



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

DIANLU JICHU YU SHIJIAN YINGYONG

电路基础 与实践应用

李元庆 何 佳 编著 ●



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

电路基础与实践应用

李元庆

电路CAD

贾海瀛

电工学（第三版）

王浩

常用电子元器件实用教程

郑英兰

应用电子技术实训

朱传琴

电工技术及应用

孙爱东

电工测试与实验基础（第二版）

李巧娟

高级电工技能训练与考核

杨金桃

电力电子技术（第三版）

袁燕

电机运行与检修

谢胜利

电机及拖动基础

莫莉萍

电机设备运行与维护

张秀阁

自动控制原理（第二版）

张志钢

自动控制原理与系统（第二版）

王诗军

单片机C51项目教程

张晓峰

单片机应用技能教程

谢伟红

计算机控制技术

丁卫东

可编程控制器原理及应用

张杰

过程控制与自动化仪表

王诗军

传感检测技术（第二版）

王晓敏

供配电技术（第三版）

夏国明

供配电技术

王艳华

电气设备运行与维护

吴靓

中国电力出版社教材中心

教材网址 <http://jc.cepp.sgcc.com.cn>
服务热线 010-63412706 63412548

ISBN 978-7-5123-2100-7



9 787512 321007 >

定价：33.00 元



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

DIANLU JICHU YU SHIJIAN YINGYONG

电路基础 与实践应用

编著 李元庆 何 佳
主审 刘耀年



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。

本书集电路基础理论、电路实践应用、电路学习指南及电路教学项目于一体，为项目化教学教材。全书分为两部分。第一部分为第1~5章，主要为电路基础知识，包括电路的基本元件及性能，电阻电路的等效变换及其应用，线性电路的分析方法及其定理，正弦交流电路的分析与应用，三相电路的分析与应用。第二部分为第6~10章，主要为电路知识的应用，包括谐振、互感电路及磁路的分析与应用，非正弦交流电路的分析，动态电路的分析与应用，电工仪表及其使用，安全用电技术及其应用。

本书主要作为高等职业教育相关专业电路课程教材，还可作为中、高级电工的培训教材及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

电路基础与实践应用 / 李元庆, 何佳编著. —北京: 中国电力出版社, 2011.9

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5123-2100-7

I. ①电… II. ①李… ②何… III. ①电路理论—高等职业教育—教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 182796 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 9 月第一版 2011 年 9 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.125 印张 466 千字
定价 33.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本教材根据“十二五”高职高专教育教学内容和课程体系改革的要求编写而成。教材内容突破了原有课程的结构体系，突出了课程的应用性和操作性，删除了理论性强的二端口网络内容，增加了实用性强的电工仪表及其使用和安全用电技术等内容。本教材具有以下特点。

(1) 每一章节均以提出问题的方式（任务引导）引入教学任务。另外，各章均附有教学项目，各教学项目给出了具体的能力目标、知识目标、工作任务、相关实践知识、相关理论知识及拓展知识。考虑到不同专业对教学项目的需求及差异，为了方便不同专业弹性选择教学项目，增强对教学项目的适应性，故将教学项目置于每一章末供选用或参考。该项目教材能让学生在工作任务的驱动下去学习，掌握相关的电工基本操作技能。

(2) 以工作过程为教学项目，融理论与项目于一体，在实践中教理论，在运用中学技术，注重理论和实践并举，强化学生实践能力、操作技能、创新精神和职业素质的培养。

(3) 以培养学生的动手能力为主线，集学习与讨论、试验与反思、认识与扩展、实践与创新为一体。为了提高学生的外语应用能力，书中主要名词都标有英语注释。

(4) 为适应传统教学内容向项目化教学内容之间的过渡，在内容编排上按电路基本概念、电路分析方法、解题步骤、例题分析、解题要点、实践应用、小结等内容编排，充分体现了理论与实践相结合的特点，避免了复杂的推理论证和定量分析。

(5) 注重教学方法和教学手段的改革，编写时力求做到概念准确、语言精练、重点突出、内容创新、叙述通俗；教学时可运用实践应用（或教学项目）中的内容直接验证相关的电路定理、定律。本教材适用于用传统的方法教学，更适合于进行项目化教学。

(6) 本教材编写了简要习题解答，给出了习题的主要解题步骤及计算结果，能进一步提高读者学习电路知识的兴趣，掌握相关知识要点。

本教材由何佳、李元庆编著。全书由李元庆统稿。何佳编写第一至五章；李元庆编写第六至十章及附录部分；本书由东北电力大学刘耀年教授主审，提出了宝贵的意见，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促且作者水平有限，书中纰漏之处在所难免，恳请使用这套教材的师生和读者提出宝贵的意见与建议，以利我们今后不断改进。

编 者

2011年8月

目 录

前言	
第一章 电路的基本元件及性能	1
第一节 电路及其模型	1
第二节 电路中的基本物理量	2
第三节 电阻、电感、电容元件及其应用	7
第四节 电路中的独立电源	15
本章小结	18
习题一	19
教学项目一 电阻、电感和电容元件的识别及参数测定	20
教学项目二 某继电保护装置直流信号系统电路分析	20
教学项目三 汽车信号系统电路分析	23
第二章 电阻电路的等效变换及其应用	25
第一节 电阻的串、并联及其等效变换法	25
第二节 基尔霍夫定律及其应用	30
第三节 电阻的星形、三角形连接及其等效变换法	35
第四节 电压源和电流源的等效变换及应用	39
第五节 受控源及其等效变换法	45
本章小结	50
习题二	51
教学项目四 直流单臂电桥的使用与分析	55
第三章 线性电路的分析方法及其定理	56
第一节 支路电流法及其应用	56
第二节 节点分析法及其应用	60
第三节 网孔分析法及其应用	65
第四节 戴维南定理及其应用	70
第五节 叠加定理及其应用	75
本章小结	79
习题三	80
教学项目五 双电源电路的检测和分析	83
第四章 正弦交流电路的分析与应用	85
第一节 正弦量的概念	85
第二节 正弦量的相量表示及相量运算方法	89
第三节 电路基本定律的相量形式及应用	93
第四节 复阻抗和复导纳的概念及应用	99

第五节 正弦交流电路的计算	107
第六节 交流电路的功率及提高功率因数的方法	110
本章小结	117
习题四	119
教学项目六 家庭用电电路分析	124
第五章 三相电路的分析与应用	127
第一节 三相电源与三相负载及其应用	127
第二节 三相电路的功率及测量	135
第三节 对称三相电路的计算	140
第四节 不对称三相电路的特点及分析	145
本章小结	147
习题五	148
教学项目七 家庭用电线路的设计及安装	150
第六章 谐振、互感电路及磁路的分析与应用	155
第一节 谐振电路的特点及应用	155
第二节 互感电路的分析与应用	162
第三节 含互感的正弦交流电路分析	165
第四节 磁路的概念和基本常识	171
第五节 变压器的结构原理及其应用	175
本章小结	180
习题六	181
教学项目八 变压器的应用分析	182
教学项目九 小型电源变压器的设计与制作	183
第七章 非正弦交流电路的分析	187
第一节 非正弦周期电路的概念及其分解式	187
第二节 非正弦周期电路有效值、平均值和平均功率的计算	189
第三节 非正弦周期电路的分析与应用	191
本章小结	193
习题七	193
教学项目十 正弦波、非正弦波的观察和分析	194
第八章 动态电路的分析与应用	197
第一节 换路定律和初始值的计算	197
第二节 一阶电路的零输入响应	200
第三节 一阶电路的零状态响应及其应用	201
第四节 一阶电路的完全响应及分析方法	204
第五节 一阶电路的三要素法及其应用	207
第六节 二阶 RLC 电路的零输入响应	212
本章小结	218
习题八	219

教学项目十一 RC、RL 电路充放电现象观察与分析	223
第九章 电工仪表及其使用	227
第一节 电工仪表的基本知识	227
第二节 常用电工仪表的结构及工作原理	229
第三节 电流、电压、功率和电能的测量	232
第四节 电工测量的方法	243
第五节 电阻、电感和电容的测量	244
本章小结	255
习题九	256
教学项目十二 电流、电压、功率和电能的测量及误差分析	256
第十章 安全用电技术及其应用	258
第一节 安全用电知识	258
第二节 接地和接零保护及应用	262
第三节 触电急救方法及其应用	268
第四节 安全用电技术及预防措施	274
本章小结	277
习题十	277
教学项目十三 接地装置的设计、安装及测量	277
教学项目十四 触电急救方法分析	278
附录一 项目报告表式样	280
附录二 部分习题参考解答	281
参考文献	298

第一章 电路的基本元件及性能

电路是电能和电信号的传输及转换系统。电路最常用的物理量有电流、电压、电位、电动势、电功率。组成电路的元件主要有电阻、电容、电感及理想电流源和理想电压源等，它们构成了电气器件连接的整体。

第一节 电路及其模型

问题一：实际的电路是怎样用模型来表示的？

问题二：电路的工作状态有哪几种？各有什么特点？

电路模型是用以反映实际电路中电气设备电磁性能的理想电路元件或它们的组合。其中，理想电路元件是指忽略实际部件的外形、尺寸等差异，只反映其电磁性能共性的电路模型最小单元。

一、电路的概念

电路又称为回路，泛指电流流通的闭合路径。电路由电源、中间环节和负载三个基本部件组成。电路中提供电能的设备或元器件称为电源（如电池、发电机等），电路中使用电能的设备或元器件称为负载（如电炉、电灯和电动机等）。中间环节（如开关和连接导体等）是连接电源和负载的部分，用来传输和控制电能。

图 1-1 是简单的手电筒实际电路。它由一个电源（干电池）、一只负载（小灯泡）、一只开关和若干连接导线（手电筒的金属外壳）组成。在图 1-1 所示电路中，当开关闭合后，储存在电池中的化学能转换为电能经连接导体供给灯泡使用，灯泡则将电能转换为光能和热能。

电路的另一作用是传递和处理电信号。图 1-2 所示为简单有线广播电路。其中，话筒是传感器，它将声音信号转换为相应的电压和电流（称为电信号），再通过放大器、均衡器、功放器等设备进行处理，传递给扬声器（负载），最后还原为声音。



图 1-1 手电筒实际电路

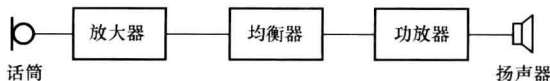


图 1-2 简单有线广播电路

二、电路模型（Circuit Model）

由理想元件组成的电路，称为电路模型。一个实际电路用什么样的电路模型表示，应当通过对电路物理过程的观察分析而确定。例如常见的手电筒，其实际电路元件由于电池、灯泡、开关和筒体组成，电路模型如图 1-3 所示。

三、电路的三种工作状态

(1) 通路 (Access Road) (或有载工作状态)。图 1-3 是一种典型的有载工作电路, 电源与负载接通时, 电路中就有电流通过, 电气设备或元器件获得一定的电压和电功率, 并进行能量转换。

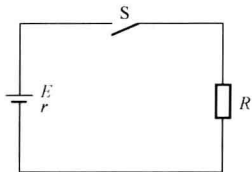


图 1-3 电路模型

(2) 开路 (Open Circuit)。当开关断开时, 电路中没有电流通过, 称电路为开路状态。

(3) 短路 (Short Circuit)。当电源两端由于某种原因被电阻值接近于零的导线相连接时, 电源处于短路状态, 外电阻可视为零, 电源端电压也为零。电路短路时, 回路电流很大, 若电路没有保护措施, 电源或电器会烧毁或导致发生火灾。所以在电路或电气设备中需安装熔断器、熔丝等保护装置, 以避免短路时发生严重后果。

今后, 如未加特别说明, 所讨论的电路均是电路模型, 所说的元件均是理想元件。

第二节 电路中的基本物理量



问题三：什么是电流和电压？

问题四：电压、电位、电动势有哪些内在联系？电功率和电能如何计算？

电路中涉及的物理量主要有电流 (I)、电压 (U)、电荷 (q)、磁通 (Φ)、电功率 (P) 和电磁能量 (W) 等, 在电路中主要关心的物理量是电流、电压和电功率。

一、电流及电流参考方向

1. 电流的概念

带电粒子有规则地定向运动形成电流 (Current), 即单位时间内通过导体横截面的电荷量, 用 I 或 i 表示。

为了便于对电流概念的理解, 用水流来作比拟电流。图 1-4 所示是水流和电流形成示意图。从图 1-4 (a) 可知, 控制水流的阀门打开后, 只要水池 A 中的水位高过水池 B 的水位, 涡轮转动, 水管中有水流流动。为了保持水池 A 中的水位高过水池 B 的水位 (即涡轮两端有水位差), 则由抽水机不停地做功, 将水池 B 中的水移动到水池 A 中, 提高了水的重力势能。

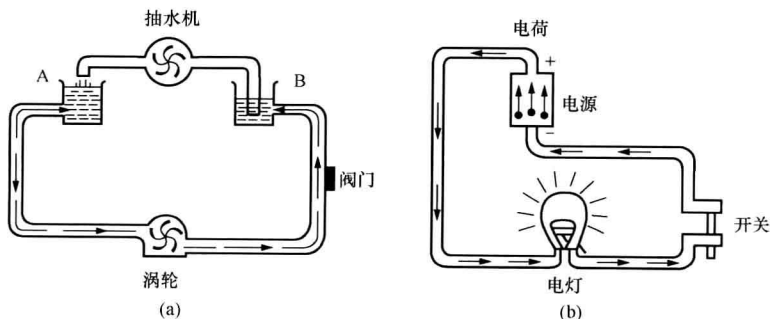


图 1-4 水流和电流形成的示意图

(a) 水流的形成; (b) 电流的形成

从图 1-4 (b) 可知, 开关闭合后, 电灯亮, 电路中有电流流过, 电源的作用保持了电灯两端有电位差。为了维持这一电位差, 电源不断地克服电场力做功, 将正电荷从电源的负极移动到正极, 提高了正电荷的电势能。

由于在不同的导电物质中, 形成电流的运动电荷可以是正电荷, 也可以是负电荷, 甚至两者都有。习惯上, 规定正电荷移动的方向为电流的方向。

电流的大小常用电流强度来衡量, 为简单起见, 把电流强度简称为电流。这样, “电流”一词不但表示一种物理现象, 还表示电路中的一个基本物理量。

大小和方向都随时间变化的电流叫变动电流。其中在一个周期内电流的平均值为零的变动电流称为交变电流, 简称交流 (即 AC), 用符号 i 表示。

对于变动电流来说, 设在时间间隔 dt 内, 通过导体横截面的电荷量为 dq , 则在该瞬间的电流强度为

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

大小和方向均不随时间变化的电流称为恒定电流, 简称直流 (即 DC), 用符号 I 表示。对直流电流来说, t 时间内通过导体横截面的电荷量为 q , 则其电流强度为

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

在国际单位制 (SI) 中, 电流的单位为 A (安培, 简称安)。1A=1C/s (库仑/秒)。有时也用 kA (千安)、mA (毫安)、 μ A (微安) 作为计量单位。

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

如图 1-5 所示为几种常见的电流波形图。

2. 电流的参考方向

在分析电路时, 对某一电流的实际方向可能一时很难确定, 也可能其方向是不断变化的。因此, 需要有一个电流参考方向与其比较。

任意假定的电流方向就称之为电流的参考方向, 用实线箭头表示, 如图 1-6 所示。另一种是用双下标表示, 如 I_{ab} 指电流的参考方向由 a 指向 b。

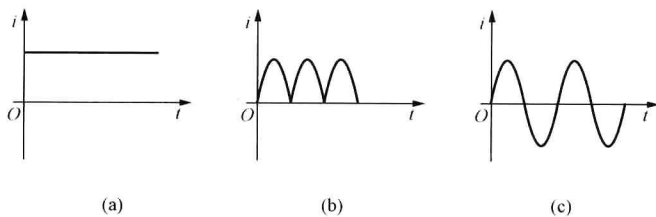


图 1-5 几种常见的电流波形

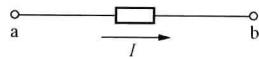


图 1-6 电流参考方向

确定好参考方向后, 若计算电流的结果为正值, 则说明电流的实际方向与参考方向一致。反之, 当电流为负值时, 则说明电流的实际方向与参考方向相反。在图 1-6 所示电路中, 若 I 为正值, 表示电流从 a 流到 b; 若 I 为负值, 表示电流从 b 流到 a。

二、电位、电压及电压参考方向

1. 电位 (Potential)

电路中, 电场力将单位正电荷从某点移至参考点所做的功称为电位, 用 V 表示, 其中参

考点可任意指定,一般选择大地、接地点或电气设备的机壳、电路的公共连接点作为参考点。参考点一经选定,一般将该点电位设为 0,即 $V=0$ 。

虽然电路中电位的参考方向可任意选择,但是参考点一经选定,电路中各点的电位值就是唯一的。当选择不同的电位作参考点时,电路中各点电位值将发生改变,但任意两点间电压保持不变。

2. 电压 (Voltage)

电压 U 指电场力将单位正电荷从电路中某点移至另一点所做的功。即

$$U_{ab} = \frac{W}{q} \quad (1-2)$$

电压也可理解为电路中任意两点间的电位差。例如 a、b 两点间的电压为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-3)$$

因此,电路中两点间的电压就是该两点的电位之差。

两点间电压的实际方向即是由高电位点指向低电位点的方向。所以电压也称为电位降落,简称电位降或电压降。直流电压用大写字母 U 表示,交流电压用小写字母 u 表示。

3. 电压的参考方向

电压参考方向的表达式通常有两种:一种是用“+、-”极性表示,此时电压参考方向由“+”指向“-”,如图 1-7 所示;另一种是用双下标,如 U_{ab} ,电压的参考方向由 a 指向 b,如图 1-8 所示。这样选定的电流和电压的参考方向称为关联参考方向。

当正电荷在电场力作用下由 a 点移动到 b 点时,电场力做功,即 $W > 0$,实际方向就是正电荷在电场中受电场力作用移动的方向。在国际单位制 (SI) 中,电压的单位是 V (伏特,简称伏)。1V=1J/C (焦耳/库仑)。电压单位也用 kV (千伏)、mV (毫伏)、 μ V (微伏)。

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

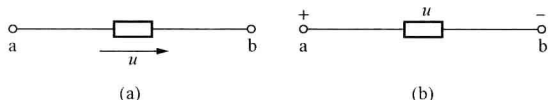


图 1-7 电压参考方向

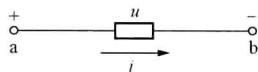


图 1-8 电流、电压关联参考方向

三、电动势 (Electromotive Force)

电动势:指非电场力(即外力)将单位正电荷在电源内部从低电位移到高电位所做的功。

用符号 E 表示,其单位为 V (伏特)。电动势的方向规定为从电源内部的负极(低电位端)指向正极(高电位端),用箭头表示,如图 1-9 所示。在电路分析时,常常考虑的是电源的端电压 U_s ,对于理想电压源

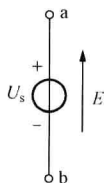


图 1-9 电动势的正方向

$$U_s = E \quad (1-4)$$

电动势是表示电源特征的一个物理量,电源中非静电力对电荷做功的能力,称为电动势,在数值上等于非静电力把单位正电荷从电源低电位端 b 经电源内部移到高电位端 a 所做的功。

四、电功率和电能

1. 电功率 (Electric Power)

电功率指单位时间内电场力所做的功, 用符号 p 或 P 表示。电流做功的过程是将电能转换为光能、热能、机械能等非电能的过程。电功率的表达式为

$$P = W / t$$

电功率的单位是 W (瓦特, 简称瓦), 还有 kW (千瓦)、mW (毫瓦)、 μ W (微瓦) 等。其中 $1\text{kW} = 10^3\text{W}$, $1\text{mW} = 10^{-3}\text{W}$, $1\mu\text{W} = 10^{-6}\text{W}$ 。

在实际应用中, 电功率和电压及电流的关系为

$$W = Uq = UIt = U^2t / R = I^2Rt = Pt$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{W}{q} \times \frac{q}{t} = UI \quad (1-5)$$

在电流和电压的方向为关联参考方向时, 若计算出功率数值为正, 即 $P > 0$ 时, 表明元件实际吸收或消耗功率; 若计算出功率数值为负, 即 $P < 0$ 时, 表明元件释放或提供功率。

如果元件电压、电流参考方向相反, 则元件的功率为

$$P = -ui \quad (1-6)$$

若 $P < 0$, 表明元件实际释放或提供功率。

若功率的单位为 W (瓦), 时间的单位为 s (秒), 则电能的单位为 J (焦耳)。

2. 电能 (Electric Energy)

电能指电以各种形式做功的能力。分为直流电能、交流电能, 这两种电能均可相互转换。

电能的单位常用 kW·h (千瓦小时) 表示, 1kW·h 的电能通常叫做 1 度电。

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

五、电气设备的额定值

额定值是使用电气设备的依据。电气设备的额定电压、额定电流和额定功率用 U_N 、 I_N 、 P_N 表示, 并标记在设备的铭牌上。电气设备工作在额定状态称为满载。低于额定值的工作状态称为轻载, 高于额定值的工作状态称为过载。

当外加电压大大高于额定电压, 电气设备的绝缘材料将被击穿, 造成短路或设备被烧毁。如果通过电气设备的电流超过额定值, 设备温度过高, 不仅影响寿命而且绝缘材料会因过热出现炭化, 破坏其绝缘性能, 导致设备和人身事故。

如果工作电压比额定值小得多, 电气设备将处于不良工作状态, 甚至不能正常工作。例如, 将一只标有“220V、40W”的白炽灯接到 110V 的电源上, 则灯光昏暗, 照明效果差。洗衣机、电冰箱、计算机、电视机等设备如电源电压过低, 将不能正常工作。

六、例题分析 (Sample Analysis)

【例 1-1】 一只 400Ω 、1W 的碳膜电阻, 若接于电路时, 元件两端的电压不得超过多大的数值?

解 根据功率的计算公式有

$$P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow U = \sqrt{PR} = \sqrt{1 \times 400} = 20(\text{V})$$

由计算可知其端电压不得超过 20V。如果将其接到 100V 的电压上, 此时它的功率为

$$P = \frac{100^2}{400} = 25(\text{W})$$

这功率大大超过其额定功率，电阻将立即烧毁。

七、实践应用 (Applications)

直流电压 U 和直流电流 I 的测量

(一) 教学目标

- (1) 能测量直流电压及直流电流。
- (2) 能使用万用表和稳压电源，并正确选择挡位和读数。

(二) 仪器设备

- (1) 指针式万用表，1 只。
- (2) 数字式万用表，1 只。
- (3) 直流稳压电源，1 台。
- (4) 电阻箱 [或滑线变阻器或电位器 (串联 100Ω 电阻)], 1 只。
- (5) 电源引线，若干。

(三) 工作任务

1. 测量直流电压

- (1) 用稳压电源输出高、低不同的直流电压。
- (2) 根据稳压电源输出的电压，选择万用表的电压挡。
- (3) 将万用表红表笔触及稳压电源的正输出端，黑表笔触及稳压电源的负输出端（注意：两表笔不能短接），即可测出直流稳压电源的输出电压；对调表笔重新测量。将两电表的挡位及测量结果填入表 1-1 中。

表 1-1 数据记录 1

电源电压 (V)	1		6		12		24	
测量所用万用表	针式	数字	针式	数字	针式	数字	针式	数字
万用表量程	2.5	2	10	20	50	20	50	200
测量值								
对调表笔后测量值								

2. 测量交流电压

- (1) 将万用表置于交流 250V 或 500V (数字表用 700V) 挡位上，用两表笔直接接触有市电的插座两孔，此时即可在表上读出交流电压值。
- (2) 测量交流时必须注意安全，不可用手碰触万用表金属裸露部分或将两表笔短接。
- (3) 将两电表的挡位及测得交流电压值填入表 1-2 中。

表 1-2 数据记录 2

电表挡位 (V)	所测电源	市电 220V	市电 380V
针式电表 250			—
数字电表 700			

续表

电表挡位 (V) \ 所测电源	市电 220V	市电 380V
针式电表 500		
数字电表 700		

注 打“—”者不能选用该量程测试。

3. 测量直流电流

(1) 按图 1-10 所示连接电路。

(2) 调节直流稳压电源输出电压为 6V。

(3) 改变电阻箱（或电位器）的阻值。

根据电阻箱（或电位器）阻值的变化情况，合理选择电流挡位，即可测得电路中的电流值。并将两电表的挡位及测得电流值填入表 1-3 中。

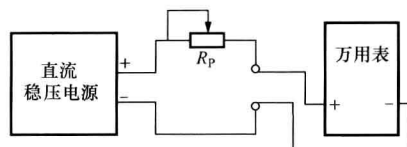


图 1-10 测量直流电流电路

(四) 数据记录

表 1-3

数据记录 3

电阻箱阻值 (Ω)	10k		1k		100	
测量所用万用表	针式	数字	针式	数字	针式	数字
万用表量程 (mA)	1	2	10	20	100	200
测量值						

最后，对以上实测数据进行分析。

第三节 电阻、电感、电容元件及其应用



问题五：哪些元件称为电阻元件？如何用欧姆定律计算电阻上的电压或电流？

问题六：哪些元件称为电感元件？电感元件上储存的磁场能量如何计算？

问题七：哪些元件称为电容元件？电容元件上储存的电场能量如何计算？

实际的电路元件繁多，它们可以组成简单的电路，也可以组成复杂的电路。电路中的各种元件涉及的物理过程很广泛，它在表现其主要物理性质的同时，还兼有其他性质。如电阻器、电灯、电炉在有电流通过时，除发光、发热外，还会产生磁场，兼有电感性质；实际电感线圈总是有电阻的，通过电流时除建立磁场外，还要消耗能量；即使质量优良的电容器也会有漏电；干电池、发电机内部总有内阻存在。

这样，在一定的条件下，将实际的电路元件近似化、理想化，用反映其主要电磁性质的“模型”来表示，即用理想元件来表示实际元件。

一、电阻元件

1. 电阻 (Resistance)

电阻是衡量导体对电流阻碍作用的物理量。通常用符号 R 表示，它是导体的一种基本性

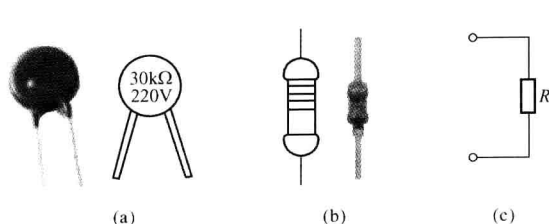


图 1-11 电阻元件外形和电路模型
(a)、(b) 外形；(c) 电路模型

质，电阻值的大小与导体的尺寸、材料、温度有关。如电阻器、白炽灯、电炉等具有电阻性质的实际电路元件，当有电流通过时，就要消耗电能，并将电能转变为热能、光能。

电阻元件是一种对电流呈现“阻碍”作用的耗能元件。如图 1-11 所示是电阻元件外形和电路模型。

2. 导体的电阻

导体的电阻大小可由电阻定律求得，即

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-7)$$

式中： ρ 是材料的电阻率，单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ （欧姆米）； L 是导体的长度，单位为 m （米）； S 是导体的横截面积，单位是 m^2 （平方米）； R 是导体的电阻，单位是 Ω （欧姆），比较大的单位有 $\text{k}\Omega$ （千欧）、 $\text{M}\Omega$ （兆欧）， $1\text{M}\Omega = 10^3 \text{k}\Omega = 10^6 \Omega$ ， $1\text{k}\Omega = 10^3 \Omega$ 。

导体的电阻与温度有关。一般的金属材料如银、钢、铝、铁、钨等，温度升高时，电阻增大；某些材料如碳素、电解液、半导体等，当温度升高时，电阻减小；还有一些导体（如康铜、锰钢、镍铬合金等），它们的电阻几乎不随温度变化而变化。所以常用它们制作标准电阻、电阻箱以及电工仪表中的分流电阻、附加电阻等。

有些半导体材料的电阻温度系数很大，且是负值。利用半导体这一特性可制作热敏电阻。某些金属材料在温度很低时电阻陡降为零，这就是超导现象。

3. 电阻器的参数

电阻器的参数主要包括额定功率、标称阻值、最高工作温度、最高工作电压、精度、噪声参数及高频特性等。在选择电阻时主要考虑电阻值、精度和额定功率。其他参数，只有在特定的电气条件下才予以考虑。

4. 电导 (Conductance)

在电路中，电阻的倒数叫做电导，用 G 表示，即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-8)$$

在国际单位制中电导的单位是 S （西门子）， $1\text{S} = 1/\Omega$ 。

电导是衡量材料导电能力大小的参考量。材料的电阻越大，电导越小，导电性越差；反之，材料的电阻越小，电导越大，导电性越好。有时（如在并联电路中）用电导来分析计算比较方便。

5. 线性电阻元件及欧姆定律

欧姆定律 (Ohm's law) 是关于导体两端电压与导体中电流关系的定律。在同一电路中，通过导体的电流 I 与其两端的电压 U 成正比，与导体的电阻成反比，即

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-9)$$

当 R 为常数时，电阻元件的电压和电流关系（称为伏安特性）是一条通过坐标原点