



主 编 单晓红 俞 华

DIANGONGDIANZI

电工电子实验 及测量实训指导书



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电工电子实验及测量实训指导书

主 编 单晓红 俞 华

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书共分四篇。第一篇常用仪器仪表的基础知识,包含电工电子常用仪器仪表的认识、选择、使用和维护及仪表测量误差分析等;第二篇电工基础实验,共15个实验;第三篇电子基础实验,共14个实验;第四篇电工电子测量实训,共9个实验。

本书编写是以“电工基础”、“电子技术”等课程基本要求为依据,集成了电工电子实用的实验项目及实验设备使用操作训练,指导学生掌握电工及电子技术的实验实训技能,为后续核心专业技能的学习打下良好基础。

本书是高职高专实验实训教学用书,也可供中等职业学校实验教学使用,同时可作为从事电气电子技术工作的工程技术人员进修学习的参考资料。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验及测量实训指导书 / 单晓红, 俞华主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.6
ISBN 978-7-121-23072-1

I. ①电… II. ①单… ②俞… III. ①电工试验②电子技术—实验③电子测量技术 IV. ①TM②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 081891 号

策划编辑: 祁玉芹

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 中国电影出版社印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.5 字数: 304 千字

印 次: 2014 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 26.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

编委会名单

主 编 单晓红 俞 华

编 委 姚旭明 孙 昆 李含霜

吴 畏 周 旭

主 审 王亚忠

前 言

电工、电子实验是电类及相关专业重要的实践教学环节。为了让学生能够全面地掌握电工基础、电子技术等基础课程的实验技能和方法，本教材将电工、电子实验整合为一体，由多名具有丰富教学实践经验的教师参加编写。

本教材以培养技术技能型人才为目标，以强化基础、突出能力、注重实用为原则，指导学生掌握常用仪器仪表的选择、使用和维护，掌握电气接线的基本技能，掌握电工、电子实验的操作技能和方法，提高对电工基础、电子技术课程的兴趣爱好和理论知识的理解，培养学生分析问题、解决问题的能力，培养学生认真、细致、安全的职业素养，培养学生团队合作的精神，为后续核心专业技能的学习奠定良好的基础。

本教材实验设备选取通用型，无论是采用分立元件，还是成套电工技术实验装置、电子学综合实验装置进行实验，都能使用本教材。教材内容完整、选用灵活，既可以作为理论课程实验的指导书，又可以作为独立实训课程的实用教材。

本教材的内容一共四篇。第一篇常用仪器仪表的基础知识，包含电工、电子常用仪器仪表的认识、选择、使用和维护，仪表测量误差分析等；第二篇电工基础实验，共 15 个实验；第三篇电子基础实验，共 14 个实验；第四篇电工电子测量实训，共 9 个实验。

本教材由单晓红、俞华任主编，姚旭明、孙昆任副主编，李含霜、吴畏、周旭参编。姚旭明编写第二篇的实验八、实验九、实验十二、实验十三，俞华编写第三篇实验一至实验十二，孙昆编写第四篇的实验七、实验八、实验九，李含霜编写第一篇的第二节、第三节及第四篇的实验一、实验二，吴畏编写第四篇的实验五、实验六，周旭编写第三篇实验十四、实验十五，其余部分及全教材统稿工作由单晓红完成，王亚忠教授负责全书主审工作，并提出许多宝贵建议。

由于编者水平有限，错漏和欠妥之处在所难免，恳请读者提出批评和建议。

编 者
2014.03

目 录

第一篇 常用仪器仪表的基础知识	1
第一节 常用的仪器仪表	1
第二节 常用仪表的测量误差	3
第三节 常用仪表的选择	5
第四节 常用仪器的使用及维护	8
第二篇 电工基础实验	19
实验一 电阻伏安特性的测量	19
实验二 直流电路中电位及电压的测定	22
实验三 直流电路电压与电流的测量及故障判断	24
实验四 电压源与电流源的等效转换	26
实验五 叠加原理的验证	30
实验六 有源二端网络等效参数的测定	32
实验七 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的研究	36
实验八 RC 一阶电路的响应测试	39
实验九 二阶动态电路响应的研究	43
实验十 同名端和互感系数的测定	44
实验十一 交流元件参数的测定	49
实验十二 RLC 串联电路的研究	52
实验十三 RLC 串联电路幅频特性的测量	55
实验十四 功率因数的提高	58
实验十五 三相负载电路电压与电流关系的研究	61
第三篇 电子基础实验	65
实验一 常用电子仪器的使用	65
实验二 整流、滤波、稳压电路	75
实验三 单管共发射极放大电路	80
实验四 集成运算放大器的线性应用实验	87

实验五	数字电路面板简介及使用	91
实验六	常用集成门电路的逻辑功能测试	100
实验七	编码器的逻辑功能测试及应用	106
实验八	译码器的逻辑功能测试及应用	112
实验九	编码器与译码器及数码显示电路的功能测试	120
实验十	集成触发器的功能测试	125
实验十一	计数器及其应用	130
实验十二	计数与译码及显示电路	135
实验十三	寄存器功能测试及应用	141
实验十四	555 时基电路及其应用	146
第四篇	电工电子测量实训	153
实验一	直流电表内阻的测量	153
实验二	电阻器的测量	156
实验三	功率因数及相序的测量	160
实验四	三相电路有功功率的测量	163
实验五	三相电路无功功率的测量	169
实验六	单相电能表的校验	172
实验七	常用元器件的识别与检测	175
实验八	组合逻辑电路的设计与测试	186
实验九	数据选择器的识别及功能测试	189
参考文献		194

第一篇 常用仪器仪表的基础知识

第一节 常用的仪器仪表

一、仪器仪表的作用

测量是电工、电子实验和实训中不可缺少的一个重要任务，它的主要任务是借助各种仪器仪表，对电流、电压、电阻、电能、功率、波形等物理量进行测量，以便掌握和了解电气设备的特性、运行情况，检查电气元件的质量情况。由此可见掌握电工电子仪器仪表的使用是十分必要的。

二、仪器仪表的分类

仪表的种类繁多，分类方法各有不同。按照仪表的结构和用途，大体上可以分为以下5类。

(1) 指示仪表类：直接从仪表指示的读数确定被测量的大小，有安装式和可携带式两种，如电压表、电流表、功率表等。

(2) 比较仪表类：需要在测量工程中将被测量与某一标准量比较后才能确定其大小。如直流电桥、电位差计、标准电阻箱及交流电桥、标准电感、标准电容。

(3) 数字式仪表类：直接以数字形式显示测量结果。如数字式万用表、数字频率计等。

(4) 记录仪表和示波器类：如示波器、故障记录仪。

(5) 扩大量程装置和转换器：如分流器、附加电阻器、电流互感器、电压互感器。

三、指示仪表的分类

尽管仪表种类非常多，但指示仪表是应用最广和最常见的仪表。指示仪表的特点是把被测量电量转换为驱动仪表可动部分的偏转角，根据可动部分的指针在标尺刻度上的位置，直接读出被测量的数值。指示仪表的优点是测量简便、迅速，但易造成测量误差。

常用的指示仪表可以按以下7种方法进行分类。

(1) 按仪表的工作原理分类，常用的有电磁式、电动式、磁电式，其他还有感应式、振动式、电热式、热线式、静电式、整流式、光电式、电解式等。

(2) 按测量对象的种类分类，有电流表、电压表、功率表、频率表、电阻表、电能表等。

(3) 按被测量的种类分类，有直流仪表、交流仪表、交直流两用仪表。

(4) 按使用方式分类，有安装式和可携带式仪表。

安装式仪表固定安装在开关板或电气设备的板面上，这种仪表准确度较低，但过载能力强，造价低廉。

可携带式仪表不做固定安装使用，有的可以在室外使用（如万用表、兆欧表），有的在实验室做精密测量和标准表用。这种仪表准确度较高，但过载能力较差，造价昂贵。

(5) 按仪表的准确度分类，有 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七个等级。仪表的级别表示仪表的准确度的等级，指仪表测量时可能产生的最大误差占满刻度的百分之几。级别的数字越小，准确度越高。0.1 和 0.2 级仪表用做标准表和校验仪表。0.5、1.0 和 1.5 级仪表用做实验室测量。2.5 和 5.0 仪表用于工程测量，装在配电盘和操作台上。

(6) 按使用环境条件分类，有 A、B、C 三组：A 组：工作环境在 $0\sim+400^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 85% 以下。B 组：工作环境在 $-20\sim+500^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 85% 以下。C 组：工作环境在 $-40\sim+600^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 98% 以下。

(7) 按对外界磁场的防御能力分类，有 I、II、III、IV 四个等级。

四、仪表符号的意义

仪表盘上标注有各种符号，用来表示仪表的基本技术特性。如仪表的用途、构造、准确度等级、正常工作状态和对使用环境的要求。常用电工仪表的符号如表 1-1-1 和表 1-1-2 所示。

表 1-1-1

名 称	符 号	名 称	符 号
千安	kA	千瓦	kW
安（培）	A	瓦特	W
毫安	mA	兆乏	Mvar
微安	μA	千乏	kvar
千伏	kV	乏	var
伏（特）	V	兆欧	$\text{M}\Omega$
毫伏	mV	千欧	$\text{k}\Omega$
微伏	μV	欧（姆）	Ω
兆瓦	MW		

表 1-1-2

分 类	符 号	符号意义	分 类	符 号	符号意义
仪表种类		安培表	准确度等级	1.5	以表尺量限的百分数表示
		毫安表			以指示值的百分数表示
		微安表	工作原理		磁电系仪表
		电压表			电磁系仪表
		毫伏表			整流系仪表
		千伏表			感应系仪表

(续表)

分 类	符 号	符号意义	分 类	符 号	符号意义
		功率表			铁磁电动系仪表
		千瓦表			电动系仪表
		兆欧表	绝缘强度		不进行绝缘强度试验
		电阻表			绝缘强度试验电压为 2kV
		千瓦时表	工作位置		仪表垂直放置
		相位表			仪表倾斜 60° 放置
		功率因数表			仪表水平放置
电流种类		直流	端钮		正端钮
		交流			负端钮
		交直流			调零器
		三相交流			公共端

第二节 常用仪表的测量误差

使用电工仪表进行测量时,都会产生程度不同的测量误差。按误差的原因分类,可分为基本误差和附加误差。

一、基本误差

基本误差是指电工仪表在规定的正常工作条件下进行测量时,因仪表本身固有的原因造成的误差。这些误差主要是由于结构设计和制造工艺的不完善而产生的。

影响电工仪表基本误差的主要原因如下:

- ① 轴和轴承之间的摩擦误差;
- ② 标尺刻度不精确而产生的误差;
- ③ 仪表弹簧的永久变形而产生的误差;
- ④ 内部电磁场引起的误差。

二、附加误差

附加误差是指电工仪表不在规定的正常工作条件下进行测量时,因外界因素的影响而产生的误差。例如周围环境温度过高、过低;电源的波形和频率超出规定的变化范围;外界的电磁场干扰等都产生附加误差。

三、电工仪表误差的几种表达形式

电工仪表误差的表达形式有三种：绝对误差、相对误差、引用误差（也称为单位相对误差）。

（1）绝对误差 Δ 。指仪表的指示值 A_x 与被测量的实际值 A_0 之差值，即

$$\Delta = A_x - A_0$$

在计算时，可以将标准表的指示值作为被测量的实际值。绝对误差的单位与被测量的单位相同。如没有标准表的情况下，将理论值作为实际值。则绝对误差=测量值-理论值（计算值）。

（2）相对误差 γ 。指绝对误差 Δ 占被测量实际值 A_0 的百分数，即：

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

相对误差给出了测量误差的明确概念，用它对不同的测量误差进行比较很方便，所以它是一种较为常用的测量误差表示形式。

例如，用两个伏特表分别测量两个电压值，一个电压表在测量 250 V 电压时，绝对误差 Δ 是 2.5 V；另一个在测量 50 V 电压时，绝对误差 Δ 是 1 V。从绝对误差看，前者要大于后者，但是，前者对测量值的相对误差是 1%，而后者是 2%，从测量的准确程度来看，显然前者要比后者的小，精确度高。

（3）引用误差 γ_m 。引用误差也称为单位相对误差，是指仪表的绝对误差 Δ 与仪表量程 A_m 比值的百分数，即：

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

（4）电工仪表的准确度等级。

所谓仪表的准确度等级，是指仪表在规定的工作条件下，进行测量时可能出现的最大基本误差与仪表量程的比值的百分数。因此，仪表的准确度等级是由其基本误差的大小决定的。仪表的准确度等级可按下式计算：

$$\pm K = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\%$$

式中 $\pm K$ ——仪表的准确度等级；

Δ_m ——以绝对误差表示的最大基本误差；

A_m ——仪表的量程。

所以，电工仪表的准确度等级，即为仪表在规定的工作条件下使用时，最大引用误差的数值。

第三节 常用仪表的选择

一、仪表的选择

1. 类型的选择

各种仪表的选择除了根据用途选择仪表的种类外,还应该根据使用环境和测量条件选择仪表的类型。如配电盘、开关板上及仪表板上所用的仪表应适合垂直安装的类型,而实验室大多数采用适合水平放置的类型。

2. 准确度的选择

在使用仪表时,必须合理地选择仪表的准确度。虽然测量仪表的准确度越高越好,但不要盲目地追求高准确度。对一般的测量来说,不必使用高准确度的仪表,因为仪表的准确度越高价格越贵,从而使设备成本增加,这是不经济的。而且准确度越高的仪表使用的工作条件要求就越高,如要求恒温、恒湿、无尘等,在不满足工作条件的情况下,测量结果反而不准确,这是不可取的。当然,也不应该使用准确度过低的仪表,以免造成测量数据误差太大。因此,仪表的准确度要根据实际需要确定。

3. 量程的选择

当使用一只仪表时,选择量程恰当与否也会影响测量的准确度。仪表量程的选择应根据测量值的可能范围决定。被测量值范围较小时要选较小量程,这样可以得到较高的准确度,如果选择太大量程,则测量结果误差比较大。下面举例说明选择恰当量程的重要性。

例如,用一只 2.0 级的量程为 0-5-10 A 的电流表测量 4 A 的电流,当用 10 A 的量程测量时,可能的误差为 $10 \times 2\% = 0.2$ A,但当用 5 A 的量程测量时,可能的误差为 $5 \times 2\% = 0.1$ A。显然,对同一只仪表,用小量程比用大量程测量准确度更高。

在选择量程时应尽可能使被测量的值接近满刻度值,同时也要防止超出刻度值而使仪表受损。通常选择量程时应使读数占满刻度的 $2/3$ 以上为宜,至少应使被测量值超过满刻度一半以上。当被测量大小无法估算时,可将多量程仪表先置于最大量程,然后根据仪表的指示值,选择最恰当的量程。

4. 仪表内阻的选择

当仪表接入被测电路后,仪表线圈的电阻值会影响原有电路的参数和工作状态,以至于影响测量的准确性。例如,电流表是串联接入被测电路的,仪表内阻的存在增加了电路的电阻值,也相应地减小了原电路的电流,这势必影响测量结果,所以要求电流表的内阻越小越好。量程越大,内阻应越小。电压表是并联接入被测电路的,仪表内阻的存在减小了电路的电阻值,使被测电路两端的电压发生变化,影响测量结果,所以要求电压表的内阻越大越好。量程越大,内阻应越大。

二、指示仪表测量中应该注意的问题

1. 刻度

各种指示仪表，不论是磁电式、电磁式还是电动式仪表，都采用面板刻度方式显示读数。根据不同的测量原理，面板上的刻度有的是均匀的，有的是不均匀的，如磁电式仪表指针的偏转角 $\alpha=KI$ (K 是仪表的结构常数)，与电流大小成正比，面板上的刻度是均匀的。而电磁式仪表指针的偏转角 $\alpha=KI^2$ (K 是仪表的结构常数)，与电流大小平方成正比，在同一量程内，起始段电流越小，刻度越密；电流越大，刻度越稀疏，面板上的刻度是不均匀的。

2. 量程

仪表的量程是指允许测量的最大值，不同的量程有不同的允许测量的最大值，因此应根据被测量的数值选择合理的量程。实验室用的仪表大多数是多量程的仪表，常有多个接线端钮，而指示面板刻度通常只有一种基本刻度，因此测量中要注意量程的选择与对应的接线端钮相一致，当被测量大小无法估算时，可将多量程仪表先置于最大量程端钮预测，然后根据仪表的指示值，选择最恰当的量程。

3. 仪表的机械零位校正

大多数指示仪表设有机械零位校正，校正器的位置通常设在与指针转轴对应的外壳上，当线圈中没有电流时，指针应指在零的位置。如果指针在线圈中没有电流时不在零位，应该调整校正器的旋钮以改变游丝的反作用力矩使指针指向零位。仪表在校正前要注意仪表的放置位置必须与该表规定的位置相符，如果规定位置是水平放置，则不能垂直或倾斜放置，否则指针可能不指向零位，但这不属于零位误差。只有在放置位置正确的前提下再确定是否需要调零，并且保证在整个测量过程中仪表都放置在正确位置，以保证测量的准确性。

4. 连接

测量仪表接入电路时，应尽可能减小对原电路的影响为原则。如电压表应并联在电路上，电流表则串联在电路上，功率表的电流、电压线圈分别按串联、并联接入电路。

仪表与被测量连接至少有两个端钮，每个端钮均应该正确连接。测量直流量时，必须把正负端分辨清楚，“+”端应该与电路正极性端相连接，“-”端应该与电路负极性端相连接，不能反接，以防反偏而打坏指针。测量交流量时则没有严格要求。但测量交流电压时，应注意电路的相线和中性线，从保证仪表和人身安全角度考虑连接方式。虽然原理上一般没有极性的要求，但考虑到屏蔽和安全，通常把仪表的黑端钮（公共端）或“*”端与电路中性线（地线）相连，而把红端钮与电路的相线端相连。

5. 仪表的读数方法

读取仪表指示值应在指针稳定时进行，如果指示不稳定，则应该查明原因，并消除不稳定因素。若是电路原因造成的指针震荡性指示，一般可以读取平均值，若测量需要，应将其振幅量读出（读出指针的摆动范围）。为了得到正确的读数，在精度较高的仪表面板上

设立了一个读数面镜,读数时应使视线置于实指针和镜中虚指针相重合的位置再读指示值,以保证读数的正确性,减少读数误差。

(1) 电压、电流表测量值等于所选量程除以满偏格数再乘以指针偏转格数。如电压表满格数是 10 格,选择量程是 20 V,指针偏转格数是 6 格,则测量值为 $u = \frac{20}{10} \times 6 = 12\text{V}$ 。

(2) 功率表测量值等于电压量程乘电流量程乘指针偏转格数乘 $\cos\varphi$ 再除以满偏格数。如功率表满格数是 75 格,电压选择 150 V 量程,电流选择 1A 量程,指针偏转格数是 10 格, $\cos\varphi=1$, 则测量值为 $P = \frac{150 \times 1}{75} \times 10 \times 1 = 20\text{W}$ 。

6. 测量数据的运算与处理

在读取实验数据时,测量仪表的指针不一定恰好指在表盘刻度线上,这就需要估计读数的最后一位数。这位数字就是所谓存疑数字,如 $I=13.1(\text{mA})$,最后一位数字 1 就是含有误差的存疑数字,其他的为可靠数字。即使是数字仪表,其最后一位数也是存疑数字。

可靠数字和存疑数字就构成了有效数字。有效数字的定义是:一个数据从左边第一个非零数字算起至后面含有误差的一位止,其间所有数码均为有效数字。有效数字的位数表征着近似值的准确程度,有效位数越少,其误差越大,反之,有效位数越多,其误差越小。如 1.1 和 1.10 的有效位数不一样,1.1 中含有误差的数字在小数点后面的“1”上,1.10 中含有误差的数字在小数点后面的“0”上。所以 1.10 比 1.1 准确。

“0”在数字之间或数字末尾均算做有效数字,但“0”在第一个非零数字之前不能算做有效数字。如 3.05 和 3.50 都是三位有效数字,而 0.35 只是两位有效数字。这里 3.50 中的末位数“0”是不能省略的。

采用不同乘幂仅改变数据的单位,而不改变其准确度。如:23mm 和 0.023m 和 $23 \times 10^{-3}\text{m}$,这几个数的有效数字的位数一样多,其准确程度是一样的。而 23m 和 2300mm,有效数字的位数不一样多,其准确程度也是不一样的,显然后者比前者要准确。

实验中进行有效数字运算时,应只保留一位存疑数字,对第二位存疑数字应用四舍五入法。

数据的舍入规则是:若选取 n 位有效数字,则 $n+1$ 位数若大于 5 则入;小于 5 则舍;等于 5 则按偶数原则进行舍入处理,即 n 位数为偶数则舍,为奇数则入;若需要舍去的尾数为两位以上的数字时,不得连续修约。

例如将以下数字取为 4 位有效数字:

123.46→123.5;

123.43→123.4;

123.45→123.4;

123.35→123.4;

123.456→123.4。

有效数字运算时,若是加、减运算,运算结果应保留的小数位数与原来近似值中最少的小数位数相同;乘、除运算时运算结果应保留的有效位数与原近似值中有效位数最少的那个数相同。

三、仪表的维护

各种仪表应在规定的工作条件下使用,既要求仪表的位置正常,周围温度为 20°C ,无外界电场和磁场的影响,用于工频的仪表,电源应该是 50Hz 的正弦波。另外还应该满足仪表本身规定的特殊条件,例如恒温、防尘、防震等,以保证测量的准确性。

仪表在使用前应该检查,注意端钮是否裂开,短接片是否可靠连接,外引线有无开断,指针有无卡、涩现象等。仪表应定期进行准确度校验,以保证其测量准确性。仪表不使用时,应在断电条件下存放。如表内有电池时应将电池取出,防止电池漏液而腐蚀机芯。精度越高的仪表,对存放环境的要求也越高。

第四节 常用仪器的使用及维护

一、DGJ—3 型电工技术实验装置

浙江天煌科技实业有限公司生产的电工实验装置,集成了所有电工基础实验及测量实训,综合了国内各类实验装置的特点而设计的产品。实验桌上装置有实验控制屏,并有一个较宽敞的工作台,在实验桌的正前方设有两个抽屉。为了更好地使用这个实验装置,下面就它的各部件做以下说明。

(一) 电源控制屏

实验屏为铁质喷塑结构,铝质面板。提供交流电源、高压直流电源、保护装置等。

1. 交流电源的启动

(1) 实验屏的左后侧有一根接有三相四芯插头的电源线。先在电源线下方的接线柱上接好机壳的接地线,然后将三相四芯插头接通三相 380V 交流市电。这时,屏左侧的三相四芯插座即可输出三相 380V 交流电。必要时,在此插座上可插另一实验装置的电源线插头。但请注意,连同本装置在内,串接的实验装置不能多于三台。

(2) 将实验屏左侧面的三相自耦调压器的手柄调至零位,即逆时针旋到底。

(3) 将“电压指示切换”开关置于“三相电网输入”侧。

(4) 开启钥匙式电源总开关,停止按钮灯亮(红色),三只电压表, ($0\sim 450\text{V}$) 指示出输入三相电源线电压之值,此时,实验屏左侧面单相二芯 220V 电源插座和右侧面的单相三芯 220V 处均有相应的交流电压输出。

(5) 按下启动按钮(绿色),红色按钮灯灭,绿色按钮灯亮,同时可听到屏内交流接触器的瞬间吸合声,面板上与 U_1 、 V_1 和 W_1 相对应的黄、绿、红三个 LED 指示灯亮。至此,实验屏电源的启动完毕。

2. 三相可调交流电源输出电压的调节

(1) 将三相“电源指示切换”开关置于右侧(三相调压输出),三只电压表指针回到零位。

(2) 按顺时针方向缓缓旋转三相自耦调压器的旋转手柄,三只电压表将随之偏转,

即指示出屏上三相可调电压输出端 U、V、W 两两之间的线电压之值，直至调节到某实验内容所需的电压值。实验完毕，将旋柄调回零位。并将“电压指示切换”开关拨至左侧。

3. 用于照明和实验日光灯的使用

本实验屏上有两个 30W 日光灯管，分别供照明和实验使用。照明用的日光灯管通过三刀手动开关进行切换，当开关拨至上方时，照明用的日光灯管亮；当开关拨至下方时，照明灯管灭。实验用日光灯管的四个引脚已独立引至屏上，以供日光灯实验用。

(二) 直流稳压电源、恒流源、受控源

1. 低压直流稳压源输出与调节

提供两路 0~30 V/1 A 可调稳压电源，内部分五挡自动切换，具有截止型短路软保护和自动恢复功能，设有三位半数显指示。开启直流稳压电源带灯开关，两路输出插孔均有电压输出。其操作步骤是：

(1) 将“指示切换”按键弹起，数字电压表指示第一路输出的电压值；将此按键按下，则电压表指示第二路输出的电压值。此按键不影响电压输出。

(2) 调节“输出调节”电位器旋钮可平滑地调节输出电压值。调节范围为 0~30 V (自动换挡)，额定电流为 1 A。

(3) 两路稳压源既可以单独使用，也可以组合构成 0~±30 V 或 0~±60 V 电源。

(4) 两路输出均设有软截止保护功能，但应尽量避免输出短路。

2. 恒流源的输出与调节

提供一路 0~200 mA 连续可调恒流源，分 2 mA、20 mA、200 mA 三挡，最大输出功率 10 W，从 0 mA 调起，配有数字式直流毫安表指示输出电流，具有输出开路、短路保护功能。

(1) 将负载接至“恒流输出”两端，开启恒流源开关，数字式毫安表即指示输出电流之值。调节“输出粗调”波段开关和“输出细调”电位器旋钮，可在三个量程段（满度为 2 mA、20 mA 和 200 mA）连续调节输出的恒流电流值。

(2) 本恒流源虽有开路保护功能，但不应长期处于输出开路状态。

(3) 操作注意事项：当输出口接有负载时，如果需要将“输出粗调”波段开关从低挡向高档切换，则应将输出“细调旋钮”调至最低（逆时针旋到头），再拨动“输出粗调”开关。否则会使输出电压或电流突增，可能导致负载器件损坏。

3. 受控源的使用

提供电压控制电压源 VCVS、电流控制电压源 CCVS、电压控制电流源 VCCS、电流控制电流源 CCCS、回转器及负阻抗转换器。电源为内部供给（只需开启启动按钮），通过适当的连接（见实验指导书），可获得 CCVS、VCCS 的转换功能。

(三) DGJ—03 型实验挂箱

提供一阶、二阶动态、基尔霍夫定律、叠加原理、戴维南定理、R、L、C 串联谐振等实验项目电路。

(四) DGJ—04 型实验挂箱

提供三相负载电路、30 W 日光灯实验器件、升压铁芯变压器、三个电流表插座等。灯组负载为三个独立的白炽灯组，可连接成 Y 或 Δ 两种形式，每个灯组设有三只并联的白炽灯灯座（每个灯组均设有三个开关，控制三个并联支路的通断），可装 60 W 以下的白炽灯 9 只，各灯组均设有电流插座，每个灯组均设有过压保护线路。当电压超过 245 V 时会自动切断电源并报警，避免烧坏灯泡。

(五) DGJ—05 型元器件挂箱

提供实验所需各种外接元器件（如电阻器、发光二极管、稳压管、电容器、电位器及 12 V 白炽灯等），三相高压电容组，还提供十进制可变电阻箱，输出电阻值为 $0 \sim 99999.9 \Omega / 1 \text{ W}$ 。

(六) DGJ—06 型智能功率表、功率因数表挂箱

提供两块多功能智能单相功率表，精度为 0.5 级，电压、电流量程分别为 450 V、5 A，可以测量电路的频率、负载的功率、功率因数、负载的性质等，还可以储存、记录 15 组功率和功率因数的测试结果数据，并可逐组查询。通过两表法测量三相有功功率时，还可直接显示出总功率的值。使用方法如下。

(1) 接线：电压输入端与被测对象并联，电流输入端与被测对象串联。

(2) 启动电源开关，显示器出现“P”，表明仪表处于正常状态，即初始状态。

(3) “功能”键可选择测试项目。如功率、功率因数及负载性质的判断等。当“功能”键选定测试项目后，再按“确认”键，此时显示器显示的是该测量值。测量单位：电压 V，电流 A，功率 W，频率 Hz，周期 ms。

(七) 数字式直流电压、毫安表的使用

(1) 提供直流数字电压表一只。直流数字电压表由三位半 A/D 转换器 ICL7107 和四个 LED 共阳极红色数码管等组成，精度为 0.5 级，量程分 200 mV、2 V、20 V、200 V 四挡，由直键开关切换量程。被测电压信号应并接在“0~200 V”，“+”、“-”两个插孔处，使用时要注意选择合适的量程，否则若被测电压值超过所选择挡位的极限值，则该仪表告警指示灯亮。控制屏内蜂鸣器发出告警信号，并使接触器跳开，按下仪表的“复位”按钮，蜂鸣器停止发出声音，重新选择量程或测量值恢复正常后，还必须重新启动控制屏，才能继续实验。

注意：

每次用完毕，要放在最大量程挡 200 V 挡。

(2) 提供直流数字毫安表一只。直流毫安表结构特点均类同数字直流电压表，只是这里的测量对象是电流，“+”、“-”两个输入端应串接在被测的电路中；量程分 2 mA、20 mA、200 mA 三挡，三位半显示，精度为 0.5 级，具有超量程报警、指示、切断总电源功能。