



高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

电工与电子技术

主 编 方 彦
副主编 安培成
主 审 孙津平



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

电工与电子技术

主 编 方 彦

副主编 安培成

主 审 孙津平

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是作者在多年教学经验的基础上,根据高职教育的基本要求编写的。它整合了电工基础与电子技术(包括模拟电子技术和数字电子技术)。全书力求体现电类专业对电路、电子技术理论知识的要求,在保证基本概念和基本理论的同时,突出知识的实用性,加强对能力的培养。

全书共分三篇。第一篇为电工基础,内容有电路和电路元件、电路分析基础、正弦交流电路、三相交流电路、线性动态电路的分析、磁路与变压器。第二篇为模拟电子技术,内容有半导体器件基础、基本放大电路、集成运算放大电路及其应用、稳压电源。第三篇为数字电子技术,内容有逻辑代数基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲产生与变换电路及数/模与模/数转换电路。

本书可作为高职院校电类专业的教科书,也可作为自学考试和从事电子技术工作的工程技术人员的学习用书。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/方彦主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2010.6

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2434-1

I. ①电… II. ①方… III. ①电工技术-高等学校:技术学校-教材

②电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 099836 号

策 划 马乐惠

责任编辑 杨宗周 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 16.5

字 数 386千字

印 数 1~3000册

定 价 24.00元

ISBN 978-7-5606-2434-1/TM·0066

XDUP 2726001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

编委会名单

主任委员：唐政平

副主任委员：周 雪 白乃平 王 瑛 郭宗智 张慧玲

委 员：(按姓氏笔画排列)

马安良 方 彦 冯彦炜 毕恩兴 朱晓红

张凌云 肖志锋 吴生有 苏生荣 郭宗智

郭继文 程民利

前 言

本书是由电工基础和电子技术(包括模拟电子技术和数字电子技术)整合而成的一本教材。电工基础和电子技术是高职院校电类专业的一门必修的专业基础课。由于学时数的限制等多方面的原因,以往的相关教材显得篇幅过于庞大,内容分散,容易造成学生负担过重。为此,我们按照少学时的要求,编写了本书。本书可作为高职院校电类专业的教科书,也可作为自学考试和从事电子技术工作的工程技术人员的自学用书。

本书的编写融入了编者大量的教学实践经验,为了有效地实现课程的整合,对相关课程进行了大幅度改革,从内容的选取和衔接、例题和习题的选定到重点难点的体现,我们都做了大量的工作,最终形成了一定的编写原则:

- (1) 保证基础,加强概念,培养思路;
- (2) 精选内容,主次分明;
- (3) 图文并茂,例题和习题精选,便于自学。

本书由西安铁路职业技术学院方彦老师担任主编,陕西省机电学校安培成老师担任副主编。第1、7、9、11、13章和附录1、2由方彦编写,第4、10、14和15章由安培成编写,第3、5和12章由陕西省电子学校高赋编写,第2、6章由西安铁路职业技术学院丁洪芬编写,第8章由西安铁路职业技术学院牛宏亮编写。牛宏亮在电子图的绘制中给予了很大帮助。

本书承蒙孙津平副教授审稿。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2010年3月

目 录

第一篇 电 工 基 础

第 1 章 电路和电路元件	3
1.1 电路和电路的基本物理量	3
1.2 电阻、电感和电容元件	7
1.3 独立电源元件	12
本章小结	16
习题 1	16
第 2 章 电路分析基础	19
2.1 基尔霍夫定律	19
2.2 叠加定理	21
2.3 戴维南定理	22
2.4 最大功率传输定理	23
本章小结	24
习题 2	25
第 3 章 正弦交流电路	27
3.1 正弦量的三要素	27
3.2 正弦量的相量表示方法	30
3.3 电阻、电感及电容元件上电压和电流关系的相量形式	31
3.4 简单正弦交流电路的计算	36
3.5 交流电路的功率及功率因数	39
3.6 RLC 电路中的谐振	43
本章小结	46
习题 3	47
第 4 章 三相交流电路	50
4.1 三相交流电源	50
4.2 三相电路计算	52
本章小结	59
习题 4	60
第 5 章 线性动态电路的分析	63
5.1 过渡过程及换路定律	63
5.2 一阶 RC 电路的过渡过程	66
5.3 一阶电路的全响应	72
本章小结	75
习题 5	75

第 6 章 磁路与变压器	78
6.1 磁路的基本概念	78
6.2 铁磁材料	80
6.3 变压器	81
本章小结	88
习题 6	89

第二篇 模拟电子技术

第 7 章 半导体器件基础	93
7.1 半导体基础知识	93
7.2 半导体二极管	96
7.3 晶体三极管	100
7.4 场效应管	105
本章小结	107
习题 7	108
第 8 章 基本放大电路	111
8.1 共发射极基本放大电路	111
8.2 多级放大电路	117
本章小结	119
习题 8	119
第 9 章 集成运算放大电路及其应用	124
9.1 集成运算放大电路的基本组成	124
9.2 集成运算放大电路的基本特性	129
9.3 放大电路的反馈	131
9.4 集成运放在模拟信号运算方面的应用	135
9.5 集成运放在幅值比较方面的应用	141
本章小结	143
习题 9	144
第 10 章 稳压电源	148
10.1 整流电路	148
10.2 滤波电路	152
10.3 稳压电路	155
本章小结	159
习题 10	160

第三篇 数字电子技术

第 11 章 逻辑代数基础	165
11.1 数字电路及其特点	165
11.2 逻辑门电路	166

11.3 逻辑代数的基本公式、定律和规则	174
11.4 逻辑函数的化简	175
本章小结	179
习题 11	180
第 12 章 组合逻辑电路	182
12.1 组合逻辑电路的分析	182
12.2 组合逻辑电路的设计	184
12.3 常见组合逻辑器件	186
本章小结	201
习题 12	201
第 13 章 时序逻辑电路	203
13.1 触发器	203
13.2 时序逻辑电路的分析方法	214
13.3 常见时序逻辑电路	215
本章小结	226
习题 13	227
第 14 章 脉冲产生与变换电路	232
14.1 555 集成定时器	232
14.2 用 555 集成定时器构成的脉冲电路	233
14.3 555 集成定时器典型实例	235
本章小结	237
习题 14	237
第 15 章 D/A 与 A/D 转换电路	239
15.1 D/A 转换器	239
15.2 A/D 转换器	242
本章小结	246
习题 15	246
附录 1 半导体器件型号组成部分的符号及其意义	248
附录 2 RLC 的标示	249
参考文献	254

第一篇

电 工 基 础



第1章 电路和电路元件

电工电子技术的应用离不开电路知识。本章主要介绍电路的基本概念和一些常用的电路元件,其中包括电阻、电感、电容元件和独立电源元件等,介绍它们的基本特性和电路模型,为学习电路分析打下基础。

1.1 电路和电路的基本物理量

1.1.1 电路

在现代社会中,电工电子技术的应用已经非常普及,特别是空调与制冷行业,大到中央空调机组、冰柜和冷库,小到家用冰箱,从电动机的起动到控制和保护,都离不开电工与电子技术的应用。

为了实现某种应用目的,就需要将一些元器件按一定的方式互相连接,组成电路。例如冰箱中的照明电路是由电源、小灯泡和控制开关用导线互相连接而成的。

因此,电路是由各种元器件为实现某种应用目的、按一定方式连接而成的整体,其特征是提供了电流流动的通道。复杂的电路亦可称之为网络。由于电的应用非常广泛,因此电路的形式也是多种多样、千变万化的,有长达数千千米的电力线路,也有小到只有几微米的集成电路。

根据电路的作用,电路可分为两类:

一类用于实现电能的传输和转换。例如照明电路是将电能由电源经导线传输到照明灯,照明灯将电能转换为光能;动力电路是将电能由电源经导线传输到电动机,电动机将电能转换为机械能。将电能转换为其他形式的能量的元器件或设备统称为负载。因此,电路都是由电源、负载和导线等三个基本部分组成。此类电路的电压较高,电流和功率较大,习惯称之为“强电”电路。

另一类用于进行电信号的传递和处理。通过电路把施加的信号(称为激励)转换成所需要的输出信号(称为响应)。例如收音机中的调谐电路,它可以从发射台发出的不同信号中选出所需要的信号。此类电路的电压较低,电流和功率较小,习惯称之为“弱电”电路。

根据电源提供的电流种类不同,电路还可以分为直流电路和交流电路两种。

综上所述,电路主要由电源、负载和传输环节等三部分组成,如图1-1所示;电源是提供电能或输入信号的设备,负载是消耗电能或输出信号的设备;电源与负载之间通过传输环节相连接。为了保证电路按不同的需要完成工作,在电路中还需加入适当的控制元件,如开关、主令控制器等。

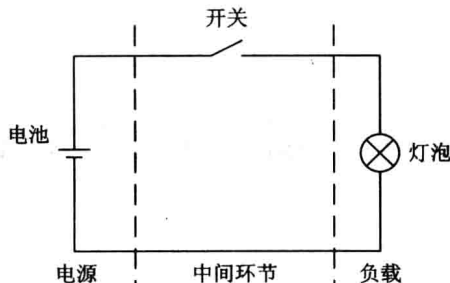


图 1-1 电路的组成

1.1.2 电路元件和电路模型

1. 电路元件

用于组成电路的电工、电子设备或元器件统称为实际电路元件，简称为实际元件。用实际元件组成的电路称为实际电路。实际电路种类很多，各具有其特性和用途。

一个实际元件往往呈现出多种物理性质，例如一个用导线绕成的线圈，当有电流通过时不仅产生磁通，形成磁场，而且还会消耗电能。可以看出，线圈不仅具有电感性质，而且具有电阻性质。不仅如此，线圈的匝与匝之间还存在分布电容，具有电容性质。因此直接分析由实际元件组成的电路是比较复杂的。为了便于分析和数学描述，常常在一定条件下对实际元件理想化，如用来表征将电能转换为热能现象的叫电阻器，用来表征电场储能现象的叫电容器，用来表征磁场储能现象的叫电感器等。

一种实际元件在一定条件下，常忽略其他次要现象只考虑起主要作用的电磁现象，也就是用理想元件来替代实际元件的模型，这种模型称之为电路元件，又称理想电路元件。它实际是一种数学模型。例如上面所述的线圈，如果忽略其电阻和电容性质，就成为只具有电感性质的元件，称为理想电感元件。

2. 电路模型

如图 1-2 所示，用一个或几个理想电路元件构成的模型去模拟一个实际电路，模型中出现的电磁现象与实际电路中的电磁现象十分接近，这个由理想电路元件组成的电路称为电路模型。也就是说，由理想电路元件组成的电路模型与实际电路是等效的，因此又称为等效电路。

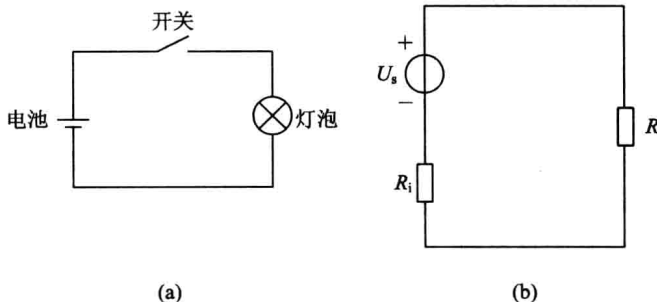


图 1-2 电路模型

建立电路模型给实际电路的分析带来了很大的方便，是研究电路问题的常用方法。

1.1.3 电流、电压及其参考方向

1. 电流及其参考方向

电路中带电粒子在电源作用下作有规则移动形成电流。金属导体中的带电粒子是自由电子，半导体中的带电粒子是自由电子和空穴，电解液中的带电粒子是正、负离子，因此电流既可以是负电荷，也可以是正电荷。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的实际方向。为了衡量电流的大小，把单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度。或者说，该电荷对时间的变化率称为电流强度，简称为电流。即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

在国际单位制(SI)中，电荷 q 的单位为库仑(C)，时间 t 的单位为秒(s)，电流 i 的单位为安培，简称安(A)。

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

当电流较小时，可用毫安(mA)或微安(μA)作单位，其中

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

电流是一个既有大小又有方向的物理量。如果电流的大小和方向都不随时间变化，则称为直流电流(Direct Current, DC)，用大写字母 I 表示。

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

式中， q 是指在 t 时间内通过导体横截面 S 的电荷量。

如果电流的大小和方向都随时间变化，则称为交流电流(Alternating Current, AC)，用小写字母 i 表示。

在分析电路时往往不能事先确定电流的实际方向，而交流电流的实际方向又随时间不断变化，因此在电路中很难标明电流的实际方向。为此，引入电流参考方向这一概念。

参考方向的选择具有任意性，在电路中通常用实线箭头或双下标表示。规定：若电流的实际方向与所选的参考方向一致，则电流为正值，即 $i > 0$ ，如图 1-3(a)所示；若电流的实际方向与所选的参考方向相反，则电流为负值，即 $i < 0$ ，如图 1-3(b)所示。这样，电流就成为一个具有正负的代数量。

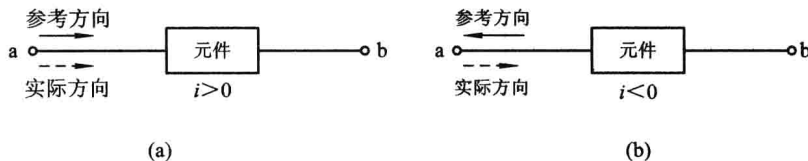


图 1-3 电流的参考方向与实际方向

(a) $i > 0$; (b) $i < 0$

图 1-3(a)中电流参考方向是从 a 到 b，用双下标法表示为 i_{ab} ；图 1-3(b)中电流参考方向是从 b 到 a，表示为 i_{ba} 。可见，对于同一电流，参考方向选择不同，其数值互为相反数，即

$$i_{ab} = -i_{ba} \quad (1-3)$$

2. 电压及其参考方向

电路中任意两点 a、b 之间的电压从量值上等于电场力由 a 点移动单位正电荷到 b 点所作的功，即

$$U_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1-4)$$

式中 dW 为电场力所作的功，单位是焦耳(J)； dq 为电荷量，单位是库仑(C)；电压 U 的单位是伏[特]，简称伏(V)。电压也有直流电压和交流电压之分，分别用符号 U 和 u 表示。

将电路中任一点作为参考点，把 a 点到参考点的电压称为 a 点的电位，用符号 V_a 表示。电路中 a、b 两点间的电压与该两点电位有以下关系：

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-5)$$

今后如未说明，通常选接地点作参考点，并且参考点电位为零。

引入电位概念后，两点间电压的实际方向即由高电位指向低电位。

电压参考方向的选择同样具有任意性，在电路中常用“+”、“-”表示，也可用双下标或实线箭头表示。电压正负值的规定与电流一样。

注意，今后在求电压、电流时，必须事先规定好参考方向，否则求出的值无意义。而且为了分析方便，通常将某元件上电压、电流参考方向选为一致，即电流的参考方向由电压的“+”指向“-”，这样选定的参考方向称为关联参考方向，简称关联方向。

3. 电功率

电能对时间的变化率即电功率，简称功率。用 p 或 P 表示。单位是瓦(W)。功率的表达式为

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-6)$$

应用上式计算元件功率时，首先需要判断 u 、 i 的参考方向是否为关联方向，若为关联，则 $p = ui$ ；否则 $p = -ui$ 。计算结果若 $p > 0$ ，表明元件实际消耗功率；若 $p < 0$ ，表明元件发出功率。若为非关联，结果刚好相反。

例 1-1 求图 1-4 中所示负载 N 所吸收的功率。

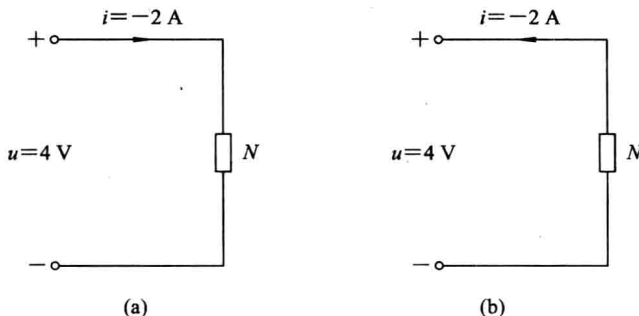


图 1-4 例 1-1 图

解 (a) 因为 u 、 i 关联，则

$$p = ui = -2 \times 4 = -8 \text{ W}$$

-8 W 功率，即负载 N 发出 8 W 功率。

(b) 因为 u 、 i 非关联，则

$$p = -ui = -(-2) \times 4 = 8 \text{ W}$$

8 W 功率, 即负载 N 吸收 8 W 功率。

例 1-2 在图 1-5 所示的电路中, 已知负载 N 吸收功率 10 W, 负载两端电压为 5 V, 求电流 I 。

解 因为非关联, 负载 N 吸收功率 10 W, 即 $P = -10 \text{ W}$ 。

$$P = -UI$$

$$\text{则 } I = -\frac{P}{U} = -\frac{-10}{5} = 2 \text{ A}$$

说明 I 与参考方向一致。

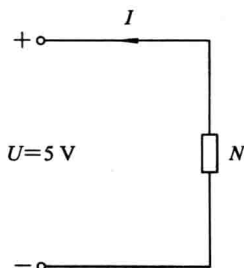


图 1-5 例 1-2 图

1.2 电阻、电感和电容元件

1.2.1 电阻元件

电阻是电路中不可缺少的元件, 它是一个理想元件, 也就是说不考虑其他电磁现象的情况下, 仅剩其电阻性质的元件。常见电阻器如图 1-6 所示。

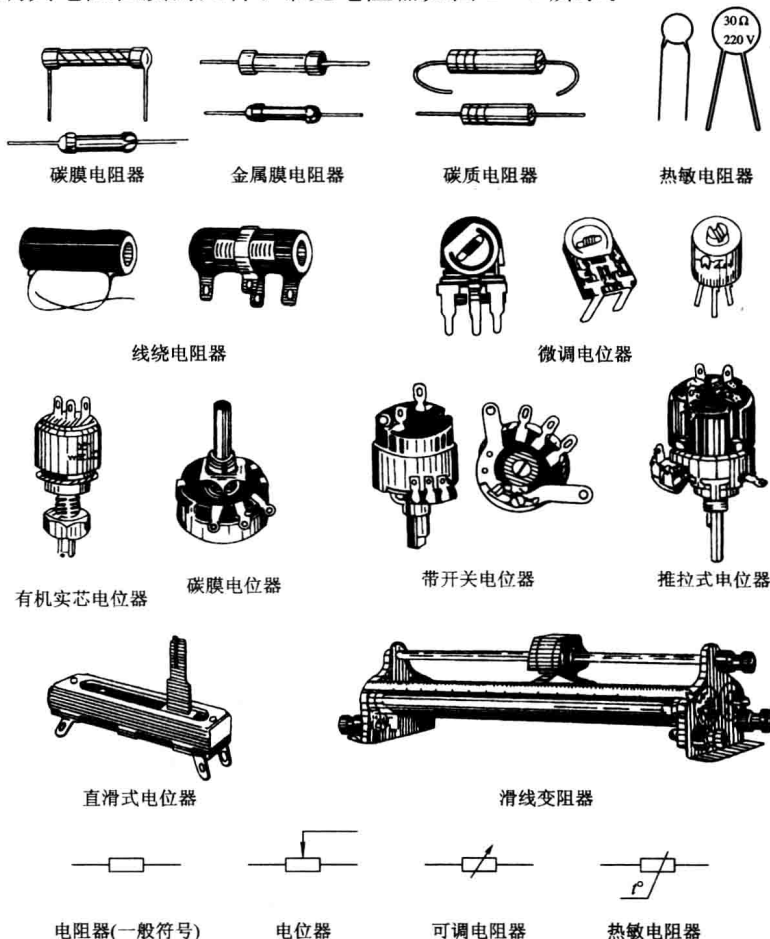


图 1-6 常见电阻器的实物图

电阻的性质分为线性和非线性。在物理的电学中已讲过欧姆定律,该定律研究的对象就是线性电阻元件,具体内容为:流过线性电阻的电流与其两端的电压成正比,即

$$\frac{U}{I} = R \quad (1-7)$$

在国际单位制(SI)中,电阻 R 的单位为欧姆(Ω)。更大的单位有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$),它们之间的换算关系为 $1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$ 。

1. 电阻的伏安关系

如图 1-7 所示电路,当电压与电流关联方向时,电阻上的电压与电流之间的关系为

$$u = Ri \quad \text{或} \quad i = Gu \quad (1-8)$$

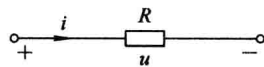


图 1-7 电阻的伏安关系

式中 G 称为电导, G 的单位为西门子,用 S 表示。它与 R 之间的关系为 $G = \frac{1}{R}$ 。

2. 电阻消耗的功率

在 u 、 i 为关联方向下

$$p = ui = (Ri)i = Ri^2 \quad (1-9)$$

或

$$p = ui = u\left(\frac{u}{R}\right) = Gu^2 \quad (1-10)$$

由上面两式可知, $p \geq 0$, 表明电阻总是消耗(吸收)功率,为耗能元件。

3. 相关知识

1) 线性电阻和非线性电阻的概念

在一定的温度下,凡电阻值不随外加电压变化而变化的电阻,称为线性电阻;反之为非线性电阻。

线性电阻的伏安特性是一条过原点的直线(各点的切线斜率相等,即电阻值为定值),如图 1-8 所示。由线性元件组成的电路称为线性电路。

对于非线性电阻,它的伏安特性是一条曲线(各点的切线斜率不相等,即电阻值不是定值),如图 1-9 所示。

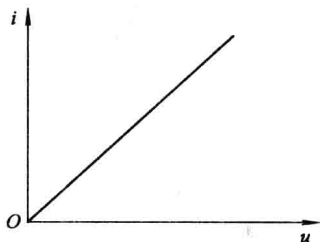


图 1-8 线性电阻伏安特性

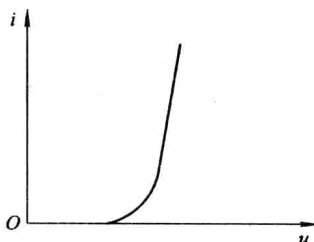


图 1-9 非线性电阻伏安特性

2) 电阻的客观性

实验证明,一段导体的电阻与该导体的几何尺寸、材料及温度有关。在一定的温度下,某一导体的电阻与它的长度成正比,与它的横截面积成反比,即

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-11)$$

式中, L ——导体的长度(m); S ——导体的横截面积(m^2); ρ ——导体的电阻率($\Omega \cdot m$)。 ρ 反映该导体的导电性能, ρ 值越小,表明该导体的导电性能越好。

电线内芯使用的铜或铝等物质，它们内部存在大量带负电荷的载流子——自由电子，导电能力强，称为导体。例如导电材料中，广泛应用的铜和铝等材料。电线外皮所使用的橡胶或塑料等物质，内部几乎没有载流子，不易传导电流，称为绝缘体。例如塑料、陶瓷及云母等都是绝缘材料。导电性能介于导体和绝缘体之间的材料称为半导体，例如硅和锗等半导体材料。

3) 电阻的温度系数

导体的电阻与温度有关。温度每升高 1°C 时，导体电阻的变化值与原电阻的比值称为导体的电阻温度系数。

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-12)$$

上式中， α 为温度系数。锰铜和康铜的温度系数很小，它们的电阻几乎不随温度变化，常用于制作标准电阻。铂的温度系数较大，而半导体材料具有负的温度系数。还有一类物质，当温度下降到某一特定值(称为临界温度)时，它的直流电阻值突然变为零，这一现象称为超导现象。

4) 电阻的用途

电阻的主要作用是将电能转换为热能，此外它还构成分压器、分流器、传感器等。

传感器主要用于测量非电量，如测量线位移、角位移、压力、温度等。电阻传感器实际上是一个具有可变参数的电阻器，或者是利用半导体材料制成的热敏电阻、压敏电阻和光敏电阻等，它们的温度、电压、湿度、磁场和光照的变化特别敏感。

例如由均匀线绕电阻及电刷组成的电位器式传感器，通过被测量改变电阻丝的长度(即移动电刷位置)，就可以实现位移与电阻之间的线性转换(称为位移传感器)；将电阻应变片粘贴在被测试件的表面，随着试件受压力变形引起应变片电阻的变形，而改变应变片电阻的阻值。通过测量应变片阻值的变化，即可知被测压力的大小(称为压力传感器)；用热敏元件测量温度(称为温度传感器)。

超导体不仅具有零电阻性，而且有抗磁性。超导技术应用广泛，如磁悬浮列车、超导输电、超导储能、超导电机、超导变压器、超导计算机、超导核磁共振仪等，超导技术极具发展前景。

1.2.2 电感元件

电感元件具有储存磁场能量的功能。实际中常遇到的电感器是由导线绕制成的线圈，常见的线圈有空心线圈、可调磁芯线圈、高频阻流圈、低频变压器线圈等，如图 1-10 所示。

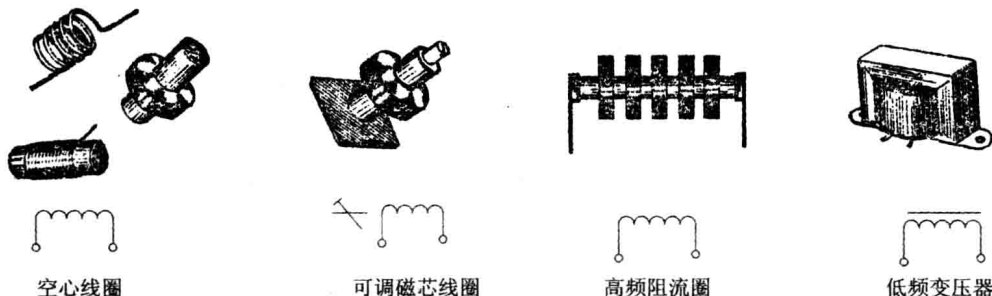


图 1-10 常见电感线圈的外形