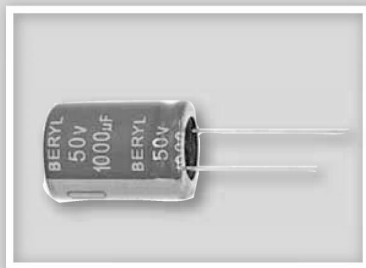
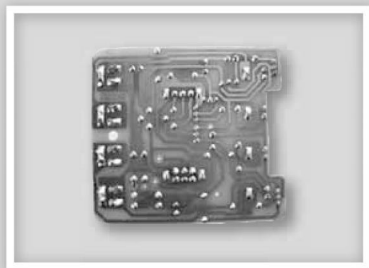


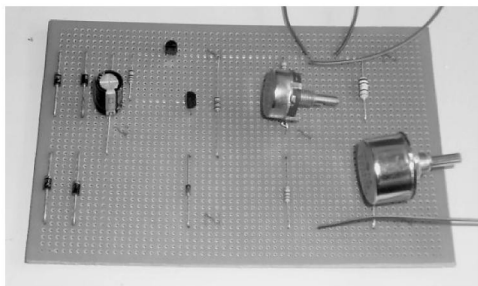
项目一

直流稳压电源检测



项目介绍

大部分电器正常工作都需要稳定的直流电源,需要把电网供给的交流电转换成稳定的直流电。本项目任务一主要介绍了电子测量的简单概念和测量数据的正确处理;任务二主要介绍了直流稳压电源的电路组成、检测调试的一般过程。如图 1-0-1(a)所示是一典型的具有放大环节的串联型可调稳压电源电路。如图 1-0-1(b)所示为数字万用表,用它可以方便地测量出电压电流等电量。



(a) 直流稳压电源电路



(b) 数字万用表

图 1-0-1 本项目电路及仪表

学习目标

- 能对测量数据进行科学处理。
- 熟悉万用表的功能及使用。
- 会使用万用表检测元器件。
- 会正确分析直流稳压电源电路。
- 会使用万用表检测直流稳压电源参数。
- 养成小组团队合作意识,培养良好的职业道德和职业习惯。

任务一

测量数据的处理



知识准备

一、电子测量的基本概念

1. 广义的电子测量

广义的电子测量是指利用电子技术进行的测量。非电量的测量属于广义电子测量的内容,可以通过传感器将非电量变换为电量后再进行测量。

2. 狭义的电子测量

狭义的电子测量是指对电子技术中各种电参量所进行的测量。狭义电子测量的内容主要包括:

(1) 能量的测量 能量的测量是指对电流、电压、功率、电场强度等参量的测量。

(2) 电路参数的测量 电路参数的测量是指对电阻、电感、电容、阻抗、品质因数、损耗率等参量的测量。

(3) 信号特性的测量 信号特性的测量是指对频率、周期、时间、相位、调制系数、失真度等参量的测量。

(4) 电子设备性能的测量 电子设备性能的测量是指对通频带、选择性、放大倍数、衰减量、灵敏度、信噪比等参量的测量。

(5) 特性曲线的测量 特性曲线的测量是指对幅频特性、相频特性、元器件特性等特性曲线的测量。

3. 测量方法的分类

(1) 直接测量 直接测量是将被测量与标准量进行比较,得到测量结果。

(2) 间接测量 间接测量是测得与被测量有一定函数关系的量,然后运用函数求得被测量。

(3) 组合测量 组合测量是指在测量中被测量与几个未知量有关,测量一次无法得到完整的结果,则可改变测量条件进行多次测量,然后按照被测量与未知量之间的函数关系组成联立方程求解,得到有关未知量。它是一种兼用直接测量与间接测量的方法。

二、测量误差理论

测量的目的是希望能获得被测量的实际大小,即真值(A_0)。所谓真值,就是在一定的时间和空间环境条件下,被测量本身所具有的真实数值。实际上,由于测量设备、方法、环境和测量人员的素质等条件的限制,测量所得到的结果与被测量的真值之间会有差异,这个差异就称为测量误差。测量误差过大会使得测量结果变得毫无意义,成为错误。我们研究误差的目的,就是要了解产生误差的原因和发生的规律,寻求减小测量误差的方法,使测量结果精确可靠。根据测量误差的要求,用高一数量级的标准仪器、计量器测量所得之值(实际应用中可代替真值)称为实际值(A)。例如,微安电流表测电流相比毫安电流表就是高级测量仪器。电阻器的色环标示出的阻值称为标称值。被测量的量值称为示值(x),而从仪器刻度盘、显示器等读数装置上直接读来的数字称为读数。用一电流表测量某电流值,量程选择 10 mA 挡,刻度盘指示如图 1-1-1 所示,其读数为 8,示值为 8 mA。

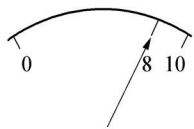


图 1-1-1
表盘计数

1. 测量误差的表示方法

测量误差有绝对误差和相对误差两种表示方法。

(1) 绝对误差

① 定义: 由测量所得到的被测量值 x 与其真值 A_0 之差,称为绝对误差,用 Δx 表示,即:

$$\Delta x = x - A_0$$

② 特点: 绝对误差既有大小,又有符号和量纲。

真值 A_0 是一个理想概念,无法得到,实际应用中通常用实际值 A 来代替真值 A_0 ,即:

$$\Delta x = x - A$$

③ 修正值: 与绝对误差绝对值大小相等,但符号相反的量值,称为修正值,用 C 表示,即:

$$C = A - x = -\Delta x$$

测量仪器的修正值可以通过上一级标准的检定给出,修正值可以是数值、表格、曲线或函数表达式等形式。在日常测量中,利用仪器的修正值 C 和仪器的示值,可求出被测量的实际值 $A = x + C$ 。

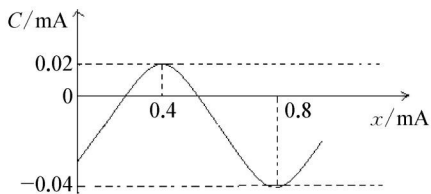


图 1-1-2 修正值曲线图

【例 1-1-1】某台电流表的修正值由曲线图 1-1-2 给出,求示值分别为 0.4 mA 和 0.8 mA 时的实际值各为多少?

$$\text{解: } A_1 = x_1 + C_1 = 0.4 + 0.02 = 0.42 \text{ mA}$$

$$A_2 = x_2 + C_2 = 0.8 - 0.04 = 0.76 \text{ mA}$$

(2) 相对误差 绝对误差虽然可以说明测量结果偏离实际值的情况,但不能确切反映测量的准确程度,不利于看出对整个测量结果的影响。例如,对分别为 10 Hz 和 1 MHz 的两个频率进行测量,绝对误差都为 4 Hz,但两次测量结果的准确程度显然不同。因此,除绝对误差外,还需给出相对误差的定义。

绝对误差与被测量的真值之比,称为相对误差(或称相对真值误差),用 γ 表示,即:

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

相对误差的特点是只有大小和符号,没有单位。

【例 1-1-2】测量两个频率值 $f_1 = 1\,000 \text{ Hz}$, $f_2 = 100\,000 \text{ Hz}$,绝对误差分别为 $\Delta f_1 = 1 \text{ Hz}$, $\Delta f_2 = 10 \text{ Hz}$,问哪次测量的准确度更高?

解:比较绝对误差可得: $\Delta f_1 < \Delta f_2$,第一次测量误差较小。

$$\text{但: } \gamma_1 = \frac{\Delta f_1}{f_1} \times 100\% = \frac{1}{1\,000} \times 100\% = 0.1\%$$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta f_2}{f_2} \times 100\% = \frac{10}{100\,000} \times 100\% = 0.01\%$$

可见第二次的误差与实际值相比所占比例比第一次的小,第二次的测量准确度高些。由于真值是不能准确得到的,通常用实际值 A 代替真值得到实际相对误差:

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

误差较小、要求不太严格的场合,也可以用测量值 x 代替实际值 A 得到示值相对误差:

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

实际中,也常用测量仪器在一个量程范围内出现的最大绝对误差 Δx_m 与该量程的满刻度值(该量程的上限值与下限值之差) x_m 之比来表示最大引用相对误差:

$$\gamma_{mm} = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\%$$

电工仪表就是按最大引用相对误差 γ_{mm} 之值进行分级的。我国电工仪表共分七级:

0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5及5.0。如果仪表为S级,则说明该仪表的最大引用相对误差不超过 $\pm S\%$ 。

因此,在使用这类仪表测量时,应选择适当的量程,使示值尽可能接近于满度值,指针最好能偏转在不小于满度值 $2/3$ 以上的区域。

【例1-1-3】某待测电流约为10 mA,现有0.5级量程为100 mA和1.5级量程为15 mA的两个电流表,问用哪一个电流表测量较好?

解:用100 mA、0.5级电流表,可求得测量的最大误差和相对误差为:

$$\Delta x_{m_1} = \pm 0.5\% \times 100 \text{ mA} = \pm 0.5 \text{ mA}$$

$$\gamma_{A_1} = \frac{\pm 0.5}{10} \times 100\% = \pm 5\%$$

用15 mA、1.5级电流表,可求得测量的最大误差和相对误差为:

$$\Delta x_{m_2} = \pm 1.5\% \times 15 \text{ mA} = \pm 0.225 \text{ mA}$$

$$\gamma_{A_2} = \frac{\pm 0.225}{10} \times 100\% = \pm 2.25\%$$

可见应选1.5级15 mA电流表。

2. 测量误差的来源

(1) 仪器误差 由于测量仪器及其附件的电气、设计、制造、检验等不完善,以及仪器使用过程中老化、磨损、疲劳等因素而使仪器产生的误差称为仪器误差。

(2) 影响误差 由于各种环境因素(温度、湿度、震动、电源电压、电磁场等)与仪器仪表要求的条件不一致而引起的误差称为影响误差。

(3) 理论误差和方法误差 由于测量所依据的原理不够严密或用近似公式计算测量结果所引起的误差称为理论误差。由于测量方法不适宜而产生的误差称为方法误差。

(4) 人身误差 由于测量人员感官的分辨能力、反应速度、视觉疲劳、不良习惯或缺乏责任心等原因,而在测量中使用操作不当、现象判断出错或数据读取疏失等而引起的误差称为人身误差。

3. 测量误差的分类

(1) 系统误差 在同一测量条件下,多次重复测量同一量时,测量误差的大小和符号都保持不变或在测量条件改变时按一定规律变化的误差,称为系统误差。系统误差决定了测量的准确度。系统误差越小,测量结果越准确。

(2) 随机误差 在同一测量条件下(在测量环境、测量人员、测量技术和测量仪器都相同的条件下),多次重复测量同一量值时(精度相同),每次测量出现无规律的随机变化的误差称为随机误差。随机误差反映了测量结果的精密度。随机误差越小,测量精密度越高。随机误差和系统误差共同决定测量结果的精确度。测量的精确度高,两者的值都要求很小。

(3) 粗大误差 在一定条件下,测量值明显偏离实际值时所对应的误差,称为粗大误差,又称疏失误差。

上述三大误差,对于含有粗大误差的测量值,一经确认,应首先予以剔除。对于含有系统误差的测量值,在测量前应细心做好准备工作,检查所有可能产生系统误差的来源,并设法消除。对于含有随机误差的测量值,宜采用在相同条件下进行多次测量的方法,对测量的结果求平均值来减小它的影响。

三、测量结果的处理

测量结果既可以用数字表示,也可以用一条曲线或某种图形表示。用数字表示的测量结果包含数值(大小和符号)以及相应的单位两部分,例如 9.12 V、25.56 V 等。

由于各种因素的影响,测量结果中不可避免地存在误差。有时为了说明测量结果的可信度,在表示测量结果时,可同时标注其测量误差值或范围,例如 $(3.6 \pm 0.05) \text{ V}$ 、 $(28.6 \pm 0.1) \Omega$ 。

1. 有效数字

有效数字是指从最左面一位非零数字算起,到含有误差的那位存疑数字为止的所有各位数字。对有效数字位数的确定应掌握以下几方面的内容:

(1) 有效数字位与测量误差的关系 原则上可从有效数字的位数估计出测量误差,一般规定误差不超过有效数字末位单位的一半。例如 2.00 A,则测量误差不超过 $\pm 0.005 \text{ A}$ 。

(2) “0”在最左面为非有效数字 例如 0.05 k Ω ,两个零均为非有效数字。“0”在最右面或两非零数字之间均为有效数字,不得在数据的右面随意加“0”。如将 2.00 A 改为 2.000 A,则表示已将误差极限由 0.005 A 改成 0.000 5 A。

(3) 有效数字不能因选用的单位变化而改变 如测量结果为 3.0 A,它的有效数字为两位。如改用 mA 做单位,将 3.0 A 改写成 3 000 mA,则有效数字变成四位,是错误的,应改写成 $3.0 \times 10^3 \text{ mA}$,此时它的有效数字仍为两位。

2. 数字的舍入规则

测量数据中超过保留位数的数字,应予以删略。删略的原则是“舍入规则”,它与古典的“四舍五入”不同,其具体内容如下:

若需保留 n 位有效数字, n 位以后位余下的数,若大于保留数字末位(即第 n 位)单位的一半,则在舍去的同时在第 n 位加 1;若小于该位单位的一半,则第 n 位不变,后面的数字全部舍去;若刚好等于该单位的一半,如第 n 位原为奇数则加 1 变为偶数,原为偶数则不变,后面的数字全部舍去,即为“求偶数法则”。

【例 1-1-4】 将下列数据舍入到小数第二位: 12.434 4, 63.735 01, 0.694 99, 25.325 0, 17.695 5, 123.115 0。

解: 12.434 4 $\rightarrow$ 12.43

63.7350 1 $\rightarrow$ 63.74

0.694 99 $\rightarrow$ 0.69

25.325 0 $\rightarrow$ 25.32

17.695 5 $\rightarrow$ 17.70

123.115 0 $\rightarrow$ 123.12

由上述可见,经过数字舍入后,末位是欠准数字,末位以前的数字为准确数字。末位欠准的程度不超过该位单位的一半。



任务实施

一、电阻串联电路的测量

电阻串联电路如图 1-1-3 所示,图(a)为电路图,图(b)为实物图。

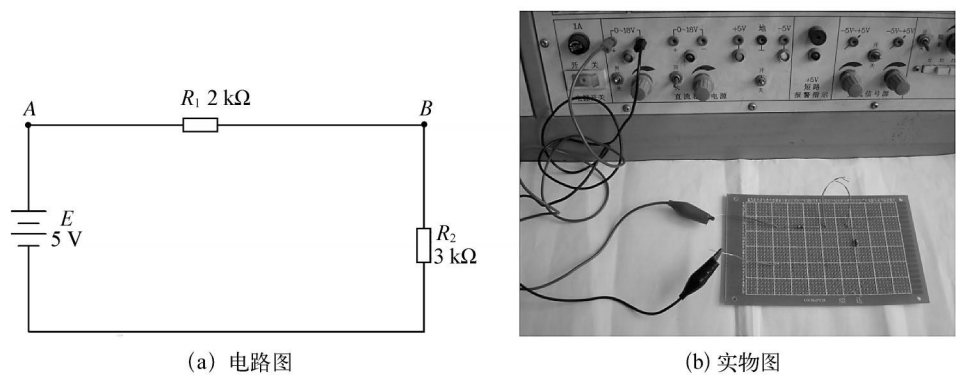


图 1-1-3 电阻串联电路

二、具体测量操作

(1) 通过色环法分别读出电阻 R_1 、 R_2 的标称值,并用指针式万用表测出实际值,填入表 1-1-1 中。

(2) 用万用表测量电源的电压,填入表 1-1-1 中。

表 1-1-1 测量结果

	R_1	R_2	电源电压
标称值			
实际值			

(3) 按图 1-1-3(a)连接电路。

(4) 将万用表选择在较大量程上,分别并联在 R_1 、 R_2 的两端测量电压值,并将结果填入表 1-1-2 中。

(5) 将万用表选择在合适的量程(参考理论计算值)上,分别并联在 R_1 、 R_2 的两端测量电压值,并将结果填入表 1-1-2 中。

表 1-1-2 电压测量结果

量程 \ 结果	U_{R_1}	U_{R_2}
较大量程/V		
合适量程/V		

(6) 将万用表选择在较大量程上,分别测量 A、B 点的电流,并将结果填入表 1-1-3 中。

(7) 将万用表选择在合适的量程(参考理论计算值)上,分别测量 A、B 点的电流,并将结果填入表 1-1-3 中。

表 1-1-3 电流测量结果

量程 \ 结果	I_A	I_B
较大量程/mA		
合适量程/mA		

(8) 根据以上测量值求出绝对误差和相对误差,并说明电源电压与各电阻上电压的关系及电路中各点电流之间的关系。

(9) 结合上面完成情况,填写下面任务评价表 1-1-4。

表 1-1-4 串联电路测量操作评价表

序号	分值	操 作 内 容	自评	互评	教师评
1	20	测量电阻的阻值 R_1 、 R_2 的标称值和实际值			
2	10	测量电源电压			
3	10	选择较大量程,测电压			
4	10	选择合适量程,测电压			
5	10	选择较大量程,测电流			
6	10	选择合适量程,测电流			
7	10	求绝对误差和相对误差			
8	20	测量数据的处理			
总 分					
开始时间		结束时间		实际时间	
				综合成绩	



知识拓展

一、测量结果处理

关于测量,下面来看看图 1-1-4 物理课本的长度,比较一下 A、B 两根刻度尺读出的值有什么不同,并说出为什么。

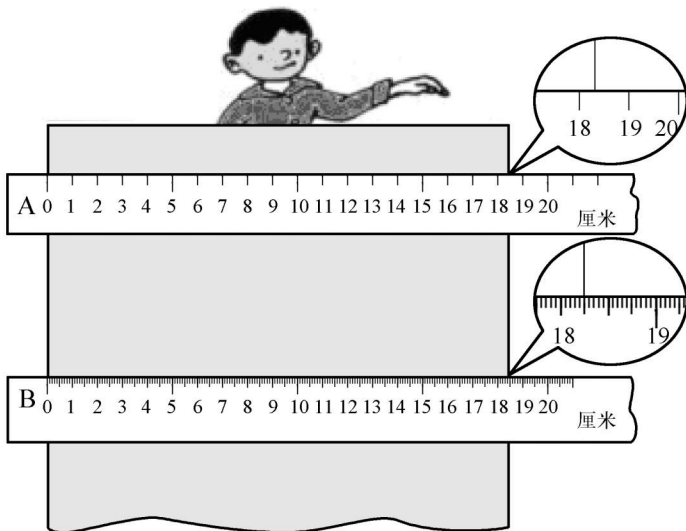


图 1-1-4 物理课本的长度

下面我们再看图 1-1-5,它是我们常用的指针式万用表,并根据图 1-1-6 面板完成表 1-1-5 电压、电流的读数及表 1-1-6 电阻的读数。



图 1-1-5 指针式万用表



图 1-1-6 指针式万用表表头面板

表 1-1-5 电压、电流的读数

序 号	指 针 位 置	转换开关位置	读 数 值
1	20 过 2 小格	ACV500	
2	150 过 3 小格	DCV2.5	
3	200 过 3 小格	ACV250	
4	0 过 7 小格	DCmA500	
5	100 过 9 小格	DCV2.5	
6	2 过 3 小格	ACV1000	
7	0 过 6 小格	DCV0.5	
8	4 过 7 小格	ACmA100	
9	200 过 9 小格	ACV250	
10	150 过 1 小格	DCV25	

表 1-1-6 电阻的读数

序 号	指 针 位 置	转换开关位置	读 数 值
1	0 过 9 格	$\times 1$	
2	5 过 6 格	$\times 10$	
3	15 过 3 格	$\times 100$	
4	30 过 7 格	$\times 10$	
5	50 过 8 格	$\times 10k$	

二、有效数字的运算原则

在测量中,经常需要将测量的几个数据经过加、减、乘、除等运算后,得到欲求的结果。为保证运算过程中的简便和准确,参与运算数据的有效数字位数的保留,原则上取决于参加运算的各数据中准确度最差的那一项。

1. 加、减运算

根据准确度最差的一项,即以小数点位数最少的为准,其余数据多取一位,最后结果小数位数保留仍以小数位数最少的为准。

【例 1-1-5】 计算： $13.05+0.038+4.7051$ 。

解：① 数据修约： 13.05 小数点后位数最少,所以不变,其他数据的小数点后应保留三位数字： 0.038 不变, 4.7051 修约为 4.705 。

② 原式= $13.05+0.038+4.705=17.793$ 。

③ 最后结果修约为 17.79 。

2. 乘、除运算

有效数字的取舍取决于其中有效数字位数最少的一项,而与小数点无关。最后结果

的有效数字,应不超过参加运算的数据中最少的有效数字。

【例 1-1-6】 计算 $1.057\,82 \times 14.21 \times 4.52$ 。

解: ① 数据修约: 4.52 有效数字位数最少所以不变,其他数据有效数字位数多保留一位: 1.057 82 变为 1.058, 14.21 不变。

② 原式 $= 1.058 \times 14.21 \times 4.52 = 67.954\,493\,6$ 。

③ 最后结果修约为 68.0。



目标检测

一、填空题

1. 指针式万用表使用前应首先检查指针是否在_____,若不在需_____。
2. 正确连接表笔: 红表笔应插入标有_____的插孔,黑表笔插入标有_____的插孔。测直流电流和直流电压时,红表笔接被测电压、电流的_____极,黑表笔接_____极。用欧姆挡“ Ω ”判断二极管的极性时,注意“+”插孔是接表内电池的_____极,“-”插孔是接表内电池的_____极。
3. 测量电压时,万用表应与被测电路_____;测量电流时,要与被测电路_____,将万用表_____接在被测电路中。
4. 量程转换时应先_____电,绝对不容许带电换量程;根据被测量放在正确的位置,切不可使用电流挡或欧姆挡测_____,否则会损坏万用表。
5. 万用表使用完毕,将转换开关放在_____最大挡位或_____挡,避免损坏仪表。

二、简答题

1. 万用表选择在较大量程和合适量程时测量电压和电流,读得的数据有效位各有什么不同? 说明了什么?
2. 在测量中,产生测量误差的原因有哪些? 总结一下,并思考采用哪些测量方法有效地减小测量误差。
3. 将下列数据进行舍入处理,要求保留三位有效数字:

86.382 4	4.175	0.000 412 5	68 350
53.79	310 000	29.99	34.650 1

任务二

运用数字万用表测量基本量



知识准备

一、直流稳压电源电路

如图 1-2-1 所示为一简单典型的具有放大环节的串联型可调稳压电源电路。