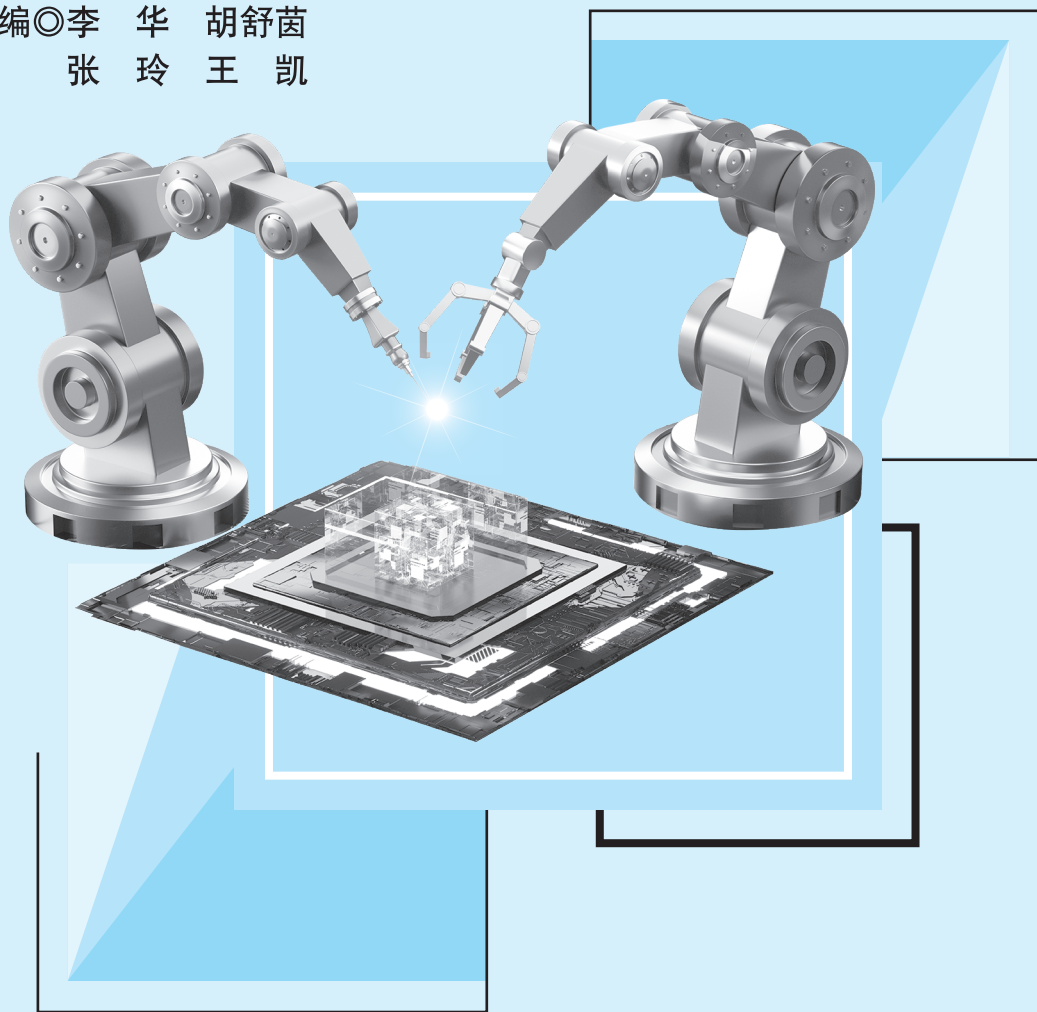


高等职业教育机电专业系列教材

实用电工技术

主 编◎程 勇

副主编◎李 华 胡舒茵
张 玲 王 凯



西北工业大学出版社
西 安

【内容简介】 本书根据实践能力和应用能力培养的原则,结合电工技能要求,确定项目模块和教学内容,同时结合作者多年的项目式教学 and 实践经验编写而成,力求在内容、体系和方法上有所创新,体现出职业教育的特色。仿真的引入为相关知识的学习创造了有利的条件。本书共 8 个项目,主要内容有电气元件及万用表的使用、直流电路的认识、电工工具及测量仪表的使用、一般照明电路的安装与维护、三相交流电路的连接、变压器的使用与维护、低压电器及三相异步电动机的控制、西门子 LOGO! 的实际应用等。

本书既可作为高等职业院校机电、计算机、电力、电子、通信及自动化等专业的教材或参考书,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用电工技术 / 程勇主编. —西安: 西北工业大学出版社, 2023. 9

ISBN 978 - 7 - 5612 - 8905 - 1

I. ①实… II. ①程… III. ①电工技术 IV. ①TM

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 163555 号

SHIYONG DIANGONG JISHU

实 用 电 工 技 术

程勇 主编

责任编辑: 朱晓娟 郭军方 装帧设计: 张瑞阳

责任校对: 朱晓娟 董珊珊

出版发行: 西北工业大学出版社

通信地址: 西安市友谊西路 127 号 邮编: 710072

电 话: (029)88491757, 88493844

网 址: www.nwpup.com

印 刷 者: 三河市龙大印装有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 21

字 数: 524 千字

版 次: 2023 年 9 月第 1 版 2023 年 9 月第 1 版

书 号: ISBN 978 - 7 - 5612 - 8905 - 1

定 价: 58.00 元

如有印装问题请与出版社联系调换

PREFACE | 前言

现代社会电子、电气技术的发展日益迅速,各种电子、电气设备在各个领域中扮演着重要角色,发挥着越来越重要的作用,掌握电工技术的实用知识和技能已成为工科各专业学生的基本要求。

“电工技术”作为专业基础课程,任务是使学生具备从事电类专业职业工种必需的电工通用技术基本知识、基本方法和基本技能,并为学生学习后续课程、提高全面素质、形成综合职业能力打下基础。

本书具有以下特点。

(1)本书以学生的就业为导向,根据行业专家对专业所涵盖职业岗位群的工作任务和职业能力进行分析,以本专业共同具备的岗位职业能力为依据,遵循学生的认知规律,紧密结合电工技能要求,确定项目任务和教学内容。

(2)本书在项目的选取和编制上充分考虑了电工技能的要求和知识体系,具有很强的通用性、针对性和实用性;同时,随着现代电气控制技术的飞速发展,引入了先进控制技术在电工领域的应用。本书共有8个项目,按照电气元件及万用表的使用、直流电路的认识、电工工具及测量仪表的使用、一般照明电路的安装与维护、三相交流电路的连接、变压器的使用与维护、低压电器及三相异步电动机的控制、西门子 LOGO! 的实际应用等内容安排学习,让学生充分掌握电工基础知识和电工基本技能。

(3)为了充分体现任务引领、实践导向课程的思想,本书项目下的教学内容又分解设计成若干任务,以任务为单位组织教学,并以电工仪器仪表、电气设备为载体,按电工工艺要求展开教学,让学生在掌握电工技能的同时,在技能训练过程中加深对专业知识、技能的理解和应用,培养学生的综合职业能力。

(4)本书理论与实践相结合,具有新颖性、可读性、实用性和可操作性的特点。仿真的引入将传统的教学模式改变为“理论学习—虚拟仿真—实训操作”的方式,更有利于学生提高实际操作能力。

本书的参考学时安排见下表。

项目内容	学 时
项目一 电气元件及万用表的使用	10
项目二 直流电路的认识	10
项目三 电工工具及测量仪表的使用	12
项目四 一般照明电路的安装与维护	12
项目五 三相交流电路的连接	10
项目六 变压器的使用与维护	8
项目七 低压电器及三相异步电动机的控制	14
项目八 西门子 LOGO! 的实际应用	10
合计	86

本书由河南水利与环境职业学院程勇担任主编,淄博市技师学院李华、焦作技师学院胡舒茵、焦作冶金建材高级技工学校张玲、河南水利与环境职业学院王凯担任副主编,共同负责制定编写大纲及统筹工作,程勇负责全书的统稿。具体编写分工如下:项目一由胡舒茵编写,项目二由张玲编写,项目三、项目六、项目七和项目八由程勇编写,项目四由李华编写,项目五由王凯编写。

在编写本书的过程中,上海宇龙软件工程有限公司高级工程师朱松、西门子公司项目经理王磊、正泰电器公司技术工程部等给予了很多专业性的指导及建议,同时,也从互联网上获取了一些技术资源,在此一并表示感谢。

由于水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2023 年 4 月

CONTENTS

目录

项目一 电气元件及万用表的使用 1

任务一 识别电路中的电气元件 1

任务目标 1

知识链接 1

一、电气元件的基本知识 1

二、查找电气元件参数的

方法 15

思考与练习 16

任务二 用万用表测试常用电气 元件 16

任务目标 16

知识链接 16

一、万用表的基本知识 16

二、使用万用表测试常用电气

元件的方法 24

思政延伸 大国工匠精神与“实用

电工技术”专业知识的

学习 28

思考与练习 29

项目二 直流电路的认识 30

任务一 建立电路模型 30

任务目标 30

知识链接 31

一、电路与电路模型 31

二、电路的工作状态和电气设备的

额定值 32

三、电流、电压及电动势 33

四、电功与电功率 38

五、电阻元件及欧姆定律 39

六、电位的概念及计算 42

七、电阻的串、并联连接

及等效变换 44

思考与练习 47

任务二 仿真验证基尔霍夫定律 48

任务目标 48

知识链接 49

一、基尔霍夫定律 49

二、电压源与电流源及其

等效变换 52

思考与练习 53

任务三 仿真验证戴维南定理 及叠加原理 55

任务目标 55

知识链接 55

一、支路电流法 55

二、叠加原理 56

三、二端网络与戴维南定理 58

思政延伸 企业管理中的6S理念

与职业素养的培养 59

思考与练习 63

项目三 电工工具及测量仪表的 使用 65

任务一 导线的连接 65

任务目标 65

知识链接 66

一、电工常用工具 66

二、导线的选择和连接 76



思考与练习	86	二、单相调压器的使用	133
任务二 使用兆欧表测量绝缘		思考与练习	133
电阻	87	任务三 白炽灯电路的安装	
任务目标	87	与维护	134
知识链接	87	任务目标	134
一、绝缘电阻的概念	87	知识链接	134
二、兆欧表	87	一、白炽灯的工作原理	134
思考与练习	90	二、白炽灯的常见故障	
任务三 接地电阻的测量	91	及排除方法	136
任务目标	91	思考与练习	137
知识链接	91	任务四 日光灯电路的安装	
一、接地的概念	91	与维护	137
二、接地电阻	93	任务目标	137
三、用接地电阻测试仪测量接地		知识链接	137
电阻的方法	93	一、日光灯的结构和工作	
思考与练习	95	原理	137
项目四 一般照明电路的安装		二、日光灯的常见故障及排除	
与维护	96	方法	139
任务一 仿真测试 RLC 串联		知识拓展	140
电路	96	一、新型荧光灯	140
任务目标	96	二、节能灯	140
知识链接	97	三、LED 灯	141
一、正弦交流电的基本概念	97	四、智能灯	142
二、复数的四则运算与正弦量的		思考与练习	144
相量表示法	103	项目五 三相交流电路的连接	146
三、正弦电路中的电阻元件	106	任务一 三相交流电路的仿真	
四、正弦电路中的电感元件	108	测试	146
五、正弦电路中的电容元件	110	任务目标	146
六、电阻、电感与电容串联的		知识链接	147
交流电路	113	一、三相对称电动势的产生	147
七、阻抗的串联与并联	116	二、三相交流电源的连接	148
八、功率因数的提高	117	思考与练习	150
九、电路的谐振	122	任务二 三相照明电路的测量	151
思考与练习	124	任务目标	151
任务二 单相交流电路实验	126	知识链接	151
任务目标	126	一、三相负载的连接	151
知识链接	126	二、三相功率	156
一、常用电工仪表及使用	126	思考与练习	158

任务三 小型配电箱的安装

与调试	159
-----------	-----

任务目标	159
------------	-----

知识链接	159
------------	-----

一、配电箱的作用与分类	159
-------------------	-----

二、低压配电电器	163
----------------	-----

思政延伸 中国低压电器制造 发展简介	172
-----------------------------	-----

思考与练习	177
-------------	-----

任务四 电能表的安装使用

任务目标	177
------------	-----

知识链接	178
------------	-----

一、电能表概述	178
---------------	-----

二、常用电能表的分类	178
------------------	-----

三、使用电能表的注意事项 ...	178
------------------	-----

四、单相电能表的安装	179
------------------	-----

五、三相电能表的安装	180
------------------	-----

知识拓展	182
------------	-----

一、认识触电	182
--------------	-----

二、触电事故的预防	183
-----------------	-----

三、掌握触电现场的 抢救方法	184
-------------------------	-----

四、电气设备消防及灭火	185
-------------------	-----

思考与练习	186
-------------	-----

项目六 变压器的使用与维护 187

任务一 用万用表判别变压器的

同名端	187
-----------	-----

任务目标	187
------------	-----

知识链接	188
------------	-----

一、磁与磁场	188
--------------	-----

二、磁性材料的磁性能、种类 及用途	191
----------------------------	-----

三、电磁感应	194
--------------	-----

四、自感与互感	196
---------------	-----

五、磁路及其基本定律	200
------------------	-----

六、交流铁心线圈电路	202
------------------	-----

七、单相变压器	204
---------------	-----

思考与练习	211
-------------	-----

任务二 小型变压器的故障

检修	214
----------	-----

任务目标	214
------------	-----

知识链接	214
------------	-----

一、特殊变压器	214
---------------	-----

二、小型变压器的参数测试 ...	218
------------------	-----

思考与练习	219
-------------	-----

项目七 低压电器及三相异步 电动机的控制 221

任务一 常用低压控制电器的故障

分析与检修	222
-------------	-----

任务目标	222
------------	-----

知识链接	222
------------	-----

一、主令电器	222
--------------	-----

二、接触器	226
-------------	-----

三、继电器	229
-------------	-----

思政延伸 国产低压控制电器品牌 介绍及使用	238
--------------------------------	-----

思考与练习	242
-------------	-----

任务二 三相异步电动机点动控制

电路的连接	243
-------------	-----

任务目标	243
------------	-----

知识链接	243
------------	-----

一、三相异步电动机的 结构	243
------------------------	-----

二、三相异步电动机的工作 原理	246
--------------------------	-----

三、三相异步电动机的电磁 转矩和机械特性	249
-------------------------------	-----

四、三相异步电动机的铭牌 和技术数据	251
-----------------------------	-----

五、三相异步电动机的启动 和调速	254
---------------------------	-----

知识拓展	262
------------	-----

思政延伸 宇龙机电控制仿真 软件的介绍及使用 ...	264
-------------------------------	-----

思考与练习	266
-------------	-----

**任务三 三相异步电动机直接起停****控制电路的连接** 268

任务目标 268

知识链接 268

一、三相异步电动机接触器自锁

正转控制 268

二、带有保护功能的接触器自锁

正转控制 269

思考与练习 270

任务四 三相异步电动机正反转**控制电路的连接** 271

任务目标 271

知识链接 271

一、接触器联锁的正反转控制

电路 271

二、按钮联锁的正反转控制

电路 272

三、接触器与按钮双重联锁的

正反转控制电路 273

思考与练习 274

项目八 西门子 LOGO! 的实际**应用** **275****任务一 认识西门子 LOGO!** 275

任务目标 275

知识链接 276

一、什么是 LOGO! 276

二、LOGO! 的硬件结构 278

三、LOGO! 的安装和接线 286

四、LOGO! 模块化的设置 294

思考与练习 296

任务二 西门子 LOGO! 编程软件的**使用** 296

任务目标 296

知识链接 297

一、LOGO! 编程软件的特性 ... 297

二、LOGO! 编程软件的安装

与运行 297

三、LOGO! 的编程界面

及功能块 298

四、LOGO! 编程软件的编程

方法 301

五、LOGO! 程序的仿真调试

及实际接线 306

思考与练习 309

任务三 西门子 LOGO! 的典型**应用** 309

任务目标 309

知识链接 309

一、通过 LOGO! 控制的

典型三相电动机电路 309

二、楼梯和走廊照明的控制 ... 313

三、办公区公共区域的照明

控制 316

四、街区照明的控制 319

五、学校信号铃系统的控制 ... 322

思考与练习 323

附录 常用电工符号**324****参考文献** 327

项目一

电气元件及万用表的使用

电气元件是构成电路的基础,熟悉各类电气元件的性能、特点和用途对设计、安装、调试电气线路十分重要。由于万用表的功能强大、用途广泛,因此,电气从业人员必须掌握正确使用万用表的方法。



知识目标

- 了解电路中常用电气元件的种类、特性及命名方法。
- 了解电气元件参数获取的途径和方法。
- 了解万用表的工作原理及使用方法。
- 了解常用电气元件的测试方法。



技能目标

- 掌握电气元件的识别方法。
- 掌握电气元件参数查找的方法,从而正确获取所需技术资料。
- 掌握万用表的基本使用方法,能使用万用表测试电气元件的性能参数。

任务一 识别电路中的电气元件



任务目标

了解电气元件的命名方法,学习电气元件参数获取的途径和方法;识别电阻器、电容器、电位器、二极管和三极管等电气元件的参数。



知识链接

一、电气元件的基本知识

电气元件的种类繁多,常用的有电阻器、电容器、电感器、电位器、二极管和三极管等。

(一) 电阻器

1. 电阻器的分类与命名方法

电阻器,简称电阻,是电路中最常用的一种元件。电阻器在所有的电工电子设备中是不可少的,在电路中常用来进行电压和电流的控制及传送,起分压、分流、限流和阻抗匹配等作用。电阻的单位为欧姆(Ω),常用单位有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$),其换算关系为 $1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$ 。国家标准规定电阻器的图形符号如图 1-1 所示。

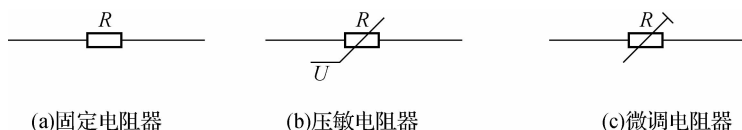


图 1-1 国家标准规定电阻器的图形符号

1) 电阻器的分类

电阻器通常按以下方法进行分类。

(1)按材料分。电阻器按材料分主要有碳质电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器等。

(2)按结构分。电阻器按结构分主要有固定电阻器和可变电阻器等。

(3)按用途分。电阻器按用途分主要有精密电阻器、高频电阻器、高压电阻器、大功率电阻器、热敏电阻器和限流电阻器等。

电阻器的种类较多,其中碳膜电阻器(RT)、金属膜电阻器(RJ)、线绕电阻器(RX)和片状电阻器使用较多。随着技术的发展,电阻排和热敏电阻的应用越来越广。电阻器的常见外形如图 1-2 所示。

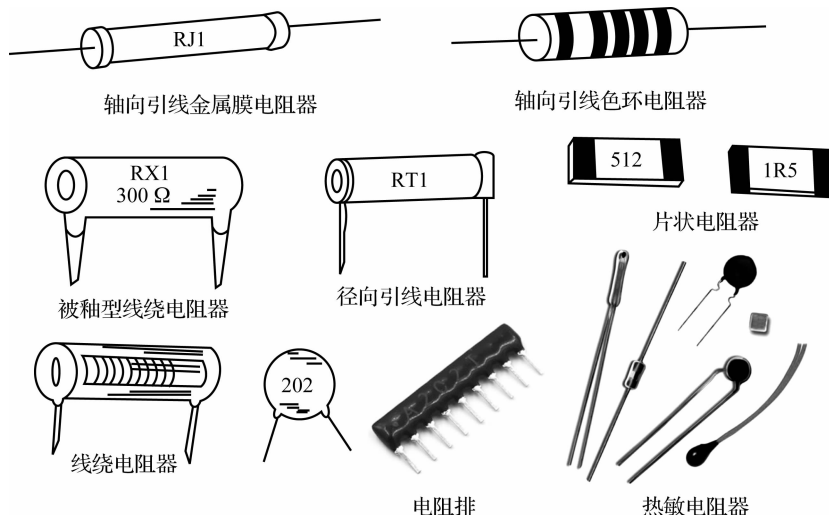


图 1-2 电阻器的常见外形

2) 电阻器的型号命名方法

电阻器的种类很多。根据国家标准规定,电阻器的型号一般由四部分组成,具体如图 1-3 所示。

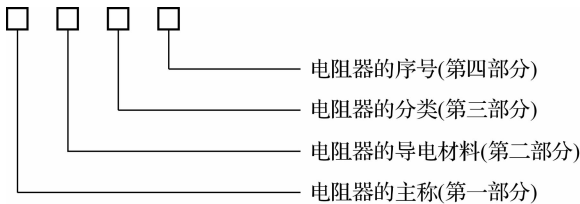


图 1-3 电阻器的型号组成

- (1)第一部分:电阻器的主称,用字母“R”表示。
- (2)第二部分:电阻器的导电材料,用字母表示。
- (3)第三部分:电阻器的分类,一般用数字表示,个别类型用字母表示。
- (4)第四部分:电阻器的序号,用数字表示,以区分电阻器的外形尺寸和性能指标。
- 电阻器的型号命名意义见表 1-1。

表 1-1 电阻器的型号命名意义

第一部分(主称)		第二部分 (导电材料)		第三部分(分类)		第四部分(序号)
字 母	含 义	字 母	含 义	数字或字母	产品类型	用数字表示
R	电阻器	T	碳膜	1	普通型	常用个位数或无数字表示
		P	硼碳膜	2	普通型	
		U	硅碳膜	3	超高频	
		H	合成膜	4	高阻型	
		I	玻璃釉膜	5	高阻型	
		J	金属膜	6		
		Y	氧化膜	7	精密型	
		S	有机实心	8	高压型	
		N	无机实心	9	特殊型	
		X	线绕	G	高功率	
		C	沉积膜	T	可调	
				W	微调	
				D	多圈	

例如,“RJ71”表示精密型金属膜电阻器。

2. 电阻器的参数

电阻器的参数主要包括标称阻值及其允许误差、额定功率、精度、最高工作温度、最高工作电压、噪声参数及高频特性等。在挑选电阻器的时候,主要考虑其阻值、额定功率及精度。至于其他参数,如最高工作温度、高频特性等只在特定的电气条件下才予以考虑。

1)电阻器的标称阻值及其允许误差

电阻器的标称阻值通常标在电阻器上,其基本单位为欧姆(Ω)。允许误差是指实际阻值与标称阻值之间允许的最大偏差范围,一般采用标称阻值的百分数(%)表示,通常可分为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三个等级。

电阻器标称阻值系列及其允许误差见表 1-2。

表 1-2 电阻器标称阻值系列及其允许误差

系 列	允许误差	电阻器标称阻值(数值)
E24	±5%	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1
E12	±10%	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2
E6	±20%	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

2)电阻器的额定功率

在正常温度下,电阻器长期稳定工作所能承受的最大功率称为电阻器的额定功率。不同类型电阻器的额定功率见表 1-3。

表 1-3 不同类型电阻器的额定功率

线绕电阻器额定功率系列/W	非线绕电阻器额定功率系列/W
0.05 0.125 0.25 1 2 4 8 12 16 25 40 75 100 250 500	0.05 0.125 0.5 1 2 5 10 25 50 100

常用电阻器的额定功率有 0.125 W、0.25 W、0.5 W、1 W、2 W、5 W、10 W 等。2 W 以上的电阻器在标注功率时一般直接印在电阻体上。在电路原理图中,电阻器的功率必须标注出来,如果在电阻器符号上没有标出额定功率,就说明对功率没有要求,一般用 0.125~0.25 W 的电阻器。在电路图上表示功率时,常采用如图 1-4 所示的符号。

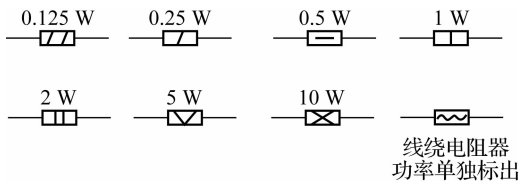


图 1-4 电阻器功率的表示方式

3. 电阻器阻值的标注方法

电阻器阻值的标注方法有直标法、文字符号法和色环标注法三种。

(1)直标法。直标法是用阿拉伯数字及文字符号单位在元件表面上直接标出电阻器的主要参数和技术性能。电阻值的单位文字符号有欧姆(Ω)、千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$),允许误差用百分数表示,如 $100\ \Omega\pm10\%$ 。

(2)文字符号法。文字符号法是将电阻器的主要参数和技术性能用阿拉伯数字及文字符号有规律地组合来标记在电阻器上,如图 1-5 所示。遇有小数时,常以 Ω 、k、M 取代小数点,如“5 Ω 1”表示 $5.1\ \Omega$,”4k3”表示 $4.3\ k\Omega$,”9M1”表示 $9.1\ M\Omega$ 。

电阻器的允许误差用字母表示,如 J 为 $\pm5\%$,K 为 $\pm10\%$,M 为 $\pm20\%$,等等。

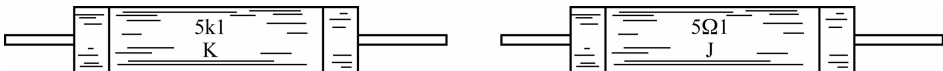
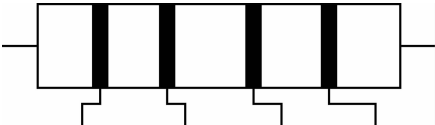


图 1-5 电阻器阻值标注的文字符号法

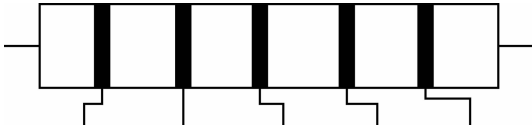
(3)色环标注法。小功率电阻器多使用色环标注法。色环标注法使用色环表示电阻器的阻

值和允许误差,用不同的颜色代表不同的数值。色环标注的电阻器颜色醒目、标志清晰、不易褪色,从各个方向都能看清电阻器的阻值和允许误差,给安装、调试和维修带来极大的方便,已被广泛采用。普通电阻器采用四色环标注法,精密电阻器采用五色环标注法,如图 1-6 和图 1-7 所示。



颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 倍率	第四色环 误差
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
银			10^{-2}	$\pm 10\%$

图 1-6 普通电阻器的四色环标注法



颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 第三位数	第四色环 倍率	第五色环 误差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	
金				10^{-1}	$\pm 5\%$
银				10^{-2}	$\pm 10\%$

图 1-7 精密电阻器的五色环标注法

4. 常用电阻器介绍

(1)碳质电阻器。碳质电阻器由碳粉、填充剂等压制而成,价格便宜但性能较差,现在已不常用。

(2)线绕电阻器。线绕电阻器由电阻率较大、性能稳定的锰铜、康铜等合金线涂上绝缘层,在绝缘棒上绕制而成。线绕电阻器有很多特点,如耐高温(能在 300°C 的高温下稳定工作)、具有很好的线性关系、精度高、稳定性好等。线绕电阻器的额定功率较大($4\sim 300\text{ W}$),常用在电源电路中做限流电阻等,也可制成精密型电阻,如在万用表中做分流电阻用。一般的线绕电阻器由于结构上的原因,其分布电容、电感较大,不宜用在高频电路中。常用线绕电阻器的外形如图 1-8 所示。

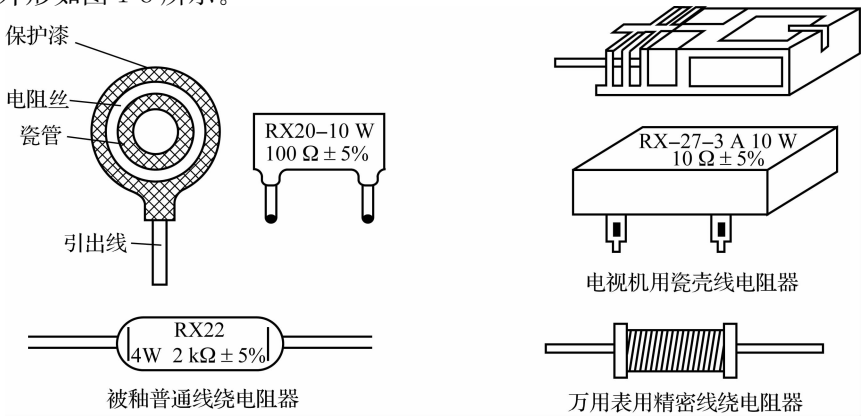


图 1-8 常用线绕电阻器的外形



(3)碳膜电阻器。碳膜电阻器是由结晶碳沉积在磁棒或瓷管骨架上制成的,稳定性好,高频特性较好,并能工作在较高的温度下(70°C)。改变碳膜的厚度和用刻槽的方法改变碳膜的长度,可以得到不同的阻值。碳膜电阻器目前在电子产品中得到广泛的应用,其涂层多为绿色。碳膜电阻器的外形和内部结构如图 1-9 所示。

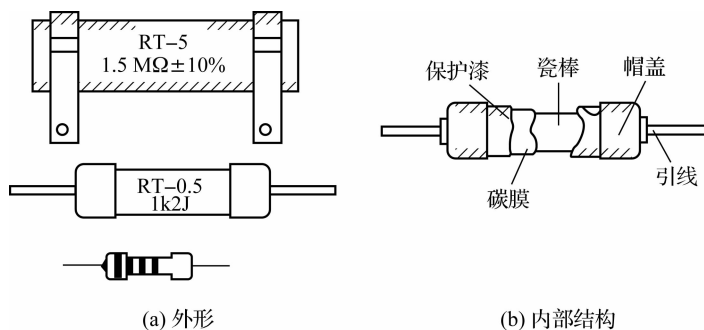


图 1-9 碳膜电阻器的外形和内部结构

(4)金属膜电阻器。与碳膜电阻器相比,金属膜电阻器只是用合金粉替代了结晶碳,除具有碳膜电阻器的特性之外,金属膜电阻器的主要特点是耐热性能好,额定工作温度为 70°C ,最高可达 155°C 。与碳膜电阻器相比,金属膜电阻器体积小、噪声低、稳定性好。它的工作频率也较宽,但成本稍高。通过调节合金粉成分和更换成膜工艺等方法,还可以制成精密、高阻、高频、高压、高温等各种类型的金属膜电阻器。金属膜电阻器适用于要求较高的通信设备、电子仪器等电路,在家用电器上也得到了较多的应用。金属膜电阻器涂层多为红色。金属膜电阻器的外形和内部结构如图 1-10 所示。

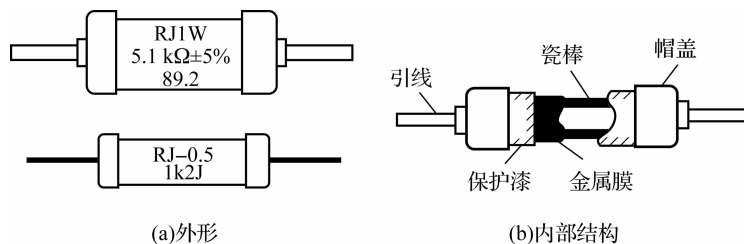


图 1-10 金属膜电阻器的外形和内部结构

(5)热敏电阻器。热敏电阻器的电阻值随着温度的变化而变化,一般用于温度补偿和限流保护等。热敏电阻器从特性上可分为正温度系数电阻器和负温度系数电阻器两类。正温度系数电阻器的电阻值随温度的升高而增大,负温度系数电阻器则相反。

热敏电阻器在结构上分为直热式热敏电阻器和旁热式热敏电阻器两种。直热式热敏电阻器利用电阻体本身通过的电流产生热量,使其电阻值发生变化;旁热式热敏电阻器由两个电阻体组成,即热源电阻体和热敏电阻体。

(6)贴片电阻器。贴片电阻器目前常用在高集成度的电路板上。它体积很小,分布电感、分布电容也很小,适合在高频电路中使用。贴片电阻器一般用自动安装机安装,对电路板的设计精度有很高的要求,是现代电路板设计的首选元件。

(7)电阻排。电阻排,又称排电阻器(简称排阻),是一种将按一定规律排列的分立电阻



集成在一起的组合型电阻,也称集成电阻或电阻网络。电阻排有单列式(SIP)和双列直插式(DIP)两种外形结构。

5. 电阻器的选用

根据电路的具体要求选择电阻器的类型、阻值、允许误差和额定功率。在一般电路中可采用允许误差为 $\pm 10\%$ 的 E12 系列电阻器,在对电阻器要求高的电路中可采用精密电阻器。在选用电阻器时还必须考虑电阻器的额定功率,否则,电阻器将会因过热而损坏。



动画

电阻元件

(二) 电容器

电容器,简称电容,是用来存储电荷的器件。比较简单的电容器模型是两个金属板中间夹上一层绝缘材料。电容器在电路中通常用于隔直流、级间耦合及滤波等,在调谐电路中和电感器一起构成谐振电路。在电子电路中,电容器是不可缺少的元件。

1. 电容器的分类与型号命名方法

1) 电容器的分类

(1) 按结构分。电容器按结构分主要有固定电容器、微调电容器和可变电容器。

(2) 按介质材料分。电容器按介质材料分主要有气体介质电容器、液体介质电容器、无机固体介质电容器和电解电容器。

(3) 按阳极材料分。电容器按阳极材料分主要有铝电解电容器、钽电解电容器、铌电解电容器和钛电解电容器等。

(4) 按极性分。电容器按极性分主要有极性电容器和无极性电容器。

电容器的形状很多,图 1-11 所示为常用电容器的形状及图形符号。

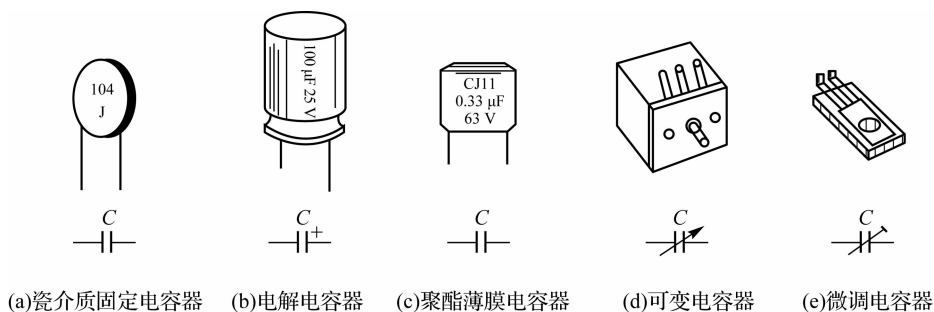


图 1-11 常用电容器的形状及图形符号

2) 电容器的型号命名方法

电容器的品种有很多。根据国家标准规定,电容器的型号一般由四部分组成,具体如图 1-12 所示。



图 1-12 电容器的型号组成



- (1)第一部分:电容器的主称,用字母“C”表示。
- (2)第二部分:电容器的介质材料,用字母表示,具体见表 1-4。
- (3)第三部分:电容器的分类,一般用数字表示,具体见表 1-5,个别类型用字母表示,如“G”表示高功率,“W”表示微调,“J”表示金属化型,“Y”表示高压型,等等。
- (4)第四部分:用数字表示电容器的序号,以区分电容器的外形尺寸和性能指标。

表 1-4 电容器的介质材料

字母符号	电容器介质材料的含义	字母符号	电容器介质材料的含义
A	钽电解	L	聚酯等极性有机薄膜
B	聚苯乙烯等非极性有机薄膜	N	铌电解
C	高频陶瓷	O	玻璃膜
D	铝电解	Q	漆膜
E	其他材料电解	T	低频陶瓷
G	合金电解	V	云母纸
H	纸膜复合	Y	云母
I	玻璃釉	Z	纸
J	金属化纸		

表 1-5 电容器的分类

数 字	瓷介电容器	云母电容器	有机电容器	电解电容器
1	圆形	非密封	非密封	箔式
2	管形	非密封	非密封	箔式
3	叠片	密封	密封	烧结粉,非固体
4	独石	密封	密封	烧结粉,固体
5	穿心		穿心	
6	支柱等			
7				无极性
8	高压	高压	高压	
9			特殊	特殊

例如,“CCG1”表示高功率高频陶瓷圆形瓷介电容器。

2. 电容器的参数

电容器的主要参数有电容器的标称容量、允许误差和耐压值等。

1)电容器的标称容量和允许误差

电容器的容量是指电容器储存电荷的能力。其常用单位有法拉(F)、微法(μF)和皮法(pF),换算关系为 $1\text{ F}=10^6\ \mu\text{F}=10^{12}\text{ pF}$ 。标注在电容器外壳上的电容量称为标称容量,国家规定了一系列容量值作为产品标称容量。固定电容器的标称容量和允许误差见表 1-6。

表 1-6 固定电容器的标称容量和允许误差

标称值	允许误差	偏差等级	标称值(数值)
E24	±5%	I	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0 3.3 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1
E12	±10%	II	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2
E6	±20%	III	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

2)电容器的耐压值

电容器长期连续可靠工作时,两电极间承受的最高电压称为电容器的额定工作电压,简称耐压值。固定电容器的直流耐压值等级为 6.3 V、10 V、16 V、25 V、32 V、50 V、63 V、100 V、160 V、250 V、400 V 等。

3. 电容器容量的标注方法

电容器容量的标注方法有直标法、数码表示法和色标法三种。

1)直标法

小于 10 000 pF 的电容器,一般只标注数值而省去单位,如“330”表示 330 pF。10 000~1 000 000 pF 的电容器,以 μF 为单位,以小数点为标志,也只标注数值而省去单位,如“0.1”表示 0.1 μF ,”0.022”表示 0.022 μF 。电解电容器以 μF 为单位直接标印在电容器上,如“100 μF /16 V”表示标称容量为 100 μF ,耐压值为 16 V。

2)数码表示法

用三位数码表示电容器容量大小,前两位数码是容量的有效数字,第三位数码是零的个数,单位为 pF,如“103”表示 $10\times10^3=10\,000\text{ pF}$,”224”表示 $22\times10^4=220\,000\text{ pF}=0.22\,\mu\text{F}$ 。如果第三位数码是 9,那么乘 10^{-1} ,如“339”表示 $33\times10^{-1}=3.3\text{ pF}$ 。

3)色标法

电容器的色标法与电阻器的色标法大致相同,此处不再赘述。

(三)电感器

电感器,即电感线圈,是用导线(漆包线、纱包线、裸铜线和镀金铜线等)绕制在绝缘管或铁心、磁心上制成的一种常见电子元件。电感器的线圈与线圈之间相互绝缘,利用电磁感应原理工作,电感器在电路中用字母“L”表示。图 1-13 所示为几种电感器的符号。

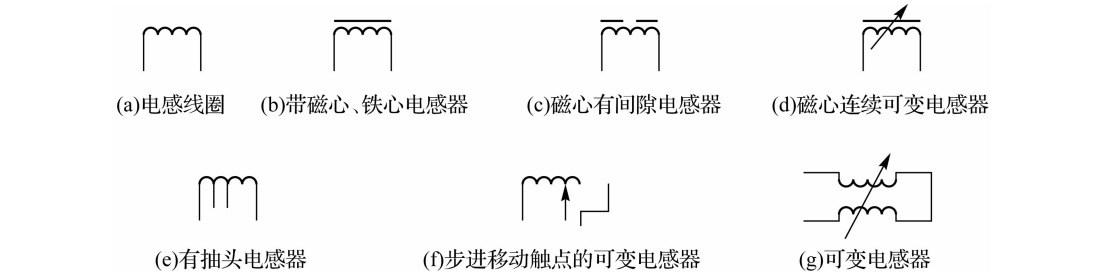


图 1-13 电感器的符号





电感器有存储磁场能的作用,在交流电路中表现为阻碍电流的变化,常用在滤波、振荡、调谐和扼流等电子电路中。

1. 电感器的分类

电感器按形式可分为固定电感器、可变电感器和微调电感器,按磁体的性质可分为空心线圈电感器和磁心线圈电感器,按结构可分为单层线圈电感器和多层线圈电感器。

2. 电感器的主要参数

1) 电感量

电感量的单位有亨利(H)、毫亨(mH)和微亨(μH),其换算关系为 $1\text{ H} = 10^3\text{ mH} = 10^6\text{ }\mu\text{H}$ 。

2) 品质因数

品质因数(Q值)是电感器的主要参数。在高频电路中,电感器的品质因数是一个重要的物理参数:电感器的损耗小,Q值就高;反之,Q值就低。

3) 分布电容

由于绝缘的线圈相当于电容器的两极,因此,电感器上分布有许多的小电容,称为分布电容。分布电容的存在是导致品质因数下降的主要因素,因此,一般要通过各种方法来减小分布电容。

4) 额定电流

额定电流主要是对高频电感器和大功率调谐电感器而言的,要求其正常工作时,通过电感器的电流小于其额定电流。

3. 电感量的标注方法

电感量参数一般都直接标注在电感器上,在中、高频电路中的电感器均是特制的,它们的参数以某种型号代替,如电视机高频调谐器中的电感器。

电感量的其他标注方法还有色点标注法和色环标注法。

4. 常用电感器介绍

1) 固定电感器

固定电感器一般是将绝缘铜线绕在磁心上,外层包上环氧树脂或塑料。固定电感器体积小、质量轻、结构牢固,广泛应用在电子电路中。固定电感器有立式固定电感器和卧式固定电感器两种,工作频率为 $10\sim 200\text{ MHz}$ 。

2) 可变电感器

可变电感器是通过改变插入电感线圈的磁心的位置来改变电感量的。磁棒式天线线圈是常用的可变电感器,在收音机中与可变电容器组成调谐回路,用于接收无线电波信号。

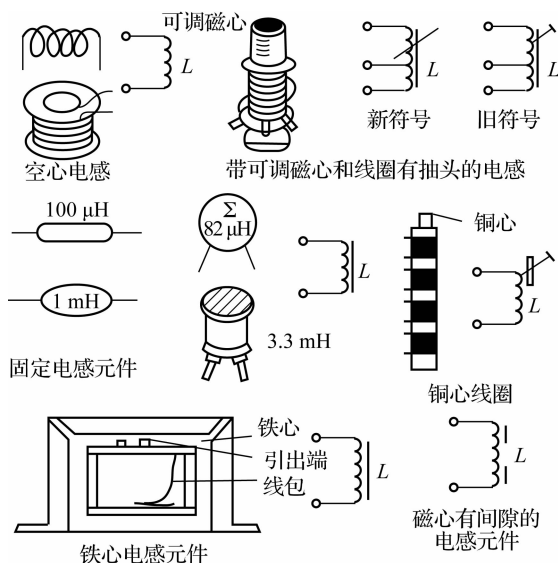
3) 微调电感器

微调电感器用于小范围地改变电感量,调整局部电路的参数。

4) 扼流圈

扼流圈,也称为阻流圈,其分为高频扼流圈和低频扼流圈两种。高频扼流圈用来阻止高频分量的通过;低频扼流圈,又称为滤波线圈,可与电容器组成滤波电路。

常见的电感器及其符号如图 1-14 所示。

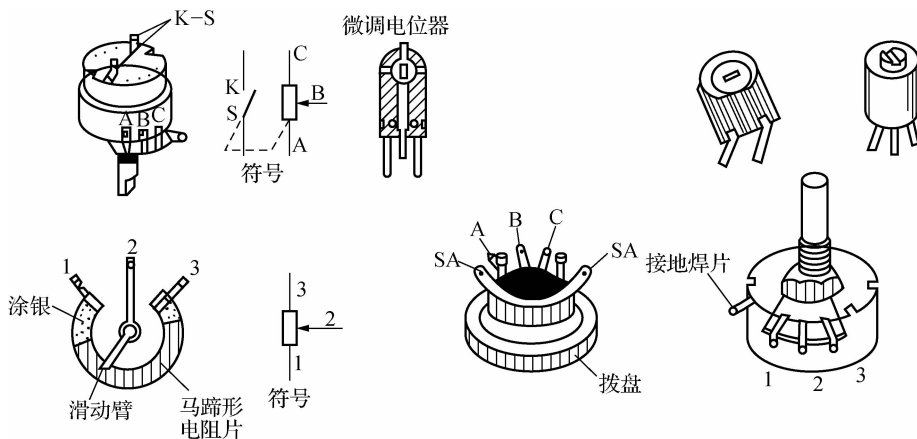


视频
常用电路元件

图 1-14 常见的电感器及其符号

(四) 电位器

电位器实际上是一种可变电阻器,是一种电阻值连续可调的电子元件。电位器通常由两个固定输出端和一个滑动抽头组成,电位器的电阻值与滑动角度一般不具有线性关系。常用电位器的外形和符号如图 1-15 所示。



动画
电位器识别

图 1-15 常用电位器的外形和符号

1. 电位器的分类与型号命名方法

1) 电位器的分类

电位器的种类和形式很多,常见的有旋转式电位器、推拉式电位器、直滑式电位器、带开关式电位器和多圈式电位器。按结构分,电位器可分为单圈电位器、多圈电位器,单联电位器、双联电位器,带开关电位器,锁紧电位器和非锁紧电位器。

2) 电位器的型号命名方法

电位器的型号一般由四部分组成,具体如图 1-16 所示。



(1)第一部分:电位器的主称,用字母“W”表示。

(2)第二部分:电位器的材料,用字母表示。

(3)第三部分:电位器的分类,用数字或字母表示。

(4)第四部分:电位器的序号。

电位器的型号命名意义见表 1-7。

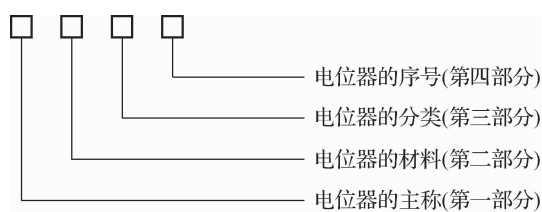


图 1-16 电位器的型号组成

表 1-7 电位器的型号命名意义

材 料		分 类	
符 号	材料名称	符 号	分类名称
H	合成膜	1	普通
I	玻璃膜	2	普通
J	金属膜	3	
N	无机实心	4	
S	有机实心	5	
T	碳膜	6	
X	线绕	7	精密
Y	氧化膜	8	
		9	特殊
		D	多圈
		W	微调

例如,“WX14”表示普通线绕电位器。

2. 电位器的参数

由于制作电位器所用的材料与相应的固定电阻器相同,因此,其主要参数的定义与相应的固定电阻器基本相同。但由于电位器上存在活动触点,因此,电位器的阻值是可调的。与固定电阻器相比,它还有以下两项参数。

1)最大电阻值和最小电阻值

每个电位器的外壳上标注的标称阻值指的是电位器的最大电阻值,即两定片之间的电阻值。最小电阻值,又称为零位电阻,由于活动触点间存在接触电阻,因此,最小电阻值不可能为零。在实际应用中,最小电阻值越小越好。

2)阻值变化特性

为了满足不同的用途,电位器阻值的变化规律不尽相同。常见的电位器阻值变化规律有三种类型,即直线式(X型)、指数式(Z型)和对数式(D型)。

3. 电位器的作用

1)用作变阻器

电位器用作变阻器时,电位器是一个二端器件,此时相当于一个可调电阻,转动电位器



转柄,改变其活动触点的位置,便可得到平滑的连续可调的电阻值。

2) 用作可分变压器

电位器用作可分变压器利用的是串联电阻分压的原理,转动电位器转柄,改变了电位器不同触点间的电阻值,从而改变了不同触点间承受的电压值。收音机中的音量调节电位器就是一个典型的例子。

(五) 二极管

1. 二极管的基本结构及分类

二极管是由一个 PN 结加上相应的电极引线及管壳封装而成的。由 P 区引出的电极称为阳极,由 N 区引出的电极称为阴极。其电路符号如图 1-17(a)所示。因为 PN 结具有单向导电性,所以由其做成的二极管具有单向导电性。二极管导通时,电流方向是由阳极通过管子内部流向阴极。



动画
PN 结的形成

二极管按材料来分,最常用的有硅管和锗管两种;按用途来分,有普通二极管、整流二极管和稳压二极管等多种;按结构来分,有点接触型二极管、面接触型二极管和硅平面型二极管三种,如图 1-17(b)所示。点接触型二极管(一般为锗管)的特点是结面积小,结电容小,允许通过的电流也小,适用于高频电路的检波或小电流的整流,也可用作数字电路里的开关元件;面接触型二极管(一般为硅管)的特点是结面积大,结电容大,允许通过的电流较大,适用于低频整流;硅平面型二极管,结面积大的可用于大功率整流,结面积小的适用于脉冲数字电路作开关管。二极管在电路中的文字符号为“VD”,常用二极管的外形如图 1-17(c)所示。

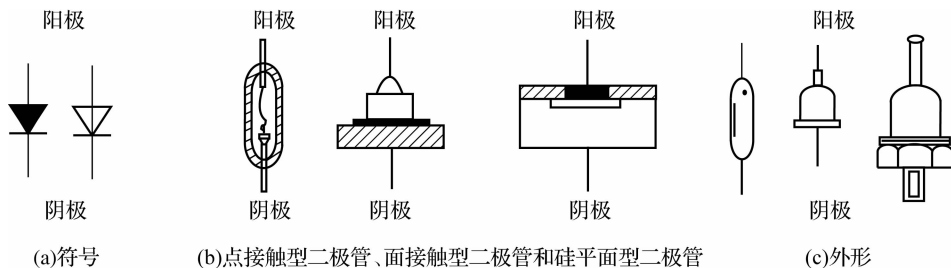


图 1-17 常用二极管的符号、结构和外形

2. 二极管的伏安特性

1) 正向特性

二极管外加正向电压很低时,正向电流几乎为零。当正向电压超过一定数值时,才有明显的正向电流,这个电压值称为死区电压。通常硅管的死区电压约为 0.5 V,锗管的死区电压约为 0.2 V。当正向电压大于死区电压时,正向电流迅速增加,曲线接近上升直线,在伏安特性的这一部分;当电流迅速增加时,二极管的正向压降变化很小。硅管的正向压降为 0.6~0.7 V,锗管的正向压降为 0.2~0.3 V。



动画
二极管的识别

二极管的伏安特性对温度很敏感,温度升高时,正向特性曲线向左移。这说明对应同样大小的正向电流,正向压降随温度升高而减小。研究表明,温度每升高 10℃,二极管正向压降减小 2 mV。



2) 反向特性

二极管加上反向电压时,形成很小的反向电流,且在一定温度下,它的数值基本维持不变。因此,当反向电压在一定范围内增大时,反向电流的大小基本恒定,而与反向电压的大小无关,故此电流称为反向饱和电流。一般小功率锗管的反向电流可达几十微安,而小功率硅管的反向电流要小得多,一般在 $0.1\ \mu\text{A}$ 以下。当温度升高时,少数载流子数目增加,使反向电流增大,特性曲线下移。在实际应用中,反向电流越小越好。

当二极管的外加反向电压大于一定数值(反向击穿电压)时,反向电流急剧增加,称为二极管的反向击穿。反向击穿电压一般在几十伏以上。

二极管的伏安特性如图 1-18 所示。

(六) 三极管

1. 三极管的基本结构和类型

半导体三极管,又称为晶体三极管、双极结型晶体管(Bipolar Junction Transistor, BJT),简称三极管。三极管是由两个 PN 结组成的。三极管的几种常见外形如图 1-19 所示。

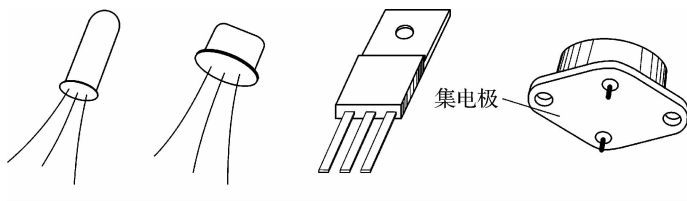


图 1-19 三极管的几种常见外形

三极管按功率大小可分为大功率管和小功率管;按电路中的工作频率可分为高频管和低频管;按半导体材料不同可分为硅管和锗管;按结构不同可分为 NPN 型管和 PNP 型管。

无论是 NPN 型还是 PNP 型,三极管都分为三个区,分别称为发射区、基区和集电区。由三个区各引出一个电极,分别称为发射极(E)、基极(B)和集电极(C),发射区和基区之间的 PN 结称为发射结,集电区和基区之间的 PN 结称为集电结,如图 1-20 所示。

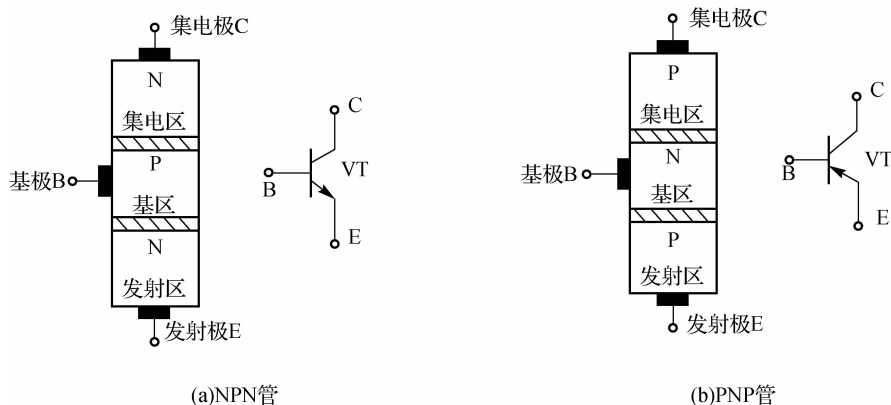


图 1-20 三极管的结构及电路符号



动画
二极管的单向
导电性演示

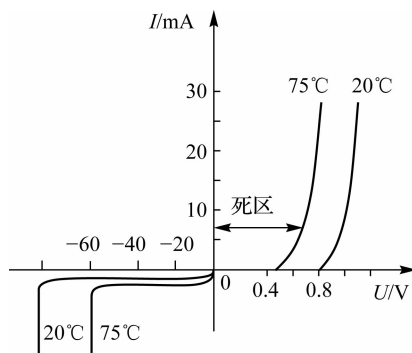


图 1-18 二极管的伏安特性

三极管在制造工艺上有如下三个特点：一是发射区掺杂浓度高于集电区掺杂浓度，集电区掺杂浓度远高于基区掺杂浓度；二是基区很薄，一般只有几微米；三是集电区的截面积大，使得发射区与集电区不可互换。正是这三个特点使得三极管具有控制和放大电流的作用。

2. 国产二极管、三极管的型号命名方法

国产二极管、三极管的型号命名方法见表 1-8。

表 1-8 国产二极管、三极管的型号命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用阿拉伯数字表示半导体器件的电极数目		用汉语拼音字母表示半导体器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示半导体器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义		
2	二极管	A	N 型锗材料	P	小信号管(普通管)		
		B	P 型锗材料	V	混频检波管		
		C	N 型硅材料	W	电压调整管和电压基准管		
		D	P 型硅材料	C	变容管		
3	三极管	A	PNP 型锗材料	Z	整流管		
		B	NPN 型锗材料	L	整流堆		
		C	PNP 型硅材料	S	隧道管		
		D	NPN 型硅材料	K	开关管		
		E	化合物材料	U	光电管		
				X	低频小功率管		
				G	高频小功率管		
				D	低频大功率管		
				A	高频大功率管		
				T	晶体闸流管		

例如，“2AP9”为 N 型锗材料小信号二极管，“3DG100C”为 NPN 型硅材料高频小功率三极管。

二、查找电气元件参数的方法

以往查找电气元件参数的常用方式是借助于书籍文献，如《半导体元件手册》《电工手册》等。其优点是资料翔实、清晰，查阅方便，查找常用元件参数简便、快捷；缺点是资料更新慢，新元件的数据较少。

互联网技术的普及，使现在查找电气元件参数可以借助网络的方式，这里又分两种方法：一种方法是到生产电气元件的厂商网站查询，特点是资料翔实、准确，不便之处是大多数资料为英文形式；另一种方法是到国内的相关电子网站查询，特点是中文资料说明，网站众多，查询方便，不足之处是



知识拓展



实践操作





有些资料不尽准确,需要多方核对。

以下是国内常用的电气元件查询网站。

(1)电子发烧友论坛:<http://bbs.elecfans.com/>。

(2)21IC 电子网:<http://www.21ic.com/>。



思考与练习

一、判断题(下列判断正确的请画“√”,错误的请画“×”)

1. P 型半导体中的多数载流子是电子。 ()
2. PN 结具有单向导电性,导通方向为 N 区指向 P 区。 ()
3. 二极管反向击穿说明管子已经损坏。 ()
4. 小电流硅二极管的死区电压约为 0.5 V,正向压降约为 0.7 V。 ()
5. 发光二极管发光时处于正向导通状态,光敏二极管工作时应加上反向电压。 ()

二、填空题

1. 半导体中的载流子有_____和_____。
2. 三极管内部的 PN 结有_____个。
3. 晶体管型号“2CZ50”表示_____。
4. PN 结的反向漏电流是由_____产生的。

三、简答题

1. 常用片状元件有哪些?与普通电气元件相比,有什么优点?
2. 举例说明二极管、三极管的型号含义。

任务二 用万用表测试常用电气元件



任务目标

学习万用表的基本使用方法;使用万用表测试电阻、电位器、电容、二极管和三极管的性能。



知识链接

在教学实验和实际生产中,经常需要对电路中所用的电气元件进行检测,以判断其质量的好坏,或测量其技术参数。万用表是电气从业人员必须掌握使用的重要仪表,其功能较为齐全,便于携带操作,是电气参数检测的重要工具。

一、万用表的基本知识

万用表是一种多功能、多量程的测量仪表。一般万用表可以测量直流电压、直流电流、交流电压、电阻和音频电平等电气参数,档次稍高的万用表还可测量交流电流、电容量、电感量及晶体管共发射极直流电流放大系数等。随着数字技术的发展,数字万用表已大量应用



于电工、电子行业的测量。下面主要讨论在教学实验、实习和生产中应用广泛的 MF47 型指针式万用表的结构原理和使用方法,然后介绍 DT-890B⁺ 型数字万用表的使用方法。

(一)MF47 型指针式万用表

MF47 型指针式万用表体积小,质量轻,便于携带,设计制造精密,测量精度高,价格偏低,且使用寿命长,受到使用者的普遍欢迎。

1. 基本结构

MF47 型万用表的基本结构分为面板、表头与表盘、测量线路和转换开关四个部分。

1) 面板

MF47 型万用表面板结构如图 1-21 所示。面板上部是表头指针、表盘。表盘下方正中是机械调零旋钮。表盘下方是转换开关、零欧姆调整旋钮和各种功能的插孔。转换开关位于面板下部正中间,周围标有该万用表的测量功能及其量程。转换开关左上角是测 PNP 和 NPN 型三极管插孔,左下角标有“+”和“-”者分别为红、黑表笔插孔。转换开关右上角为零欧姆调整旋钮,它的右下角从上到下分别是 2 500 V 交流、直流电压和 5 A 直流电流测量专用红表笔插孔。

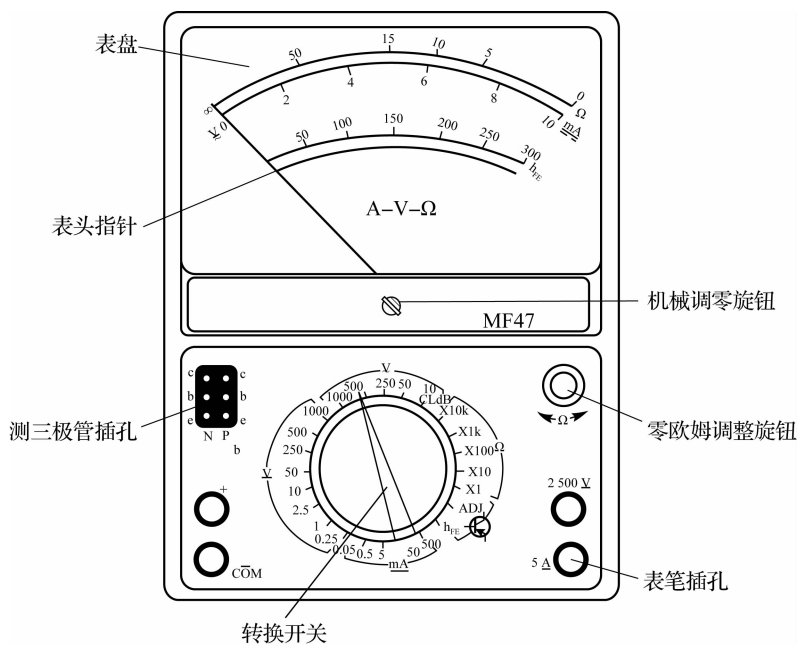


图 1-21 MF47 型万用表面板结构

2) 表头与表盘

(1) 表头。表头是一只高灵敏度的磁电式直流电流表,有“万用表心脏”之称。万用表的主要性能指标基本上取决于表头性能。表头性能参数较多,这里只介绍最常用的灵敏度和内阻。表头灵敏度指表头指针满刻度偏转时,流过表头线圈的直流电流值。这个值越小,灵敏度越高。大多数万用表表头的灵敏度在数十至数百微安,高档万用表的灵敏度可达到几微安。表头内阻指表头线圈的直流电阻。这个阻值越高,内阻越大。大多数万用表表头的内阻在数百欧至 20 kΩ。表头灵敏度越高,内阻越大,万用表性能越好。



(2)表盘。表盘除有与各种测量项目相对应的 6 条标度尺之外,还附有各种符号。正确识读标度尺和理解表盘符号、字母、数字的含义,是使用和维修万用表的基础。表盘标度尺通常有以下特点:有的标度尺的刻度是均匀的,如直流电压、直流电流和交流电压共用标度尺;有的刻度是不均匀的,如电阻、晶体管共发射极直流电流放大系数 h_{FE} 、电感、电容及音频电平标尺等。表盘示意图如图 1-22 所示,有关符号说明见表 1-9。

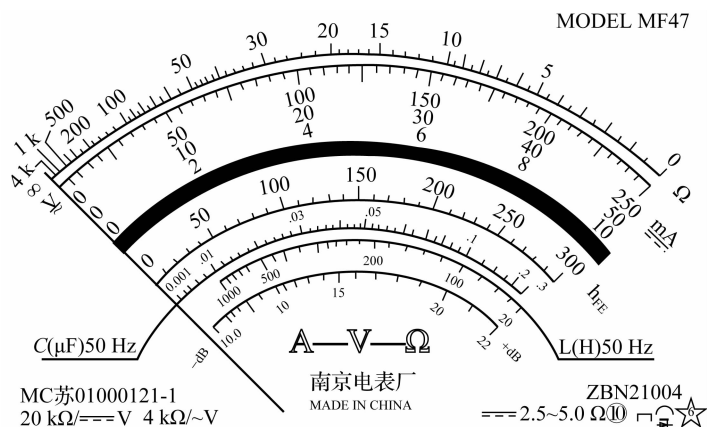


图 1-22 MF47 型万用表的表盘示意图

表 1-9 MF47 型万用表表盘上的符号说明

符号、字母、数字	意 义
MF47	M—仪表,F—多用式,47—型号
== 2.5~5.0	测量直流电压、直流电流时精度是标尺满刻度偏转的 2.5% 测量交流电压时精度是标尺满刻度偏转的 5%
	水平放置
	磁电系整流式仪表
	绝缘强度试压 6 kV
苏 01000121 - 1	江苏省仪表生产批准文号
20 kΩ/== V	测量直流电压时输入电阻为每伏 20 kΩ,相应灵敏度为 1 V/20 kΩ=50 μA
4 kΩ/~ V	测量直流电压时输入电阻为每伏 4 kΩ,相应灵敏度为 1 V/4 kΩ=250 μA

3)转换开关

万用表的转换开关由多个固定触点和活动触点构成。当活动触点与某一个、两个或三个固定触点接触时,就可接通它们所控制的测量线路,完成一定的测量功能。活动触点称为“刀”,固定触点称为“位”,因此,万用表转换开关由多刀和多位组成。

图 1-23 是 MF47 型万用表转换开关结构图。该转换开关为单层 3 刀 24 位结构,即外围有 24 个固定触点,图中已标出了它们各自的测量项目和量程。转换开关转轴上装有一块弹性簧片,其上有三个活动触点,图中分别用三个字母表示。测量时,活动触点总是紧压在固定触点上,以保证接触良好。



2. MF47 型万用表标度尺的读法

MF47 型万用表有 6 条标度尺,它们分别代表了各自的测量项目。其上又用不同的数字及单位标出了相应项目的不同量程。在均匀标度尺上读取数据时,如遇到指针停留在两条刻度线之间的某个位置,应将两刻度线之间的距离等分后再估读一个数据。在电阻标度尺上只有一组数字,为测量电阻专用。转换开关选择“ $R \times 1$ ”挡时,应在标度尺上直接读取数据。在选择其他挡位时,应乘相应倍率。例如,选择“ $R \times 1k$ ”挡时,就要对已读取的数据乘 1 000。这里要指出的是,电阻标度尺的刻度是不均匀的,当指针停留在两条刻度线之间的某位置时,估读数据要根据左边和右边刻度缩小和扩大的趋势进行,尽量减小读数误差。

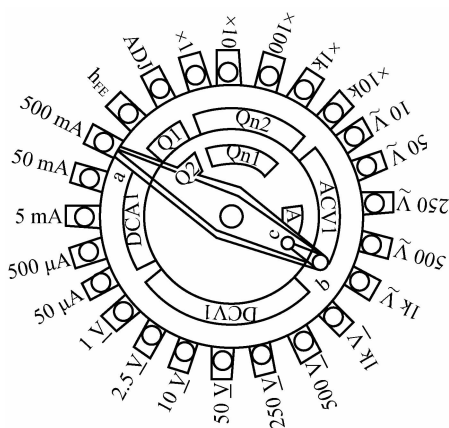


图 1-23 MF47 型万用表转换开关结构图

3. 万用表的基本使用方法

下面主要介绍用万用表测量交直流电压、直流电流、电阻等的方法。

1) 使用前的检查与调整

在使用万用表进行测量前,应进行下列检查与调整:

- (1) 外观应完好无损,当轻轻摇晃时,指针应摆动自如。
- (2) 旋动转换开关应切换灵活、无卡阻,挡位应准确。
- (3) 水平放置万用表,转动指针下面的机械调零旋钮,使指针对准标度尺左边的 0 位线。
- (4) 测量电阻前应进行欧姆调零(每换挡一次,都应重新进行欧姆调零),即将转换开关置于欧姆挡的适当位置,两支表笔短接,旋动零欧姆调整旋钮,使指针对准电阻标度尺右边的 0 位线。若指针始终不能指向 0 位线,则应更换电池。
- (5) 检查表笔插接是否正确。黑表笔应接“—”极或“*”插孔,红表笔应接“+”极。
- (6) 检查测量机构是否有效,即用欧姆挡快速碰触两表笔,指针应偏转灵敏。

2) 交流电压的测量方法与注意事项

- (1) 测量前,必须将转换开关拨到对应的交流电压量程挡。如果误用直流电压挡,那么表头指针会不动或略微抖动;如果误用直流电流挡或电阻挡,那么轻则打弯指针,重则烧坏表头。
- (2) 测量时,将表笔并联在被测电路或被测元器件两端。
- (3) 严禁在测量中拨动转换开关选择量程,在测量较高电压时更是如此,这样可以避免电弧烧坏转换开关触点。
- (4) 测电压时,要养成单手操作习惯,特别是测量较高的电压时,用高压测试棒更应如此,即预先把一支表笔固定在被测电路公共接地端(表笔带鳄鱼夹更方便),单手拿另一支表笔进行测量。测量过程中必须精力集中。
- (5) 表盘上交流电压标度尺是按正弦交流电的有效值来刻度的。如果被测电量不是正弦量(如锯齿波、方波等),误差就会很大,这时的测量数据只能做参考。

- (6) 表盘上大多数都标明了使用频率的范围,一般为 45~1 000 Hz。如果被测交流电压





的频率超过了这个范围,那么测量误差仍会增大,这时的数据只能作为参考。

(7)测交流电压时,旋转开关至“V”的位置,并选择适当的电压量程。

(8)选择量程从大到小。

(9)将两表笔分别接到被测电路的两端(红、黑表笔不分正、负),测量时使指针指示在表盘的 $1/2 \sim 2/3$ 的地方。

(10)读数:交流电压值=每格电压值 $\times$ 格数。

3)直流电压的测量方法与注意事项

直流电压的测量方法和注意事项与测量交流电压基本相同,需要注意的是不同之处如下:

(1)仍然要注意正确选择测量项目:如果误选了交流电压挡,读数就可能会偏高,也可能为零(与万用表接法有关);如果误选了电流挡或电阻挡,那么仍然会造成打弯指针或烧毁表头的后果。

(2)测量前,必须注意表笔的正、负极性,将红表笔接被测电路或元器件的高电位端,黑表笔接被测电路或元器件的低电位端。若表笔接反,则指针会反方向偏转,容易打弯。

(3)读数:电压值=每格电压值 $\times$ 格数。

电压测量的注意事项如下:

(1)测量电压时,表笔应与被测电路并联。

(2)测量直流电压时,应注意极性。若无法区分正、负极,则先将量程选在较高挡位,用表笔轻触电路。若指针反偏,则调换表笔。

(3)合理选择量程。若被测电压无法估计,则应先选择最大量程,视指针偏转情况再做调整。

(4)测量时应与带电体保持安全间距,手不得触到表笔的金属部分。测量高电压(500~2 500 V)时,应戴绝缘手套,且站在绝缘垫上使用高压测试笔进行。

4)直流电流的测量方法与注意事项

(1)万用表必须串联到被测电路中,必须先断开电路再串入万用表。如果将置于电流挡的万用表误与负载并联,那么因它的内阻很小,会造成短路而导致电路和仪表被烧毁。

(2)必须注意表笔的正、负极性,即红表笔接电路断口高电位端,黑表笔接低电位端。

(3)测量前,将转换开关拨到直流电流挡的适当量程;严禁在测量过程中拨动转换开关选择量程,以免损坏转换开关的触点,同时可避免误拨到小量程挡而撞弯指针或烧毁表头。

(4)使指针指示在表盘的 $1/2 \sim 2/3$ 的地方。

(5)读数:电流值=每格电流值 $\times$ 格数。

(6)测量较大电流时,应先断开电源再撤表笔。

5)电阻的测量方法与注意事项

(1)严禁在被测电路带电的情况下测量电阻(特别严禁用万用表直接测电池的内阻)。因为这相当于将被测电阻两端的电压引入万用表内部测量线路,导致测量误差,如果引入的电压或电流过大,那么还会损坏表头。如果被测电路中有大容量电解电容器,那么应先将该电容器正、负极短接放电,避免积存在其中的电荷通过万用表泄放,导致表头损坏。

(2)测电阻时,直接将表笔跨接在被测电阻或电路的两端。