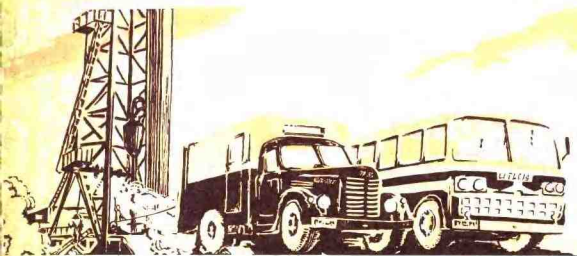


矿场地球物理测井技术

声速、感应、
放射性、微侧向测井



石油化学工业出版社

06.



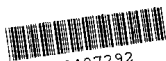
00301046

矿场地球物理测井技术

声速、感应、放射性、微侧向测井

江汉石油地质学校编写组编

2006/29



200407292



石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书共分五章,内容包括CG 70型感应测井仪、五七型微侧向测井仪、FC 652-A型闪烁放射性测井仪、CSC-71型声速测井仪和CSG 68-1型声阻测井仪。书中主要介绍上述各种仪器的线路原理、使用方法(调试、操作)以及维护保养等。

可供矿场地球物理测井工人学习,也可供测井工程技术人员及有关院校师生参考。

矿场地球物理测井技术 声速、感应、放射性、微侧向测井 江汉石油地质学校编写组编

石油化学工业出版社出版

(北京和平门内大街十六号)

石油化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张 10 1/8 插页 7
字数 238 千字 印数 1—10,550
1977年 8 月第 1 版 1977年 8 月第 1 次印刷
书号 15063·油 33 定价 1.15元

毛主席语录

思想上政治上的路线正确与否
是决定一切的。

教育必须为无产阶级政治服
务，必须同生产劳动相结合。

中国人民有志气，有能力，一
定要在不久的将来，赶上和超过世
界先进水平。

前 言

本书是在我校一年制《测井仪器》短训班教材（下册）的基础上，根据现场测井工作者提出的宝贵意见稍加修改而成，基本上保持了原教材的系统。

在编写中力求做到理论联系实际，通俗易懂，适应现场生产需要。

在我们收集资料和编写教材过程中，各油田测井站，西安石油仪器一厂、二厂以及重庆石油仪器厂的同志给予了大力支持和帮助，在此，我们表示衷心的感谢。

由于我们的政治思想水平和业务水平不高，缺乏实际工作经验，书中肯定会有不少缺点和错误，希望同志们批评指正。

江汉石油地质学校编写组

一九七四年

目 录

第一章 CG 70 型感应测井仪

第一节 感应测井原理及仪器方框图	1
一、感应测井基本原理	1
二、感应测井仪方框图	1
第二节 井下仪器单元线路	2
一、振荡器	2
二、放大与检波	6
三、线圈系	8
第三节 地面仪器	10
一、供电网络	10
二、衰减器	12
第四节 感应测井仪的刻度原理	12
第五节 感应测井仪使用方法及调节	16
第六节 仪器的维护及检修	17
一、仪器的维护	17
二、仪器的检修	17
第七节 技术特性	18

第二章 五七型微侧向测井仪

第一节 用途、测量原理和仪器方框图	20
一、用途	20
二、测量原理	20
三、仪器方框图	21
第二节 井下仪器	22
一、主电流振荡器	22
二、自动平衡装置	23
三、测量放大器	28
四、井下仪器电源	29
第三节 地面仪器	30
一、信号放大器	30
二、整流器	32
三、检查振荡器	33
四、换位控制电路	33
五、电源电路	33
六、地面仪器面板	34
第四节 五七型微侧向测井仪的主要技术指标	34
第五节 微侧向测井仪的检查与调节	35

一、主电流振荡器的检查与调节	35
二、自动平衡装置的检查与调节	36
三、测量放大器的检查与调节	38
四、信号放大器频率特性的检查与调节	39
五、微安表量程电阻的选择	39
六、电子线路的总体检查	39
七、电极系数(即K值)的校验方法	41
第六节 测井工作的进行	42
一、仪器的线路连接	42
二、测井工作的进行	43
第七节 仪器故障及消除方法	44
第三章 FC 652-A 型闪烁放射性测井仪	
第一节 用途及仪器方框图	46
第二节 井下仪器	48
一、闪烁计数器	48
二、伽玛道和中子伽玛道电子线路	50
三、高压电源	52
四、磁性定位器	54
第三节 地面仪器	55
一、伽玛道	55
二、中子伽玛道	59
三、校频振荡器	62
四、计数器	64
五、阴极射线示波器	67
六、电源电路	70
七、地面仪器面板	71
第四节 FC 652-A 型闪烁放射性测井仪的技术特性	71
第五节 FC 652-A 型闪烁放射性测井仪的检查与调节	73
一、光电倍增管高压电源的检查与调节	73
二、井下仪器“门坎”电压的调节	73
三、光电倍增管分压电阻的调节	73
四、井下仪器输出脉冲幅度的调节	74
五、校频振荡器的检查与调节	74
六、积分电路时间常数的检查	75
七、记录比例尺的检查与调节	76
八、仪器直线性检查	76
第六节 放射性测井工作方法	76
一、放射性测井仪器的标准化	76
二、测井技术条件的选择	78
三、测井工作的进行	80
第七节 FC 652-A 型闪烁放射性测井仪的故障及排除方法	82

第四章 CSC-71 型声速测井仪

第一节 声速测井简介	84
一、原理	84
二、声学	86
第二节 声速测井仪原理方框电路及工作波形时间图	88
一、井下仪器原理方框电路	88
二、地面仪器原理方框电路及工作波形时间图	89
第三节 声速测井仪井下仪器原理电路	91
一、脉冲电压发生器电路	91
二、第一道差分放大电路原理	93
三、第二道放大器电路	94
第四节 声速测井仪地面仪器原理电路	95
一、测量线路	95
二、监视装置原理电路	108
三、供电电源	117
第五节 声速测井仪的校验与操作	120
一、仪器的连线	121
二、仪器的检查	121
三、仪器横向记录比例的刻度	122
四、测井工作的进行	122
第六节 CSC-71 型声速测井仪的技术特性	123
第七节 CSG-71 型声速测井仪的维护与检修	124
一、维护	124
二、检修	124
第八节 双发射四接收声速测井仪原理	126

第五章 CSG68-1 型声波幅度测井仪

第一节 声幅测井原理	131
第二节 声幅测井仪方框原理电路及工作波形图	132
第三节 声幅测井仪井下仪器原理电路	134
一、声波信号发射线路	134
二、声波信号的接收放大线路	135
第四节 声幅测井仪地面仪器原理电路	136
一、同步信号发生器	136
二、测量道线路	138
三、地面校准信号发生器	143
四、示波监视线路	145
五、供电线路	149
第五节 声幅测井仪的调校及操作	152
一、测井前仪器的检查与连接	152
二、测井时仪器的调节和操作	153
第六节 声幅测井仪的技术特性	154

第七节 声幅测井仪的维护与检修155

附图 I GG 70 型感应测井仪电路原理图

附图 II 微侧向测井仪井下仪器电子线路电原理图

附图 III 微侧向测井仪地面面板电原理图

附图 IV FC 652-A 型闪烁放射性测井仪地面仪器电原理图

附图 V FC 652-A 型闪烁放射性测井仪井下仪器电原理图

附图 VI GSG-71 型声速测井仪原理线路图

附图 VII GSG-681 型声波幅度测井仪原理图

第一章 CG 70 型 感 应 测 井 仪

第一节 感应测井原理及仪器方框图

一、感应测井基本原理

感应测井是利用电磁感应原理测量地层电导率的测井方法,它属于电阻测井法的一种。感应测井仪包括电子仪器 and 线圈系两部分。线圈系是感应测井的探测器,和普通电测井中电极系的作用相当。它由相隔一定距离的发射线圈和接收线圈所组成。电子仪器的作用是供给发射线圈以一定频率的正弦交流电,并将接收线圈接收的信号加以放大、检波,而后送到地面仪器进行记录。

当感应测井仪的发射线圈 F_z 通入正弦交流电 I 时,便在周围的地层中产生交变电磁场 ϕ_1 ,如图 1-1 所示。在交变磁场 ϕ_1 的作用下,在地层中产生交变涡流 I_1 。这个交变涡流在地层中流动并产生次生电磁场 ϕ_2 ,在次生电磁场 ϕ_2 的作用下,在接收线圈 J_z 中产生出感应电势 E 。因为涡流 I_1 的强弱与地层电导率(用 σ 表示)成正比,所以感应电势 E 也与地层的电导率成正比。即 $E=K \cdot \sigma$, 其中 K 为线圈系常数。通常把感应电势 E 称为有用信号,因为它与地层的电导率有关。此外,在接收线圈中,还有 ϕ_1 直接产生的感应电势 E' 。因为 E' 与地层的电导率无关,所以叫做无用信号。根据电磁感应原理可知,接收线圈中无用信号的相位落后发射电流 90° ,而有用信号相位落后发射电流 180° 。利用这一特殊的相位关系,在电子线路中设有相敏检波器,它可以把有用信号和无用信号分开,达到只记录有用信号的目的。

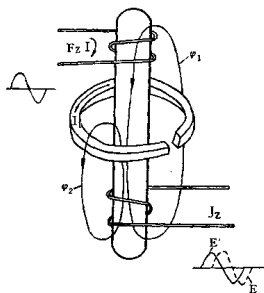


图 1-1 感应测井原理图
 F_z —发射线圈; J_z —接收线圈; I —发射电流;
 ϕ_1 —在 I 的作用下产生的磁场; I_1 —涡流; ϕ_2 —
涡流产生的磁场

二、感应测井仪方框图

图 1-2 为感应测井仪方框图。地面仪器由电源网和衰减器组成。井下仪器由振荡器、线圈系、放大器及相敏检波器组成。

电源网路供给井下仪器 250 伏(V)、100 毫安(mA)的直流电,和 32 伏、500 毫安、50

周/秒的交流电。

振荡器用于产生频率为 20 千周/秒 (KC) 幅度恒定的正弦交流电, 供给发射线圈 J_z 。

在接收线圈中产生的有用信号和无用信号, 同时送到放大器进行放大, 然后送到相敏检波器将无用信号和有用信号分开, 并把有用信号变成直流电。相敏检波器输出的直流电, 通过电缆送到衰减器经过适当衰减后, 由 JD-581 型多线电测仪器进行照相记录。

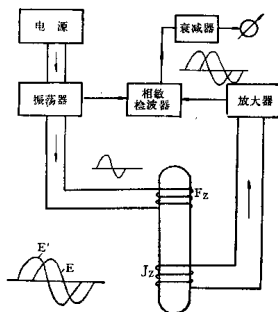


图 1-2 感应测井仪方框图

第二节 井下仪器单元线路

一、振荡器

振荡器由起振级、倒相级、功率放大级和恒流级组成。其作用是产生频率和幅度稳定的 20 千周/秒正弦交流电, 供给发射线圈。

1. 起振级

起振级用来产生 20 千周/秒的交流信号, 为了得到极为稳定的振荡频率起见, 采用了石英晶体振荡器。它由石英晶体管 G_6 和三极管 G_7 的左半管组成, 如图 1-3 所示。

G_6 是一个三端石英晶体管, 如图 1-4。管内的石英晶体有两对电极, 分别和管脚 1、3、5、7 相接。管脚 1 通过耦合电容 C_9 (240 微微法拉 (PF)) 与 G_7 左管的板极连接, 管脚 3 与 G_7 左管的栅极连接, 管脚 5、7 接地。石英晶体的固有频率为 20 千周/秒。

R_{27} 为 G_7 左半管的板极负载电阻, R_{30} 为阴极电阻, R_{29} 为栅漏电阻, C_9 为耦合电容, C_9 与 R_{29} 组成去耦电路。下面分析振荡过程:

当接通电源时, G_7 左管导通, 同时有一脉冲电压加到石英晶体的 1、5 电极上。当脉冲电压加到石英晶体的 1、5 电极时, 由于晶体的压电效应, 而产生机械振动; 振动频率等于石英晶体的固有频率 (20 千周/秒)。此时在 3、7 电极间将产生 20 千周/秒的正弦感应电压, 其方向与 1、5 电极间激励电压的方向相反。此信号加到 G_7 左半管的栅极, 经放大、倒相后, 通过 C_9 反馈到石英晶体的 1、5 电极, 由于反馈电压的方向与原激励电压的方向

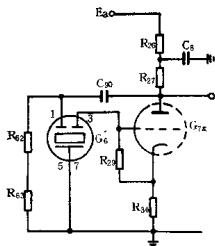


图 1-3 起振级电路

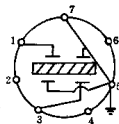


图 1-4 石英晶体

相同，故为正反馈。正反馈作用的结果，使晶体的机械振动加强，3、7 电极感应电压的幅度加大。这样经过放大，正反馈的循环过程，不断地给晶体补充能量，使振荡继续下去。

为了便于起振， G_7 左半管的起始栅偏压选为零。振荡初期，工作点仍在 I_a-U_g 动态特性曲线右部较陡的地方，如图 1-5 所示。这时放大倍数 K 较大、 $\frac{1}{k}$ 较小，所以 $\beta_K > \frac{1}{k}$ (β_K 为反馈系数)，使振荡逐渐增强。随着振荡逐渐加强，栅偏压逐渐向负的方向变化，使工作点沿动态特性曲线左移。越往左移曲线越平，使 k 值减小，而 $\frac{1}{k}$ 增大。当 $\frac{1}{k}$ 增加到使 $\beta_K = \frac{1}{k}$ 时，振幅就不再增加了，使振荡稳定下来。

为分析工作点左移的过程，把起振级的栅极电路用等效电路来代替，如图 1-6 所示。把石英晶体看成一交流信号源， $R_{\text{内}}$ 为信号源内阻， G 为 G_7 左半管的输入电容和石英晶体两极之间的电容并联之和。

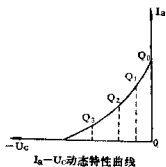


图 1-5

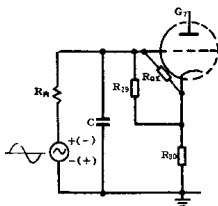


图 1-6 起振级栅极等效电路

当信号电压为正半周(上正下负)时，栅极电位高于阴极电位，栅极吸收电子，形成栅流(I_g)，此时栅、阴极之间为通路，因此 $R_{GK} \ll R_{27}$ ，它们的并联电阻近似等于 R_{GK} 。即

$R_{GK} \parallel R_{29} + R_{30} \approx R_{GK} + R_{30}$ 。当信号电压为负半周(上负下正)时, 栅极电位低于阴极电位, 栅极不吸收电子, 没有栅流($I_c=0$)。栅极和阴极之间为断路(即 $R_{GK}=\infty$)。此时 R_{GK} 与 R_{29} 的并联电阻等于 R_{29} 。即 $R_{GK} \parallel R_{29} + R_{30} = R_{29} + R_{30}$ 。

电容 C 两端的电压等于 $R_{GK} \parallel R_{29} + R_{30}$ 的分压值。因为 $R_{GK} + R_{30} < R_{29} + R_{30}$, 所以电容 C 两端的电压, 在正半周时小, 负半周时大。因此在信号的一个周期内, 电容 C 两端积累的电荷为上负下正, 而且随着振幅增加, C 两端积累的电荷也逐渐增多, 使 G_7 左半管的栅偏压逐渐变负, 工作点逐渐向左移, K 值逐渐减小, $\frac{1}{K}$ 逐渐增大。当电容 C 两端的电压达到一定值时, 使得 $\beta_K = \frac{1}{K}$, 这时在栅极相当加了一固定的负栅压, 使振幅稳定下来。

改变负载电阻 R_{27} 的值, 可以调节输出信号的幅度。调节栅漏电阻 R_{28} 可以调节起振的速度, 一般选为 $200 \sim 300$ 千欧($K\Omega$)起振最快, 现选 220 千欧。阴极电阻 R_{30} 一般不易过大, 防止在高温时降低交流信号的输出。 R_{33} 、 R_{32} 起分流作用, 用于保护石英晶体, 防止信号过大而把晶体损坏。

2. 倒相级

倒相级由 G_7 的右半管组成, 如图 1-7 所示。它的作用是为了供给推挽级一对大小相等而相位相反的信号电压。

由起振级输出的 20 千周/秒的交流信号, 经过耦合电容 C_{10} 输入到 G_7 右半管的栅极。

如果在 G_7 右半管的栅极输入的交流信号电压为正半周时, 则 G_7 右半管的栅极电位升高, 板极电流增大, 电阻 R_{28} 上的电压降加大, 板极电位降低, 输出一个与输入信号电压相位相反的电压 U_1 。而在阴极电路中, 由于电流的增大, 电阻 R_{32} 上的电压降也增大, 使 R_{32} 上端的电位升高, 输出一个与输入信号电压相位相同的电压 U_2 。

通过调节 R_{32} (或 R_{28})使这对相位相反的输出电压在数值上相等, 供给推挽级。

接在栅极回路中的电容 C_{25} (510 微微法拉), 是为了旁通高频信号防止产生高频寄生振荡。

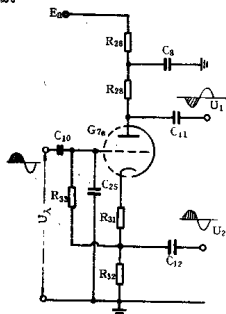


图 1-7 倒相级电路

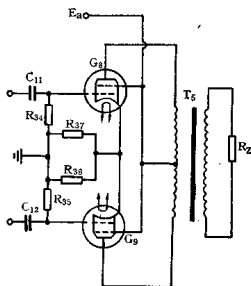


图 1-8 推挽功率放大器电路

3. 推挽功率放大级

为使发射线圈有足够的发射电流，在振荡级的末级采用由输出变压器 T_5 和束射四极管 G_8 、 G_9 (6P1) 组成的甲乙类推挽功率放大器，如图 1-8 所示。

C_{11} 、 C_{12} 为耦合电容， R_{36} 、 R_{37} 并联作为 G_8 、 G_9 的公用阴极电阻。当无信号输入时， G_8 、 G_9 的直流板流 I_{a0} 流过 R_{36} 、 R_{37} 的方向是一致的，在 R_{36} 、 R_{37} 上产生的电压降为 $2 I_{a0} \times R_{36} // R_{37}$ ，作为 G_8 、 G_9 的自给栅偏压；而 G_8 、 G_9 的直流板流在经过 T_5 时的方向相反，因而 T_5 中无直流磁通。

由倒相级输出的两个幅度相等而相位相反的 20 千周/秒的交流信号，通过耦合电容 C_{11} 、 C_{12} 分别送到 G_8 、 G_9 的栅极，使 G_8 、 G_9 的板流一个增加，一个减少，故 G_8 、 G_9 的交流板流也是大小相等方向相反，在流过 R_{36} 、 R_{37} 时产生的交流电压互相抵消，使 R_{36} 、 R_{37} 上不产生负反馈；但流过变压器 T_5 时方向是一致的，因而从 T_5 可输出两倍于 G_8 (或 G_9) 的交流功率供给发射线圈。

由于发射回路的阻抗较低，一般为 $10 \sim 12$ 欧姆 (Ω)，而末级功放管的输出阻抗较高，约数千欧，所以采用输出变压器进行阻抗变换，使发射线圈得到较高的功率。

4. 恒流级

由于某些原因(如温度等因素的变化)使仪器参数发生变化，会引起发射电流的变化，给测量结果带来误差。所以加了一级恒流装置，以提高发射电流的稳定性。

恒流级由 G_{10} 、 G_{11} 、 G_{12} 组成，其电路如图 1-9 所示。

G_{10} 为二极管五极管，把二极管的栅极和五极管的栅极、帘栅极、抑制极、板极接在一起，作为一个二极管使用。它的特点是：灯丝电压在 U_{t1} 与 U_{t2} 的范围内，二极管的内阻与灯丝电压成反比。二极管内阻与灯丝电压的关系曲线如图 1-10 所示。

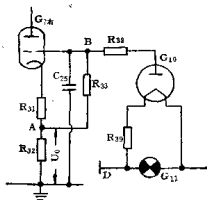


图 1-9 恒流级电路

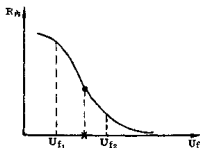


图 1-10 恒流管 $R_{H1} - U_t$ 特性曲线

R_{39} 为降压电阻。改变该电阻的数值，可以改变二极管灯丝电压 U_t 的大小。通常发射电流在正常情况时(0.9 安培(A))，二极管的灯丝电压 U_t 应选在 U_{t1} 与 U_{t2} 的中点。

G_{11} 是一个普通的汽车灯泡，其恒流原理分析如下：

设 R_{35} 的直流电压降为 U_0 。由于 U_0 正端接 G_{10} 板极，负端接 G_{10} 阴极，所以电子管 G_{10} 处于导电状态。当由于某种原因使发射电流增大时，流过 G_{11} 的电流增大，使其温度升高、内阻增大，电压降也增大。这时 G_{10} 的灯丝电压增加，板极与阴极之间的内阻减小，由 $A \rightarrow B \rightarrow D$ 的电流增大，在 R_{33} 上的电压降加大，结果使 B 点的电位降低，倒相级的栅偏

压向负的方向增加,使工作点下移,放大倍数减小,送到推挽级的信号电压减小,使发射电流变小;相反,如果发射电流减小时, G_{11} 的电压降减小, G_{16} 的灯丝电压减小,板极与阴极间的内阻增大,由 $A \rightarrow B \rightarrow D$ 的电流减小,在 R_{38} 上的电压降减小,B点的电位升高,倒相级的栅偏压升高,工作点上移,放大倍数增大,输送到推挽级的信号电压增大,结果使发射电流增大,达到了稳定发射电流的目的。

二、放大与检波

由于通过二次感应在接收线圈中产生的与地层电导率成正比的有用信号 E 是非常微小的(只有几微伏(μV)至几十微伏)。这样小的信号是无法通过电缆送到地面仪器进行记录的,所以必须在井下设置放大器,将信号放大为几百毫伏(mV)至几伏。

在第一节中曾经分析过,接收线圈中除了有二次感应所产生的有用信号 E 外,还有直接感应产生的无用信号 E' 。无用信号与地层的电导率无关,是我们不需要的干扰信号,因此必须把它消除掉,达到只记录有用信号的目的。毛主席教导我们:“对于物质的每一种运动形式,必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是,尤其重要的,成为我们认识事物的基础的东西,则是必须注意它的特殊点,就是说,注意它和其他运动形式的质的区别。只有注意了这一点,才有可能区别事物。”有用信号和无用信号都是20千周/秒的正弦交流电,这是它们的共同点。但是有用信号在相位上落后无用信号 90° ,这是它们的不同点。针对它们的不同点,在电路中设有相敏检波器,可以把有用信号和无用信号分开。然后,无用信号由滤波线圈 L_2 滤掉,而有用信号送到地面仪器进行记录。下面分别讨论放大器和相敏检波器。

1. 放大器

为了把几个微伏至十几微伏的信号放大为数百毫伏至几伏,放大器总的放大倍数应为5~10万倍。根据对放大倍数的要求,在电路中采用了四级阻容耦合放大器和1:10的升压输入变压器,前两级放大器采用放大系数高的五极管,后两级放大器因输入信号较大,故采用动态范围较大的中放大系数三极管(6N3)。该放大器的放大倍数可达7万倍。其电路分析如下:

(1) 放大过程

放大器由五极管 G_{15} 、 G_{14} 、双三极管 G_{13} 和输入变压器 T_4 组成(电路见书后附图I)。 R_{54} 、 R_{56} 、 R_{47} 、 R_{44} 分别为 G_{15} 、 G_{14} 、 G_{13} 的板极负载电阻。 R_{55} 、 R_{56} 、 R_{51} 、 R_{48} 、 R_{46} 分别为 G_{15} 、 G_{14} 、 G_{13} 的阴极电阻。 R_{53} 、 R_{49} 、 R_{45} 分别为 G_{14} 、 G_{13} 的栅漏电阻。 R_{57} 、 R_{52} 分别为 G_{15} 、 G_{14} 的帘栅极降压电阻。 C_{21} 、 C_{22} 为交流旁路电容, C_{16} 、 C_{17} 、 C_{18} 、 C_{19} 、 C_{20} 为耦合电容。 R_{40} 、 C_{19} 、 R_{41} 、 C_{23} 为去耦滤波器。

在静态时,各电子管处于导通状态,各阴极电阻产生的直流压降形成自给栅偏压。

接收线圈输出的信号,经过 T_4 升压送到 G_{16} 的栅极,经 G_{15} 放大,倒相由板极输出。 G_{15} 输出的信号经电容 C_{20} 送到 G_{14} 的栅极,进行第二次放大,然后由 G_{13} 进行第三次、第四次放大。最后由第四级板极输出一个放大7万倍左右的信号,经过 C_{17} 、 C_{16} 送到相敏检波器。

(2) 负反馈问题

为了提高放大器的稳定性,改善输出波形,除了 G_{15} 、 G_{14} 、 G_{13} 的阴极电阻产生的本级负反馈之外,又增设了 G_{15} 和 G_{14} 之间、 G_{13} 左管和右管之间的级间负反馈。

G_{15} 和 G_{14} 之间的负反馈电路由 R_{59} 、 R_{55} 、 C_{24} 组成。反馈过程如下:

当变压器 T_4 副线圈的电压为上正下负时, 在 G_{15} 的栅极输入一个正信号, 经放大、倒相由板极输出一个负信号。经耦合电容 C_{20} 供给 G_{14} 栅极一个负信号, 再经过第二次放大、倒相由 G_{14} 板极输出一个正信号。此正信号经 R_{59} 反馈到 G_{15} 的输入电路, 它与原信号方向相反, 起到削弱原信号的作用, 所以为负反馈。

C_{24} 与 R_{59} 并联, 对于高频成分负反馈量增加, 可以有效的削弱高频信号的影响, 防止产生寄生振荡, 增加电路的稳定性。

G_{13} 左管和右管之间的负反馈电路由 R_{58} 、 R_{18} 组成, 其反馈过程与上面分析的相同, 不再重述。

放大器的放大倍数与反馈电阻的大小有关。调节反馈电阻 R_{58} 、 R_{59} 可以改变放大器的放大倍数。

(3) 噪声问题

从广义来讲, 放大器线路中除了信号电压(或电流)之外的任何干扰电压(或电流)都称为放大器的噪声。如果绝对噪声水平过高, 将淹没了小信号, 使得无法测量。故在设计与安装放大器时, 应尽量减小绝对噪声水平。因为感应测井仪的输入信号最小只有几个微伏左右, 所以噪声水平应降低到 0.5 微伏以下。因此在电路中尽量选用噪声小的元件。安装时合理布置导线和元件的位置, 各元件接地要牢固, 焊点接触良好。本电路的输入端采用 1:10 的升压变压器可以降低绝对噪声水平, 提高信噪比。

2. 相敏检波器

相敏检波器由双二极管 G_{12} 、扼流圈 L_2 和变压器 T_3 组成, 其电路如图 1-11 所示。

相敏检波器的作用是将有用信号和无用信号分开, 消除无用信号, 把有用信号变为直流电。工作原理分析如下:

双二极管具有单相导电的特性, 即板极电位高于阴极电位时才导通。反之则不通。变压器 T_3 的初级线圈与发射电路接通, 它可以将在发射信号的一部分送到相敏检波器, 作为参考电压。参考电压比放大器末级输出的信号电压大得多。双二极管相当于一个开关, 而参

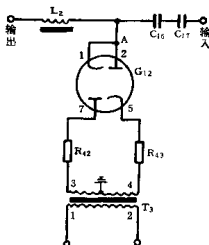


图 1-11 相敏检波器电路

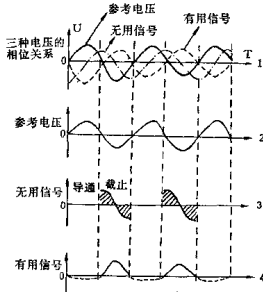


图 1-12 相敏检波器输入输出信号波形

考电压是起开门作用的。

由放大器末级输出的信号（包括有用信号和无用信号），经耦合电容 C_{17} 、 C_{18} 送到相敏检波器。其中无用信号的相位落后参考电压 90° ，而有用信号的相位落后参考电压 180° ，如图 1-12 所示。

当加到变压器 T_3 次级线圈的参考电压为左正右负时， G_{12} 板极电位为正，阴极电位为负，处于导通状态。电流由变压器次级线圈的 3→左管板极 7→左管阴极 1→右管板极 2→右管阴极 5 而回到变压器次级线圈的 4。此时有用信号和无用信号分成两路通过二极管到地。因二极管及 R_{42} 、 R_{43} 的电阻都较小，所以有用信号和无用信号在它们上面产生的电压降很小，可以忽略不计。当变压器次级线圈的参考电压为左负右正时，二极管板极电位为负，阴极电位为正，处于截止状态。此时有用信号和无用信号可以输出，输出波形如图 1-12 的 3 和 4 所示。

从输出的波形图可以看出，有用信号在正半周时有输出，负半周时无输出，这样就把有用信号变成了单一方向的脉动直流电。然后经 L_2 滤波后变为直流电，通过电缆送到地面仪器的衰减器。而输出的无用信号是正负对称的交流电，经过 L_2 时被滤掉，所以无输出。

由上面所讨论的检波过程可以看出，只要三种电压满足理论上所讲的相位关系，通过相敏检波器就可以达到只输出有用信号的目的。为此在实际工作中通过调节参考电压的相位来实现这一目的。调节的具体方法是：用直径为 0.6 米 (M) 的刻度环，对仪器进行刻度。通过调节电容 C_{14} 使仪器有较高的灵敏度、较小的基值，而且线性能达到上表所示的要求，这时即认为仪器已调好。

电阻率 ρ 值 (欧姆·米)	2.5	5	10	20
光点偏转 (毫米)	80	40	20	10

到上表所示的要求，这时即认为仪器已调好。

对于本级所用元件要进行严格的挑选。双二极管的温度特性要一致， R_{42} 、 R_{43} 的阻值要相等，温度系数要小。而且两个电阻的温度特性要相同，以保证变压器中心抽头与 A 两边的电路对称。否则参考电压会在 A 与地之间产生一个附加的直流电压，而影响基值的稳定性。

三、线圈系

1. 线圈系的结构

GG 70 型感应测井仪所用线圈系为 0.8 米六线圈系。结构如图 1-13 所示。按照各线圈的作用，可分为发射线圈和接收线圈两部分。发射线圈包括主发射、辅助发射和聚焦发射三个线圈；接收线圈包括主接收、辅助接收和聚焦接收三个线圈。

各相应线圈之间的距离（由线圈中点算起）为：

主发射→主接收为 0.8 米。

辅助发射→辅助接收为 0.4 米。

聚焦发射→聚焦接收为 2 米。

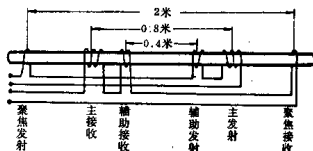


图 1-13 0.8 米六线圈系结构

上述各线圈分别绕在玻璃钢的骨架上。骨架外径为 75 毫米，内径为 60 毫米。把绕有