

★ 服务热线: 400-615-1233  
★ 配套精品教学资料包  
★ www.huatengedu.com.cn



DIANGONG JISHU  
电工技术

高等职业教育电子信息系列精品教材

电工技术

高等职业教育电子信息系列精品教材

“互联网+”创新型教材

# 电工技术

程 勇 主编



将“互联网+”思维融入教材中

以二维码的形式加以展现

动画精准展现教学内容, 知识更加形象立体

微视频随时随地观看学习

策划编辑: 马子涵  
责任编辑: 李路艳  
助理编辑: 高 宇  
封面设计: 王秋实



定价: 52.00元

北京邮电大学出版社



X-B



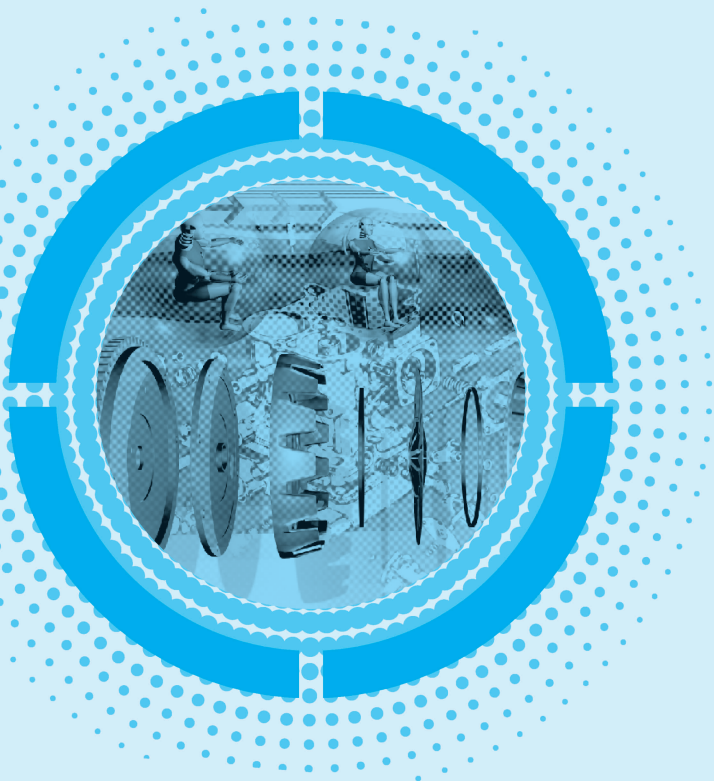
北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

高等职业教育电子信息系列精品教材

▶ “互联网+”创新型教材

# 电工技术

主 编 程 勇  
副主编 任佑平 杨 可  
王红珠 霍维容



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

## 内 容 简 介

本书立足实践和应用能力培养的原则,结合职业资格证书中电工技能要求,确定本书的项目模块和教学内容,同时结合作者多年的项目式教学和实践经验编写而成,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等。全书按照理论联系实际、循序渐进,便于教学的原则编写,注重“实训与教学”的统一协调。

本书可作为高职高专机电、计算机、电力、电子、通信及自动化等专业学习电工电子技术课程的教材或参考书,也可供相关技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工技术/程勇主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2013.8(2024.1重印)

ISBN 978-7-5635-3586-6

I. ①电… II. ①程… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 173293 号

策划编辑:马子涵 责任编辑:李路艳 封面设计:王秋实

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码:100876

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:21.25

字 数:517 千字

版 次:2013 年 8 月第 1 版

印 次:2024 年 1 月第 11 次印刷

ISBN 978-7-5635-3586-6

定 价:52.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

联系电话:010-88433760

# 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均扮演着重要角色,发挥着越来越重要的作用,掌握电工技术的实用知识已成为工科各专业学生的基本技能要求。因此,各大高校工科专业均开设了“电工技术”或类似课程。

依据教育部2012年颁布的《高等职业学校专业教学标准(试行)》文件精神,结合职业教育“以能力为本位”的指导思想,在深入开展项目式教学课改的基础上,编写本项目化教材。

党的二十大是我国关键历史节点上召开的一次具有重大政治和历史意义的大会,习近平总书记的报告高瞻远瞩、气势恢宏、振奋人心。党的二十大报告强调“统筹职业教育、高等教育、继续教育协同创新,推进职普融通、产教融合、科教融汇,优化职业教育类型定位”,并把大国工匠和高技能人才纳入国家战略人才力量。因此,职业教育中的技能型人才培养显得尤为重要。

《电工技术》作为专业基础课程,其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)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,遵循学生认知规律,紧密结合职业资格证书中电工技能要求,确定本书的项目模块和教学内容。

(2)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。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,更有利于学生实际操作能力的提高。全书共有七个项目,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等内容安排学习,使学生充分掌握电工基础知识以及电工技能的基本操作要领。

(3)为了充分体现任务引领、实践导向课程的思想,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、实用性和可操作性强的特点。

本书的参考学时如下。

课程内容	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
合计	76

本书由河南水利与环境职业学院水利职业学院程勇副教授担任主编,武昌职业学院任佑平、长江职业学院杨可、陕西航天职工大学王红珠、绵阳职业技术学院霍维容担任副主编,共同负责制定编写大纲及统筹工作,程勇负责全书统稿。刁文婧、陈楠参加了本书的编写工作。具体分工如下:项目一和项目三由程勇编写,项目二由杨可编写,项目四由任佑平编写,项目五前半部分由刁文婧编写、后半部分由陈楠编写,项目六由王红珠编写,项目七由霍维容编写。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

**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	2
一、电气元件的基本知识	2
二、查找电气元件参数的方法	18
知识拓展	18
一、特种二极管	18
二、片状元器件	19
实践操作 识别电路中的电气元件	23
思考与练习	26

**任务二 用万用表测试常用电气元件 26**

任务目标	26
知识链接	26
一、万用表的基本知识	26
二、使用万用表测试常用电气元件的方法	34
实践操作 用万用表测试常用电气元件	38
思考与练习	41

**项目二 直流电路的认识 42****任务一 建立电路模型 42**

任务目标	42
知识链接	43

一、电路与电路模型	43
二、电路的工作状态和电气设备的额定值	44
三、电流、电压及电动势	45
四、电功与电功率	50
五、电阻元件及欧姆定律	51
六、电位的概念及计算	54
七、电阻的串并联连接及等效变换	56

知识拓展	59
一、直流电桥平衡的条件	59
二、直流电桥电路的应用	60
实践操作 建立电路模型	60
思考与练习	62

**任务二 仿真验证基尔霍夫定律 63**

任务目标	63
知识链接	64
一、基尔霍夫定律	64
二、电压源与电流源及其等效变换	66
知识拓展	68
实践操作 仿真验证基尔霍夫定律	70
思考与练习	72

**任务三 仿真验证戴维南定理及叠加原理 74**

任务目标	74
知识链接	74
一、支路电流法	74
二、叠加原理	75

三、戴维南定理 .....	76
实践操作  仿真验证戴维南定理及 叠加原理 .....	78
思考与练习 .....	81

### 项目三  电工工具及测量仪表的 使用  83

#### 任务一  导线的连接  83

任务目标 .....	83
知识链接 .....	84
一、电工常用工具 .....	84
二、导线的选择和连接 .....	94
知识拓展 .....	103
实践操作  导线的连接 .....	105
思考与练习 .....	107

#### 任务二  使用兆欧表测量绝缘 电阻  107

任务目标 .....	107
知识链接 .....	107
一、绝缘电阻的概念 .....	107
二、兆欧表 .....	108
知识拓展 .....	110
实践操作  使用兆欧表测量 绝缘电阻 .....	111
思考与练习 .....	113

#### 任务三  接地电阻的测量  113

任务目标 .....	113
知识链接 .....	113
一、接地的概念 .....	113

二、接地电阻 .....	115
三、用接地摇表测量接地 电阻的方法 .....	115
实践操作  接地电阻的测量 .....	117
思考与练习 .....	118

### 项目四  一般照明电路的安装与 维护  119

#### 任务一  仿真测试 $RLC$ 串联电路  119

任务目标 .....	119
知识链接 .....	120
一、正弦交流电的基本概念 .....	120
二、正弦量的相量表示法 .....	126
三、正弦电路中的电阻元件 .....	129
四、正弦电路中的电感元件 .....	131
五、正弦电路中的电容元件 .....	133
六、电阻、电感与电容串联的 交流电路 .....	136
七、阻抗的串联与并联 .....	139
八、功率因数的提高 .....	140
九、电路的谐振 .....	145
实践操作  仿真测试 $RLC$ 串联 电路 .....	147
思考与练习 .....	149

#### 任务二  单相交流电路实验  150

任务目标 .....	150
知识链接 .....	151
一、常用电工仪表及使用 .....	151
二、单相调压器的使用 .....	160
实践操作  单相交流电路实验 .....	160

思考与练习 ..... 162

### **任务三 白炽灯电路的安装与维护 163**

任务目标 ..... 163

知识链接 ..... 163

一、白炽灯的工作原理 ..... 163

二、白炽灯的常见故障及排除方法 ..... 165

知识拓展 ..... 165

实践操作 白炽灯电路的安装与维护 ..... 166

思考与练习 ..... 169

### **任务四 日光灯电路的安装与维护 170**

任务目标 ..... 170

知识链接 ..... 170

一、日光灯的结构和工作原理 ..... 170

二、日光灯常见故障及排除方法 ..... 172

知识拓展 ..... 173

一、新型荧光灯 ..... 173

二、节能灯 ..... 173

实践操作 日光灯电路的安装与维护 ..... 174

思考与练习 ..... 176

## **项目五 三相交流电路的连接 177**

### **任务一 三相交流电路的仿真测试 177**

任务目标 ..... 177

知识链接 ..... 178

一、三相对称电动势的产生 ... 178

二、三相交流电源的连接 ..... 179

实践操作 三相交流电路的连接 ..... 181

思考与练习 ..... 183

### **任务二 三相照明电路的测量 184**

任务目标 ..... 184

知识链接 ..... 184

一、三相负载的连接 ..... 184

二、三相功率 ..... 190

实践操作 三相照明电路的测量 ..... 191

思考与练习 ..... 194

### **任务三 小型配电箱的安装与调试 194**

任务目标 ..... 194

知识链接 ..... 194

一、配电箱的作用与分类 ..... 194

二、低压配电电器 ..... 198

知识拓展 ..... 208

实践操作 小型配电箱的安装与调试 ..... 209

思考与练习 ..... 210

### **任务四 电度表的安装使用 211**

任务目标 ..... 211

知识链接 ..... 211

一、电度表 ..... 211

二、常用电度表的分类 ..... 211



三、电度表的结构 .....	212
四、电度表使用注意事项 .....	212
五、单相电度表的安装 .....	213
六、三相电度表的安装 .....	214
知识拓展 .....	215
一、认识触电 .....	216
二、触电事故的预防 .....	217
三、掌握触电现场的 抢救方法 .....	218
四、电气设备消防及灭火 .....	219
实践操作 电度表的安装使用 ..	220
思考与练习 .....	222

## 项目六 变压器的使用与维护 223

<b>任务一 用万用表判别变压器的同名端 223</b>	
任务目标 .....	223
知识链接 .....	224
一、磁与磁场 .....	224
二、磁性材料的磁性能、种类及 用途 .....	227
三、电磁感应 .....	230
四、自感与互感 .....	232
五、磁路及其基本定律 .....	237
六、交流铁心线圈电路 .....	238
七、单相变压器 .....	240
知识拓展 .....	247
实践操作 用万用表判别变压器的 同名端 .....	249
思考与练习 .....	250

## 任务二 小型变压器的故障检修 253

任务目标 .....	253
知识链接 .....	253
一、特殊变压器 .....	253
二、小型变压器参数测试及故障 检修 .....	257
实践操作 小型变压器的故障 检修 .....	260
思考与练习 .....	263

## 项目七 低压电器及三相异步电动机的控制 264

### 任务一 常用低压控制电器的故障分析与检修 265

任务目标 .....	265
知识链接 .....	265
一、主令电器 .....	265
二、接触器 .....	269
三、继电器 .....	272
知识拓展 .....	281
一、电磁铁 .....	281
二、频敏电阻器 .....	283
三、凸轮控制器 .....	284
实践操作 常用低压控制电器的 拆装 .....	286
思考与练习 .....	288

### 任务二 三相异步电动机点动控制电路的连接 289

任务目标 .....	289
------------	-----

知识链接 .....	289
一、三相交流异步电动机的结构 .....	289
二、三相交流异步电动机的工作原理 .....	292
三、三相交流异步电动机的电磁转矩和机械特性 .....	295
四、三相异步电动机的铭牌和技术数据 .....	298
五、三相异步电动机的起动和调速 .....	301
知识拓展 .....	308
实践操作 三相异步电动机点动控制电路的连接 .....	310
思考与练习 .....	311

### **任务三 三相异步电动机直接起停控制电路的连接 313**

任务目标 .....	313
知识链接 .....	313
一、三相异步电动机接触器自锁正转控制 .....	313
二、带有保护功能的接触器自锁正转控制 .....	313
知识拓展 .....	315
一、通电前检查 .....	315
二、控制电路的调试与运行 .....	315

实践操作 三相异步电动机直接起停控制线路的连接 .....	316
思考与练习 .....	317

### **任务四 三相异步电动机正反转控制电路的连接 318**

任务目标 .....	318
知识链接 .....	318
一、接触器联锁的正反转控制电路 .....	318
二、按钮联锁的正反转控制电路 .....	320
三、接触器与按钮复合联锁的正反转控制电路 .....	320
知识拓展 .....	321
一、单相异步电动机的分类 .....	321
二、单相异步电动机的工作原理 .....	321
三、单相异步电动机的正反转控制与调速 .....	322
实践操作 三相异步电动机正反转控制电路的连接 .....	323
思考与练习 .....	326

### **附录 常用电工符号 327**

参考文献 .....	331
------------	-----

# 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,所以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、特性及命名的方法;
- 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电气参数。



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,是电路中最常用的元件,电阻器在所有的电工电子设备中是必不可少的,它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( $\Omega$ ),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。

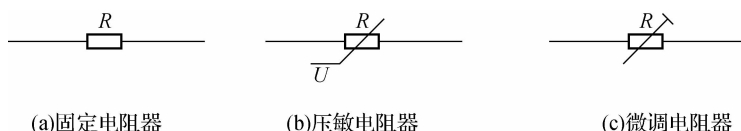


图 1-1 国家标准规定电阻器的图形符号

#### 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。电阻器的常见外形如图 1-2 所示。

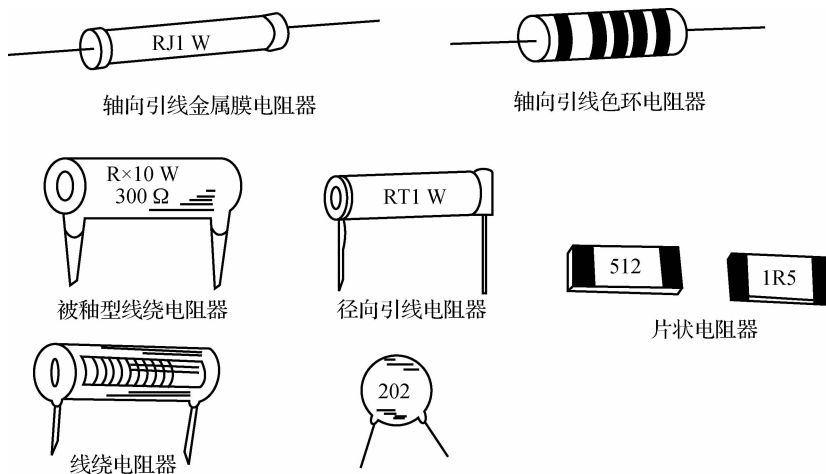


图 1-2 电阻器的常见外形

## 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:表示电阻器的导电材料,用字母表示。
  - (3) 第三部分:表示电阻器的分类,一般用数字表示,个别类型用字母表示。
  - (4) 第四部分:表示电阻器的序号,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 (电阻体材料)		第三部分(类别)		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	固定电阻器	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、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志在电阻器上,其基本单位为欧姆( $\Omega$ )。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,一般可分为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 、 $> \pm 20\%$ 四个等级。

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	$\pm 5$	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	$\pm 10$	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	$\pm 20$	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

### 2) 电阻器的额定功率

在环境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	非线性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额定功率的标志,那就是对功率没有要求,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。

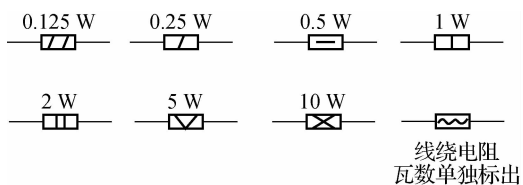


图 1-4 电阻功率的表示方式

## 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( $\Omega$ )、千欧( $k\Omega$ )和兆欧( $M\Omega$ ),允许误差用百分数表示,如  $100\Omega \pm 10\%$ 。

(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

符号两者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  $\Omega$ 、k、M 取代小数点,如“ $5\Omega 1$ ”表示  $5.1\Omega$ ,” $4k3$ ”表示  $4.3\text{k}\Omega$ ,” $9M1$ ”表示  $9.1\text{M}\Omega$ 。

电阻器的允许误差用字母表示,如 J 为  $\pm 5\%$ 、k 为  $\pm 10\%$ 、M 为  $\pm 20\%$  等。

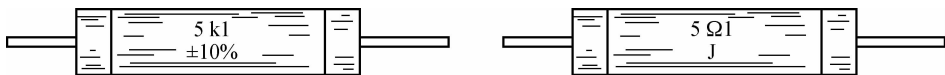


图 1-5 电阻器阻值标注的文字符号法

(3)色环标注法。小功率电阻器较多时候使用色环标注法。色环标注法使用颜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,从每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  $300\text{ }^\circ\text{C}$  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( $4\sim 300\text{ W}$ ),常用在电源电路中作限流电阻等;也可制成精密型电阻,如在万用表中作分流电阻用。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。

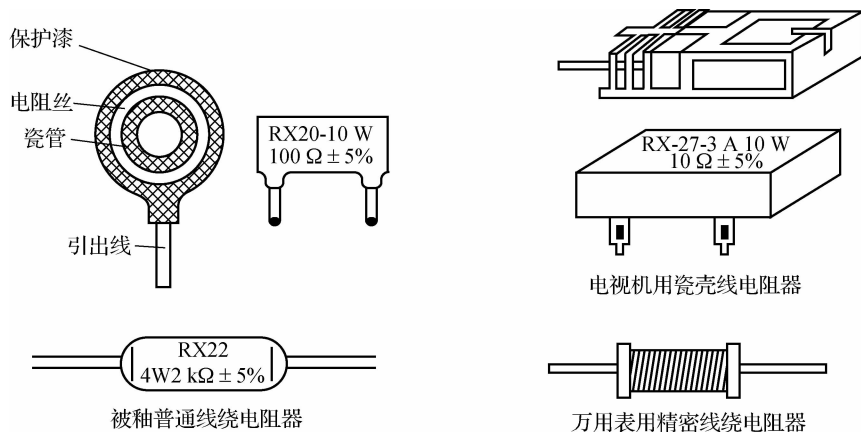


图 1-8 常用线绕电阻器的外形

(3)碳膜电阻器。碳膜电阻器是由结晶炭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℃)。改变碳膜的厚度和用刻槽的方法变更碳膜的长度,可以得到不同的阻值。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。

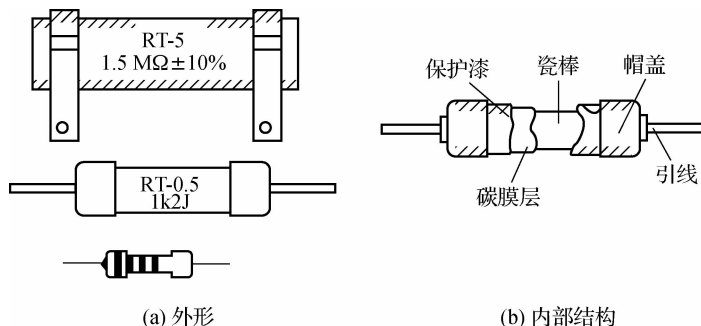


图 1-9 碳膜电阻器的外形和内部结构

(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炭,除具有碳膜电阻器的特性外,金属膜电阻器的主要特点是耐热性能好,其额定工作温度为 70℃,最高可达 155℃。与碳膜电阻器相比,金属膜电阻器的体积小、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、电子仪器等电路中,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。常用的金属膜电阻器的外形和内部结构如图 1-10 所示。

(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,一般用作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。直热式热敏电阻器是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,一个为热源电阻体,另一个为热敏电阻体。

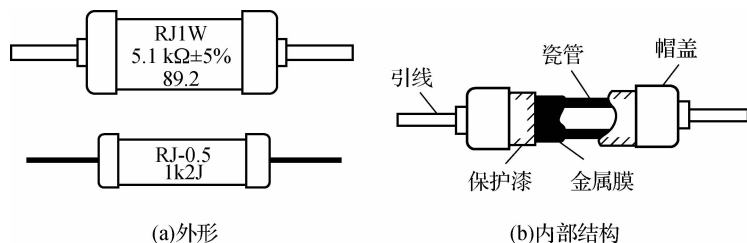


图 1-10 金属膜电阻器的外形和内部结构

(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。

## 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系列的电阻器,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,否则电阻器将会过热而损坏。

## (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作隔直流、级间耦合及滤波等,在调谐电路中和电感一起构成谐振回路。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。

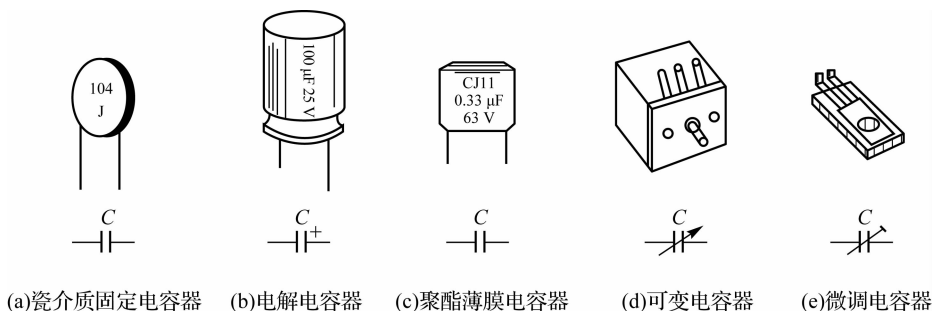


图 1-11 常用电容器的形状及图形符号

## 2) 电容器的命名方法

电容器有很多品种,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: 表示电容器的介质材料,用字母表示,具体见表 1-4。
- (3) 第三部分: 表示电容器的分类,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。
- (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	钨电解
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

电容器的容量是指电容器储存电荷的能力。常用单位有法拉(F)、微法( $\mu\text{F}$ )和皮法(pF),其换算关系为  $1\text{ F}=10^6\ \mu\text{F}=10^{12}\text{ pF}$ 。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。固定电容器的标称容量见表 1-6。

表 1-6 固定电容器的标称容量

标称值	最大误差	偏差等级	标称值(数值)
E24	$\pm 5\%$	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	$\pm 10\%$	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	$\pm 20\%$	III	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

### 2) 电容器的额定工作电压

电容器长期连续可靠工作时,两电极间最高承受的电压称为电容器的额定工作电压,简称为电容的耐压。固定电容器的直流额定工作电压等级为 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  $\mu\text{F}$  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  $\mu\text{F}$ ,”0.022”表示 0.022  $\mu\text{F}$ 。电解电容器以  $\mu\text{F}$  为单位直接标印在电容器上,如“100  $\mu\text{F}/16\text{ V}$ ”表示标称容量为 100  $\mu\text{F}$ ,耐压为 16 V。

### 2) 数码表示法

用三位数码表示容量大小,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  $10\times 10^3=10\ 000\text{ pF}$ ,”224”表示  $22\times 10^4=220\ 000\text{ pF}=0.22\ \mu\text{F}$ 。如果第三位是 9,则乘以  $10^{-1}$ ,如“339”表示  $33\times 10^{-1}=3.3\text{ pF}$ 。

### 3) 色标法

电容器的色标法与电阻器色标法大致相同,此处不再赘述。

## 4. 常用电容器介绍

### 1) 电解电容器

电解电容器是目前用得较多的大容量电容器,它的体积小、耐压高(一般耐压越高体积也就越大)。其介质为正极金属片表面上形成一层氧化膜,负极为液体、半液体或胶状的电解液。

电解电容器有正负极之分,故其只能工作在直流状态下,如果极性用反,将使漏电流剧增,在此情况下电容器将会急剧变热而损坏,甚至爆炸。生产厂家会在电容器的表面上标出

正极或负极,新买来的电解电容器,电极引脚长的一端为正极,接在电路中的高电位。

在电解电容器中,目前铝电容器用得较多,钽、铌、钛电容器相比之下漏电流小,体积小,但成本高,通常用在性能要求较高的电路中。

电解电容器常用在电源滤波、耦合、旁路等电路中。

#### 2) 云母电容器

云母电容器是用云母片作为介质的电容器,高频性能稳定,耐压高(几百伏~几千伏),漏电流小,但容量小,体积大。

#### 3) 瓷质电容器

瓷质电容器采用高介电常数、低损耗的陶瓷材料作介质,电容器的体积小、损耗小、绝缘电阻大、漏电流小、性能稳定,可工作在超高频段。但其耐压低,机械强度较差。瓷质固定电容器常用在振荡、高频等电路中。

#### 4) 玻璃釉电容器

玻璃釉电容器具有瓷质电容器的优点,但比同容量的瓷质电容器体积小,工作频带较宽,可在 125 °C 下工作。

#### 5) 纸介电容器

纸介电容器用特制的电容纸作为介质,铝箔或锡箔作为电极并卷绕成圆柱形,然后接出引线,再经过浸渍处理,用外壳封装或环氧树脂灌封而成。其特点是由于介质厚度小(一般为 6~20  $\mu\text{m}$ ),且电容纸具有较高的抗拉强度,故可卷绕成容量大、体积小的电容,容量可达 1~20  $\mu\text{F}$ 。纸介电容器电容量范围宽,工作电压高,成本低廉,但化学稳定性和热稳定性都比较差,容易老化,介质损耗大,工作温度一般在 100 °C 以下。纸介电容器吸湿性大,需要密封,不适合在高频电路中工作。目前,低值纸介电容器正被薄膜电容器所取代。

#### 6) 聚苯乙烯电容器

聚苯乙烯电容器是一种有机薄膜电容器,以聚苯乙烯为介质,用铝箔或直接在聚苯乙烯薄膜上镀上一层金属膜为电极。聚苯乙烯电容器绝缘电阻大、耐压高、漏电流小、精度高,但耐热性差,焊接时,过热会损坏电容器。

#### 7) 片状电容器

目前,片状电容器广泛用在混合集成电路、电子手表电路和计算机电路中。有片状陶瓷电容器、片状钽电容器和片状陶瓷微调电容器等。其特点是体积小、容量大。

#### 8) 独石电容器

独石电容器是以钛酸钡为主的陶瓷材料烧结而成的一种瓷介质电容器,其体积小、耐高温、绝缘性能好、成本低,多用在小型和超小型电子设备中。

#### 9) 可变电容器

可变电容器种类很多,按结构可分为单连(一组定片、一组动片)、双连(两组动片、两组定片)、三连和四连可变电容器等;按介质可分为空气介质和薄膜介质可变电容器等。其中,空气介质电容器使用寿命长,但体积大;薄膜介质电容器在动片和定片之间以云母或塑料片作介质,其体积小,重量轻。可变电容器常用在经常改变电容量的场合,如收音机的调谐和电子仪器的调频等。

在实际使用中,一般单连可变电容器用于直放式收音机的调谐电路,双连可变电容器用于超外差式收音机。图 1-13 所示为空气单连、双连可变电容器的外形及其符号。

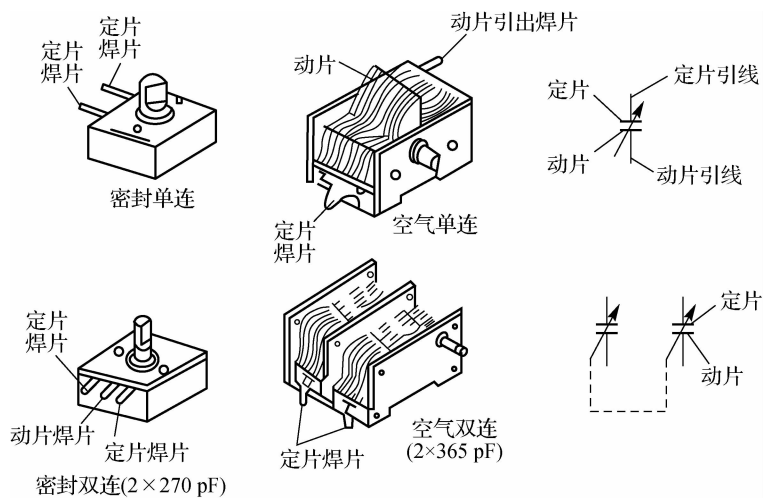


图 1-13 空气单连、双连可变电容器的外形及其符号

#### 10) 微调电容器

在电路中,微调电容器主要用在电容器需要作微调谐,调好后一般无须再变动的场合,作为补偿和校正,如振荡器等,其调节范围为几十皮法。

常用的微调电容器有有机薄膜介质微调电容器、瓷介质微调电容器、拉线微调电容器和云母微调电容器等。图 1-14 所示为几种微调电容器的外形及其符号。

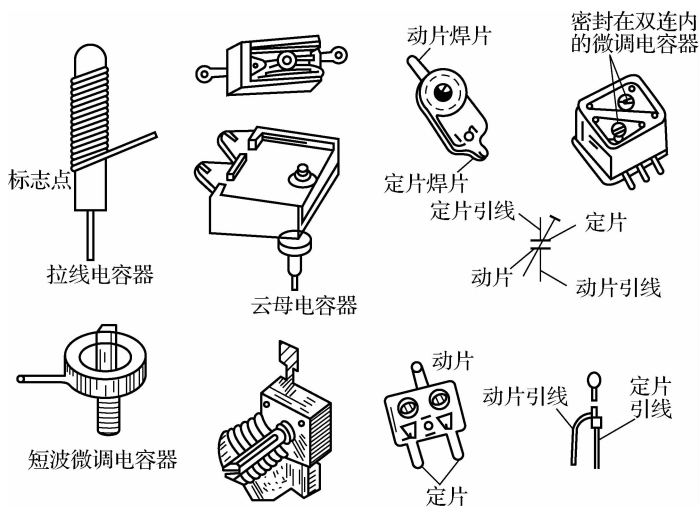


图 1-14 几种微调电容器的外形及其符号

### 5. 电容器的选用

在选用电容器时,首先要根据电路要求选择电容器的类型,在电源滤波电路中可选用电解电容器;在低频耦合、旁路电容等场合可选用纸介电容器和电解电容器;在高频电路中一般选用云母电容器和瓷介电容器。在选用电容器时,必须同时考虑它的容量和额定工作电压值。电容器的实际承受电压不超过它的额定工作电压值,一般应使工作电压低于额定工作电压值的 10%~20%。在电源滤波电路中,电容器的额定工作电压值应大于交流电压有效值的 1.42 倍。

### (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 1-15 所示为几种电感器的符号。

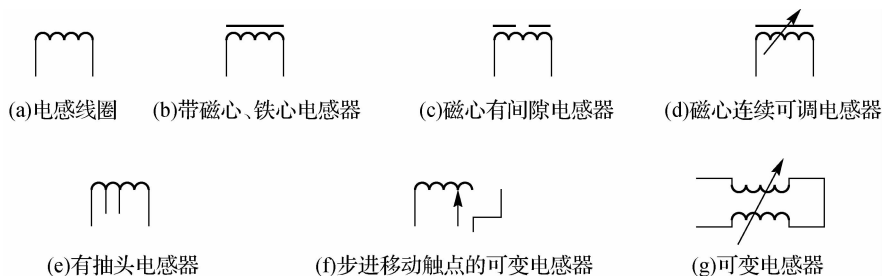


图 1-15 电感器的符号

电感器有存储磁能的作用,在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( $\mu\text{H}$ )。其换算关系为  $1\text{ H}=10^3\text{ mH}=10^6\ \mu\text{H}$ 。

##### 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Q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,因而电感器上就会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,所以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所代替,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) 固定电感线圈

固定电感线圈一般是将绝缘铜线绕在磁心上,外层包上环氧树脂或塑料。固定电感线圈体积小、重量轻、结构牢固,广泛应用在电子电路中。有立式和卧式两种,工作频率为  $10\sim 200\text{ MHz}$ 。

## 2) 可变电感线圈

可变电感线圈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线圈,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) 阻流圈

阻流圈也称为扼流圈,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,它可与电容器组成滤波电路。

常见的电感线圈及其符号如图 1-16 所示。

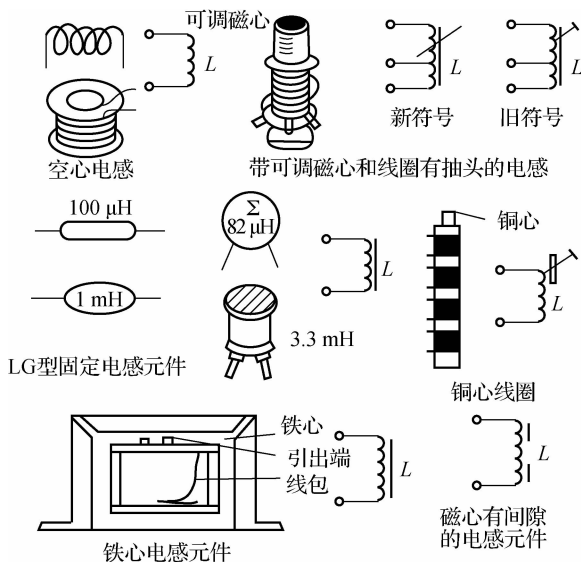


图 1-16 常见的电感线圈及其符号

## (四) 电位器

电位器实际上是一种可变电阻器,它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 1-17 所示。

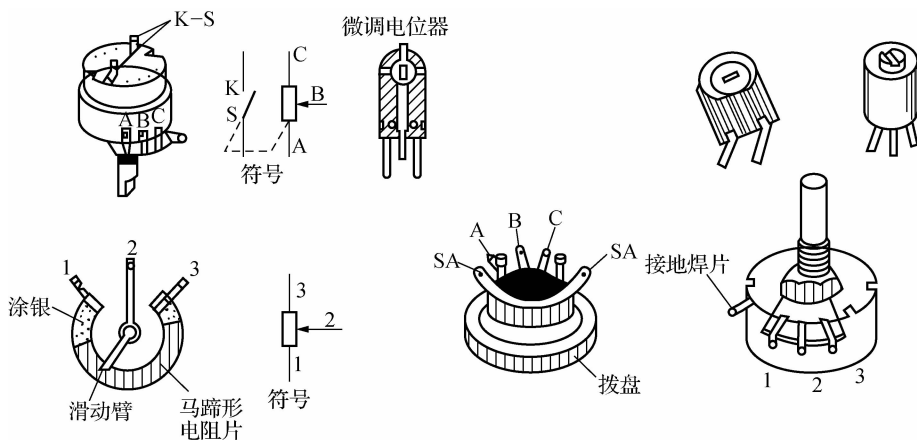


图 1-17 常用电位器的外形和符号

## 1. 电位器的分类与命名方法

### 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、推拉式、直滑式、带开关式和多圈式。按结构分,电位器可分为单圈、多圈,单联、双联,带开关,锁紧和非锁紧电位器。

### 2) 电位器的命名方法

电位器的型号一般由四部分组成,具体如图 1-18 所示。

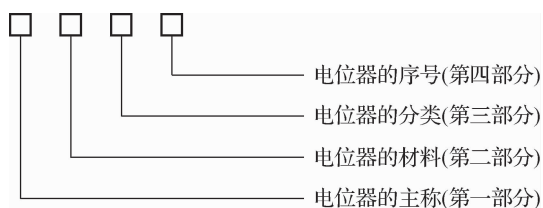


图 1-18 电位器的型号组成

(1)第一部分:电位器的主称,用字母“W”表示。

(2)第二部分:表示电位器的材料,用字母表示。

(3)第三部分:表示电位器的分类,用数字或字母表示。

(4)第四部分:表示电位器的序号。

电位器型号的命名意义见表 1-7。

表 1-7 电位器型号的命名意义

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,电位器“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电阻材料与相应的固定电阻相同,所以其主要参数的定义与相应的固定电阻也基本相同。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,和固定电阻相比,它还具有以下两项参数。

### 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也不尽相同,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,电位器是一个两端器件,此时其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可变分压的典型例子。

## (五) 二极管

### 1. 二极管的基本结构及分类

半导体二极管是由一个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,N区引出的电极称为阴极。其电路符号如图1-19(a)所示。因为PN结具有单向导电性,所以由其做成的二极管也具有单向导电性。二极管导通时,电流方向是由阳极通过管子内部流向阴极。

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、面接触型和硅平面型几种,如图1-19(b)所示。点接触型二极管(一般为锗管)的特点是结面积小,因此结电容小,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1-19(c)所示。

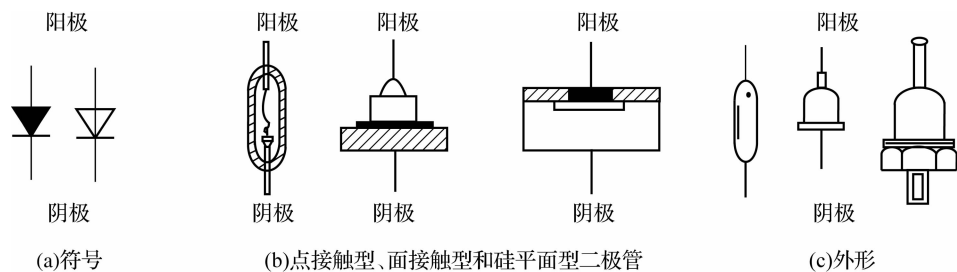


图 1-19 常用二极管的符号、结构和外形

### 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 $0.5\text{ V}$ ,锗管的死区电压约为 $0.2\text{ V}$ 。当正向电压大于死区电压后,正向电流迅速增长,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,硅管的正向压降约为 $0.6\sim 0.7\text{ V}$ ,锗管的正向压降约为 $0.2\sim 0.3\text{ V}$ 。

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,正向压降随升温而减小。研究表明,温度每升高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,二极管正向压降减小 $2\text{ mV}$ 。

## 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量基本维持不变。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,而与反向电压大小无关,故称为反向饱和电流。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,该电流越小越好。

当二极管的外加反向电压大于一定数值(反向击穿电压)时,反向电流突然急剧增加称为二极管反向击穿。反向击穿电压一般在几十伏以上。二极管的伏安特性如图 1-20 所示。

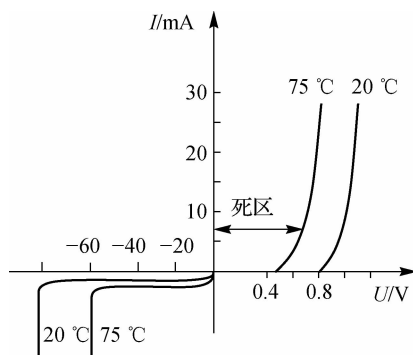


图 1-20 二极管的伏安特性

## 3) 二极管的主要参数

(1)最大整流电流  $I_{DM}$ 。最大整流电流是指二极管长期工作时,允许通过的最大的正向平均电流。

(2)最大反向电压  $V_{RM}$ 。最大反向电压是指二极管正常工作时,保证二极管不被击穿所允许的最大反向电压,通常是反向击穿电压的一半左右。

(3)反向峰值电流  $I_{RM}$ 。反向峰值电流是指在室温下,二极管加最大反向电压  $V_{RM}$  时的反向电流值,  $I_{RM}$  越小,二极管的单向导电性越好。硅管的反向电流较小,一般在几微安以下,锗管的反向电流较大,为硅管的几十到几百倍。

(4)最高工作频率  $f_m$ 。二极管在外加高频交流电压时,由于 PN 结的电容效应,单向导电作用退化。  $f_m$  是指二极管单向导电作用开始明显退化的交流信号的频率。

## (六) 三极管

### 1. 三极管的基本结构和类型

半导体三极管称为晶体三极管,又称为双极型晶体管(bipolar junction transistor, BJT)。BJT 是由两个 PN 结组成的。晶体管的几种常见外形如图 1-21 所示。

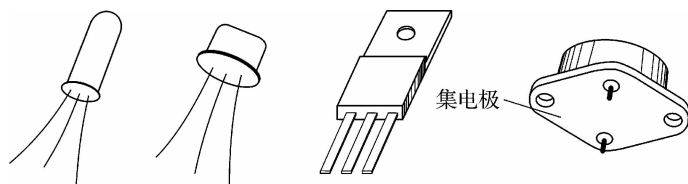


图 1-21 晶体管的几种常见外形

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 1-22 所示。

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大于集电区掺杂浓度,集电

区掺杂浓度远大于基区掺杂浓度；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。正是这三个特点使三极管具有电流控制和放大的作用。

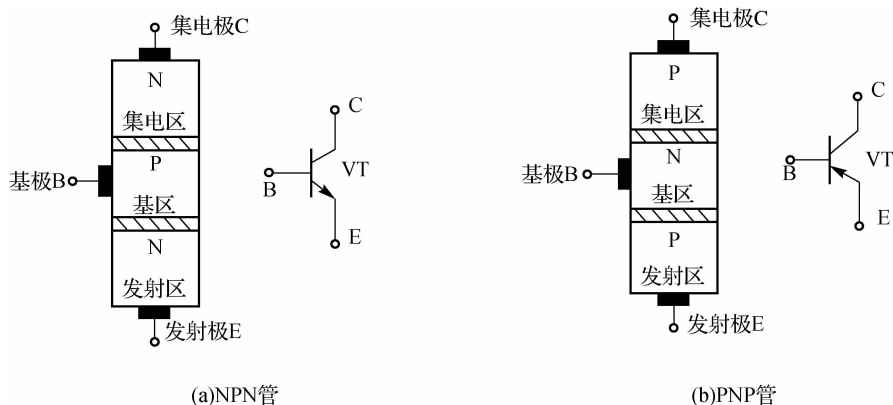


图 1-22 三极管结构图及电路符号

## 2. 国产二极管、三极管型号的命名方法

国产二极管、三极管型号的命名方法见表 1-8。

表 1-8 国产二极管、三极管型号的命名方法

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 型锗材料二极管，“3DG100C”为 NPN 型高频小功率三极管。

## 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;缺点是资料更新不够,新元件的数据较少。

由于互联网技术的普及,现在查找电气元件参数的方法更多,可以借助网络的方式,这里又分两种方法:一种方法是可以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以英文来进行解释;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。

中国电子技术论坛:<http://bbs.elecfans.com/>。

21IC 中国电子网:<http://www.21ic.com/>。

海威数据网:<http://www.highwaydata.com.cn/>。



### 知识拓展

## 一、特种二极管

### 1. 光电二极管

光电二极管又称为光敏二极管,其电路符号如图 1-23(a)所示。它的管壳上有一个玻璃窗口,以便于接受光照。其特点是,当光线照射于它的 PN 结时,可以成对地产生自由电子和空穴,使半导体中少数载流子的浓度提高。这些载流子在一定的反向偏置电压作用下可以产生漂移电流,使反向电流增加。因此,它的反向电流随光照强度的增加而线性增加,这时光电二极管等效于一个恒流源,如图 1-23(b)所示。当无光照时,光电二极管的伏安特性与普通二极管相同。

光电二极管作为光控元件可用于物体检测、光电控制、自动报警等方面。大面积的光电二极管可作为一种绿色能源,称为光电池。

### 2. 发光二极管

发光二极管是一种将电能直接转换成光能的光发射器件,简称 LED。它是由镓、砷、磷等元素的化合物制成,其电路符号如图 1-24 所示。这些材料构成的 PN 结加上正向电压时,就会发出光来,发光的颜色取决于制造所用的材料。

发光二极管的伏安特性和普通二极管相似,死区电压为 0.9~1.1 V,其正向工作电压为 1.5~2.5 V,工作电流为 5~15 mA。反向击穿电压较低,一般小于 10 V。

发光二极管的驱动电压低,工作电流小,具有很强的抗振动和抗冲击能力,体积小,可靠性高,耗电少,寿命长,广泛用于信号指示等电路中。

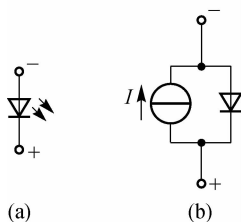


图 1-23 光电二极管



图 1-24 发光二极管符号

## 二、片状元器件

片状元器件属于无引线或短引线的新型微型电子元件,是表面组装技术(surface mounted technology, SMT)的专用元器件(又称为表面组装元器件)。片状元器件可分为片状无源器件、片状有源器件和片状组件三类。片状无源器件包括片状电阻器、片状网络电阻器、片状热敏电阻器、片状电位器、片状电容器、片状微调电容器和片状电感器等。片状有源器件包括片状二极管、片状开关二极管、片状快恢复二极管、片状稳压二极管、片状三极管和片状场效应管等。由于片状元器件采用表面安装技术,无须在印刷电路板上打孔,能实现印刷电路板上印刷线条的高密度化。片状元器件体积小,重量轻,无引线或引线短,可靠性高,耐振动冲击,抗干扰性好,易于实现半自动化和自动化的低成本、高密度组装,其焊点失效率达到百万分之十以下;利用片状贴装工艺可使电子线路的工作频率提高到 3 000 MHz(通孔插装的为 500 MHz),而且能够有效地降低寄生参数,有利于提高设备的高频特性和工作速度;片状元器件产品的器件形状、尺寸精度和一致性高,大部分可编带包装,有利于提高生产装配效率,且能够从根本上解决元器件与整机间的共存可靠性问题。因此,片状元器件在家用电器、仪器仪表、通信器材和个人计算机中得到了广泛应用。

### 1. 片状电阻器

#### 1) 片状电阻器的封装外形

片状电阻器又称为表面组装电阻器。片状电阻器按封装外形,可分为矩形和圆柱形两种。

矩形片状电阻器按制造工艺可分为厚膜型(RN 型)和薄膜型(RK 型)两大类。矩形片状电阻器一般是用厚膜工艺制作的,在一个高纯度氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 96%)基底平面上网印二氧化钌( $\text{RuO}_2$ )电阻浆来制作电阻膜,改变电阻浆料成分或配比,就能得到不同的电阻值,也可以用激光在电阻膜上刻槽微调电阻值,然后再印刷玻璃浆覆盖电阻膜,并烧结成釉保护层,最后把基片两端做成焊端,如图 1-25(a)所示。

如图 1-25(b)所示,圆柱形片状电阻器(MELF)可以用薄膜工艺来制作,在高铝陶瓷基柱表面溅射镍铬合金膜或碳膜,在膜上刻槽调整电阻值,两端压上金属焊端,再涂覆耐热漆形成保护层并印上色环标志。圆柱形片状电阻器主要有碳膜 ERD 型、金属膜 ERO 型及跨接用的  $0 \Omega$  电阻器三种。

#### 2) 片状电阻器的外形尺寸

片状电阻器是根据其外形尺寸的大小划分成几个系列型号的,欧美产品大多采用英制系列,日本产品大多采用公制系列,我国这两种系列均有使用。无论哪种系列,系列型号的前两位数字表示元件的长度,后两位数字表示元件的宽度,如图 1-26 所示。例如,公制系列“3216”(英制“1206”)的矩形片状电阻器,长  $L=3.2 \text{ mm}$  (0.12 in),宽  $W=$

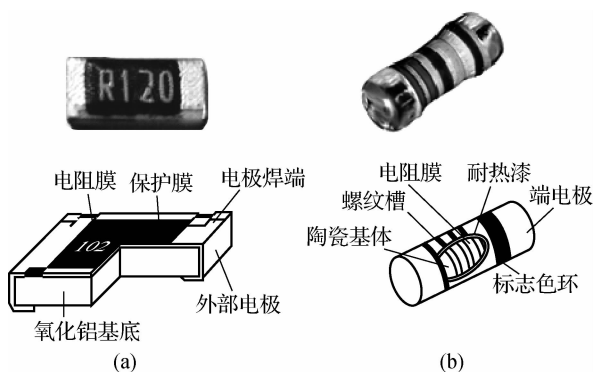


图 1-25 片状电阻器的外形及结构

1.6 mm(0.06 in)。并且,系列型号的发展变化也反映了片状元件的小型化进程。

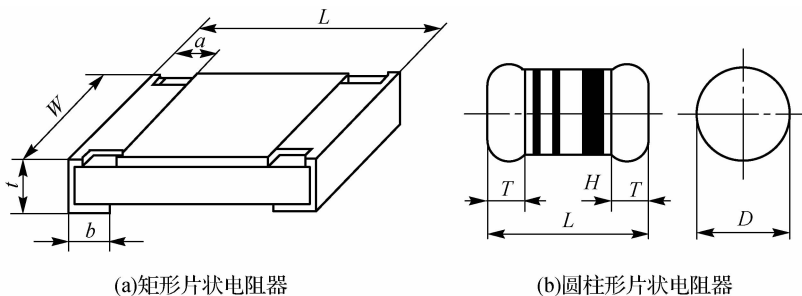


图 1-26 片状电阻器的外形尺寸

### 3) 片状电阻器标称数值的标注

从电子元件的功能特性来说,片状电阻器的参数数值系列与传统插装元件的差别不大,标准的标称数值系列有 E6(电阻值允许误差±20%)、E12(电阻值允许误差±12%)、E24(电阻值允许误差±5%),精密元件还有 E48(电阻值允许误差±2%)、E96(电阻值允许误差±1%)等几个系列。

1005、0603 系列片状电阻器,元件表面不印刷它的标称数值(参数印在编带的带盘上);3216、2012、1608 系列的标称数值一般用印在元件表面上的三位数字表示(E24 系列),前两位数字是有效数字,第 3 位是倍率乘数(有效数字后所加“0”的个数)。例如,电阻器上印有“114”,表示电阻值为 110 kΩ;表面印有“5R6”,表示电阻值为 5.6 Ω;表面印有“R39”,表示电阻值为 0.39 Ω;跨接电阻采用“000”表示。

圆柱形片状电阻器用三位、四位或五位色环表示阻值的大小,每位色环所代表的意义与通孔插装色环电阻完全一样。例如,五位色环电阻器从左至右第一位色环是绿色,其有效值为 5;第二位色环为棕色,其有效值为 1;第三位色环是黑色,其有效值为 0;第四位色环为红色,其乘数为 10<sup>2</sup>;第五位色环为棕色,其允许误差为±1%。则该电阻的阻值为 51 000 Ω(51.00 kΩ),允许误差为±1%。片状电阻器标识的含义如图 1-27 所示。

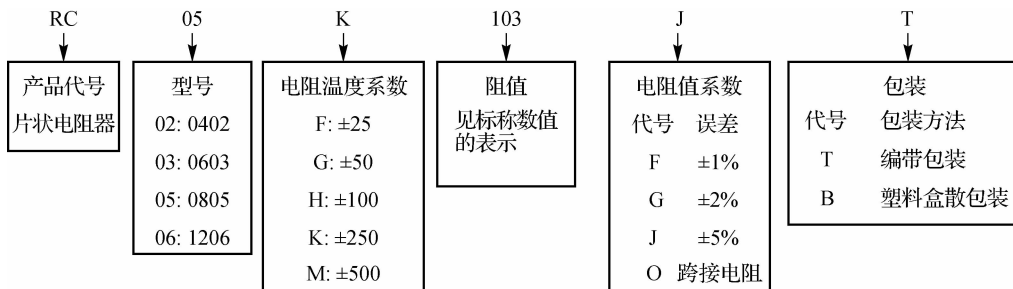


图 1-27 片状电阻器标识的含义

### 4) 片状电阻器的主要技术参数

虽然片状电阻器的体积很小,但它的数值范围和精度并不差。3216 系列的阻值范围是 0.39 Ω~10 MΩ,额定功率可达到 1/4 W,允许误差有±1%、±2%、±5%和±10%四个系列,额定工作温度上限是 70 ℃。

## 2. 片状电位器

片状电位器又称为表面组装电位器。它包括片状、圆柱状、扁平矩形结构等各种类型。标称阻值为  $10^2 \sim 10^6 \Omega$ ，阻值允许误差为  $\pm 25\%$ ，额定功耗系列有 0.05 W、0.1 W、0.125 W、0.2 W、0.25 W、0.5 W。表面组装电位器的阻值变化规律为线性。

片状电位器有下列几种常见结构。

(1) 敞开式结构。敞开式电位器的结构如图 1-28 所示。它又分为直接驱动簧片结构和绝缘轴驱动簧片结构。这种电位器无外壳保护，灰尘和潮气易进入产品，对性能有一定影响，但价格低廉。

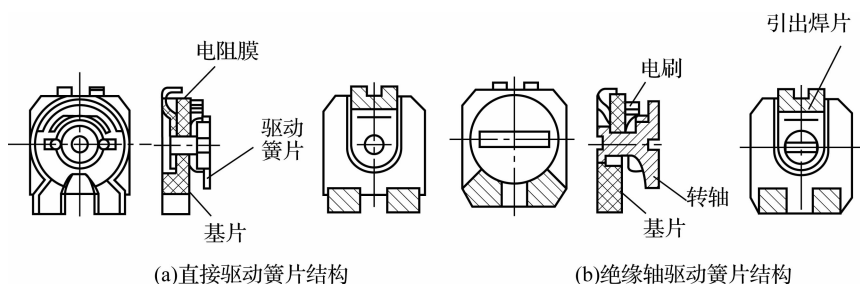


图 1-28 敞开式电位器的结构

(2) 防尘式结构。防尘式电位器的结构如图 1-29 所示。这种电位器有外壳或护罩，灰尘和潮气不易进入产品，性能好，多用于高性能电子整机和高档消费类电子产品中。

(3) 微调式结构。微调式电位器的结构如图 1-30 所示。属精细调节型电位器，性能好，但价格昂贵，多用于高性能电子整机中。

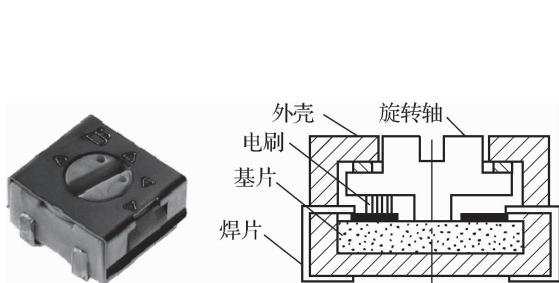


图 1-29 防尘式电位器的结构

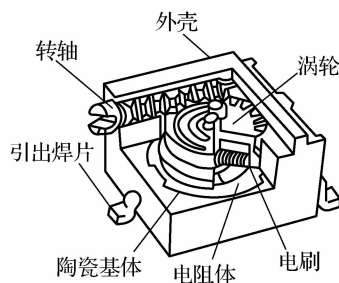


图 1-30 微调式电位器的结构

(4) 全密封式结构。全密封式结构的电位器有圆柱形和扁平矩形两种形式，具有调节方便、可靠、寿命长的特点。圆柱形电位器分为顶调和侧调两种，如图 1-31 所示。

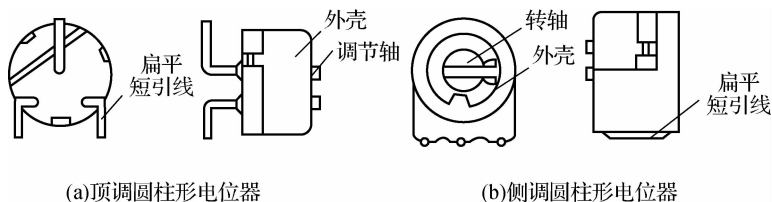


图 1-31 全密封式电位器的结构