井中磁异常的解釋·····	长春地质学院金属物探教育革命大队测井组 (59)
矢量轨迹法、矢量强度法在井中磁测资料解释中的应用·····	
·····	长春地质学院金属物探教育革命大队测井组 (90)
解析法在井中磁测中的应用·····	内蒙古地质局物探队井中磁法组 (135)
似二度体磁场三分量量板及其在井中磁测中的应用·····	陕西省地质局第二物探队 (150)
井中二度体磁异常导电纸模拟实验·····	陕西省地质局第二物探队 (174)
二度体选择法电测直读量板介绍·····	
·····	云南省地质局物探队测井组 昆明工学院地质系 (184)
三度体外部空间重磁场的电解槽模拟试验·····	陕西省地质局第二物探队 (191)
井中磁测在黑龙江铁矿普查勘探中的应用·····	黑龙江省地质局物探队 (209)
广东某铁矿区井中三分量磁测应用效果·····	广东省地质局物探队 (223)
井中三分量磁测在甘肃某铁矿区的应用·····	甘肃省地质局物探队 (230)
单分量井中磁测在铁矿普查中的应用效果·····	山东省革委地质局物探队 (236)

JSZ型三分量井中磁力仪的调修与改进

重庆地质仪器厂

JSZ 型三分量井中磁力仪, 作为一种新的找矿手段, 在野外生产实践中取得了一些可喜的成绩, 越来越多地引起了人们的重视。有关仪器的原理、操作, 在《井中三分量磁测》一书中已有较详细的论述, 本文就生产中调试和一些问题的处理进行一些补充。由于我们对野外生产情况了解有限, 对仪器在生产中的一些问题, 以及在生产中调试仪器的丰富经验收集不够, 文中一定有很多不当之处, 望同志们指正。

一、1 千周激励电压发生器的调修

1 千周激励电压发生器, 是井下仪灵敏元件的激励电源。它输出波形的好坏和稳定程度, 直接关系到仪器的灵敏度和读数的准确性。仪器中采用的是文氏电桥电流反馈振荡器, 这种线路的优点是: 简单, 波形良好, 频率较为稳定。

(一) 文氏电桥的电流传输系数和频率特性

文氏电桥具有在某一频率下能获得最大的传输系数, 而且相移等于零的特性, 因此当它用于正反馈网络时, 就可能产生某一频率的单一的正弦波。

图 1 中 R_1 、 C_1 和 R_2 、 C_2 分别为电桥的两个臂。当

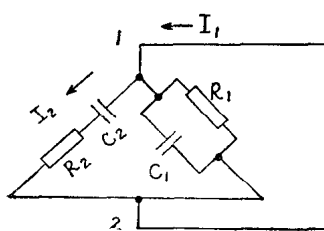


图 1

某一种频率的电流 I_1 由 1 点注入时, 便分为两条支路流过桥臂。设其中流过 R_2 、 C_2 的为 I_2 , 则流过 R_2 、 C_2 的电流 I_2 与 I_1 之比, 随着频率的变化而变化。其关系如图 2 A 所示。图中, y

轴代表传输系数的变化; x 轴代表频率的变化。从图中可以看出, 当频率为 ω_0 时, 传输系数最大。同时随着频率变化, I_2 的相位与 I_1 的相位差也发生变化。图 2 B 中, y 轴代表相移角; x 轴代表角频率。从图上可以看出, 当频率由低向高移动时, 相位差由超前到滞后, 在频率等于 ω_0 时, 相位差等于零。

从数学计算可以知道, 文氏电桥的 ω_0 与电桥回路

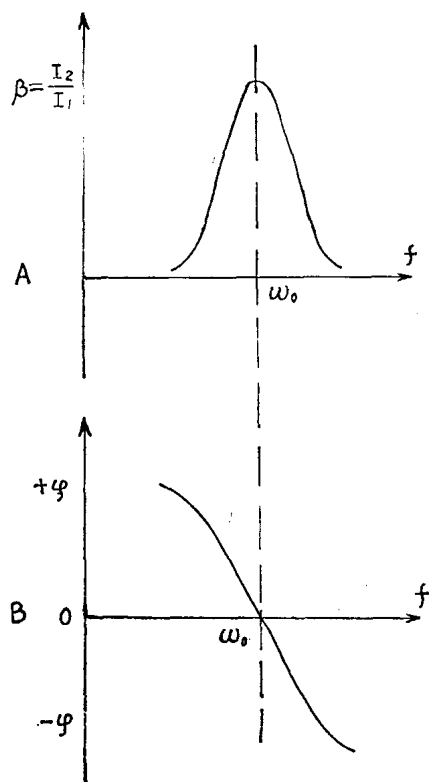


图 2

的电阻 R 、 C 有关

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

亦即

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

因此文氏电桥的适应频率 f_0 与 R 、 C 有关，改变 R 、 C 即可改变其适应频率。

传输系数可由电桥的阻抗计算出来，在 ω_0 时传输系数 $\beta = \frac{1}{3}$ 。

(二) 文氏电桥电流反馈振荡器和稳幅、稳频的措施

任何一个振荡器要维持其振荡，必须满足两个条件，一是反馈到输入端的讯号相位移等于零，二是放大器的放大倍数 K 与反馈讯号传输系数（即反馈系数）的乘积大于1或等于1，即

$$K \cdot \beta \geq 1$$

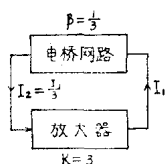


图 3

由此可见，作为文氏电桥电流反馈振荡器的放大器，其放大倍数 K 应等于3（图3）。

为了使振荡器输出稳定，应使放大器的放大倍数随着讯号的加大而减小，这样才能把幅度稳定下来，为此又必须使放大器工作于非线性区域。但非线性失真会随之而增大，又使输出波形发生畸变，故要对放大器的非线性进行控制。在放大器中一般可采用控制负反馈量来控制非线性状况，达到稳定幅度的目的。所以，实际上反馈系数 $\beta = |\beta_+| + |\beta_-|$ 。正反馈 β_+ 使放大器的输出越来越大，而负反馈 β_- 则阻止其增长，其结果达到了相对稳定幅度的目的。

图4是一个简单的文氏电桥电流反馈式振荡器。图中 R 、 C 为电桥网路， R_o 为负反馈控制电阻。从图4可以看出，流经 R 、 C 网路的反馈电流 I_2 是与放大器的输入阻抗串联的。要使放大器的输入阻抗不影响反馈电流，只有尽可能地降低放大器的输入阻抗（与电压反馈相反）。在放大器的输入端上加上负反馈，还可以进一步降低放大器的输入阻抗，其过程如下：

将图4中 K 处断开来看，当不加负反馈 I_f 时，输入阻抗为：

$$h_{ie} = \frac{U_s}{I_s}$$

式中 U_s 为讯号电压， I_s 为讯号电压引起的讯号电流。

加上负反馈 I_f 后

$$I_f = \frac{I_s \cdot \beta_1 \cdot R_1}{R_o} \quad (I_s \cdot \beta_1 \cdot R_1 \text{ 为 } B \text{ 处电压})$$

此时输入阻抗

$$R_{if} = \frac{U_s}{I_s + I_f} = \frac{h_{ie}}{1 + \beta \frac{R_1}{R_o}}$$

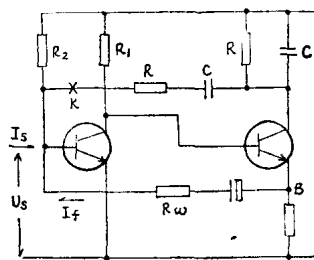


图 4

当 BG_1 的 β 值和 R_2 为一定时, 输入阻抗与反馈电流成反比。反馈电流越大, 输入阻抗越低。同时, 从上式中还可以看出, 为了进一步降低输入阻抗, 还可以增大晶体管的 β 值。在JSZ-II型仪器中 BG_1 就采用了复合管, 这时 β 值等于两只管子 β 的乘积, 所以输入阻抗就可以降得更低

$$R_{if} = \frac{h_{ie}}{1 + \beta_1 \cdot \beta_2 \frac{R_1}{R_w}}$$

JSZ-II振荡器线路如图5, 是采用了上述措施后的情况。为了进一步使工作稳定, 还在线路上采取了直流负反馈。当某种原因引起 I_{c1} 变化时, 线路可自动调节, 其过程如下:

$$\begin{aligned} I_{c1} \uparrow &\rightarrow I_{c1} \cdot R_1 \downarrow \rightarrow I_{b2} \downarrow \rightarrow I_{c2} \downarrow \rightarrow I_{e2} \downarrow \rightarrow \\ &I_{e2} \cdot R_7 \downarrow \rightarrow I_{b1} \downarrow \rightarrow I_{b1} \cdot B_1 \cdot B_2 \downarrow \rightarrow I_{c1} \downarrow \end{aligned}$$

同时 R_2 和 R_7 上的直流电压还直接以抵消基极电流的方向加在本身的基极和地之间, 实现电流负反馈, 进一步稳定了直流工作点。

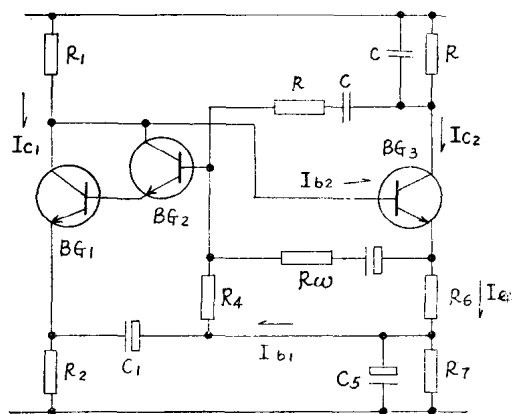


图5

图6是JSZ-II型仪器的激励电压发生器的全图。由文氏电桥振荡器输出的1千周正弦波经过射极输出器 BG_4 、前置放大 BG_5 和共集推挽输出 $BG_6 \sim BG_{11}$ 。

射极输出 BG_4 是作为缓冲级来考虑的。取共集线路输入阻抗高的特点, 以减轻对主振荡级工作影响; 前置放大级 BG_5 是共射电路, 取其增益高的特点; 推挽输出用复合管组成共集电极推挽电路。这样做有两个优点: 可以增大输入阻抗, 减轻推动级的负担, 减小输出阻抗, 提高本级的负载能力。

在前置级与缓冲级之间, 有调节输入讯号的电位器 R_{11} , 在推挽输出的次级端, 有调节输出电压(即激励电压)的电位器 R_{35} 。与I型仪器不同的是, 控制电压的讯号不是从激励电压放大器的推挽输出上取出, 而是从缓冲级的集电极上取出, 因此控制电压不受激励电压的影响, 而可以一次调准, 不必像I型仪器那样每调整一次激励后, 都要重新调节控制电压。

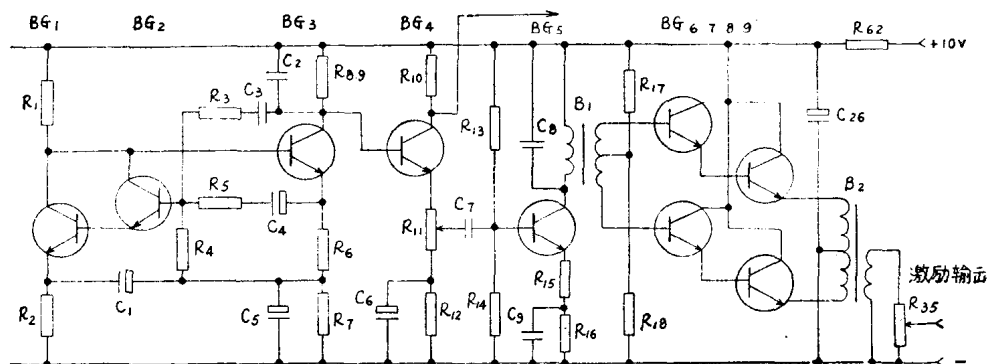


图6

(三) 激励电压发生器可能出现的故障与调修

激励电压发生器可能出现这样一些故障：主振级停振；主振频率不准；波形失真。

属于主振级后面激励电压放大级的故障有：无1千周输出；输出波形失真；1千周输出幅度调不上去，I型仪器还可能发生输出加大到某一点时引起主振级停振等故障。

有关前置放大级和推挽输出级的故障处理，可以参阅有关半导体收音机的修理书籍，这里不一一阐述。下面主要讨论主振级容易出现的一些故障与调试。

主振级的调修，主振级是否停振，可以用示波器在 BG_4 的发射极上观察到。发现停振后，首先要检查主振级各晶体管是否正常工作。这可用较高内阻的万用表电压档去测量各晶体管的管脚，看是否有电压。同时对照附表所列的数值，如相差太大或某一极无电压，说明管子损坏，找出损坏原因，排除后换上好管子。对管子没有太高的要求， β 在50以上均可。但作为 BG_1 和 BG_2 ，为了尽可能地降低阻抗，选用 β 较大、 h_{ie} 较小的管子为佳。各管工作正常后如仍不起振，则可能是负反馈电阻 R_5 变值，负反馈太大而使正反馈量不足造成。从保证振荡波形不产生非线性失真来看，负反馈相对于正反馈有一个范围很窄的临界点，因此调反馈电阻时应同时观察振荡波形，把它调整到波形最好而幅度最大时为止。

振荡器起振后，即应对其振荡频率进行检查。测量频率在没有频率计的情况下，可以利用一台音频讯号发生器和一台示波仪作李沙育图。具体方法是：

1. 将讯号发生器输出的讯号送到示波器的 x 轴输入端。将示波器的扫描同步选择拨到 x 轴直接输入上（此时不用示波器本身的 x 轴锯齿波扫描），示波器上将显示出一条水平线。调节讯号发生器输出电压，使横线等于一定长度。

2. 从仪器上主振器缓冲放大管 BG_4 发射极上引出主振讯号到示波器的 y 轴。调节示波器上的输入衰减器，使萤光屏上得到一个高宽相等的网纹方块。

3. 改变讯号发生器的频率，网纹密度发生变化，到某一个频率时，萤光屏上得到一个不动的圆圈，此时讯号发生器的频率即为主振级的振荡频率。如果指示出的振荡频率不对，应对电桥迴路的 R_9 进行调整，频率低时减小，高时增大。必须注意的是：当 R_9 改变后，电桥的传输正反馈量也发生了变化，从而又可能造成波形失真，因此需对负反馈电阻进行重调。如此重复多次，直到波形良好，频率准确为止。

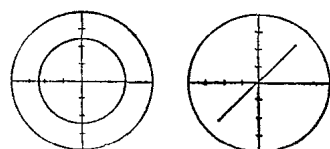
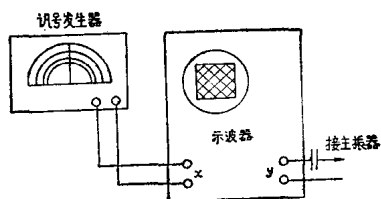
在没有失真分析仪时，可以从李沙育图上判断波形失真情况。这时为了看得更仔细一些，可以微调讯号发生器频率，图形开始是一个与水平轴斜交 45° 的椭圆，到某一频率时椭圆重合成一条 45° 的直线。如果波形失真小，直线的上下不应有张开的地方，而是一条粗细均等的斜线。否则说明主振波形失真，要对 R_5 进行重调（图7）。

主振级正常后，可以将示波器的 y 轴输入端接到激励电压调节电位器 R_{35} 的动臂上，观察激励放大器工作情况。

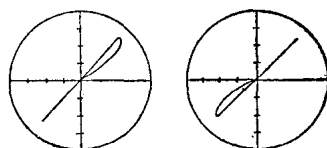
如果萤光屏上只有水平线条，说明激励放大中有故障，可将 y 轴接到 BG_5 集电极。如仍没有讯号，说明前置放大 BG_5 有故障；如有讯号，则说明推挽级有故障，分别对这两级的各元件进行检查、排除。

如果萤光屏上得到一个失真波形，说明这两级工作不正常。此时可将示波器接入内扫描，调示波器同步方式于“内”，改变示波器频率粗调到某一点，萤光屏上得到一稳定可观察的失真了的正弦波，此时可以根据正弦波失真情况估计失真原因（图8）：

不对称，上半周或下半周被切，可能是由于推挽管不对称；有时工作点小了也有这种



失真小的波形



失真大的波形

图 7

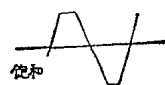
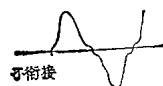
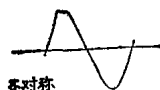


图 8

情况。此时应调推挽管或调 R_{17} 。

正、负半周中间不衔接，说明工作点太小，应减小 R_{17} 。

正弦波峰部平顶。这是由于偏流太大或输入讯号太大造成的。应适当减小工作点或者降低输入讯号（调 R_{11} ），但降低输入讯号时，应保证推挽输出电压在 R_{35} 上有5伏左右的空载电压。

下面是1千周激励电压发生器各晶体管的电压值，供同志们在维修调试时参考。

管号 脚	BG_1	BG_2	BG_3	BG_4	BG_5	BG_6BG_7	BG_8BG_9
E	1.3	2	3.4	6.6	1.2	1	0.3
B	2	2.6	4	7.3	1.8	1.6	1
C	4	4	6.3	8.6	9.3	9.5	9.5

注：在选择6.8和7.9推挽管时，因此处是采用复合管，故可采取 $\beta = \beta_6\beta_8 = \beta_7\beta_9$ ，在排放上应将穿透电流小的放在前面。

二、带通滤波器

为了把偶次谐波从被畸变的正弦波中分解出来，采用两只带通滤波器，一只接在激励电压的输出端，其频率中心是激励电压的频率，用以压制激励电压本身包含的二次谐波，防止干扰磁敏元件的二次谐波，同时让1千周激励电压无损地通过；另一只为2千周带通滤波器，用以分解被畸变的正弦波中的二次谐波，并让它无损地通过，同时把1千周激励

讯号和其邻近的奇次谐波最大可能地衰减掉，不让通过。因此带通滤波器的频率特性是否合乎要求，对仪器性能有很大的影响。

(一) 带通滤波器的结构与参数

带通滤波器是由 L 、 C 元件组成的变形的 K 型网路。它的特点相当于一个低通和一个高通滤波器连接起来的特性，它的阻带也相当于一个低通和一个高通阻带的阻带特性。

从图 9 可以看出，变形的 K 型带通滤波器的阻抗在通带范围内呈现的阻抗最小，且是一纯电阻。

1 千周带通滤波器由两节串联 L 、 C 回路和一节并联 L 、 C 回路组成。2 千周带通滤波器则增加一个并联回路，使在通带中心再提升一次，输出尽可能大的 2 千周讯号（图 10）。

为了使调试时方便起见，线路上采取固定电容、改变电感的方法来对滤波器进行调谐。各电感线圈装在罐形铁氧体磁心内，改变上、下两半磁心间的空隙，即可以改变电感量

以达到调谐的目的。

一个正常的滤波器，其频率特性要达到以下的指标。

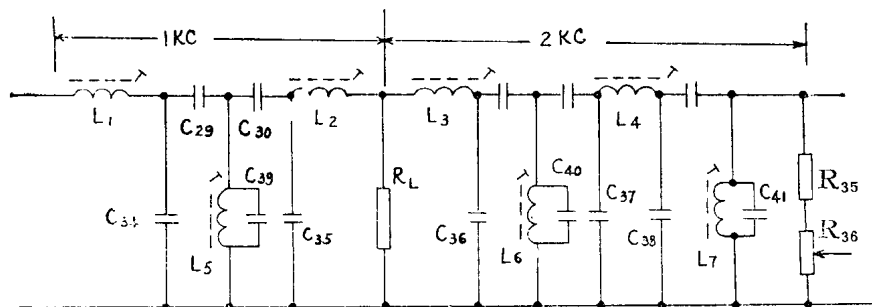


图 10

滤波器 \ 频率	500 周	1 千周	2 千周	3 千周	带 宽
1 千周滤波器	>50	< 5	>40		± 60 周
2 千周滤波器		>50	0	>50	± 20 周

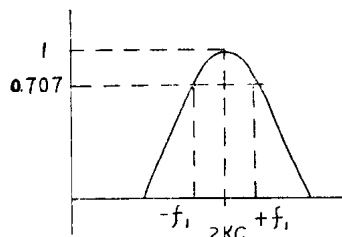


图 11

以 1 千周滤波器为例：从输入端送进去 1 千周讯号时，在负载上讯号的衰减不能大于 5 分贝；如输入端讯号频率为 500 周时，在负载上讯号至少要衰减 50 分贝；如送入 2 千周讯号时，负载上讯号至少要衰减 40 分贝。如不能满足上述指标，则应对各电感元件进行调整。此外，在对 1 千周讯号改变测试频率，使输出讯号为 1 千周输出讯号的 0.707 倍时（图 11），测试频率的变化范围不得小于 ± 60 周，亦即通带宽度不能小于 ± 60 周。

2 千周滤波器的带宽不得小于 ± 20 周。

(二) 带通滤波器的调整

带通滤波器的调整步骤如下 (以 II 型仪器为例) :

1. 将滤波器插件从仪器的口琴插座上取下来, 在线路板插头找到相应的输入、输出点, 在 1 千周滤波器输出点和公共地之间接上磁敏元件和与电缆等效的电阻, 以及和电缆芯等效的电容, 组成等效电路。

从 1 千周输入端送进 1 千周讯号电压 (讯号电压以滤波器不出现饱和为好), 用电子管电压表在等效负载上测量电压衰减情况, 然后调磁罐螺丝, 使其衰减小于 5 分贝。在调节中, 凡是发现要松开螺丝才能达到谐振的磁罐, 均说明其电感量太大, 应打开磁罐, 在间隙中垫薄纸, 以增大间隙, 减小电感。经过反复调整, 直到压紧后能满足 1 千周讯号的衰减要求为止。然后, 把讯号频率调到 2 千周, 再看输出端衰减为多少。例如输入讯号为 1 伏, 在负载上为 0.01 伏, 说明对 2 千周衰减已合乎要求 ($\frac{1 \text{ 伏}}{0.01 \text{ 伏}} = 100$ 倍, 合乎对 2 千周衰减 40 分贝的要求)。在电子管电压表上刻有分贝刻度, 可以很方便地读取。对于其他频率的衰减也是如此。

为什么一定要接上等效负载来调试呢, 这是由带通滤波器本身决定的。带通滤波器的频率特性决定了它在通带范围内时, 在串联回路中阻抗最小; 在并联回路中阻抗最大, 呈现出的特性阻抗 P 是一个纯电阻。在设计带通滤波器的元件参数时, 是以负载阻抗 $R_l =$

$\rho = \sqrt{\frac{c}{l}}$ 与角频率公式联解计算出的, 因此负载电阻在这里对通频带的中心影响很大。

电缆的阻抗和缆芯的电容, 也将作为负载的一部分, 故均应事先考虑进去。

2 千周带通滤波器的调整与 1 千周是一样的, 所不同的是 2 千周讯号从两节滤波器的连接中点上输入, 输出端已有一个纯电阻 (R_{35} 、 R_{36}) 并联, 但由于插板抽下来以后 R_{36} 自行脱离, 因此要找一个与 R_{36} 等值的电阻串在 R_{35} 与地之间作为负载。调整时用电压表在 R_{35} 上读取输出电压, 使 1 千周, 2 千周, 3 千周各点均达到上述衰减指标。

2. 滤波器经用上述方法调好后亦可进行带宽的测量。测量的方法是在中心频率上调节讯号发生器的电压, 使输出端读到一个整数 (如 1 伏), 然后增高输入频率到输出端讯号电压降到原来的 0.707 倍, 看此时频率是多少; 最后又降低输入讯号频率, 同样使输出端讯号电压降到原来的 0.707 倍, 看频率是多少。这两点应该对称地在中心频率的两边。在我们的仪器中规定频宽为 ± 20 周、 ± 60 周, 如果其两边不对称, 说明两边的衰减不对称, 这是由于串联回路的电感量不合适造成的。电感量大时, 高端比低端衰减快, 呈现感性电抗; 电感量小时, 低端比高端衰减快, 呈现容性电抗。因此, 要着重调节串联回路的电感量。与此同时, 也要调节并联回路的电感量, 以保证中心频率不发生变化, 直到合乎要求为止。

三、选频放大器

选频放大器是对测量讯号进行放大的重要部分, 它的放大倍数、频率特性和噪声都直接影响仪器的最后读数。选频放大器是一个普通的音频放大器, 由于它有在某一个频率上放大倍数很大的特点, 故叫选频放大。它由射极跟随器、前置放大器和推挽输出组成,

如图12。

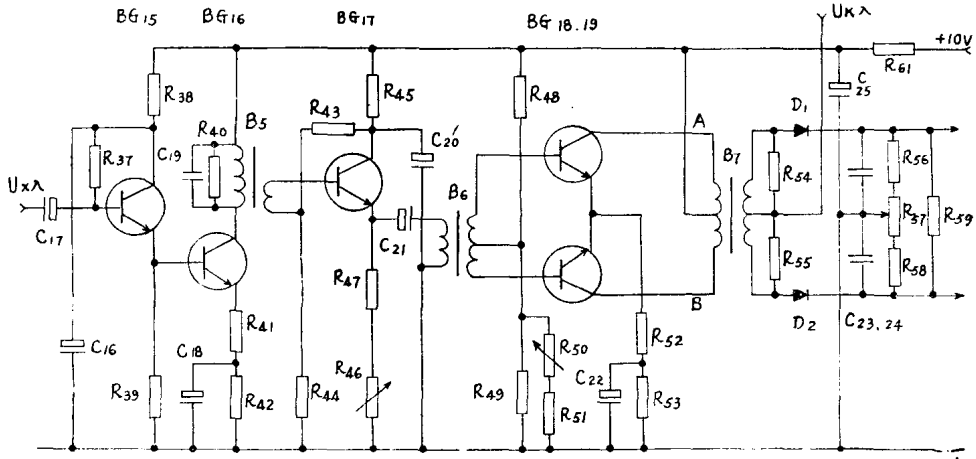


图 12

(一) 选频放大器的技术指标

频率通带宽度: ± 100 周。

电压放大倍数: 60 分贝左右。

噪音电压: < 5 毫伏 (主振级停振, 输入端短路)

(二) 选频放大器的调整

选频放大器之所以具有选频的作用, 是因为它有一个选频回路。设置在 BG_{16} 集电极回路里的 B_5 就是这个选频回路, 它是一个具有单峰特性的谐振回路。在谐振点时, 谐振阻抗达到最大值, 降落在回路两端的讯号电压也达到最大值, 这时输出的讯号最大; 偏离谐振点时, 谐振阻抗急速减小, 这时输出的讯号迅速降低。谐振回路的谐振频率 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$,

因此只要改变电感量或与其并联的电容 C_{19} , 就可以对电路进行调谐。谐振回路的通频带,

与回路的品质因数 Q 有关。 Q 值大的通频带窄, 反之则宽 (图13)。为了保证一定的通频带, 在回路上往往并联一个电阻, 以降低其 Q 值, 加宽频带。图中的 R_{40} 就是起这个作用的。同时 R_{40} 还对回路的稳定起一定的温度补偿作用。

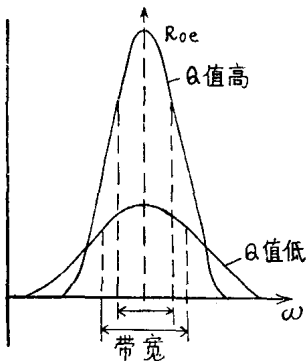


图 13

具体调节方法: 1. 断开相敏检波二极管; 2. 断开激励电压放大器电源, 使其停振; 3. 从选频放大器输入端送进一个幅度 2 毫伏、频率 2 千周的讯号电压, 这时在 BG_{16} 的集电极上用电子管电压表测量应有 250 毫伏的讯号电压, 如不够, 则可能是选频回路不谐振, 可以用增减电容办法调谐; 如仍不够, 可改变 BG_{15} 管的偏置电阻 R_{37} 来解决。然后把测试点移到推挽输出变压器的 A、B 点上, 此时 A 或 B 对地, 均

应有不小于 1.5~1.6 伏的不失真讯号电压。如波形失真, 可按第二节中所说方法处理; 如幅度不够, 可调节前置级和推挽级的偏置电阻。

(三) 调节选频放大器可能出现的问题

在修理和调节选频放大器中常常会出现这样的情况，即把灵敏度旋钮置于最小时（即输入端短路时）， A 、 B 端上仍有很大的 2 千周输出讯号，但是，当把激励电压放大器和控制电压放大器停止工作后，它就立即消失。这是由于线路各级电源去耦不良造成的。应加强各级去耦，检查各级去耦电容（如 C_{16} 、 C_{20} 、 C_{25} 、 C_{26} 等），并换上性能好的电容。

在老的一批 II 型仪器中，即使是各级去耦都非常良好，输入端短路时， A 、 B 端仍可能出现很大的 2 千周电压，这是由于线路排列不当造成。

为区别噪声和二次谐波干扰，可在 A 、 B 上用示波器观察。如果二次谐波干扰，在输入端短路时示波器将指示 2 千周的失真正弦波；如果是噪声，则是杂乱无章的网纹。对于真正的噪声，要控制在 5 毫伏以下。对于 2 千周干扰，应设法将它削减到最小，否则将作为一个 2 千周底数，与磁敏元件送出的二次谐波作同相叠加或异相相减，造成仪器的正、反向差。

选频放大器各级晶体管脚电压表

管号 管脚	BG ₁₅	BG ₁₆	BG ₁₇	BG _{18,19}
E	2.5	1.8	0.8	0.01
B	3	2.5	1.4	0.7
C	3.3	10	10	10

四、倍频相敏峰值整流器

仪器要测量的，除了二次谐波的幅度以外，还必须测定它的相位。二次谐波的相位与地磁场相对应，从而可以从二次谐波的幅度和相位中求出外磁场的向量。在仪器的解调中，采用一般的整流器已不能满足工作的要求，由于仪器中相敏整流器的测量电压与参考电压频率相差一倍，故又叫倍频相敏峰值整流器。其工作原理在《井中三分量磁测》一书中已经介绍，不再赘述。这里主要叙述调整中要注意的问题。

图14是仪器中实际的相敏整流器线路图。 R_{54} 和 R_{55} 是用来辅助平衡变压器两个次级绕组的， R_{56} 、 R_{57} 、 R_{58} 用来平衡 D_1 、 D_2 的内阻。 R_{57} 的中点接地，因此改变 R_{57} ，可以使线路在 A 、 B 没有输入讯号时 V_1 、 V_2 达到平衡，输出为零。 C_{23} 和 C_{24} 是滤波电容，当它们足够大时，可以使 1、2 两点电压充到输入电压的峰值，从而提高输出电压。 R_{59} 是负载， R_{60} 和 R_{79} 是分压器。在不影响检流计的临界阻抗情况下，改变 R_{60} 、 R_{79} 可以改变输出电压，提高格值（毫伏/格）。

从道理上讲，流过 D_1 和 D_2 两极的电流 i_1 和 i_2 ，由于方向相反，同时线圈 L_1 和 L_2 相等，在 A 、 B 端不应感应出 U_k 的讯号来。

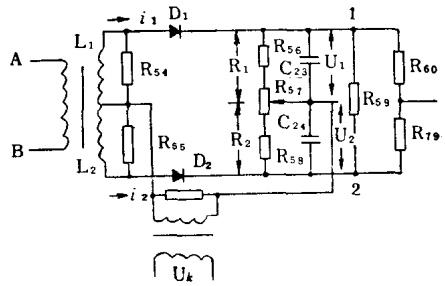


图 14

$$i_1 = \frac{U_K}{R_{D_1} + R_1} \quad i_2 = \frac{U_K}{R_{D_2} + R_2}$$

若 $R_{D_1} = R_{D_2}$ ，则输出端电压 $U_1 = i_1 \cdot R_1 = U_2 = i_2 \cdot R_2$ ，输出为零。

实际上 D_1 和 D_2 不可能完全相等 ($R_{D_1} \neq R_{D_2}$)，这时为了使输出为零，就要改变 R_{57} 的零点。看起来 $U_1 = U_2$ ，似乎输出就平衡了，但由于 $i_1 \neq i_2$ ，在变压器的初级端就感应出电压。这个由变压器反射过来的电压正好是 U_K 的二倍频，于是它与选频放大器送过来的 2 千周讯号或同相相加或反相相减，这就造成了引起仪器产生正、反向差的另一个原因。为了消除这一影响，在调修仪器时，要对二极管进行特性选择，要尽可能用参数一致的二极管。在野外维修时，可在机上挑选。挑选时将灵敏度旋到最小，用电子管毫伏计在 A 、 B 上测量反射电压，按仪器调倍相零点的方法，调到检流计指零，这时 A 、 B 上不应有大于 25 毫伏的反射电压，否则要更换二极管。

与此同时，还要挑选二极管的热稳定性。热稳定性不良，是造成零漂移的一个重要原因，表现为仪器磁补零点向一个方向漂移。

五、控制电压放大器

控制电压放大器的主要作用是给相敏整流器供给一定幅度的控制电压。对控制电压的要求是：幅度要大于最大输入讯号的三倍；幅度不受下井激励电压的影响；相位应该是可变的。因此，在仪器中采取了一些措施：(1) 控制电压的讯号源取自 1 千周主振放大器的缓冲级，从缓冲级的集电极负载 R_{10} 上引出，因此，它不受激励电压的影响；(2) 设置了专门的调相器，以改变控制电压的相位。

(一) 调相器的工作情况

如图 15，在晶体管的发射极和集电极上都接有负载电阻，因此在 1 和 2 点上各输出一个大小一定、相位相反的讯号。由于 1 点与输入端基极上相位相同，所以只要改变 3 点与 1 点的相位差，就等于改变了输出端与输入端的相位。为此，在 1 与 2 间跨越了一个阻容分压器。由于在任何瞬间电压 U_{1-3} 与电压 U_{2-3} 之和都应等于 U_{1-2} ，又由于流过电容器的电流要超前 90° ，所以 U_{1-3} 和 U_{2-3} 这两个电压的相位始终是正交的。根据平面几何定理，可以作出电压 U_{1-2} 、 U_{2-3} 和 U_{1-3} 的矢量图 (图 16)。

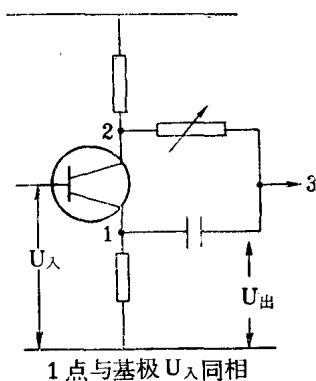


图 15

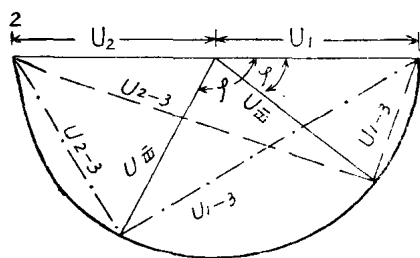


图 16

设一直线1—2代表相差 180° 的 U_1 和 U_2 。圆点代表零电位。 U_{1-3} 垂直于 U_{2-3} 且其和为 U_{1-2} ，故3点的轨迹是以 U_{1-2} 为直径的一个半圆。3点与零点的连线，即输出电压 $U_{出}$ ，它与 U_1 的夹角即为相移角。改变电容或者改变2与3点之间的电阻，即可改变 U_{2-3} ， U_{1-3} 的分压比，使3点沿圆周运动而得到不同的相位。由于不可能使 U_{1-3} 和 U_{2-3} 中任何一个值为零（除非开路或完全短路），所以相移的范围不可能达到 180° 。在仪器中采用倍频相敏峰值整流，故相移角只要大于 90° 就可以了。

（二）控制电压放大器的调整

控制电压放大器和选频放大器线路基本相同。所不同的是它没有选频网路，但多了个调相器，因此它的调整与选频放大器也有些相似的地方（图17）。

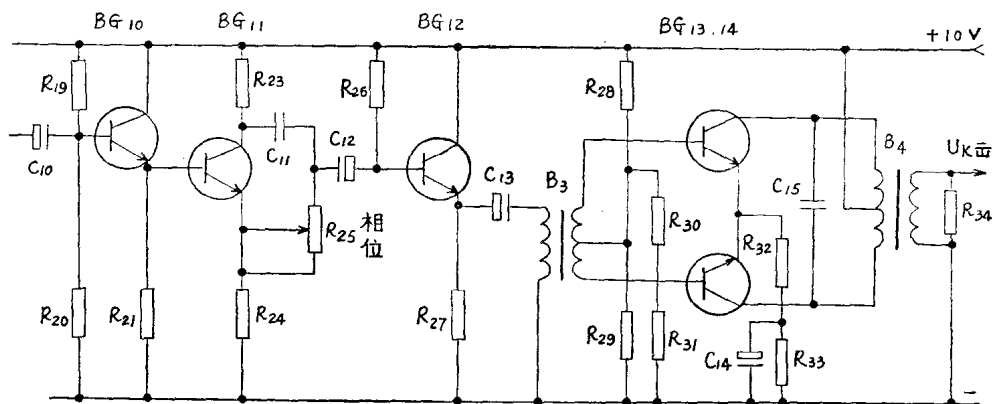


图 17

在调整时要观察输出的波形和幅度。为了不让相敏放大器中的二极管影响输出波形的真实性，要将二极管暂时断开。在 R_{33} 上观察到的不失真输出电压应在18伏以上。如幅度不够，可微调各级偏置电阻；如波形失真，按第二节中方法处理。

调整后也可以检查一下移相器的功能。这时可将控制电压送到示波器的 x 轴，将激励电压送到示波器的 y 轴。调节 x 、 y 轴的增益控制，并分别使萤光屏上 x 、 y 的幅度相等，然后把 x 、 y 讯号同时加上，萤光屏上将得到一闭合圆环（图18）。调节相位控制旋钮，使圆环的椭圆度发生变化，根据变化情况即可计算出移相器的调节范围。

计算公式如下（图19）：

$$\sin \varphi = \frac{B}{A}$$

移相器的移相范围，就是调节电位器两个极端测量出的 φ 之差。这种方法可以用来检查任何放大器的相移角。

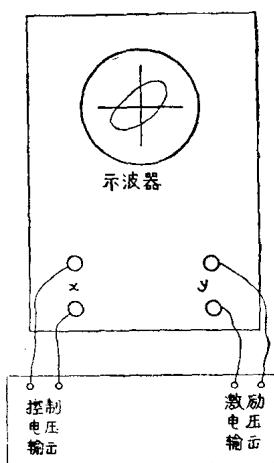


图 18

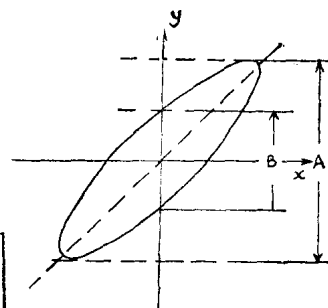


图 19