

全国广播电视
中专教材

主编单位

广东广播电视大学

电工基础实验指导

江苏科学技术出版社

电工基础实验指导

第 1 版

电工基础实验指导

机械工业出版社

全国广播电视中专教材

电工基础实验指导

莫铨梅 主编
沈裕钟 主审

江苏科学技术出版社

内 容 提 要

本书是广播电视大学电视中专课程《电工基础》的配套教材。主要介绍实验、实习的基本知识、基本原理和基本方法、技能,以及两个实习举例,并介绍一些常用的实验仪器设备。每个实验指导包括实验目的、预习要求、实验设备、实验原理、实验内容和步骤、实验报告要求等。为了启发和引导学生熟悉实验方法,理论结合实际,前几个实验阐述较为详细,接着逐步要求学生自拟电路,自选仪表,以训练基本实验技能;认识实习则介绍了 C6140 车床主电机控制线路及三相电源相序指示器,以利于培养和提高观察能力、动手能力和分析问题、解决问题的能力。

全国广播电视中专教材 电工基础实验指导

主 编 莫铨梅
责任编辑 钱亮亮

出版发行 江苏科学技术出版社
(南京市中央路 165 号,邮编:210009)

照 排 苏中印刷厂
印 刷 南京京新印刷厂

开 本 787×1092 毫米 1/16
印 张 8
字 数 189 000
版 次 1998 年 1 月第 1 版
印 次 1998 年 4 月第 2 次印刷
印 数 5,001—20,000 册

标准书号 ISBN 7—5345—2496—2/TM·29
定 价 7.60 元

我社图书如有印装质量问题,可随时向承印厂调换。

前 言

本书是广播电视大学电视中专课程《电工基础》的配套教材。

《电工基础》是电力、机电等专业的技术基础课,具有内容面广、理论性和实践性都很强的特点。因此,电工实验、实习作为《电工基础》课程的实践教学环节,是必不可少的。通过实验和实习,可以加深理解和验证所学的电工知识,同时,有利于理论联系实际,培养分析、解决实际问题的能力,学会常用电工仪表的使用及有关的电工操作技能,为后续的专业课程及从事工程技术工作打下良好的基础。

本书主要介绍电工实验和电工实习两方面的内容,同时也穿插介绍一些常用电工仪器仪表的使用及电工测量基本知识。书中每一实验均以较简单的形式出现,以常用的电工仪器仪表测量;而实习是通过参观、见习、维修等形式的认识实习。全书以实用为主,以实验项目为核心,突出基本原理、基本实验方法和技能。另外,为了启发和引导学生理论结合实际,每一实验都设有思考题,要求根据所学理论和实验结果给予解答,以培养学生独立实验的能力。

本书由广东广播电视大学莫铨梅主编,张晓平副主编,何懿庄编写,南京机械高等专科学校沈裕钟主审。

由于编者水平有限,书中不当之处,敬请批评指正。

《电工基础实验指导》编写组

1997年12月

目 录

第一章 实验(实习)须知	1
一、安全常识	1
二、实验(实习)守则	1
三、实验(实习)报告要求	2
四、测量误差和测量数据基本知识	2
第二章 电工基础实验	5
实验一 万用表使用和欧姆定律验证	5
实验二 基尔霍夫定律验证及电位测量	13
实验三 叠加原理与戴维南定理的验证	16
实验四 单一元件交流电路的相位及 RLC 串联交流电路的研究	21
实验五 互感线圈同名端的测定	31
实验六 日光灯电路及提高功率因数的实验	34
实验七 三相电路的测量	39
实验八 RC 串联电路的过渡过程	44
第三章 电工认识实习	47
一、认识实习的必要性和重要性	47
二、认识实习的主要内容和时间安排	47
三、电工认识实习的具体要求	47
四、认识实习两例	48
附录一 电工基础实验报告	51
附录二 电工基础实习报告	95

第一章 实验(实习)须知

《电工基础》是一门建立在实验基础上的学科,其概念的建立和定律的发现都是以实验事实作为依据的。事实已经证明,电工实验与实习是一种重要的学习方式,通过这一学习方式,不但可从实际电路中观察、测量和分析电路各参数,验证电路的有关定律;同时,还可以把电工基础理论知识和电工测量知识综合应用,使学习者掌握一定的电工技术知识和基本操作技能。

为了实验(实习)的安全,也为了能获得更好的学习效果,特别提出如下须知。

一、安全常识

安全常识是培养严谨细致的科学态度,确保人身和设备安全的可靠保证。因此,在实验(实习)操作过程中,须切记安全第一,并做到:

- (1) 凡进实验室、工厂现场等实验(实习)场地时,必须穿具有绝缘性能的工作鞋。
- (2) 原则上,必须有指导人员在场方可进行实验实习操作。
- (3) 不得带电操作。在接线、拆线,或改接线路、改变电表量程时,必须切断电源。
- (4) 触碰电容器前,应使电容充分放电,以免触电。
- (5) 实验(实习)前,不但要检查所用仪器设备是否完好,还应检查联接导线的绝缘是否可靠,因为绝缘失效的导线很容易发生意外。
- (6) 严格按规定使用仪器仪表。对不熟悉的仪器,必须阅读技术说明书,严禁盲目操作。
- (7) 实验(实习)所用仪器一般都比较精密,应避免机械震动和冲击。
- (8) 防患于未然。实验(实习)过程中,应提高警惕,注意观察,发现事故迹象应立即切断电源,并报告指导教师,以便把事故消除于萌芽状态。

二、实验(实习)守则

(1) 实验(实习)前必须预习,即复习有关理论,阅读实验(实习)指导,明确任务、目的和原理,确定具体方案、步骤及仪器设备,并作出有关的理论计算、预测和设想,以便实验(实习)能够顺利进行。

(2) 服从教师指导,遵守纪律,保持实验、实习场所的安静、整洁。

(3) 实验小组以每组 2~3 人较为合适,实习小组人数可略多。

(4) 实验线路接好后应自检,并经指导教师检查后方可接通电源。接通电源前,一般应将电源电压调至零位;接通电源后,缓慢调节电源的输出电压,使之达到实验要求数值。

(5) 实验分两步进行,首先进行预操作,即按步骤先大致试做一遍,只观察现象,看仪表量程是否合适,设备操作是否方便,有无异常等,及时发现问题所在,并予以修正;然后才开

始正式的实验。

(6) 实验(实习)原始记录不应随意涂改,如发现有误,可重新测量观察,以便相互比较。

(7) 实验(实习)完毕应分析实验观察的结果,认为正确达标即报告教师认可,然后拆除线路并整理清点所用的设备和导线。

三、实验(实习)报告要求

(一) 实验报告

实验课后,应独立编写实验报告,对实验现象、数据、结果及有关问题进行整理、计算、分析和讨论。

实验报告要求如实反映实验内容和数据,图表清楚,有分析,有结论。内容包括:

(1) 实验名称;

(2) 实验目的;

(3) 实验设备;

(4) 简要说明实验原理;

(5) 画出实验线路,对实验中观察到的现象及实验原始数据进行整理、计算、绘制图表或曲线;

(6) 如有故障,应在报告中写明故障的现象、产生的原因和排除的方法,以便总结、提高;

(7) 分析实验结果;

(8) 回答实验要求的有关问题;

(9) 讨论实验是否达到预期目的?有何收获?有什么改进意见?

(二) 实习报告

我们这里的实习属于认识实习,与课堂上的学习或实验有所不同,其形式多种多样,如参观、见习、维修、小改革、小制作等。其任务是到生产和科研现场中去学习和应用。

实习结束后,应对实习过程进行总结,总结报告可参照实验报告来写,主要内容为认识和收获,不仅包括电工专业知识,还应包括经济效益、社会效益、系统管理等方面的内容。

四、测量误差和测量数据基本知识

(一) 测量误差

在实际测量中,测量结果往往只是近似值,其值与被测量的真实值之间总是存在着偏差,这种偏差称为测量误差。

1. 测量误差的分类及消除方法

根据引起测量误差的原因可分为系统误差、偶然误差和疏失误差三大类。

系统误差主要是由测量设备的安置、调节、使用不当,仪器本身校准不好,仪器选择不合适,测量方法不完善,测量条件不稳定等原因引起的。

工程上的测量误差主要是指系统误差。所以,每次测量前,必须仔细检查,以便尽可能地消除产生误差的根源。此外,可以采用替代法、正负误差补偿法、引入校正值等特殊测量方法

消除系统误差。

偶然误差又称随机误差,由偶然因素造成。可采用重复测量的方法予以消除,即在同一条件下,对被测量进行多次测量,取其平均值作为测量结果。有时由不同的测量人员或采用不同的测量方法进行同一量的测量也有利于发现和消除此类误差。

疏失误差是测量人员由于操作、读数、记录和计算等方面的错误而造成的。如发现过失误差,应舍弃有关数据,重复测量。

通常,测量误差是不可能绝对消除的,但误差的大小实质上反映了测量结果的可靠程度。因此,必须视测量的目的和技术要求,采取相应的措施,使测量误差尽量减小。

2. 测量误差的表示方法

在实际测量中,由于误差的客观存在,使测量结果总是偏离真实数值,故不仅要确定被测量的大小,还应确定测量结果的误差,才能更准确地反映被测量的真实值。

测量误差常用绝对误差和相对误差来表示。

(1) 绝对误差(ΔA)

$$\Delta A = A_x - A_0$$

A_x 为测量数值, A_0 为被测量的真实值。

由于 A_0 一般无法测得,故常用较高精度的标准仪表测量的值或多次重复测量的平均值 A 作为被测量的真实值,即

$$\Delta A = A_x - A$$

如果仪表在正常条件下工作,则测量误差主要是仪表本身的基本误差,它可以根据仪表的准确度等级来计算,此时可能出现的最大绝对误差为:

$$\Delta A_m = \pm K\% \cdot A_m$$

式中 K 为仪表的准确度等级, A_m 为仪表量程。

(2) 相对误差 γ_A

$$\gamma_A = \frac{\Delta A}{A} \times 100\%$$

最大相对误差:

$$\gamma_{A_{\max}} = \pm \frac{\Delta A_m}{A} \times 100\%$$

依据绝对误差和相对误差的概念,一般来说,比较同一被测量的测量误差,可用绝对误差反映其准确度;比较不同的被测量或不同的测量误差,则采用相对误差来判断测量的准确度。误差越小,测量准确度越高。

(二) 测量数据

1. 测量数据的有效数字及其运算

实验中仪表的读数不可能绝对精确,一般读数的末位只是近似数,模拟式仪表则是根据指针在刻度中小格的位置来估计的,故也称为存疑数字。读数中的确切数字与存疑数字合称为有效数字。例如,电压表读数 65.5V,前两位是确切数字,末位是存疑数字。

表示有效数字时,应明确以下几点:

① 不能认为保留的位数越多,数值的准确度便越高。通常,记录数字时,只保留一位存疑数字,如果存在两位存疑数字,应按“四舍五入”的原则对末位进行取舍。

② 有效数字的位数与小数点无关。例如,156 和 15.6 都是三位的有效数字。

③ “0”在数字之间或数字之末是有效数字,而在数字之前不算有效数字。“0”作为存疑数字时不可省略。

④ π 、 $\sqrt{2}$ 等常数,具有无限位数的有效数字,在运算时可根据需要取适当的位数。

⑤ 当测量误差已知时,测量结果的有效数字位数应与该误差的位数一致。

有效数字的运算规则:

处理数据时,常常需要运算一些精确度不相等的数字,其规则如下:

① 加减运算时,一般应使各数据及计算结果所保留的小数点后位数最少的相同,然后相加。如 1.26、0.083 和 20.1 相加,即

$$1.3 + 0.1 + 20.1 = 21.5$$

为了减小计算误差,也可在取舍时多保留一位小数,即

$$1.26 + 0.08 + 20.1 = 21.44$$

其结果应为 21.4。

② 乘除运算时,各数据及计算结果所保留位数一般取为与数据中有效数字位数最少的项相同,然后相乘除。如计算 $0.0121 \times 25.645 \times 1.05782$,其中 0.0121 为三位有效数字,位数最少,故其余数据应取为三位有效数字再进行计算。即

$$0.0121 \times 25.6 \times 1.06 = 0.3283456$$

其结果应为 0.328。

同样,也可多保留一位有效数字,即

$$0.0121 \times 25.65 \times 1.058 = 0.328366$$

其结果仍为 0.328。

2. 测量结果的图解分析

图解分析的方法是根据测量数据,作出尽可能反映真实情况的曲线,以便对实验结果进行分析的方法。

描绘曲线时,应使用坐标纸,并选用直角坐标系,坐标轴上应标明物理量的名称和单位,坐标的比例应根据需要合理选择。

由于测量误差的存在,各数据点不可能刚好处在同一条平滑的曲线上,因此,除了在曲线斜率大和变化规律重要的地方,需增加测量点外,作曲线时应适当依曲线板进行修匀。

第二章 电工基础实验

实验一 万用表使用和欧姆定律验证

一、实验目的

- (1) 了解实验室的电源配置；
- (2) 学会用万用表测量直流电压、电流和电阻；
- (3) 验证欧姆定律。

二、预习要求

- (1) 首先阅读第一章实验(实习)须知,了解如何进行电工实验及应注意的问题；
- (2) 学习实验指导,了解本次实验的目的、内容、原理和步骤(以下各实验相同)；
- (3) 复习直流电路的基本概念与基本定律的有关内容；
- (4) 了解万用表、稳压电源的使用方法。

三、主要实验设备

直流稳压电源一台

直流电流表一只

模拟式、数字式万用表各一只

电阻箱、滑线变阻器各一只

四、实验原理

(一) 实验室的电源配置

实验室的电源设交流和直流两种。

交流电源通常按三相四线制联接。电路如图 2-1 所示,可提供三相 380V 和单相 220V 两套电源。

直流电源常用直流稳压电源、干电池或蓄电池。

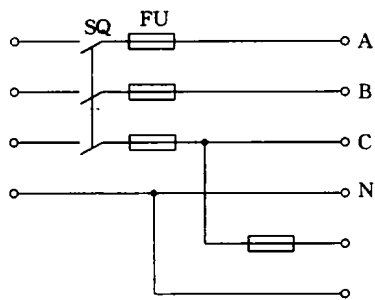


图 2-1

(二) 万用表

学习万用表的使用,目的在于初步掌握电压、电流、电阻三大参数的基本测量方法,为后续实验和实习准备必要的基础。万用表的使用参阅本实验指导的第七部分。

(三) 欧姆定律

欧姆定律 $U=RI$ 是线性电路的一个基本定律。

R 为常量的电阻元件是线性电阻元件。电阻 R 两端的电压与流过它的电流之间的关系,表征了电阻元件的伏安特性。其伏安特性曲线是通过 UI 直角坐标原点的一条直线。

通过对线性电阻元件伏安特性的测定,可以验证欧姆定律 $R=U/I=常数$ 。

五、实验内容和步骤

(一) 判别三相交流电源的相线和零线

由教师指导,观察实验室的电源配置,用试电笔判别三相四线制电源的相线 A、B、C 和零线 N,了解实验室的电源、电源保护及应急开关方位。

(二) 万用表的使用(模拟式、数字式两种万用表)

在使用万用表前,应熟悉万用表的面板结构,能够表述模拟式万用表表面每一标度尺、转换开关、机械调零旋钮、欧姆调零旋钮及表笔插孔等部件的作用。

1. 电阻的测量

(1) 把万用表置于相应的欧姆档,测量电阻 R_1 和 R_2 的阻值,并与电阻标称值相比较,如有误差,请分析原因。

(2) 把电阻 R_1 和 R_2 ,分别以串、并联方式联接,如图 2-2(a)、(b)所示,测量 R_{ab} 串联电阻、 R_{ab} 并联电阻的阻值,并与计算值相比较。数据记录在表 2-1。

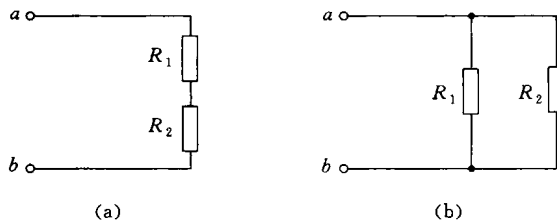


图 2-2

表 2-1

单位: Ω

数据对象		R_1	R_2	$R_{ab}(\text{串})$	$R_{ab}(\text{并})$
		标称值			
测量值	模拟表				
	数字表				

2. 直流电压、电流的测量

(1) 直流电压的测量

把万用表置于相应的直流电压档,测量直流稳压电源输出为 3、6、12V 时的电压,数据记入表 2-2。

表 2-2

测量量值		直流电压(V)		
		$U=3$	$U=6$	$U=12$
测量值	模拟表			
	数字表			

(2) 直流电流的测量

把万用表置于相应的直流电流档,串联接入被测支路中,测量该支路的电流值(可结合电阻伏安特性实验同时做)。

这里必须注意,直流电量的基本测量方法及注意事项,请参阅本实验指导第七部分。

(3) 线性电阻的伏安特性

按图 2-3 联接电路,首先把稳压电源输出电压调为零,然后依据表 2-3 所列数据改变稳压电源的输出电压,测量相应的电流值,并计算 R_L 值,数据记入表 2-3。

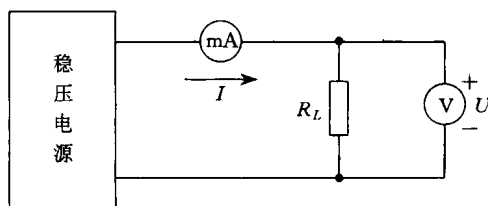


图 2-3

表 2-3

$U(V)$	0	2	4	6	8
$I(mA)$					
$R_L(\Omega)$					

也可按图 2-4 联接电路,进行电阻伏安特性实验,并学习滑线变阻器的使用。电路中直流稳压电源输出电压调整为 10V,利用滑线变阻器 R_P 作分压器,调节 R_P ,则负载电阻 R_L 两端的电压随之改变。测量相应的电流值,记录于表 2-4。

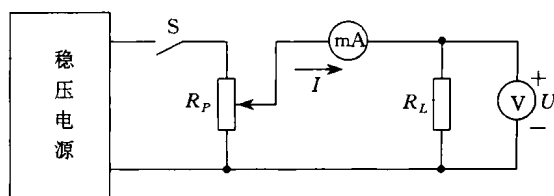


图 2-4

表 2-4

测量次数	测量数据		计算数据
	$I_{(mA)}$	$U_{(v)}$	$R_L(\Omega)$
1			
2			
3			

六、实验报告要求

(1) 实验报告按附录一编写(以下各实验相同)。

(2) 依据表 2-3 或表 2-4 数据,分析实验结果,验证欧姆定律,并画出电阻 R_L 的伏安特性曲线。

(3) 根据所学理论和实验结果完成以下思考题:

① 简述实验所用模拟式万用表的测量功能及转换开关、机械调零旋钮、欧姆调零旋钮、表笔插孔的作用。

② 测量完毕,为什么要把万用表的功能转换开关转到交流高电压档或 OFF 档?

③ 使用万用表的欧姆档测量电阻时,应注意什么问题? 为什么不允许带电测量?

④ 可以用万用表的电流档测量电压吗? 可以用交流电压档测量直流电压吗? 为什么?

七、几种实验设备介绍

(一) 电阻箱和滑线变阻器

旋转式十进电阻箱是一种可调节的标准电阻设备,一般由 4~7 级十进位电阻组成,使用时旋转各级转换开关,可以得到相应的阻值。

滑线变阻器是一种常用的电工设备,在电工线路中常接成限流和分压两种形式。电路如图 2-5 (a)所示时,滑线变阻器 R_P 起限流作用,可调节负载电流;电路如图 2-5 (b)所示时, R_P 起分压器作用,可改变负载的端电压。显然, R_P 两固定端 ab 间的阻值固定不变,改变滑动触头 C 的位置,则 ac 间及 cb 间的阻值随之改变。

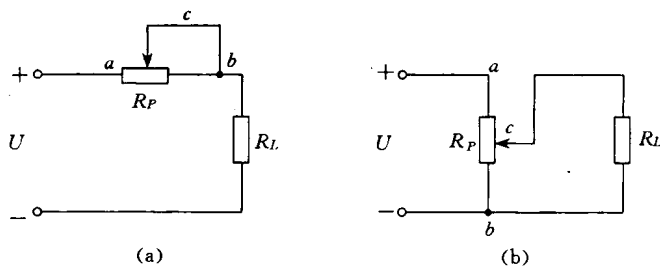


图 2-5

(二) 磁电式直流电流表、电压表

磁电式仪表主要用于直流电流和直流电压测量,它是根据通过电流的线圈在磁场中受

力的原理而制成的电工仪表,具有较高的灵敏度和准确度、标尺刻度均匀、便于读数等优点,但过载能力较差,结构较复杂。

利用磁电式测量机构和不同的测量线路,可以制成不同的仪表,如采用分流电阻线路可以制成内阻很小的直流电流表;又如采用分压电阻线路可以制成内阻很高的直流电压表。

磁电式直流电流、电压表使用时应注意:

(1) 只能测量直流。因为如果在磁电式机构中通入交流,所产生的转动力矩也是交变的,表头可动线圈将由于惯性作用而来不及转动。

(2) 根据被测对象的性质及其测量准确度等级、量程、内阻、环境等技术要求选择合适的仪表。

(3) 使用前,应调整零位调节器,使指针准确指在零位的刻度线上。

(4) 测量时,必须注意正负极性。若表针反偏,应即断开电源,对调两测试表笔后再行测量。实际测量时,表针正偏,仪表接线与电路中设定的参考方向一致,所测数据记为正值;反之,则记为负值。

(5) 电流表应固定地串联接入被测电路;电压表应并联接入被测电路。电流表绝对不能像电压表那样,与被测电路并联,否则,将有较大的电流通过电流表而导致其损坏。

(6) 适当选择量程。测量量程过大将增加测量误差,量程过小则可能损坏仪表,一般表针指示在量程的 $1/2 \sim 2/3$ 范围内,读数较为准确。但为了仪表的安全,测量时应按估算预选较大量程,再据实际进行调整。

(7) 为减小误差,读数应在指针偏转稳定后进行,并应尽量保持视线与仪表刻度盘垂直。若刻度盘上有反射镜,应在指针与镜中影像重合的位置上读数。

(三) 万用表

万用表是一种电工、电子测量中常用的便携式电气测量仪表,可以测量多种电量,具有多种量程,常被用来测量交流电压、直流电压、直流电流和电阻等电量。

根据测量原理及测量结果显示方式的不同,万用表一般分为模拟式(以指针显示)和数字式(以数字显示)两大类,模拟式 MF-9 型万用表的面板结构如图 2-6 所示,数字式 DT-830 型万用表的面板结构如图 2-7 所示。

模拟式万用表主要由表头、测量线路、转换开关及外壳面板等构成。表头即测量机构,由磁电式直流微安表组成,指示被测量的数值。由于被测量可能是电压,也可能是电流或电阻,所以,需要把各种被测量通过不同结构的测量电路变换为表头可以测量的微小直流电流。因此,转换开关的作用就是把表头接到不同的测量线路,选择所需的测量功能和每种功能下的不同量程。

数字式万用表采用集成电路和液晶显示技术,由直流数字电压表及附加的转换电路和面板的显示器、量程开关、输入插孔等构成。数字式万用表具有精度高、输入电阻大,抗干扰能力强、测量速度快和读数时间短等优点,因而其使用日益广泛。

万用表的型号很多,常用的有模拟式 500 型、MF-9 型、MF-30 型,数字式 DT-830 型等。

1. 模拟表的基本使用方法

(1) 使用前的准备

① 仪表应水平放置,作机械调零,使表针指示在零位。

欧姆档不可用于直接测量检流计、微安表等仪表的内阻,否则很可能会损坏这些仪表。

2. DT-830 数字式万用表的基本使用方法

① 电源开关。开关接通,则窗口出现显示。不使用时应把该开关置于 OFF 位置,以免长期通电。

② 显示屏。为四位液晶数码显示器,最大显示数为 1999。一般可自动显示极性、过载。

③ 量程转换开关。选择各种测量功能和每种功能下的不同量程。

④ 输入插口。由于内部接线较多,面板上常设有多个接入被测量的输入插孔,使用时,应根据面板插孔测量功能的指示标记,选择相应的插孔。注意不要弄错,否则不但测不出结果,还可能损坏仪表。

⑤ 数字式万用表多数都具有测试三极管的功能,面板上配有专用的测量插孔。

⑥ 不同型号的万用表可能还有其他特殊功能,如 DT-830,还具有检查线路是否接通的功能。使用时,表笔与测量电阻时接线相同,量程开关转至“ Ω ”位置,让表笔检查被测电路,若表内蜂鸣器发出叫声,则说明电路是通的,反之,则不通。此时,应注意被测电路不允许带电。

(四) 直流稳压电源

直流稳压电源是一种能够提供直流电压的电子设备,它在允许输出电流范围内,输出电压基本保持稳定,一般可视为恒压源。现以 JWY-30B 型晶体管直流稳压电源为例来说明稳压电源的使用。

1. 主要技术性能

输出电压:两路输出,0~30V 连续可调。

输出电流:左路 1A,右路 0.5A。

保护性能:具有短路和过载自动保护。

2. 使用方法

JWY-30B 直流稳压电源的面板结构如图 2-8 所示。

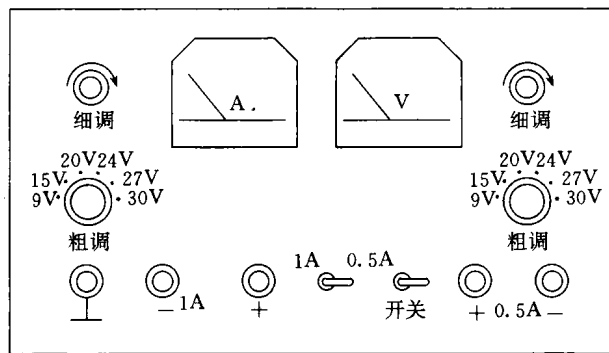


图 2-8

(1) 电压输出分别从“+”“-”两接线柱引出。使用时,必须保证负载电流不得大于所选电源组允许输出的最大电流值。

(2) 电压表是两组输出共用的电压指示,由开关 K2 控制。置“1A”侧时指示左路输出电压,置“0.5A”侧时,指示右路电压。电流表仅指示左路电源输出的电流。

(3) 输出电压大小的控制。调整输出电压,应首先将“细调”旋钮反时针调到零,同时选