

# 实验四

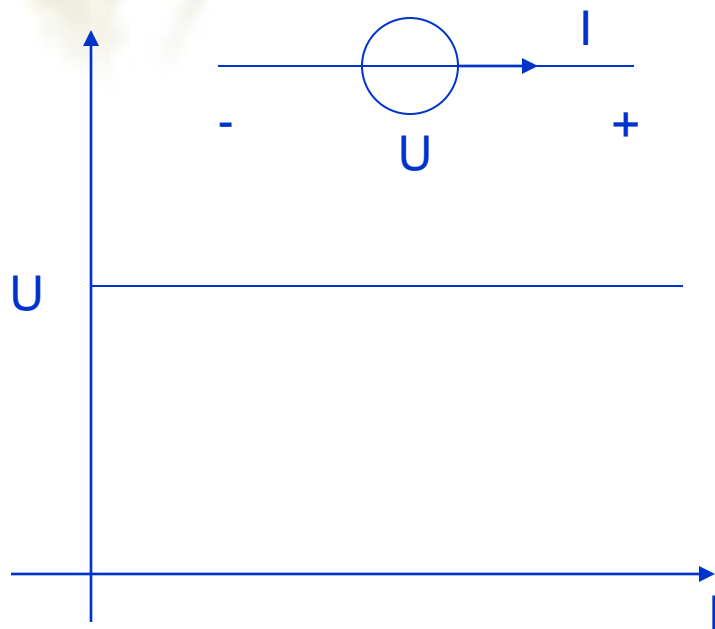
## 电压源与电流源的等效变换

- 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。

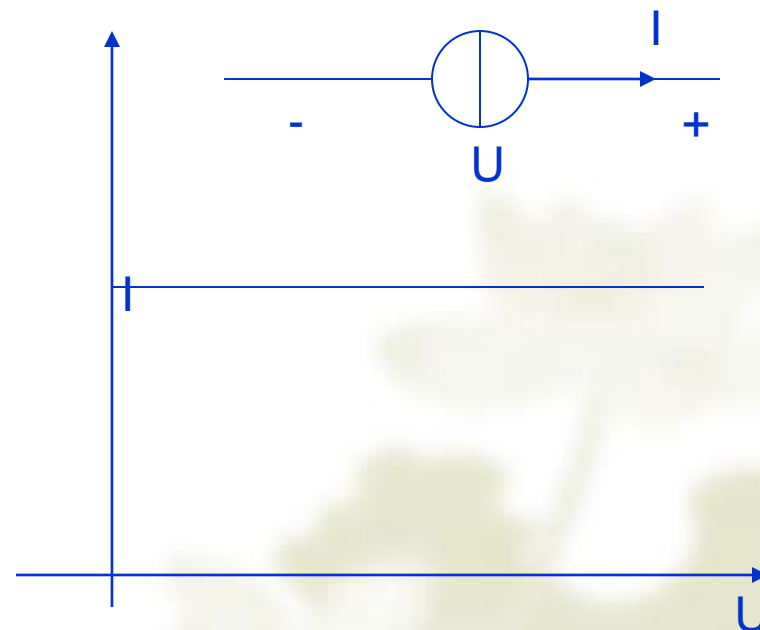
# 一、实验目的

- ❖ 1. 掌握建立电源模型的方法。
- ❖ 2. 掌握电源外特性的测试方法。
- ❖ 3. 加深对电压源和电流源特性的理解。
- ❖ 4. 研究电源模型等效变换的条件。

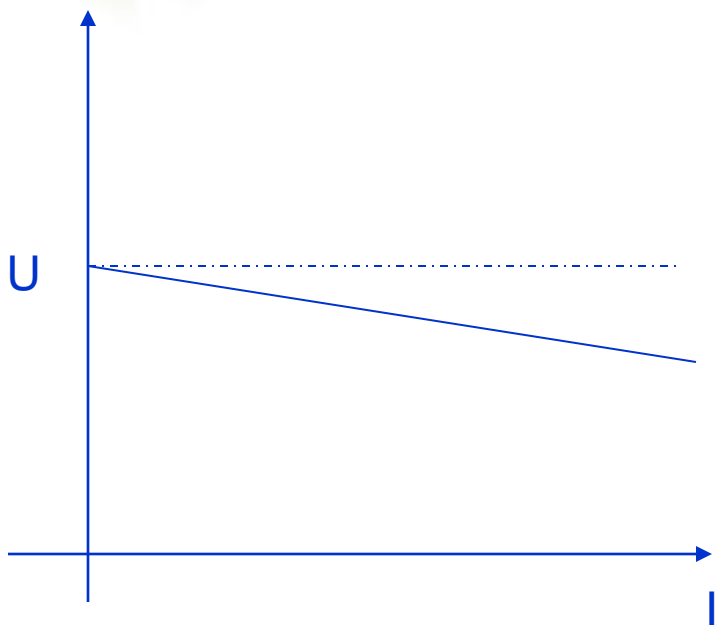
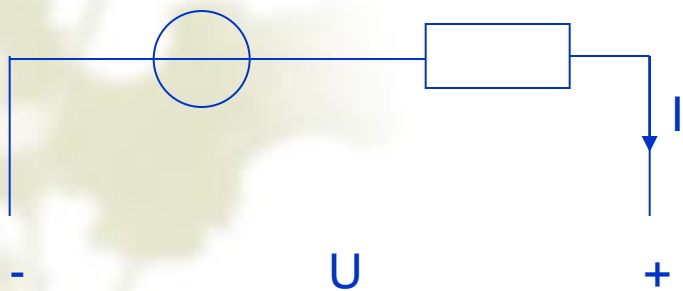
## 二、原理说明



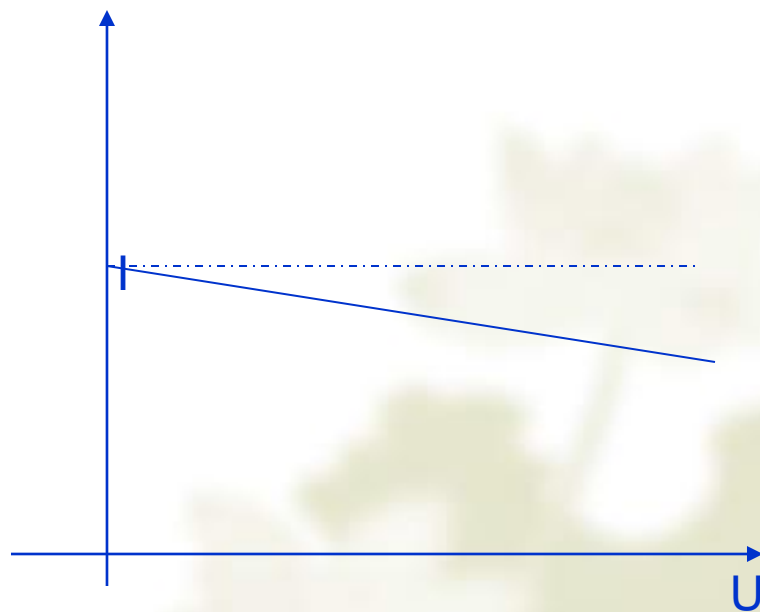
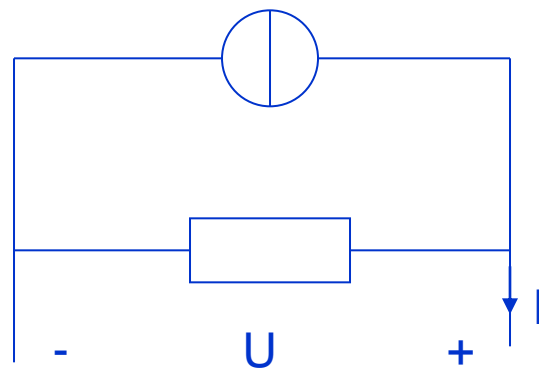
理想电压源



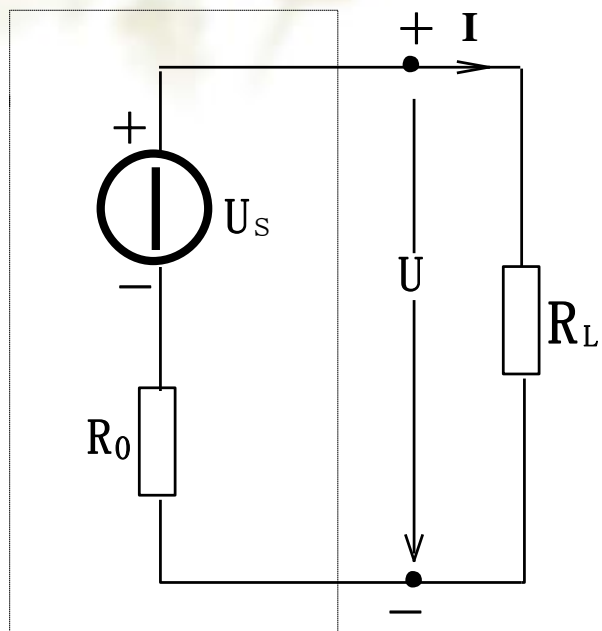
理想电流源



实际电压源

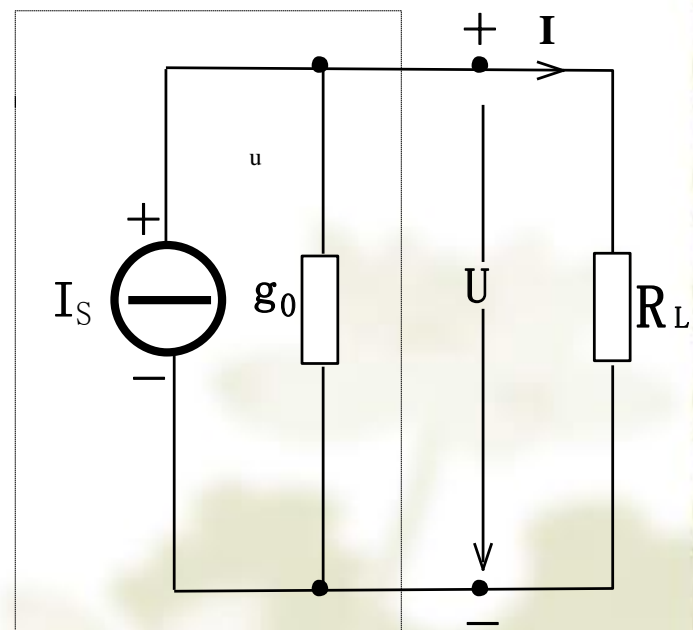


实际电流源



$$I_s = U_s / R_0 \quad g_0 = 1 / R_0$$

$$U_s = I_s \cdot R_0 \quad R_0 = 1 / g_0$$

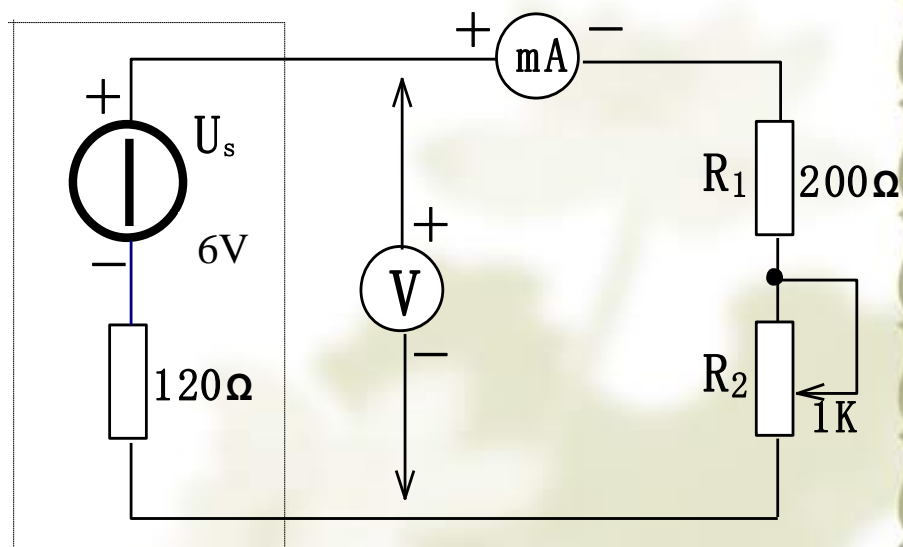
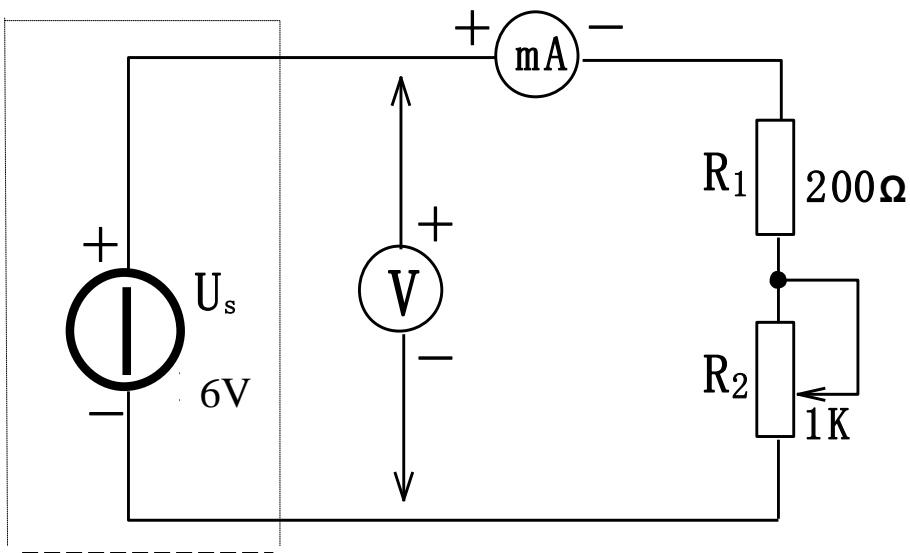


### 三、实验设备

1. 直流数字电压表、直流数字电流表；
2. 恒压源（双路**0~30V**可调）；
3. 恒流源（**0~200mA**可调）；
4. 元件箱。

## 四、实验内容

测定直流稳压电源（恒压源）与实际电压源的外特性



# 1. 测定电压源（恒压源）与实际电压源的外特性

实验电路如图5-1所示，图中的电源 $U_S$ 用恒压源0~+30V可调电压输出端，并将输出电压调到+6V， $R_1$ 取200 $\Omega$ 的固定电阻， $R_2$ 取1K $\Omega$ 的电位器。调节电位器 $R_2$ ，令其阻值由大至小变化，将电流表、电压表的读数记入表5-1中。

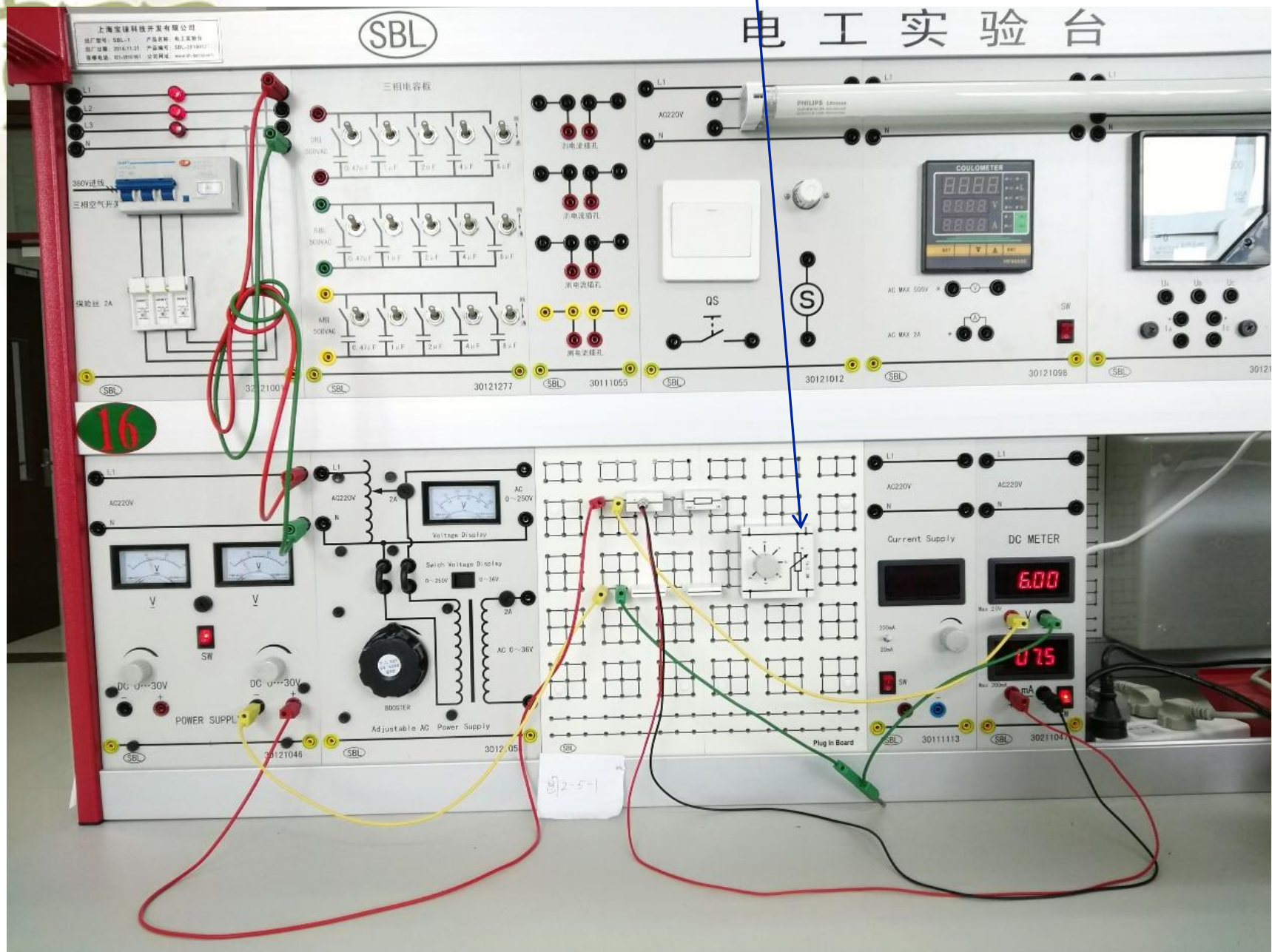
表5-1 电压源（恒压源）外特性数据

每变化6mA记录一次

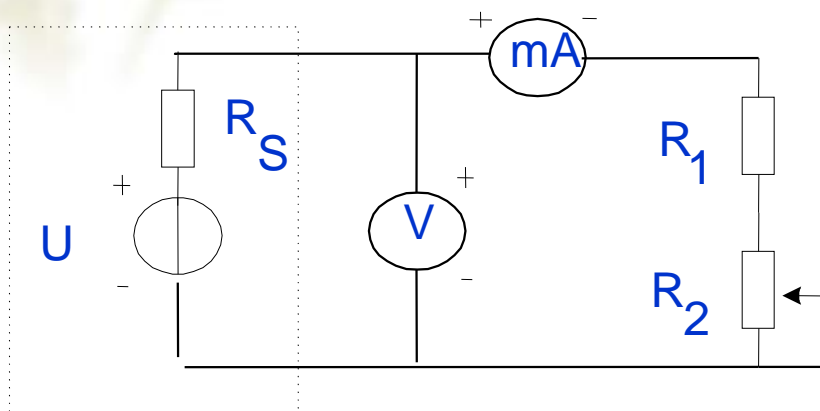
U (V)							
I (mA)							



可变电阻器放入面包板时注意下面这是正确的方向



在图5-1 电路中，将电压源改成实际电压源（串一电阻），如图5-2所示，图中内阻 $R_S$ 取 $51\Omega$ 的固定电阻，调节电位器 $R_2$ ，令其阻值由大至小变化，将电流表、电压表的读数记入表5-2中。



每变化3mA记录一次

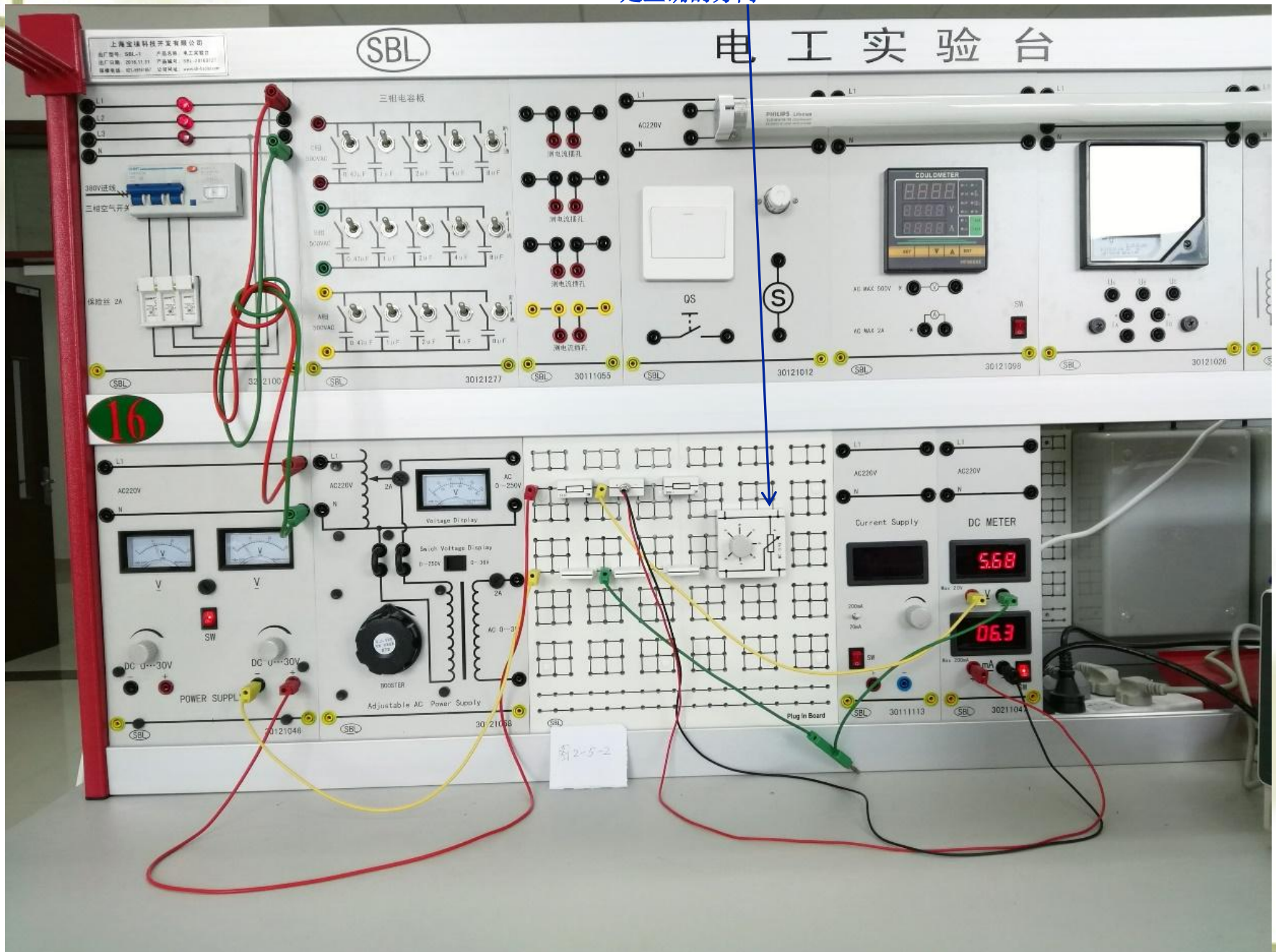
图 5-2

表5-2 实际电压源外特性数据

U (V)							
I (mA)							



可变电阻器放入面包板时注意下面这是正确的方向



## 2. 测定电流源（恒流源）与实际电流源的外特性

按图5-3接线，图中 $I_S$ 为恒流源，调节其输出为5mA（用毫安表测量）， $R_2$ 取470 $\Omega$ 的电位器，在 $R_S$ 分别为1k $\Omega$ 和 $\infty$ 两种情况下，调节电位器 $R_2$ ，令其阻值由大至小变化，将电流表、电压表的读数记入自拟的数据表格中。

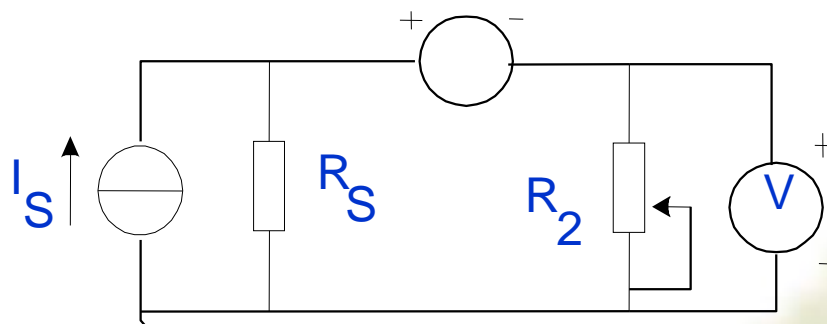
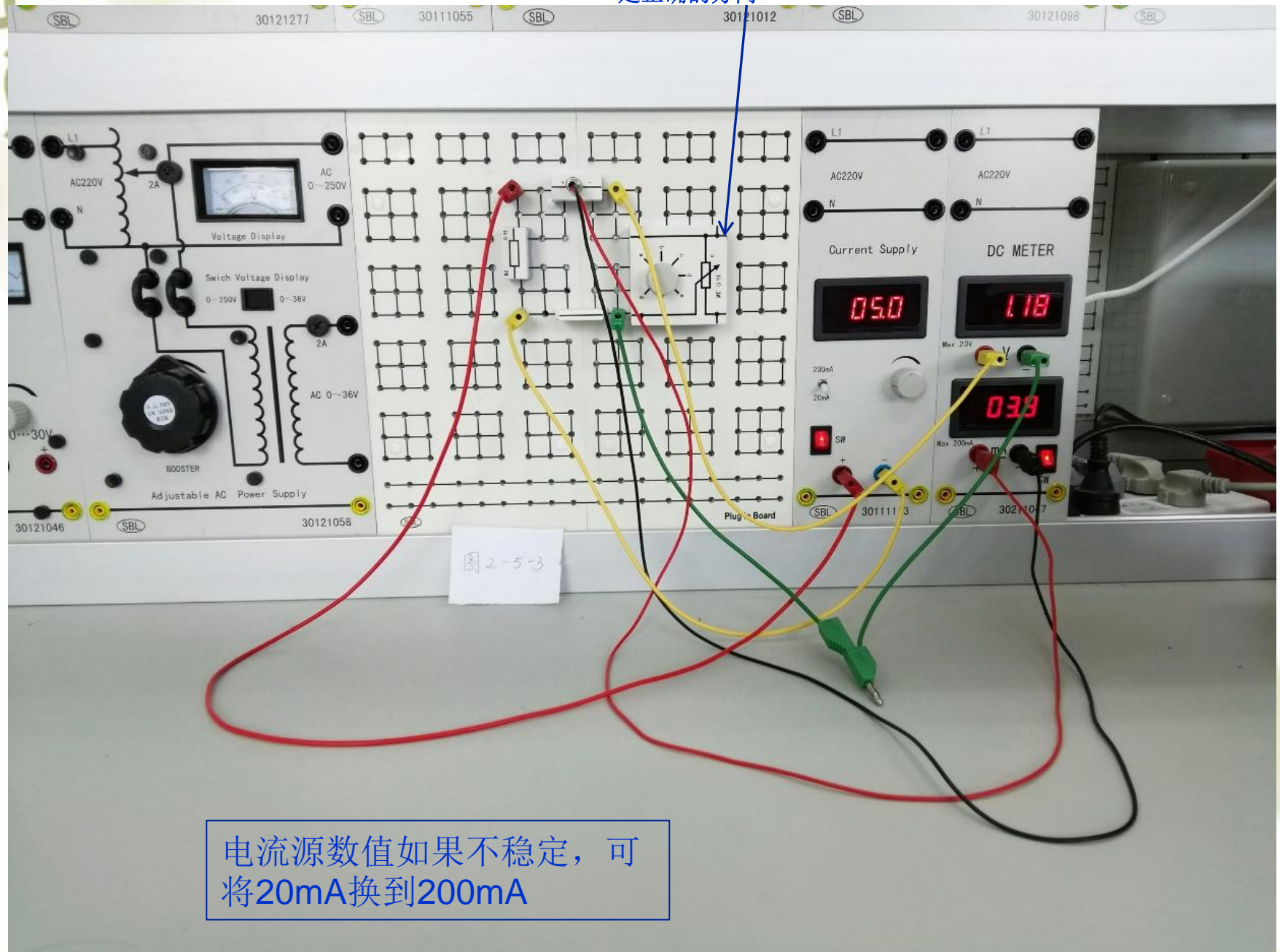


图 5—3

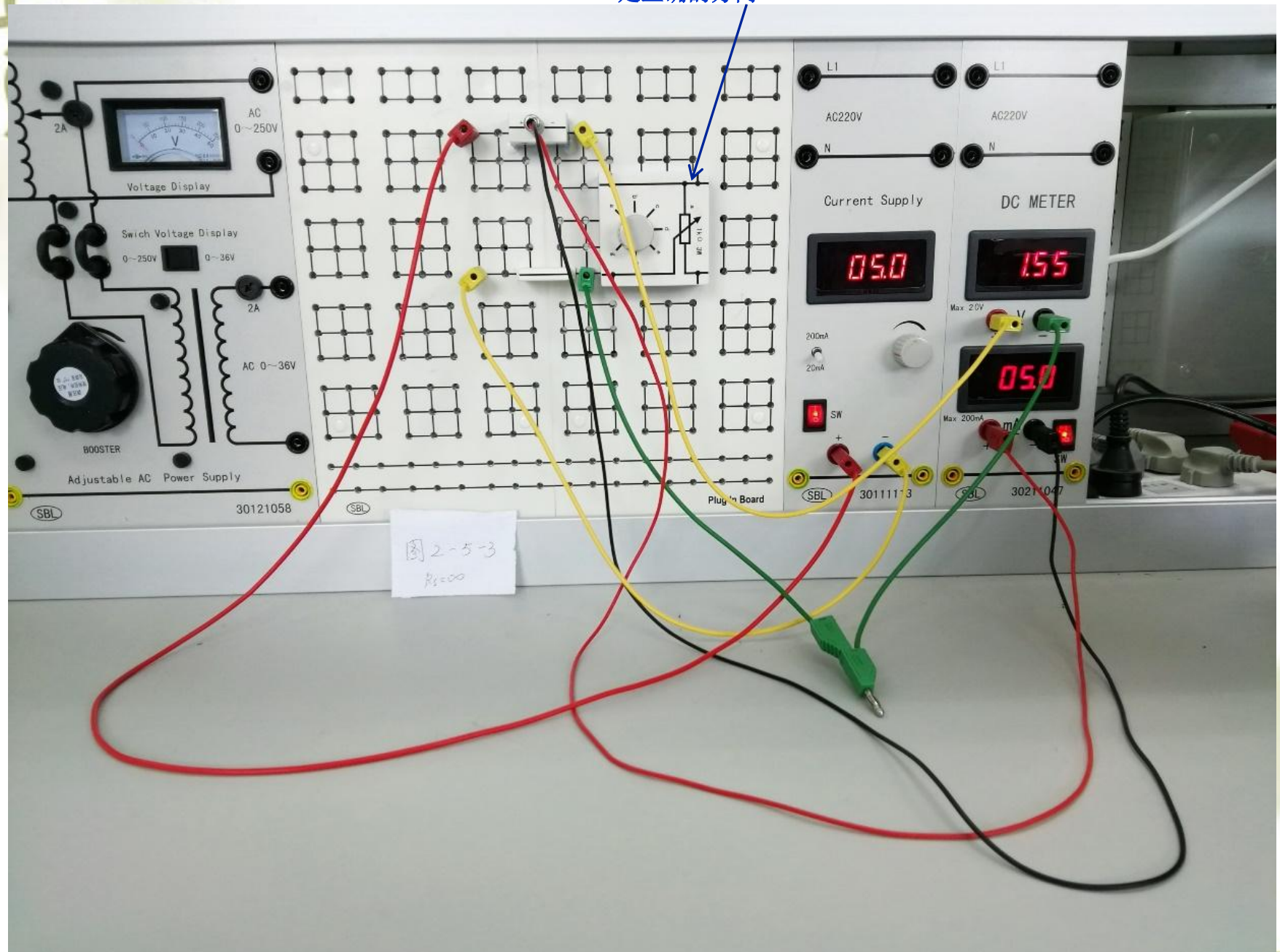
可变电阻器放入面包板时注意下面这是正确的方向



电流源数值如果不稳定，可将20mA换到200mA



可变电阻器放入面包板时注意下面这是正确的方向



### 3. 研究电源等效变换的条件

按图5-4电路接线，其中(a)、(b)图中的内阻 $R_S$ 均为 $51\Omega$ ，负载电阻 $R$ 均为 $200\Omega$ 。

在图5-4 (a)电路中,  $U_S$ 用恒压源0~+30V可调电压输出端, 并将输出电压调到+6V, 记录电流表、电压表的读数。然后调节图5-4 (b)电路中恒流源 $I_S$ , 令两表的读数与图5-4(a)的数值相等, 记录 $I_S$ 之值, 验证等效变换条件的正确性。

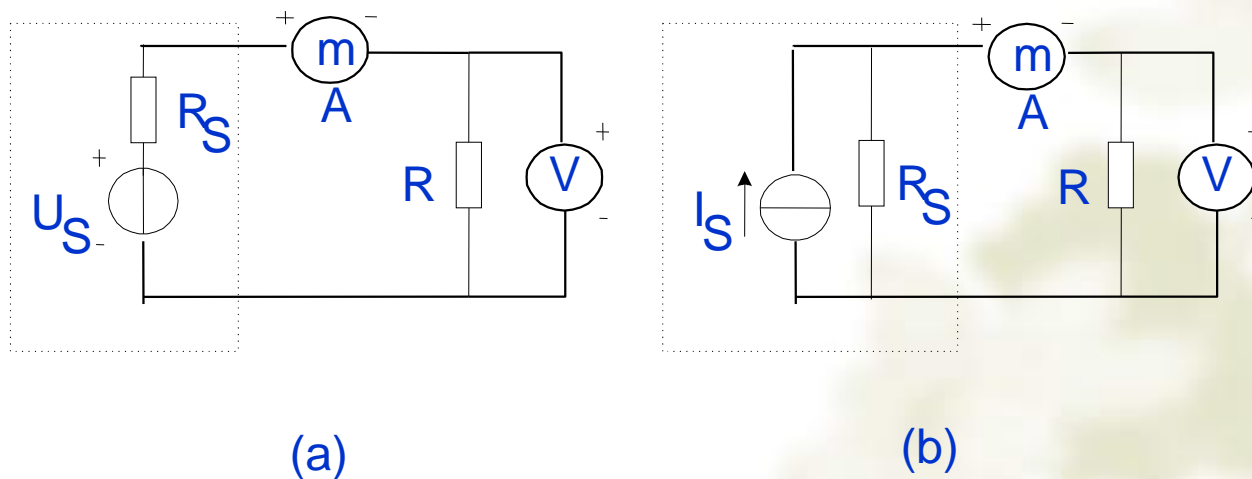
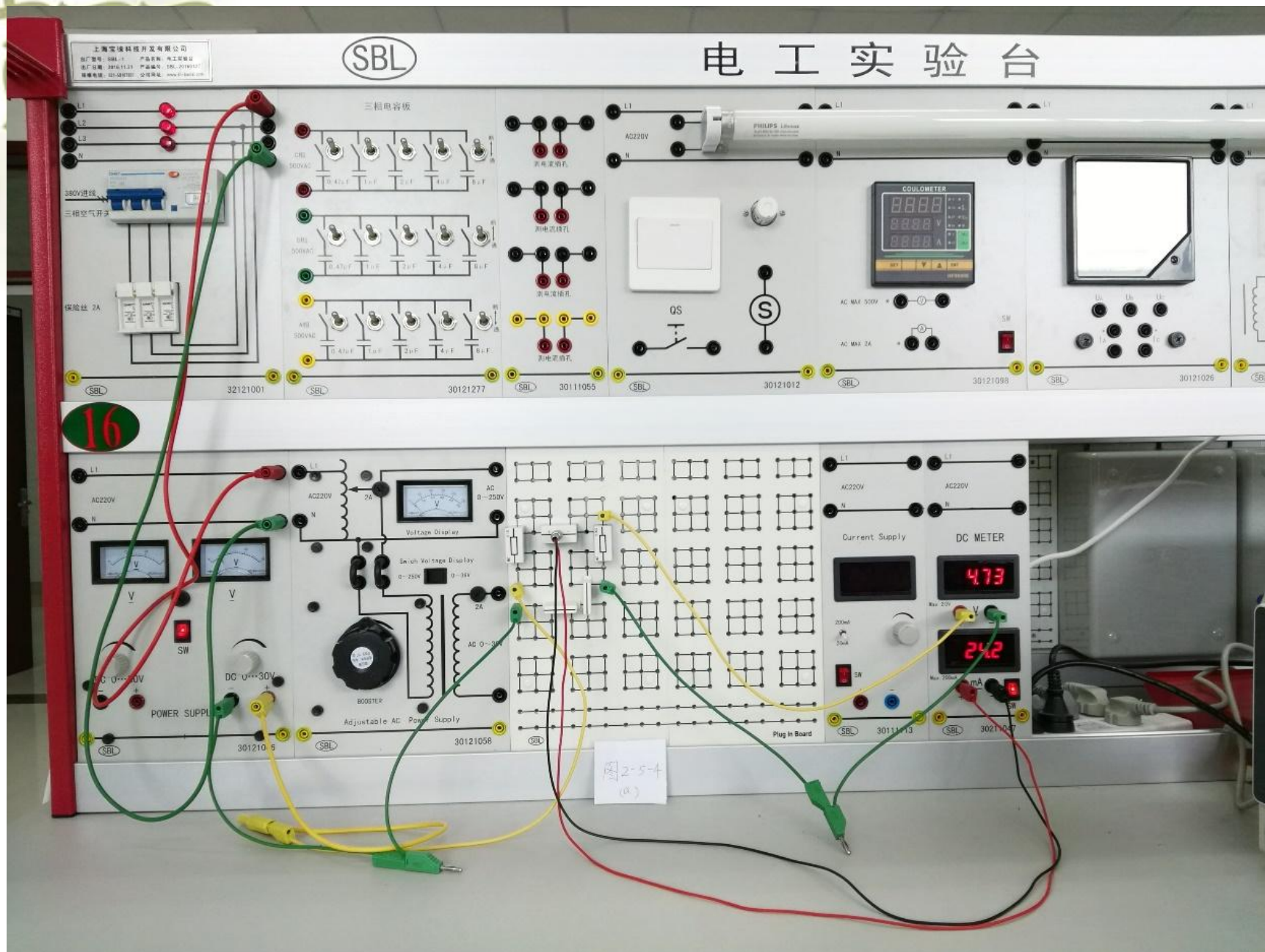
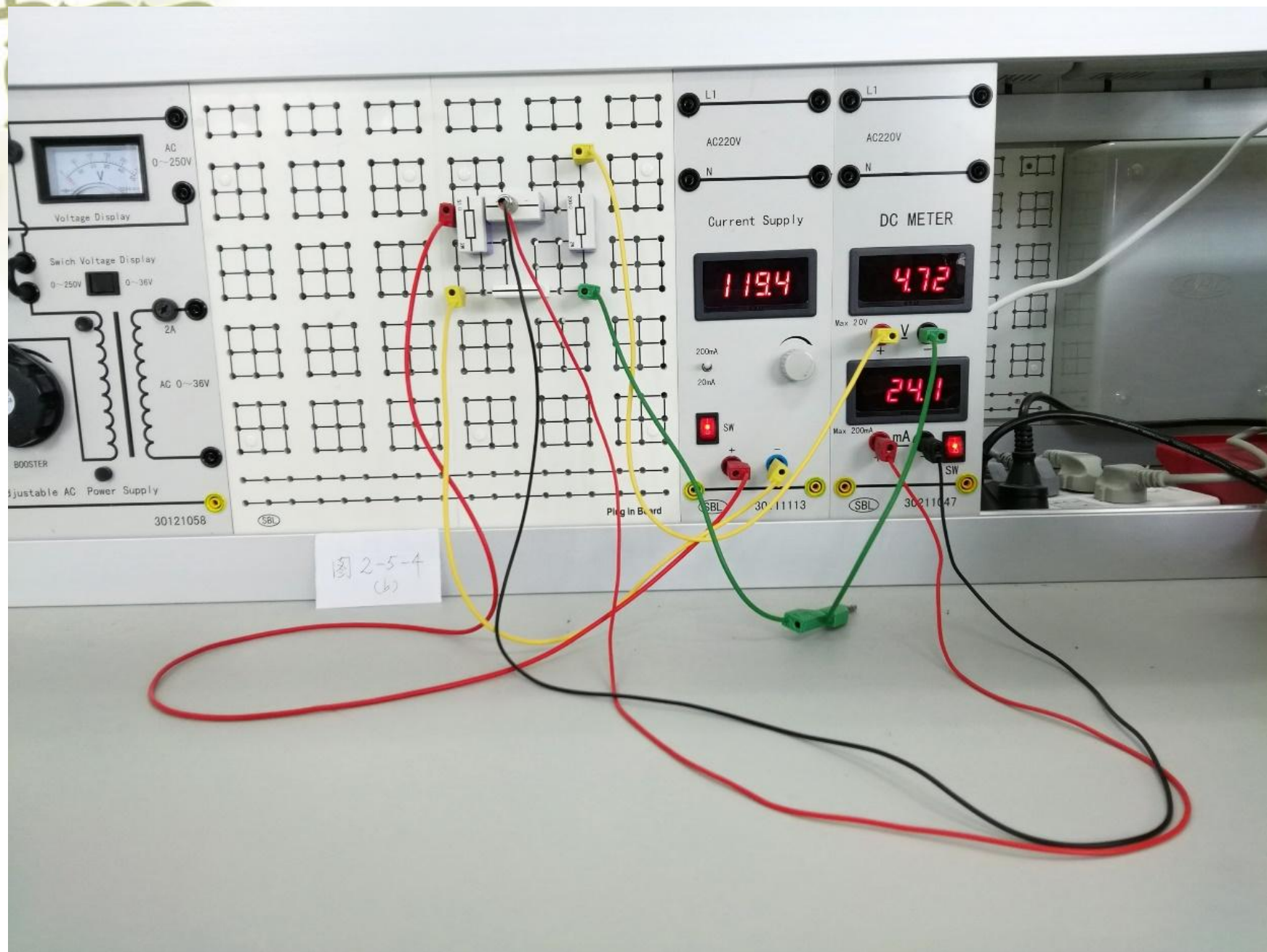


图 5-4







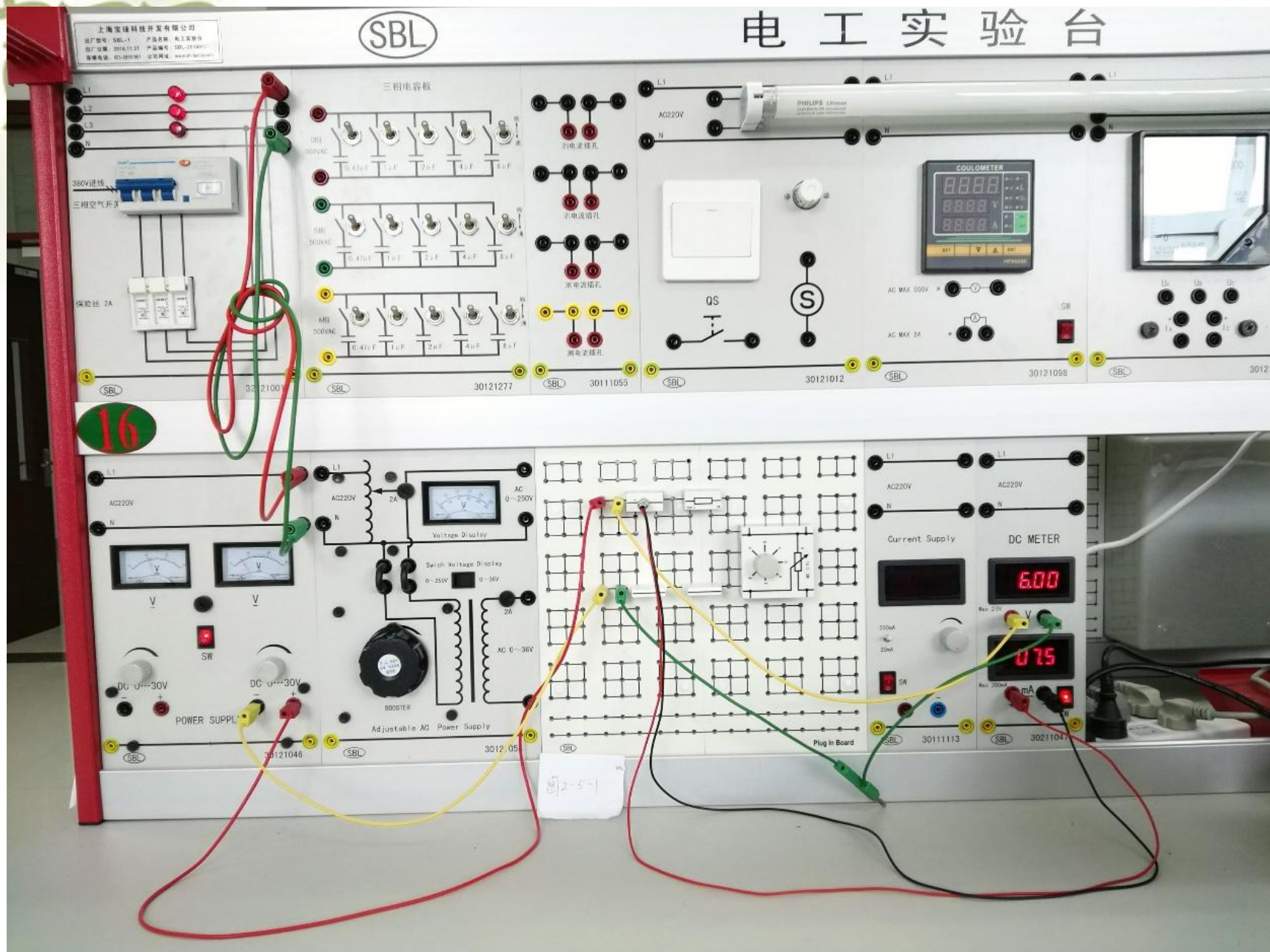
## 五. 实验注意事项

1. 在测电压源外特性时，不要忘记测空载 ( $I=0$ ) 时的电压值；测电流源外特性时，不要忘记测短路 ( $U=0$ ) 时的电流值，注意恒流源负载电压不可超过20V，负载更不可开路。
2. 换接线路时，必须关闭电源开关。
3. 直流仪表的接入应注意极性与量程。

上海宝信科技发展有限公司  
总厂地址: SBL-1 产品名称: 电工实验台  
分厂地址: 20161121 产品编号: SBL-20161121  
联系电话: 021-58181811 公司网站: www.sh-bx.com

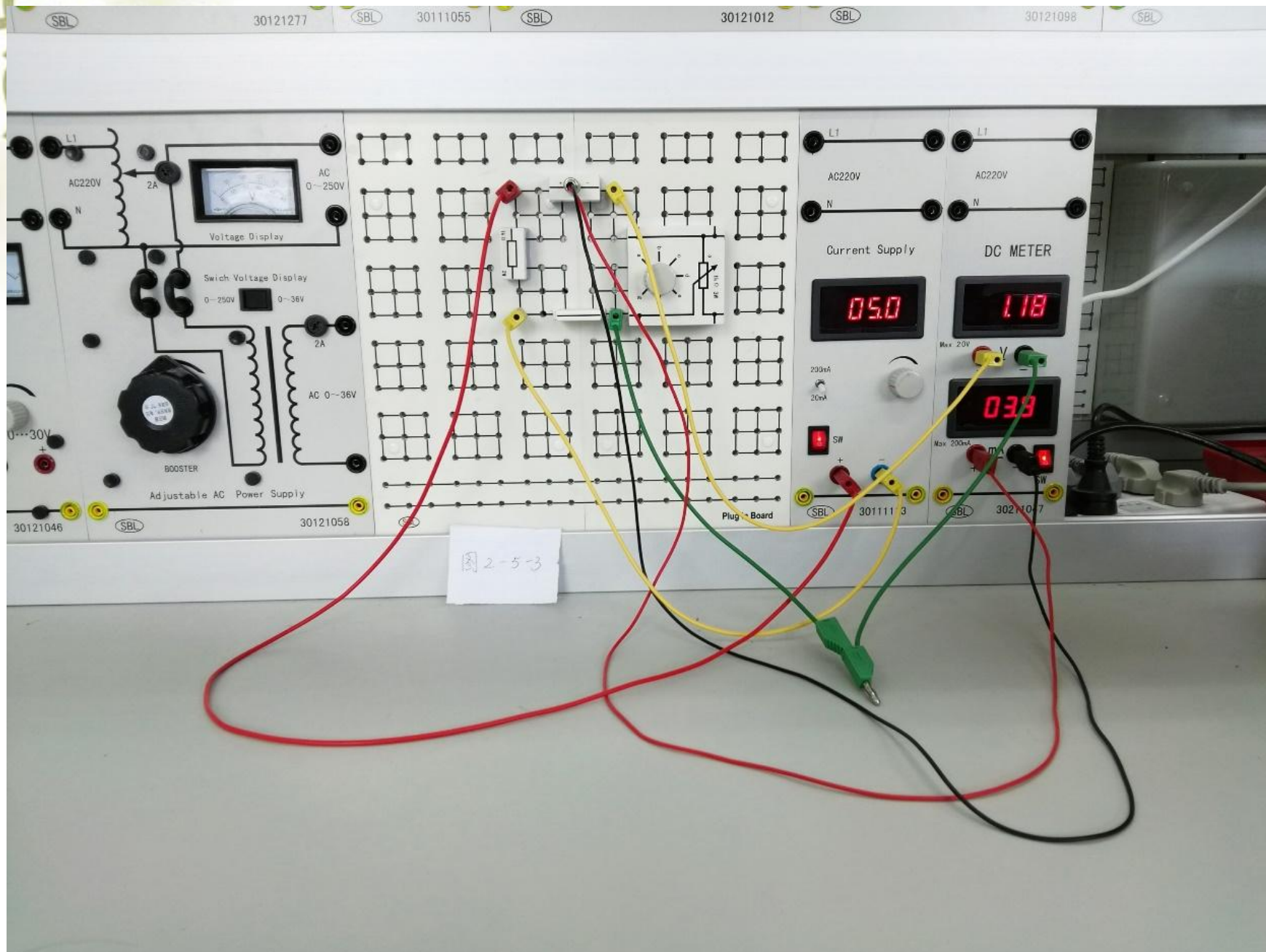
SBL

# 电工实验台

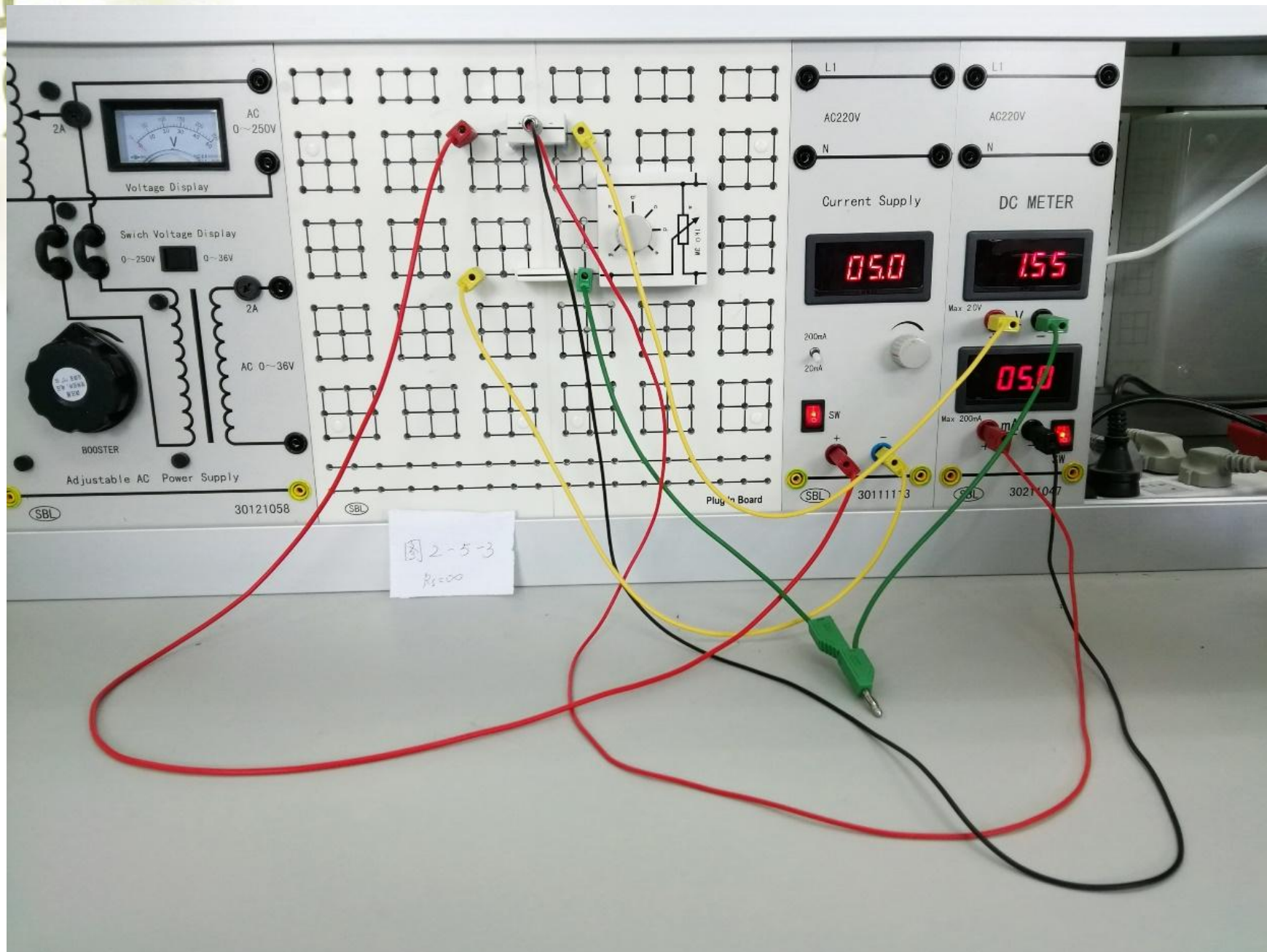


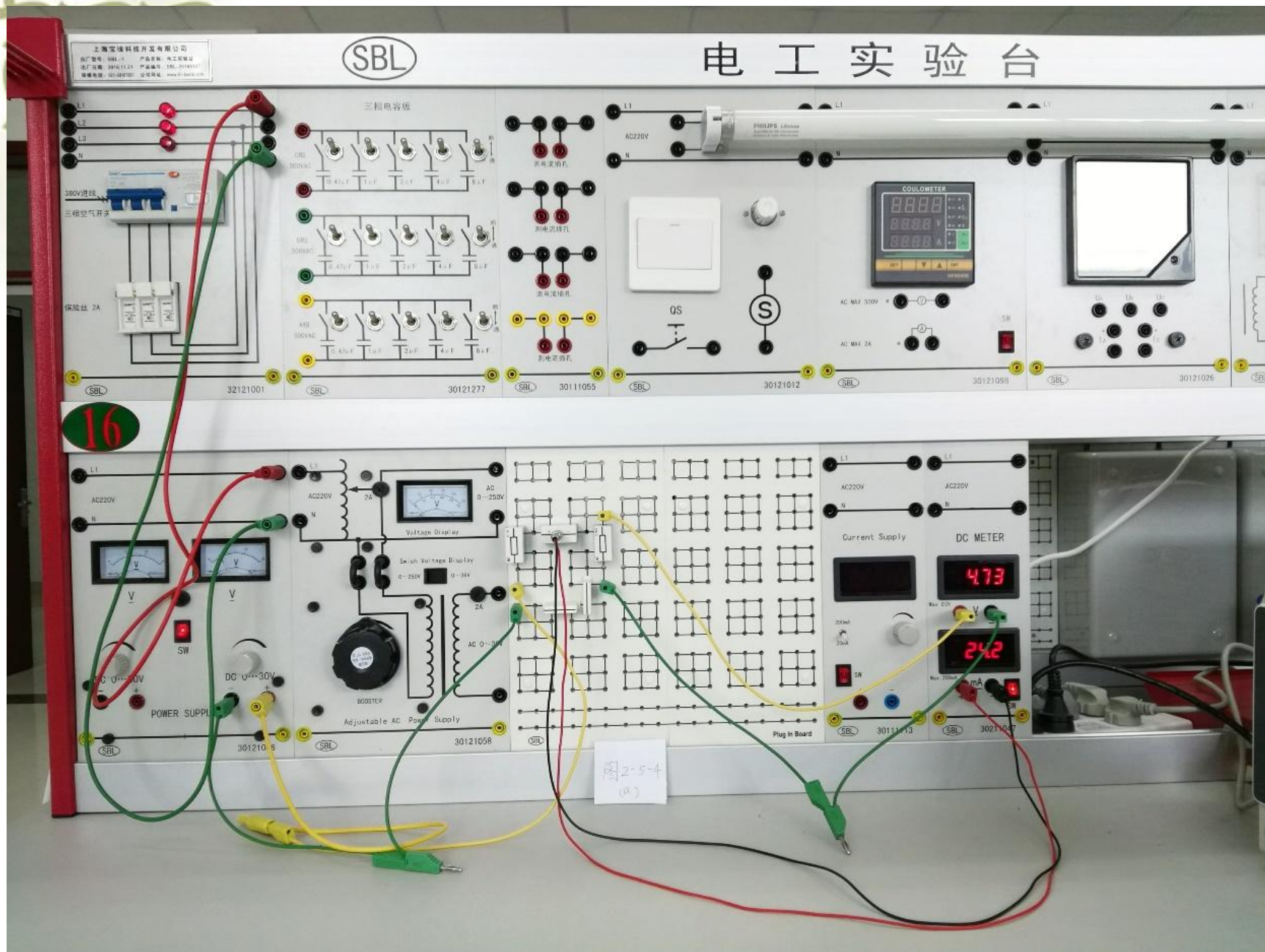




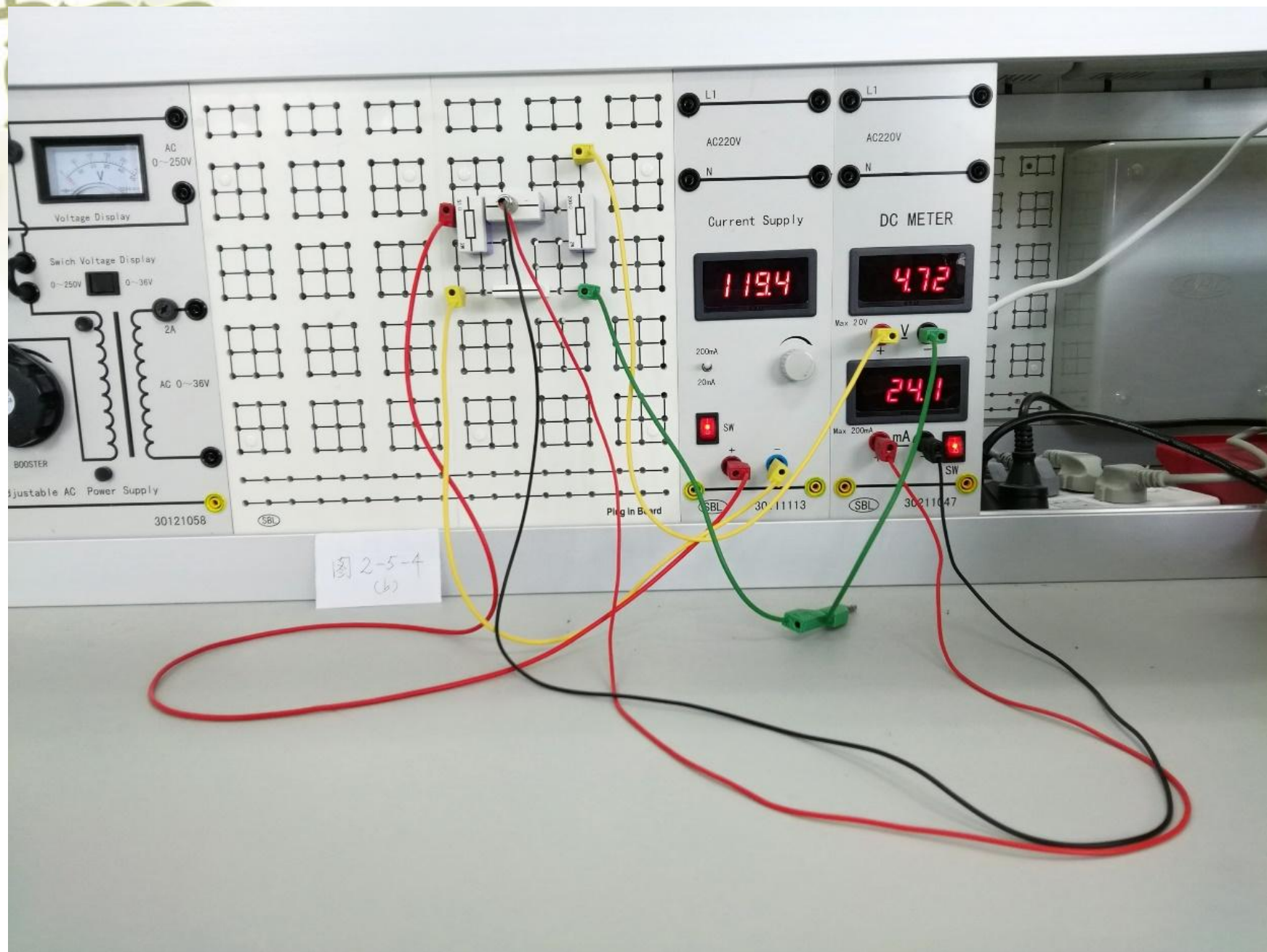














## 实验五 戴维宁定理和诺顿定理的验证

- 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

1. 验证戴维宁定理、诺顿定理的正确性，加深对该定理的理解。
2. 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

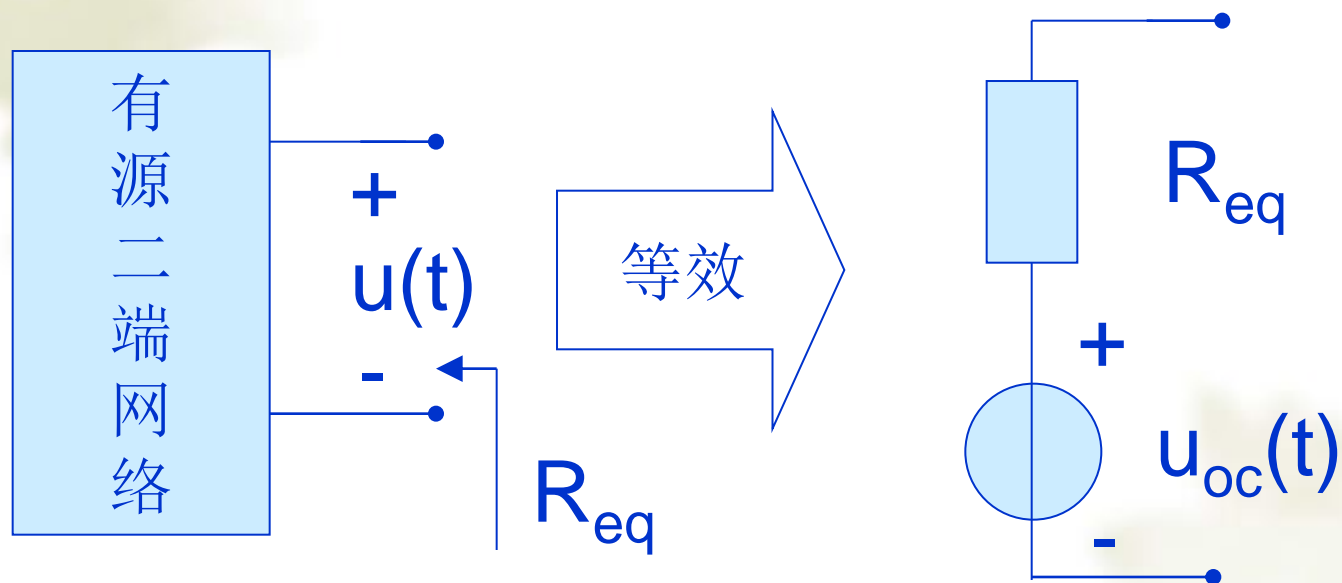
## 二. 实验原理

### ❖ 戴维宁定理描述

一个由线性电阻元件、线性受控源和独立源构成的线性电阻性有源二端网络N. 对于外部电路而言, 可以用一个电压源和一个电阻元件串联组成的等效电路来代替。该电压源的电压等于原线性电阻性有源二端网络的开路电压 $u_{oc}(t)$ , 该电阻元件的电阻等于将原线性电阻性有源二端网络N中所有独立源的激励化为零时该网络的端口等效电阻 $R_{eq}$ 。

❖ 戴维宁等效电路: 由电压源与等效电阻组成的串联等效电路称有源二端网络N的戴维宁等效电路。

## ❖ 戴维宁定理的图示



戴维宁等效电路

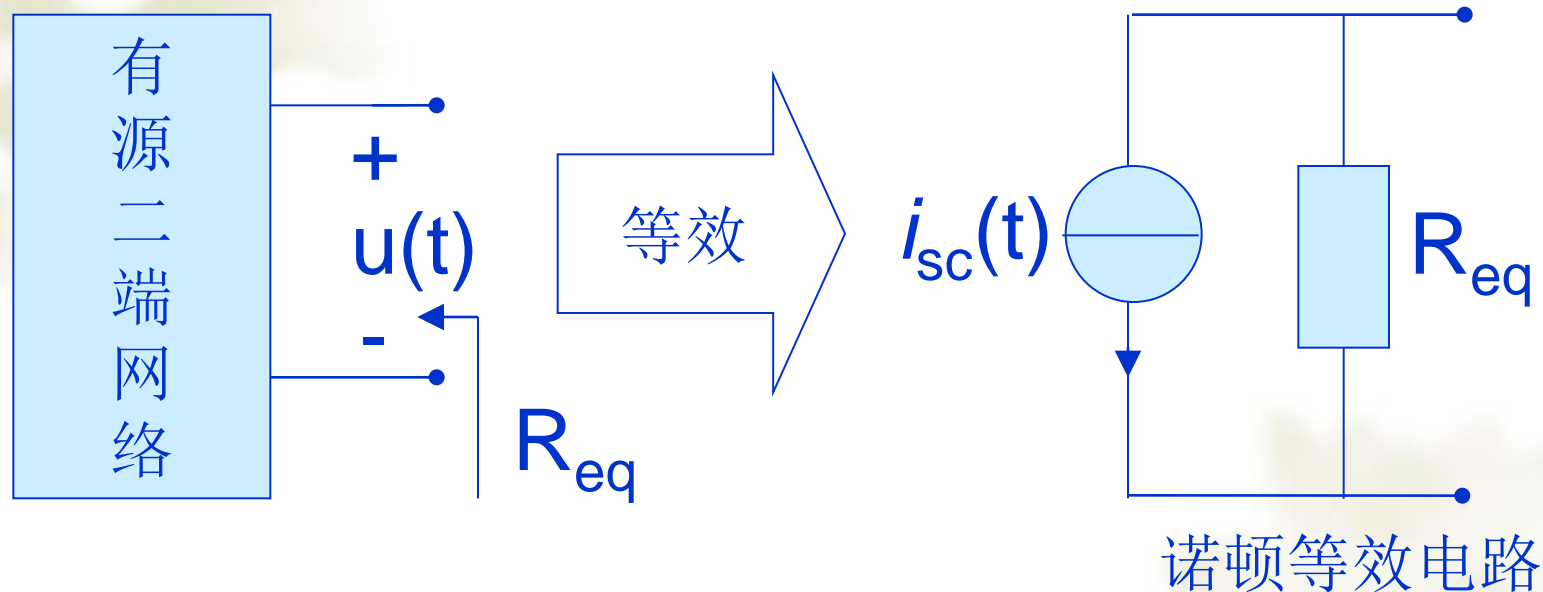
## ❖ 注释:

- $u_{oc}(t)$  为端口开路电压
- $R_{eq}$  为网络内部独立源全部失效（电流源开路、电压源短路）时的端口等效电阻

## ❖ 诺顿定理描述

- 一个由线性电阻元件、线性受控源和独立源构成的线性电阻性有源二端网络N. 对于外部电路而言，可以用一个电流源和一个电阻元件并联组成的等效电路来代替。该电流源的电流等于原线性电阻性有源二端网络的短路电流，该电阻元件的电阻等于将原线性电阻性有源二端网络N中所有独立源的激励化为零时该网络的端口等效电阻。电流源与等效电阻组成的并联等效电路称有源二端网络N的诺顿等效电路。
- 诺顿定理与戴维宁定理是互为对偶的网络定理。

## ❖ 诺顿定理的图示



## ❖ 注释：

- $i_{sc}(t)$  为端口短路电流
- $R_{eq}$  为网络内部独立源全部失效（电流源开路、电压源短路）时的端口等效电阻

# 有源二端网络等效参数的测量方法

## ❖ 开路电压、短路电流法

在有源二端网络输出端开路时，用电压表直接测其输出端的开路电压 $u_{oc}$ ，然后再将其输出端短路，测其短路电流 $i_{sc}$ ，则内阻为：

$$R_S = \frac{u_{oc}}{i_{sc}}$$

## ❖ 伏安法

## ❖ 半电压法

## ❖ 零示法

### 三. 实验设备

1. 直流数字电压表、直流数字电流表；
2. 恒压源（双路0~30V可调）；
3. 恒源流（0~200mA可调）；
4. 元件箱。



## 四. 实验内容

被测有源二端网络如图6-5所示.

1. 在图6-5所示线路接入恒压源 $U_S=12V$ 和恒流源 $I_S=20mA$ 及可变电阻 $R_L$ .

测开路电压 $U_{OC}$ : 在图6-5电路中, 断开负载 $R_L$ , 用电压表测量开路电压 $U_{OC}$ , 将数据记入表6-1中。

测短路电流 $I_{SC}$ : 在图6-5电路中, 将负载 $R_L$ 短路, 用电流表测量短路电流 $I_{SC}$ , 将数据记入表6-1中。

按后面的实物电路连接图测量,  
相差一个符号而已。

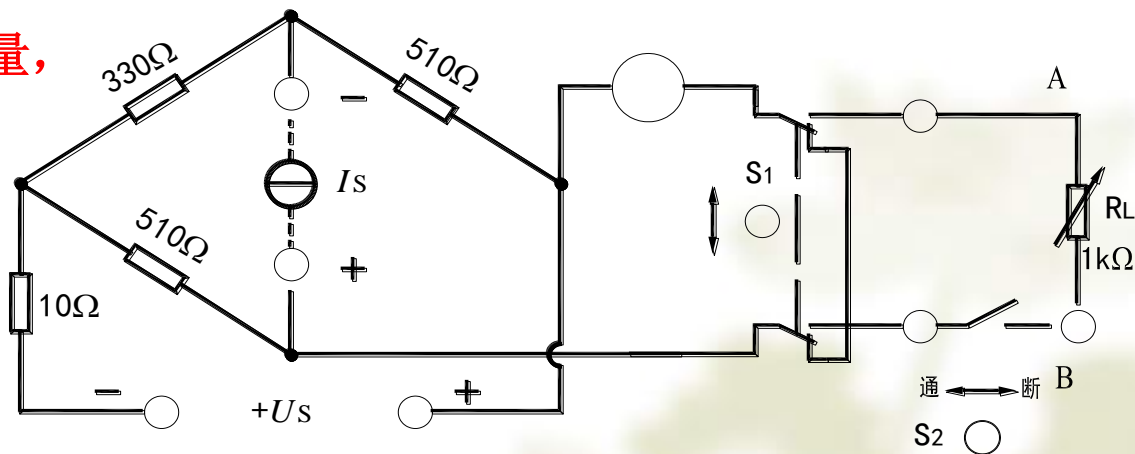


图6-5

表6-1

$U_{oc}(V)$

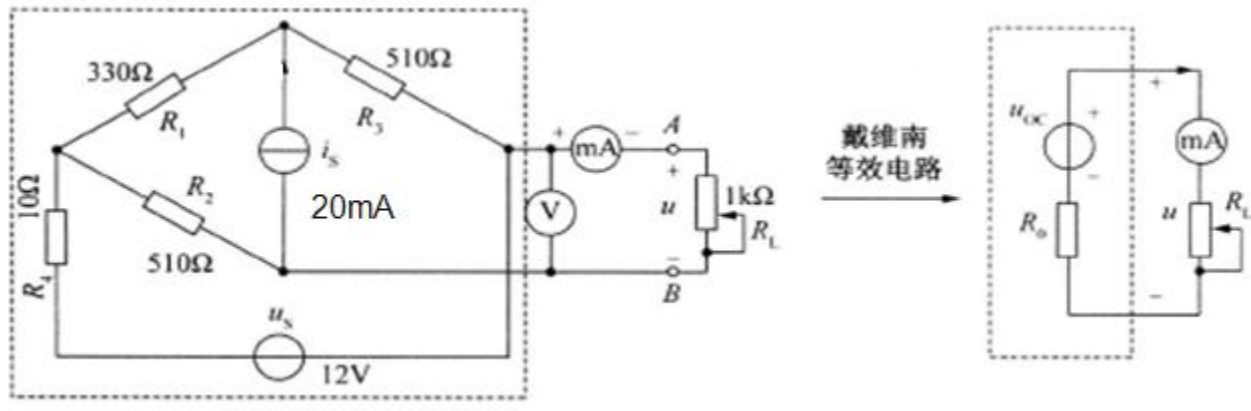
$I_{sc}(mA)$

$R_s=U_{oc}/I_{sc}$

$U_{oc}(V)$	$I_{sc}(mA)$	$R_s=U_{oc}/I_{sc}$

## 2. 负载实验

测量有源二端网络的外特性：在图6-5电路中，改变负载电阻 $R_L$ 的阻值（可调a,b,c,d,e,f,g档，不要求具体值），逐点测量对应的AB端电压、端电流，将数据记入表6-2中。并计算有源二端网络的等效参数 $U_S$ （即 $U_{OC}$ ）和 $R_S$ （即 $R_0$ ）。



### 表6-2

[illegible]

[illegible]

1. 戴维南定理和诺顿定理。戴维南定理指出,任何一个有源二端网络[见图 2-6-1(a)],总可以用一个电压源  $u_s$  和一个电阻  $R_s$  串联组成的实际电压源来代替[见图 2-6-1(b)]。其中,电压源  $u_s$  等于这个有源二端网络的开路电压  $u_{oc}$ , 内阻  $R_s$  等于该网络中所有独立电源均置零(电压源短接,电流源开路)后的等效电阻  $R_0$ 。

诺顿定理指出,任何一个有源二端网络[见图 2-6-1(a)],总可以用一个电流源  $i_s$  和一个电阻  $R_s$  并联组成的实际电流源来代替[见图 2-6-1(c)]。其中,电流源  $i_s$  等于这个有源二端网络的短路电流  $i_{sc}$ , 内阻  $R_s$  等于该网络中所有独立电源均置零(电压源短接,电流源开路)后的等效电阻  $R_0$ 。

$u_s$ 、 $R_s$  和  $i_s$ 、 $R_s$  为有源二端网络的等效参数。

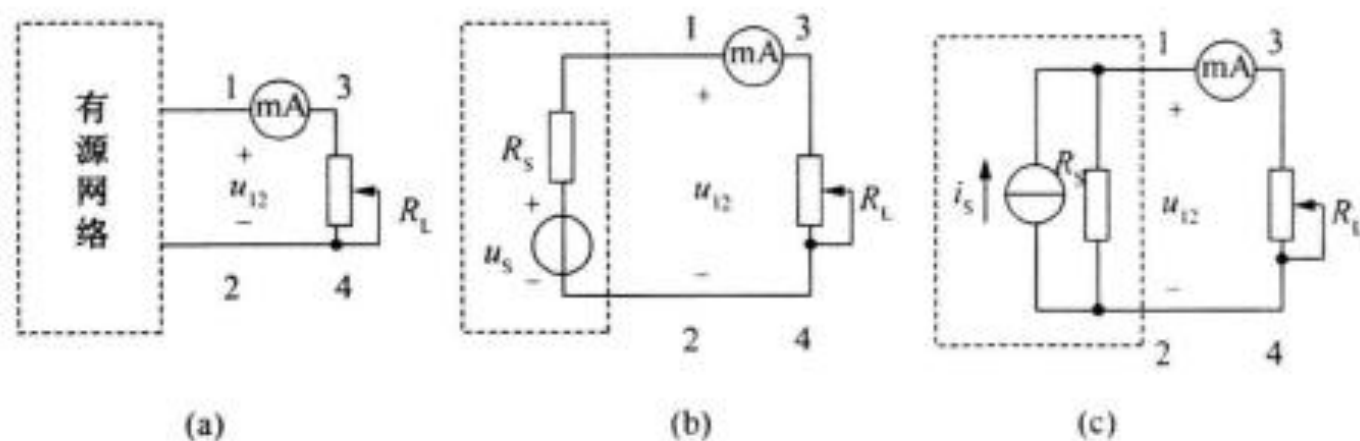


图 2-6-1

## 2) 测量有源二端网络等效电流源的外特性:

按图2-6-1 (c) 恒流源调整到表6-1中的 $I_{SC}$ 数值，内阻 $R_S$ 按表6-1中计算出来的 $R_S$ （取整）选取固定电阻。然后，用电阻箱改变负载电阻 $R_L$ 的阻值，逐点测量负载电阻 $R_L$ 两端的电压、电流，将数据记入表6-4中。

### 表6-4 有源二端网络等效电流源的外特性数据

[illegible]

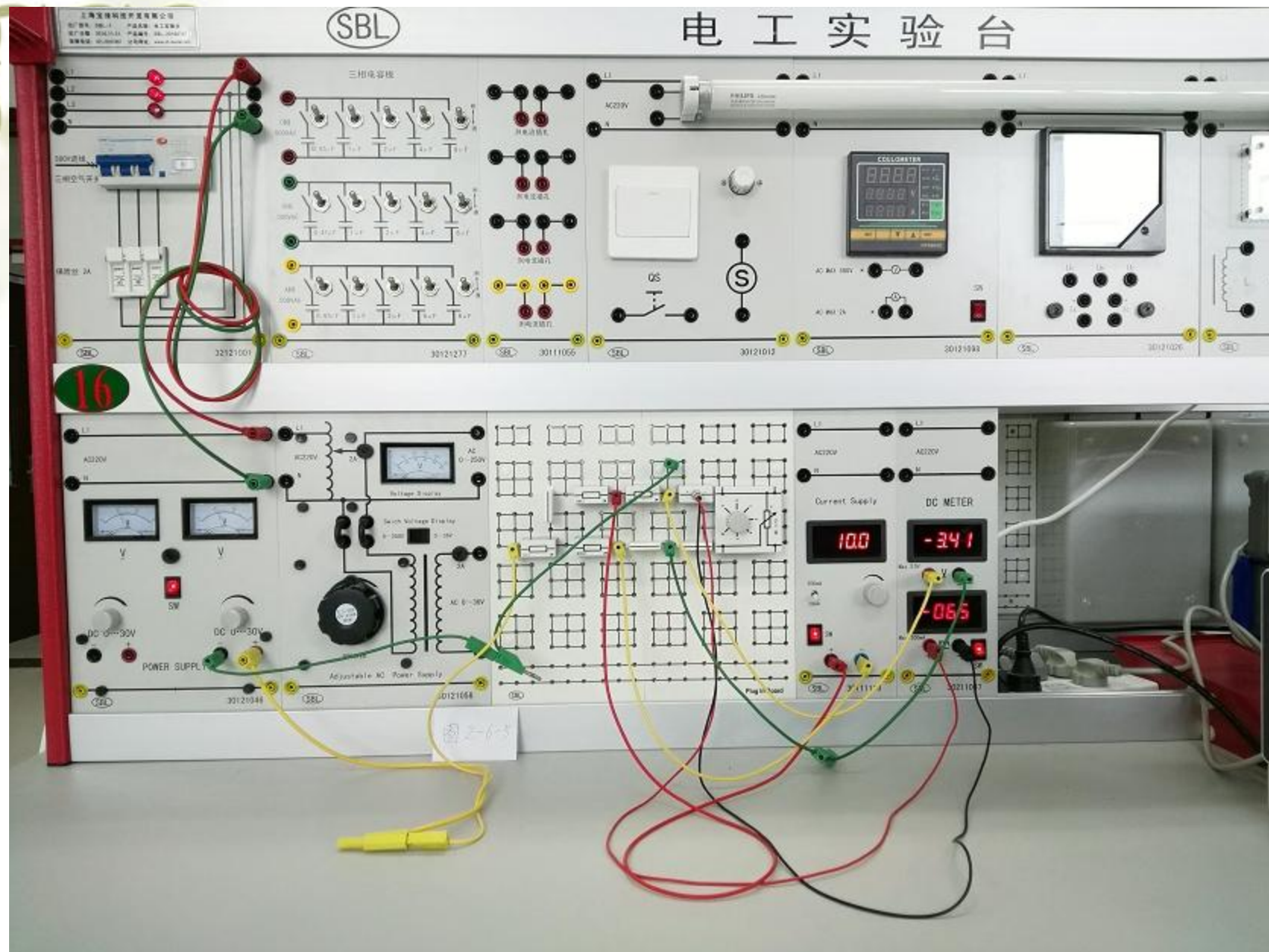
## 五. 实验注意事项

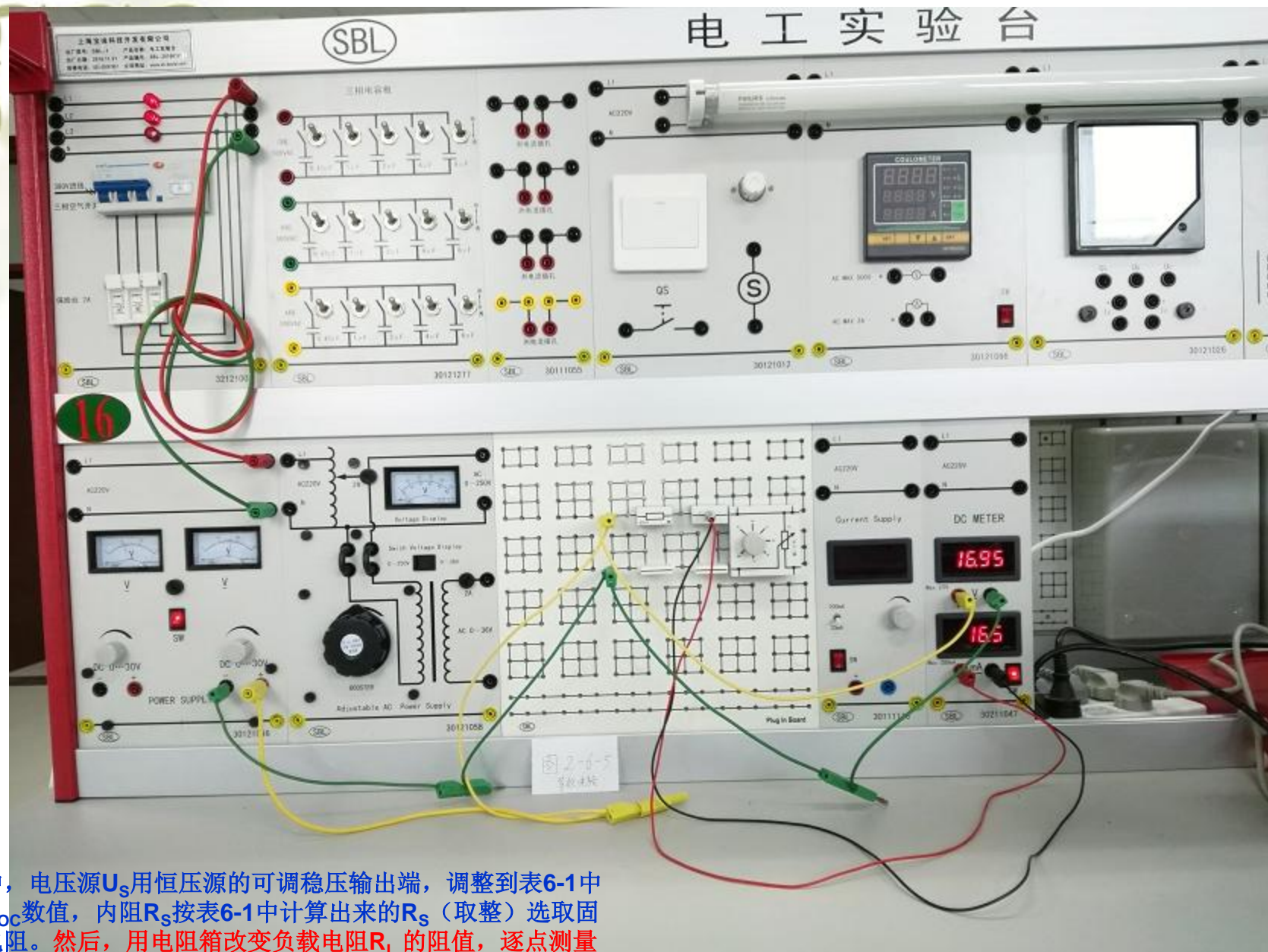
1. 测量时，注意恒流源输出最大值是**200mA**。
2. 一定注意恒流源的电流方向，要与课本上的标注相同。
3. **改接线路时，要关掉电源。**

## 六. 实验报告要求

按实验指导书要求







图中，电压源 $U_s$ 用恒压源的可调稳压输出端，调整到表6-1中的 $U_{oc}$ 数值，内阻 $R_s$ 按表6-1中计算出来的 $R_s$ （取整）选取固定电阻。然后，用电阻箱改变负载电阻 $R_L$ 的阻值，逐点测量负载电阻 $R_L$ 两端的电压、电流



# 实验六、典型周期性电信号的观察和测量

- 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、电流表 (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

- ❖ 1、加深理解周期性信号的有效值和平均值的概念，学会计算方法。
- ❖ 2、了解几种周期性信号（正弦波、矩形波、三角波）的有效值、平均值和幅值的关系。
- ❖ 3、掌握信号源、示波器的使用方法。

## 二、实验原理

- ❖ 正弦波、矩形波、三角波都属于周期性信号。用有效值表示周期性信号的大小，平均值表示周期性信号在一个周期里平均起来的大小。
- ❖ 在相同的电阻上分别通以直流电流和交流电流，经过一个交流周期的时间，如果它们在电阻上所损失的电能相等的话，则把该直流电流（电压）的大小作为交流电流（电压）的有效值，正弦电流（电压）的有效值等于其最大值(幅值)的**0.707**倍。
- ❖ 对于交流电来说，数学上的平均值是0（因为是正负是对称的）。但电工技术上我们关心的是其量值（绝对值）的大小。所以电工技术上的平均值指的是电流（电压）的绝对值在一个周期内的平均值。

## 二、实验原理

### ❖ 1、正弦波电压有效值、平均值的计算

设正弦波的电压为  $u = U_m \sin \omega t$

有效值:  $U = 0.707U_m$ 。

平均值:  $U_V = 0.636U_m$

### ❖ 2、矩形波有效值、平均值的计算

平均值:  $U = U_m$ 。

有效值:  $U_V = U_m$ 。

## 二、实验原理

### ❖ 3、三角波电压有效值、平均值的计算

由于波形对称，在四分之一一个周期里，可得有效值为：

$$U = \sqrt{\frac{T}{4} \int_0^{T/4} \frac{4^2 U_m^2}{T^2} \times t^2 dt} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 0.577U_m$$

平均值，同样取四分之一一个周期即可，

$$v = \frac{\left( U_m \times \frac{T}{4} \right) / 2}{\frac{T}{4}} = \frac{U_m}{2} = 0.5U_m$$

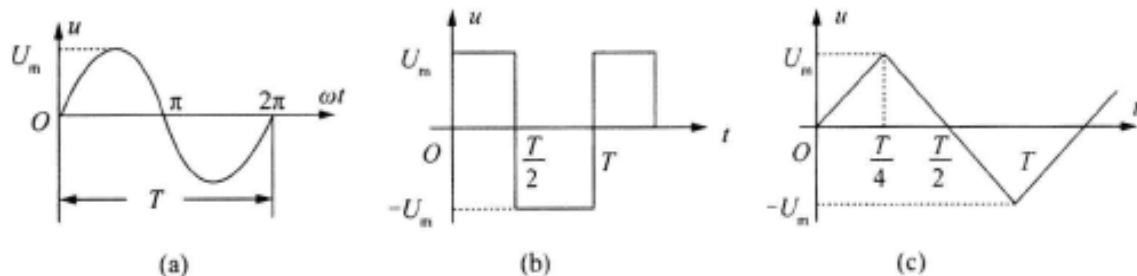


图 2-11-1

1. 正弦波电压有效值、平均值的计算。如图 2-11-1(a) 所示, 设正弦波电压  $u = U_m \sin \omega t$ , 有效值为:

$$u = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m$$

正弦波电压的平均值为零, 若按正弦波电压绝对值 (即全波整流波形) 计算, 平均值为:

$$u_v = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} u dt = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} U_m \sin \omega t dt = \frac{2U_m}{\pi} = 0.636 U_m$$

2. 矩形波电压有效值、平均值的计算。如图 2-11-1(b) 所示, 有效值等于电压的“方均根”。由于电压波形对称, 只计算半个周期即可, 即:

$$u = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} U_m^2 dt} = \sqrt{\frac{U_m^2}{T} \times t \Big|_0^{\frac{T}{2}}} = U_m$$

求波形绝对值的平均值时, 同样只计算半个周期即可, 即:

$$u_v = \frac{U_m \times \frac{T}{2}}{\frac{T}{2}} = U_m$$

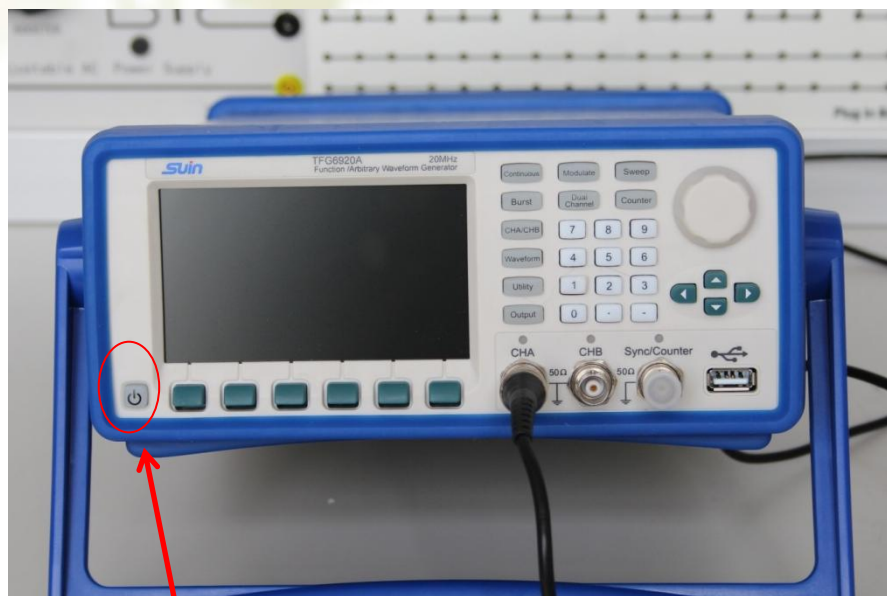
## 三. 实验设备

- ❖ 1. 信号源;
- ❖ 2. 双踪示波器;
- ❖ 3. 电工实验台。



## 四、实验内容

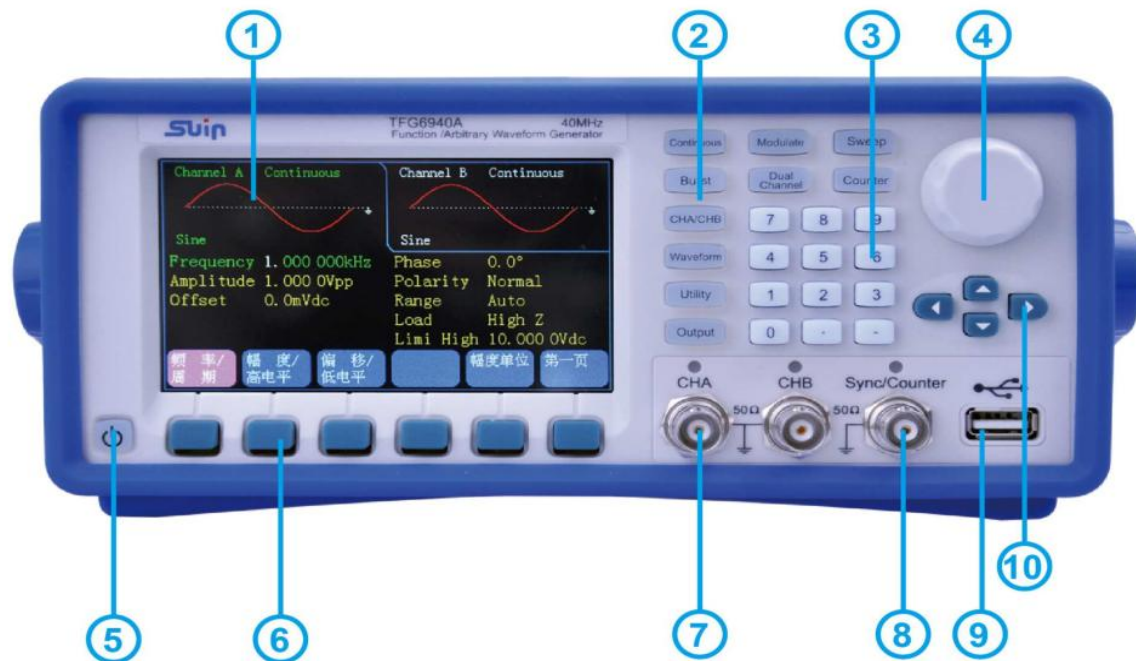
### 1、信号发生器（查阅“仪器资料”中的波形发生器TFG6900A 用户使用指南）



前面红色圈电源开关，同时后背也有电源开关，二者都得打开。



## 1.2 前后面板



- |          |         |               |              |
|----------|---------|---------------|--------------|
| 1. 显示屏   | 2. 功能键  | 3. 数字键        | 4. 调节旋钮      |
| 5. 电源按钮  | 6. 菜单软键 | 7. CHA、CHB 输出 | 8. 同步输出/计数输入 |
| 9. U 盘插座 | 10. 方向键 |               |              |



- |          |          |             |           |
|----------|----------|-------------|-----------|
| 1. 外调制输入 | 2. 外触发输入 | 3. 外时钟输入    | 4. 内时钟输出  |
| 5. 排风扇   | 6. 电源插座  | 7. RS232 接口 | 8. USB 接口 |
| 9. 电源总开关 |          |             |           |



查阅红色圈按钮的操作

# 信号发生器基本操作

- ❖ **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】键可以循环开通或关闭该通道的输出信号。
- ❖ **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。



❖ **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。

❖ **5. 幅度设置：** 如果要设置幅度为1.6Vrms，可按下列步骤操作：

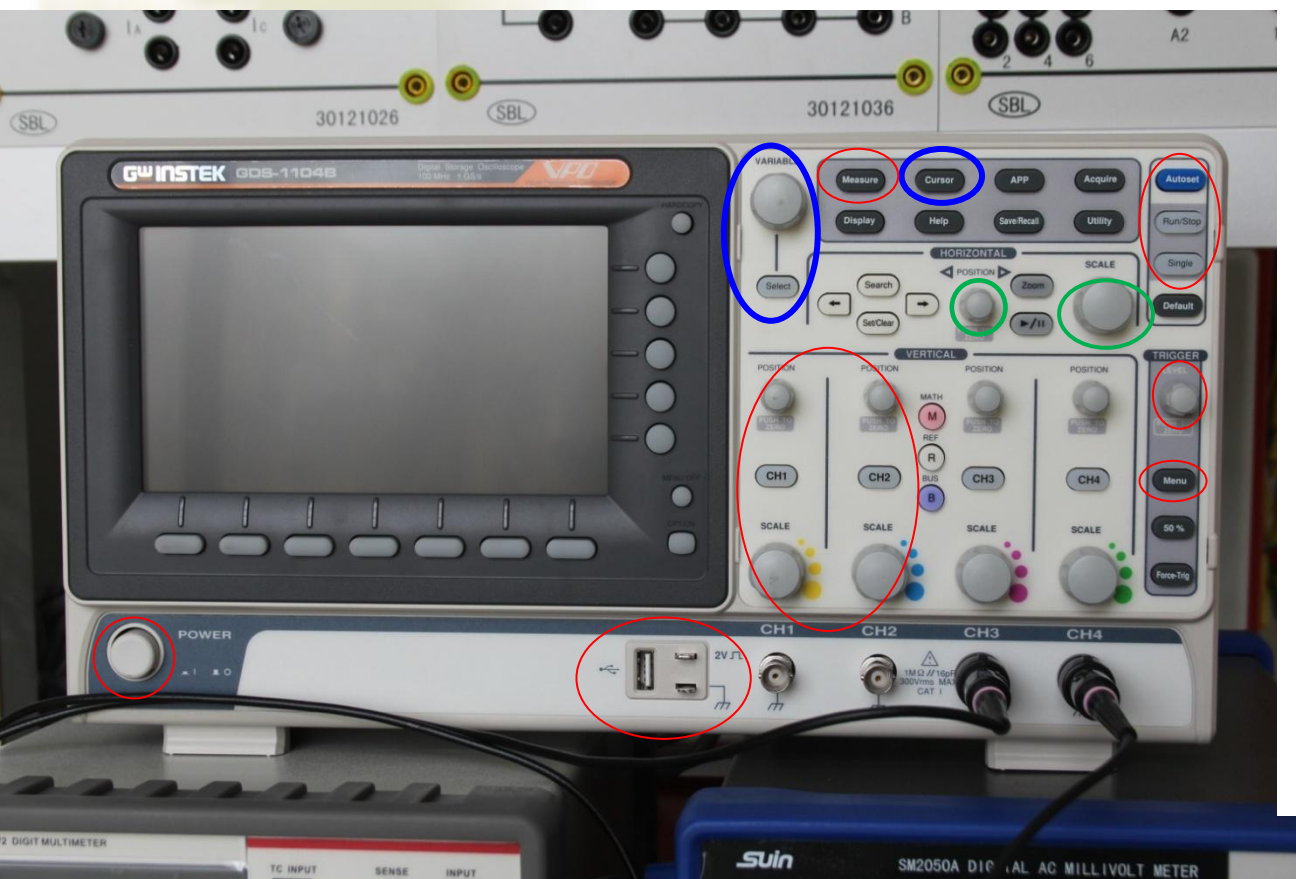
(1) 按〔幅度/高电平〕软键，幅度参数变为绿色显示。

(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、示波器：

(1) 颜色圈按钮查阅“仪器资料”中的示波器**GDS-1000B**中文操作手册



### 目录

安全说明.....	5
产品介绍.....	9
GDS-1000B 系列介绍 .....	10
外观 .....	14
设置 .....	25
内置帮助.....	34
测量 .....	35
基础测量.....	36
自动测量.....	43
光标测量.....	55
运算操作.....	62
设置 .....	71
获取 .....	74
分段存储(选配) .....	79
显示 .....	90
水平视图.....	95
垂直视图(通道).....	102
总线设置(选配) .....	110
触发 .....	131
搜索(选配) .....	163
系统设置和其它设置.....	172
文件格式/工具 .....	198
创建/编辑文件标记.....	203
存储.....	206

# 示波器面板介绍



电源开关：  
控制示波器电源的通断

校准信号：提供1KHZ 2V的基准信号，用于示波器的自检



# 示波器面板介绍



屏幕：用于显示被测信号的波形，测量刻度，以及操作菜单

输入探头插座：用于连接输入电缆，以便输入被测信号。

垂直通道控制部分：用于选择被测信号，控制现实的被测信号在Y轴方向的大小或移动（示意一路，其它三路同理）



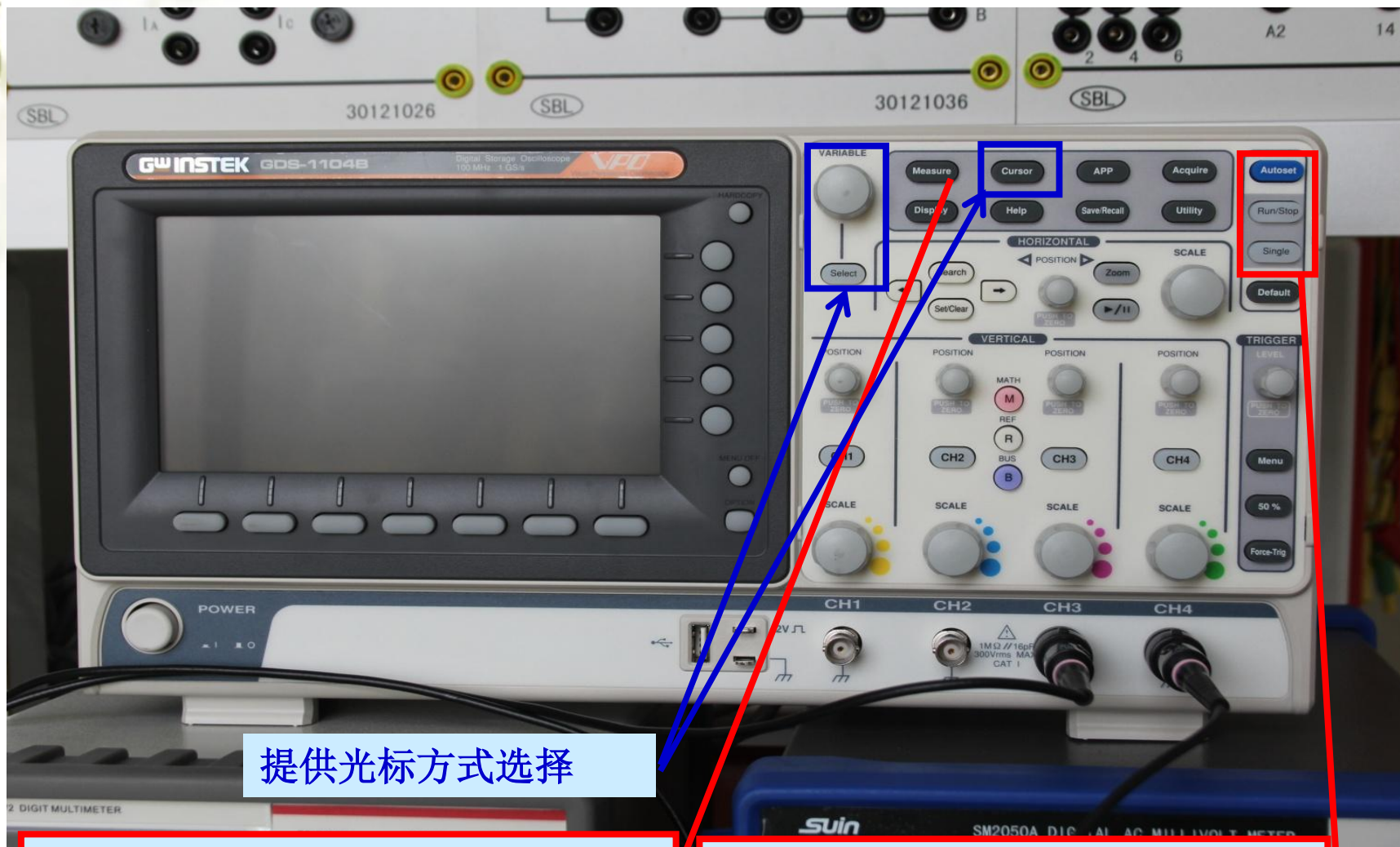
# 示波器面板介绍



扫描部分：用于控制显示的波形在水平轴方向的变化

触发部分：用于控制显示的被测信号的稳定性

# 示波器面板介绍



提供光标方式选择

辅助测量设置：提供测量方式选择

操作方式控制：提供“自动调整”和“显示静止”两种选择

### 3. 具体实验内容

(1) 校准：检验示波器是否自身提供一个频率为1KHZ,电压为2V的校准信号

(2) 测量正弦波的峰峰值 $V_{pp}$ 和周期 $T$

a .将信号源的‘波形选择’开关置正弦波信号位置上；

b .将信号源的信号输出端、地分别与示波器探测端、地连接；

d .接通信号源电源，调节信号源的频率旋钮（包括‘频段选择’开关、频率粗调和频率细调旋钮），使输出信号的频率为1 kHz，调节输出信号的‘幅值调节’旋钮，使信号源输出‘峰峰值’（波峰与波谷之间的值）为1 V，观察波形，记录示波器信号的峰峰值、周期、频率。**信号源输出信号调好参数后，按output键才能输出信号。**

e.分别用三种方法测量峰峰值、周期（**注意探头1X，通道ch1(触发源1)**）：



## 三种方法测出的波形峰峰值和周期拍照记录数据，放到报告里

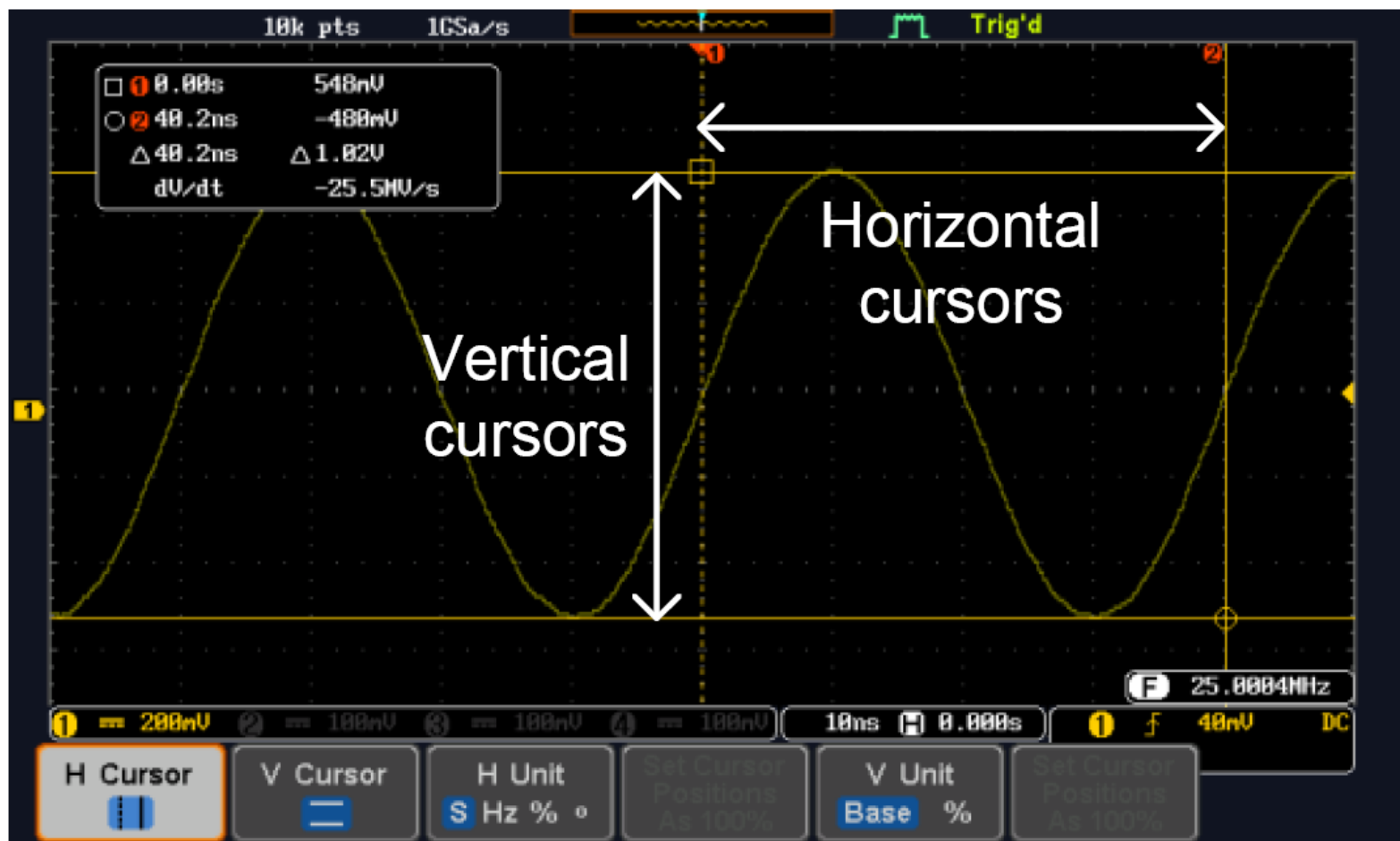
法一：自动测量，先添加测量项目---峰峰值、频率（见示波器**GDS-1000B**中文操作手册43-47页），再点击Autoset按钮。

法二：根据垂直显示的每格电压值（V）乘以垂直的大格数=峰峰值，或根据水平显示每格时间值（ms）乘以水平的大格数=周期，频率=1/周期。

法三：用Cursor光标测量功能进行手动测量峰峰值、周期（三个蓝色按钮，见示波器**GDS-1000B**中文操作手册55-56页、59页）







光标功能 - 电压差测量  $\Delta V$

时间差测量  $\Delta T$

### (3) 测量矩形波的峰峰值和周期

将信号源的‘波形选择’开关置方波信号位置上，按**output**键输出信号，重复上述步骤。

## 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：

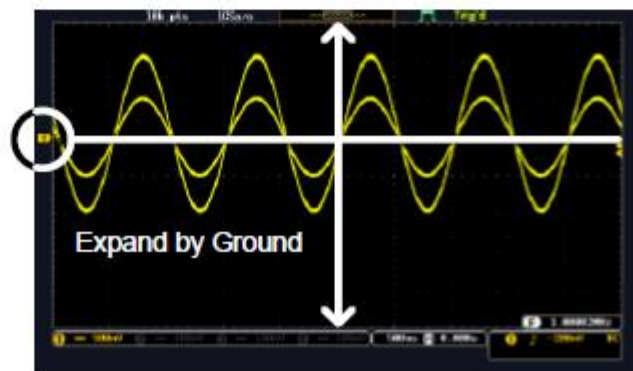
例如

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

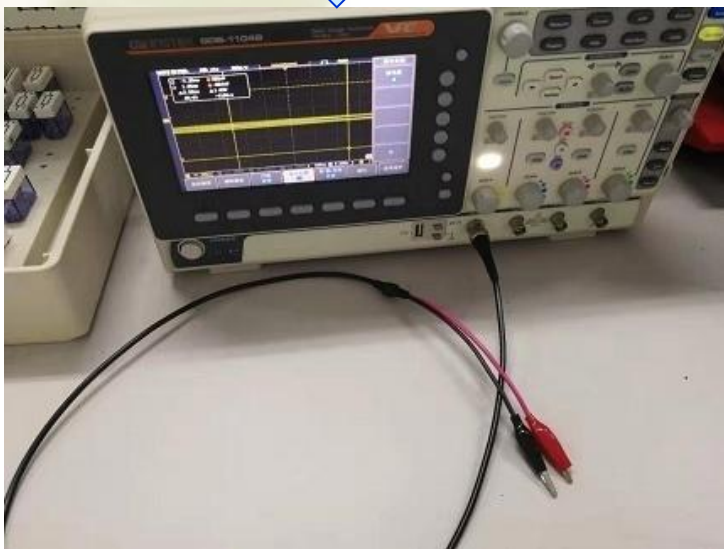
从接地准位扩展



鳄鱼示波器连接线 ⇨



夹子示波器连接线



示波器与专用连接线连接示意：

探头对称凸起，缺口按压一下顺时针插入进去。示波器探头红色鳄鱼嘴测试头与信号发生器红色鳄鱼嘴测试头连接，黑色地线与黑色地线连接。





示波器探头红色鳄鱼嘴测试头与信号发生器探头的红色鳄鱼嘴测试头插入连接，示波器探头的黑色鳄鱼嘴测试头（地）与信号发生器探头的黑色鳄鱼嘴测试头（地）插入连接。

