



通信技术专业职业教育新课改规划教材

电路基础

程毅 主编

DIANLU JICHU



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费
电子课件



通信技术专业职业教育新课改规划教材

电 路 基 础

主 编	程 毅			
副主编	李晓慧	李 研		
参 编	李艳武	严兴喜	任秀云	
	安玉华	杨大秋		



机械工业出版社

本书是按照“工学结合、校企合作”人才培养模式编写的模块化教材,本书从课程整体目标培养的角度出发,设计五个学习模块,包括直流电路的认识与应用、单相正弦交流电路的应用、三相正弦交流电路的应用、互感耦合电路的应用和一阶动态电路的分析。每个模块都包括学习目标、任务资讯、计划书、实施表、检查表、评价表和反馈表,每个模块分解成不同的学习任务,使学生在完成学习任务的过程中,系统掌握电路的基本知识和应用。本书还体现了教师的教法和学生的学法,即教师引入学习任务,引导学生学习理论知识和基本操作技能,寻求解决问题的方法,通过资讯、计划、实施、决策、检查和最后交流、评价,使学生的学习能力得到提高。

本书可作为职业院校电类专业教学用书,也可作为相关专业培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础/程毅主编. —北京:机械工业出版社,2010.8

通信技术专业职业教育新课改规划教材

ISBN 978-7-111-31560-5

I. ①电… II. ①程… III. ①电路理论—职业教育—教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第155635号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:梁伟 责任编辑:韩静

版式设计:霍永明 封面设计:鞠杨

责任校对:张晓蓉 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2010年11月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.5印张·268千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31560-5

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是按照“工学结合、校企合作”的人才培养模式编写的模块化教材，体现了当前职业教育课程教学内容与课程体系改革思想。编写过程中力求通俗易懂、深入浅出、循序渐进，重在实训技能的培养，可作为各电类专业的教学用书及参加技能鉴定的参考用书。

本书通过任务驱动实现对学生实训技能的培养，并带动知识点的学习。全书共设计五个学习模块，分别为直流电路的认识与应用、单相正弦交流电路的应用、三相正弦交流电路的应用、互感耦合电路的应用和一阶动态电路的分析。本书内容着眼于电路的基础性、应用性和先进性，以电路的基本概念、基本理论、技能操作和实训为重点，以够用、实用为原则，增强了本书的活力和生命力。

编者对教学组织及实施的主要要求如下：

1. 教学实施是行动导向教学方法为主，按学习任务为中心来选择、组织教学内容，并以完成工作任务为主要学习方式的课程模式，教师下达学习任务书进行任务布置，并给出学习任务的评价标准。

2. 教学组织时要依据授课班级人数将学生分成若干个学习小组，以小组形式组织讨论教师下达的学习任务，查找与任务相关的学习资源、制订学习计划、实施学习任务。

3. 授课教师要全程关注每一个小组的每一位学生对学习任务的完成情况，提出引导性的意见，激发学生的自主学习热情，培养学生探究式的学习能力。教学过程中学生脑、手并用，迅速理解理论知识，培养学生的自信心与兴趣，提高教学的效率。

4. 教学资源可以是教室和实训室等，教师边讲课，边演示，边指导；学生边学习，边动手，边提问，实现理论教学与实践技能培养的融合。

5. 完成学习任务后，小组要进行总结汇报演讲，学生进行自我评分及相互评分，教师对学生成果展示情况给出综合评分。

本书是由程毅任主编，李晓慧和李研任副主编，参加编写的有李艳武、严兴喜、任秀云、安玉华、杨大秋。

编 者

目 录

前言	
模块一 直流电路的认识与应用	1
任务一 电路及其基本物理量的认识	2
任务二 电阻元件的认识	9
任务三 电阻的连接	17
任务四 电源的介绍与应用	24
任务五 基尔霍夫定律的介绍与应用	31
任务六 叠加定理和戴维南定理的介绍与应用	36
习题一	40
模块二 单相正弦交流电路的应用	49
任务一 正弦量的认识	50
任务二 识别正弦交流电路中的元件	57
任务三 阻抗的连接	77
任务四 谐振电路的鉴别与应用	89
习题二	96
模块三 三相正弦交流电路的应用	107
任务一 三相电源的介绍	108
任务二 三相负载的连接	113
任务三 三相电路的计算	120
任务四 安全用电常识	125
习题三	128
模块四 互感耦合电路的应用	135
任务一 磁路的基本知识	136
任务二 铁心线圈	139
任务三 互感	141
任务四 变压器	145
习题四	152
模块五 一阶动态电路的分析	159
任务一 认识电路的过渡过程与换路定理	160
任务二 一阶电路的响应	163
习题五	171
参考文献	179

模块一

直流电路的认识与应用

本模块主要学习直流电路中最基本的概念、分析方法及相应的实训任务，包括电路的基本物理量、电路中的常用元件（电阻和电源）和分析电路的基本方法（欧姆定律、基尔霍夫定律、叠加定理和戴维南定理）。同时通过万用表的使用与练习，使学生熟练掌握各种物理量的测量方法。

- 任务一 电路及其基本物理量的认识
- 任务二 电阻元件的认识
- 任务三 电阻的连接
- 任务四 电源的介绍与应用
- 任务五 基尔霍夫定律的介绍与应用
- 任务六 叠加定理和戴维南定理的介绍与应用

任务一 电路及其基本物理量的认识

在电视机、音响设备、通信系统、计算机和电力网络中可以看到各种各样的电路，这些电路的特性和作用各不相同，但是它们的基本组成和分析方法却在本质上是一致的。本任务主要通过介绍电路的基本概念及电路的基本物理量，使学生对电路有一个整体、系统的认识，从而为后续的学习打好基础。



学习目标

知识目标

1. 熟练掌握电路的组成及功能；
2. 熟练掌握电路模型及其作用；
3. 熟练掌握电路的基本物理量。

能力目标

1. 能够把实际电路抽象成电路图；
2. 能理解电路中电压、电流、电功率的物理意义，并会计算电压、电流、电功率。

素质目标

培养学生运用逻辑思维分析问题和解决问题的能力，培养学生较强的团队合作意识及人际沟通能力，培养学生良好的职业道德和敬业精神，培养学生良好的心理素质和克服困难的能力，培养学生具有较强的口头与书面表达能力。

学习任务书

学习领域	电 路		学习小组、人数	第 组、 人
学习情境	简单电路		专业、班级	
任务内容	T1-1	电路的认识		
	T1-2	电路图的认识		
	T1-3	电路基本物理量的认识		
学习目标	1. 熟练掌握电路的组成及功能 2. 熟练掌握电路模型及其作用 3. 熟练掌握电路的基本物理量 4. 能够把实际电路抽象成电路图 5. 能理解电路中电压、电流和电功率的物理意义 6. 会计算电压、电流和电功率			
任务描述	给学生一个具体的实际电路（如手电筒），根据这个实际电路认识电路的基本组成及功能，并能够将此实际电路抽象为电路模型。同时，根据此电路，让学生认识电路中的基本物理量——电流、电压及电功率，理解电路的各个物理量及其之间的联系			



(续)

学习领域	电 路	学习小组、人数	第 组、 人
学习情境	简单电路	专业、班级	
对学生的要求	1. 学生必须认识电路的组成 2. 学生必须理解电路的功能 3. 学生必须能够把实际电路抽象成电路图 4. 学生必须理解电路的各个物理量及其之间的联系 5. 会计算电压、电流和电功率 6. 学生必须具有团队合作的精神,以小组的形式完成学习任务 7. 严格遵守课堂纪律,不迟到、不早退、不旷课 8. 学生应树立职业道德意识,并按照企业的质量管理体系标准去学习和工作 9. 本情境工作任务完成后,需提交计划表、实施表、检查表、评价表和反馈表		



任务资讯

1.1.1 电路的认识

1. 电路的组成

电路就是用导线将电源和负载连接起来的组合,如图 1-1 所示。

电源(或信号源)是将其他形式的能量(或信号)转换为电能(或电信号)的装置。

负载是电路中的各种用电设备,是将电能转换为其他形式能量的装置。

连接电源与负载之间的中间环节为电流提供通路,起着传输电能和控制、保护电路的作用,它包括连接导线、控制元件和保护元件等。

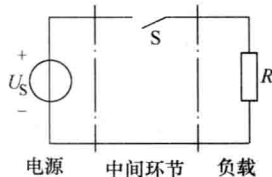


图 1-1 电路的组成

电路分为内电路和外电路。电源内部的电路称为内电路,电源以外的电路称为外电路。

电路的功能与作用:

1) 进行能量的传输、转换和分配。

2) 进行信号的传递和处理。

例如:电灯将电能转换为光能输出;电动机将电能转换为机械能输出;电视机将接收到的信号,经过处理,转换成图像和声音;扬声器的输入是由声音转换而来的电信号,通过晶体管组成的放大电路,输出放大的电信号,再转换成声音信号输出,从而实现了放大功能。

分析电路的常用方法有测量法和解析法。

2. 电路模型

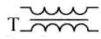
电路模型是常用理想元件组成的电路。理想元件是仅考虑实际元件的基本物理性质的理想化模型。

基本的理想元件有电阻、电容、电感、电压源和电流源等。

电路图有实物图和原理图，原理图用符号代替元件。

常用的电路理想元件的符号见表 1-1。

表 1-1 常用的电路理想元件的符号

名 称	符 号	名 称	符 号
电阻器		独立电压源	
可变电阻器		独立电流源	
电容		电池	
电感、线圈		变压器	

1.1.2 基本物理量

1. 电量

电量就是电荷的多少，物理符号是 Q 、 q ，单位是库仑，简称库，符号是 C。

2. 电流

(1) 电流

电流有两个含义：一是指电路中有流动的电荷，即电荷在电场力的作用下，做有规律的定向运动；二是指电流的强弱，是电流强度的简称。进行电路分析时，我们更注重后者。

单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流，即

$$i = \frac{dq}{dt}$$

大小和方向随时间变化的电流称为交变电流，用小写字母 i 表示。方向不随时间变化的电流称为直流；大小和方向都不随时间变化的电流称为稳恒电流，简称直流，用大写字母 I 表示：

$$I = \frac{Q}{t}$$

电流的单位是安培，简称安，符号是 A。若在 1s（秒）内通过导体横截面积的电荷量是 1C，则电流就是 1A。电流的常用单位还有 kA（千安）、mA（毫安）、 μ A（微安）、nA（纳安）。换算关系如下：

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}, 1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}, 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}, 1\text{nA} = 10^{-9}\text{A}.$$

(2) 电流的参考方向

分析电路时，除了要计算电流的大小外，同时还要确定它的方向。习惯上把正电荷运动的方向（或负电荷运动的反方向）作为电流的方向，称为电流的实际方向，简称电流的方向。在简单的直流电路中，我们可以从电源给定的正负极性判断出电流的方向，即电流从电源的正极流出，流入到电源的负极。在交流电路或复杂直流电路中，特别是当电流是未知量时，不容易判断电流的方向。为了进行电路分析，需要引入电流的“参考方向”。

当不知道电流的实际方向时，先任意选取一个方向作为电流的方向并标注在电路图

上,然后,按照这个假设的电流方向对电路进行分析计算。这个任意选取的方向就称为电流的参考方向。

若经过电路的分析计算后得出电流为正值,表明所设的电流参考方向与实际方向一致;若计算后电流值为负值,表明二者相反。

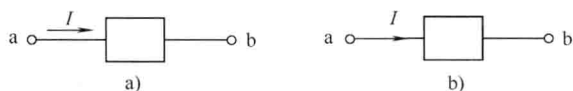


图 1-2 电流参考方向常用的标注方法

电流的参考方向可以用带箭头的线段表示,并画于导线旁;也可以直接画在导线上,如图 1-2 所示。这两种标注方法都是常用的。

(3) 电流的测量

电流的测量要用到电流表。在测量中电流表要串联在被测电路中,“+”接电源的正极,“-”接电源的负极,如图 1-3 所示。

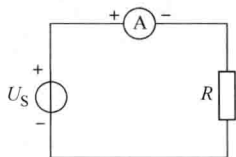


图 1-3 用电流表测量电流示意图

电流表使用的注意事项:

- 1) 粗略估计电路中电流的大小,以便选择电流表的量程。如确定不了,需把电流表量程选为最大档位进行测量,然后根据测量值逐步缩小测量范围。
- 2) 测量电流时,如发现表针猛打到头,要立即断开电源,检查原因,以免损坏电流表。

3. 电压

(1) 电压

如同水的流动需要水压一样,电荷的流动也需要电压。物理中,将衡量电场力做功本领大小的物理量称为电压。在电路中,我们把电场力将单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功定义为 a、b 两点间的电压,即

$$U_{ab} = \frac{dw_{ab}}{dq}$$

并且规定,电场力移动正电荷做正功的方向为电压的实际方向。

对于稳恒电流

$$U_{ab} = \frac{W}{Q}$$

电压的单位是伏特,简称伏,符号是 V。如果电场力把 1C 电量从点 a 移动到点 b 所做的功为 1J,则 a、b 两点间的电压就是 1V。电压的常用单位还有 kV (千伏)、mV (毫伏)、 μV (微伏)。换算关系如下:

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}, 1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}, 1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}.$$

(2) 电压的参考方向

复杂电路中,电压的实际方向也是很难判定的。和对待电流一样,在所研究的电路两点之间任意选定一个方向作为电压“参考方向”。在假设的电压参考方向下,若经计算得出电压为正值,表明所设参考方向与实际方向一致,得出负值则表明相反。

电压参考方向的标注方法：

- 1) 以正负号表示电压，正为高电位，负为低电位。这是常用的方法，如图 1-4a 所示。
- 2) 用有向线段表示电压，箭头从高电位指向低电位，如图 1-4b 所示。

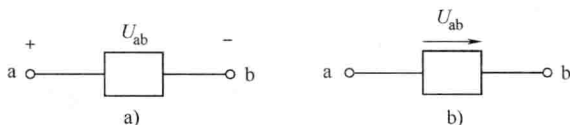


图 1-4 电压参考方向的标注方法

对一个元件或一段电路上的电压参考方向和电流参考方向可以独立地任意选定。若电压和电流的参考方向相同，则把电压和电流的这种方向称为关联参考方向；否则称为非关联参考方向，如图 1-5 所示。

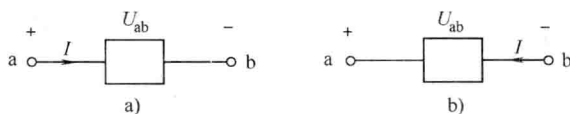


图 1-5 关联和非关联参考方向

a) 关联参考方向 b) 非关联参考方向

(3) 电位

某点的电位就是该点到参考点的电压。用字母 V 表示。其中，参考点是任选的，在电工技术中，通常以与大地连接的点作为参考点；在电子线路中，通常以公共的接机壳点作为参考点。电路图中常用“ $\perp$ ”表示。

电位的单位与电压的单位一致，也是伏 (V)。

可见，若选定参考点（如 O 点），则 A 点的电位为

$$V_A = U_{AO}$$

参考点的电位规定为零，因而电位有正、负之分。低于参考点的电位为负电位，反之，为正电位。如果已知 A、B 两点的电位分别为 V_A 、 V_B ，则此两点间的电压为

$$U_{AB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B$$

可见，两点间的电压就等于这两点的电位差，所以，电压又叫电位差。电压的实际方向规定为由高电位点指向低电位点。

在电路中不指明参考点而谈电位是没有意义的。至于选哪一点作为参考点要视分析问题的方便而定。需要指出的是：电路中的参考点可以任意选取，但同一电路中只能选一点作为参考点。参考点一经选定，电路中其他各点的电位也就确定了。当所选参考点变动时，电路中其他各点的电位将随之变化，但任意两点间的电压是不变的。

在电路中，要求得某一点的电位，必须在电路选择一个参考点作为零电位点。要计算某点电位可从这一点通过一定的路径到零电位点。对于电阻两端的电压，如果在绕行过程中是从高端到低端，则此电压取正值，反之，取负值。

计算电路中某点电位的步骤：

- 1) 任选电路中某一点为参考点（常选大地为参考点），设其电位为零。
- 2) 标出各电流参考方向并计算。
- 3) 计算各点至参考点间的电压，即为各点的电位。

若某点电位为正，说明该点电位比参考点高；反之，该点电位比参考点低。

做电压的测量时，将电压表并联在被测电路两端，“+”接在电源的正极，“-”接在电源的负极，如图 1-6 所示是测量 R_2 两端电压的接法。

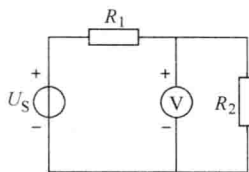


图 1-6 测量电压示意图

4. 电动势

电动势是指电源提供电压的能力。在电源内部，非静电力克服电场力把正电荷由低电位点移到高电位点做功，对外电路提供电压。

电动势的符号用 e 或 $\mathcal{E}$ ，单位与电压相同，为伏（V）。

电动势与电压的区别：

- 1) 电动势与电压具有不同的物理意义。电动势表示非电场力（外力）做功的本领，而电压则表示电场力做功的本领。
- 2) 电动势与电压方向不同。电动势的实际方向是由电源负极指向正极，即从低电位到高电位，即电位升的方向。而电压的方向是由高电位到低电位，即电位降的方向。当然，在电路中标出的方向都是参考方向。
- 3) 电动势仅存在于电源内部，而电压不仅存在于电源两端，也存在于电源外部。

5. 电功率和电能

(1) 电功率

电功率是单位时间内电路吸收或发出电能的速率，简称功率，用 P 或 p 表示。习惯上把吸收或发出电能说成吸收或发出功率。

电功率的单位是瓦特，简称瓦（W）。电功率的常用单位还有 kW（千瓦）、mW（毫瓦）。换算关系如下： $1\text{ kW} = 10^3\text{ W}$ ， $1\text{ mW} = 10^{-3}\text{ W}$ 。

在电压和电流选为关联参考方向的情况下，如图 1-7a 所示，视为正电荷由高电位端移向低电位端，电场力做正功，电路吸收功率，其值为正，计算公式为

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \times \frac{dq}{dt} = ui$$

在直流情况下： $P = UI$ 。

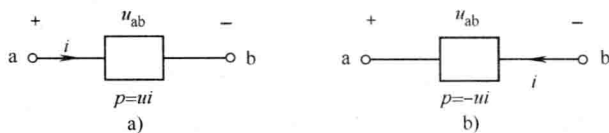


图 1-7 电功率的计算

a) 关联参考方向 b) 非关联参考方向

若电压和电流选为非关联参考方向,如图 1-7b 所示,电路发出功率,其值为负。功率的计算公式为

$$p = -ui$$

在直流情况下: $P = -UI$ 。

在计算时要注意:应根据电压和电流的参考方向是否关联,选用相应的功率计算公式,再代入相应的电压、电流值。另外, u 、 i 值可以为正,也可以为负。即要注意到,公式有正负号,电量值也有正负号。若算得电路的功率为正值,则表示电路在吸收功率,否则为发出功率。

(2) 电能

在电源内部,外力不断地克服电场力对电荷做功,电荷在电源内部获得了能量,把非电能转化成电能。在外电路中,电荷在电场力的作用下,不断地通过负载放出能量,把电能转换成其他形式的能量。

由此可见,在电路中电荷只是一种转化和传输能量的媒介物,电荷本身并不产生或消耗任何能量。通常所说的用电,就是针对使用电荷所携带的能量而言。

在 t_0 到 t 的一段时间内,电压与电流取关联参考方向,电路消耗的电能

$$w = \int_{t_0}^t p dt = \int_{t_0}^t u i dt$$

在直流电路中,电压、电流和功率均为恒定值,则

$$W = P(t - t_0) = UI(t - t_0)$$

当选择 $t_0 = 0$ 时, $W = Pt = UIt$ 。

电能的单位是焦耳,简称焦,符号为 J。功率为 1W 的用电设备在 1s 时间内所消耗的电能

为 1J。实际应用中,供电部门是按照“度”(即千瓦时)来收取电费的,功率为 1kW 的用电

$$1\text{ kW} \cdot \text{h} = 1000\text{ W} \times 3600\text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

【例题 1-1】 如图 1-8 所示,已知元件吸收的功率为 -20 W ,电压 $U = 5\text{ V}$,求电流 I 。

解: 图 1-8 中元件两端的电压、电流为关联参考方向,显然是假想为一个负载。关联参考方向下电流为

$$I = \frac{P}{U} = \frac{-20}{5} \text{ A} = -4 \text{ A}$$

电流得负值,说明通过元件中的电流的实际方向与参考方向相反,因此该元件实际上是一个电源。

【例题 1-2】 如图 1-9 所示,若已知元件中通过的电流 $I = -100\text{ A}$,元件两端电压 $U = 10\text{ V}$,求电功率 P ,并说明该元件是吸收功率还是发出功率。

解: 图 1-9 中元件上的电压与电流为非关联参考方向,在非关联参考方向下显然是把

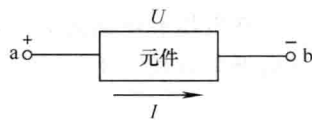


图 1-8 例题 1-1 图

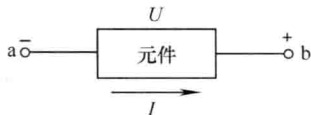


图 1-9 例题 1-2 图

元件假想为一个电源，因此元件发出的功率为

$$P = UI = 10 \times (-100) \text{ W} = -1000 \text{ W}$$

元件发出负功率，实际上是吸收功率，因此图 1-9 中元件实际上是一个负载。



练习与思考

1. 为什么要规定电流、电压的参考方向？什么是电流与电压的关联参考方向？
2. 在关联参考方向下，某一电路元件上的电压和电流分别为 $u = 12 \text{ V}$ ， $i = -2 \text{ A}$ ，求该元件的功率，并说明它是吸收还是发出功率。
3. 电压、电位、电动势有何异同？
4. 填写表 1-2。

表 1-2 基本物理量的认识

物 理 量		单 位		定 义 式
名 称	符 号	名 称	符 号	
电量	Q, q	库（仑）	C	
电流				$i = \frac{dQ}{dt}$
电压				
电动势				
电功率				
电能				

5. 电路的主要作用有哪两项？
6. 当一个元件的电流是从其电压的“+”极流向“-”极时，电压和电流是取关联参考方向吗？

任务二 电阻元件的认识

电阻元件是一种最常见的电路元件。在某些特定的场合，电阻元件又有其特殊的用途，如利用某些材料的电阻值随温度变化的特性，人们通过测量电阻阻值来测量温度，通过测量电阻应变片的阻值来得到物体因受热而发生应变的程度等。因而掌握电路元件的特性是研究电路的基础，本次任务介绍最基本的无源元件——电阻元件。



学习目标

知识目标

1. 理解电阻的定义和性质；
2. 理解电导的意义；
3. 熟练掌握欧姆定律的意义、公式和应用；
4. 熟练掌握常用电阻器元件的分类；
5. 熟练掌握电阻器的标称系列。

能力目标

1. 能依据常用电阻器元件的分类，识别实际电阻的材质；
2. 能灵活运用欧姆定律；
3. 能依据电阻器的标称系列，识别实际电阻阻值和偏差。

学习任务书

学习领域	电 路		学习小组、人数	第 组、 人
学习情境	电阻元件		专业、班级	
任务内容	T2-1	认识电阻元件		
	T2-2	测试电阻元件参数		
	T2-3	掌握欧姆定律的意义、公式和应用		
	T2-4	能鉴别电阻器的标称系列		
学习目标	1. 能依据常用电阻器元件的分类，识别实际电阻的材质 2. 能灵活运用欧姆定律 3. 能依据电阻器的标称系列，识别实际电阻阻值和误差			
任务描述	给学生若干个电阻元件，让学生认识电阻元件的外形、材质和分类，并能够对电阻元件的参数进行测量。然后，将电阻元件放到具体的电路中，让学生理解欧姆定律的意义，并能够应用欧姆定律进行电路的分析和计算			
对学生的要求	1. 学生必须认识电阻元件 2. 学生必须理解电阻元件的功能 3. 学生必须能够熟练的对电阻元件的参数进行测量 4. 学生必须掌握欧姆定律的意义、公式和应用 5. 学生必须具有团队合作的精神，以小组的形式完成学习任务			



任务资讯

1.2.1 电阻与电阻定律

电阻有两个含义，一是表征导体对电流的阻碍作用，这是在电路分析中的含义；二是电阻元件的简称，电阻及电阻元件的符号都是 R 。

电阻的单位：欧姆，简称欧（ Ω ）。若导体两端所加的电压为 1V，通过的电流为 1A，那么该导体的电阻就是 1Ω ，电阻的常用单位还有 $k\Omega$ （千欧）、 $M\Omega$ （兆欧）。换算关系如下： $1k\Omega = 10^3\Omega$ ， $1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$ 。

实验证明，导体的电阻跟导体的电阻率、导体的长度成正比，跟导体的横截面积成反比，称为电阻定律。即

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中 R ——导体的电阻，单位为 Ω ；

L ——导体的长度，单位为 m；

S ——导体的横截面积，单位为 m^2 ；

ρ ——导体的电阻率，单位为 $\Omega \cdot m$ 。

电阻率 ρ 是导体自身的属性，表示长度为 1m、横截面积为 $1m^2$ 的导体在一定温度下的电阻值，其单位为 $\Omega \cdot m$ （欧·米）。

如果导体电阻值的大小仅取决于材料本身的性质，而与加在它两端的电压和通过它的电流无关，则这样的电阻元件称为线性电阻元件，否则称为非线性电阻元件。

导体电阻的大小除了与本身因素（长度、截面积、材料）有关以外，还受其他因素的影响。温度是这些因素中最最重要的一个。实验表明，当导体的温度发生变化时，它的电阻值也随着变化。不同的材料，当温度升高时，电阻变化的情况不同，若电阻值随温度的升高而增加，则称为正温度系数材料，否则称为负温度系数材料。一般情况下，我们研究的电阻元件都是恒值电阻。

1.2.2 欧姆定律

欧姆定律反映流过线性电阻的电流与该电阻两端电压之间的关系，是电路分析中最重要的基本定律之一。

欧姆定律：流过线性电阻 R 的电流 i 与作用其两端的电压 u 成正比，比例系数就是 R 。

当线性电阻上的电压与电流取关联参考方向时，如图 1-10a 所示，有

$$u = Ri$$

直流时， $U = RI$ 。

当线性电阻上的电压与电流取非关联参考方向时，如图 1-10b 所示，有

$$u = -Ri$$

直流时， $U = -RI$ 。

电导：表征导体对电流的导通作用，与电阻互为倒数。电导及电导元件用 G 表示，即

$$G = \frac{1}{R}$$

电导的单位是西门子，简称西，符号为 S。

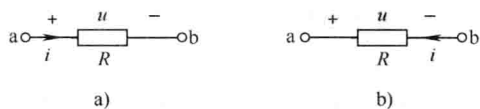


图 1-10 欧姆定律

a) 关联参考方向 b) 非关联参考方向

【例题 1-3】有一个量程为 300V 的电压表，它的内阻是 $40\text{k}\Omega$ ，用它测量电压时，允许流过的最大电流是多少？

解：由 $I = \frac{U}{R}$ 得

$$I = \frac{300}{40 \times 10^3} \text{A} = 7.5 \times 10^{-3} \text{A} = 7.5 \text{mA}$$

1.2.3 实训：常用电阻器元件的识别

1. 碳膜电阻 (RT)

利用沉积在瓷棒或瓷管上的碳膜作为导电层，通过改变碳膜的厚度和长度，可以得到不同的阻值，碳膜电阻误差较大，但价格较低。阻值范围是 $0.25 \sim 10\Omega$ 。

2. 金属膜电阻 (RJ)

在真空中加热合金，合金蒸发，使瓷棒表面形成一层导电金属膜。刻槽和改变金属膜厚度可以控制阻值。这种电阻和碳膜电阻相比，体积小、噪声低、稳定性好，但成本较高。阻值范围是 $0.5 \sim 2\Omega$ 。

3. 氧化膜电阻 (RY)

将锑和锡等金属盐溶液喷雾到炽热（约 550°C ）的陶瓷骨架表面上沉积后制成。它与金属膜电阻相比，具有阻燃、导电膜层均匀、膜与骨架基本体结合牢固、抗氧化能力强等优点。阻值范围是 $0.25 \sim 2\Omega$ 。

4. 线绕电阻 (RX)

用康铜或者镍铬合金电阻丝在陶瓷骨架上绕制而成。这种电阻分固定式和可变式两种。它的特点是工作稳定，耐热性能好，误差范围小，适用于大功率的场合，额定功率一般在 1W 以上。阻值范围是 $2 \sim 25\Omega$ 。

1.2.4 实训：特殊电阻器元件的识别

1. 熔断电阻

熔断电阻又称为熔丝电阻，是一种具有电阻和熔丝双重功能的元件。熔断电阻大多为灰色，用色环或数字表示电阻值，额定功率由电阻尺寸大小所决定。在正常情况下使用时，它具有普通电阻器的电气特性；一旦电路发生故障，流过的电流过大时，熔断电阻就会在规定的时间内熔断，从而起到保护其他重要元器件的作用。

目前国内外一般采用的是不可修复（一次性）熔断电阻，其额定功率有 0.25W 、 0.5W 、 1W 、 2W 和 3W 等规格，阻值可做到 $0.22\Omega \sim 5.1\text{k}\Omega$ 。熔断电阻的电路符号如图 1-11a 所示。熔断电阻的外形有圆柱形、长方形等，如图 1-11b 所示。

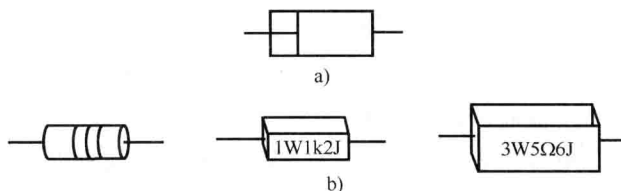


图 1-11 熔断电阻的电路符号和外形
a) 符号 b) 外形