



实验十五 RC 串、并联选频网络特性的测试

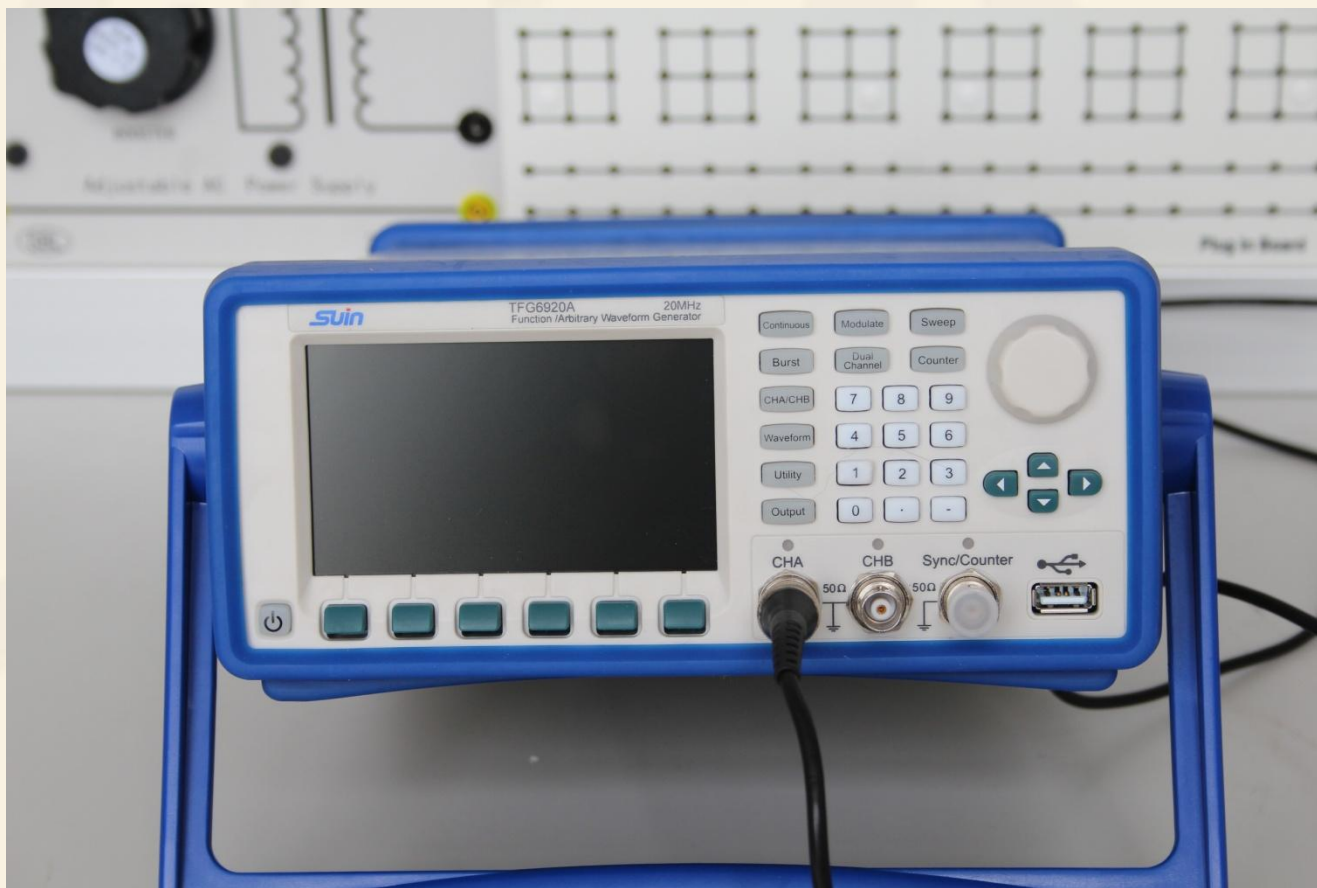
一. 实验目的

- ❖ 1. 研究 RC 串、并联电路的频率特性。
- ❖ 2. 学会用示波器测定 RC 网络的幅频特性和相频特性。
- ❖ 3. 熟悉文氏电桥电路的结构特点及选频特性。

三. 实验设备

- ❖ 1. 信号源;
- ❖ 2. 弱电元件箱;
- ❖ 3. 双踪示波器;
- ❖ 4. 毫伏表。

(1) 信号发生器





基本操作

- ❖ 1.1 通道选择：按【CHA/CHB】键可以循环选择两个通道，被选中的通道，其通道名称、工作模式、输出波形和负载设置的字符变为绿色显示。使用菜单可以设置该通道的波形和参数，按【Output】键才能输出信号(此时相应通道绿色旋钮亮)。
- ❖ 1.2 波形选择：按【Waveform】键，显示出波形菜单，按〔第x页〕软键，可以循环显示出15页60种波形。按菜单软键选中一种波形，波形名称会随之改变，在“连续”（continuous）模式下，可以显示出波形示意图。按〔返回〕软键，恢复到当前菜单。

❖ 1.4 频率设置：如果要设置频率为2.5kHz，可按下列步骤操作：

(1). 按【频率/周期】软键，频率参数变为绿色显示。

(2). 按数字键【2】【.】【5】输入参数值，按【kHz】软键，绿色参数显示为2.500 000kHz。

(3). 仪器按照设置的频率参数输出波形，您也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的频率。

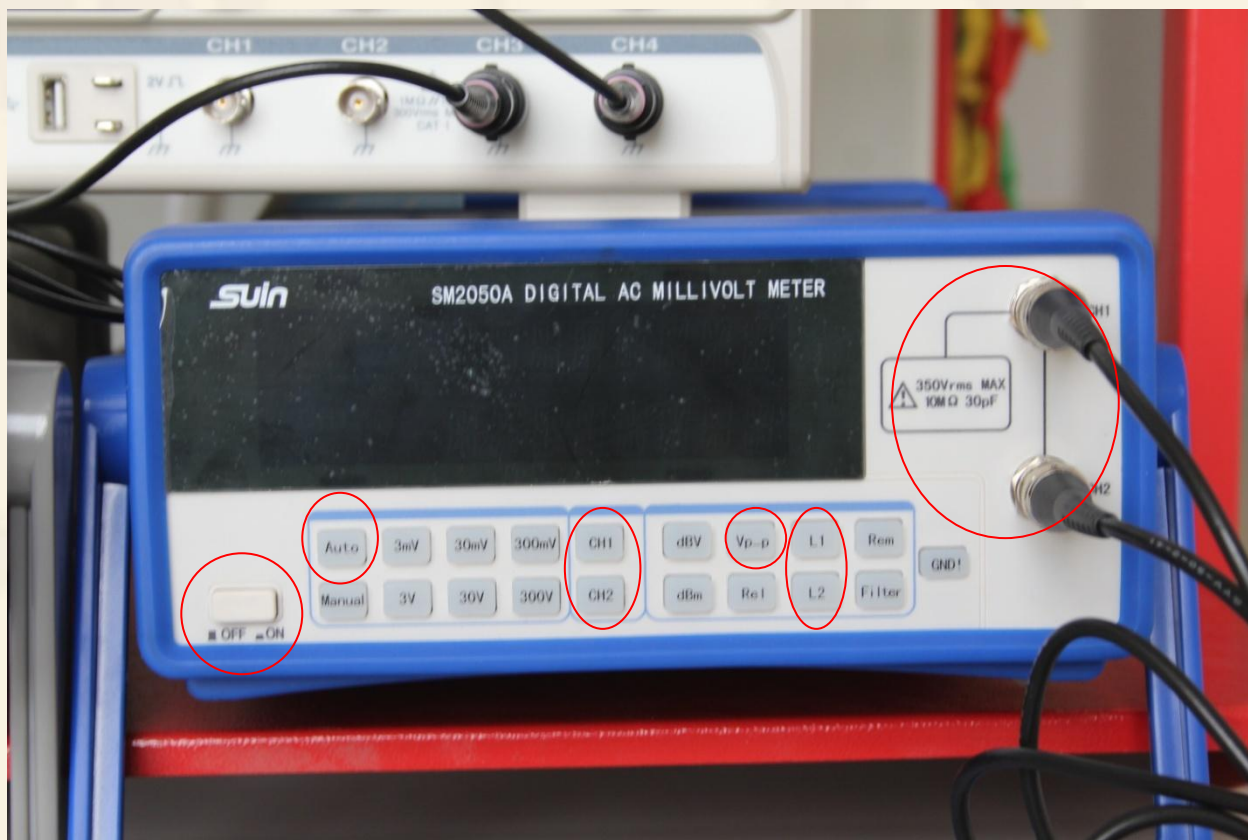
❖ 1.5 幅度设置：如果要设置幅度为1.6Vrms，可按下列步骤操作：

(1). 按【幅度/高电平】软键，幅度参数变为绿色显示。

(2). 按数字键【1】【.】【6】输入参数值，按【Vrms】软键，绿色参数显示为1.600 0Vrms。

(3). 仪器按照设置的幅度参数输出波形，您也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的幅度。

(2) 毫伏表 (见“仪器资料”中的交流毫伏表SM2000A 用户使用指南, 查阅红色圈按钮的操作)



2.1 开机

按下面板上的电源开关按钮，电源接通。仪器进入初始状态。

2.2 预热

精确测量需预热 30 分钟以上。

2.3 选择输入通道、量程和显示单位。

2.3.1 按下【L1】键，选择显示器的第一行，设置第一行有关参数：

2.3.1.1 用【CH1】/【CH2】键选择向该行送显的输入通道。

实验中用CH1

2.3.1.2 用【Auto】/【Manual】键选择量程转换方法。

使用手动“Manual”量程时，用【3mV】~【300V】键手动选择量程，并指示出选择的结果。使用自动“Auto”量程时，自动选择量程。

实验中建议用Auto

2.3.1.3 用【dBV】、【dBm】、【Vpp】键选择显示单位，默认的单位是有效值。

实验中用峰峰值Vpp

2.3.2 按下【L2】键，选择显示器的第二行，按照和 2.3.1 相同的方法设置第二行有关参数。

2.4 输入被测信号

SM2000A 系列有两个输入端，由 CH1 或 CH2 输入被测信号，也可由 CH1 和 CH2 同时输入两个被测信号。

2.5 读取测量结果。

2.6 关机后再开机，间隔时间应大于 10 秒。

(3) 示波器



光标测量

水平或垂直光标可以显示波形位置、波形测量值以及运算操作结果，涵盖电压、时间、频率和其它运算操作。一旦开启光标(水平、垂直或二者兼有)，除非关闭操作，否则这些内容将显示在主屏幕上。

使用水平光标

面板操作

1. 按一次 *Cursor* 键



2. 从底部菜单中选择 *H Cursor*



3. 重复按 *H Cursor* 或 *Select* 键切换光标类型

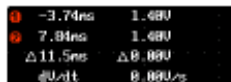


OR



范围	描述
:	左光标(1)可移动, 右光标位置固定
:	右光标(2)可移动, 左光标位置固定
	左右光标(1+2)同时移动

4. 光标位置信息显示在屏幕左上角



Cursor 1 水平位置, 电压/电流

Cursor 2 水平位置, 电压/电流

Δ Delta (两光标间的数值差)

dV/dt 或 dI/dt

5. 使用 *Variable* 旋钮左/右移动光标

VARIABLE



使用垂直光标

面板操作/范围

1. 按两次 *Cursor* 键



2. 从底部菜单中选择 *V Cursor*



3. 重复按 *V Cursor* 或 *Select* 键切换光标类型

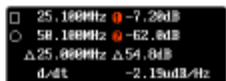


OR



范围	
—	上光标可移动, 下光标位置固定
-----	下光标可移动, 上光标位置固定
=====	上下光标同时移动

4. 光标位置信息显示在屏幕左上角



□, ○ 时间: 光标 1, 光标 2

1, 2 电压/电流: 光标 1, 光标 2

Δ Delta (两光标间的数值差)

dV/dt 或 dI/dt

5. 使用 *Variable* 旋钮上/下移动光标

VARIABLE



四. 原理说明

图 15-1 所示 R C 串、并联电路的频率特性:

$$N(j\omega) = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{1}{3 + j(\omega RC - \frac{1}{\omega RC})}$$

其中幅频特性为:

$$A(\omega) = \frac{U_o}{U_i} = \frac{1}{\sqrt{3^2 + (\omega RC - \frac{1}{\omega RC})^2}}$$

$$\text{相频特性为: } \varphi(\omega) = \varphi_o - \varphi_i = -\arctg \frac{\omega RC - \frac{1}{\omega RC}}{3}$$

幅频特性和相频特性曲线如图 15-2 所示, 幅频特性呈带通特性。

$$\text{当角频率 } \omega = \frac{1}{RC} \text{ 时, } A(\omega) = \frac{1}{3}, \varphi(\omega) = 0^\circ,$$

$$u_o \text{ 与 } u_i \text{ 同相, 即电路发生谐振, 谐振频率 } f_0 = \frac{1}{2\pi RC}。$$

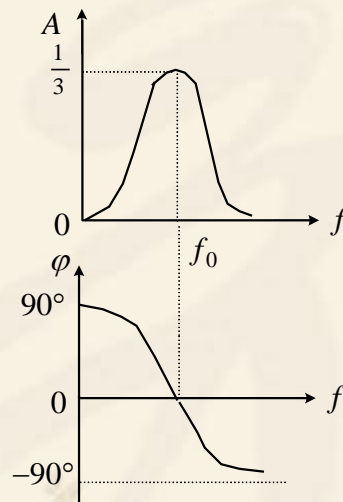
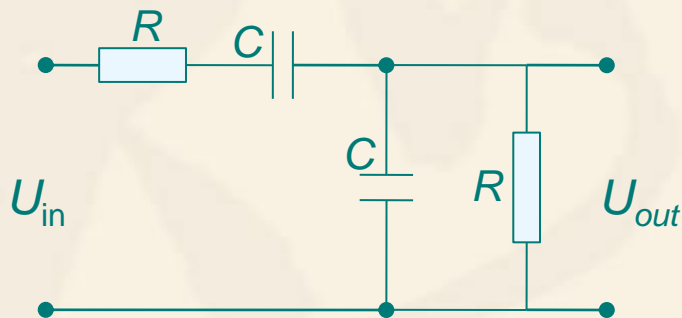
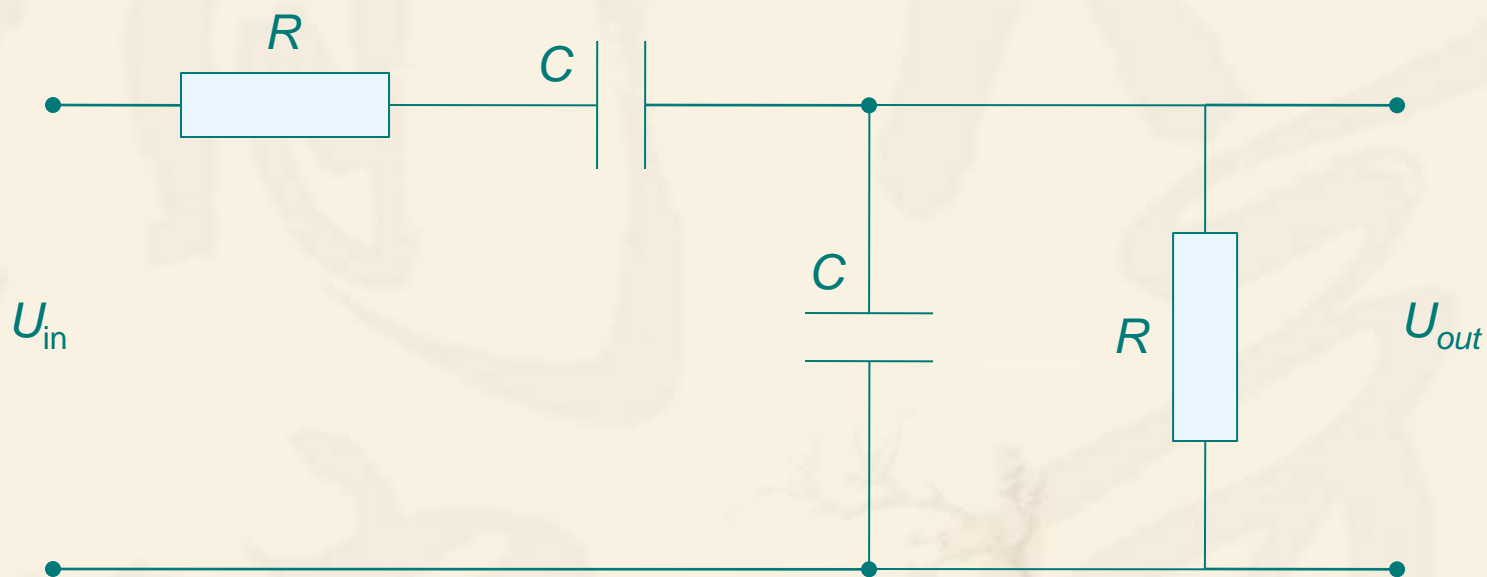


图15-2

法一：计算得到 f_0 ；
法二：改变信号源频率，
使 U_{out} 最大所对应的频率即
 f_0 ；或相位差 $\varphi=0$ （输出电
压相位-输入电压相位）所
对应的频率即 f_0



四．原理说明

也就是说，当信号频率为 f_0 时， RC 串、并联电路的输出电压 u_o 与输入电压 u_i 同相，其大小是输入电压的三分之一，这一特性称为 RC 串、并联电路的选频特性，该电路又称为文氏电桥。

测量频率特性用‘逐点描绘法’，图 15—3 为用双踪示波器测量 RC 网络频率特性的测试图。

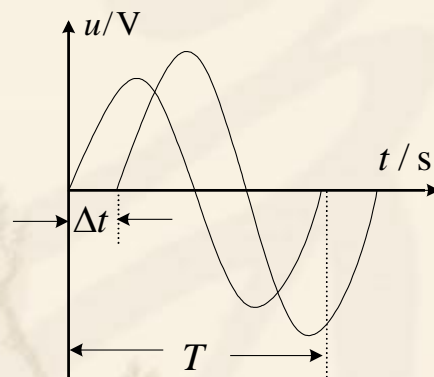
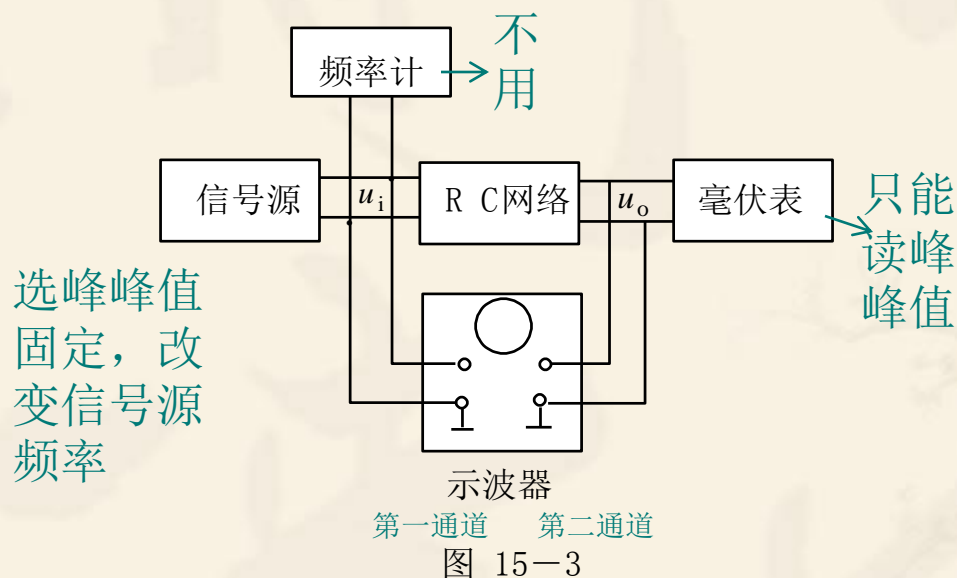
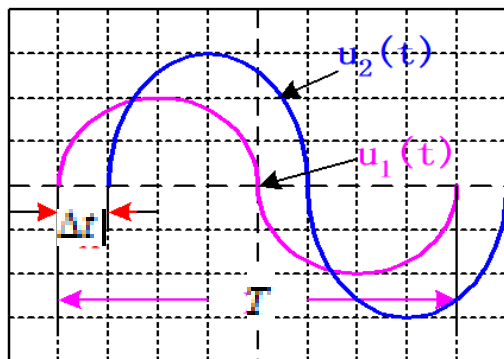


图 15—4



$$\Delta \varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ$$

双踪示波法

利用双踪示波器，将两信号 $u_1(t)$ ， $u_2(t)$ 分别接到示波器的两个Y通道，示波器置双路显示方式，同步触发源信号一定要选择两被测信号之一。纵向光标指示得出时间差，再由时间差计算得到相位差。

注：

(1) 两通道的零线位置要重合（零水平光标不在波形中间，可以换示波器的其他通道试试）

从接地准位/中心扩展

背景

当电压刻度改变时，扩展功能可以设置为沿中心扩展或接地准位扩展。沿中心扩展有利于观察偏压信号。默认从接地准位扩展。

面板操作

1. 按 *channel* 键

CH1

2. 重复按 *Expand*，在 *By Ground* 和 *By Center* 间切换

Expand
By Ground

范围

By Ground, By Center

零水平基准线在波形中间调整方式：

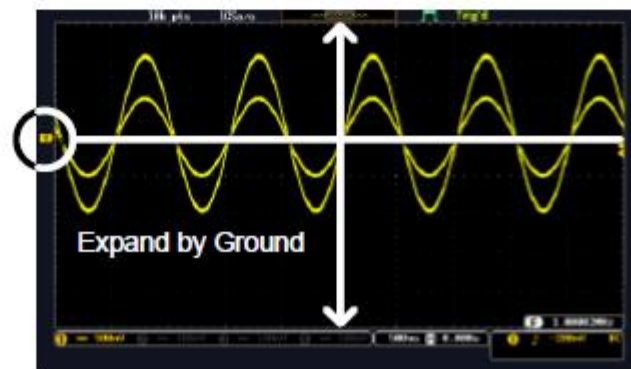
例如

当设置为从接地准位扩展时，如果改变垂直刻度，信号将沿接地准位扩展*，且接地准位不随垂直刻度的改变而改变

当设置为从中心扩展时，如果改变垂直刻度，信号将沿中心扩展，且信号的接地准位也随之变化

*如果信号的接地准位超出屏幕限制，以屏幕上限准位或屏幕下限准位代替

从接地准位扩展



四. 原理说明

测量幅频特性：保持信号源输出电压（即 RC 网络输入电压） U_i 恒定，改变频率 f ，并测量对应的 RC 网络输出电压 U_o ，计算出它们的比值 $A=U_o / U_i$ ，然后逐点描绘出幅频特性；

测量相频特性：保持信号源输出电压（即 RC 网络输入电压） U_i 恒定，改变频率 f ，用双踪示波器观察 u_o 与 u_i 波形，如图 15—4 所示，若两个波形的延时为 Δt ，周期为 T ，则它们的相位差 $\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ$ ，然后逐点描绘出相频特性。

四. 实验内容

1. 测量 RC 串、并联电路的幅频特性

实验电路如图 15-3 所示, 其中, RC 网络的参数选择为: $R=200\Omega$, $C=2.2\mu\text{F}$ (在 NEEL—003 组件上), 信号源输出正弦波电压作为电路的输入电压 u_i , 调节信号源输出电压 **峰峰值**, 使 $U_{ip-p}=2\text{V}$ 。

改变信号源正弦波输出电压的频率 f (由频率计读得), 并保持峰峰值 $U_{ip-p}=2V$ 不变, 测量输出电压 U_0 (用毫伏表读输出值), (可先测量 $A = \frac{1}{3}$ 时的频率 f_0 , 然后再在 f_0 左右选几个

频率点，测量 U_0 ），将数据记入表 15—1 中。

在图 15-3 的 RC 网络中, 选取另一组参数: $R=2\text{k}\Omega$, $C=0.1\mu\text{F}$, 重复上述测量, 将数据记入表 15-1 中。(注意, 每改变一个频率, 读毫伏表峰峰值, 同时读示波器的时间差)(如果毫伏表读数不准, 可用示波器读峰峰值)

表 15-1 幅频特性数据

$R=2k\Omega$, $C=0.1\mu F$	$f(Hz)$									
	$U_o(V)$									
$R=200\Omega$ $C=2.2\mu F$	$f(Hz)$									
	$U_o(V)$									

四. 实验内容

2. 测量 RC 串、并联电路的相频特性

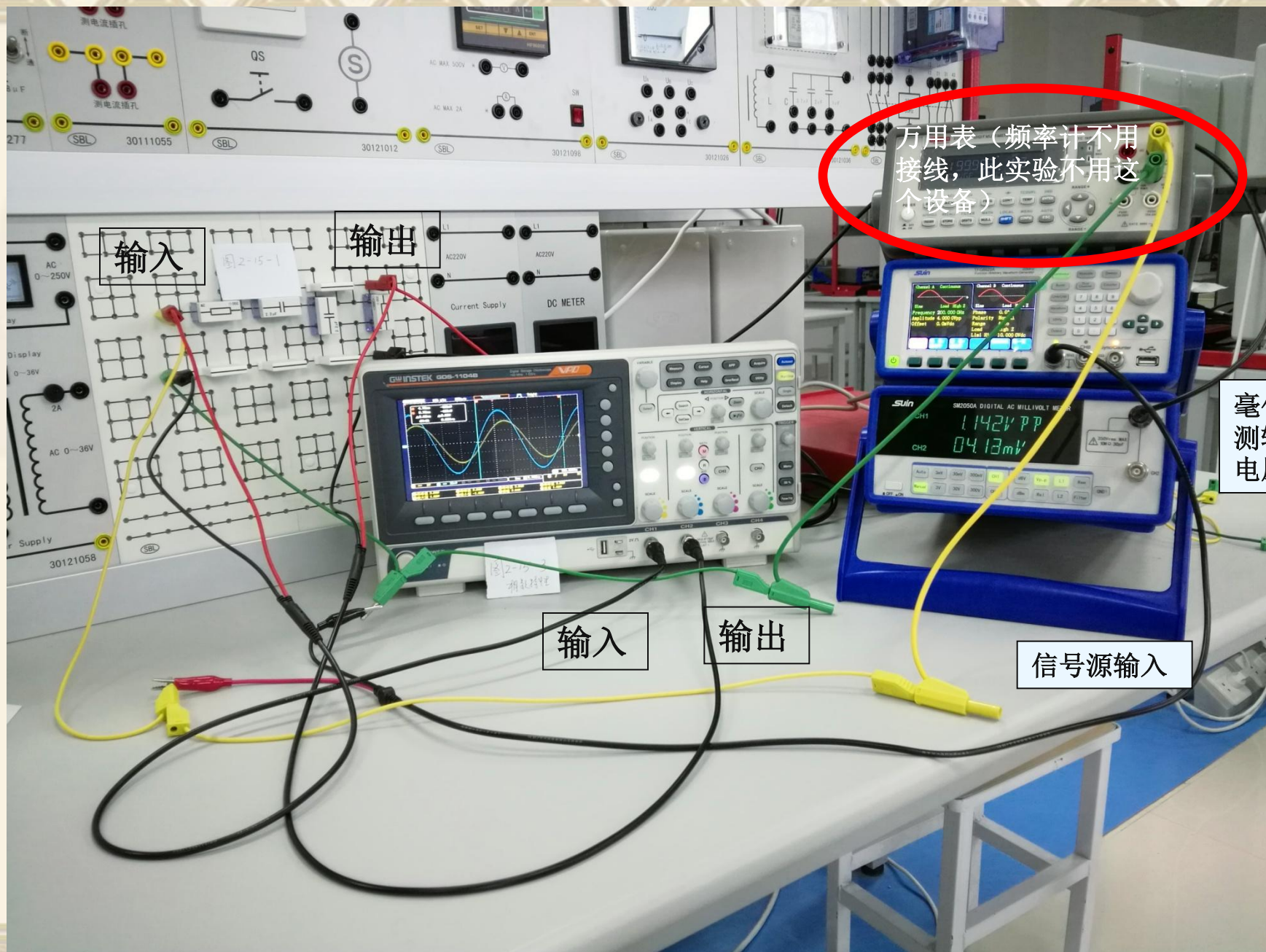
实验电路如图 15-3 所示,按实验原理中测量相频特性的说明,实验步骤同实验 1,将实验数据记入表 15-2 中。

表 15-2 相频特性数据

[illegible]

六. 实验注意事项

- ❖ 测电压要用毫伏表，因为不是工频。
- ❖ 信号源输出信号调好参数后，不要忘记按**output**键
- ❖ 由于信号源内阻的影响，注意在调节输出电压频率时，应同时调节输出电压大小，使实验电路的输入电压保持不变。



万用表（频率计不用
接线，此实验不用这
个设备）

输入

输出

输入

输出

信号源输入

毫伏表
测输出
电压

实验十八

正弦稳态交流电路相量的研究

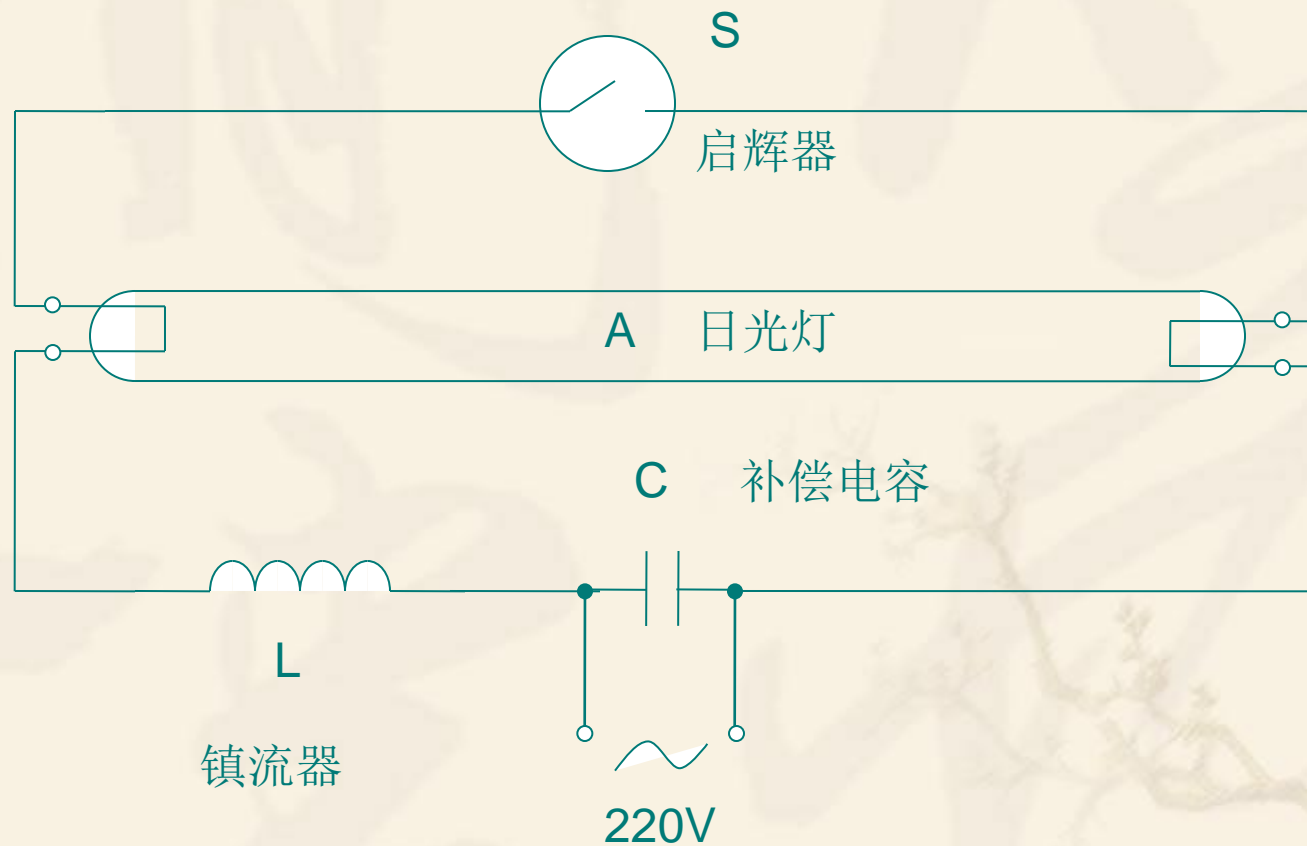
- 全部采用交流线（带帽连接线）！

- 1、 红色带帽上面 L1--连下面 L1（火线—火线），
绿色带帽上面 N--连下面 N（地线—地线）
- 2、 直流电压源、电流源表（接入三相电之前，平台上的表首先要归零，最左侧，电压源不要短路，电流源不要开路）；
- 3、 所有连线连好后，再开左上角三个蓝色联排开关。

一、实验目的

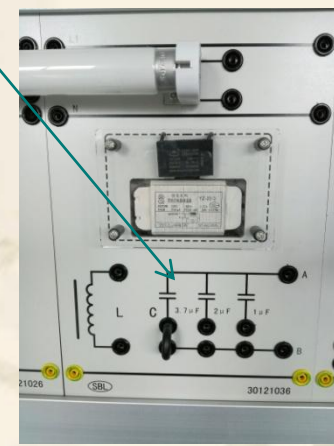
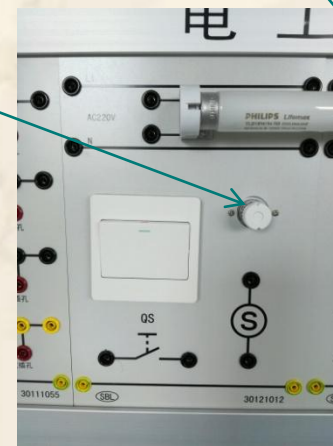
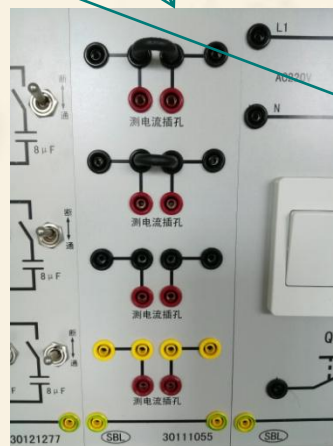
- ❖ 理解正弦稳态电路中电压、电流相位关系
- ❖ 掌握日光灯原理及接线
- ❖ 理解改善电路功率因数的意义及方法

二、日光灯原理及功率因数



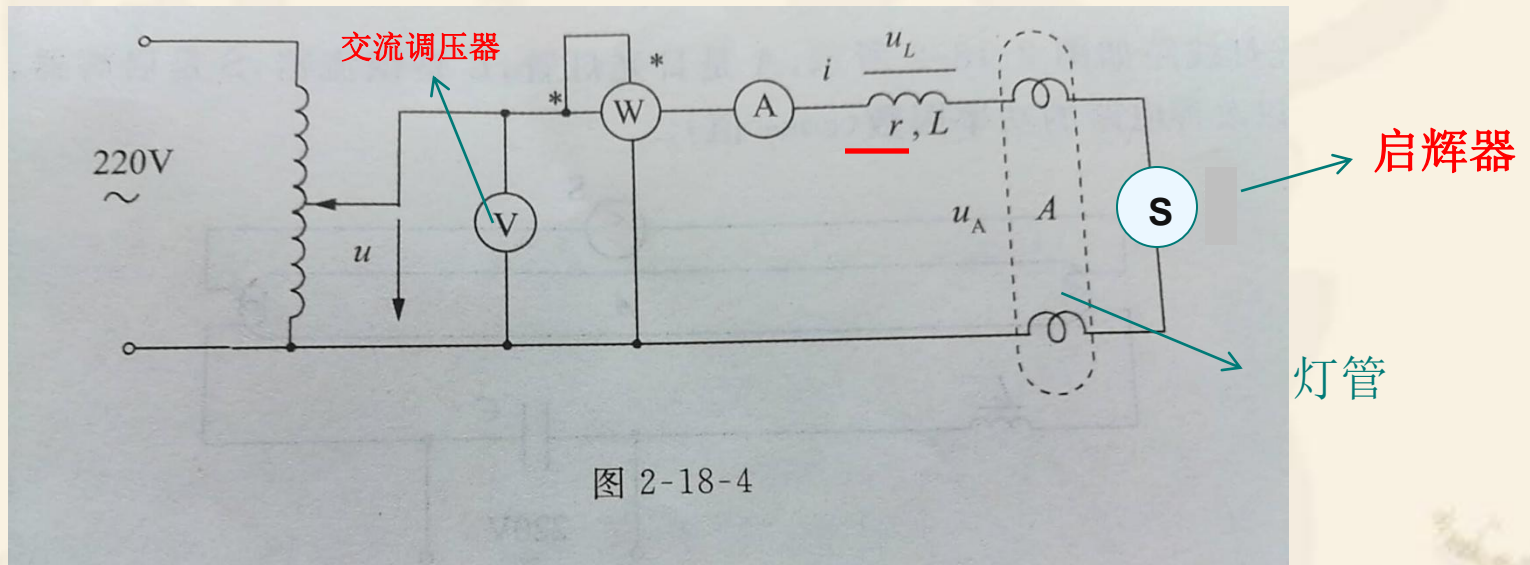
三、实验设备

- ❖ 交流电压表、交流电流表、功率因数表、功率表
- ❖ 调压器、电流测试孔、补偿电容
- ❖ 镇流器、启辉器、日光灯管



四、实验内容1

❖ 日光灯接线与测量（填写表2-18-2）



- 全部采用交流线（带帽连接线）
- 开关闭合前，调压器调至最小
- 保证接线正确，先让老师检查。

调节自耦调压器的输出，使其输出电压缓慢增大，直到日光灯刚启辉点亮为至。然后将电压调至220V，测量功率P，电流I，电压U, U_L , U_A (灯管两端电压) 等值，验证电压、电流相量关系。

表 2-18-2

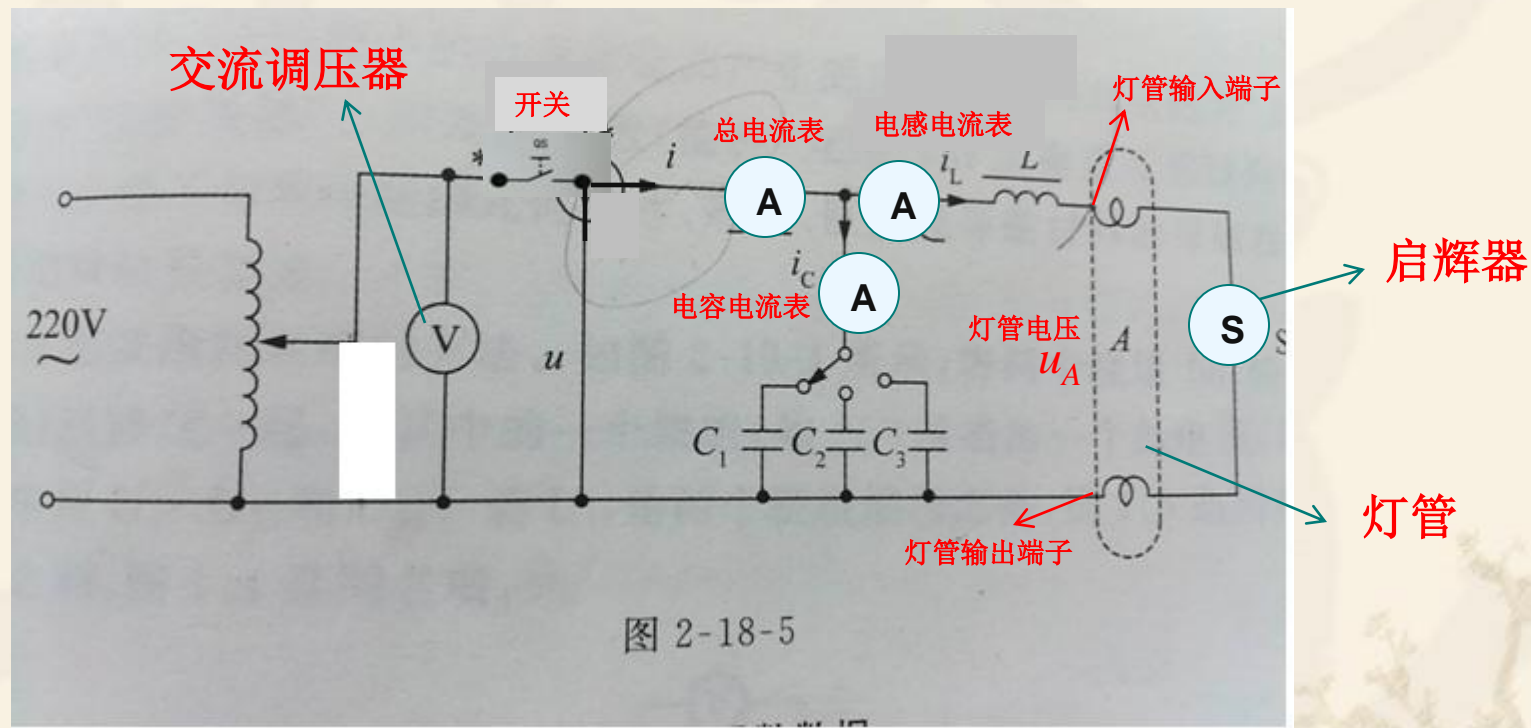
验证电压、电流相量关系数据

测 量 数 值					计 算 值	
$P(W)$	$I(A)$	$U(V)$	$U_L(V)$	$U_A(V)$	$\cos\varphi$	$r(\Omega)$

连接线测总电压和总电流，用交流多功能表测量未接电容和接入电容后，总电流是否下降？有功功率是否保持不变？无功功率是否下降？功率因数是否提高？

四、实验内容2

- 电路功率因数改善（填写表2-18-3）



C 是补偿电容器，用以改善电路的功率因数（ $\cos\varphi$ 值）

注意事项

- ❖ 全部采用交流线（带帽连接线）
- ❖ 开关闭合前，调压器调至最小
- ❖ 保证接线正确，先让老师检查。

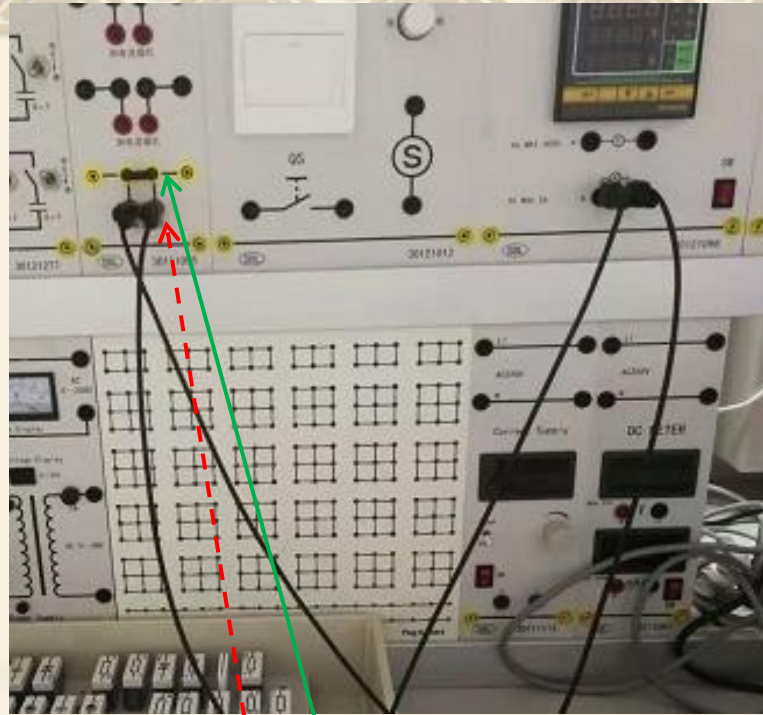
表 2-18-3

改善功率因数数据

电容值 (μF)	测 量 数 值								计算值
	$P(\text{W})$	$U(\text{V})$	$U_C(\text{V})$	$U_L(\text{V})$	$U_A(\text{V})$	$I(\text{A})$	$I_C(\text{A})$	$I_L(\text{A})$	$\cos\varphi$
C_1									
C_2									
C_3									



交流多动能表测电流专用线



交流多动能表测电流示意，黑色测电流专用线连上，电路接通。然后弓形跳线拔下，某路可测电流，可分别测四路电流。

交流多功能表&电流测试孔



VA: 视在功率
PF: 功率因数
W(Wh): 有功功率
var: 无功功率
 $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$

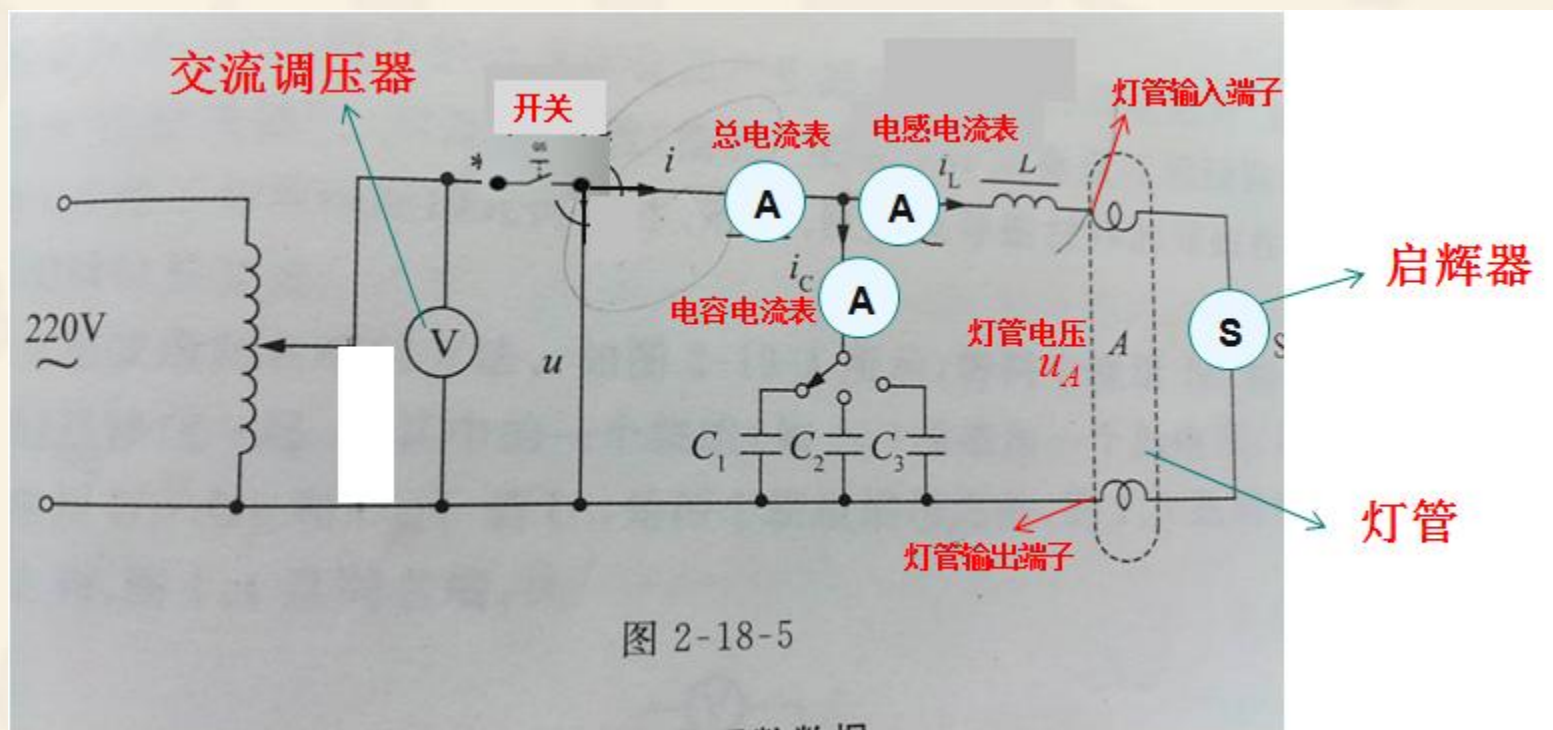
AC MAX 500V: 测电压

AC MAX 2A: 测电流

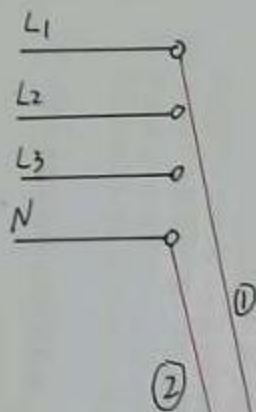
交流多功能表



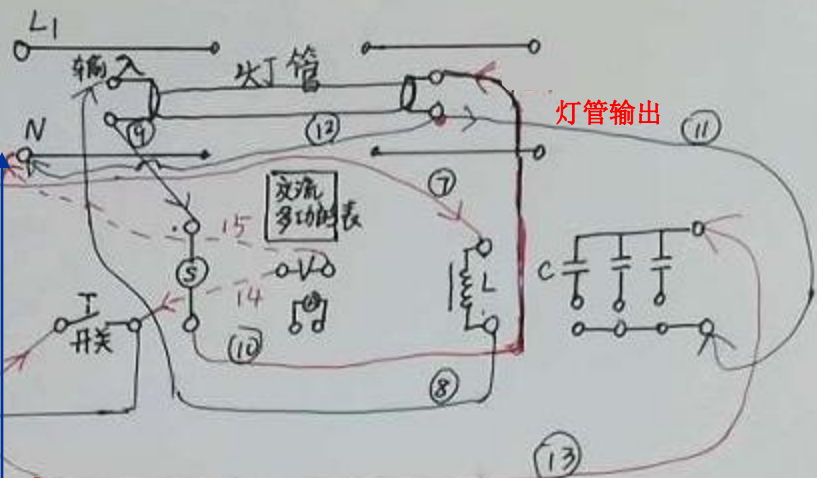
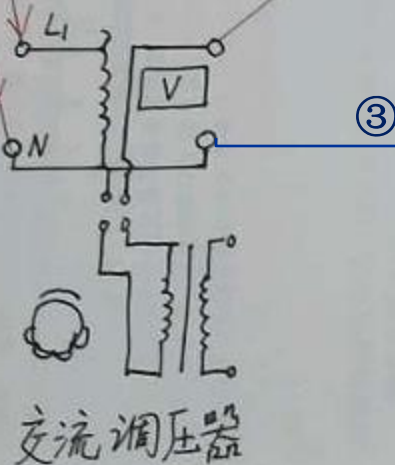
电流测试孔



三相空气开关



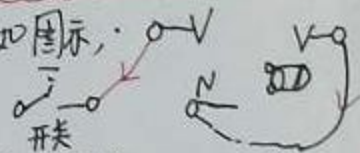
测电流插孔



交流多功能表下方的 AC v, 测电压

⑩ 这 $\circ - V - \circ$ 两个端子连线最后再连!!!

• 若测总电压, 如图示,



V 的左侧与开关的右端子连接,

V 的右侧与灯管左下方地 N 端子连接

• 若测灯管电压,

这个端子与灯管
输入端子连接

这个端子与灯管
输出端子连接

第一路总电流、第二路电感电流、第三路电容电流

第一路、第二路黑色短跳线连上

灯管输入（上）

灯管输出（下）

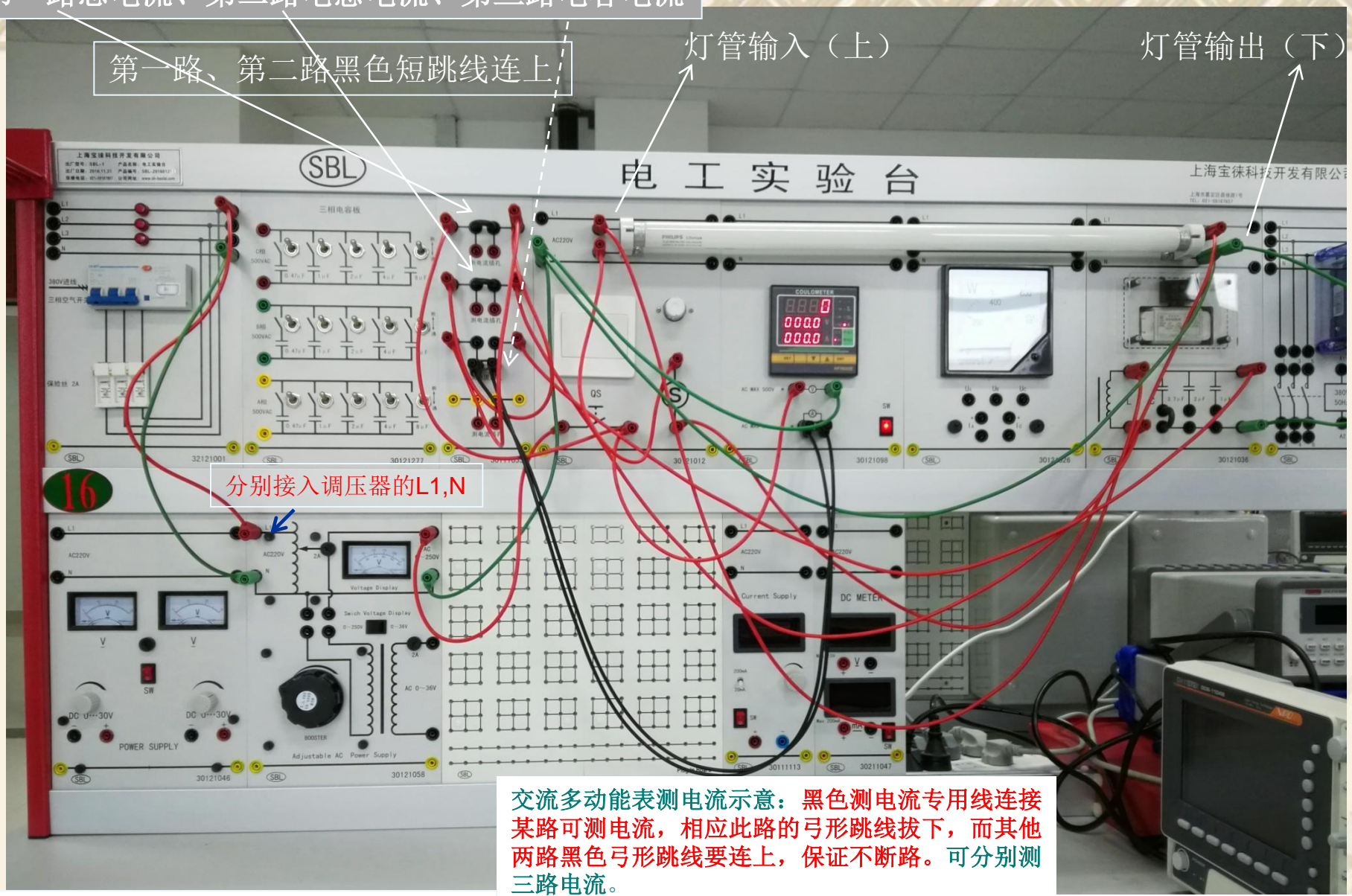
分别接入调压器的L1,N

交流多功能表测电流示意：黑色测电流专用线连接某路可测电流，相应此路的弓形跳线拔下，而其他两路黑色弓形跳线要连上，保证不断路。可分别测三路电流。

测电流专用线换到其它路测电流时，一定先把当前路的弓形跳线连上，保证不断路，然后将测电流专用线换到其它路，再把换路后的弓形跳线拔下。所有连线完成后，交流多功能表测电压输出的两条线最后再连接到相应电压两端。

U_A :灯管两端电压
(灯管左上右下)。
此图连接交流多功能表测的是总电压

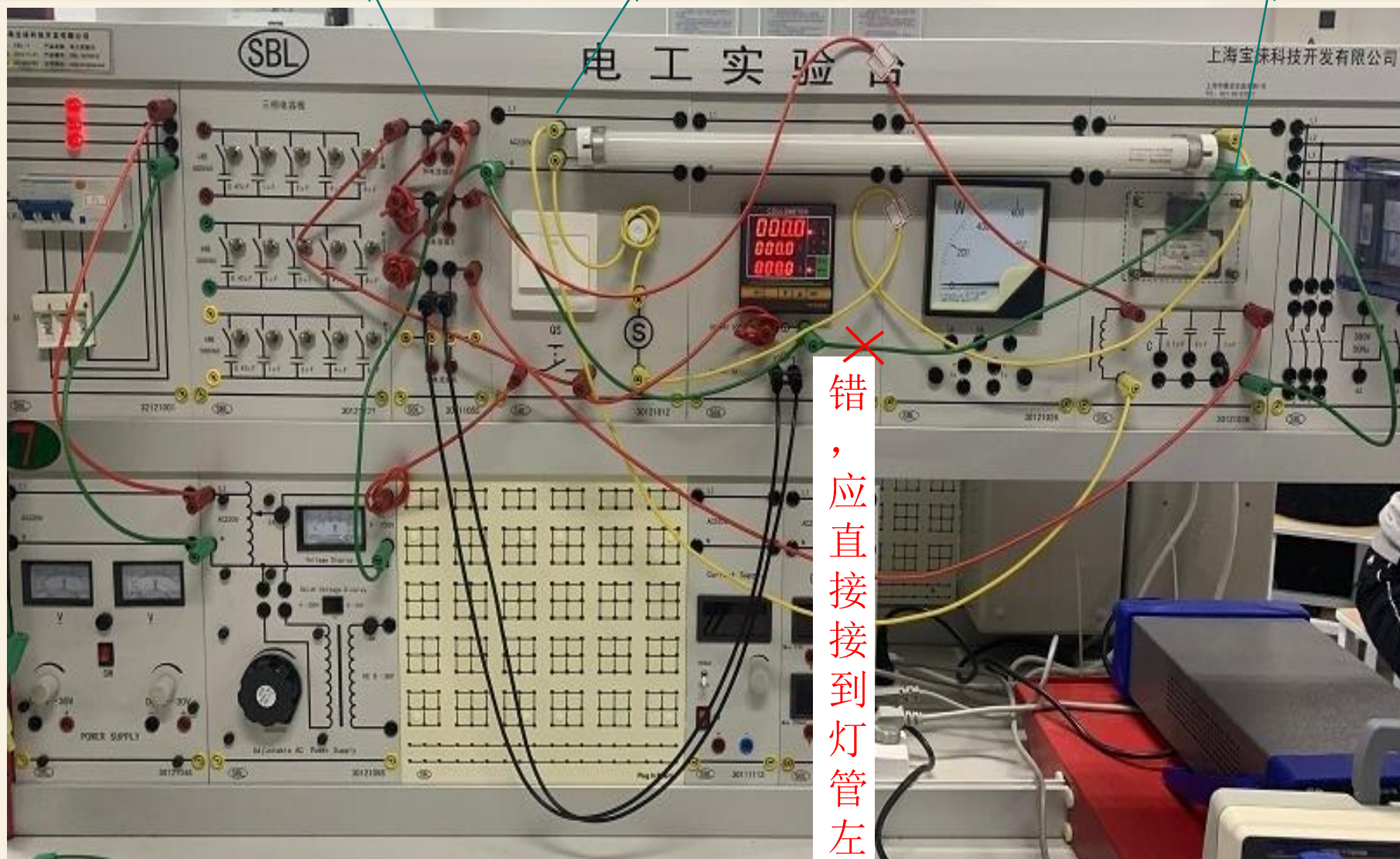
补偿电容上的黑色短跳线拔下，即是2-18-4电路图



第一路、第二路黑色短跳线连上

灯管输入（上）

灯管输出（下）



错，应直接接到灯管左下N

备选方案