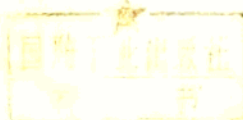


电 工 学

(试 用 教 材)

第五机械工业部七·二一工人大学教材选编小组



国防工业出版社

一九七八年

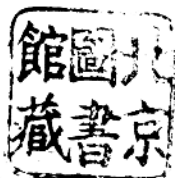
TM1
8

电 工 学

第五机械工业部七·二一工人大学教材选编小组

国防工业出版社

A 531187



内 容 提 要

本书共分两篇。第一篇电工基础，第二篇电机、电器及控制。主要包括：1. 静电场的基本概念；2. 交直流电路，电磁的基本概念与计算；3. 变压器、异步电动机、直流电机的结构、原理和使用知识；4. 常用机床电器的结构原理和几种机床电气线路的分析。

本书可作为“七·二一”工科大学机械类专业“电工学”教学试用教材。

电 工 学

第五机械工业部七·二一工科大学教材选编小组

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第074号

国防工业出版社印刷厂印刷 内部发行

787×1092¹/₁₆ 印张12¹/₂ 288千字

1978年3月第一版 1978年3月第一次印刷 印数：00,001—60,000册

统一书号：N15034·1656 定价：1.30元

选编说明

为了更好地贯彻执行毛主席的无产阶级教育路线，加速培养又红又专的职工队伍，适应社会主义革命和社会主义建设的需要，我部企、事业单位相继办起了工人大学。遵照毛主席关于“继续搞好教育革命”、“要提倡为革命学习文化、学习技术、精通业务、又红又专”的指示，必须努力办好工人大学。

根据毛主席关于“教材要彻底改革，有的首先删繁就简”的教导，为了尽快解决教材供应不足的问题，经与各省（市、区）有关部门协商，组成了有湖南、陕西、山西、四川、辽宁、黑龙江、内蒙古、江苏、北京等省（市、区）有关厂、校的专、兼职教师，工大毕业学员参加的工人大学机械类教材选编小组，在各地积极提供的一百五十余种教材基础上结合我部工人大学情况，进行了选编工作。最后确定了十一种教材，包括《初等数学》、《高等数学》、《机械制图》、《工程力学》、《电工学》、《金属材料学》、《机械设计基础》、《机床液压传动》、《机械加工工艺及工装设计》、《机床设计》、《机床数控基础》。

各书在审查出版中，分别受到湖南湘潭大学、西北工业大学、西安交通大学、陕西机械学院、北京工业学院及山西、陕西、湖南、吉林、天津等印刷单位大力协助，谨在此对各有关单位表示衷心的感谢。

本书系以华中工学院七五年版的《电工及电子学》、同济大学七六年版的《电工学》（试用本）、浙江大学七五年版的《怎样读机床电路图》等书为主要参考书选编。

由于我们对马列和毛主席关于教育革命的论述学习不够，路线觉悟不高，加上时间仓促，教材中难免还会有缺点和错误，希望广大工人学员、教师提出宝贵意见。

第五机械工业部七·二一工人大学教材选编小组

一九七七年四月

目 录

第一篇 电工基础

第一章 静电场

第一节 电荷	7
第二节 电场、电场强度	7
第三节 电容与电容器	9
本章小结	12

第二章 直流电路

第一节 电路、电路的基本物理量	13
第二节 欧姆定律及其应用	17
第三节 电功率 楞次-焦耳定律	20
第四节 电阻及电工材料	22
第五节 克希荷夫定律及其应用	25
第六节 电阻的串联与并联电路	28
第七节 电气设备的额定值 电路的工作状态	34
第八节 电容器的充电与放电	36
本章小结	38

第三章 电磁现象

第一节 磁和磁场	41
第二节 电流的磁场	42
第三节 电磁力与直流磁电式仪表	44
第四节 电磁感应	46
第五节 自感与自感电动势	50
本章小结	53

第四章 磁路

第一节 磁路概念	55
----------	----

第二节 铁磁物质的性质	56
第三节 全电流定律	58
第四节 铁心损耗	60
本章小结	62

第五章 单相交流电路

第一节 交流电及正弦交流电动势的产生	64
第二节 交流电的相位与相位差	68
第三节 交流电的有效值	71
第四节 正弦交流电的矢量表示法	72
第五节 纯电阻电路	75
第六节 纯电感电路	77
第七节 纯电容电路	81
第八节 电感性负载的电路	83
第九节 简单的并联交流电路	86
第十节 提高功率因数的意义	87
第十一节 日光灯电路的分析和实验	88
第十二节 交流电的测量	90
本章小结	93

第六章 三相交流电路

第一节 三相交流电源	97
第二节 三相负载的星形接法	100
第三节 三相负载的三角形接法	103
第四节 三相负载的功率	104
本章小结	106

第二篇 电机、电器及控制

第一章 变压器

第一节 概述	107
第二节 变压器的基本结构	108
第三节 变压器的工作原理	109
第四节 变压器的运行	111
第五节 变压器的名牌	112
第六节 三相变压器	113
第七节 多绕组变压器、自耦变压器	114
本章小结	115

第二章 三相异步电动机

第一节 三相异步电动机的构造	116
第二节 三相异步电动机的工作原理	117
第三节 异步电动机的名牌数据	120
第四节 三相异步电动机的运行	122
第五节 异步电动机的转矩	124
第六节 异步电动机的机械特性	125
第七节 异步电动机的起动	127
第八节 异步电动机的反转	130

第九节 异步电动机的制动.....	130	第二节 电气线路接线图.....	156
第十节 异步电动机的调速.....	132	第三节 鼠笼式异步电动机直接启动 控制线路.....	156
第十一节 三相异步电动机的使用常识.....	133	第四节 三相鼠笼式异步电动机的 降压启动.....	159
第十二节 异步电动机的实验.....	134	第五节 三相鼠笼式异步电动机的 能耗制动控制线路.....	162
本章小结.....	134	第六节 三相鼠笼式异步电动机的 反接制动控制线路.....	163
第三章 直流电机.....	137	第七节 三相线绕式异步电动机的 启动控制线路.....	165
第一节 直流电机的基本结构.....	137	本章小结.....	165
第二节 直流电机的工作原理.....	139	第六章 几种机床电气线路的分析.....	167
第三节 直流电机按激磁方式分类与 额定值.....	142	第一节 C620-1型普通车床电气线路.....	167
第四节 直流发电机的运行.....	143	第二节 Z3040摇臂钻床电气线路.....	168
第五节 并激直流电动机的运行.....	146	第三节 X62W万能升降台铣床的电气 线路.....	172
第六节 直流电动机的实验.....	150	第四节 T617卧式镗床的电气线路.....	176
本章小结.....	150	第五节 机床电路的设计程序.....	180
第四章 低压供电系统.....	152	本章小结.....	182
第一节 三相低压供电系统的组成.....	152	附录 电器元件.....	183
第二节 安全用电知识.....	153		
第五章 异步电动机继电-接触 控制线路的基本环节.....	154		
第一节 电力拖动系统原理图.....	154		

第一篇 电 工 基 础

第一章 静 电 场

第一节 电 荷

电是什么？让我们来看一个现象，将手中的笔杆放在头发上轻轻摩擦几下，它就能吸引纸屑等轻小物体，我们说这时笔杆带电了，笔杆怎么会带电呢？

人们在长期的实践中认识到，自然界所有物质都是由很小的粒子——分子组成的，而分子是由原子组成的。每个原子又由一个带正电荷的原子核和一些电子组成，而每个电子都有等量的负电荷，如图 1-1-1 所示。

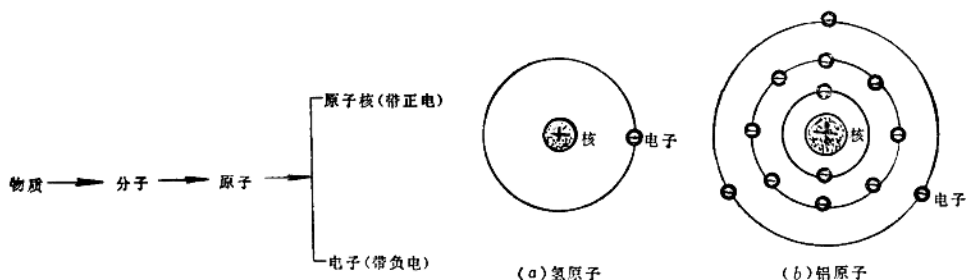


图1-1-1 物质组成示意图

图1-1-2 原子结构示意图

电子有规律地分布在原子核周围，并且不停地一面自转，一面围绕着原子核按一定的轨道运动，如图 1-1-2 为氢原子和铝原子的结构示意图。在通常情况下，电子所带负电荷的总和与原子核所带正电荷相等，整个原子显示中性，物体内正电荷量与负电荷量相等，所以物体不呈现出带电现象，叫做物体不带电。当物体因某种原因（如摩擦等）失掉电子或得到电子时，物体内正、负电荷量就不相等了，所以物体就呈现带电现象，这种物体叫带电体。失掉电子的物体带正电，获得多余电子的物体就带负电。笔杆和头发相互摩擦时，就是因为一些电子从头发上转移到笔杆上，因此笔杆显示带负电，而头发显示带正电。这就是摩擦带电。此外，利用感应作用（如发电机）或化学作用（如干电池）等也可使正、负电荷分离而分别聚集在两极上。

带电物体所带电荷的数量叫做电量，目前已知自然界中存在的最小电量是电子的电量。在实用单位制中，电量的单位叫做库仑。一个电子的电量是 1.6×10^{-19} 库仑，即一库仑等于 625 亿亿个电子所带的电量。

第二节 电场、电场强度

一、电场

在电荷 Q 附近放进另一电荷 q 时，就会发现，如果它们带的电荷是同性的（即同时为

正或同时为负)，那么就有相互排斥的趋向。如果是异性的电荷，那么就相互吸引。这说明电荷间有相互作用，同性电荷互相排斥，异性电荷互相吸引。那末究竟是什么东西为中间媒介使两个电荷相互作用呢？人们经过长期的实践，认识到电荷周围存在着一种特殊的物质，叫做电场。电场是电荷周围具有电力作用的空间。有电荷存在的地方，电荷周围就有电场。电荷间的相互作用就是通过电场进行的，如电荷 Q 周围存在的电场对电荷 q 施加作用；同时电荷 q 周围的电场也对电荷 Q 施加作用。

静止电荷所形成的电场叫静电场，它有两个基本性质：①对置于电场中其它电荷都有作用力，这种力叫做电场力。②当电荷在电场中运动时，电场对电荷做功，这说明电场具有能量。因此，我们可以通过电场对电荷的作用来认识电场。

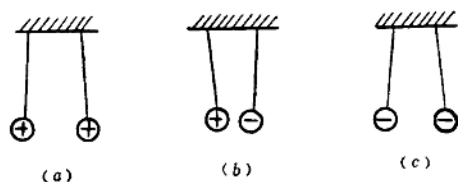


图 1-1-3

(a)、(c)同性电荷相斥；(b)异性电荷相吸。

二、电场强度与电力线

上面讲到，电荷周围存在的电场对其它电荷会产生作用，现在我们就从电场力的角度来研究电场性质。

由于带电体总是具有一定的形状和大小，因此电场力肯定还与带电体的形状和大小有关，如果我们研究出某两个具有特定形状和大小的带电体的电场力，就没有普遍的指导意义。因此，我们的讨论将对电量集中在一个质点上的点电荷来进行，而实际的带电体就可以看作许多点电荷作用的综合。此外，如果两个带电体之间的距离比起他们各自的体积大得很多，那末就可以把实际的带电体看作是点电荷来计算。

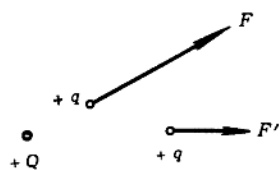


图1-1-4 正点电荷的电场

设有一个电量为正 Q 的点电荷，由于它的存在，在它周围的空间里就有电场。现在用一个正电量很小的点电荷 q 作为试验电荷放到 Q 的电场中去， q 就要受到电场力的作用。 q 放在电场中不同点时，受力的大小和方向不同。离 Q 越近，受力越大。这说明带电体 Q 的电场各点的方向和强弱都不一样，如图1-1-4所示。我们把试验电荷在电场中某点所受的电场力 F 与电荷量 q 的比值叫做该点的电场强度，简称场强，用符号 ε 表示，即：

$$\varepsilon = \frac{F}{q} \quad (1-1-1)$$

这个关系表明：电场中任意一点的电场强度，用单位正电荷在该点所受的力来表示。单位正电荷所受的力大，表示这一点的电场强，所受的力小，表示这一点的电场弱。我们知道力是一个矢量，因此电场强度也是矢量。电场强度的方向与单位正电荷所受力的方向是一致的。

电场强度反映了电场强弱的特性，因此它是描述电场性质的物理量。

在实用单位制里， F 的单位用牛顿， q 的单位用库仑，电场强度的单位为 牛顿/库仑。

许多实际上应用的电场都是比较复杂的，电场各处场强的大小和方向不能用简单的公

式表示出来，往往人为地用一系列曲线形象地来描绘电场。这些曲线上的任一点的切线方向都跟该点的场强的方向一致，并且通过垂直于场强的单位面积上的曲线数与场强的大小成正比。这些曲线叫做电力线，既表示了场强的方向，也反映了场强的大小。图 1-1-5 为几种带电体的电力线图。从图中可以看出，静电场的电力线从正电荷出发，终止于负电荷，任何两条电力线不会相交。

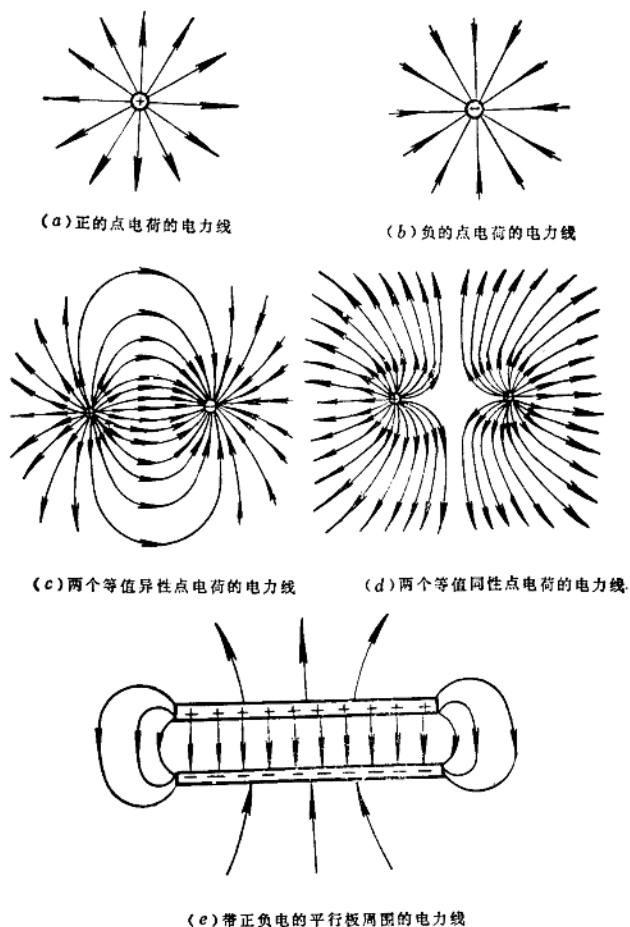


图1-1-5 几种带电体的电力线

图 1-1-5 (e) 中两平行带电板的电场，电力线是从带正电荷极板出发终止在带负电荷极板上的一组平行直线，电场内各点上电力线的密度和方向都相同，这种电场叫均匀电场。

第三节 电容与电容器

把带负电的圆球导体 A 移近不带电的圆球导体 B ，如图 1-1-6 所示，当两导体接近时（没有接触），球状导体 B 上就发生电子移动的现象，结果 B 物体两侧就带上等量异性电荷，靠近 A 的半球面带正电，另半面带负电。如用一导线联接物体 B 使其接地，如图 1-1-7

所示, 负电荷就移向大地而被中和, 这时先去掉联接的导线, 然后移开物体 A , 则 B 物体就因留下正电荷而带正电, 用这种方法使物体带电叫感应起电。

物体在另一带电体的电场力作用下, 发生电荷的重新分布叫静电感应, 在 B 物体上感应而产生的电荷叫感应电荷, 如果移去带电体, 物体 B 上感应的电荷就相互中和。

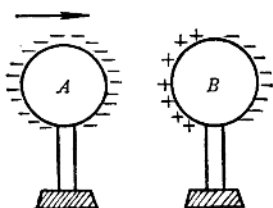


图1-1-6 静电感应

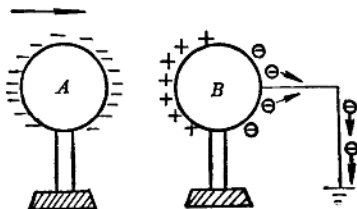


图1-1-7 感应起电

若把电介质放在均匀电场中, 在电场力的作用下, 电子就要向电场反方向移动, 但并不脱离分子, 只是电子运动的轨道向着电场反方向移动, 使带正电荷的原子核不再处在轨道中心, 而与轨道中心之间有些距离, 这种现象叫做介质极化。在正常情况下, 电介质的导电性能不明显, 但当电场强度大到一定数值时, 电介质的分子结构遭到破坏, 这时电介质的绝缘性能大大下降, 几乎成导体, 这种现象叫电介质的击穿, 这时的电场强度叫击穿电场强度。

用电介质把两个任何形状的金属体分开, 就能储存电量, 构成电容器, 这两个金属体叫电容器的极, 电荷量的大小与外加电压成正比, 我们把这比例常数称为电容, 用 C 表示:

$$C = \frac{q}{U} \quad (1-1-2)$$

式(1-1-2)中 C 的单位是法拉, q 的单位是库仑, U 的单位是伏特。当电容器极间电压为 1 伏特, 所储电量为 1 库仑时, 这个电容器的电容 C 就是 1 法拉(F)。在工程实际中法拉这个单位太大, 因此常常采用微法(μF)或微微法(pF)作电容的单位。

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

$$1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$$

从式(1-1-2)可以看出, 加在电容器两极的电压不变, 电容器储存电荷 q 的多少与电量成正比, C 越大储存的电荷越大, 反之越小。

用两块相互平行、中间有介质隔开放置的金属板构成电容器叫平板电容器, 金属板是电容器的极板。如极板间的距离远小于极板尺寸, 那么可以认为极板间的电场是均匀电场, 如图 1-1-8 所示, 平板电容器的电容如下:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi d} \quad (1-1-3)$$

式中 S ——极板面积;

d ——两极板间的距离;

ϵ ——绝缘材料的介电系数。

由上式可知, 平板电容器的电容与极板面积成正比, 与极板间距离成反比, 并且与极

板间的介质有关。但电容量的大小与外加电压和电荷量、极板的材料和质量无关。

电容器的种类很多,有体积很小以陶瓷作介质的陶瓷电容,有用塑料、云母等作介质的电容,有卷成圆筒形的纸介质电容,有用铁壳封装的油浸纸介质电容,有用铝壳封装的电解电容,有用钽铌等稀有金属制成的新型电介电容,以及空气为电介质的可调电容。图 1-1-9 是几种常见电容器的外形。

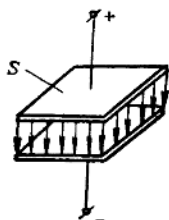
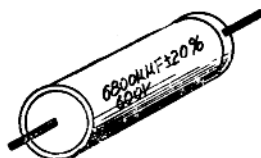


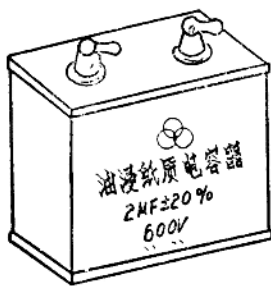
图1-1-8 平板电容器



纸质电容器



云母电容器



油浸纸质电容器



小型电解电容器

图1-1-9 电容器的外形

在实际上,使用电容器有时会遇到电容量不够或电压额定值低于所要求,因此必须采用电容器的串联或并联而使用之。

图 1-1-10 为电容器的并联,如 a 、 b 两端接上直流电压 U ,那么所有电容器上电压均为 U ,它们的总电荷等于各电容器电荷的和,如各电容器的电容为:

$$C_1 = \frac{q_1}{U}, \quad \text{即 } q_1 = C_1 U$$

$$C_2 = \frac{q_2}{U}, \quad \text{即 } q_2 = C_2 U$$

$$C_3 = \frac{q_3}{U}, \quad \text{即 } q_3 = C_3 U$$

则总电量

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

所以总电容量

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{U}$$

或

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1-1-4)$$

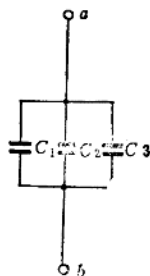


图1-1-10 电容器的并联

以上可知电容器并联时,总电容等于各电容器电容的和。

图 1-1-11 为电容器的串联。当 a 、 b 两端加直流电压 U ,如果正电荷传给第一个电容器的极板,那么这电容器的另一极板上感应出负电荷,而与它连结的第二个电容器的第一个极板出现正电荷,依次类推。这些极板上出现数值相等而符号相反的电荷,因而从电源得到的电荷只能在电容器电路的最外面的两个极板上。用 q 表示电源给电容器的电荷量,则有:

$$q = q_1 = q_2 = q_3$$

接成串联的电容器，它们的总电压 U 等于各个电容器的电压之和；

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

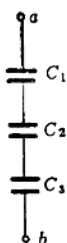
各电容器的电压与电容器的容量关系如下：

$$U_1 = \frac{q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{q}{C_2}, \quad U_3 = \frac{q}{C_3}$$

所以
$$\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$$

总电容
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

(1-1-5) 图1-1-11 电容器的串联



从上可知，电容器串联时，总电容的倒数等于各电容器的电容的倒数的和。电容器串联后总电容反而减小，并且比串联电路内的任何一个电容要小。

本章小结

1. 物体因某种原因（如摩擦等）失掉电子或得到电子，使物体内正负电荷量不相等，而呈现出带电现象，这种物体叫带电体。失掉电子的物体带正电，获得电子的物体带负电。

2. 电荷周围具有电力作用的空间叫做电场。

3. 电场强度是描述电场强弱和方向的物理量。电场中某点的电场强度的大小等于单位正电荷在该点所受的电场力的大小，方向就是正电荷受力的方向。电场强度的单位是牛顿/库仑。

4. 电容器是用来储存电荷的容器。表示电容器在一定电压下储存电荷多少的物理量叫电容，以 C 表示， $C = \frac{q}{U}$ 。

5. 电容器的串联和并联：

① 串联时
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

② 并联时
$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

第二章 直流电路

第一节 电路、电路的基本物理量

一、电路的组成及其作用

在生产和日常生活中，所有的用电设备，如照明用的电灯、动力用的电动机、加热用的电炉、冷却用的电风扇、机床上用的电气设备等，它们在工作时都是通过导线、开关(控制电器)和电源联接起来，以构成一闭合回路，使电流连续不断地通过。所以通俗地说，电路就是电流流通的路径。很显然，一个完整的电路都是由电源、负载(用电设备)、联接导线以及控制电器等四个基本部分构成，如图 1-2-1 所示。

电源：就是产生电能的设备，它的作用是将其它形式的能量(如化学能、热能、机械能、原子能等)转变成电能，并向用电设备供给能量。常用的直流电源有电池、直流发电机、晶体管稳压电源等。电池是将化学能转变为电能，直流发电机是将机械能转变为电能。

负载：就是各种用电设备，它的作用是将电能转为我们所需要的其它形式的能量。例如电灯将电能变为光能，电炉将电能变为热能，电动机将电能变为机械能等。它是从电源中吸取能量的。

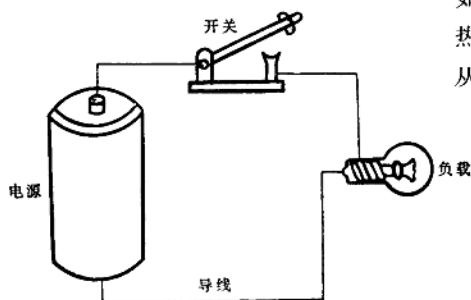


图1-2-1 电路的组成

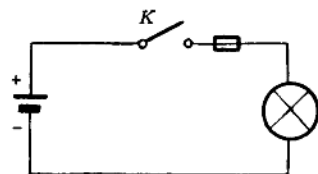


图1-2-2 电路图

联接导线：它把电源和负载联成一个闭合通路，起着传输和分配电能的作用。

控制电器：其作用是执行控制任务和保护电气设备。如开关(俗称电门)是用来接通或断开电路的；保险丝是用来保护电气设备的。

电路的各个组成部分及其作用，工程上都用简明的电路图表示出来(如图 1-2-2)。表 1-2-1 是电路中各种元件的图形符号。

综上所述，电路就是用来构成电流流通路径的各种装置的总体，它的作用是实现电能的变化和输送。

为了研究电路的方便，可以把电路看成由外电路和内电路两部分组成。即：

外电路：图 1-2-2 中由电源引出端至返回端，即控制电器、负载、联接导线所组成的部分电路叫外电路。

内电路：电源内部的电路叫内电路。

前面讲的是电路的组成，那么电路中是如何实现能量的转化过程呢？图 1-2-3 电路中

表1-2-1 电路的图形符号

名 称	符 号	说 明
直流电源		其中“+”“-”是表示电源的正、负极
电灯		
电阻		
导线		其中圆点表示导线的联结点
开关		单刀开关
		双刀开关
保险丝		
直流电流表		其中“+”、“-”是表示正、负极性
直流电压表		

的电源是电池，电池的心子是炭精棒，外壳是锌筒，里面填满了化学药品。由于电池内部的化学药品相互作用产生了一种力，叫做化学力（或称外力），它能够克服电荷间的作用力（电荷间具有同性相斥异性相吸）、强行把带负电荷的电子与带正电荷的离子分开，使得外壳积聚电子而带负电荷成为负极（或称阴极）；同时也使芯子上积聚着正电荷，从而带正电成为正极（或称阳极）。

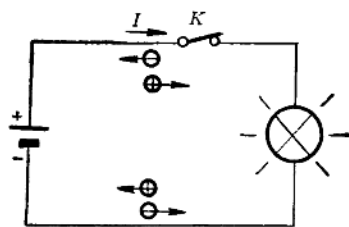


图1-2-3 电路的物理过程

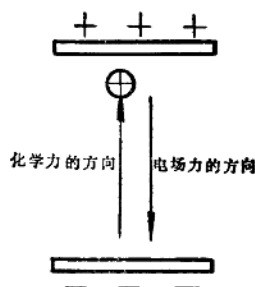


图1-2-4 化学力与电场力的方向相反

电池两端积聚了过剩的正、负电荷，则形成了电场。电场力的方向是从正极指向负极，如图1-2-4所示。电池内部的化学力是将正极的电子推向负极（可以视为将负极的正电荷推向正极），刚好和电场的方向相反。也就是说，电场力反对电荷继续移动和积聚，这样化学力（即外力）要克服电场力的反作用而作功，使电荷获得能量。因此在电源内部，就

发生了化学能（或其他形式的能量）转变为电能的过程。当外电路接通时，在电场力的作用下，自由电子沿外电路流动形成电流，电流流过灯泡（用电设备），释放出原先吸收的能量，把电能转变为热能和光能（或其它形式的能量）。

二、电路的基本物理量

1. 电流强度

在电路中，自由电子受电场力的作用沿导体作定向的运动就构成了电流。但是，通常所说的电流方向是与电子运动方向相反的，即把正电荷的流动方向规定为电流方向。在电源外部，电流从正极流向负极；在电源内部，电流从负极流向正极，如图 1-2-3 所示。

电流强度是表示电流大小的物理量，简称电流。电流的大小用每秒钟通过导体截面的电荷量来衡量。用数学式表示为：

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

式中 t —— 通电时间，单位为秒；

q —— t 秒内通过导体截面的电荷量，单位为库仑；

I —— 电流强度，单位是安培，简称为安（A）。

1 安培电流有多大呢？它相当于每秒钟在导体的截面通过 1 库仑的电荷量的电流。当电流比较小时可采用毫安（mA）或微安（ μA ）为单位。

$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA} = 10^3 \text{ mA}$$

$$1 \text{ mA} = 1000 \mu\text{A} = 10^3 \mu\text{A}$$

如果通过导体截面上电流的方向和大小不随时间的变化而变化，这种电流叫恒定电流，或叫直流电流，如图 1-2-5 所示。直流电流可用电流表来测量。电流表串联在电路中，使电流从电流表“+”端流入，从“-”端流出，电流表的指针即能指示出电流 I 的数值。

2. 电动势

电路中持续不止的电流是怎样产生的呢？我们知道电源是供给电能的源泉，通常我们在电源的一端标“+”号，另一端标“-”号，用来表示电源的两极。“+”号一端是高电位，也叫正电位；“-”号一端是低电位，也叫负电位。若将电源接于一电路上，当电路闭合时，在电源内部，外力不断地对正电荷做功，把它从低电位的负极移到高电位的正极；在外电路，电场力对正电荷做功，使它从高电位的正极经负载流向低电位的负极，电路中就有电流产生。因此，在工程上引用“电动势”这个物理量来表示外力做功的能力。

电动势用字母“ E ”表示，其大小规定为外力对单位正电荷从电源的负极移到正极所作的功。若用 A_R 表示外力作的总功， q 表示移动的总电荷量，则电动势 E 可表示为：

$$E = \frac{A_R}{q} \quad (1-2-2)$$

电动势的单位是伏特，简称为伏（V）。若外力将 1 库仑的电荷量从电源的负极移到正极所作的功为 1 焦耳，则电源的电动势就是 1 伏。

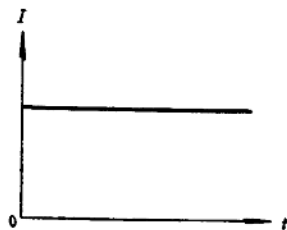


图1-2-5 直流电流

电动势的方向规定为外力推动正电荷运动的方向,即负极(低电位)指向正极(高电位)的方向,也就是电位升高的方向。如图 1-2-6 所示。

3. 电压

由上章知,“电压”这个物理量表示电场力做功的能力,如图 1-2-6 中 a 、 b 两点的电

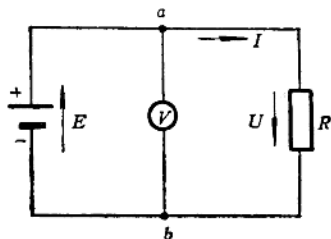


图1-2-6 电动势与电压的方向

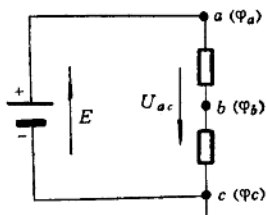


图1-2-7 电位与电位差

压,其大小为电场力对单位正电荷从外电路中某一点 a 移到另一点 b 时所做的功。若用 A_e 表示电场力作的总功, q 表示移动的总电荷量,则电压可表示为:

$$U = \frac{A_e}{q} \quad (1-2-3)$$

电压的方向规定为电场力推动正电荷运动的方向,即从正极(高电位)指向负极(低电位),它与电动势的方向相反(如图 1-2-6)。在外电路是电场力推动正电荷移动的,因此在外电路中电压和电流的方向一致。

当电路的电压较低时,常用毫伏(mV)或微伏(μ V)作单位:

$$1 \text{ V} = 1000 \text{ mV} = 10^3 \text{ mV}$$

$$1 \text{ mV} = 1000 \mu\text{V} = 10^3 \mu\text{V}$$

有时电路的电压很高,常用千伏(kV)作单位:

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V}$$

常用电灯的电压为 220 伏,电动机的电压为 380 伏,高压输电线的电压为 10 千伏、35 千伏、220 千伏等。

电压可以用电压表测量,测量时把电压表跨接到电路要测量的两点上去,这时电压表“+”端接高电位点,“-”端接低电位点,电压表的指针就能指示出电压的数值。如图 1-2-6 中,电压表的读数就是 a 、 b 两点之间的电压值。

4. 电位与电位差

在电路中,我们经常用“电位”这个术语,事先在电路选定一点作为“参考点”,并指定其电位为零,电场力把单位正电荷从电路中某一点移到参考点所作的功为该点的电位。而电路中 a 点和 b 点的电位之差就是 a 、 b 两点的电位差(电压)。设 a 点的电位为 φ_a , b 点的电位为 φ_b , a 、 b 两点的电位差为 U_{ab} , 则:

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-2-4)$$

我们知道电位与电位差(电压)的关系之后,若已知电压的数值,又事先选定一点为参考点,指定它的电位为零,则其它各点的电位就可以确定了。下面举例说明。

例 1-2-1 如图 1-2-7 电路中:已知 a 、 c 两点电压 $U_{ac} = 10$ 伏, a 、 b 两点电压