

== pHG-21B 型 ==

工业酸度计

== 使用说明书 ==

上海第二分析仪器厂

PH G-21B型工业酸度计使用说明书

目 录

一、概 述	1
二、主要技术指标	4
三、仪器工作原理	4
四、使用和安装	9
五、调整和运行	12
六、仪器准确度检查	13
七、维护与检修	15
八、仪器及备件	17
九、缓冲溶液	17
十、PH G-21B型元件参数表	19
PH G-21B型工业酸度计电路图(单量程)	22
PH G-21B型工业酸度计电路图(双量程)	23

PHG-21B型工业酸度计使用说明书

~~~~~

## 一、概 述

### 1. 仪器的用途：

PHG-21B型工业酸度计，由高阻转换器与酸度发送器组成，能连续测量工业流程中水溶液的酸度（即 $PH$ ）值。它适用于电站、化学工业、制药工业、冶金工业以及各工业部门的废水中和等进行连续测量酸度之用。

与PHG-21B型工业酸度计配套的酸度发送器有：

- (1) PHGF-12型沉入式酸度发送器（适用于测量溶液槽内的溶液）。
- (2) PHGF-13型沉入式清洗酸度发送器（适用于测量溶液槽内对电极有微量沾污的溶液）。
- (3) PHGF-22型压力流通式酸度发送器（适用于在管道内测量，允许有 $0\sim 10\text{ kg/cm}^2$ 压力，必须外加气压补偿）。
- (4) PHGF-23型流通式清洗酸度发送器（适用于管道内常压测量，对电极有微量沾污的溶液）。

PHG-21B型除有指示外，并有 $0\sim 10\text{ mA}$ 电流输出。可以接自动调节组合单元，以便进行自动调节和控制。仪器同时又有 $0\sim 10\text{ mV}$ 电压输出，可以连接记录仪进行自动记录。仪器本身无报警装置，但如需超限报警，则可以按仪器输出讯号连接有报警接点的记录仪或指示表。

仪器带有温度补偿装置。温度补偿电极则安装在酸度发送器内，可以对被测溶液温度变化进行自动补偿。

### 2 酸度的含义简介：

当温度在 $22^\circ\text{C}$ 时，由于水本身的电离作用，每升纯水中含有 $10^{-7}$ 克的氢离子 $[\text{H}^+]$ ，由于氢的原子量和原子价都是1，所以每升纯水中含有 $10^{-7}$ 克当量氢离子。



由于两种离子的浓度是相同的，它们的乘积称离子积。

$$K_{\text{水}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

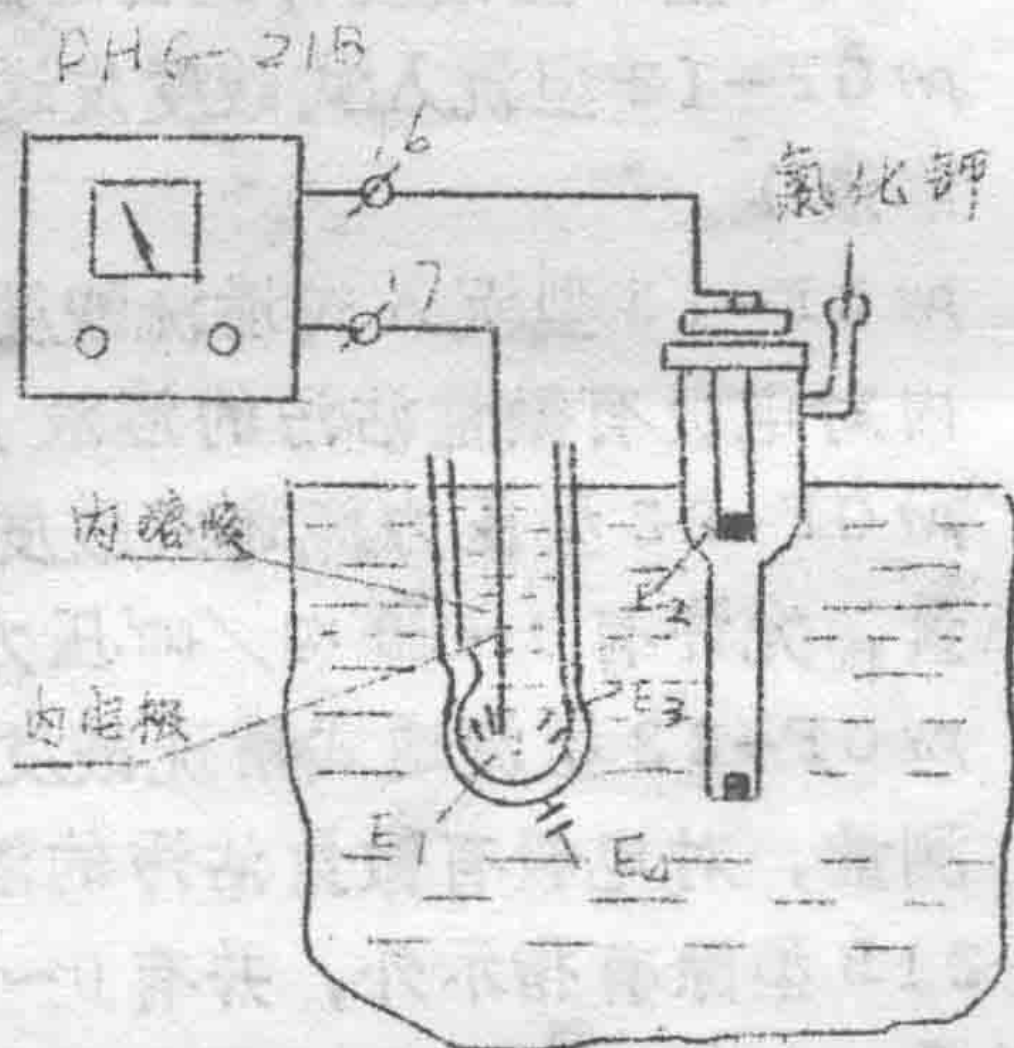
$$= 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$$

酸度计就是用来测量溶液中氢离子活度的仪器，它的单位是 $\text{pH}$ ，它的定义是： $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ 。对于纯水在 $22^\circ\text{C}$ 时为 $\text{pH} = 7$ 。

### 3. 电极系统简介：

水溶液酸度的测量通常是采用玻璃电极作为测量电极，以甘汞电极作为参比电极，这一对电极的电动势差值的大小，决定于溶液的氢离子的活度，测量其电动势值就可以知道被测溶液的酸度了。电极系统见图一。

玻璃电极头部是由特殊的玻璃做成较薄的球泡，是电极的主要部分。当它浸入被测溶液时，被测溶液中氢离子与电极球泡表面水化层进行离子交换，因此，玻璃球泡内外表面层和内外溶液间氢离子浓度保持平衡产生电位差，差值 $E$ 和溶液氢离子活度 $\alpha[\text{H}^+]$ 之差应符合下列公式：



〔图一〕电极系统图

$$E = -2.303 \frac{RT}{F} \lg \alpha[\text{H}^+] \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： $R$ ——气体常数（8.315 焦耳）；

$T$ ——绝对温度 ( $273+t^{\circ}\text{C}$ ) ;

$F$ ——法拉第常数 (96500 库仑)。

玻璃电极内部装有内缓冲溶液及内电极,内电极浸入内溶液中形成半电池,再与甘汞电极半电池导线引入高阻变换器进行测量。

甘汞电极作为一个半电池,其电极电动势基本上不受被测溶液  $\text{pH}$  值变化的影响,甘汞电极内部溶液为了方便起见采用饱和的氯化钾溶液作为内溶液。为了使得内溶液与被测溶液之间产生电路联接,在电极下端有盐桥,头部用多孔陶瓷芯或活动螺口,氯化钾溶液通过多孔陶瓷细孔或活动螺口渗出与被测溶液形成通路。

#### 4. 电极系统电性能简介:

- (1) 电极系统电动势——电极系统的电动势  $E$  为  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 、 $E_4$  总的代数和 (见图一)。由于玻璃电极膜与溶液所引起的电势,随着溶液温度变化电势也产生变化,在  $20^{\circ}\text{C}$  时每 1  $\text{pH}$  是  $58.16\text{mV}$ , 在  $25^{\circ}\text{C}$  时是  $59.15\text{mV}$ , 由温度所引起电极电动势的变化,通过高阻变换器进行补偿。
- (2) 电极内阻——玻璃电极内阻主要取决于玻璃球泡敏感膜,玻璃球泡敏感膜内阻在  $20^{\circ}\text{C}$  时达  $150\text{M}\Omega$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  时约为  $500\text{M}\Omega$ , 温度升高内阻降低。甘汞电极内阻主要取决于多孔陶瓷,一般约  $5\sim 10\text{K}\Omega$ ,
- (3) 零电位  $\text{pH}$  值——玻璃电极膜内外如浸在相同溶液内,从原理上看膜电势应当等于  $0\text{mV}$ ,但实际上由于玻璃膜的厚度及热处理等因素,会产生一定的膜电位,另外玻璃电极、比较电极内部电极之间电极电位之差总称为不对称电位,零电位  $\text{pH}$  值即是将电极不对称电位为零时的被测溶液  $\text{pH}$  值。如玻璃电极内缓冲溶液选用  $\text{pH}=7$ , 则零电位  $\text{pH}$  为 7, 适用于高阻变换器指示表零电流读数为  $\text{pH} 7$ 。如玻璃电极内缓冲溶液选用  $\text{pH}=2$ , 则零电位  $\text{pH}$  为 2, 适用于高阻变换器指示表零电流读数为  $\text{pH}=2$ 。电极不对称电位可以在高阻变换器定位调节器进行调节。

## 二、主要技术指标

### 1. 量 程：

(1) 双量程  $pH$   $7 \sim 0$ ， $7 \sim 14$ ，最小分度  $0.2 pH$ 。

(2) 单量程  $pH$   $2 \sim 10$ ，最小分度  $0.2 pH$ 。

以上二种在订货时按需要说明选用一种量程。

2. 仪器输出讯号： $0 \sim 10 mA$ ， $0 \sim 10 mV$ 。

3. 最大外接负载电阻：双量程不大于  $500 \Omega$ ；

单量程不大于  $1200 \Omega$ 。

4. 测量精度： $0.2 pH$ 。

5. 稳定性： $\pm 0.02 pH / 24$  小时。

6. 灵敏度：不低于  $0.02 pH$ 。

7. 建立读数时间：仪器指针建立读数时间不大于 6 秒。

8. 电源电压影响：电源电压变化  $220V \pm 1\%$ ，读数变化不大于  $0.02 pH$ 。

9. 仪器能接自动温度补偿器，但输送导线电阻不大于 1 欧姆。

### 10. 仪器工作条件：

(1) 空气相对湿度： $\leq 85\%$ ；

(2) 环境温度： $0 \sim 45^{\circ}C$ ；

(3) 电源电压： $220V \pm 1\%$ ；

(4) 电源频率： $50 \sim 60 Hz \pm 5\%$ ；

(5) 被测溶液温度： $5 \sim 60^{\circ}C$ ， $20 \sim 95^{\circ}C$ （按电极而定）；

(6) 被测溶液压力：按发送器而定，一般常压。

11. 仪器消耗功率：约 4 瓦。

12. 仪器外形尺寸： $160 \times 160 \times 385$  毫米。

13. 仪器重量：约

## 三、仪器工作原理

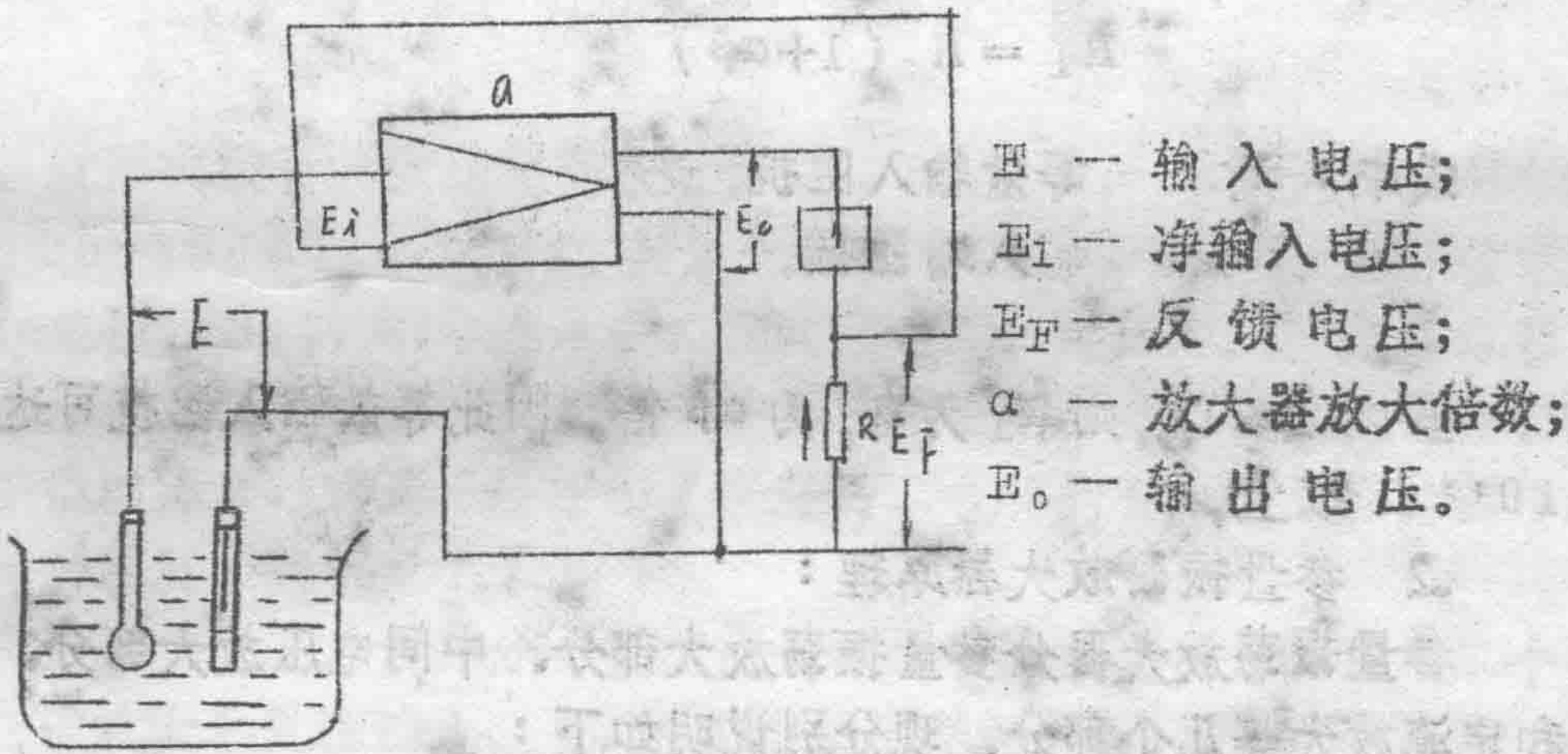
$pH G - 21 B$  型工业酸度计仅是一个高阻直流放大器，不能单独使

用，它必须和酸度发送器配合使用，当被测溶液PH值变化，通过一对电极产生微变电势变化，由高绝缘屏蔽电缆引入至高阻直流放大器。

本仪器的直流放大器是采用变容二极管的参量振荡放大器，构成深度负反馈放大电路，因而稳定性好，长期使用零点漂移小，不需要经常调零，维护量小，下面分别叙述深度负反馈和参量振荡放大器的原理。

1. 深度负反馈电路原理：

深度负反馈对提高放大器的稳定性是一个有效的方法，深度负反馈原理图参阅图二。



(图二) 反馈原理图

净输入电压： $E_i = E - E_F$  ..... (1)

输入电压： $E = E_F - E_i$  ..... (2)

因为： $E_i = \frac{E_F}{a\beta}$  ( $\beta$  为反馈系数) ..... (3)

以(3)代入(2)得：

$$E = E_F + \frac{E_F}{a\beta}$$

$$E = E_F \left( 1 + \frac{1}{a\beta} \right)$$

当  $a\beta \gg 1$ , (实际  $a \gg 1000$ )

则:  $E = E_F = IR \dots\dots\dots (4)$

因为  $R$  为固定常数。由(4)式可知输入电压 ( $E$ ) 与输出电流 ( $I$ ) 成正比线性关系, 而放大器的放大倍数变化在指示表上无显著影响, 这样就达到了高度稳定的目的。

另外, 深度负反馈放大器能提高仪器输入阻抗, 因为:

$$R_i = R_o (1 + a\beta)$$

式中:  $R_i$  —— 等效输入阻抗。

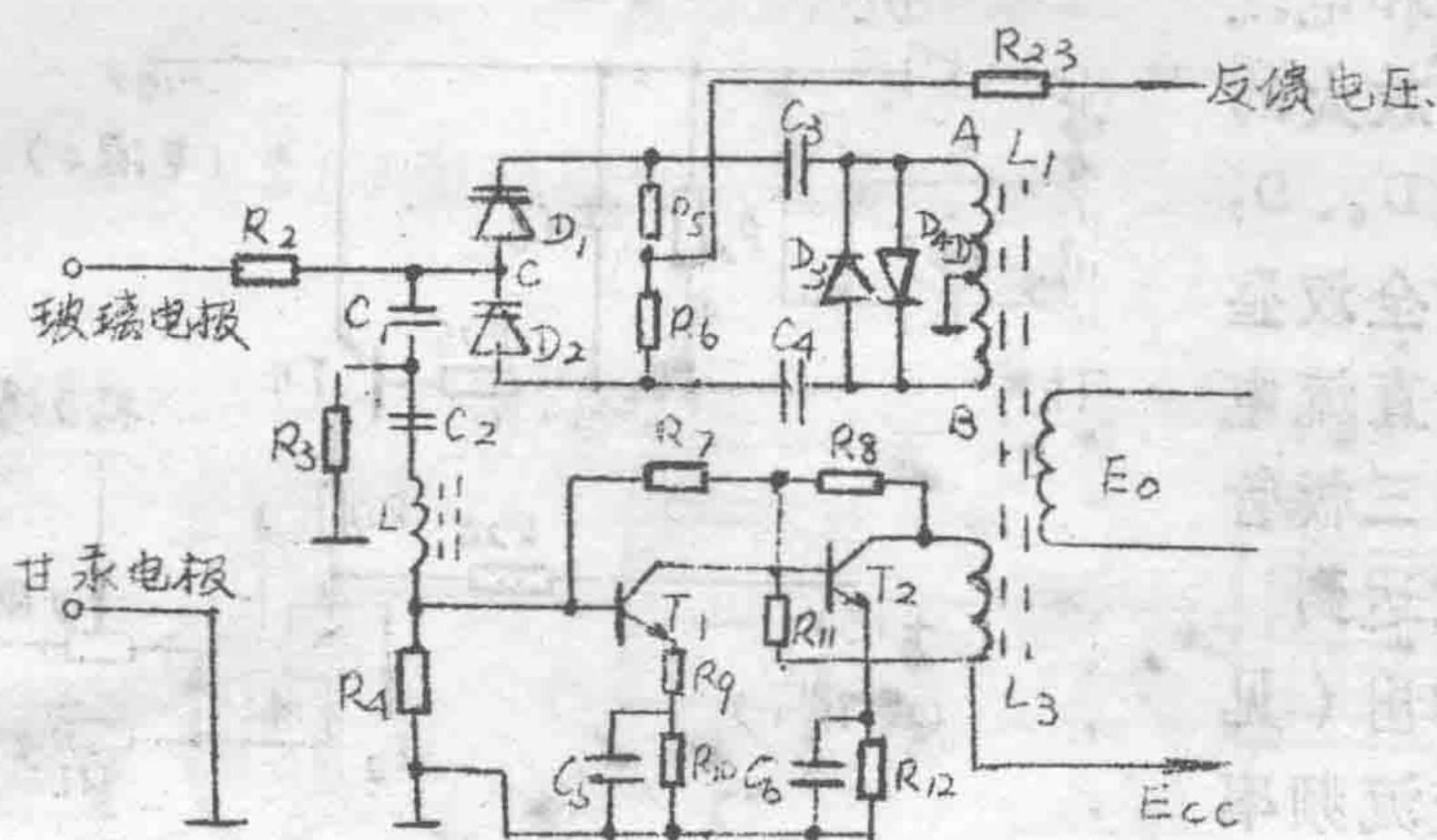
$R_o$  —— 输入端阻抗。

当  $a\beta \gg 1$ , 则  $R_i$  为  $R_o$  为  $a\beta$  倍。因此等效输入阻抗可达到  $10^{13} \Omega$  以上。

## 2 参量振荡放大器原理:

参量振荡放大器分参量振荡放大部分、中间电压放大部分、整流和电流放大等几个部分, 现分别说明如下:

(1) 参量振荡放大器: 参量振荡是用二个性能相同的变电容二极管  $D_1$ 、 $D_2$ , 电极微变直流电压加在此管子的两端, 管子的电容量随着所加电压的增减而增减, 如加上正向电压, 电容量即增加, 如加上负向电压, 电容量就减小。  $D_1$ 、 $D_2$  和  $TR_1$  的  $L_1$ 、 $L_2$  形成一个桥路的四个桥臂,  $C_3$ 、 $C_4$  是隔直电容,  $T_1$ 、 $T_2$  是直接耦合的二级放大, 振荡原理是当放大器接通电源  $E_{CC}$ ,  $L_3$  就有一个起始变动电流, 此变动起始电流, 通过变压器  $TR_1$  感应到  $L_1$ 、 $L_2$ , 此交流感应电压即加到  $D_1$ 、 $D_2$  二端, 当  $D_1$ 、 $D_2$  固有电容量稍有变化,  $C$ 、 $D$  二端就有电压输出, 通过  $C_1$ 、 $C_2$  及电感  $L$  进入  $T_1$  和  $T_2$  放大, 放大后的讯号由  $L_3$  感应到  $A$ 、 $B$  二端。促使  $C$ 、 $D$  继续有电压输出。这样循环不

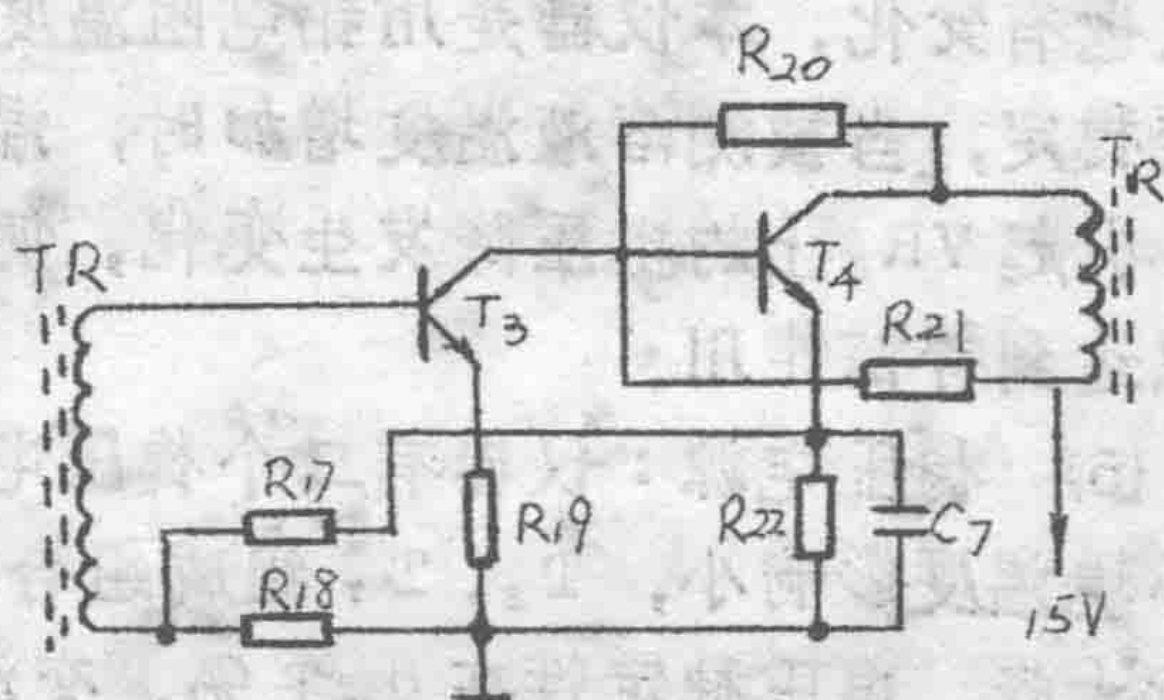


〔图三〕参量振荡放大器

息，就形成振荡，振荡频率决定于  $D_1$ 、 $D_2$  及  $L$ ，本放大器振荡频率在  $120 \sim 150 \text{ KHz}$ ， $T_1$ 、 $T_2$  共放大约 100 倍， $R_7$ 、 $R_8$  是并联电压反馈电阻， $R_{12}$ 、 $R_{10}$  是串联电流反馈电阻， $C_5$ 、 $C_6$  是旁路电容。

当环境温度变化时，变容管受到温度影响，电容量变化将会引起指示值的偏差，但是电路中用了成对的二个相同管子有互相补偿作用，因此对温度影响就很小了。

(2) 中间放大部分：直流放大器的中间放大部分，使用二个管子进行放大（见图四）。 $T_3$  的工作偏压是经  $R_{19}$ ，再由  $R_{18}$ 、 $R_{17}$  分压取得，有比较大的反馈量，以达到稳定作用。 $R_{20}$  是电压反馈电阻， $R_{19}$ 、 $R_{22}$  是电流反馈。二级共放大约 100~120 倍。为了要得到较大的功率输出， $T_4$  采用中功率晶体管，工作电压 15V。



〔图四〕中间放大电路

(3) 整流和电流放大：经过中间放大的交流电压，通过  $D_6$ 、 $D_7$  二个二极管进行全波整流，整流出来的直流电流再经过中功率三极管作电流放大，以达到

10mA 的电流输出（见图五），由于交流频率很高，所以经过整流后的脉动电压只要用 0.1  $\mu\text{f}$  电容进行滤波即足

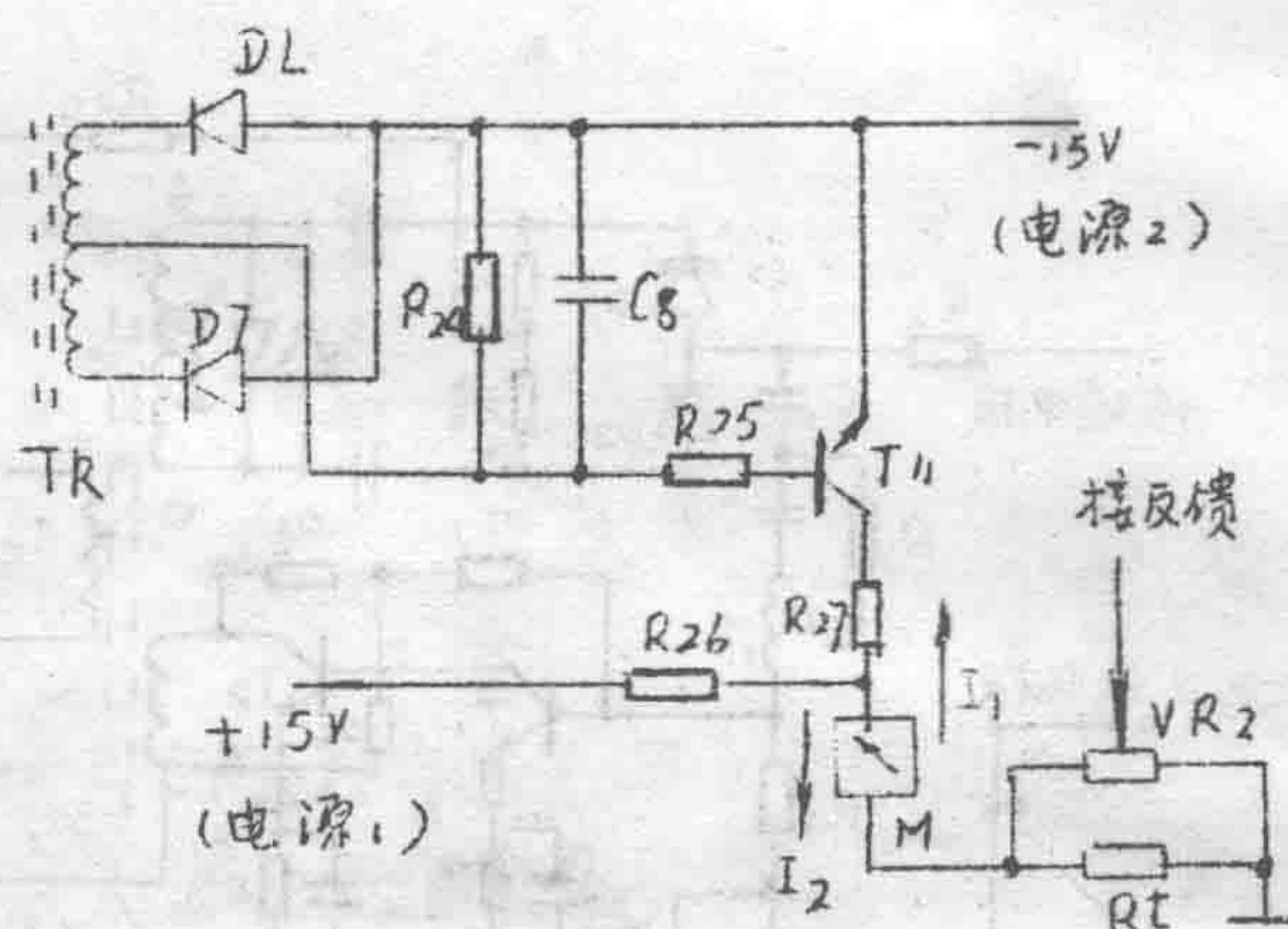
够了。这个直流引入  $T_{11}$  基极，使  $T_{11}$  集电极电流有很大的变化，供给  $T_{11}$  用单独一个电源 2，因此流过表头 M 有二个不同方向的电流

$I_1$  及  $I_2$ ， $I_2$  是反向固定电流，使指示值反向偏转，当输入负电压增加（pH 值大于 7）时  $I_1$  增加，指示值也随着增加，当输入正电压（pH 值小于 7）时， $I_1$  就减小，指示值向反向转动，这样就能测量正负二个方向的电压。

图五中的  $VR_2$  是范围调节器。它通过改变反馈量的大小，达到各种量程范围的目的。

(4) 温度补偿：由于玻璃电极所测量的被测溶液温度变化时，指示值也有变化，本仪器是用铂电阻温度计来作温度补偿。因为铂电阻比较稳定，当被测溶液温度增加时，温度补偿电极，电阻值  $R_t$  也增加，引起  $VR_2$  上的电压降发生变化，使反馈量也增加，指示值立即减小以达到补偿作用。

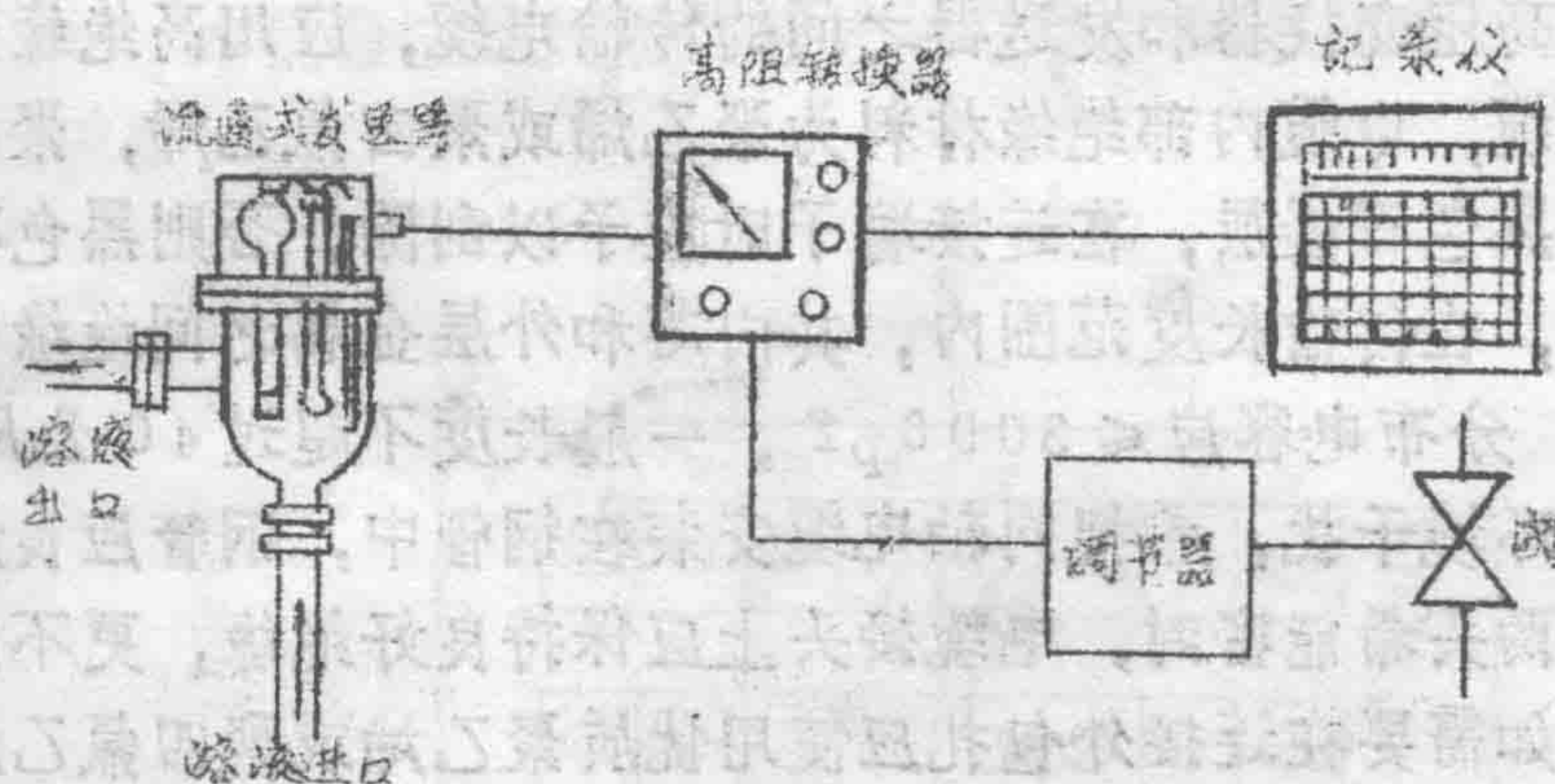
(5) 稳压电源：仪器有二个稳压电源（15V），全部采用硅管，因此环境温度影响小， $T_6$ 、 $T_7$  组成组合式调整电路，电路图中  $T_7$  为取样放大管，电压稳定性在 0.1%，交流纹波不大于 0.1mV。



〔图五〕整流和电源放大电路

#### 四、使用和安装

1. PHG-21B型高阻变换器和酸度发送器及记录仪连接方法：



〔图六〕 组合仪表连接图

(1) 发送器：配套酸度发送器可以按需要选用沉入式或流通式等类型。酸度发送器内玻璃电极必须按使用要求选用，如温度范围、零电位 $pH$ 值等。安装时玻璃电极敏感薄膜必须小心安装，不使碰破。甘汞电极内饱和氯化钾即将流完之必须添加，甘汞电极内电极，由氯化亚汞( $Hg_2Cl_2$ )和汞合成，它必须与氯化钾溶液接触，不允许有气泡存在。

温度补偿器在 $0^{\circ}C$ 时， $R_0=46\Omega$ ，在 $20^{\circ}C$ 时 $R_t=20=49.64\Omega$ 。

(2) 高阻变换器：高阻变换器可以安装在配电盘上，仪表两边可用专用夹夹住，用螺丝顶紧。

仪器输出电流满度为 $10mA$ ，可以外接指示表或 $10mA$ 控制单元等设备，但设备最大负荷电阻单量程仪表不超过 $1200\Omega$ 。双量程仪表不超过 $500\Omega$ 。另外仪器可以外接 $10mV$ 记录仪进行自动记录。在联接时应注意“+”、“-”极性。如联接其它非规定毫伏的记录仪，可以把仪器抽出调换记录仪标准电阻，串接 $10\Omega$ 即可接 $100mV$ 记录

仪，串接  $4.5\Omega$  电阻可接  $45\text{mV}$  记录仪。

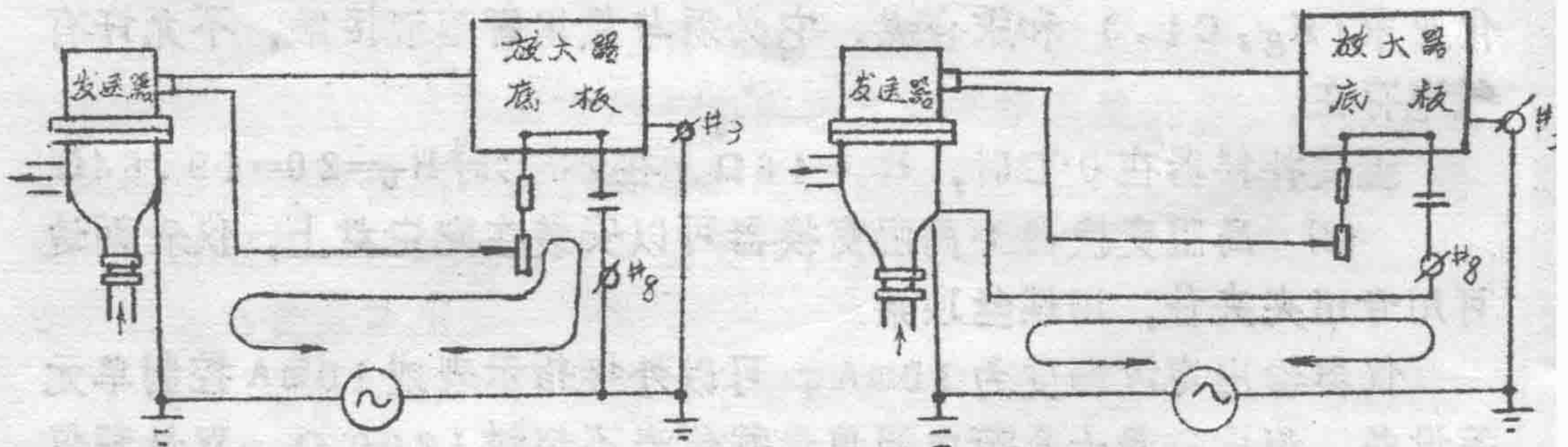
## 2. 安装说明：

(1) 仪器希望安装在发送器附近，以避免由于传输电缆过长的影响，致使仪器输入阻抗减低。

(2) 高阻变换器和发送器之间的传输电缆，应用高绝缘同轴低噪音屏蔽电缆，电缆内部绝缘材料为聚乙烯或聚四氟乙烯，聚乙烯外表面有一层黑色石墨层，在连接端子时应予以刮除，否则黑色石墨层会导致漏电，在传输长度范围内，其内芯和外层金属之间绝缘电阻应  $\geq 10^{12}\Omega$ ，分布电容应  $\leq 3000\text{pF}$ ，一般长度不超过 40 公尺，为了避免外界环境干扰，希把同轴电缆安装在钢管中，钢管应良好接地以作屏蔽，两头希能密封，电缆接头上应保持良好绝缘，更不能应用电气包布，如需要在连接外包扎应使用优质聚乙烯或聚四氟乙烯材料，即使聚氯乙烯也不能使用。电缆应使用整根，中间无接头以防止绝缘不良。

(3) 地线连接：合理的良好接地是保证仪器正常工作的重要条件之一，希望安装时予以重视。放大器的特殊接地线（#8 接线头）应当用外包绝缘层的导线（如 #18 皮线）直接接到发送器外壳或最近的管道上，连线不可借作别用，下面说明仪器正确和不正确的接地。

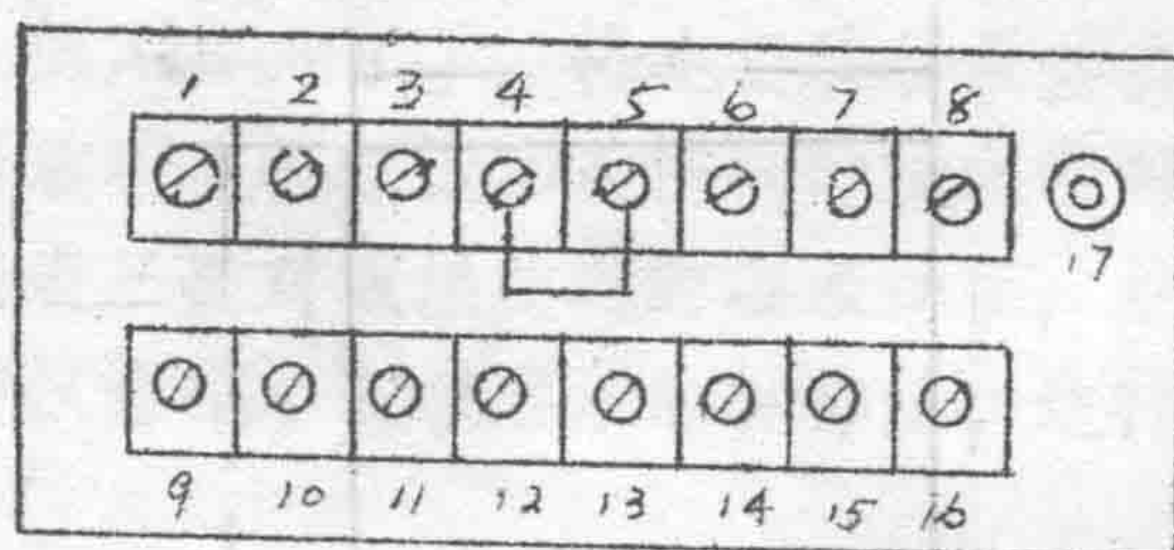
（见图七）



(a) 错误，甘汞电极回路有干扰电流 (b) 正确，甘汞电极回路无干扰电流  
〔图七〕正确的与错误的接地示意图

(5) 高阻转换器如与无温度补偿电极的发送器(如PHGF-11型)配套使用时,则必须在图八连接图的#11、#13接头上加接49.64 $\Omega$ 固定电阻(相当于20 $^{\circ}\text{C}$ 时温度补偿电极电阻值)。如与有温度补偿电极的发送器配套,则应拆去此电阻。

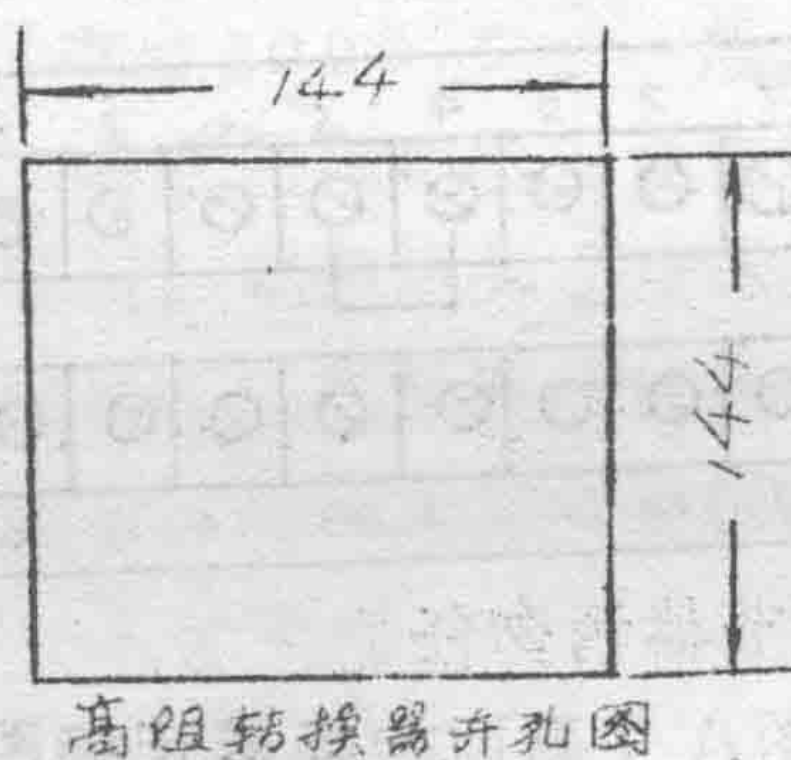
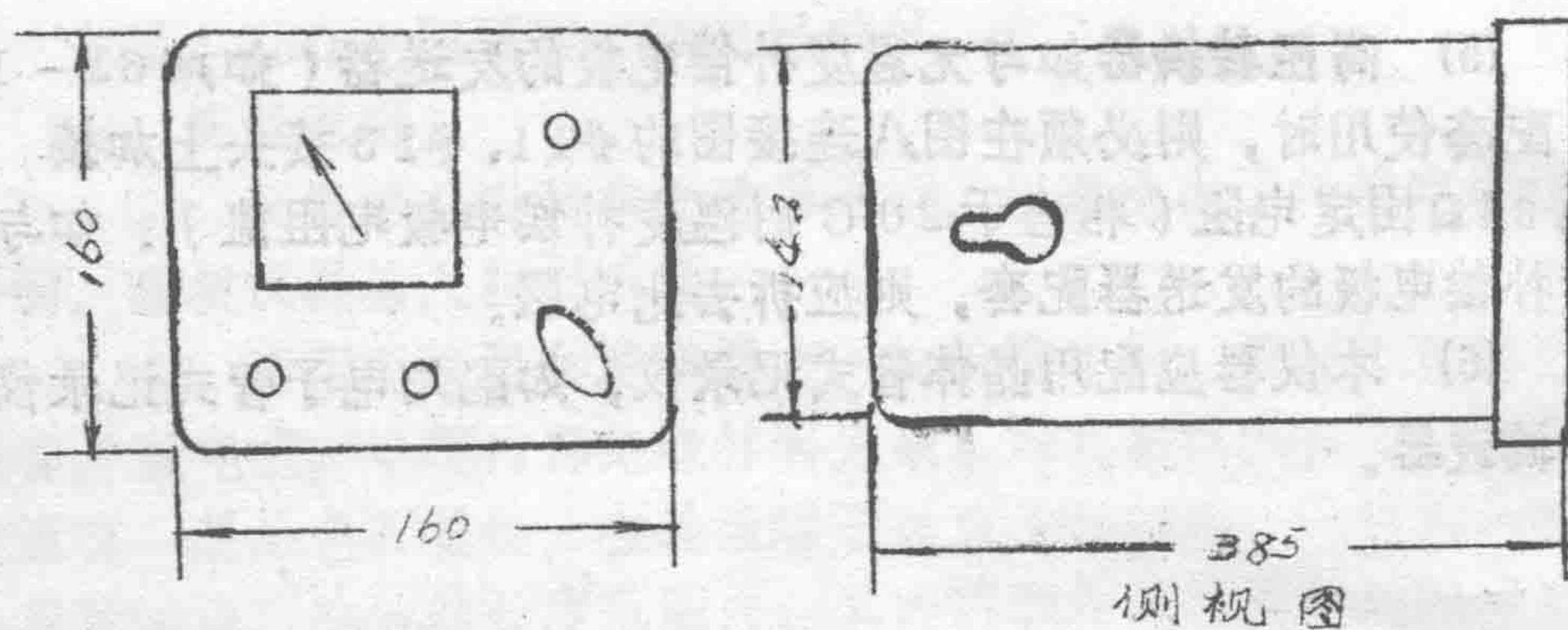
(6) 本仪器应配用晶体管式记录仪,如配用电子管式记录仪则需加滤波器。



〔图八〕高阻转换器连接图

注：外接表时需将连线短路线拆去。

- 1—接交流电220V;
- 2—接交流电220V;
- 3—接 地;
- 4—外接10mA指示表或调节器“+”;
- 5—外接10mA指示表或调节器“-”;
- 6—接10mV记录仪“+”;
- 7—接10mV记录仪“-”;
- 8—特殊接地接发送器外壳;
- 11—接温度补偿电极;
- 13—接温度补偿电极;
- 16—接甘汞电极;
- 17—接玻璃电极;



高阻转换器开孔图

〔图九〕高阻转换器安装开孔图

## 五、 调整和运行

仪器安装完毕即可进行调整，调整是指调整定位调节，一般使用情况对仪器作定期定位调节（一般二个星期左右，按具体情况而定），若调换电极则必须重新调节。定位方法有二种：一种是在运行时用实验室 $PH$ 计校对，另一种用缓冲溶液校对，其方法如下：

### 1. 用实验室酸度计校对：

将仪器和发送器安装好，甘汞电极充满饱和氯化钾溶液，检查玻璃电极和甘汞电极至盐桥部份无气泡存在，然后将被测溶液流入发送器，流量一般调节在不大于5立升/分。用 $PHS-29A$ 型便携式酸度计复合玻璃电极直接在发送器出口处测量溶液的 $PH$ 值，如用沉入式酸

度发送器，则可以用PHS-29A型酸度计电极头部直接浸入被测溶液内，记下PHS-29A型酸度计指示PH值，然后调节本仪器定位调节器使指示该PH值（一般相差在0.5 PH以内，可以调节），如相差太大，应检查仪器外连接线是否有错。如没有PHS-29A型酸度计，则可用试杯取样后在其它实验室酸度计上测量，以校准定位调节器，这样仪器就调准了，可以连续运行。

## 2. 用缓冲溶液校对：

将电极发送器下部壳体拆下，用一只500ml或1000ml试杯内放已知的缓冲溶液（例PH 6.88），将电极和甘汞盐桥温度补偿浸入缓冲溶液内，（只需玻璃电极球泡和盐桥同时浸入即可）用温度计测量溶液的温度，再按表三查对该温度时的溶液PH值，然后调整仪器“定位”调节器，使仪器指示在该溶液的标称值。这样仪器即可测量运行了。

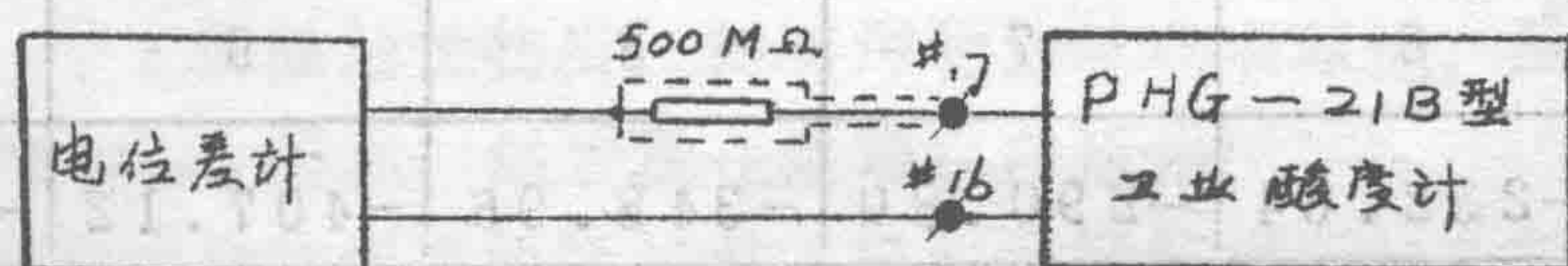
注：“范围”调节器请勿任意旋动，否则必须重新用电位差计校准。

## 六、 仪器准确度检查

当仪器在运行过程中发现读数有问题或用实验室酸度计核对下，确实发现读数不符合时，可以对仪器分别进行检查，检查方法如下：

### 1. 高阻转换器的准确度检查：

高阻转换器在出厂时已调整好了，如需变动测量范围，或检查准确度，可以用一般电位差计（精度不低于0.05级，电压范围不小于1V）。按图十进行连接。



〔图十〕高阻变转换器检查连接图

由于仪器选用测量范围不同，因此必须按表一送入毫伏数，按每一PH级差进行检查，图中采用500MΩ高阻，以模拟玻璃电极和甘汞电极的实际情况，但是高阻需严格屏蔽，或将高阻直接接在仪器#17端子上利用外壳屏蔽。如没有高阻器则可以直接用电位差计连接，同样也可以检查准确度，但需保证#17端子绝缘良好。

范围：PH 7~0 和 PH 7~14 (20℃) 表一

|             |        |        |         |         |
|-------------|--------|--------|---------|---------|
| 指示 PH 值     | 0      | 1      | 2       | 3       |
| 电位差计 (mV) 值 | 407.12 | 348.96 | 290.80  | 232.64  |
| 指示 PH 值     | 7      | 8      | 9       | 10      |
| 电位差计 (mV) 值 | 0      | -58.16 | -116.32 | -174.48 |

|         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| 4       | 5       | 6       | 7       |
| 174.48  | 116.32  | 58.16   | 0       |
| 11      | 12      | 13      | 14      |
| -232.64 | -290.80 | -348.96 | -407.12 |

范围：PH 2~10 (20℃) 表一

|             |   |        |         |         |
|-------------|---|--------|---------|---------|
| 指示 PH 值     | 2 | 3      | 4       | 5       |
| 电位差计 (mV) 值 | 0 | -58.16 | -116.32 | -174.48 |

|         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 6       | 7       | 8       | 9       | 10      |
| -232.64 | -290.80 | -348.96 | -407.12 | -465.28 |

注：表中“+”值表示玻璃电极端子接“+”，甘汞电极端“-”，  
表中“-”值表示玻璃电极接“-”，甘汞电极接“+”。

按电位差计校验时，仪器自动温度补偿线连接线绕电阻或电阻箱，如 20℃应连接 49.64Ω电阻值，其它温度按下表二。

表二

| 被测溶液<br>温度 (°C) | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 电阻值 (Ω)         | 47.82 | 49.64 | 51.45 | 53.26 | 55.06 | 56.86 |
| mV / ΔPH        | 56.18 | 58.16 | 60.15 | 62.13 | 64.11 | 66.11 |

例：仪器测量范围 PH 7~0，调节方法：

电位差计输入“0”电压，调节仪器“定位”使指示在 PH “7”。  
电位差计输入 407.12 毫伏，调节“范围”使指示在 PH “0”。

2 与发送器配套可以用实验室酸度计或缓冲溶液检查准确度，方法用本说明书第五节 1、2 可以在不同 PH 值的被测流动液用实验室酸度计检查，或用不同的 PH 值缓冲溶液进行检查。

七、 维护与检修

仪器必须很好的维护，以保持能长期工作。由于高阻转换器是用全晶体管参量振荡放大器电路，没有机械调制元件，一般能长期使用。维护量小，但是仪器是高阻抗输入，不同于一般仪表，因此还须注意维护。

1. 在安装和拆卸发送器时，必须注意玻璃电极球泡不宜碰撞，以免损坏，不宜接触油性物质。如有污物沾着玻璃球泡，应定期冲洗，或浸入 0.1 N HCl 清洗，然后浸在蒸馏水内活化。

2 必须保持玻璃电极接线柱、引线连接部份，#17 接头等。勿使油腻沾污，勿用汗手摸，勿使受潮，以免引起测量误差。即使在拆装电极时，也须特别注意。