



普通高等教育 **电气信息类** 应用型规划教材

电工电子技术实验教程

代 燕 主编



科学出版社



免费提供电子教案

普通高等教育电气信息类应用型规划教材

电工电子技术实验教程

代 燕 主编

战荫泽 张立东 副主编
李居尚 王珊珊

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是为高等学校电类及非电类相关专业而编写的电工电子技术基础实验教程。本书以电工电子技术的验证型、综合应用型及设计型实验为主要内容,介绍了电工技术实验、模拟电子技术实验(包括高频电子技术实验)、数字电子技术实验的相关内容。此外,书中还附有常用电子元器件的识别技巧、逻辑符号新旧对照表、部分集成电路引脚排列。

本书适用专业较广,可作为本专科学生电工技术、模拟电子技术(包括高频电子技术)、数字电子技术的单科实验教程,同时还可供从事电工电子技术研究和开发的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验教程/代燕主编. —北京:科学出版社,2015
ISBN 978-7-03-045881-0

I. ①电… II. ①代… III. ①电工技术-实验-教材②电子技术-实验-教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第234276号

责任编辑:孙露露 张瑞涛 / 责任校对:刘玉靖
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

百善印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年9月第一版 开本:787×1092 1/16

2015年9月第一次印刷 印张:16 1/4

字数:369 000

定价:36.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈百善〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62135235-2010

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

普通高等教育电气信息类应用型规划教材
编 委 会

主 任：刘向东

副主任：方志刚 张明君

成 员：万 旭 万林生 王泽兵 龙建忠 叶时平 代 燕
伍良富 刘加海 祁亨年 杜益虹 李联宁 张永炬
张永奎 张克军 杨起帆 周永恒 金小刚 洪 宁
秦洪军 凌惜勤 陶德元

秘书长：刘加海（兼）

秘 书：陈晓萍 周钗美

前 言



“电工技术”和“电子技术”课程是高等工科院校理工科电类及非电类的专业基础课程。《电工电子技术实验教程》是配合上述课程编写的实验指导书。随着现代科学技术的飞速发展，电工与电子技术得到越来越多的应用。本书内容的设计原则是：全面提高学生的实践能力和职业技能。

本书是作者在多年实验教学改革和科研工作的基础上，参阅了大量的电工及电子技术相关实验教材后编写而成的。在实验教学内容和方法上突出能力培养，减少传统的验证型实验，增加综合应用型及设计型等开放性实验。本书内容丰富、知识面广、实用性强、通用性好，融知识性、实用性、趣味性于一体，力求贯彻素质教育，全面提高学生的实践能力，培养创新意识和创新能力。各专业可根据需要选择实验内容。

本书分为三个部分：电工技术实验由代燕、王珊珊编写；模拟电子技术实验及绪论、附录由战荫泽编写，其中高频电子技术实验内容由张立东编写；数字电子技术实验由李居尚编写。代燕作为本书的主编，对全书的内容进行了认真细致的审阅，并提出了详尽的修改意见。本书得到了长春理工大学光电信息学院各级领导和相关部门的大力支持和帮助，在此向他们表示衷心的感谢。在本书编写过程中，韩东宁、韩丽英、于江蛟、于秀明、王强、王志勇等提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误及疏漏，敬请读者指正，以便不断改进。

目 录

绪论	1
第 1 部分 电工技术实验	8
实验一 基本电工仪表及测量误差	8
实验二 基尔霍夫定律	14
实验三 线性网络定理	15
实验四 常用电子仪器的使用	18
实验五 简单正弦交流电路的研究	25
实验六 互感线圈的研究	28
实验七 RLC 串联电路的幅频特性和谐振	30
实验八 RC 选频网络特性测试	33
实验九 一阶电路的瞬态响应	35
实验十 三相电路	36
实验十一 三相异步电动机	40
实验十二 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制	44
实验十三 异步电动机的正反转控制	46
实验十四 三相异步电机的延时控制及顺序控制	49
实验十五 设计三相交流电的相序指示器	51
实验十六 设计三相异步电动机的周期性往复启停控制	51
实验十七 设计小车自动运料控制电路	52
实验十八 电阻温度计的设计	52
第 2 部分 模拟电子技术实验	54
实验一 晶体三极管共射放大器	54
实验二 两级电压串联负反馈放大器	60
实验三 差动放大器	64
实验四 对称互补功率放大器——OTL 功率放大器	69

实验五 集成运放运算电路	73
实验六 集成运放电压比较器	79
实验七 集成运放有源滤波器	83
实验八 集成运放波形产生电路	89
实验九 晶闸管可控整流电路	93
实验十 直流稳压电源与充电电源	97
实验十一 集成直流稳压电源的设计	103
实验十二 水温控制系统的设计	110
实验十三 语音放大电路的设计	113
实验十四 小信号单调谐回路谐振放大器	120
实验十五 小信号双调谐回路谐振放大器	123
实验十六 电容反馈三点式振荡器	125
实验十七 石英晶体振荡器	127
实验十八 幅度调制器	129
实验十九 高频功率放大器	131
实验二十 变容二极管频率调制电路	133
实验二十一 相位鉴频器电路	135
实验二十二 锁相环及压控振荡器电路	138
实验二十三 调频接收机的设计	141
第3部分 数字电子技术实验	145
实验一 基本逻辑门电路的功能测试	145
实验二 组合逻辑电路的设计	150
实验三 编码器、译码器及其应用	153
实验四 数据选择器及其应用	162
实验五 触发器及其应用	168
实验六 时序逻辑电路的应用	175
实验七 集成移位寄存器	181
实验八 集成计数器	189
实验九 555 集成定时器	199
实验十 D/A 转换器	207
实验十一 A/D 转换器	215
实验十二 循环彩灯设计	221

实验十三 拔河游戏机设计	223
实验十四 8 路呼叫器设计	225
实验十五 交通灯控制器设计	228
实验十六 数字转速表设计	232
附录	235
附录 I 常用电子元器件的识别技巧	235
附录 II 逻辑符号新旧对照表	240
附录 III 部分集成电路引脚排列	242
参考文献	249

绪 论

一、电工电子技术基础实验的目的和意义

众所周知，科学技术的发展离不开实验，实验是促进科学技术发展的重要手段。我国著名科学家张文裕在为《著名物理学实验及其在物理学发展中的作用》一书所写的序言中，精辟论述了科学实验的重要地位。他说：“科学实验是科学理论的源泉，是自然科学的根本，也是工程技术的基础。”又说：“基础研究、应用研究、开发研究和生产四个方面如果结合得好，经济建设和国防建设势必会兴旺发达。要把上述四个环节紧密贯穿在一起，必须有一条红线，这条红线就是科学实验。”

对于电工电子技术基础这样一门具有工程特点和实践性很强的课程，加强工程训练，特别是技能的培养，对于培养工程人员的素质和能力具有十分重要的作用。现有部分大学生在学完电工技术基础、模拟电子技术基础、数字电子技术基础和高频电子技术课程后，又增设了综合实验及课程设计课的内容。这对提高学生综合动手能力和工程设计能力是非常重要的。

电工电子技术实验，按性质可分为验证性和训练性实验、综合性实验、设计性实验三大类。

验证性和训练性实验主要针对电工电子技术本门学科范围，由理论论证和实际技能的培养奠定基础。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论外，主要在于帮助学生认识现象，掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。

综合性实验属于应用性实验，实验内容侧重于某些理论知识的综合应用，其目的是培养学生综合运用所学理论的能力和解决较复杂的实际问题的能力。

设计性实验对于学生来说既有综合性又有探索性，它主要侧重于某些理论知识的灵活运用。例如，完成特定功能电子电路的设计、安装和调试等。要求学生在教师指导下独立进行查阅资料、设计方案与组织试验等工作，并写出报告。这类实验对于提高学生的素质和科学实验能力非常有益。

总之，电工电子技术实验应突出基础技能、设计性综合应用能力、创新能力的培养，以适应面向 21 世纪人才的要求。

二、电工电子技术基础实验的一般要求

尽管电工电子技术各个实验的目的和内容不同，但为了培养良好的学风，充分发挥学生的主观能动作用，促使其独立思考、独立完成实验并有所创造，我们对电工电子技术实验的准备阶段、进行阶段、完成后阶段分别提出下列基本要求。

（一）实验前的要求

为避免盲目性，参加实验者应对实验内容进行预习。要明确实验目的要求，掌握有关电路的基本原理（设计性实验则要完成设计任务），拟出实验方法和步骤，设计实验表格，对思考题作出解答，初步估算（或分析）实验结果（包括参数和波形），最后作出预习报告。

（二）实验进行中的要求

1. 参加实验者要自觉遵守实验室规则。
2. 根据实验内容合理分置实验现场，准备好实验所需要的仪器设备和装置并安放适当，按实验方案连接实验电路和测试电路。
3. 要认真记录实验条件和所得数据、波形（并进行分析判断所得数据、波形的正确性）。发生故障应独立思考，耐心排除，并记录排除故障的过程和方法。
4. 发生事故应立即切断电源，并及时报告指导教师或实验室工作人员，等待处理。师生的共同愿望是保质保量地完成实验，并不是要求学生在实验过程中不发生问题，一次性完成。实验过程不顺利不一定是坏事，常常可以从分析故障中增强独立解决问题的能力。故障排除掉，实验自然就是成功的。

（三）实验完成后的要求

实验完成后，可将记录送指导教师审阅签字。经教师同意后方可拆除线路，并清理现场。要求学生课后认真完成实验报告，作为一个工程技术人员必须具有撰写实验报告这种技术文件的能力。

1. 实验报告的内容如下：

- 1) 列出实验条件，包括何时与何人共同完成什么实验、当时的环境条件、使用仪器名称及编号等。
- 2) 认真整理和处理测试的数据和用坐标纸描绘出所测波形，并列成表格或用坐标纸画出曲线。
- 3) 对测试结果进行理论分析，作出简明扼要结论。找出产生误差的原因，提出减少实验误差的措施。

4) 记录产生故障情况，说明排除故障的过程和方法。

5) 写出对本次实验的心得体会，以及改进实验的建议。

2. 实验报告要求为文理通顺，书写简洁；符号标准，图表齐全；讨论深入，结论简明。

三、误差分析与测量结果的处理

在科学实验与生产实践的过程中，为了获取表征被研究对象的定量信息，必须准确地进行测量。而为了准确地测量某个参数的大小，首先要选用合适的仪器设备，并借助一定的实验方法，以获取必要的实验数据；其次，对这些实验数据进行误差分析与数据处理。但人们往往重视前者而忽略后者。

众所周知,在测量过程中,由于各种原因,测量结果(待测量的测量值)和待测量的客观真值之间总存在一定差别,即测量误差。因此,分析误差产生原因,如何采取措施减少误差,使测量结果更加准确等,对于实验人员及科技工作者来说是应该了解和掌握的。

(一) 误差的来源与分类

1. 测量误差的来源主要有以下几种。

1) 仪器误差:是由于仪器的电气或机械不完善所差生的误差,如校准误差、刻度误差等。

2) 使用误差:又称操作误差。它是指在使用仪器过程中,因安装、调节、布置、使用不当引起的误差。

3) 人身误差:是由于人的感觉器官和运动器官的限制所造成的误差。

4) 环境误差:是指由于受到温度、湿度、大气压、电磁场、机械振动、声音、光照、放射性等影响所造成的附加误差。

5) 方法误差:又称理论误差。它是指由于使用的测量方法不完善、理论依据不严密、对某些经典测量方法作了不适当的修改简化所产生的,而凡是在测量结果的表达式中没有得到反映的因素,而实际上这些因素又起作用所引起的误差。例如,用伏安法测电阻时,若直接以电压表示值与电流表示值之比作测量结果,而不计电表本身内阻的影响,就会引起误差。又如,测量并联谐振的谐振频率时,常用近似公式为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

若考虑 L 、 C 的实际串联损耗电阻 R_L 、 R_C 时,实际的谐振频率应为

$$f'_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{1-R_L^2(C/L)}{1-R_C^2(C/L)}}$$

则有

$$\Delta f = f'_0 - f_0$$

上述用近似公式带来的误差称为方法误差。

2. 测量误差的分类。按误差性质和特点可分为系统误差、随机误差和疏失误差。

1) 系统误差:是指在相同条件下重复测量同一量时,误差的大小和符号保持不变,或按照一定规律变化的误差。系统误差一般可以通过实验及分析方法,查明其变化规律及产生原因,因此这种误差是可以预测的,也是可以减小或消除的。

2) 随机误差(偶然误差):是指在相同条件下多次重复测量同一量时,误差的大小时正时负,其大小和符号无规律变化的误差称为随机误差。随机误差不能用实验方法消除。但在多次重复测量时,其总体服从统计规律,从随机误差的统计规律中可了解它的分布特性,并能对其大小及测量结果的可靠性作出估计,或通过多次重复测量,然后取其算术平均值。

3) 疏失误差(粗差):这是一种过失误差。这种误差是由于测量者对仪器不了解、粗心,导致读数不正确而引起的,有时测量条件的突然变化也会引起粗差。对于这种异常值(或坏值)必须根据统计检验方法的某些准则去判断哪个测量值是坏值,然后去除。

(二) 误差表示法

按误差表示法可分为绝对误差和相对误差。

1. 绝对误差。

设被测量的真值为 A_0 ，测量仪器的示值为 X ，则绝对误差为

$$\Delta X = X - A_0$$

在某一时间及空间条件下，被测量的真值虽然是客观存在的，但一般无法测得，只能尽量逼近它。故常用高一标准仪表测量的示值 A 代替真值 A_0 ，则

$$\Delta X = X - A$$

在测量前，测量仪器应由高一标准仪器进行校正，校正量常用修正值 C 表示。对于被测量，高一标准仪器的示值减去测量仪器的示值所得的值就是修正值。实际上，修正值就是绝对误差，只是符号相反

$$C = -\Delta X = A - X$$

利用修正值可得该仪器所测量的实际值

$$A = X + C$$

2. 相对误差。

绝对误差值的大小往往不能确切地反映被测量的准确程度。例如，测 100V 电压时， $\Delta X_1 = +2V$ ，在测 10V 电压时， $\Delta X_2 = +0.5V$ ，虽然 $\Delta X_1 > \Delta X_2$ ，可实际 ΔX_1 只占被测量的 2%，而 ΔX_2 却占被测量的 5%。显然，后者误差对测量结果的相对影响大。因此，工程上常采用相对误差来比较测量结果的准确程度。

相对误差又分为实际相对误差、示值相对误差和引用（或满度）相对误差。

实际相对误差，是用绝对误差 ΔX 与被测量的实际值 A 的比值的百分数来表示的相对误差，记为

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

示值相对误差，是用绝对误差与仪器给出值 X 的百分数来表示的相对误差，即

$$\gamma_X = \frac{\Delta X}{X} \times 100\%$$

引用（或满度）相对误差，简称为满度误差。它是用绝对误差 ΔX 与仪器的满刻度值 X_m 之比的百分数来表示的相对误差，即

$$\gamma_m = \frac{\Delta X}{X_m} \times 100\%$$

电工仪表的准确度等级就是由 γ_m 决定的。如 1.5 级的电表，表明 $\gamma_m \leq \pm 1.5\%$ 。我国电工仪表按 γ_m 值共分七级：0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。若某仪表的等级是 S 级，它的满刻度值为 X_m ，则测量的绝对误差为

$$\Delta X \leq X_m S\%$$

其示值相对误差为

$$\gamma_x \leq \frac{X_m S\%}{X}$$

在上式中，总是满足 $X \leq X_m$ 的，可见当仪表等级 S 选定后， X 越接近 X_m 时， γ_x 的上限值越小，测量越准确。因此，当我们使用这类仪表进行测量时，一般应使被测量的值尽可能在仪表满刻度值的二分之一以上。

例如，测量一个 12V、50Hz 的电压，现用 1.5 级表，可选用 15V 或 150V 的量程。如何选择量程？

用量程 150V 时，测量产生的绝对误差为

$$\Delta U = U_m S\% = 150 \times (\pm 1.5\%) = \pm 2.25V$$

而用量程 15V 时，测量产生的绝对误差为

$$\Delta U = U_m S\% = 15 \times (\pm 1.5\%) = \pm 0.225V$$

显然，用 15V 量程测量 12V 电压，绝对误差要小得多。

(三) 测量结果的处理

测量结果通常用数字或图形表示。

1. 测量结果的数字处理。

1) 有效数字。由于存在误差，所以测量数据总是近似值，它通常由可靠数字和欠准数字两部分组成。例如，由电压表测得电压 12.6mV，这是个近似数，12 是可靠数字，而末位 6 为欠准数字，即 12.6 为三位有效数字。

对于有效数字的正确表示，应注意以下几点：

① 有效数字是指从左边第一个非零的数字开始，直到右边最后一个数字为止的所有数字。例如，测得的频率为 0.0215MHz，它是由 2、1、5 三个有效数字组成的频率值，而左边的两个零不是有效数字，它可写成 2.15×10^{-2} MHz，也可以写成 21.5kHz，这时有有效数字仍为 3 位，5 是欠准数字未变。但一定不能写成 21500Hz，因为这个就把有效数字变成了 5 位，而欠准数字就由“5”变成了“0”，两者意义完全不同。

② 如已知误差，则有效数字的位数应与误差相一致。例如，设仪表误差为 $\pm 0.01V$ ，测得电压为 13.2634V，其结果应写作 13.26V。

③ 当给出误差有单位时，测量数据的写法应与其一致。

2) 数据舍入规则。为使正、负舍入误差出现的机会大致相等，传统的方法是采用四舍五入的办法。现已广泛采用“小于 5 舍，大于 5 入，等于 5 时取偶数”的舍入规则。即：

① 若保留 n 位有效数字，当后面的数值小于第 n 位的 0.5 单位就舍去。

② 若保留 n 位有效数字，当后面的数值大于第 n 位的 0.5 单位就在第 n 位数字上加 1。

③ 若保留 n 位有效数字，当后面的数值恰为第 n 位的 0.5 单位，则当第 n 位数字为偶数时应舍去后面的数字（即末位不变）。当第 n 位为奇数时，第 n 位数字应加 1（即末位凑成为偶数）。这样，由于舍入概率相同，当舍入次数足够多时，舍入误差就会抵消。同时，这种舍入规则，使有效数字的尾数为偶数的机会增多，能被除尽的机会比奇数多，

有利于准确计算。

3) 有效数字的运算规则。当测量结果需要进行中间运算时,有效数字的取舍,原则上取决于参与运算的各数中精度最差的那一项。一般应遵循以下规则:

① 当几个近似值进行加、减法运算时,在各数中(采用同一计量单位),以小数点后位数最少的那个数(如无小数点,则为有效位数最少者)为准,其余个数均舍入至比该数多一位,而计算结果所保留的小数点后的位数,应与各数中小数点后位数最少者的位数相同。

② 进行乘除运算时,在各数中,以有效数字位数最少的那一个数为准,其余各数及积(或商)均舍入至比该因子多一位,而与小数点位置无关。

③ 将数平方或开方后,结果可比原数多保留一位。

④ 用对数进行运算时, n 位有效数字的数应该用 n 位对数表。

⑤ 若计算式中出现如 e 、 π 、 $\sqrt{3}$ 等常数时,可根据具体情况来决定它们应取的位数。

2. 图形表示的曲线处理。

在分析两个或多个物理量之间的关系时,用曲线比用数字、公式表示常常更形象和直观。因此,测量结果常用曲线来表示。

在实际测量过程中,由于各种误差的影响,测量数据将出现离散现象,如将测量点直接连接起来,将不是一条光滑的曲线,而是呈波动的折线状,如图 0.1.1 所示。但我们运用有关的误差理论,可以把各种随机因素引起的曲线波动抹平,使其成为一条光滑均匀的曲线。这个过程为曲线的修匀。

在要求不太高的测量中,常采用一种简便、可行的工程方法——分组平均法来修匀曲线。这种方法是将各数据点分成若干组,每组含 2~4 个数据点,然后分别估取各组的几何重心,再将这些重心连接起来。图 0.1.2 就是每组取 2~4 个数据点进行平均后的修匀曲线。这条曲线,由于进行了数据平均,在一定程度上减少了偶然误差的影响,使之较为符合实际情况。

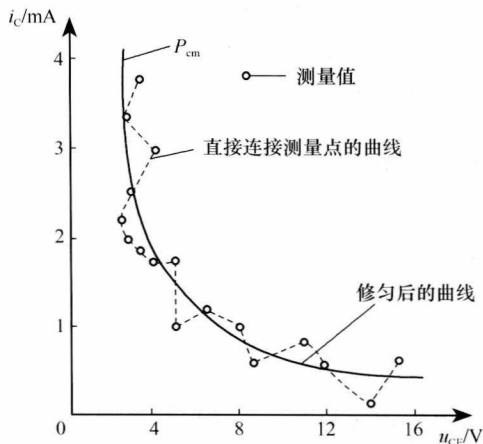


图 0.1.1 直接连接测量点时曲线的波动情况

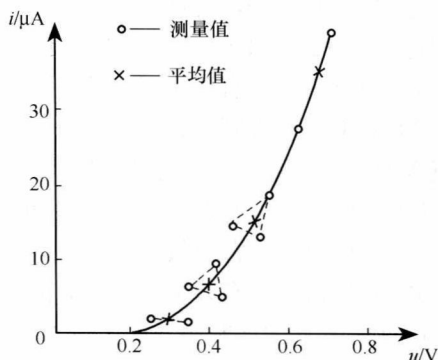


图 0.1.2 分组平均法修匀的曲线

3. 对电子电路实验误差分析与数据处理应注意如下几点:

- 1) 实验前应尽量做到“心中有数”,以便及时分析测量结果的可靠性。
- 2) 在时间允许时,每个参量应该多测几次,以便搞清实验过程中引入系统误差的因素,尽可能提高测量的准确度。
- 3) 应注意测量仪器、元器件的误差范围对测量的影响,通常所读得的示值与测量值之间应该有

$$\text{测量值} = \text{示值} + \text{误差}$$

的关系,因此测量前对测量仪器的误差及检定、校准和维护情况应有所了解,在记录测量值时要注明有关误差,或决定测量值的有效位数。

4) 正确估计方法误差的影响。电子电路中采用的理论公式常常是近似公式,这将带来方法误差,其次计算公式中元件的参数一般都有标称值(而不是真值),这将带来随机性的系统误差,因此应考虑理论计算值的误差范围。

5) 应注意剔除误差。例如测量仪器没有校准,没有调零,对弱信号引线过长,或没有屏蔽等都会带来测量误差。

第 1 部分 电工技术实验

实验一 基本电工仪表及测量误差

一、预习要求

1. 熟悉基本电工仪表的种类。
2. 了解万用表的种类及主要技术指标。
3. 了解万用表内阻对测量结果的影响。

二、实验目的

电工仪表的种类很多，最常用的也是最基本的有电流表、电压表、兆欧表、电度表、频率计、万用电表、示波器、函数信号发生器等。

我们最常用的是万用电表，简称万用表。它能够测量电阻、电压、电流这 3 个最基本的电参数，具有快速、操作简便、成本低、携带方便等特点，从而得到了广泛的应用。

(一) 模拟式万用表

我们以 MF79 型指针式万用表为例来进行介绍。其结构主要由测量电路、转换开关及表头三部分构成。表头是模拟式万用表的核心部分。它实际是一只精度较高的磁电式直流电流表，它是利用通电线圈在磁场中受力而使表针偏转的原理制成的。指针偏转满刻度时所需要的电流值称为表头灵敏度。如 MF79 型万用表表头的灵敏度为 $50\mu\text{A}$ 。这样一个表头配以相应的测量电路，加上转换开关就构成一个可以测量直流电压 (DCV)、直流电流 (DCA)、电阻 (Ω) 的万用表。万用表的灵敏度定义是：满刻度所需电流值的倒数，单位是 Ω/V 。采用表头灵敏度 $50\mu\text{A}$ 所构成的万用表其灵敏度为

$$S = \frac{1}{50 \times 10^{-6} \text{A}} = 20000 \Omega/\text{V} = 20 \text{k}\Omega/\text{V}$$

可以看出 S 越大，取自被测电路的电流越小，对被测电路的影响就越小。

1. 电流测量。由于表头灵敏度高，不能流过较大的电流，故在测量较大的电流时要分流，即与表头并联一个电阻来实现（见图 1.1.1），如将一个灵敏度为 $I_D = 50\mu\text{A}$ ，内阻 $R_D = 3\text{k}\Omega$ 的电流表头改成 1mA 量程的电流表，其分流电阻 R_1 应为

$$R_1 = \frac{I_D}{I - I_D} \cdot R_D = \frac{50}{1000 - 50} \times 3000 = 158 \Omega$$

2. 电压测量。根据表头灵敏度，我们可以计算出来，表头能承受的最大电压为

$$U = R_D \cdot I_D = 3\text{k}\Omega \cdot 50\mu\text{A} = 0.15\text{V}$$

因此，测量较大电压时要采用分压办法（见图 1.1.2），以上述表头为例，改成测 10V 的电压表时，所需串联的电阻为

$$R_2 = \left(\frac{U}{U_D} - 1 \right) R_D = \left(\frac{10}{0.15} - 1 \right) \times 3\text{k}\Omega = 197\text{k}\Omega$$

3. 电阻测量。不论测量什么参数，表头只有流过电流，指针才会发生偏转，由于被测电阻没有电源，因此，必须在测量电路中串接一个直流电源，才能实现电阻的测量（见图 1.1.3）。

从这个实验表达式中可以看出，被测电阻 R_x 与流过表头的电流成反比。故电阻挡刻度线不均匀，呈非线性。

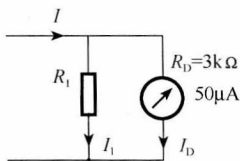


图 1.1.1 电流测量原理图

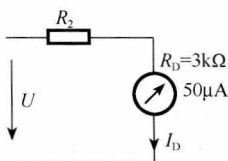


图 1.1.2 电压测量原理图

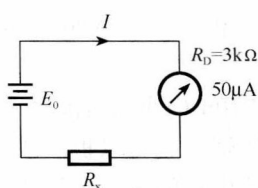


图 1.1.3 电阻测量原理图

4. 其他参数测量。万用表在国家标准中称为复用表，以上所列的只是其最主要的测量内容，还有其他如交流电压、交流电流等，基本原理就是在测量电路中加上整流二极管，对交流参数进行整流，将被测量转换成直流电流再送给表头，即可对交流电量进行测量了。

5. MF79 型万用表的使用。面板左上角有一测量内容开关，分为五挡。OHM 是测量电阻的，相对应的大拨盘拨到 Ω 挡，黑表笔插在*孔，是公共端，红表笔插在+孔，此时将表笔对接，可看到指针向右偏转，检查是否在“ Ω 挡”零位，若不在，调整右上角调零旋钮，使表头指零，即可测量电阻了。这个过程称为“调零”，电阻挡的零位在右侧满刻度处，不同挡位必须重新调零。 Ω 挡刻度线在最上方，下方有一弧形镜面，读数时必须使表针与镜中像重合，此时表针对准刻度线才是准确值。大拨盘对应的各挡数值是指表针满刻度的倍乘值，有的需换算。测量电压时仍使用这两只表笔，测电流时应将红表笔插入相应的插孔。表内在测量电压、电流的线路上接有保险丝，电压、电流过载时熔断，以保护表头不受损坏。

在测量电压时，红表笔接在电路的高电位，黑表笔接在低电位；测量电流时，万用表要串入电路中，红表笔是电流流入端。