电工电子技术

安存胜　熊彩莲　杨凤民　主　编

史玉莲　陈新颖　李　哲　副主编

孙安伟　郭帅冰　孟丽杰

清華大學出版社

北　京

内 容 简 介

本书共有 12 个项目，包括电路元件及万用表的使用、电工工具及电工仪表的使用、直流电路的分析及应用、工厂照明电路的安装与调试、小型变压器电路安装与调试、电动机电路设计与控制、直流稳压电源的制作、音频放大电路的制作、新能源汽车报警器电路的制作、裁判表决器电路的设计与调试、多功能数字钟的设计与制作、相关资源拓展。本书结合大量与电工电子技术相关的典型案例进行扩展，可使学生快速掌握相关知识和技能。

本书可作为高等职业院校机电类、自动化类、电子信息类等专业学生的教材，也可作为相关培训机构的辅导教材，还可供其他相关专业师生、工程技术人员及电工电子业余爱好者参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989，beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术 / 安存胜 , 熊彩莲 , 杨凤民主编 .

北京 : 清华大学出版社 , 2026. 2. -- ISBN 978-7-302

-70559-8

Ⅰ. TM；TN

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025QS3646 号

责任编辑：刘金喜

封面设计：范惠英

版式设计：思创景点

责任校对：成凤进

责任印制：宋　林

出版发行：清华大学出版社

网　　址：https://www.tup.com.cn，https://www.wqxuetang.com

地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　邮　　编：100084

社 总 机：010-83470000　　邮　　购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：三河市铭诚印务有限公司

经　　销：全国新华书店

开　　本：185mm×260mm　　**印　　张：**15.5　　**字　　数：**387 千字

版　　次：2026 年 2 月第 1 版　　**印　　次：**2026 年 2 月第 1 次印刷

定　　价：49.80 元

产品编号：114456-01

前言

党的二十大报告提出：深化教育领域综合改革，加强教材建设和管理，完善学校管理和教育评价体系，健全学校家庭社会育人机制。要求职业院校教师在教材编写过程中加强学生思想政治教育，从根本上解决“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人的根本问题”。要优化职业教育类型定位，协同推进职普融通、产教融合、科教融汇。要加强学生过程培养，优化完善传统育人模式，创新课程管理，综合学校家庭社会多方面的育人思想，编写出学生喜欢、教师喜用、企业认同的新型高职教育教材。

“电工电子技术”不仅是高职院校机电类、电子类、自动控制类及其相关专业学生的一门专业基础必修课，也是学生学习这些专业的首开课程。本书以高职教育“工学结合”人才培养模式为指导，强化基础知识教学、突出应用能力培养，在总结近年来课程改革和实践教学的基础上，按照国家职业技能鉴定规范和相关技术标准编写而成。本书在理论讲解的基础上，通过任务驱动的项目教学模式指导学生进行“电工电子技术”知识和技能的学习。开启以学生为主体、以教师为主导、以能力为中心、以“工匠”培养为目标的教学新模式。

电工电子技术课程介绍

本书内容清晰明了，理论通俗简明，既突出知识应用，又注重技能培养，理实融合性好，方便教学。全书共12个项目，分别为电路元件及万用表的使用、电工工具及电工仪表的使用、直流电路的分析及应用、工厂照明电路安装与调试、小型变压器电路安装与调试、电动机电路设计与控制、直流稳压电源的制作、音频放大电路的制作、新能源汽车报警器电路的制作、裁判表决器电路的设计与调试、多功能数字钟的设计与制作、相关资源拓展。全书内容深浅适度、难易适中，实用性较强。

为便于教学，本书提供了PPT课件、授课教案、微课视频和习题答案，PPT课件、授课教案和习题答案可通过扫描右侧二维码下载，微课视频可通过扫描书中二维码观看。

教学资源

本书由河南林业职业学院安存胜、郑州电子信息职业技术学院熊彩莲、濮阳石油化工职业技术学院杨凤民主编，郑州电子信息职业技术学院史玉莲、陈新颖，河南林业职业学院李哲、郑州电子信息职业技术学院孙安伟、河南林业职业学院郭帅冰，濮阳石油化工职业技术学院孟丽杰任副主编。在编写过程中参阅了相关资料，在此向这些资料的作者致以谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在欠妥之处，恳请广大读者批评指正。

编　者

目录

项目一 电路元件及万用表的使用 1

任务一 电阻器的识别与检测 …… 2

一、电阻器的外形及图形符号 …… 2

二、电阻器的分类 …… 3

三、电阻器的性能参数 …… 3

四、固定电阻器的标注方法 …… 4

五、电阻器的检测 …… 6

任务巩固与测试 …… 6

任务二 电容器的识别与检测 …… 7

一、电容器的图形符号 …… 7

二、电容器的分类 …… 7

三、电容器的主要性能参数 …… 8

四、电容器的标注方法 …… 8

五、电容器的检测方法 …… 9

任务巩固与测试 …… 10

任务三 电感器和变压器的识别与检测 …… 10

一、电感器和变压器的图形符号 …… 10

二、电感器和变压器的分类 …… 11

三、电感器和变压器的主要性能参数 …… 12

四、电感器的标注方法 …… 13

五、电感器和变压器的性能检测 …… 13

任务巩固与测试 …… 14

任务四 万用表及其使用方法 …… 14

一、指针式万用表的结构 …… 14

二、指针式万用表的使用方法 …… 15

三、数字式万用表的结构 …… 17

四、数字式万用表的使用方法 …… 17

任务巩固与测试 …… 18

项目二 电工工具及电工仪表的使用 19

任务一 电工工具的使用 …… 20

一、测电笔 …… 20

二、螺丝刀 …… 21

三、钢丝钳 …… 22

四、尖嘴钳 …… 23

五、剥线钳 …… 23

六、电烙铁 …… 24

七、电工刀 …… 25

八、活动扳手 …… 26

九、管剪 …… 26

任务巩固与测试 …… 27

任务二 电工仪表的使用 …… 27

一、兆欧表 …… 27

二、钳形电流表 …… 29

任务巩固与测试 …… 30

项目三 直流电路的分析及应用 32

任务一 电路的基础要素 …… 33

一、电路 …… 34

二、电路模型 …… 35

三、电路的基本物理量及参考方向 …… 35

任务巩固与测试 …… 42

任务二 基尔霍夫定律的分析及应用 …… 43

一、基尔霍夫第一定律 …… 43

二、基尔霍夫第二定律 …… 45

实验指导 …… 47

任务巩固与测试 …… 49

任务三 电路的等效分析及应用 …… 50

一、电阻的等效 …… 50

二、电源的等效 …… 56

任务巩固与测试 …… 58

任务四 支路电流法、叠加定理与戴维南定理 …… 58

一、支路电流法 …… 59

二、叠加定理 …… 60

三、戴维南定理 …… 61

任务巩固与测试 …… 63

项目四 工厂照明电路安装与调试 66

任务一 工厂照明电路认知与元件识别 …… 67

一、电力系统 …… 67

二、工业配电 …… 69

三、正弦交流电的基本概念 …… 70

四、正弦量的相量表示法 …… 72

五、电阻元件的交流电路 …… 72

六、电感元件的交流电路 …… 73

七、电容元件的交流电路 …… 74
八、*RLC*串联交流电路 …… 75
九、阻抗的串联与并联 …… 77
十、功率因数的提高 …… 78
十一、*RLC*串联电路的谐振条件与谐振频率 …… 80
任务巩固与测试 …… 81
任务二　工厂照明电路的仿真设计 …… 81
一、实训目标 …… 81
二、实验原理 …… 81
三、Multisim建模要点 …… 82
四、仿真实验流程 …… 83
五、仿真结果分析 …… 84
六、工程实践指导 …… 84
七、进阶实验设计 …… 85
八、实验报告要求 …… 85
任务三　工厂照明电路安装调试的实施 …… 85
一、安全用电 …… 85
二、触电形式 …… 86
三、触电防护 …… 87
四、安全用电常识 …… 87
五、工厂照明电路安装调试实训 …… 88
任务巩固与测试 …… 91

项目五　小型变压器电路安装与调试　92
任务一　变压器认知与基本元件识别 …… 93
一、变压器的基本原理 …… 93
二、变压器的结构组成 …… 93
三、变压器的分类 …… 94
四、变压器的作用和重要性 …… 96
任务巩固与测试 …… 96
任务二　小型变压器电路仿真设计 …… 97
任务三　小型变压器电路安装调试的实施 …… 99
一、安装准备 …… 99
二、电路安装 …… 100
三、初步调试 …… 101
四、性能调试 …… 101
任务巩固与测试 …… 102

项目六　电动机电路设计与控制　104
任务一　三相交流电路及其应用 …… 105
一、三相交流电源 …… 105
二、三相交流电源的连接 …… 106
三、三相电路分析 …… 108
四、三相电路的功率 …… 111
任务巩固与测试 …… 112
任务二　交流电动机及其控制电路 …… 112
一、认识三相异步电动机 …… 112
二、常用低压电器 …… 117
三、三相异步电动机的基本控制电路 …… 121
任务巩固与测试 …… 126
任务三　安装和调试三相异步电动机电气控制线路 …… 126
一、三相异步电动机起保停控制电路的安装 …… 126
二、电动机正反转控制电路的安装 …… 128
三、电动机降压起动控制电路的安装 …… 130
任务巩固与测试 …… 132

项目七　直流稳压电源的制作　134
任务一　认识半导体 …… 135
一、半导体的基础知识 …… 135
二、半导体二极管 …… 138
任务巩固与测试 …… 142
任务二　二极管基本电路仿真设计 …… 143
一、电路原理 …… 143
二、电路仿真 …… 143
任务巩固与测试 …… 147
任务三　直流稳压电源的制作 …… 147
一、直流稳压电路制作原理 …… 147
二、直流稳压电路仿真 …… 154
三、直流稳压电路制作 …… 158
任务巩固与测试 …… 159

项目八　音频放大电路的制作　161
任务一　音频放大电路的基本原理与功能介绍 …… 162
一、音频放大电路的组成 …… 162
二、音频放大电路的工作原理 …… 164
任务巩固与测试 …… 164
任务二　音频放大电路的仿真设计与元件选择 …… 164
一、实训目标 …… 164
二、实验原理 …… 165
三、Multisim仿真设计流程 …… 166
四、仿真实验与调试 …… 168
五、工程实践指南 …… 168
六、实验报告要求 …… 169
任务三　音频放大电路线路安装调试与参数测量 …… 169

一、准备工作 …… 169
二、线路安装 …… 169
三、调试 …… 170
四、参数测量 …… 170
五、注意事项 …… 171
任务巩固与测试 …… 172

项目九　新能源汽车报警器电路的制作　173
任务一　认识集成运算放大电路 …… 174
一、集成运算放大电路概述 …… 174
二、反相比例运算放大电路——集成运算放大电路线性区应用 …… 175
三、电压比较器——集成运算放大电路非线性区应用 …… 176
任务巩固与测试 …… 177
任务二　集成运算放大电路的仿真设计 … 177
一、反相比例运算电路 …… 177
二、电压比较器仿真 …… 179
任务三　红外线报警器电路的安装与调试 …… 181
一、电路框图 …… 182
二、电路原理图 …… 182
三、元器件清单表 …… 183
四、组装焊接调试 …… 183
五、注意事项 …… 184

项目十　裁判表决器电路的设计与调试　186
任务一　认识数字电路与逻辑代数 …… 187
一、数字电路概述 …… 187
二、数制与码制 …… 188
三、逻辑代数基础知识 …… 189
四、逻辑函数及其表示方法 …… 191
五、逻辑函数的化简 …… 191
任务巩固与测试 …… 192
任务二　基本逻辑关系和逻辑门电路 …… 193
一、与逻辑 …… 193
二、或逻辑 …… 193
三、非逻辑 …… 194
四、基本逻辑门与常见复合逻辑门 …… 195
五、TTL集成门电路芯片介绍 …… 195
任务巩固与测试 …… 196
任务三　门电路逻辑功能的仿真测试 …… 196
一、实验目的 …… 196
二、实验所需模块与元器件 …… 196
三、实验原理及电路仿真 …… 196
任务四　三人投票表决电路的设计与仿真 …… 199
一、组合逻辑电路的分析 …… 199
二、组合逻辑电路的设计步骤 …… 200
任务巩固与测试 …… 203
任务五　裁判表决器电路安装与调试的实施 …… 204
一、所需材料与工具 …… 204
二、安装步骤 …… 204
三、调试步骤 …… 206
四、注意事项 …… 206
五、总结 …… 206
任务巩固与测试 …… 206

项目十一　多功能数字钟的设计与制作　208
任务一　组合逻辑电路的分析与设计 …… 209
一、组合逻辑电路的特点 …… 209
二、组合逻辑电路的分析方法 …… 210
三、组合逻辑电路的设计方法 …… 210
任务巩固与测试 …… 212
任务二　编码器和译码器的逻辑功能及应用 …… 212
一、编码器 …… 212
二、译码器 …… 216
任务巩固与测试 …… 222
任务三　数字钟显示电路的设计与制作 … 222
一、数字钟译码显示电路的设计 …… 222
二、数字钟译码显示电路的仿真 …… 223
三、数字钟显示电路的组装与调试 …… 224

项目十二　相关资源拓展　225
任务一　常用软件介绍与应用 …… 226
一、概述 …… 226
二、国内常用软件介绍 …… 226
三、国外主流软件介绍 …… 227
四、软件选型与应用建议 …… 229
五、资源获取与学习路径 …… 229
任务二　相关竞赛介绍与训练 …… 229
一、国内主要电气竞赛概览 …… 229
二、备赛训练方法与题库 …… 234
三、竞赛成果转化与职业发展 …… 234

参考文献　237

项目一

电路元件及万用表的使用

电路元件(circuit element)是指电路中的一些无源元件，如电阻器、电容器、电感器等，它们是电子电路的重要组成部分。万用表又称复用表、多用表等，是电子电路测量中不可缺少的测量仪表。万用表按显示方式分为指针式万用表和数字式万用表，是一种多功能、多量程的测量仪表，可用来测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻和音频电平等，也可用来测量交流电容量、电感量及半导体的一些参数(本项目暂不阐述)。

那么，由不同的电路元件组成的电子电路是如何工作的？

知识目标

(1)了解不同电路元件的性能特征；

(2)掌握不同电路元件的标注方法；

(3)了解指针式万用表与数字式万用表的性能结构；

(4)掌握指针式万用表与数字式万用表的使用方法。

技能目标

(1)具有区分电路元件及其性能特征的能力；

(2)具有利用万用表测量电路元件性能参数的能力；

(3)具有利用万用表检测电子电路的能力。

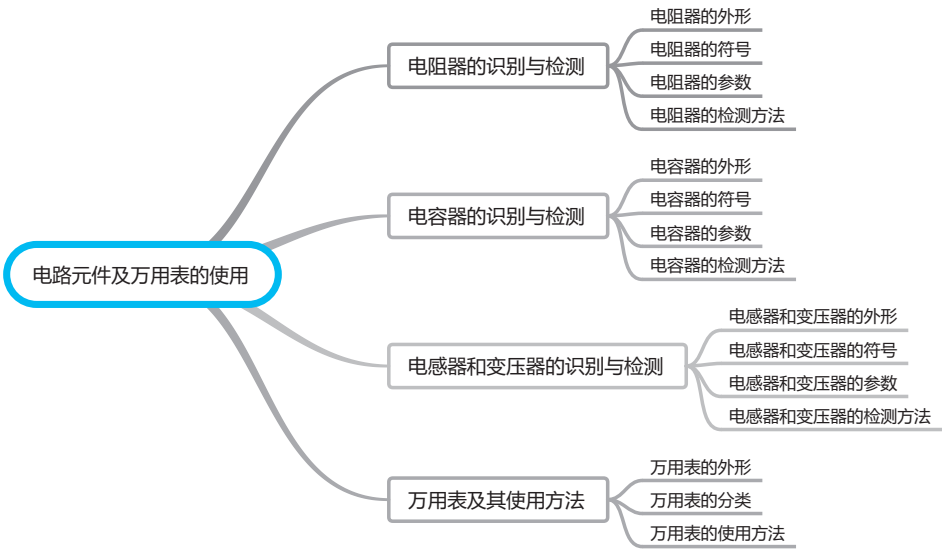
素质目标

(1)具有自主学习电工电子技术的能力；

(2)具有克难攻坚的探究精神；

(3)具有良好的沟通协作能力。

思维导图



任务一　电阻器的识别与检测

电阻是物体对流通的电流呈现的阻碍作用，通常用*R*表示。电阻器是一种具有特定阻值、几何形状和技术性能的电子元件，由电阻主体和引线组成，基本单位为欧姆(Ω)，常用单位有千欧(kΩ)、兆欧(MΩ)和吉欧(GΩ)等。

电路基本元件

电阻器是耗能元件，能吸收电能并将其转化为其他形式的能量。在电路中可用来调节和稳定电流与电压，用作分流器和分压器，也可作为电路匹配负载。在电子电路中，电阻器也可用作放大电路中的负反馈或正反馈、电压–电流转换、输入过载时的电压或电流保护元件，还可以构成*RC*电路作为振荡、滤波、旁路、微分、积分和时间常数元件等。

电阻器种类繁多，性能各不相同，对其如何正确区分和使用呢？

一、电阻器的外形及图形符号

常用电阻器的外形及图形符号如图1.1.1所示。

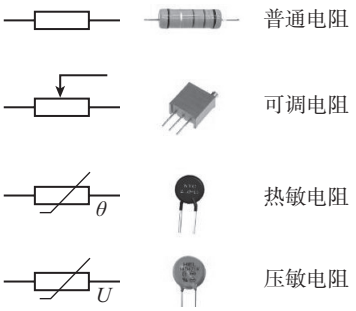


图 1.1.1　常用电阻器的外形及图形符号

二、电阻器的分类

按制作材料的不同，电阻器可分为金属膜电阻器、碳膜电阻器、合成膜电阻器等。

按电阻值能否变化，电阻器可分为固定电阻器、微调电阻器、电位器等。

按用途不同，电阻器可分为高频电阻器、高温电阻器、光敏电阻器、热敏电阻器等。

三、电阻器的性能参数

电阻器的主要性能参数包括标称电阻值、允许偏差、额定功率、温度系数和极限电压等。

1. 标称电阻值与允许偏差

(1) 标称电阻值。电阻器的标称电阻值是指电阻器上所标注的电阻值，是电阻器生产的规定值。电阻器的电阻值通常按照国家标准(GB/T 2471—2024)中的规定进行确定。表1.1.1所示为普通电阻器的标称电阻值系列。

表1.1.1　普通电阻器的标称电阻值系列

系列	E24	E12	E6	系列	E24	E12	E6
标志	J(I)	K(Ⅱ)	M(Ⅲ)	标志	J(I)	K(Ⅱ)	M(Ⅲ)
允许偏差	±5%	±10%	±20%	允许偏差	±5%	±10%	±20%
特征标称数值	1.0	1.0	1.0	特征标称数值	3.3	3.3	3.3
	1.1				3.6		
	1.2	1.2			3.9	3.9	
	1.3				4.3		
	1.5	1.5	1.5		4.7	4.7	4.7
	1.6				5.1		
	1.8	1.8			5.6	5.6	
	2.0				6.2		
	2.2	2.2	2.2		6.8	6.8	6.8
	2.4				7.5		
	2.7	2.7			8.2	8.2	
	3.0				9.1		

(2) 允许偏差。由于材料、设备和工艺等因素的影响，厂家生产的电阻器的电阻值通常与标准值存在一定偏差，这种标称电阻值与实际电阻值之间允许的最大偏差范围的百分比称为允许偏差或允许误差。表示为

$$\text{电阻的允许偏差}=\frac{\text{标称电阻值}-\text{实际电阻值}}{\text{标称电阻值}}\times 100\%$$

不同的允许偏差也称为数值的精度等级(简称精度)，人们用不同的字母为精度等级规定了系列。例如，普通电阻器的允许偏差有+5%、+10%、+20%等，分别用字母J、K、M等标志；精密电阻器的允许偏差有+2%、+1%、+0.5%、+0.1%等，分别用字母G、F、D、B等标志。电阻

值的允许偏差代码见表1.1.2。

表1.1.2　电阻值的允许偏差代码

允许偏差/%	0.005	0.002	0.01	0.02	0.05	0.1	0.25
符号	E	X	L	P	W	B	C
允许偏差/%	0.5	1	2	5	10	20	30
符号	D	F	G	J	K	M	N

允许偏差越小，表明电阻器的精密度越高，但其生产成本和销售价格也越高。因此，应根据实际电路的需求，合理选择不同允许偏差的电阻器。

2. 额定功率

电阻器的额定功率是指在标准大气压和额定温度下，电阻器能够承受的最大功率，亦称为标称功率，单位为瓦(W)。

常用的电阻额定功率有1/16W(0.0625W)、1/8W(0.125W)、1/4W(0.25W)、1/2W(0.5W)、1W、2W、3W、5W、10W、20W等。电阻额定功率在电路图中的表示方法如图1.1.2所示。

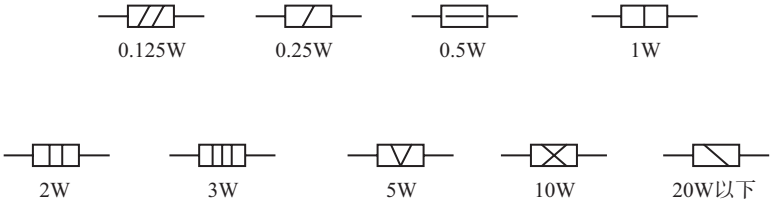


图 1.1.2　电阻额定功率的表示方法

一般情况下，同一类型的电阻体积越大，其额定功率也越大；功率越大，价格越高。如果电阻器在使用过程中的实际功率超过其额定功率，就会导致电阻过热而烧坏。通常所选的额定功率值应为实际计算值的1.5～3倍。

3. 温度系数

温度每变化1℃引起电阻的相对变化量称为电阻的温度系数，用α_R表示，单位为$℃^{-1}$。

$$\alpha_R = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

式中，R_1、R_2分别是温度为t_1、t_2时的阻值。

温度系数α_R可正可负。温度升高，电阻值增大，则该电阻具有正的温度系数；温度升高，电阻值减小，则该电阻具有负的温度系数。温度系数越小，电阻的温度稳定性越高。

四、固定电阻器的标注方法

固定电阻器的标注方法是将电阻器的主要参数(标称电阻值与允许偏差)标注在电阻器表面上。

1. 直标法

直标法是将电阻器的标称电阻值用阿拉伯数字和单位符号直接标在电阻体上，其允许偏差

用百分数表示。如图1.1.3(a)所示，电阻器表面印有3.9kΩ±10%，表示其电阻值为3.9 kΩ，允许偏差为10%，未标偏差值的即默认为20%。

2. 文字符号法

文字符号法是将电阻器的标称电阻值和允许偏差用阿拉伯数字和字母符号按特定规律组合标注在电阻器上，其中用特定字母表示允许偏差。采用文字符号法标注时，字母符号表示电阻单位，电阻值的整数部分位于单位前，小数部分则位于单位后，如图1.1.3(b)所示。

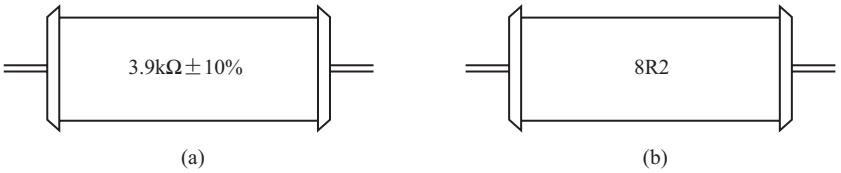


图 1.1.3　电阻的直标和符号标注

3. 数码表示法

用三位数码表示电阻器的阻值、用相应字母表示电阻允许偏差的方法称为数码表示法。数码按从左到右的顺序，第一、第二位为电阻的有效值，第三位为倍乘数(有效值后“0”的个数)，电阻的单位为Ω，偏差用字母符号表示。

例如，标志为222的电阻器，其阻值为2200Ω；标志为105的电阻器阻值为1MΩ。

4. 色码标注法

色码标注法是用不同颜色的色环标注在电阻器表面标示电阻的标称值和允许偏差的方法。这种方法通常用于小型电阻器，标志清晰、易于识别，且与电阻的安装方向无关，如表1.1.3和图1.1.4所示。

表1.1.3　色码颜色规定

颜色	第一段	第二段	第三段	乘数	误差	
黑色	0	0	0	1		
棕色	1	1	1	10	±1%	F
红色	2	2	2	100	±2%	G
橙色	3	3	3	1k		
黄色	4	4	4	10k		
绿色	5	5	5	100k	±0.5%	D
蓝色	6	6	6	1M	±0.25%	C
紫色	7	7	7	10M	±0.10%	B
灰色	8	8	8		±0.05%	A
白色	9	9	9			
金色				0.1	±5%	J
银色				0.01	±10%	K
无					±20%	M

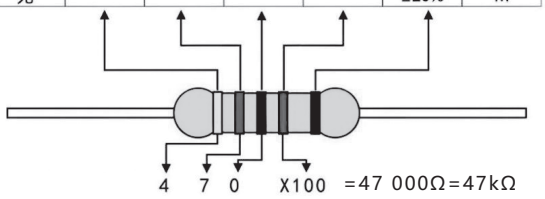


图 1.1.4　色码标注电阻阻值

五、电阻器的检测

1. 固定电阻器的检测

固定电阻器的检测步骤如下：

(1) 外观检查。看电阻有无烧焦、电阻引脚有无脱落及松动的现象，从外表排除电阻的断路情况。

(2) 断电。若电阻在路(电阻器仍然焊在电路中)时，一定要将电路中的电源断开，严禁带电检测，否则不但测量不准，而且容易损坏万用表。

(3) 选择合适的量程。根据电阻的标称值选择指针式万用表电阻挡的量程，使万用表指针处于万用表刻度盘中间(略偏右)的位置为佳，此时读数误差最小。

(4) 通路检测。若测量值远远大于标称值，则可判断该电阻出现断路或严重老化现象，即电阻已损坏。

(5) 断路检测。通路检测时，若测量值小于标称值，则应将电阻从电路中断开检测。此时，若测量值基本等于标称值，则该电阻正常；若测量值接近于零，则该电阻短路；若测量值远小于标称值，则该电阻损坏；若测量值远大于标称值，则该电阻老化；若测量值趋于无穷大，则该电阻断路。

2. 电位器的检测

1) 外观检查

(1) 转动旋柄，感受旋柄转动是否平滑，开关是否灵活。

(2) 倾听开关通、断时“咔哒”声是否清脆。

(3) 听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音，如有“沙沙”声，说明质量不好。

2) 用万用表测试

(1) 选择指针式万用表的合适电阻挡位，然后用万用表的欧姆挡测“1”“2”两端，其读数应为电位器的标称阻值；如万用表的指针不动或测出的值与标称阻值相差很多，则表明该电位器损坏。

(2) 检测电位器的活动臂与电阻片的接触是否良好。用万用表的欧姆挡测“1”“2”(或“2”“3”)两端，将电位器的转轴沿逆时针方向旋至接近“关”的位置，测得的电阻值越小越好。

(3) 轴柄旋至极限位置“3”时，阻值应接近电位器的标称值。如电位器的轴柄转动过程中万用表的指针有跳动现象，说明活动触点有接触不良的故障。

任务巩固与测试

一、判断题

(1) 导体的电阻值与其所处环境无关。 (　　)

(2) 电阻是耗能元件。 (　　)

(3) 电阻器可用于放大电路的负反馈或正反馈电路。 (　　)

二、简答题

为什么使用万用表测量线路电阻时必须断开电源？

任务二　电容器的识别与检测

电容器是一种能储存电能的元件，在各类电子线路中的使用频率仅次于电阻器。在电子电路中，电容器起着调谐、旁路、耦合、滤波等重要作用。如用于晶体管收音机的调谐电路，彩色电视机的耦合电路、旁路电路等。常见的电容器如图1.2.1所示。

电容器与工业生产和人们生活息息相关，那么我们如何快速掌握其构造和工作性能，对其如何正确区分和使用呢？



图 1.2.1　常见电容器

一、电容器的图形符号

常用电容器的图形符号如图1.2.2所示。



(a) 一般符号　(b) 极性电容　(c) 可变电容　(d) 微调电容　(e) 穿心电容　(f) 双联同轴可变电容

图 1.2.2　常用电容器的图形符号

二、电容器的分类

按介质材料不同，可分为涤纶电容器、云母电容器、瓷介电容器和电解电容器等。

按容量能否变化，可分为固定电容器、半可变电容器和可变电容器等。

按用途不同，可分为耦合电容器、旁路电容器、隔直电容器和滤波电容器等。

按有无极性，可分为电解电容器(极性电容器)和无极性电容器。

几种常用电容器的性能、特点如表1.2.1所示。

表1.2.1　几种常用电容器的性能、特点

电容器名称	容量范围	额定工作电压	主要特点
纸介电容器	1000pF～0.1μF	160～400 V	成本低，损耗大，体积大
云母电容器	4.7～3×10^4 pF	250～7000 V	耐高压，耐高温，漏电小，损耗小，性能稳定，体积小，容量小
陶瓷电容器	2pF～0.047μF	160～500V	耐高温，漏电小，损耗小，性能稳定，体积小，容量小
涤纶电容器	1000pF～0.5μF	60～630V	体积小，漏电小，质量轻，容量小
金属膜电容器	0.01～100μF	400V	体积小，电容量较大，击穿后有自愈能力
聚苯乙烯电容器	3pF～1μF	60～250V	漏电小，损耗小，性能稳定，精密度高
独石电容器	0.5pF～1μF	更高耐压	体积小，可靠性高，性能稳定，耐高温，耐湿性好
钽电解质电容器	1～2×10^4μF	3～450V	电容量大，有极性，漏电大

三、电容器的主要性能参数

1. 标称容量与允许偏差

与电阻器一样，电容器的标称容量是指电容上所标注的容量。电容器的标称容量与允许偏差应符合国家标准GB/T 2471—2024的规定，与电阻类似，可参照表1.2.1取值。通常，电容器的容量为几皮法(pF)到几千微法(μF)。

2. 额定工作电压与击穿电压

电容器的额定工作电压又称电容器的耐压，它是指电容器长期安全工作所允许施加的最大直流电压。有的电容器的耐压值标注在电容器的外表面。

当电容器两极板间所加的电压达到某一数值时，电容器就会被击穿，该电压称为电容器的击穿电压。

电容器的耐压通常为击穿电压的一半。在使用中，实际加在电容器两端的电压应小于额定电压；在交流电路中，加在电容器上的交流电压的最大值不得超过额定电压，否则电容器会被击穿。

通常电解电容器的容量较大(微法量级)，但其耐压相对较低，极性接反后耐压更低，很容易烧坏。因此，使用时一定要注意电解电容器的极性连接和耐压要求。

3. 绝缘电阻

电容器的绝缘电阻是指电容器两极之间的电阻值。理想情况下，电容器的绝缘电阻应为无穷大；实际上，电容器的绝缘电阻一般在108～1010Ω之间，通常电解电容器的绝缘电阻小于无极性电容器。电容器的绝缘电阻越大越好，若绝缘电阻变小，则电流增大，损耗也增大，严重时会影响电路的正常工作。

四、电容器的标注方法

电容器的标注方法有直标法、文字符号法、数码表示法和色码法四种。

1. 直标法

与电阻器一样，电容器的直标法也是用阿拉伯数字和单位符号标注在电容器表面上，主要参数有标称容量、额定电压、允许偏差等。若电容器上未标注偏差，则默认为20%。当电容器的体积很小时，仅标注标称容量。

2. 文字符号法

文字符号法是用阿拉伯数字和字母，或两者有规律地组合，在电容器上标出主要参数的标注方法。具体规定为：用字母符号表示电容的单位(n表示nF，p表示pF，μ表示μF等)，电容器容量(用阿拉伯数字表示)的整数部分写在电容单位的前面，电容器容量的小数部分写在电容单位的后面；凡用整数(一般为4位)又无单位标注的电容，其单位默认为pF；凡用小数又无单位标注的电容，其单位默认为μF。

3. 数码表示法

数码表示法是用三位数码表示电容器容量的方法。数码按从左到右的顺序，第一、第二位为有效数，第三位为倍乘数(零的个数)，电容量的单位是pF。允许偏差与电阻器的表示形式相同。

4. 色码法

色码法是用不同颜色的色带或色点表示电容器主要参数的标注方法，这种方法在小型电容器上用得比较多。色码的具体含义与电阻器类似，色带颜色的规定与电阻色码法相同。

五、电容器的检测方法

1. 电容器容量大小的判别

5000pF以上容量的电容器用万用表的最高电阻挡判别。

具体方法：将指针式万用表的两表笔分别接在电容器的两个引脚上，可见万用表指针有一个较小幅度的摆动过程；然后将两表笔对换，再进行一次测量，此时万用表指针会有一个较大幅度的摆动过程。这就是电容器的充、放电过程。电容器的容量越大，指针摆动幅度越大，指针复原的速度也越慢。

2. 固定电容器故障判断

根据电容器容量大小连接电容器与万用表表笔，若万用表指针不摆动(对于5000pF以上容量的电容)，说明电容断路；若万用表指针向右摆动后不再复原，说明电容被击穿；若万用表指针向右摆动后出现少量向左回摆的现象，说明电容漏电，指针稳定后的读数即为电容的漏电电阻值。

3. 电解电容器的检测

(1) 电解电容器的容量比一般固定电容器大得多，测量时应针对不同容量选用合适的量程。一般情况下，容量为1～47μF的电容器可用R×1k挡测量，容量大于47μF的电容器可用R×100挡测量。

(2) 将万用表红表笔接负极，黑表笔接正极，在刚接触的瞬间，万用表指针即向右偏转较大角度(对于同一电阻挡，容量越大，摆幅越大)，接着逐渐向左回转，直到停在某一位置。此时的

阻值便是电解电容的正向漏电阻。在测试中，若正向、反向均无充电的现象，即表针不动，则说明容量消失或内部断路；如果所测阻值很小或为零，说明电容漏电大或已击穿损坏，不能再使用。

(3) 对于正、负极标注不明的电解电容器，可利用上述测量漏电阻的方法加以判别，即先任意测一下漏电阻，记录下阻值，交换表笔再测出一个阻值。两次测量中阻值大的那一次便是正向接法，即黑表笔接的是正极，红表笔接的是负极。

(4) 同样，可以根据电容器充电时指针向右摆动幅度的大小估测电解电容器的容量。

4. 可变电容器的检测

(1) 用手轻轻旋动可变电容器的转轴，应感觉十分平滑，不应有时松时紧甚至卡滞现象。或者用一只手旋动转轴，另一只手轻摸动片组的外缘，不应感觉有任何松脱现象。转轴与动片之间接触不良的可变电容器不能继续使用。

(2) 将万用表置于R×10k挡，一只手将两根表笔分别接可变电容器的动片和定片的引出端，另一只手将转轴缓缓旋动几个来回，万用表指针都应在无穷大位置不动。在旋动转轴的过程中，如果指针有时指向零，说明动片和定片之间存在短路点；若两次测量出的阻值均低于数百千欧或反向漏电电阻过低(数百千欧以下)，则电容漏电或性能不良。

任务巩固与测试

一、判断题

(1) 电容器在电路中具有耦合、旁路、隔直、滤波、移相、延时的作用。 (　　)

(2) 通常电解电容器的绝缘电阻小于无极性电容器的绝缘电阻。 (　　)

(3) 电容器的耐压值通常等于其击穿电压值。 (　　)

二、简答题

简述如何用万用表检测电容器的好坏。

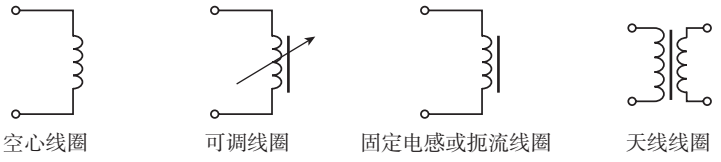
任务三　电感器和变压器的识别与检测

电感器俗称电感或电感线圈，是一种利用自感作用进行能量传输的元件。变压器是一种利用电磁感应原理传输能量的元件，其实质是一种特殊形式的电感器。电感器是电子电路中储存磁能、抵抗电流变化的被动元件，其核心作用体现在滤波、振荡和电磁干扰抑制方面。

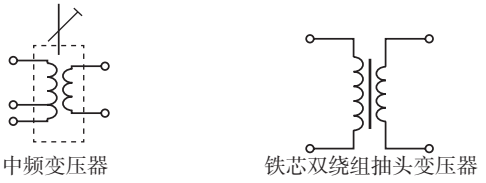
关于电感器的知识，你还了解多少？

一、电感器和变压器的图形符号

各种电感线圈具有不同的特点和用途，但它们都是用漆包线、纱包线或镀银铜线绕在绝缘骨架、铁芯或磁芯上构成的，并且匝与匝之间应彼此绝缘。常用电感器和变压器的图形符号如图1.3.1所示。



(a) 常用电感器的图形符号



(b) 常用变压器的图形符号

图 1.3.1　常用电感器和变压器的图形符号

二、电感器和变压器的分类

1. 电感器的分类

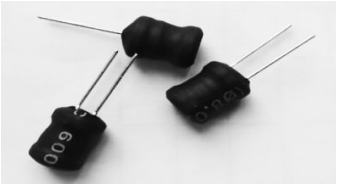
(1) 按绕线结构可分为单层线圈、多层线圈、蜂房线圈等；
(2) 按导磁性质可分为空心线圈、磁芯线圈、铜芯线圈等；
(3) 按封装形式可分为普通电感器、色环电感器、环氧树脂电感器、贴片电感器等；
(4) 按电感量是否变化可分为固定电感器、微调电感器、可变电感器等；
(5) 按频率大小可分为高频电感器和低频电感器等；
(6) 按用途可分为天线线圈、扼流线圈、振荡线圈、退耦线圈等。

2. 变压器的分类

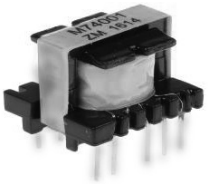
(1) 按工作频率分为高频变压器、中频变压器、低频(音频)变压器、脉冲变压器等；
(2) 按导磁性质分为空心变压器、磁芯变压器、铁芯变压器等；
(3) 按用途分为电源变压器、输入变压器、输出变压器、耦合变压器等。

部分电感器和变压器的性能与用途如表1.3.1所示。

表1.3.1　部分电感器和变压器的性能与用途

电感器/变压器种类	电感器/变压器外形图	性能和用途
小型固定电感线圈		将铜线绕在磁芯上，再用环氧树塑料封装而成。又称色码电感器，其电感量用直标法和色码法表示。体积小、质量轻、结构简单、安装使用方便，用于滤波、扼流、振荡、延迟等电路。固定电感器有立式和卧式两种，电感量为0.1～3000H，允许误差有Ⅰ(5%)、Ⅱ(10%)、Ⅲ(20%)三挡，频率为10kHz～200 MHz

续表

电感器/变压器种类	电感器/变压器外形图	性能和用途
铁氧体磁芯线圈		铁氧体铁磁材料具有较高的磁导率，常用来制作电感线圈的磁芯，制造体积小而电感量大的电感器。在中心磁柱上开出适当的气隙不但可以改变电感系数，而且能够提高电感的Q值、减小电感温度系数。广泛应用于LC滤波器、谐振回路和匹配回路。常见的铁氧体磁芯还有E形磁芯和磁环
交流扼流圈		交流扼流圈有低频扼流圈和高频扼流圈两种形式。低频扼流圈又称滤波线圈，由铁芯和绕组构成，有封闭和开启式两种，它与电容器组成滤波电路，以滤除整流后残存的交流成分。高频扼流圈通常用在高频电路中阻碍高频电流通过，常与电容器串联组成滤波电路，起分离高频和低频信号的作用
可调电感器		在线圈中插入磁芯(或铜芯)，改变磁芯在线圈中的位置就可以达到改变电感量的目的。如某些中周线圈的磁罩可以旋转调节，调整磁芯和磁罩的相对位置，可以在±10%范围内改变中周线圈的电感量
电源变压器		电源变压器的功能是进行功率传送、电压变换和绝缘隔离，作为一种主要的软磁电磁元件，它在电源和电子系统中得到广泛的应用

三、电感器和变压器的主要性能参数

1. 电感器的主要性能参数

(1) 标称电感量。标称电感量是指电感器上标注的电感量大小，用来表示线圈的固有特性，主要取决于线圈的匝数、结构及绕制方法等，与电流大小无关。

(2) 品质因数。电感线圈中，储存能量与消耗能量的比值称为品质因数，也称Q值。它是表示线圈质量的一个物理量。Q为线圈的感抗(ωL)与线圈的损耗电阻(R)之比，即$Q=\omega L/R$，线圈的Q值越高，回路的损耗越小。线圈的Q值与导线的直流电阻、骨架的介质损耗、屏蔽罩或铁芯引起的损耗等因素有关。

(3) 额定电流。额定电流是指能使电路正常工作的电流值。在电路中，一些电感线圈的工作电流较大，如高频扼流圈、大功率谐振线圈及电源滤波电路中的低频扼流圈等。当工作电流大于电感线圈的额定电流时，电感线圈就会因发热而改变其固有特性参数，严重时甚至会损坏。

(4) 分布电容。电感线圈的分布电容是指电感线圈的各匝绕组之间通过空气、绝缘层和骨架而形成的电容效应。另外，在屏蔽罩之间、多层绕组的层与层之间、绕组与底板之间也都存在分布电容。这些电容可以看成一个与线圈并联的等效电容。低频情况下，分布电容对电感器的工作没有影响；高频情况下，分布电容会改变电感器的性能。

(5) 电感线圈的直流电阻。电感线圈的直流电阻即为电感线圈的直流损耗电阻R_0，可以用万用表的电阻挡直接测量。

2. 变压器的主要性能参数

(1) 变压比。变压比n指变压器的初级电压U_1与次级电压U_2的比值，或初级线圈匝数N_1与次级线圈匝数N_2的比值。即

$$n=\frac{U_1}{U_2}=\frac{N_1}{N_2}$$

(2) 额定功率。额定功率指在额定频率和电压下，变压器能长期工作而不超过规定温升的输出功率。

(3) 效率。效率指变压器的输出功率与输入功率的比值。一般来说，变压器的容量越大，其效率越高；容量越小，效率越低。例如，变压器的额定功率在100W以上时，其效率可达90%以上；变压器的额定功率在10W以下时，其效率只有60%～70%。

(4) 绝缘电阻。绝缘电阻指变压器各绕组之间及各绕组与铁芯或机壳之间的电阻。若绝缘电阻过低，会使仪器和设备机壳带电，造成工作不稳定，甚至给设备和人身带来危险。

四、电感器的标注方法

电感器的标注方法与电阻器、电容器相似，分为直标法、文字符号法、数码法和色码法，此处不再赘述。

五、电感器和变压器的性能检测

1. 电感器的性能检测

电感器的性能检测通常采用外观检查与万用表测试相结合的方法。

(1) 先进行外观检查，观察线圈是否存在断线、生锈、发霉、松散或烧焦等现象。若外观无异常，则使用万用表进一步检测电感线圈的直流损耗电阻。

(2) 电感线圈的直流损耗电阻值一般介于几欧至几百欧之间，因此使用指针式万用表检测时，通常选择R×1或R×10挡。如果测得的线圈电阻值远高于标称电阻值或接近无穷大，则表明电感器存在断路问题；反之，若测得的电阻值远低于标称电阻值，则说明线圈内部可能存在短路故障。

2. 变压器的性能检测

(1) 在进行变压器检测前，需先熟悉其连线及结构。然后主要检测变压器线圈的直流电阻及各绕组间的绝缘电阻。对于无电气连接的部分，电阻值应显示为无穷大；而对于有电气连接的部分，则应符合规定的直流电阻值。

(2) 测量变压器各绕组之间及绕组与铁芯之间的绝缘电阻时，需根据变压器类型选择适当的测量工具。对于电路中的输入和输出变压器，应使用500V的摇表(兆欧表)进行测量，其绝缘电阻值应不低于100MΩ；而对于电源变压器，则需使用1000V的摇表(兆欧表)进行测量，其绝缘电阻值应不低于1000MΩ。

任务巩固与测试

一、判断题

(1) 与电容器类似，电感器是一种储能元件。 ( )

(2) 变压器实质是一种特殊形式的电感器，是一种利用电感器原理传输能量的电子元件。 ( )

(3) 当工作电流大于电感线圈的额定电流时，电感线圈就会发热而改变其固有特性参数，严重时甚至损坏。 ( )

二、论述题

简述变压器的工作原理。

任务四　万用表及其使用方法

万用表是一种集多功能、多量程特征于一体的电气测量仪表，可以用来测量电阻及电路通断，直流电流、电压以及交流电流、电压的电气仪表，广泛应用于电气设备和生产线的维修和测试中。万用表分为指针式万用表和数字式万用表两大类，如图1.4.1所示。



(a) 指针式万用表　　(b) 数字式万用表

图 1.4.1　万用表

在实际电路元件或电子电路中，如何使用万用表进行电气或电路测量呢？

一、指针式万用表的结构

常见的指针式万用表多种多样，如500型、MF47型、MF64型、MF50型和MF15型等，尽管功能各异，但其结构和原理大体相似。从外观上看，这些万用表通常由外壳、表头、表盘及面板等部分构成。

以MF47型指针式万用表为例，其面板布局如图1.4.2所示。在使用前，若发现其指针不在零位，可利用面板上的旋具调整机械调零旋钮进行校准。面板上的量程转换开关周围标注了多种测量范围，表明该表可以测量交流与直流电压、直流电流、电阻以及晶体管的直流电流放大系数等。在量程转换开关的左上角设有用于测量NPN型和PNP型晶体管hFE的专用插孔；右上角则配备了电阻挡调零旋钮，用于在表笔短接而指针未指向零欧姆时进行调节。面板的左下角标有“+”和“COM”的插孔分别与红表笔和黑表笔连接。此外，右下角还设有两

个专用插孔：一个用于测量2500V以上的直流高压，另一个则用于测量最大值为5A的直流电流。

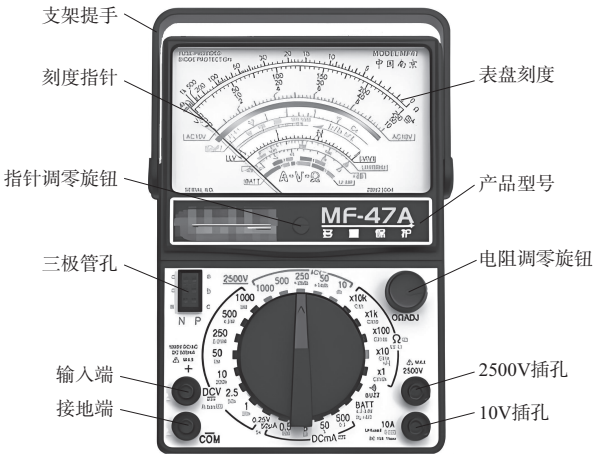


图 1.4.2　MF47 型指针式万用表面板布局

MF47型指针式万用表的表盘如图1.4.3所示。表盘中6条刻度标尺的含义为：从上到下看，最上面的是电阻刻度标尺，用“n”表示；第二条是交、直流电压及直流电流共用刻度标尺，用“V”和“mA”表示；第三条是晶体管共发射极直流电流放大系数刻度标尺，用“hFE”表示；第四条是电容刻度标尺，用“C(μF)50Hz”表示；第五条是电感刻度标尺，用“L(H)50Hz”表示；最后一条是音频电平刻度标尺，用“dB”表示。

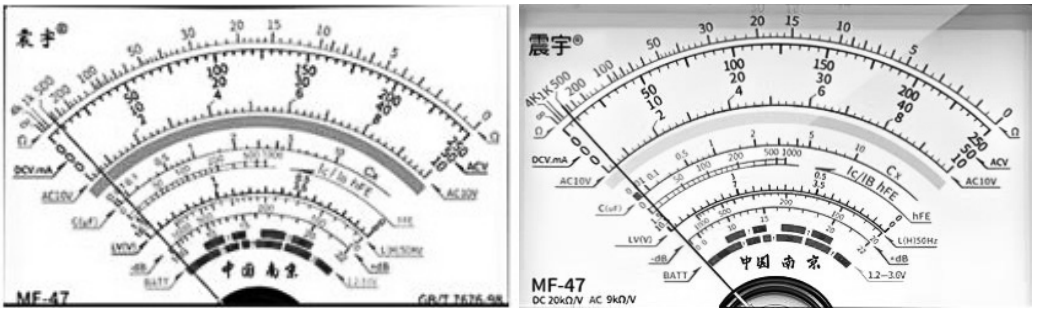


图 1.4.3　MF47 型指针式万用表表盘

二、指针式万用表的使用方法

在使用万用表之前必须对其进行检查。将万用表水平放置，观察表头指针是否准确指向零位，若存在偏差，需调整机械调零旋钮直至指针对准零位。进行测量时，除直流高电压和大电流的测量外，均应将红表笔插入标有“+”的插孔，黑表笔插入标有“COM”的插孔。

1. 用指针式万用表测量电阻

用指针式万用表测量电阻如图1.4.4(a)所示，步骤如下：

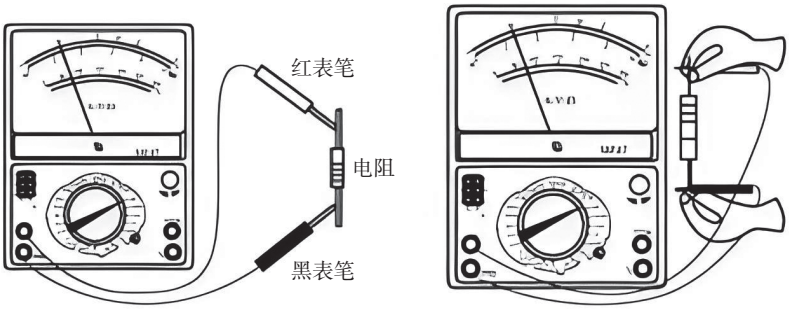
(1) 使被测电阻所在支路处于断电的开路状态。

(2) 先把量程转换开关旋到电阻挡“n”，根据预估阻值选择合适的电阻倍率挡位。

(3) 将两表笔短接调零，观察表头指针是否指在零刻度上；若不指零，则转动电阻挡调零旋钮使表头指针归零。

(4) 将表笔分别与被测电阻两端相连，指针将偏转一个角度。指针在刻度尺的1/3～2/3范围内时读数比较准确；否则，应变换倍率挡，使指针指在该范围内。注意每次变换倍率后都须要重新调零。

(5) 最终计算出测量值，公式为：电阻值＝指针读数×倍率。



(a) 正确方法　　(b) 错误方法

图 1.4.4　指针式万用表测电阻

2. 用指针式万用表测量直流电压

指针式万用表测量直流电压如图1.4.5(a)所示，具体步骤如下：

(1) 先将量程转换开关拨到直流电压挡位，根据估算的电压值选择适当的量程。若不知道被测电压的值，应先用最高挡测出大约值后，再选择合适的挡位进行测量，以免表头指针偏转过度而损坏表头。

(2) 将万用表并联在被测电路中，红表笔接被测电路高电位端，黑表笔接低电位端。

(3) 计算出测量值，电压值＝V(mV)/格×格数。

注意：适当的电压量程是指指针指在刻度尺的1/3～2/3处。

3. 用指针式万用表测量交流电压

用指针式万用表测量交流电压如图1.4.5(b)所示，具体步骤如下：

(1) 先将量程转换开关拨到交流电压挡位，根据估算的电压值选择适当的量程。

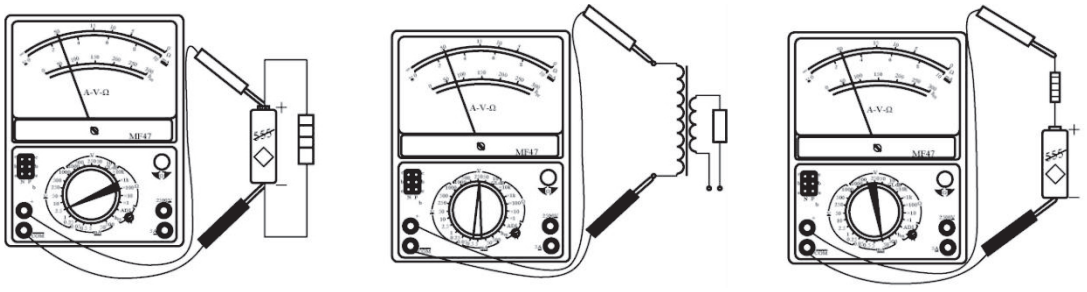
(2) 两表笔分别连接被测电路的两端，与测量直流电压不同的是，红、黑表笔可任意连接被测电路两端。

4. 用指针式万用表测量直流电流

用指针式万用表测量直流电流如图1.4.5(c)所示，具体步骤如下：

(1) 先将量程转换开关拨到直流电流挡位，根据估算值选择量程。若不知道被测电流的大约值，应先用最高挡测出大约值后再选择合适的挡位进行测量。

(2) 测量时应将万用表串联在被测电路中，正负极必须连接正确，红表笔接电流流入端，黑表笔接电流流出端。



(a) 测量直流电压　　(b) 测量交流电压　　(c) 测量直流电流

图 1.4.5　指针式万用表测量电压、电流的方法

三、数字式万用表的结构

数字式万用表可用于测量交、直流电压，交、直流电流，电阻，电容，二极管、晶体管、音频信号的频率等，其面板布局如图1.4.6所示。



图 1.4.6　数字式万用表面板布局

四、数字式万用表的使用方法

在使用仪表前务必进行初步检查。将电源开关旋至“N”位置，LCD显示器上应显示数字或符号。若显示器上出现低电压提示符号，需立即更换内置的9V电池。数字式万用表的使用方法可参照指针式万用表的使用方法，下面以测电阻为例进行介绍，接线如图1.4.7所示。

使用数字式万用表测量电阻时，需将其与被测电阻并联连

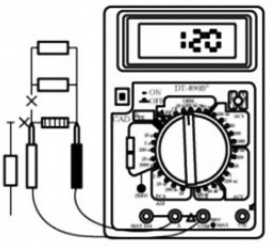


图 1.4.7　数字式万用表测电阻

接。连接前必须断开被测电阻的一端或与其并联的所有电路，并关闭电源。数字式万用表的各量程之间不存在倍率关系，因此直接根据所选量程和单位读取的数值即为电阻的实际值。当表笔处于开路状态时，显示屏会显示“1”。在测量阻值大于1MΩ的电阻时，显示读数可能经过几秒钟才能稳定下来。

注意：

(1) 当LCD显示器仅显示“1”时，表明被测量值已超出当前所选量程的范围，应切换至更大的量程进行测量。

(2) 在进行高压线路的电流和电压测量时，必须特别注意保护人身安全。若量程转换开关位于OHM或通断挡位，严禁接入任何电源。

(3) 使用万用表测量交流电路时，黑表笔和红表笔无须区分极性；而在测量直流电路时，则必须正确区分黑表笔和红表笔的极性。

任务巩固与测试

一、简答题

简述指针式万用表的使用方法。

二、操作题

用指针式万用表如何测量电路的电压？

科技瞭望塔

“中国龙芯之母”——黄令仪

黄令仪(1936年12月8日—2023年4月20日)，女，原名廖文蒂，中国共产党党员，微电子领域专家，中国科学院微电子研究所研究员、退休干部。

1960年，黄令仪从清华大学毕业后返回华中工学院，带领团队研制出了半导体二极管。1964年8月，参加中国首台空间计算机(“156”组件计算机)外延中功率开关三极管的研发；1966年8月，参与757千万次大型机的相关研发；1973年，从事存储器的研制工作；1978年，获得全国科学大会重大成果奖。2001年，已退休在家的黄令仪应邀加入龙芯研发团队，并担任项目负责人；2002年8月，中国首款通用CPU“龙芯1号”研制成功，终结了国产自主计算机“无芯可用”的历史。她被誉为“中国龙芯之母”。

项目二

电工工具及电工仪表的使用

电工工具适于从事电工工作的人员使用，如测电笔、螺丝刀、钢丝钳、尖嘴钳、剥线钳、电烙铁、电工刀、活动扳手、管剪等，涵盖电力系统、工业自动化、建筑电气等领域中涉及电气操作的场景。电工仪表用于进行测量，其中，兆欧表用于测量电气设备的绝缘电阻；电流表分为直流电流表和交流电流表，用于测量直流电路或交流电路中的电流值；电压表用于测量直流电路或交流电路中两点之间的电压值。

知识目标

(1) 了解常用电工工具的类型及工作原理；
(2) 了解常用电工仪表的结构组成与工作原理；
(3) 了解不同工具的使用场合；
(4) 掌握不同类型电工工具的使用方法及安全注意事项。

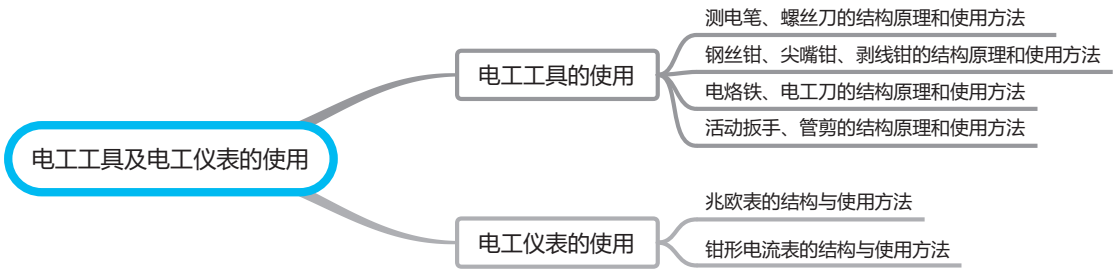
技能目标

(1) 学会使用各种不同类型的电工工具；
(2) 学会兆欧表、电流表、电压表、钳形电流表的使用方法；
(3) 能够正确利用电工仪表判断电路故障。

素质目标

(1) 培养学生正确选用各种电工工具的习惯；
(2) 培养学生使用工具时的安全意识；
(3) 培养学生善用工具、爱惜各种工具、珍惜生命的思想意识。

思维导图



任务一　电工工具的使用

电工工具是电气工作人员在安装、调试、维护和修理电气设备及线路时所使用的各类工具的统称。其种类繁多，功能各异。不同的电工工具在电气工作中发挥着各自独特的作用，熟练掌握这些工具的使用方法，对于提高工作效率、保证工作质量以及确保人身和设备安全具有重要意义。

一、测电笔

1. 用途

测电笔是用来测试低压电器，测试导线、开关、插座等低压电气设备是否带电的辅助使用工具。

2. 作用

测电笔又称低压电器试电笔，专门用来检查低压设备或低压线路是否带电，以及区别火线与零线。

3. 测电笔的结构

测电笔可分为钢笔式和螺钉旋具式两种，如图2.1.1所示，它由弹簧、氖管、电阻、探头和笔身等组成。弹簧与后端外部的金属接触，用测电笔测试带电金属导体时，带电导体与测电笔、人体和大地形成一个导电回路，带电体与大地之间的电位差超过一定的数值，测电笔的氖管就会发出红色的辉光，其测试范围为60～500V。

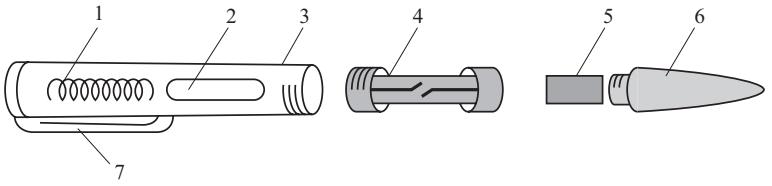
4. 使用方法

正确握笔方法为：用手指握住测电笔笔身，拇指接触测电笔尾部的金属部分，食指等其余手指握住笔杆。注意不要接触笔尖金属体，防止触电，笔尖触及带电体一相，不拿测电笔的手应放在背后。

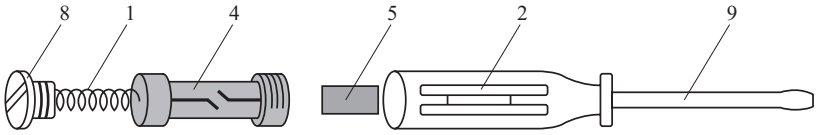
检测测电笔：在检测前应用测电笔在带电体上试测，以证明测电笔完好。

区别相线与零线：在交流电路中，当测电笔接触导线时，氖管发光，此导线即为相线；正常情况下，接触零线时氖管不会发光。

区别交流电与直流电：交流电通过测电笔时，氖管里的两个极同时发光；直流电通过测电笔时，氖管里的两个极只有一个发光。



(a) 钢笔式



(b) 螺钉旋具式

1—弹簧；2—观察孔；3—笔身；4—氖管；5—电阻；6—探头；
7—笔柱；8—金属螺钉；9—螺钉旋具探头。

图 2.1.1　常用测电笔的结构

区别直流电源的正、负极：用测电笔在直流电源上测试，氖管发光的一端即为直流电源的负极。

判断相线碰壳：用测电笔触碰电动机壳体或电气设备壳体时，若氖管发光，则说明该设备有相线碰壳。

判断相线接地：在三相四线控制线路中，发生单相接地时，用测电笔测试中性线，氖管发光。

二、螺丝刀

1. 常见类型及适用场景

螺丝刀又称改锥、起子，是一种常见的手动工具，主要用于拧紧或松开螺丝。以下介绍几种常见的螺丝刀类型及其适用场景：

(1) 一字形螺丝刀(也称菲利普螺丝刀)：其刀头形似字母L，适用于扁平的槽口。常见规格有#1、#2、#3、#4。

(2) 十字形螺丝刀(也称星形螺丝刀)：其刀头为十字形，适用于十字槽口。常见刀头型号PH0、PH1、PH2、PH3。

(3) 特殊规格螺丝刀：除了上述两种类型，还有特殊尺寸如HSS(高速钢)系列，以及T型、星形+槽形等多功能组合工具，适用于不同类型的螺丝。

(4) 单头螺丝刀：最常见的一种螺丝刀类型，只有一个刀口，适用于标准的六角或圆柱形螺丝。

(5) 双头螺丝刀：有两个刀口，可以同时对两个方向的螺丝进行操作，节省更换工具的时间，尤其适合空间狭小的场合。

(6) 电钻螺丝刀：结合电动工具，用于高效、快速地拧紧或松开螺丝，常用于建筑装修和工业维修。

(7) 微型螺丝刀：专为精密电子设备设计，用于拆卸和安装微型零件，如手机、电脑等的零件。

如图2.1.2所示为一字形和十字形两种螺丝刀。



(a) 一字形螺丝刀　　(b) 十字形螺丝刀

图 2.1.2　螺丝刀

2. 使用方法及安全操作

(1) 使用螺丝刀时，应按螺钉的规格选择合适的刀头，以大代小或以小代大都会损坏螺钉或电气元件。

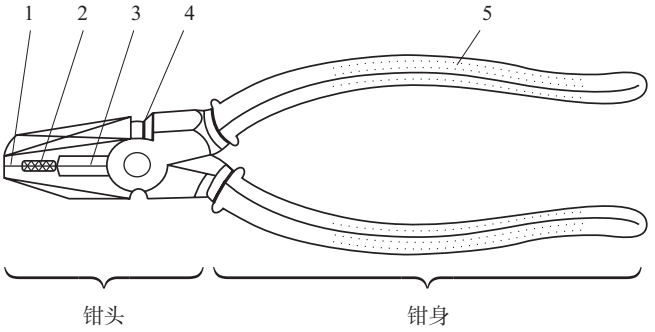
(2) 使用螺丝刀带电作业时，手不能触及螺丝刀的金属杆，以免发生触电现象。

(3) 带电作业时，不应使用金属杆直通握柄顶部的螺丝刀。

三、钢丝钳

1. 钢丝钳的作用及结构

钢丝钳是一种常用的工具，主要用于剪切、绞弯、夹持金属导线，也可用于紧固螺母等。钢丝钳的结构如图2.1.3所示。



1—钳口；2—齿口；3—刀口；4—铡口；5—绝缘管。

图 2.1.3　钢丝钳的结构

2. 使用方法及安全操作

(1) 操作时选择正确的钳子。不同的钳子适合不同的线径和材料，选择合适的钳子可以提高工作效率和安全性。

(2) 将要剪断或弯曲的物品夹在钳子的剪刀口或弯曲处，用力按钳子的两端，直到完全切断或弯曲为止。

(3) 对较硬的钢丝可以采用反复剪断的方式，即多次剪切同一位置，直到断开。

(4) 工作完成后，清理剪切口和钳子的表面，以保持其良好的使用状态。

(5) 使用钢丝钳时应注意安全，避免手指或其他身体部位受伤。如果感到手部疲劳或不适，应休息片刻。

四、尖嘴钳

1. 尖嘴钳的作用及结构

尖嘴钳的头部尖细，可以夹持较小的螺钉、垫圈、导线等元件，适于在狭小的空间中操作。带有刃口的尖嘴钳可以剪切细小的金属丝。尖嘴钳的结构如图2.1.4所示。

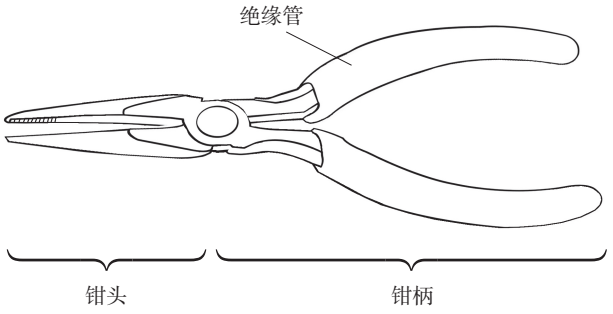


图 2.1.4　尖嘴钳的结构

2. 使用方法及安全事项

(1) 尖嘴钳的绝缘手柄损坏时，不可剪切带电导线。

(2) 为保证安全，手离金属部分的距离应不小于2 cm。

(3) 钳头比较尖细，且经过热处理，所以钳夹物体不可过大，不要用力过猛，以防损坏钳头。

(4) 注意防潮，钳轴要经常涂油，以防止生锈。

(5) 尖嘴钳有裸柄和绝缘柄两种。绝缘柄的耐压为500V，操作时应选用带绝缘柄的。尖嘴钳的规格以全长表示，常用的规格有130mm、160mm、180mm和200mm四种。

五、剥线钳

1. 基础知识

剥线钳的作用：它是电工接线作业、电动机修理、仪器仪表修理常用的工具之一，用来剥除电线端部的表面绝缘层，可以使电线被切断的绝缘皮与电线分开，还可以防止触电。

剥线钳的材料：钳体采用Q235号钢，套管采用聚氯乙烯塑料。

剥线钳的组成：它由刀口、压线口和钳柄组成。剥线钳的钳柄上套有额定工作电压500 V的绝缘套管。

剥线钳的规格：140 mm、160 mm、180 mm (都是全长)。

剥线钳的结构如图2.1.5所示。

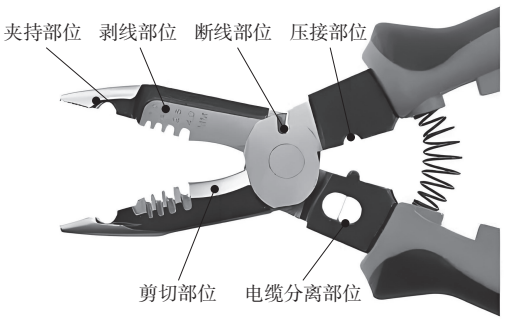


图 2.1.5　剥线钳的结构

2. 使用方法及安全事项

(1) 选择合适的剥线钳。剥线钳的种类繁

多，根据导线的直径选用合适孔径的剥线钳刀片。不同型号的剥线钳适用于不同粗细的电缆。

(2) 确定剥线长度。将准备好的电缆放置在剥线工具的刀刃中间，根据实际需求选择好要剥线的长度。

(3) 正确握持剥线钳。握住剥线工具的手柄，确保握持稳固。正确的握持方法可以保证操作时的稳定性和安全性。

(4) 缓缓用力剥线。将电缆夹住后，缓缓用力使电缆外表皮慢慢剥落。切勿用力过猛，以免损伤电缆内部金属线或绝缘塑料。

(5) 取出电缆线。在剥线过程中，当电缆金属整齐露出外面，其余绝缘塑料完好无损时，松开工具手柄，取出电缆线。

(6) 剥线钳的维护与保养。使用完毕后，及时清洁剥线钳的刀片和手柄，避免残留的绝缘塑料或其他物质影响下次使用。

(7) 剥线钳的正确存放。剥线钳应存放在干燥通风的环境中，避免潮湿和腐蚀。正确的存放方法可以延长剥线钳的使用寿命。

六、电烙铁

电烙铁是手工焊接的主要工具，主要作用是融化焊锡，将元器件焊接到电路板上或焊接导线，为熔融钎料、加热焊点和使用助焊剂提供热源。电烙铁按加热方式分为内热式和外热式两种。电烙铁由烙铁头、烙铁芯和烙铁柄组成，其结构如图2.1.6所示。



图 2.1.6　电烙铁的结构

1. 电烙铁使用前的处理

电烙铁的握持有正握法、反握法和握笔法三种。为使电烙铁保持良好的导热性，使用前要对烙铁头进行修整。首先将烙铁头表面的氧化物锉干净，并使烙铁头端面与水平方向呈10°、-15°的斜角。当烙铁头温度上升到可以熔锡时，将烙铁头在松香上蘸涂一下，然后再蘸涂一下焊锡，如此反复二到三次，使电烙铁全部挂上一层锡就可以使用了。

2. 电烙铁的使用方法及使用注意事项

(1) 选择合适的电烙铁头。根据所需焊接元件的大小和形状，选择合适尺寸和形状的电烙铁头，以便更好地焊接。

(2) 控制焊锡的量。焊锡过多或过少都会影响焊接效果。适量的焊锡可提高焊接效果并防止

短路和损坏元器件。

(3) 焊接时间和温度。焊接时间过长或温度过高可能导致元器件损坏。因此，在焊接时，应根据元器件的特性和电烙铁的温度控制好焊接时间和温度。

(4) 在焊接时，应尽量避免移动元件，以免损坏其他连接线路。

(5) 使用辅助工具。在焊接较小的元器件时，可以使用放大镜或显微镜等辅助工具。

(6) 安全措施。使用电烙铁时应注意安全，避免触碰，以免被烫伤和电击。另外，使用完毕，应将电烙铁关闭或拔下电源插头，以避免潜在的安全隐患。

(7) 焊接方法。右手持电烙铁，左手用尖嘴钳或镊子夹持元件或导线。焊接前，电烙铁要充分预热，烙铁头刃面上要吃锡，即带上一定量焊锡。

(8) 焊接质量。焊接时助焊剂(松香和焊油)是关键，新鲜的松香和无腐蚀性的焊油可以帮助很好地完成焊接，可以使焊接面光洁漂亮，焊接时可以多用些助焊剂。

(9) 焊接后的检查。焊接结束后必须检查有无漏焊、虚焊以及由于焊锡流淌造成的元件短路。虚焊较难发现，可用镊子夹住元件引脚轻轻拉动，如发现摇动应立即补焊。

七、电工刀

1. 电工刀的结构组成

普通电工刀由刀片、刀刃、刀把、刀挂等构成。刀片根部与刀柄铰接，上有刻度线及标识，前端有螺丝刀刀头，两面有锉刀面区域，刀刃上有内凹形弯刀口，末端是刀口尖，刀柄设防止刀片退弹的保护钮。电工刀的结构如图2.1.7所示。



图 2.1.7　电工刀的结构

2. 分类

(1) 木柄电工刀(弯刃)。其刀刃弯曲，与刀柄形成一定角度，刀刃较短，适用于要求精确控制切割深度的工作，能更好地适应电线绝缘层形状，使切割更精准。

(2) 木柄电工刀(直刃)。其刀刃笔直，与刀柄成一条直线，整体呈直角形状，刀刃一般较长，切割能力和剥离能力较强，适合切割、剥离电线绝缘层等工作。

(3) 多用电工刀。集成多种功能，如刀片用于剖削电线绝缘层，锯片用于锯削电线槽板和圆垫木，钻头用于钻削木板上的孔洞等，使用方便、功能多样。

3. 用途

(1) 剖削绝缘层。用于剖削电线电缆的绝缘层，在导线接头前剥除绝缘皮。

(2) 切削木材。可在施工现场切削圆木与木槽板或塑料槽板的吻接凹槽，还可削制木楔、竹楔等。

(3) 辅助操作。多功能电工刀的锯片可锯割木条、竹条；锥子可在硬杂木上拧螺丝前锥洞，扩孔锥可将小孔扩大，方便粗电线穿过；有的还带剪子，可剪断电线接头处的塑料或橡皮带等

加强绝缘材料。

4. 使用方法及安全事项

(1) 避免触电。电工刀刀柄无绝缘保护层，严禁剖削带电导线或器材，使用前要确保电源已断开或相关电路已断开。

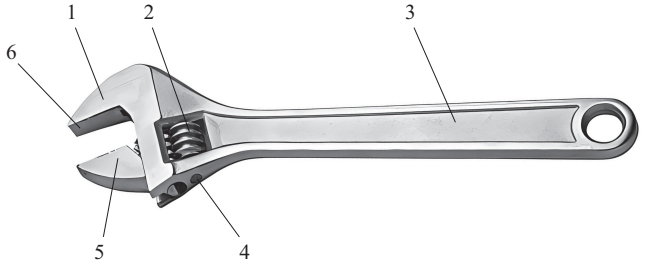
(2) 采用正确姿势。用电工刀剖削电线绝缘层时，刀以45° 角切入，接着以25° 角用力向线端推削，且应使圆弧状刀面贴在导线上进行切割，避免垂直切割，以免损伤线芯。

(3) 保持适当锋利度。刀刃要保持适当锋利度，太锋利易伤线芯，太钝则无法剥削绝缘层；刀刃磨好后可把底部磨点倒角。

(4) 规范操作。使用时刀口应朝外，避免伤及手指，用完后随即把刀身折入刀柄内。

八、活动扳手

活动扳手也叫可调扳手，适用于尺寸不等的螺栓、螺母，它能在一定范围内任意调节开口尺寸，其基本结构如图2.1.8所示。一个可调扳手可用来代替多个开口扳手。活动扳手是用于四方头或六方头螺纹管件的紧固、拆卸工具。



1—呆扳唇；2—涡轮；3—手柄；4—轴销；5—活扳唇；6—扳口。

图 2.1.8　活动扳手的基本结构

活动扳手由活扳唇、呆扳唇、扳口、涡轮、轴销等构成。扳口之间的距离可以通过活动扳手的调节机构改变，实现开口尺寸的调节。调节机构位于活动扳手的中心轴上，是一个可以旋转的螺旋传动机构。当旋转螺旋传动机构时，它会向扳手唇传递力量，从而使其向内或向外移动。通过这种方式，可以快速、准确地调节位置，控制开口尺寸的大小。活动扳手还可以使用凸轮机构来调节开口尺寸。凸轮机构是一个可以在中心轴周围旋转的压轮。当压轮旋转时，它会均匀地推动扳手唇，从而使其向内或向外移动，调节开口尺寸的大小。这种调节方式可以提供更大的力量，适用于较大的扳手头和扭矩较大的场合。

九、管剪

1. 管剪的用途及结构

管剪又称管子剪刀，是一种常见的手动剪刀工具，用于剪裁各种类型的管道或管子。它通常由两个刀口、手柄和锁定扣组成。管剪的结构如图2.1.9所示。



图 2.1.9　管剪的结构

2. 按切割能力分类

(1) 20和25管剪。一般用于剪切直径20mm和25mm的管子。

(2) 42管剪。可用于剪切直径25～40mm的管子。

(3) 63短柄管剪。适用于剪切直径40～63mm的管子，单手可操作。

任务巩固与测试

一、判断题

(1) 低压测电笔一般适用于500V以下电压的测试。（　　）

(2) 螺丝刀的刀柄应保持干燥，以免滑动造成意外伤害。（　　）

(3) 剥线钳能剥开任一种绝缘导线。（　　）

二、选择题

(1) 电烙铁的哪个部位温度最高？(　　)

A. 头部　　B. 手柄　　C. 中间部位

(2) 160mm尖嘴钳是指(　　)。

A. 其绝缘手柄长160mm　　B. 其总长度为160mm

C. 其开口长160mm　　D. 其钳口长为160mm

(3) 用电工刀剖削电线绝缘层时，刀以多少度角切入？(　　)

A. 5°　　B. 45°

C. 5°～25°　　D. 50°～65°

三、简答题

(1) 电烙铁的使用注意事项有哪些？

(2) 用测电笔如何区分直流电和交流电？

任务二　电工仪表的使用

电工仪表是用于测量电压、电流、电能、电功率等电量和电阻、电感、电容等电路参数的仪表，在电气设备安全、合理运行的监测与故障检修中起着十分重要的作用。电工仪表的结构性能会影响电工测量的精确度，为了合理选用电工仪表，需要了解常用电工仪表的基本原理和使用方法。

一、兆欧表

兆欧表用来测量电气设备或线路的绝缘电阻。它的工作原理是比较原理，即将绝缘电阻与已知的电阻值进行比较。兆欧表的结构如图2.2.1所示。如果绝缘电阻很大，则指针向无穷大的方向偏转；如果绝缘电阻很小，则指针指向零刻度。



图 2.2.1　兆欧表的结构

1. 常见的兆欧表型号及规格

(1) DT-6605型兆欧表：测量范围为0.1～2000MΩ。

(2) DT-6606型兆欧表：测量范围为0.1～1000MΩ。

(3) HP4338B型兆欧表：测量范围为0.01～1000MΩ。

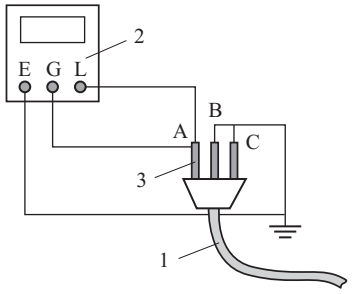
(4) BY2671型电子兆欧表：电压等级为500V、1000V、2000V、2500V，量程为20GΩ。

(5) UT513型电子兆欧表：电压等级为500V、1000V、2500V、5000V，量程为200GΩ。

(6) BC2565型电子兆欧表：电压等级为5000V、10000V，量程为400GΩ。

2. 兆欧表接线

兆欧表接线图如图2.2.2所示。



1—电缆；2—兆欧表(L为线路端子，G为屏蔽端子，E为接地端子)；3—绝缘层。

图 2.2.2　兆欧表接线图

3. 兆欧表的使用方法及安全事项

(1) 选择合适的兆欧表。根据被测设备的电压等级选择相应的兆欧表，一般额定电压500V及以下的设备选用500V或1000V的兆欧表，额定电压500V以上的设备选用1000V或2500V的兆欧表。

(2) 检查兆欧表。在使用前，先对兆欧表进行一次开路和短路试验，检查其是否良好。进行开路试验时，将两表笔分开，摇动手柄，指针应指向“∞”；进行短路试验时，将两表笔短接，轻轻摇动手柄，指针应指向“0”。

(3) 连接被测设备。将兆欧表的E端(接地端)接在被测设备的外壳或接地线上，L端(线路端)接在被测设备的导体上。如是测量电缆的绝缘电阻，还应将G端(屏蔽端)接在电缆的绝缘层上。

(4) 摇测绝缘电阻。匀速摇动手柄，使转速逐渐达到120r/min左右，保持转速稳定，读取表盘上的指针读数。一般应摇测1min后再读数，以确保测量结果的准确性。

(5) 记录数据并拆线。测量完毕后，先将L端与被测设备断开，再停止摇动手柄，以免被测设备向兆欧表反向充电而损坏仪表。记录下测量数据，并拆除连接导线。

(6) 确保设备断电。在测量绝缘电阻之前，必须先将被测设备停电，并进行充分放电，以防止触电和损坏兆欧表。

(7) 选择安全环境。应在干燥、清洁、无强电磁场干扰的环境中进行测量，避免在潮湿、多尘或有易燃易爆气体的场所使用兆欧表。

(8) 正确接线。接线时要确保兆欧表的接线端与被测设备之间连接牢固，避免接触不良或短路。同时，要注意避免将E端和L端接反，以免影响测量结果。

(9) 禁止在设备运行时测量。严禁在电气设备带电运行的情况下使用兆欧表测量其绝缘电阻，否则可能会造成人身触电事故和设备损坏。

(10) 防止感应电。对于具有大电容容量的设备，如电力电缆、电容器等，在测量前后都要进行充分放电，以防止感应电伤人。

(11) 远离带电设备。在摇测绝缘电阻时，人体不得接触兆欧表的接线端和被测设备的带电部分，以免触电。同时，要保持兆欧表与带电设备之间的安全距离，防止发生相间短路和接地短路事故。

(12) 定期校验。兆欧表应定期进行校验，以确保其测量准确性和可靠性。

二、钳形电流表

钳形电流表是一种常用的测量仪表，其结构如图2.2.3所示。它主要用于测量电路中的交流电流，可以在不切断电路的情况下直接测量。使用时，按下扳手，铁芯开口张开，从开口处将导线放入铁芯中央，再松开扳手，铁芯开口闭合。钳形电流表具有使用方便、速度快、可靠性强的优点。

1. 结构原理

(1) 钳形电流表主要由电流互感器和表头组成。互感器的铁芯呈钳形，可张开和闭合，以便夹持被测导线。表头用于显示测量的电流值。

(2) 其测量基于电磁感应原理，当被测导线中有交流电流通过时，会在互感器的铁芯中产生交变磁场，进而在互感器的二次绕组中感应出电动势和电流。该电流与被测电流成正比，通过表头显示出来。

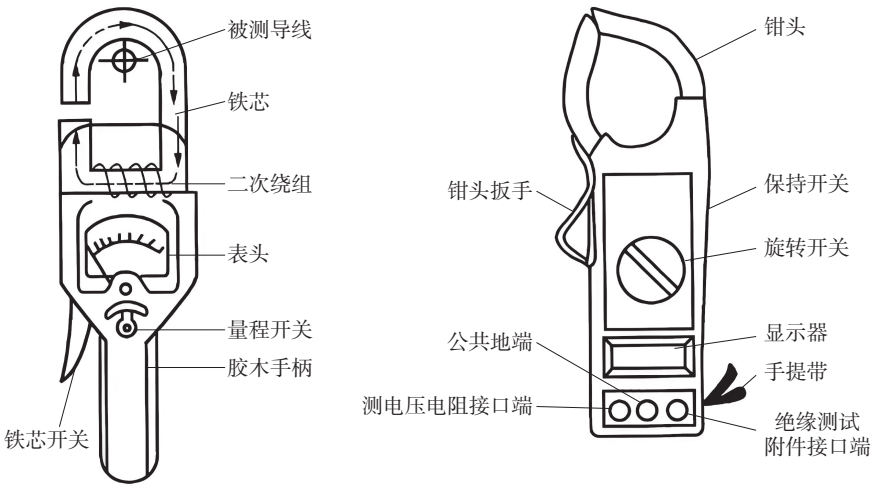


图 2.2.3　钳形电流表结构

2. 钳形电流表的使用方法及注意事项

(1) 准备工作。使用钳形电流表之前，首先检查它的外观是否完好，钳口是否能够闭合紧密。

(2) 选择量程。根据被测电线电流的大小选择合适的量程。如果不能确定电流大小，可以从最大量程开始测量，逐步变换挡位直至量程合适。

(3) 放置导线。打开钳口，将被测导线放入钳口中央，然后松开手指，让钳形电流表自动闭合。

(4) 读数。在钳形电流表的显示屏上读取电流值。如果测量的是小电流，可以将被测导线绕几圈后放入钳口进行测量，此时被测导线的实际电流值应等于仪表读数值除以放入钳口的导线圈数。

(5) 结束测量。读数完毕后，打开钳口，取出被测导线，并将挡位置于关闭状态。

(6) 应在无雷雨、干燥的天气进行测量，一般情况下一人操作，一人监护，夜间还要有足够的照明。遇雷雨天气时，禁止在户外使用。

(7) 测量结束后，应将量程挡位开关置于最高挡位，以防止下次使用时由于疏忽大意未选择量程而损坏仪表。

(8) 钳形电流表一般用于测量配电变压器低压侧或电动机的电流，严禁在高压线路上使用，以免绝缘被击穿造成触电。

任务巩固与测试

一、判断题

(1) 兆欧表可以测量绝缘电阻。　(　　)

(2) 兆欧表使用前，先进行一次开路和短路试验。　(　　)

(3) 钳形电流表测量前，如果不能确定电流大小，可以按量程从小到大测量。　(　　)

二、选择题

(1) 兆欧表有三个接线端钮，标有L的是(　　)端。

A. 接地　　B. 线路　　C. 屏蔽　　D. 电位

(2) 兆欧表与被测设备间的连接导线可以用(　　)。

A. 单线　　B. 双线　　C. 三线　　D. 多线

(3) 钳形电流表通过什么测量电流？(　　)

A. 磁场　　B. 电压　　C. 电阻　　D. 电容

三、简答题

(1) 简述兆欧表的使用方法。

(2) 简述钳形电流表的结构和测量原理。

科技瞭望塔

“中国电工仪表之父”——丁佐成

丁佐成(1897—1966年)，浙江镇海人，是中国电工仪表工业奠基人，被誉为“中国电工仪表之父”，他的一生是为中国仪表制造事业奉献的一生。丁佐成早年就读于宁波四明中学，1914年考入金陵大学物理系，1921年赴美攻读电气工程。1925年回国创办大华科学仪器厂，1929年研制出中国首台R301型直流电表，打破欧美技术垄断，开创了中国仪表工业的先河。此后，他带领团队不断开发仪表种类，制造出交直流电表、电力表、功率因数表等多种类型、规格的仪表，还设计制造了电阻箱、分流器等实验仪器，实现了用国产仪表装备学校实验室的愿望，设计的系列产品填补了国内空白。丁佐成不仅推动了中国仪表工业从无到有、从弱到强的发展，还为相关领域培养了大量专业人才。他当选为上海物理学会理事，为行业发展和国家建设建言献策。他的“实业救国”信念与自主创新实践彰显了民族工业家的担当精神，为当代科技自立自强提供了历史镜鉴。其毕生践行的产业报国理念与科技振兴中华民族的追求至今仍具有深刻教育意义。