

邮电中等专业学校教材

# 电子技术基础实验

安玉景 李雪莹 编



人民邮电出版社

邮电中等专业学校教材

# 电子技术基础实验

安玉景 李雪莹 编

人民邮电出版社

## 内 容 提 要

本书为邮电中等专业学校《电子技术基础》配套教材。

内容分为实验基础知识、实验与实习。实验基础知识包含了电子测量的基础知识、常用仪表的使用、分立元件及集成电路的测试等等。实验与实习包含了模拟电子电路、数字电路等二十六个实验,以及六个很有实用价值的实习。

本书适于中等专业学校学生使用,也可供电信职工参考。

邮电中等专业学校教材

### 电子技术基础实验

---

◆ 编 安玉景 李雪莹

责任编辑 滑 玉

◆ 人民邮电出版社出版 北京市崇文区夕照寺街 14 号

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

各地新华书店经售

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:12.5

字数:310 千字

1998 年 11 月第 1 版

印数:6 001—12 000 册

1999 年 2 月河北第 2 次印刷

ISBN 7-115-07080-6/G·511

---

定价:17.00 元

## 编者的话

为适应邮电通信事业飞速发展的需要,进一步加强实践教学环节,突出对学生素质、能力的培养,编写了此教材。本教材与《电子技术基础》邮电中专教材配合使用。新编的实验教材在整体构思和内容安排上主要考虑以下几点。

一、从教学体系上改变“实验教学附属于理论教学,以验证理论为主”的传统做法。强调在理论教学基础上拓宽知识面,理论紧密与实践相结合,使学生所学的知识进一步扩展并延伸。达到使学生掌握电子技术实验的基本知识,提高实验技能,提高分析问题、解决问题能力的目的。

二、本教材内容上自成体系,突出知识性、系统性。电子技术实验涉及的知识面宽,综合性强,在取消了《有线电信测量》课程的情况下,为适应实践教学的需要,增加了以下基础知识和基本技能的内容。

1. 电子测量基础知识。旨在使学生建立电子测量的基本概念,掌握电子测量必备的基本知识。

2. 常用仪器仪表使用的内容。改变了实验教材附录某些仪表使用说明书的做法,突出介绍典型常用仪器仪表的基本工作原理,而对仪表内部的电路不作具体分析。旨在使学生对常用电子仪器的工作原理有一个宏观认识,以适应仪器不断更新发展的要求,提高教材的适应性。强调了使用说明书的应用,提高学生的应变能力。

3. 半导体器件、集成电路命名法及应用方面的知识。强调器件手册的使用方法。旨在使学生能够正确使用器件手册,增长见识,开拓思路。

4. 安全用电知识。旨在使学生掌握最基本的必不可少的安全用电基本知识。

三、在实验实习内容方面做了如下安排与考虑。

1. 不以测试、调整电路内部为主,而以“功能、接口、应用”为主,突出器件外部特性测试、相互连接及功能的测试。

2. 实验电路以集成电路为主,与分立元件电路的实验相比,可以节省时间,从而可以增加一些新器件、新电路的实验内容。

3. 变“孤立的电路为主”为由浅入深、逐步积累、层层叠加的“积木式”教学法,增加知识的连贯性、系统性。

4. 实习选题力图做到知识面要宽,选用的器件要新,实用性强,并具有一定的趣味性,使学生学习更加主动。

5. 适当增加了实验、实习的内容,除大纲规定必做内容以外,尚有部分选择余地。各学校可以根据自己的实际情况灵活选用,合理组合。

四、教学方式以调动学生主观能动性为原则,以学生自学、自己动手为主。对于实验基础知识部分,教师只对章节要点和疑难问题做适当的讲解和指导。实验前,学生应根据预习要求,认真自学教材中有关内容和其它参考资料,写出详细的预习报告。使学生通过查阅,并使用有关技术资料去指导实验,从而培养学生自学以及独立工作的能力。

本书的实验八、十六、十八至三十二由安玉景编写,实验基础知识部分及实验一至七、九至十五、十七由李雪莹编写。

由于编者水平所限,书中难免有错误及不当之处,殷切希望各位同行批评指正,并提出宝贵意见。

编 者

1998.10

# 目 录

## 实验基础知识部分

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第一章 电子测量基础知识</b> .....     | 1  |
| 1.1 电子测量的基本特点 .....           | 1  |
| 1.2 电子测量的基本内容 .....           | 1  |
| 1.3 电子测量仪器的分类 .....           | 2  |
| 1.4 测量结果的处理 .....             | 3  |
| 1.5 提高测量准确度的基本方法 .....        | 4  |
| 1.6 电子测量中的干扰及其抑制 .....        | 5  |
| 1.7 安全用电及其规则 .....            | 6  |
| <b>第二章 常用仪器仪表的使用</b> .....    | 10 |
| 2.1 模拟式仪表 .....               | 10 |
| 2.2 数字式仪表 .....               | 13 |
| 2.3 示波器 .....                 | 16 |
| 2.4 仪器使用说明书的应用 .....          | 23 |
| <b>第三章 半导体分立器件及集成电路</b> ..... | 26 |
| 3.1 半导体分立器件 .....             | 26 |
| 3.2 集成电路 .....                | 28 |
| 3.3 集成电路的识别与简单测试 .....        | 30 |
| 3.4 器件手册的应用 .....             | 36 |

## 实验与实习部分

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 实验一 示波器的使用 .....                | 41 |
| 实验二 多用信号发生器和低频毫伏表的使用 .....      | 44 |
| 实验三 晶体二极管的简易测试 .....            | 47 |
| 实验四 三极管的简易测试 .....              | 51 |
| 实验五 晶体管特性曲线图示仪的使用 .....         | 56 |
| 实验六 集成电路参数的测试——与非门主要参数的测试 ..... | 63 |
| 实验七 门电路的应用——智力竞赛抢答器 .....       | 67 |
| 实验八 数字集成电路接口实验 .....            | 69 |
| 实验九 集成触发器 .....                 | 73 |
| 实验十 编码器和译码器 .....               | 80 |
| 实验十一 LED 译码显示器 .....            | 84 |
| 实验十二 计数器 .....                  | 90 |
| 实验十三 计数/译码显示电路 .....            | 95 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 实验十四 移位寄存器 .....                     | 97  |
| 实验十五 移位寄存器的应用——二进制码串行传输电路 .....      | 101 |
| 实验十六(实习一) 存储器及其应用——可编程彩灯控制器 .....    | 103 |
| 实验十七(实习二) 计数、译码显示器的综合应用——数字电子钟 ..... | 107 |
| 实验十八(实习三) 触发器和门电路的综合应用——电子密码锁 .....  | 116 |
| 实验十九 放大电路电压增益与幅频特性的测试 .....          | 121 |
| 实验二十 放大电路最大不失真输出电压的调测 .....          | 125 |
| 实验二十一 放大电路输入、输出电阻的测试 .....           | 128 |
| 实验二十二 负反馈对放大电路性能的影响 .....            | 133 |
| 实验二十三 放大电路最大输出功率与效率的测试 .....         | 136 |
| 实验二十四 模拟信号运算电路 .....                 | 140 |
| 实验二十五 有源滤波及比较电路 .....                | 143 |
| 实验二十六 正弦信号产生电路 .....                 | 147 |
| 实验二十七 非正弦信号产生电路 .....                | 150 |
| 实验二十八 直流稳压电路性能的测试 .....              | 154 |
| 实验二十九 锁相环电路及其应用 .....                | 158 |
| 实验三十(实习四) 单片集成电路调幅收音机 .....          | 162 |
| 实验三十一(实习五) 电力线载波对讲机 .....            | 168 |
| 实验三十二(实习六) 可编程音乐发生器 .....            | 173 |
| 附录 .....                             | 177 |
| 附录 1 常用集成电路引出端功能图 .....              | 177 |
| 附录 2 常用集成运算放大器主要参数 .....             | 182 |
| 附录 3 部分二极管的型号和主要参数 .....             | 182 |
| 附录 4 部分三极管的型号和主要参数 .....             | 186 |
| 附录 5 部分场效应管的型号和主要参数 .....            | 188 |
| 附录 6 荧光数码管和液晶显示器 .....               | 188 |
| 主要参考资料 .....                         | 192 |

# 实验基础知识部分

## 第一章 电子测量基础知识

### 1.1 电子测量的基本特点

以电子技术为手段的测量方法,称为电子测量。

电子测量与其它测量方法相比,具有以下特点:

#### 1. 测量频率范围宽

电子测量除测量直流电量外,还可以测量交流电量,其频率范围低至  $10^{-4}\text{Hz}$ ,高到  $10^{12}\text{Hz}$ 。

#### 2. 仪器量程范围广

量程是仪器所能测试各种参数的范围。一台数字电压表,可以测量从纳伏(nV)级至千伏(kV)级的电压,其量程达 11 个数量级。一台数字频率计,其量程可达 17 个数量级。

#### 3. 测量准确度高

电子测量的准确度比其它测量方法高得多,尤其是对频率、时间、电压的测量。采用原子频标的专用钟表,几千年仅差 1s。这是目前人类在测量准确度方面达到的最高指标。由于用电子测量方法能够准确地测量频率和电压,所以人们往往尽可能地把其它参数变换成频率或电压信号后再进行测量。

#### 4. 测量速度快

由于电子测量中主要利用电子运动来实现,因此可以达到其它测量方法无以类比的高速度。

#### 5. 易于实现自动化

通过各类传感器实现遥测,应用微型计算机技术进行信息处理,可做成各种自动化仪器或自动测试系统。

### 1.2 电子测量的基本内容

电子测量一般包括以下几方面:

- (1) 电能量的测量,如电压、电流、功率及电场强度等。
- (2) 电路参数的测量,如电阻、电感、电容、电子器件参数等。
- (3) 电信号特性的测量,如波形、频率、时间、相位、调制度、失真度、噪声及逻辑状态等。
- (4) 电子电路性能的测量,如放大倍数、衰减量、灵敏度、通频带等。
- (5) 特性曲线的显示,如幅频特性、器件特性曲线等。

上述各种参数中,电压、频率、时间、阻抗等是基本电参数,对它们的测量是其它许多派生参数测量的基础。

随着电子技术的发展,人们力图通过各种传感器将许多非电量变成电信号,再利用电子技术进行测量。例如生产过程检测中的温度、压力、流量、液面、速度、位移及成分分析等都可以转换成电信号进行测量。

电子测量除了对电参数进行稳态测量以外,还可以对自动控制系统的过渡过程及频率特性等进行动态测量。

### 1.3 电子测量仪器的分类

电子测量仪器一般分为专用仪器和通用仪器两大类。通用仪器按其功能可分为如下几类:

#### 1. 信号发生器

用于提供各种测量用信号,例如低频、高频、脉冲、函数、扫频及噪声信号发生器等。

#### 2. 信号分析仪

用于观测、分析和记录各种电量的变化。包括时域、频域和数据域分析仪,例如各种示波器、波形分析仪、频谱分析仪和逻辑分析仪等。

#### 3. 频率时间相位测量仪器

这类仪器有各种频率计(常用电子计数器式)、相位计及各种时间、频率标准等。

#### 4. 网络特性测量仪

这类仪器有频率特性测试仪(扫频仪)、阻抗测量仪及网络分析仪等,主要用于测量频率特性、阻抗特性、噪声特性等。

#### 5. 电子元器件测试仪

用于测量各种电子元器件的电参数、显示特性曲线等,例如RLC测试仪、晶体管参数测试仪、晶体管特性图示仪、模拟或数字集成电路测试仪等。

#### 6. 电波特性测试仪

用于测量电波传播、电磁场强度、干扰强度等,例如场强计、测试接收机、干扰测量仪等。

#### 7. 辅助仪器

与上述各种仪器配合使用的仪器,例如各种放大器、衰减器、检波器、滤波器、记录器以及各种交直流稳压电源等。

近年来,电子测量仪器的发展十分迅速。我国常规的由晶体管和集成电路为主体的仪器,正在进行由模拟到数字化的转变,带微处理器的仪器已有不少品种,以个人计算机为基础构成的个人仪器及自动测试系统正处在大力研制和试生产阶段。目前各研制单位为提高仪器的质量、稳定性及可靠性,实现仪器的集成化、数字化、微机化和机电一体化(含传感器)进行着不懈

的努力。

## 1.4 测量结果的处理

### 一、测量数据的处理

测量数据的有效数字位数应根据测量的准确度来确定,允许保留一位欠准数字,与误差的大小相对应,再根据“0.5 误差原则”将有效位以后的数字舍去。需要计算的数据应依照有效数字运算规则进行运算。

### 二、曲线的处理

实验结果除了用数值表示法以外,还常用各种曲线来表示。将被测量随一个或几个因素变化的规律用曲线表达出来,以便于分析,这就是曲线表示法。它的优点是比数值表示法直观。

绘制曲线要选好坐标系,常用的是直角坐标,有时要用极坐标。如果自变量变化范围很宽,最好用对数坐标,如幅—频特性曲线。

曲线有五要素,即坐标轴所代表的物理量符号、物理量单位、分度、坐标的起始点及曲线的名称。坐标的分度应考虑误差的大小。分度太粗,会增加作图的误差;太细,会夸大测量的精确度。横坐标与纵坐标的分度比例要合理。要根据具体情况适当选择,要反映出曲线的变化规律。坐标的起始点也不一定从零开始。

在测量过程中,要注意数据点的选择,在曲线变化急剧的地方测量数据要多取一些。

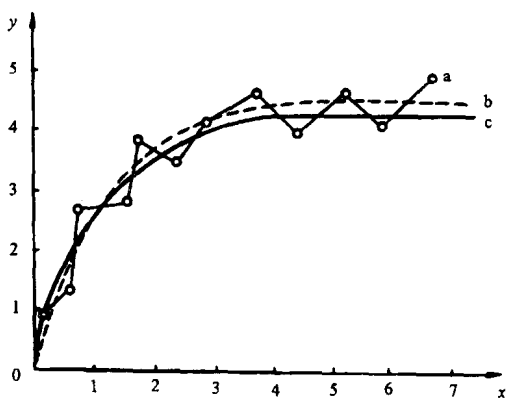


图 1-4-1 绘制曲线的人为误差

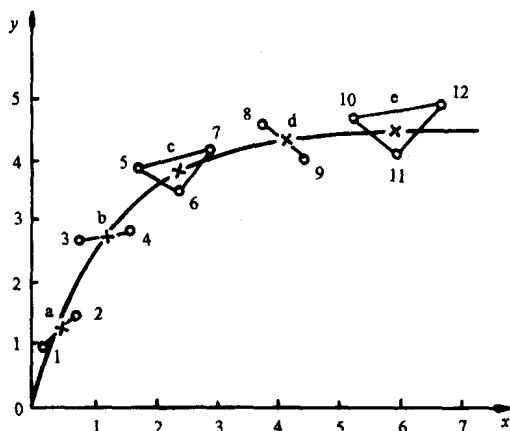


图 1-4-2 用分组平均法修匀曲线

如果象图 1-4-1 那样,直接把各数据点用直线段连接,形成一条折线,这种作图意义不大。如果把靠近的各数据点连接成光滑曲线,又会因人而异,所作的曲线差别很大,形成人为误差。

一般采用分组平均法修匀曲线,如图 1-4-2 所示。具体作法是,把各数据点分成若干组,每组包含 2~4 个数据点,每组点数可以不相等,然后分别估计各组的几何重心,再将这些重心连接起来。由于进行了数据平均,可以在一定程度上减少随机误差的影响,从而使曲线较为符合实际情况。

## 1.5 提高测量准确度的基本方法

测量工作者总是希望得到准确度较高的测量结果,给出与被测量尽量接近的值。为了提高测量准确度,主要应考虑以下几方面问题:

### 1. 测量方法的选择

在进行一般工程测量时,多采用直接测量法,直读测量数值,直观方便,但往往准确度较低;为了测得更准确的数值,可采用比较测量法。

当不便于做直接测量时,可采用间接测量法。但要注意,选用的分项数目要尽量少。例如测量电阻的数值最好用欧姆表或电桥直接测量,而不用电压、电流表法;测量功率时尽量用电压电流表法,而不用测电流、电阻的方法。

### 2. 测量次数的选择

一般工程测量在测量精度要求不太高的场合,通常是单次测量给出结果。在测量精度要求较高时,应按一定的技术要求做多次重复测量,用多次重复测量结果的算术平均值作测量值,可减少随机误差的影响。

### 3. 测量仪器仪表内阻的影响

在测量时,仪器仪表的内阻串接或并接在测量回路中,使被测量工作条件发生改变,从而引入测量误差。尤其是高内阻回路的电压测量,更不可忽略仪器仪表内阻的影响。

如欲得到相对误差为1%的测量准确度,就应选择电压表的内阻是被测电路等效内阻的100倍左右。

### 4. 根据被测量的特点而采取相应的措施

在测量之前,首先要了解被测量的特点。诸如被测量是直流还是交流,是低频量还是高频量,是正弦量还是非正弦量,是线性变化量还是非线性变化量,是测量有效值、平均值还是峰值等等,须做周密考虑。

### 5. 测量方案的选择

根据被测量的特点,估计误差范围,分析主要影响因素,拟定测量方法、步骤及计算公式等。在制定测量方案时,须尽量减小系统误差、消除随机误差等影响。还要选择合适的环境条件,诸如测量现场的温度、湿度、电磁场干扰、电源的稳定性、安全设备、屏蔽、减震等措施。

### 6. 合理选择并正确使用仪器

根据被测量的大致数值、频率范围及准确度等级等指标选择仪器仪表。在用的仪器仪表,要进行校准。例如示波器,一般在使用前均要进行自校。探极线要专用。除按使用说明书规定的使用方法操作仪器外,还应注意仪表量程的选择和显示数字位数的选择等。

### 7. 测量数据的处理

按1.4节所述原则和方法,对测量结果进行数据处理,绘制表格、曲线,就可以给出正确的测量结果了。

在整个测量过程中,从测量方案的选择到给出测量结果,人是主宰。因此,提高测量人员的技术素质和责任心是非常重要的,也是提高测量准确度的决定性因素。

## 1.6 电子测量中的干扰及其抑制

### 一、在电子测量过程中会有下列干扰

1. 由交流电源设备及交流电源线引入的尖峰脉冲干扰。
2. 由电气设备引起的干扰,例如日光灯、接触器、电焊机等产生的干扰。
3. 无线电波形成的电磁感应造成的干扰。

### 二、抑制干扰的措施

#### 1. 减小公共阻抗

干扰的耦合途径多由公共阻抗引起,这就要尽量降低公共阻抗(例如电源内阻、导线电阻等)。

#### 2. 减小静电感应干扰

由静电感应而引起的干扰,一般是通过电容耦合的。抑制这种干扰的办法是采取具有屏蔽措施的导线作信号线,减小信号输入电路对噪声(干扰)信号的阻抗等,以减小由静电感应进入的干扰。

#### 3. 减小电磁感应干扰

电磁感应干扰主要是较大的交流电流通过导线产生的磁场或者电磁器件的漏磁造成的。主要采取以下措施来减小电磁感应干扰:

(1) 电场屏蔽:在实际应用中为了有效地抑制电场干扰,一般将干扰源或干扰电路置于良导体金属板制作的金属屏蔽盒内,屏蔽盒与电路地线应有可靠的接地。在印刷电路中合理布线也可以起到电场屏蔽的作用。

(2) 磁场屏蔽:低频(1000kHz 以下)磁场屏蔽,一般采用高磁导率的铁磁材料(如铁、硅钢、坡莫合金)对磁场进行分路,以减小磁场对其它电路的干扰。即用铁磁材料做成屏蔽盒,将干扰源置于屏蔽盒内。

高频磁场的屏蔽采用的是低电阻的良导体材料(如铝、铜等),它是利用电磁感应现象在屏蔽体表面所产生的涡流的反磁场对原磁场的排斥作用来达到屏蔽的目的。

#### 4. 减小导线引入的尖峰干扰

用安装合适的滤波器的方法来抑制由导线引入的尖峰干扰,是很有效的。

#### 5. 减小接地干扰

测量中恰当的接地是很重要的。测量仪器要与被测电路共地,这样有助于测量也有利于安全。如果用示波器测量时无法实现接地,一定要把仪器交流电源线中的接地线断开,否则将会损坏被测电路或元器件(见 1.7 节及 2.3 节)。仪器接地时,还要注意各仪器不要多点接地,而要采取一点接地的办法。<sup>?</sup>电源变压器初次级之间有静电屏蔽层时,静电屏蔽层一定要可靠地接地。

## 1.7 安全用电及其规则

为了确保人身和设备的安全应当掌握安全用电知识,在进行电子技术实验和日常生活中都应严格遵守安全用电规则。

### 一、安全用电知识

#### 1. 人与电

人是导体,当电流通过人体时就会触电,所以人接触到带电的导体是很危险的。通过人体电流的大小决定于人体电阻以及所触及电压的高低。

人体的电阻不是固定的,随健康状况、神经系统状况、皮肤的干燥程度不同而变化,一般大约在  $600 \sim 100000 \Omega$  左右。由于最小人体电阻约为  $600 \Omega$ ,那么如果触及的电压为  $60V$  时,通过人体的电流可达到  $0.1A$ ,就可能发生触电事故。因此我国规定  $36V$  以下为安全电压。

#### 2. 直接接触和间接触电

人体触电时,其危险性因触电方式不同而有所区别。一般分为直接接触和间接触电两种方式。

##### (1) 直接接触

① 单线触电:单线触电的危险有时大些,有时小些,这和供电系统的中性线是否接地有关。

当供电系统的中性线(零线)不接地时,如果人体接触到一根带电导线,如电网中的火线,而脚站在地上,如图 1-7-1(a)所示。大地也是导体,此时电流经人体进入大地,再经过其它两相的绝缘电阻流回电源。其等效电路图如图 1-7-1(b)所示。

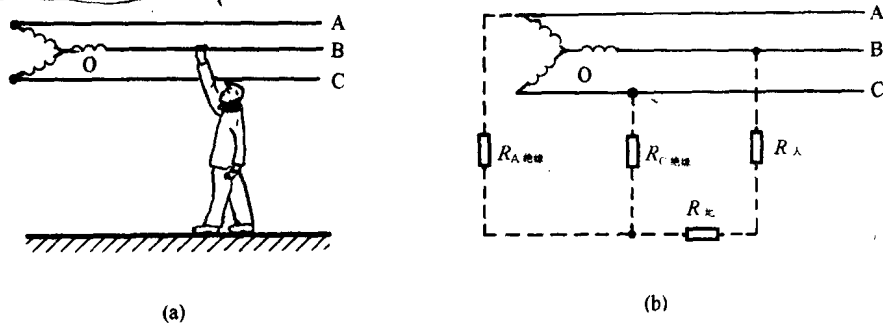


图 1-7-1 供电系统中性线不接地时的单线触电

此时,其余两根火线 A、C 对地的绝缘电阻越大,经过人体的电流越小;但如果某一根导线绝缘损坏,并和大地相通,人体受到线电压( $\sqrt{3}$ 倍相电压)的作用。例如我国相电压为  $220V$ ,则线电压为  $380V$ 。

当供电系统的中性线接地,人体接触一根火线时,此时人体受到  $220V$  相电压的作用,如图 1-7-2。

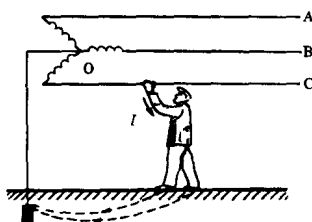


图 1-7-2 中性线接地时的单线触电

② 双线触电:无论是三相交流电还是直流电线路,只要人体

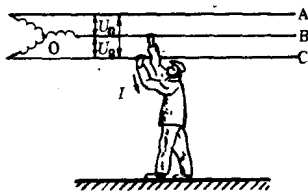


图 1-7-3 双线触电

同时触及有电位差的两根带电导线,则电流就会从一根导线经人体流到另一根导线上。如果触及到的是三相交流电,人体就会受到 380V 线电压作用,这种触电最危险,如图 1-7-3。

### (2) 间接触电

由于电器设备故障而产生的触电为间接触电。电器设备的故障分为外壳短路、负载短路和对地短路,如图 1-7-4 所示。

**外壳短路**是指由于绝缘发生故障,导致了机体如外壳带电部分的导线或部件之间出现了导电连接。

**负载短路**是指电气设备上相互间存在电压的导线,由于故障而导致的导电连接。此时将负载短路,使回路电流剧增。

**对地短路**是指由于故障而使相线或绝缘的中性线与地之间形成了导电连接。

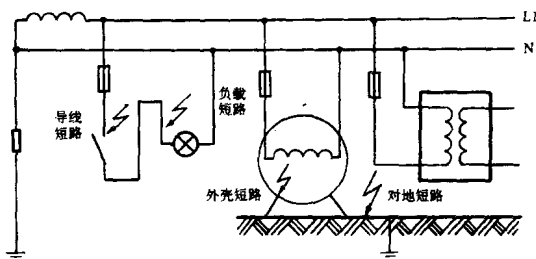


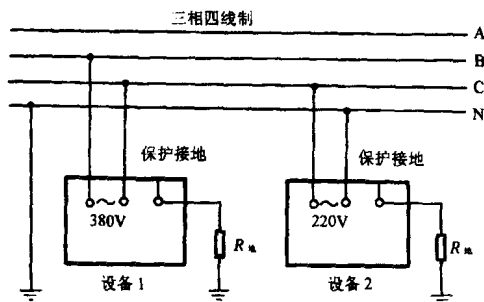
图 1-7-4 电器设备故障类型

如果某个平时无电压的导体部分(如机壳),由于绝缘发生故障而使它出现了相对于大地的故障电压,则当人体触及到它时,就会产生间接触电。

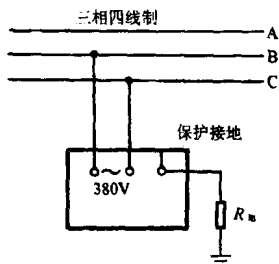
## 3. 安全保护措施

### (1) 供电系统电网的保护措施

在各种形式的供电系统中,电网的保护措施通常是安装过流保护装置和故障电流保护装置,当供电线路中电流超过规定值时,自动切断该线路的电压供电。过流保护装置,如熔断保险丝、设备安全装置、线路保护开关等。故障电流保护装置,如保护开关,它连接在电网与负载之间,并且大约在 0.2s 之内,便将所有的由其控制的开关触点断开。



(a) 供电系统中性线接地时的保护接地



(b) 供电系统中性线不接地时的保护接地

图 1-7-5 电气设备的保护接地

### (2) 设备的保护措施

① **保护接地**—电气设备外壳接大地:为防止由于电气设备外壳短路而引起的间接触电,将设备的外壳通过保护接地线与大地连接,一般要求接地电阻  $R_{地}$  不得超过  $4\Omega$ 。如图 1-7-5 所示。

当电气设备由于绝缘不良造成外壳带电,而人体触及机壳时,一则由于人体电阻远比保护接地线的接地电阻大,故障电流基本上通过接地电阻流回电网,流过人体的电流很小,起到保护人身安全的作用;二则当故障电流超过规定值时,供电电网的保护装置也相应动作,自动断电,对人身及设备的安全起到保护作用。

② **保护绝缘**:通过保护绝缘,可以防止电气设备外壳产生过高的电压,如图 1-7-6 所示。这种保护绝缘有绝缘包层、保护层间绝缘等形式。

请注意:作为保护绝缘的电气设备不允许与保护接地线连接,如电视机、录音机只允许通

过双芯导线以及没有保护接地触点的电源插头与电网电源相连接。

③ 保护隔离: 在保护隔离时, 电流回路是通过隔离变压器(标志符号为  $\frac{0}{0}$ ) 来与电网进行隔离的。这样, 在被连接的电气设备出现故障时, 便不会出现接触电压。然而只有当输出一侧不出现接地时, 这种隔离才有隔离保护作用。

应当注意的是:

a. 隔离变压器必须是保护绝缘。

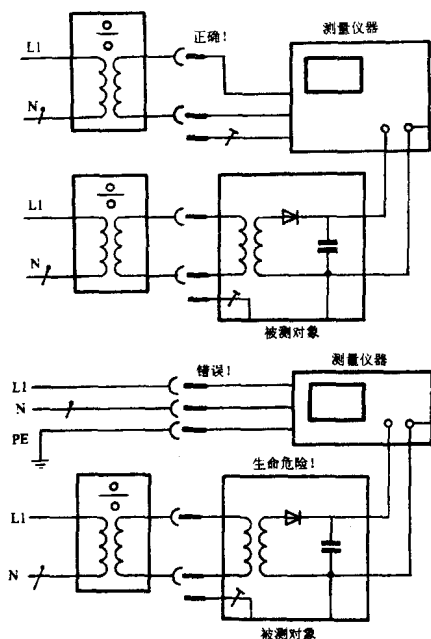


图 1-7-7 隔离保护的正确与错误运用

-8 所示。

安全变压器采用保护绝缘, 安全变压器除有降压功能外, 还有保护隔离的作用。

安全低电压应用: 玩具、用于人体的医疗仪器、水下照明等。

#### 4. 注意事项

采用保护接地的设备机壳必须通过保护接地线可靠接大地, 而采用保护绝缘、保护隔离、安全低电压措施的电气设备则不允许与保护接地线连接。

用采用保护接地的设备检测保护绝缘等设备, 应断开其保护接地线, 并且分别用隔离变压器进行

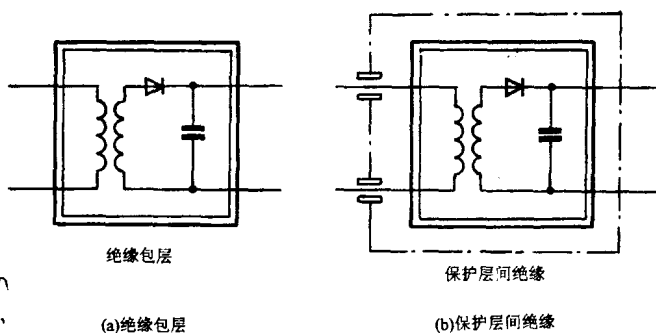


图 1-7-6 保护绝缘举例

b. 隔离变压器只允许与一个负载连接。

c. 在采用保护隔离的电流回路中, 输出回路不允许出现保护接地。

d. 对采用电网电源的电气设备进行故障查询、检测时, 应采用保护隔离措施。在这种情况下, 每台电气设备必须连接到属于自己的隔离变压器上, 并且不允许接保护接地线, 如图 1-7-7 所示。

④ 安全低电压: 通过一种特殊的电源装置, 用低于 50V 的额定交流电压, 或用低于 120V 的额定直流电压向负载供电。这种安全低电压电源可以是安全变压器、蓄电池组、电动机驱动的发电机, 以及具有电压限制的电子电源。也就是说向负载提供的电压, 与电网无关(如蓄电池组), 或与电网隔离(如安全变压器)。因此, 对于采用安全低电压的电气设备不允许与保护接地线连接, 它们的电源插头不允许与电网的通用插座相匹配; 不允许与其它电压回路的传导部件连接, 避免引入高电压, 避免由其它电压回路与电网相连。如图 1-7

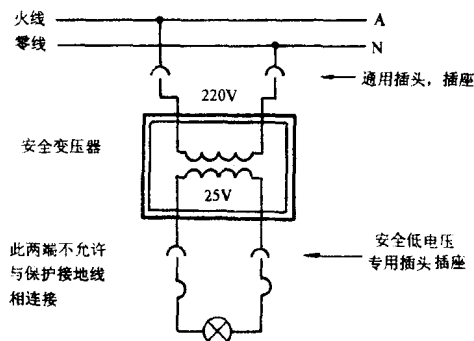


图 1-7-8 安全低电压的产生

保护隔离。

无论什么情况下,工作人员站立在绝缘垫(例如橡胶、塑料、陶瓷等)上并单手操作,总是防止人身触电的一种有效措施。

## 二、实验室安全用电规则

实验室安全用电规则是人们在长期实践活动中总结出来的一些规律,对保护人身安全和设备安全是行之有效的,必须严格遵守,养成良好的工作习惯,避免人身和设备发生事故。

1. 实验者必须熟悉实验室和工作台的交、直流供电系统,特别是电源总开关的所在位置。当发生触电、着火等意外情况时,能立即切断电源。

2. 实验室供电线路、闸刀、插座、插头不能漏电。实验仪表设备必须绝缘良好。

3. 进行超过安全电压以上的带电操作时,操作者应站在绝缘橡胶垫上并单手操作。进行高压操作时最好有两人以上合作,还应戴绝缘手套,单手操作。

4. 在一般情况下,要尽量避免带电作业。要养成先接好线路,后接通电源;先关断电源,后拆除实验线路的习惯。

5. 掌握实验设备、实验电路及被测量电路的电路原理,尤其注意其属于哪种安全保护,应采用相应的安全措施进行测量。

6. 严格按照各仪器仪表使用说明书,尤其是其中的“注意事项”规定操作,避免损坏设备。

## 第二章 常用仪器仪表的使用

在电子测量中需要使用各种电子仪器,以完成测试元件、器件、电路和整机的性能,调试分析电路、检查故障等任务。因此掌握常用电子仪器的工作原理,了解其性能;掌握使用电子仪器的一般规则,正确地、熟练地选择和使用电子仪器是电子技术工作人员必须具备的基本技能。

本章就模拟式、数字式和显示式三类测量仪器仪表,分别简述其工作原理(或基本功能)、使用要点、误差的表示法及减小测量误差的方法,目的在于对名目繁多的电子仪器,宏观上掌握其要点,微观上正确使用,提供基本的思路。随着电子技术的发展,新型号、新功能的仪器仪表不断涌现,总的趋势是性能越先进的仪器仪表,需要操作者调节、调整的部件越少,使用也就更方便、可靠。因此,掌握基本仪器仪表的原理和使用方法,是适应仪器仪表不断更新而应具备的基本知识。

必须指出,仪器使用说明书是正确使用仪器的依据。掌握使用说明书的应用方法,就能够得心应手地使用各种电子仪器。

### 2.1 模拟式仪表

模拟式仪表包括指针式和光标指示仪表。这里重点介绍指针式仪表。

指针式仪表具有电路简单、价格便宜、体积小、使用方便等优点,故它在国民经济各个部门获得了广泛应用。在目前和今后一段时间内,在电子测量中仍将占重要位置。

#### 一、指针式仪表使用要点

(1) 选择指针式仪表的量程,应尽量接近被测量数值。这是因为,指针式仪表的指针偏转角越大,也就是指针越接近满度值,示值的准确度越高。

例如 MF-500 型万用表,直流电压在 0~500V 测量范围内,准确度等级为 2.5,即  $S = 2.5$ ,说明直流电压表的满度相对误差(即基本误差)不超过  $\pm 2.5\%$ 。

$$\text{万用表的基本误差为 } \gamma_m = \frac{\Delta X_m}{X_m} = \pm S\% \quad (2-1-1)$$

设只有基本误差的情况下,由式(2-1-1)求出万用表的直流电压档的最大绝对误差为:

$$\Delta X_m = \pm S\% \cdot X_m \quad (2-1-2)$$

当测量值为  $X$  时,最大的示值相对误差为  $\gamma_{xm}$

$$\gamma_{xm} = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% = \pm S\% \cdot \frac{X_m}{X} \quad (2-1-3)$$

比较式(2-1-1)与(2-1-3)

基本误差:

$$\gamma_m = \pm S\%$$