

激发极化仪线路汇编

中国地质科学院物探研究所激电组 编

地 质 书 局 出 版

激发极化仪线路汇编

中国地质科学院物探研究所激电组编

地 质 出 版 社

激发极化仪线路汇编

中国地质科学院物探研究所激电组编

(内部发行)

*

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

*

1978年3月北京第一版·1978年3月北京第一次印刷

统一书号：15038·新263·定价0.60元

(另有附图1袋)

前 言

激发极化法是寻找金属硫化矿床的有效方法，无产阶级文化大革命以来，无论在方法技术和仪器设备方面都有较快的发展。在金属矿电法勘探中，激发极化法在国外和国内都是一种有效的、工作量较大的方法之一。

为适应当前大好形势，促进激发极化法工作的发展，遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，中国地质科学院物探研究所激电组收集了近年来各单位进口的国外激发极化仪样机资料，汇编成《激发极化仪线路汇编》。桂林冶金地质研究所、保定冶金物探公司、重庆地质仪器厂、上海地质仪器厂、广东省地质局物探大队、中国地质科学院物探研究所等单位提供了资料。

这些激发极化仪均为国外当前较为先进的仪器。仪器线路大致包括线性放大、归一技术、脉冲与数字电路、自动程序控制、过流过压保护技术、超低频振荡、锁相放大及滤波技术、可控硅应用技术等。这些电路技术，对从事物探电法仪器研制、生产人员及院校师生具有实际参考价值。

本书为内部发行图书，所用资料在对外文章及有关活动中慎用。

目 录

时间域激发极化仪 IPR-7 接收机、IPC-7 发送机线路 介绍	1
时间域激发极化仪 IPR-8 接收机、IPC-8 发送机线路 介绍	19
时间域激发极化仪 M-3 接收机、M-2 发送机线路介绍	35
频率域激发极化仪 P660 发送机线路介绍	59
频率域激发极化仪 P670 接收机、发送机线路介绍	74
频率域激发极化仪 Mark-4 接收机、发送机线路介绍	97

时间域激发极化仪IPR-7接收机、 IPC-7发送机线路介绍

一、仪 器 指 标

IPR-7接收机

一次电压测程：300微伏—30伏，精度 $\pm 3\%$ ；

输入阻抗：300千欧；

充电率(M)测程：0—100和0—300毫秒，精度 $\pm 5\%$ ；

曲线系数测程：0—100和0—300毫秒，精度 $\pm 5\%$ ；

积分前延时：0.45秒；

自然电位补偿范围：人工补偿 ± 1.5 伏，自动补偿与测程有关，30伏测程可补 ± 10 伏；

使用温度范围： $-30^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{C}$ ；

湿度范围：至100%；

重量：6公斤。

IPC-7发送机

输出电压：直流0—1100伏，分7挡；

输出电流：最大为10安；

周期：正向供电：停电：反向供电：停电=1:1:1:1；

脉冲持续时间：2秒，4秒或8秒；

重量：29公斤；

电源：400周交流110伏2.5千瓦交流发电机，配一单缸4冲程7马力汽油机。总重量58公斤。

二、IPC-7发送机工作原理

发送机向AB电极提供一个秒级宽度的“脉冲”电流，并且以正向供电、停电、反向供电、停电四种状态循环输出。每一状态的时间相同，为2''或4''、8''。输出的电流波形示于图1—1。

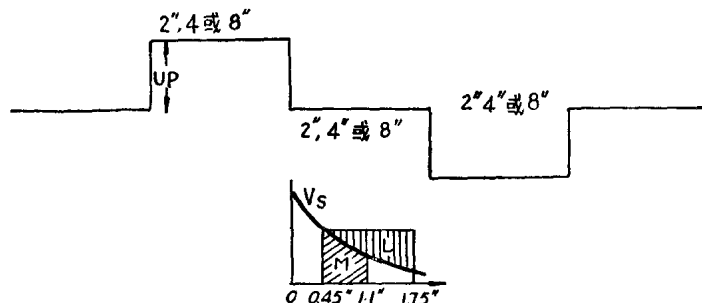


图 1—1

电源采用2.5千瓦400周交流发电机，其整机线路方框图示于图1—2。线路原理图见附图1。

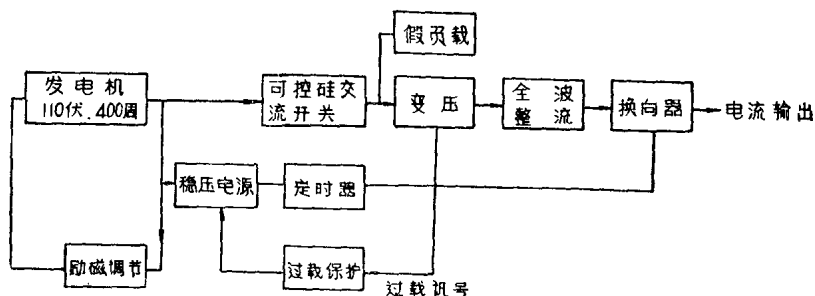


图 1—2

以下分别介绍各部分线路的工作原理。

1. 可控硅交流开关及输出电路

发电机输出的交流电流经两组可控硅交流开关，交替将电流

送至供电回路或假负载。它们的触发讯号由时控电路供给。送至供电回路的交流电流经变压器 B_1 变为输出电压可调的各挡。IPC-7输出的电压分 0—1100 伏，共七挡。电路的各级电压波形见图1—3。

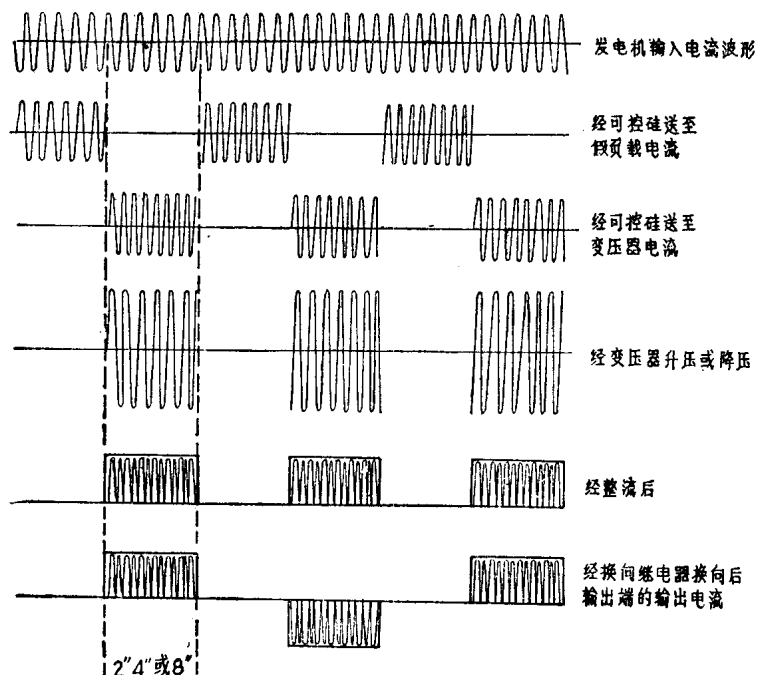


图 1—3

在整流桥和换向继电器之间尚串接一可控硅开关，其控制极接一双向触发元件MPT20。加上高压时，能自动启开可控硅开关，这个可控硅开关主要起隔离作用。在不供电的情况下，回路被它断开，这样就使测量 AB 电极接地电阻时，串接在回路中的低压源，其电流不会流过整流桥，从而可以可靠地测量接地电阻。

另一作用是利用可控硅维持电流的指标，切断由于电流流向

假负载时供电变压器中仍存在由于感应而产生的小的电压和电流,可控硅把这一电流隔离,避免通过 AB 流入大地,造成测量误差。此外在测量接地电阻时起隔离作用。

2. 定时器电路

定时器是IPC-7发送机的时控电路,这部分电路担负着2''或4''、8''的供电时间控制,担负着供电与停电,正向供电与反向供电的控制。

(1) 可控硅触发讯号:两组可控硅交流开关的触发讯号是由定时电路提供的。为了防止直接耦合触发引起的干扰,采用4千周的交流讯号经变压器耦合,再经整流之后去触发可控硅。4千周的交流讯号由单结晶体管 Q_1 组成的8千周频率的张弛振荡器产生,经 Q_2 整形及电平变换和双稳态 FF_5 二分频之后送至 Q_3 、 Q_4 进一步整形放大,然后送至由 Q_7 、 Q_8 及 Q_{12} 、 Q_{13} 分别组成的两个推挽放大器前级的门电路输入端。推挽放大器的负载是触发可控硅的变压器的初级线圈。这样便将4千周的交流讯号经变压器耦合到次级,再经整流后触发可控硅。如果推挽放大器不工作,则变压器没有输出,可控硅也就不导通。 Q_7 、 Q_8 组成的第一组推挽放大器是控制假负载的可控硅交流开关的,其门电路是有两个输入端的负或门电路。输入①端的是供电时间讯号,其脉冲宽度为2秒、4秒或8秒,输入②端的是4千周的交流讯号(图1—4a)。

Q_{12} 、 Q_{13} 组成第二组推挽放大器,是控制供电回路的可控硅交流开关的,其门电路是有四个输入端的负或门电路(图1—4b)。

分析图1—4b知道,正常工作时①端没有讯号,为高电位。当过流时便有负讯号加在①端,此时放大器便不能工作,变压器便没有输出,可控硅也就处在关断状态,这样就把电流切断了。③端是输入供电讯号,其脉冲宽度为2秒、4秒或8秒。当向 AB 电极供电时,③端处在高电位,断电时便处在低电位。②端为5毫秒延迟的讯号,当③端由负电位(即 AB 断电)变为正电位时(即 AB 供电),从 Q_5 集电极输出的时间讯号经微分之后加在

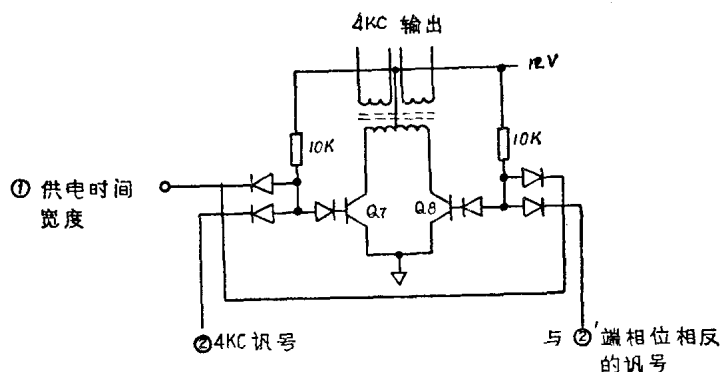


图 1—4 a 负或门及推挽放大器电路

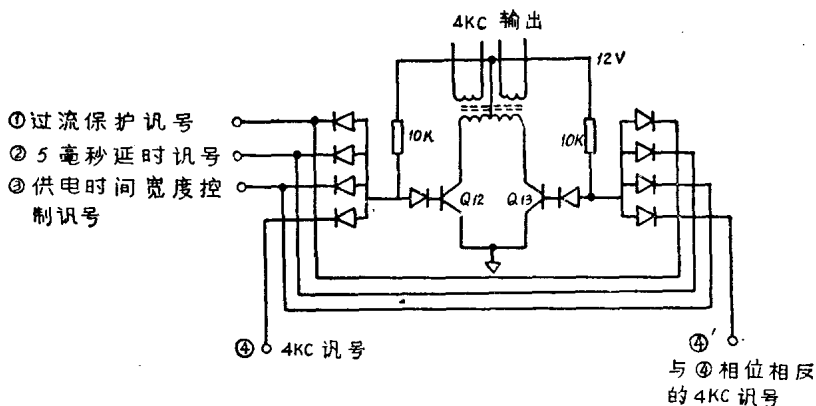
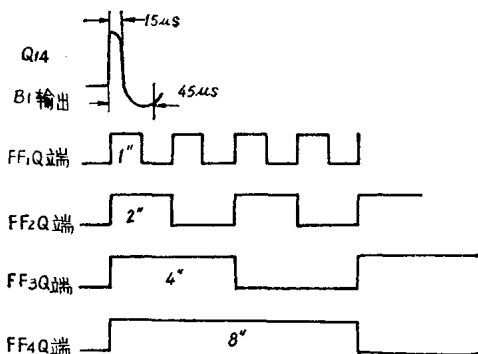


图 1—4 b

Q_{10} 的基极上(图1—5)。经倒相之后便加在 Q_{11} 基极上。 Q_{11} 的常态是截止的。负脉冲是不起作用的,只有正脉冲才使 Q_{11} 导通,导通的时间由正脉冲的宽度和基极的电平所决定。这一时间已定为5毫秒,这5毫秒时间为 Q_{11} 输出负脉冲宽度,使推挽放大器在此时停止工作。这样就使假负载回路的断流与供电回路的导通在时间上隔开5毫秒,保证两个回路不会存在同时导通的瞬间,



$$f = \frac{1}{83K \times 11 \times 10^{-6} \times \ln \frac{1}{1-\eta}} =$$

$$= \frac{1}{83K \times 11 \times 10^{-6} \times 11} = 1$$

(取 $\eta=0.67$)。

3. 控制AB极换向的触发电路

AB电极上电流极性的换向是利用换向继电器的转换来达到。由于AB回路的电流电压均高，故线路上设计了在AB断流时使继电器的触点无负荷时转换。转换讯号是由一组时间讯号经门路之后合成一个流经继电器线圈的电流讯号，这个讯号在时间宽度上为供电时间的两倍，时间的先后关系见图1—7。

以图1—7为例， FF_1Q 端、 FF_2Q 端双稳电路的输出讯号经反相器倒相之后成为D、E端的讯号， FF_2Q 端的讯号又送到可控硅触发电路部分，因此 FF_2 的Q端也表示了AB供电的时间波形。D、E两端的讯号输入到由二极管组成的两输入端的或门电路，合成了 Q_{16} C极的波形。这个波形讯号转换的位置已移到了AB断电时间间隔的中间（图1—7）。 Q_{16} 输出的讯号触发 FF_6 双稳态电路， FF_6 输出的讯号又经 Q_{17} 放大送给 Q_{18} 的基极上，换向继电器的绕组作为 Q_{18} 的负载。当 Q_{18} 导通，继电器便工作，这样就保证了继电器在触点没有负荷时工作，达到电流极性转换的目的。

4. 过流保护电路

过流时定时器的线路工作电源自动断开，定时器停止工作，可控硅交流开关断开供电回路，达到过流保护的目的。过流保护的电原理图见图1—8。

过流保护电路的两个磁环感应线圈分别串在调压变压器的初级与次级引出线上。当过流时，变压器引出线上的交流磁场就大，经磁环感应线圈 B_2B_3 耦合便得一交流电流，再经整流便成为一过流的直流电平。根据过流保护的水平和可控硅触发电压，调节电位器W。当过流时有一直流电平加到可控硅的控制极上，使

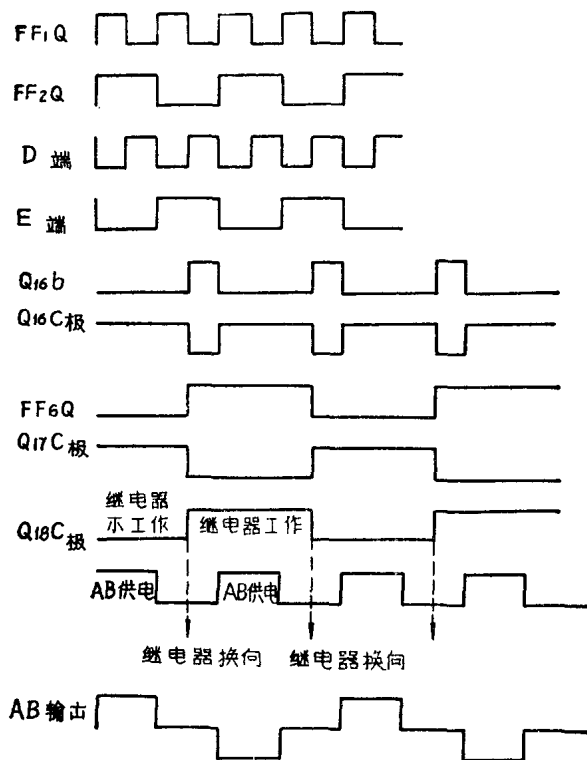


图 1—7

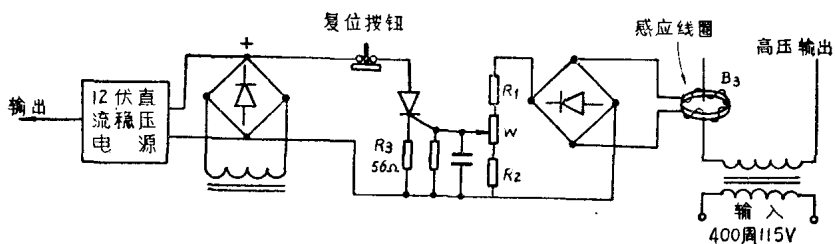


图 1—8 过流保护电路原理图

可控硅导通。由于可控硅的回路电阻只有56欧，因而整流器输出的直流电流绝大部分流过56欧，致使12伏直流稳压电源没有输出，因而定时电路也不能工作。与此同时，在56欧上的压降输入到 Q_{27} 的基极，使 Q_{27} 导通，第二组推挽放大器输入回路的负或门电路的①端上。其①端得一“0”电平，使放大器停止工作，这样就达到了过流保护的效果。要重新使定时器工作，只需按下“复位”按钮使可控硅断开便可。

5. 交流电压调节

发送机内除以上介绍的几部分电路外，还有发电机励磁调节的半导体控制电路，通过励磁调节便可调节交流发电机输出的交流电压。

Q_{20} 为单结晶体管组成弛张振荡器。固定的振荡频率可由振荡元件 RC 算出。 $Q_{20}b_1$ 端输出的脉冲经 Q_{19} 放大后，通过变压器耦合到可控硅整流器的可控硅触发极上。使正弦电流加在可控硅上，此时可控硅不导通，只有其控制极接收到脉冲讯号之后才导通，因此整流器输出的平均电压受脉冲的时间控制。 Q_{12} 、 Q_{21} 的集电极接在充电电容的正端， Q_{21} 的工作状态改变就直接改变电容的充电时间，从而改变了 Q_{19} 输出脉冲的时间，达到改变整流器输出的平均电压。因此控制 Q_{21} 的集电极电压便可调节交流电压的变化。为了使 Q_{21} 的输出稳定可调， Q_{21} 的发射极串一稳压二极管，使发射极的电压不随电流的改变而改变。稳压二极管的电流是由整流滤波的电压经两个4.7千欧电阻分压而来， Q_{21} 基极上接一个二极管是为了补偿 Q_{21} 温度变化。这样的电路使 Q_{21} 集电极的电流稳定。随着 Q_{21} 基极电平的改变，便改变了 Q_{20} 输出脉冲的时间，从而达到调压的目的。

除以上介绍的线路外，还可以利用发送机对接收机内电池进行充电，以及发送机对发电机的启动电路。因电路比较简单，这里不再多述。

三、IPR-7接收机工作原理

IPR-7接收机直接测量极化参数——充电率 (M)。在仪器设计上对一次场先进行归一化, 然后在一次场断电后 0.45 秒—1.1 秒的间隔内对瞬变曲线进行积分。其积分的面积便为充电率 M 。由于采用 0.45 秒的延时, 可以认为在测量之前由于断电引起的瞬变磁场及存在于导线间的感应耦合已经消失。仪器还可以测量参数“ L ”。“ L ”为瞬变曲线之上对应 0.45—1.75 秒间隔的积分面积。参数 M 和 L 的物理意义及其解释方法这里不作阐述。线路的电原理方框图见图 1—9, 整机线路图见附图 2。

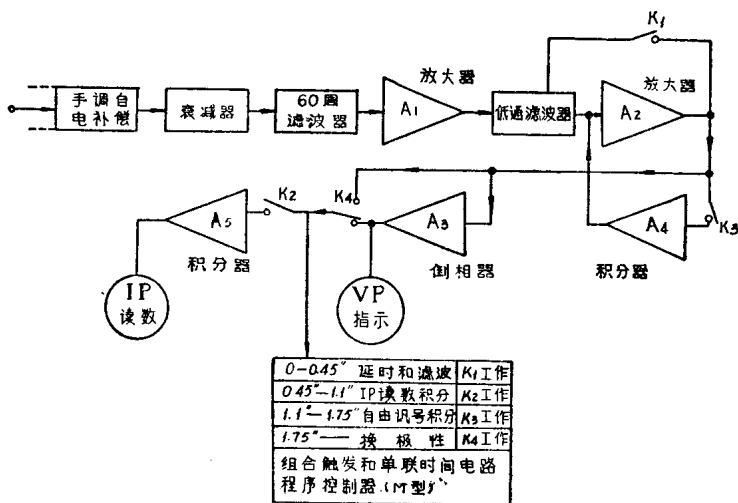


图 1—9

1. 输入电路及前置放大器

输入电路由极化补偿器、讯号衰减器及滤波器组成。输入电路的输入电阻决定了整机的输入阻抗, 衰减器的总电阻为 304.47 千欧, 也即为整机输入电阻。滤波器由无源双 T 滤波器和 Γ 型低通滤波器组成。前者为滤去 60 周工业游散电流干扰, 后者的特征

频率为9.6周，主要是滤去高频及脉冲干扰。

前置放大器 A_1 是由混合型固体电路PP58AU组成的单端输入反馈型直流运算放大器。由于对前置级的各项指标要求较高，在无讯号输入时保证输出端为稳定的零输出，因此对前置级的工作电流单独加以稳压。稳压器由 Q_1 、 Q_2 组成。 Q_1 起调整作用， Q_2 为取样放大，基准电压为地端， Q_2 的发射极接地， R_{23} 、 R_{24} 为取样电阻，接在正负电源之间。这样就保证了正负电源相对于地端的变化是稳定的，从而使放大器的零输出稳定。

放大器需要进行失调电压及失调电流补偿， R_{16} 、 R_{17} 、 R_{18} 、 R_{19} 为固定的失调电流补偿， W_3 为失调电压补偿。它们均保证放大器输出端为零。

在不同测程时，前置放大器 A_1 的增益也不同，可分为4挡，它的简化电路见图1—10，是采用改变 R_1 来达到改变增益的。最大电压增益约为100倍，最小为1.2倍。

放大器的输入端并接了两只二极管 D_1 、 D_2 ，对放大器起保护作用，防止正或负讯号输入过大而烧毁组件。

2. 第二级放大器及自然电位自动补偿电路

第二级放大器仍采用组件PP55AU，但它接成差分放大器形式，讯号由反向端输入，反向端反馈。而同向输入端则输入一自动补偿的自然电位讯号。简化电原理图示于图1—11。

从图中知道，放大器的增益：

$$K = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R'_s + R'_5}{R'_5} \right) = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R'_s}{R'_5} + 1 \right)$$

在实际电路中， R_4 、 R_5 是可变的。可使IPR-7在测量时先改变整机的总增益使“一次电位”归一化，然后再输入二次电位进

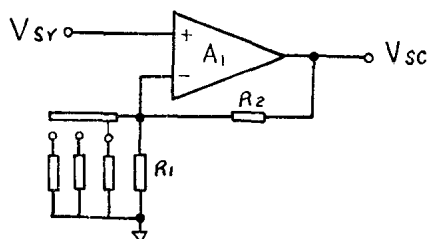


图 1—10

行积分。这种相对的归一化测量方法，既提高了测量精度，又可实现“直读极化参数”。由于归一化之后，不管入端讯号的差异多大，在出端的电压总是固定为3伏，因此为实现自动触发提供数值固定的触发讯号。

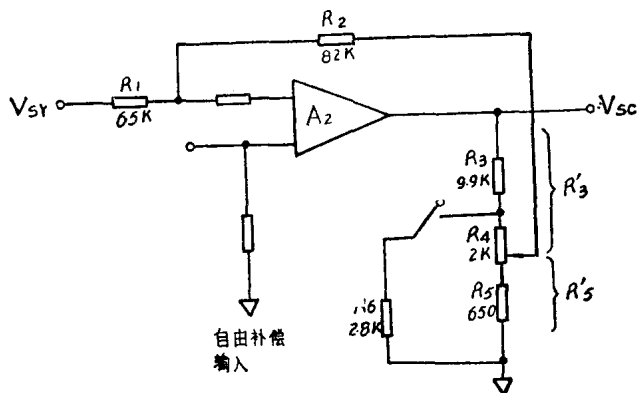


图 1—11

第二级放大器 A_2 的增益计算，其数据见图 1—11，在 0.3 及 3 测程时 K 接通， R_6 与 $R_4 + R_5$ 并联。此时设电位器动臂在上端，则电压增益为：

$$K = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R_3(R_6 + R_5 + R_4)}{R_6(R_5 + R_4)} + 1 \right)$$

若电位器动臂在下端，则电压增益为：

$$K = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \left[\frac{R_3(R_6 + R_5 + R_4)}{R_6(R_5 + R_4)} + 1 \right] \left(\frac{R_4}{R_5} + 1 \right)$$

若 K 不接通，那 R_6 不并接 $R_4 + R_5$ 时，同样设 R_1 电位器动臂在上端，此时电压增益为，

$$K = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R_3}{R_4 + R_5} + 1 \right)$$

若电位器动臂在下端，则电压增益为