



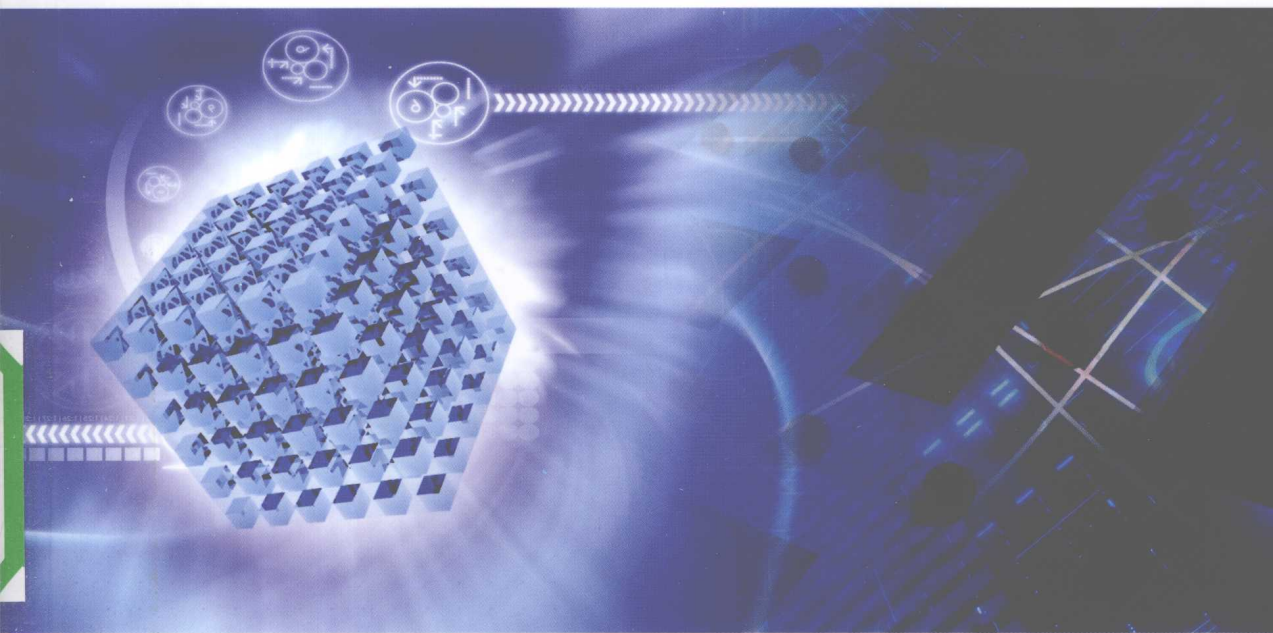
21世纪  
全国高等教育应用型精品课规划教材

# 电 工

## (中级 高级)

diangong

◆ 主编 余明辉



 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

# 电 工

(中级、高级)

——技能鉴定教材及考核试题库——

主编 余明辉

编委 郭小芳

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

全书的主要内容有三大部分组成：第一部分电工技术基础知识。共有八章分别是：电路的基本概念，复杂直流电路分析方法，正弦交流电路，三相电路，磁路和变压器，电动机，常用低压电器与控制电路，工业企业供电与安全用电；第二部分常用电工工具和电工电子仪器仪表及测量。第三部分电工试题库。包括中级电工试题库和高级电工试题库。

试题库题量和难度适当，出题准确，题意明确。试题具有典型性、通用性和可行性，可供高等院校相关专业作为教材，也可供各级技能鉴定机构培训和组织考核鉴定时使用，也可供电工证考生复习自测使用。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电工：中级、高级/余明辉主编. —北京：北京理工大学出版社，  
2009.8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2797 - 1

I. 电… II. 余… III. 电工 - 基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 150564 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京嘉业印刷厂

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 336 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 32.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题，本社负责调换

# 出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代，面临这个难得的机遇和挑战，本着“科教兴国”的基本战略，我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求，满足社会对高校毕业生的技能需要，北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写，以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材贴合实践。作者在编写之际，广泛考察了各校应用型学生的学习实际，本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格，以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点，力求提高学生的实际运用能力，使学生更好地适应社会需求。

## 一、教材定位

- ✚ 以就业为导向，培养学生的实际运用能力，以达到学以致用的目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则，以使教材符合课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础，充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心，注重形式的灵活性，以便学生易于接受。

## 二、编写原则

- ✚ 定位明确。为培养应用型人才，本系列教材所列案例均贴合

工作实际，以满足广大企业对于应用型人才实际操作能力的需求，增强学生在就业过程中的竞争力。

- ✚ 注重培养学生职业能力。根据专业实践性要求，在完成基础课的前提下，使学生掌握先进的相关操作软件，培养学生的实际动手能力，提高学生迅速适应工作岗位的能力。

### 三、丛书特色

- ✚ 系统性强。丛书各教材之间联系密切，符合各个学校的课程体系设置，为学生构建牢固的知识体系。
- ✚ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深、循序渐进的原则，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。
- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解，并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

# 前 言

本书是在总结了近些年来技能鉴定改革经验的基础上编写的。本书着眼于岗位需求，以培养实践性技能为主线，围绕实际实用需求精选内容。试题的内容紧扣教材，并按教材的内容顺序编写。

全书的主要内容有三大部分组成。第一部分电工技术基础知识。共有 8 章分别是：第 1 章电路的基本概念，第 2 章复杂直流电路分析方法，第 3 章正弦交流电路，第 4 章三相电路，第 5 章变压器，第 6 章电动机，第 7 章常用低压电器与控制电路，第 8 章工业企业供电与安全用电；第二部分常用电工工具和电工电子仪器及测量。共有 3 章分别是：第 1 章常用电工工具，第 2 章常用电工电子仪器仪表，第 3 章电流与电压的测量；第三部分电工试题库。共有 2 章分别是：第 1 章中级电工试题库，第 2 章高级电工试题库。

本书试题库中的试题包括是非题、选择题两大类；此外，还包括学生实践部分，以此考核学生的动手能力。试题库题量和难度适当，出题准确，题意明确。试题具有典型性、通用性和可行性，可供各级技能鉴定机构培训和组织考核鉴定时使用，也可供电工证考生复习自测使用。

本书由余明辉任主编，全书由郭小芳老师任编委，并由余明辉统编。

本书由宋一然主审，宋教授在审阅中提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请广大师生和读者不吝批评指正。

编者

# 目 录

## 第一部分 电工技术基础知识

<b>第 1 章 电路的基本概念</b> .....	3
1.1 电路与电路模型 .....	3
1.2 电路中的基本物理量及其参考方向 .....	3
1.3 电路的工作状态 .....	5
1.4 电路元件 .....	6
<b>第 2 章 复杂直流电路分析方法</b> .....	11
2.1 基尔霍夫定律 .....	11
2.2 支路电流法 .....	12
2.3 戴维南定理 .....	13
<b>第 3 章 正弦交流电路</b> .....	15
3.1 正弦交流电的基本概念 .....	15
3.2 正弦量的相量表示法 .....	17
3.3 单一元件的正弦交流电路 .....	18
3.4 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 串联的正弦交流电路 .....	22
3.5 功率因数的提高 .....	24
<b>第 4 章 三相电路</b> .....	26
4.1 三相电压 .....	26
4.2 三相负载的星形连接 .....	27
4.3 三相负载的三角形连接 .....	28
4.4 三相功率 .....	29
<b>第 5 章 变压器</b> .....	31
5.1 变压器 .....	31
5.2 变压器的基本结构和工作原理 .....	31
5.3 变压器的额定值 .....	34
5.4 变压器的外特性及效率 .....	35
5.5 特殊变压器 .....	36
5.6 变压器绕组的极性 .....	40
<b>第 6 章 电动机</b> .....	43
6.1 三相异步电动机的结构和工作原理 .....	43

6.2	三相异步电动机的使用	48
6.3	直流电动机	56
<b>第7章</b>	<b>常用低压电器与控制电路</b>	<b>59</b>
7.1	常用低压电器	59
7.2	三相鼠笼式异步电动机的直接启动控制	69
7.3	三相鼠笼式异步电动机的正反转控制	71
7.4	行程控制	73
7.5	时间控制	75
7.6	顺序控制	76
7.7	具有热过载保护的 control 电路	77
7.8	接触器联锁正反转控制电路	78
7.9	接触器与按钮复合联锁正反转控制电路	80
<b>第8章</b>	<b>工业企业供电与安全用电</b>	<b>81</b>
8.1	工业企业输电和配电	81
8.2	安全用电	84
8.3	节约用电	90

## 第二部分 常用电工工具和电工电子仪器及测量

<b>第9章</b>	<b>常用电工工具</b>	<b>93</b>
9.1	验电器	93
9.2	螺丝刀	95
9.3	钢丝钳	97
9.4	尖嘴钳及断线钳	98
9.5	剥线钳	98
9.6	电工刀	98
9.7	活络扳手和其他常用扳手	99
9.8	喷灯	100
9.9	千斤顶	100
9.10	转速表	101
9.11	手拉葫芦	101
9.12	高压绝缘棒	101
9.13	绝缘夹钳	102
9.14	电烙铁	102
9.15	手摇绕线机	104



---

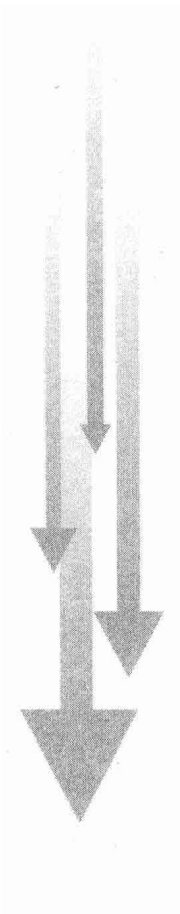
9.16	手电钻	104
<b>第10章</b>	<b>常用电工电子仪器仪表</b>	<b>106</b>
10.1	万用表	106
10.2	示波器	114
<b>第11章</b>	<b>电流与电压的测量</b>	<b>126</b>
11.1	电流与电压的测量方法	126
11.2	磁电系电流表与电压表	128
11.3	电磁系仪表	131
11.4	仪用互感器	132
11.5	钳形电流表的用途与工作原理	134

### 第三部分 电工试题库

<b>第12章</b>	<b>中级电工试题库</b>	<b>139</b>
12.1	中级电工理论部分	139
12.2	中级电工理论部分参考答案	166
12.3	中级电工实践部分	167
<b>第13章</b>	<b>高级电工试题库</b>	<b>181</b>
13.1	高级电工理论部分	181
13.2	高级电工理论部分参考答案	249
13.3	高级电工实践部分	252
<b>参考文献</b>		<b>275</b>

# 第一部分

## 电工技术基础知识

- 
- 第 1 章 电路的基本概念
  - 第 2 章 复杂直流电路分析方法
  - 第 3 章 正弦交流电路
  - 第 4 章 三相电路
  - 第 5 章 变压器
  - 第 6 章 电动机
  - 第 7 章 常用低压电器与控制电路
  - 第 8 章 工业企业供电与安全用电



# 第 1 章 电路的基本概念

## 1.1 电路与电路模型

若干电器设备按照一定方式组合起来构成电流的通路称为电路。

电路的作用是实现电能的输送与转换，如供电系统；或是信号的传递和处理等。电路的形式多种多样，有的可以延伸到几百千米以外，有的可以集成在几平方厘米以内，但是通常都由电源（或信号源）、负载和中间环节三部分组成。

电源是为电路提供电能的装置，可以将化学能、机械能转换为电能或者把电能转换为另一种形式的电能或者电信号，如电池、发电机、信号源等。

负载是取用电能的装置或者器件，可将电能转换为其他形式的能量，如电炉、电动机、电灯、扬声器等设备和器件。

中间环节是连接电源和负载的部分，它起到传输、分配和控制电路的作用，如变压器、输电线、放大器、开关等。

由于实际电路器件电磁关系比较复杂，为了便于对实际电路进行分析计算，必须在一定的条件下，将实际元件加以近似化、理想化，忽略其次要特性，用一个或多个足以表征其主要特性的理想化电路元件代替。而由理想元件组成的电路称为实际电路的电路模型（简称电路）。理想电器元件主要有理想电阻元件（简称电阻）、理想电感元件（简称电感）、理想电容元件（简称电容）、理想电压源、理想电流源等。

## 1.2 电路中的基本物理量及其参考方向

### 1.2.1 电流

电流是电荷（带电粒子）有规则的定向运动形成的，在单位时间内通过某一导体横截面的电荷量，定义为电流强度，简称电流，用小写字母  $i$  表示（国标规定，随时间变化的物理量用小写字母表示，不随时间变化的物理量用大写字母表示）。若电流为恒定电流，简称直流，用大写字母  $I$  表示。习惯上把正电荷移动的方向规定为电流的实际方向。

在分析计算电路前，往往很难事先断定电路中电流的实际方向，为此，在分析计算电路前，可先任意选定某一方向作为电流的参考方向（又称正方向）。如图 1.1 中所示箭头方向，表示选定的电流的正方向是从 a 端流向 b 端，又可用

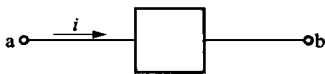


图 1.1 电流的参考方向

$i_{ab}$ 来表示该电流的正方向，且  $i_{ab} = -i_{ba}$ 。

若计算结果  $i$  为正值，则表示电流的实际方向与参考方向相同；如  $i$  为负值，则表示其实际方向与参考方向相反。

图 1.1 中的方框表示一个二端元件或二端网络（与外部只有两个端钮相联的元件或网络称为二端元件或二端网络）。

### 1.2.2 电压

电场力将单位正电荷从  $a$  点沿任意路径移动到  $b$  点所做的功定义为  $a$ 、 $b$  两点之间的电压，电场力对正电荷做功的方向，就是电位降低的方向，故规定电压的实际方向（极性）为由高电位指向低电位。

同样，在分析计算电路中的电压前，先任意选定电路中两点间电压的参考方向（极性），用“+”代表高电位，“-”代表低电位。图 1.2 中，电压  $u$  的参考方向（极性）是  $a$  点为高电位端， $b$  点为低电位端，亦可用双下标  $u_{ab}$  来表示该参考方向，且  $u_{ab} = -u_{ba}$ 。

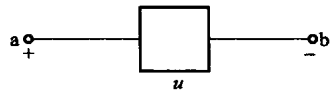


图 1.2 电压的参考方向

当电流和电压选取的参考方向相同，则称为关联参考方向，如图 1.3 (a) 所示，若电流和电压的参考方向相反，则称为非关联参考方向，如图 1.3 (b) 所示。

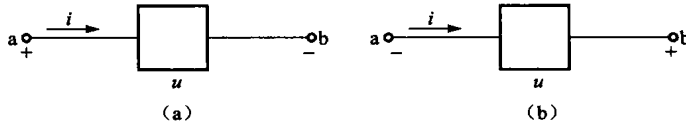


图 1.3 关联参考方向与非关联参考方向

(a) 关联参考方向；(b) 非关联参考方向

当采用关联参考方向时，电路中只要标出电流或电压中的一个参考方向即可。

要特别指出的是，欧姆定律在关联参考方向下才可写为

$$u = Ri$$

在非关联参考方向下，则写为

$$u = -Ri$$

### 1.2.3 功率

在单位时间内，电路吸收或释放的电能定义为该电路的功率，一个二端元件或二端网络当电压、电流采用如图 1.3 (a) 所示的关联参考方向时，其吸收（或消耗）的功率为

$$p = ui$$

采用图 1.3 (b) 所示的非关联方向时, 则其吸收 (或消耗) 的功率为

$$p = -ui$$

若  $p > 0$  表示该二端元件 (或网络) 吸收功率, 为负载; 若  $p < 0$  表示该二端元件 (或网络) 发出 (或产生) 功率, 为电源。

### 1.3 电路的工作状态

电源有有载、开路和短路三种工作状态, 现以直流电路为例进行讨论。

#### 1. 电源有载

如图 1.4 (a) 所示  $E$  为电源的电动势,  $R_0$  为电源的内阻, 当电源与负载  $R_L$  接通时, 电路中

$$I = \frac{E}{R_0 + R_L}$$

$$U = IR_L = E - IR_0$$

电源输出功率, 即负载获得功率为

$$P = UI$$

若电源额定输出功率  $P_N = U_N I_N$ , 当电源输出功率  $P = P_N$  时称为满载, 当  $P < P_N$  时称为轻载。当  $P > P_N$  时称为过载, 过载会导致电气设备的损害, 应注意防止。

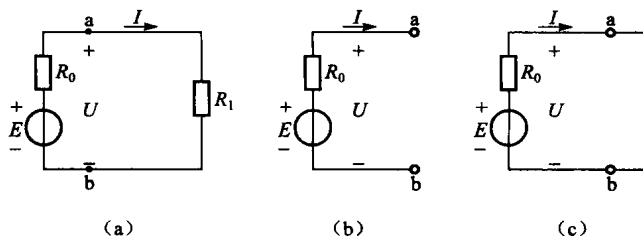


图 1.4 电源的三种工作状态  
(a) 有载; (b) 开路; (c) 短路

#### 2. 电源开路

当图 1.4 (a) 中 a、b 两点断开时 ( $R_L = \infty$ ), 电源处于开路 (空载) 状态, 如图 1.4 (b) 所示。开路的特点是开路处电流为零, 故图 1.4 (b) 中电源电流  $I = 0$ , 其端电压 (称开路电压  $U_0$ )  $U = U_0 = E$ , 电源输出功率  $P = 0$ 。

#### 3. 电源短路

当图 1.4 (a) 中 a、b 两点间由于某种原因被短接 ( $R_L = 0$ ) 时, 电源处于短路状态, 如图 1.4 (c) 所示。短路的特点是短路处电压为零。故图 1.4 (c)

中电源的端电压  $U=0$ ，此时电源的电流（称为短路电流  $I_s$ ） $I=I_s=\frac{E}{R_0}$  很大，电源的输出功率  $P=0$ ，电源产生的功率全部消耗在内阻上，而造成电源过热而损伤或毁坏，故应尽力防止或采用保护措施。

开路 and 短路也可以发生在电路的任意两点之间，其特点是开路处电流为零，短路处电压为零。

## 1.4 电路元件

理想电路元件（简称元件）是组成电路的基本单元，本节主要讨论电阻、电感、电容和电源等两端元件的概念及其电压、电流间的关系。

### 1.4.1 电阻元件

电阻器、电灯、电炉、扬声器等器件是消耗电能的，反映其主要特性的电路模型是理想电阻元件（简称电阻）。

#### 1) 定义

一个两端元件，当任一瞬间，它的电压  $u$  和流过它的电流  $i$  两者之间的关系是由  $u-i$  平面上的特性曲线来决定的，此两端元件就称为电阻。如图 1.5 所示为电阻元件的图形符号。

#### 2) 电压与电流的关系

对于电阻，电压、电流间的关系符合欧姆定律，即

$$u = Ri$$

#### 3) 电阻串联与电阻并联

##### (1) 电阻串联。

图 1.6 为电阻串联及其等效电阻电路。电阻串联的特点是各电阻流过同一电流，其关系式如表 1.1 所示。

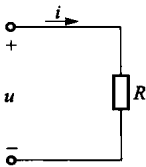


图 1.5 电阻元件

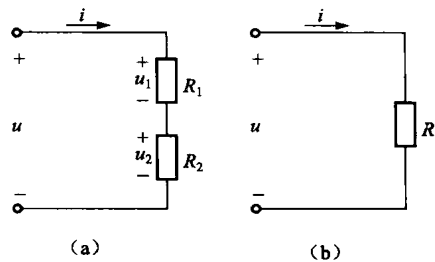


图 1.6 电阻串联及其等效电阻

(a) 电阻串联；(b) 等效电阻

表 1.1 电阻串联与电阻并联电路的关系式

项目 \ 连接方式	串联	并联
等效电阻或等效电导	$R = R_1 + R_2$	$R = R_1 // R_2$ $= R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$
电压与电流关系	$i = \frac{u}{R}$	$u = Ri$
分压或分流公式	$u_1 = \frac{R_1}{R} u$ $u_2 = \frac{R_2}{R} u$	$i_1 = \frac{R_2}{R} i$ $i_2 = \frac{R_1}{R} i$
功率比	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1}$

## (2) 电阻并联。

图 1.7 为两个电阻并联及其等效电阻电路。电阻并联的特点是各电阻两端加的是同一电压，其关系式如表 1.1 所示。

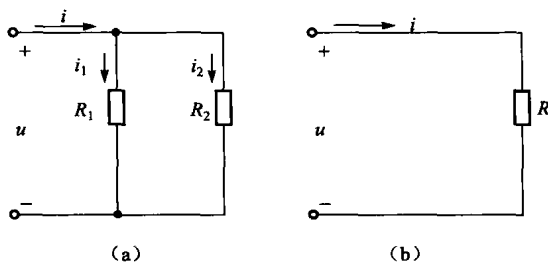


图 1.7 电阻并联及其等效电阻

(a) 电阻并联；(b) 等效电阻

## 1.4.2 电感

用导线绕制的线圈（有空芯线圈和铁心线圈等）通过电流时将产生磁通  $\Phi$ ，因此它是存储磁通的元件。其主要特点是存储磁场能量。它的近似化电路模型为理想电感元件（简称电感）。

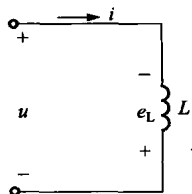


图 1.8 电感元件

## 1) 定义

一个二端元件，在任意瞬间，它所流经的电流  $i$  和它的磁通链  $\psi$  两者之间的关系是由  $i - \psi$  平面的一条曲线决定的，此二端元件称为电感。图形符号如图 1.8 所示。

## 2) 电压与电流关系

当电感中的磁通  $\Phi$  或电流  $i$  发生变化时，则电感中产生感应电动势  $e_L$ 。当电感中的电压与电流和电动势采用如图 1.8 所示的参考方向时：

$$e_L = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$u = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$



由上式可见，电感的端电压与电流的变化率成正比。当流过电感的电流为恒定的直流电流时，其端电压  $U=0$ ，故在直流电路中电感可视为短路。

### 1.4.3 电容

两块金属极板间介以绝缘材料组成的电容器，加上电压后，两极板上能存储电荷，在介质中建立电场。所以电容器是能存储电场能量的元件。其近似化电路模型为理想电容元件（简称电容）。

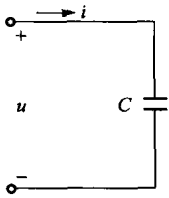


图 1.9 电容元件

#### 1) 定义

一个两端元件，在任一瞬间，它所存储的电荷  $q$  和端电压  $u$  两者之间的关系由  $q-u$  平面上的一条曲线来决定的，此两端元件称为电容。其图形符号如图 1.9 所示。

#### 2) 电压与电流关系

对于电容， $C$  为常数。

$$q = Cu$$

当电容的电压和电流采用如图 1.9 所示的关联方向时，两者的关系为

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta u}{\Delta t}$$

由上式可见，电容的电流与其两端电压的变化率成正比。当电容两端加恒定的直流电压时，其电流  $i=0$ ，故在直流电路中，电容可视为开路。

### 1.4.4 电源

电阻、电感、电容在电路中不能提供能量或信号，它们被称为无源元件。电源则是在电路中提供能量或信号的元件，它们被称为有源元件。理想的电源元件包括理想电压源和理想电流源。

#### 1. 理想电压源

##### 1) 定义

如果一个二端元件，接到任一电路后，该元件两端均能保持其规定的电压值  $u_s$  时，则此二端元件称为理想电压源，又称恒压源，如图 1.10 (a) 所示。

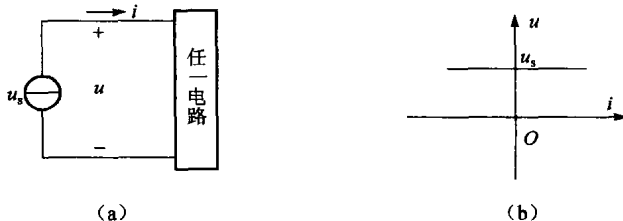


图 1.10 理想电压源

(a) 定义与符号；(b) 伏安特性