

电子电气职业技能考核认证指南

电子电气职业技能上岗实训丛书

电工实用技术 应用技能 上岗实训

韩广兴 韩雪涛 吴 瑛 等编著

- ◆ 职业应用技术专业引导
- ◆ 职业技术知识重点讲解
- ◆ 职业技能实例图解演示
- ◆ 职业目标技能精典训练



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子电气职业技能考核认证指南



电子电气职业技能上岗实训丛书

电工实用技术应用 技能上岗实训

韩广兴 韩雪涛 吴 瑛 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

电工实用技术是从事电气制造、电气安装、家庭装修电工、维修电工、工厂供电、农用供电、机床供电、高/低压供电等行业的入门基础。

本书从电工技能基础知识入手,分别介绍电流与电路的基本概念,用电的基本知识,常用电气设备的供电方法,常用仪表和工具的使用与操作程序,重点介绍电工测量的基本操作技能。全书分别以家庭供电,楼宇供电,厂房供电,农用电气设备,加工制造机械的供电安装环境为例,进行实际操作的技能演练。各种条件下的操作和演练过程用图解的方式表现出来,紧密结合实际,形象生动,通俗易懂。

本书可作为电工技能上岗实训教材和职业资格考核认证的培训指南,也适合于从事电工及电气设备安装、家庭装修电工、工厂和农村电气设备安装的人员阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工实用技术应用技能上岗实训 / 韩广兴等编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.6
(电子电气职业技能上岗实训丛书)

ISBN 978-7-121-06705-1

I. 电… II. 韩… III. 电工技术 IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第069861号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 陆伯雄

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 456千字

印 次: 2008年6月第1次印刷

印 数: 5000册 定价: 29.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

编委会名单

主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛

编 委 郭爱武 孟雪梅 李玉全 高瑞征

翟 伟 张丽梅 韩雪冬 马鸿雁

孙承满 崔文林 吴 玮 路建歆

赵俊彦 张湘萍 王 政 吴惠英

网址: <http://www.1200.cn> 联系电话: 022-83718165 / 83712667 / 83713315

地址: 天津市南开区华苑产业园区天达科技园 8 号楼 111 401 邮编: 300384

天津市科泰多普达技术有限公司

图书联系方式: tan_peixing@phicor.com.cn

青蓉编

2008 年 4 月

前 言

随着科学技术的发展,新技术、新产品、新工艺、新材料不断问世,新型电子产品得到了迅速的普及。特别是家电、计算机及其外围设备、数码产品、手机及通信设备等产品,已成为人们生活、娱乐和工作中不可或缺的信息工具。近年来,我国已成为世界电子产品的制造基地,从基本电子器件、整机直到整个系统的设计生产,已经形成了一个庞大的产业链。中国制造的电子、电气产品已遍布全世界,中国的制造水平已向国际标准靠拢。

电子、电气产品制造行业的高速发展,需要大批高素质的工人和技术人员,特别需要具有一技之长的技能型技术人员。他们决定着产品的质量和产品的技术水平,因而不断地提高加工制造技术人员的素质,不断更新实用型技能培训教材是培训技能人才的技术保障。

电气设备、生产线、车间、厂房、农用电气及家庭装修都离不开电源供电及其安全操作的技能,我国电子产品制造业的发展需要更多具有电工技能的人才。电气设备的使用者和电气设备的安装人员都应当具备基本的用电知识和基本的用电安全操作技能,从事电工专业的工人和技术人员更应掌握电工操作的规范,熟练地掌握基本技能和相关知识。供电和用电都关系着人身和设备的安全。对从事电工专业的人员应当进行严格的职业技能培训和考核,必须取得电工专业的职业资格证书才能上岗。

目前家庭中电子电气产品越来越多,了解有关电的知识和安全用电的基本技能,应当普及到每个家庭。

本书采用图解的方法,从变电站、工厂供电、农用电气设备供电到家庭供电,分别以实际案例,用图解的方式表达出来,生动形象,通俗易懂。

为了便于学习,我们专门制作了配套的 VCD 系列教学光盘(本书不含光盘,如有需要请读者按以下地址联系购买),既适合教师教学,也适合学员自学。学员通过学习与实践可以参加职业资格认证,可获得国家统一的职业资格证书。在教学中或在职业资格认证考核方面有什么问题,可直接与我们联系。

网址: <http://www.taoo.cn>, 联系电话: 022-83718162 / 83715667 / 83713312,

地址: 天津市南开区华苑产业园区天发科技园 8 号楼 1 门 401, 邮编: 300384

天津市涛涛多媒体技术有限公司

图书联系方式: tan_peixiang@phei.com.cn

编著者

2008 年 4 月

目 录

第 1 章 电工技能技术基础	1
1.1 电与磁的基础知识	1
1.1.1 电的基本概念	1
1.1.2 磁的基本概念	7
1.1.3 电场与磁场的关系	8
1.2 电流、电压和电阻的关系	10
1.2.1 简单电路的结构	10
1.2.2 欧姆定律（电流、电压与电阻的关系）	12
1.2.3 电路的串、并联与电压电流的关系	13
1.2.4 电流的热效应	16
1.2.5 电压、电位与电位差	17
1.3 磁场、磁力线与磁阻的关系	18
1.3.1 磁场与磁力线	18
1.3.2 磁路与磁阻	19
1.3.3 电磁感应及其特性	21
1.3.4 磁性材料及应用	24
1.4 直流电路及其基本定律	24
1.4.1 直流电路的结构特点	24
1.4.2 电能与电功率的基本概念	27
1.4.3 基尔霍夫定律	28
1.4.4 叠加定理与戴维南定理	30
1.4.5 毕奥-萨伐尔定律	32
第 2 章 交流电及相关电路	33
2.1 交流电与生活用电的关系	33
2.1.1 生活中的电气产品及其供电电源	33
2.1.2 生活中电能的来源	35

2.1.3	室内交流电的供电方式.....	38
2.2	交流电与实用电路.....	40
2.2.1	交流电的基本参数.....	40
2.2.2	正弦交流电的表示方法.....	40
2.2.3	单相交流电路与三相交流电路的区别.....	48
2.2.4	单相交流电路的电流电压和功率及测量方法.....	50
2.2.5	三相交流电路的应用.....	52
2.2.6	三相交流电路的电流电压和功率及测量方法.....	60
2.3	安全用电常识.....	64
2.3.1	漏电及触电.....	64
2.3.2	生活用电安全操作事项.....	67
第3章	常用电气设备及其供电方法	69
3.1	家用电器及其供电方法.....	69
3.1.1	家庭内的电源及电路分配.....	69
3.1.2	大功率家用电气设备的用电安全	79
3.1.3	供电线路及其安全.....	80
3.2	大型电气设备及其供电方式.....	87
3.2.1	农用电器及供电方式.....	87
3.2.2	厂房电器及供电设备.....	87
3.2.3	典型供电系统实例.....	87
第4章	电子元器件与基本电路	91
4.1	常用电子元器件.....	91
4.1.1	电阻器、电容器、电感器.....	91
4.1.2	电机、变压器.....	107
4.1.3	开关、继电器、保险器件.....	113
4.2	常用半导体器件.....	119
4.2.1	半导体器件的基本结构和工作原理	120
4.2.2	集成电路器件.....	128
4.3	常用电路	130
4.3.1	晶体管放大电路.....	130
4.3.2	运算放大器.....	132
4.3.3	振荡电路.....	134
4.3.4	调制解调电路.....	137

4.3.5	电源电路.....	138
4.3.6	数字电路.....	142
第5章	电工测量基本技能实训.....	149
5.1	直流电路的测量及仪表使用实训.....	149
5.1.1	直流电压和电流的测量.....	149
5.1.2	交流电压和电流的测量.....	153
5.1.3	低压电器电压和电流的测量.....	154
5.1.4	高压电气设备电压和电流的测量.....	156
5.2	电子元器件的测量及仪表使用实训.....	156
5.2.1	电阻器的测量.....	156
5.2.2	电子元器件直流阻抗的测量.....	159
5.2.3	电子元器件功率和电能的测量.....	168
5.2.4	电磁器件的测量.....	169
5.3	常用电工工具和电工仪表及使用方法.....	179
5.3.1	常用电工工具.....	179
5.3.2	万用表、钳形表、数字表.....	187
5.3.3	高、低频信号的测量仪表.....	193
第6章	电机、变压器及其驱动电路的检测实训.....	201
6.1	直流电机及其驱动电路的测量实训.....	201
6.1.1	直流电机的结构特点.....	201
6.1.2	直流驱动电路的结构特点.....	204
6.1.3	特殊直流电机及驱动电路的检测实训.....	205
6.1.4	直流发电机.....	206
6.2	交流电机及电路的测量实训.....	208
6.2.1	单相交流感应电机的结构特点.....	208
6.2.2	三相交流感应电机的检测方法.....	211
6.2.3	单相调速电机供电系统的检测实训.....	212
6.2.4	交流电机的供电设备和检测实训.....	213
6.2.5	交流电机绝缘电阻的检测实训.....	214
6.3	变频电机的结构原理和检测实训.....	214
6.3.1	电机速度控制原理.....	214
6.3.2	变频控制电机的实例.....	216
6.3.3	变频电机及驱动电路的检测实训.....	219

6.4	电力变压器的种类、特点及检测实训	219
6.4.1	电力变压器的结构	219
6.4.2	电力变压器的种类及特点	221
6.4.3	电力变压器的测量方法	222
第7章	电气设备的供电及施工实训	223
7.1	有关电气安装的法规	223
7.1.1	电工、电气常用符号及术语	223
7.1.2	电气法规常识	230
7.2	室内电气布线实训	231
7.2.1	室内电气布线的基本方法	232
7.2.2	室内电气布线的要求及工序	263
7.2.3	室内电气布线的实验及检查	265
7.3	施工场所与配线方法	268
7.3.1	施工场所与配线的基本要求	268
7.3.2	施工场所电气设备绝缘耐力的试验及检查	272
7.4	楼宇智能化的功能及设备	274
7.4.1	楼宇智能化的功能及方案	274
7.4.2	楼宇智能化的主要设备及连接	276
7.5	高压变电设备及安装实训	280
7.5.1	变电站(室)的线路及相关设备	280
7.5.2	架空线路与配电室的连接方法	282
7.5.3	变配电箱的架设方法	282
7.5.4	高压变压器及其安装实训	283
7.5.5	高压变电站中的相关设备及安装要求	285
7.5.6	变电设备的检测实训	291

第 1 章 电工技能技术基础

1.1 电与磁的基础知识

1.1.1 电的基本概念

世界上任何物质都是由分子或原子组成的，原子又由原子核和核外电子组成。在正常情况下，原子核所带的正电荷与原子核周围的负电荷数量相等，原子呈现中性，所以物体对外不显示带电的性质。

众所周知，丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电为正电荷，毛皮摩擦过的橡胶棒所带的电为负电荷，这里所说的电叫做静电。当一个物体受外力摩擦时，其中一个会失去电子而带正电荷，另一个物体会得到电子而带负电荷。

电具有同性相斥，异性相吸的性质。如图 1-1 所示，当把丝绸摩擦过的玻璃棒靠近带正电的软木球时，相互排斥；而用毛皮摩擦过的橡胶棒靠近带正电的软木球时，却相互吸引。

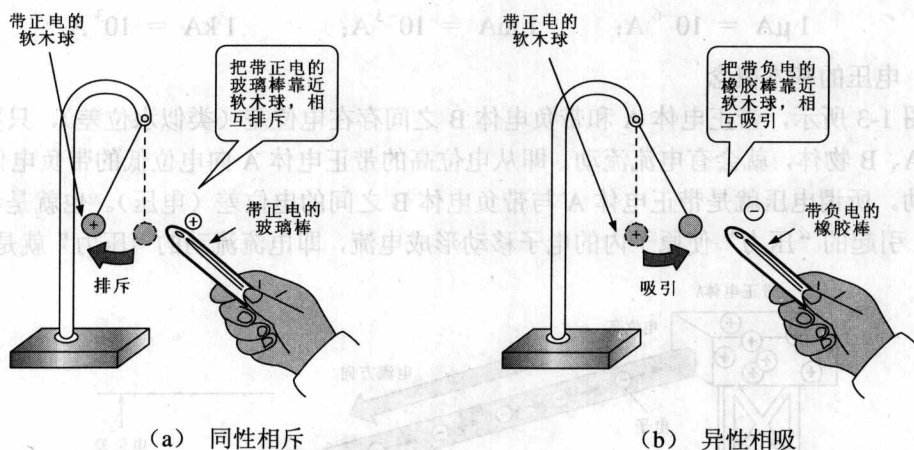


图 1-1 电的性质

带电物体所带电荷的数量叫“电量”。电荷用 Q 表示，电量的单位是库仑，符号为 C ，1 库仑约等于 6.24×10^{18} 个电子所带的电量。

1. 电的种类及特性

按照电的不同种类及特性，可分为直流电和交流电两种。直流电包括直流电流和直流电压；交流电包括交流电流和交流电压。

(1) 电流和电压

1) 电流的基本概念

电荷在电场的作用下定向移动,形成电流。严格来说,是自由电子的移动形成了电流。其方向规定为正电荷流动的方向(或负电荷流动的反方向),如图 1-2 所示。其大小等于在单位时间内通过导体横截面的电量,称为电流强度,用符号 I 或 $i(t)$ 表示。

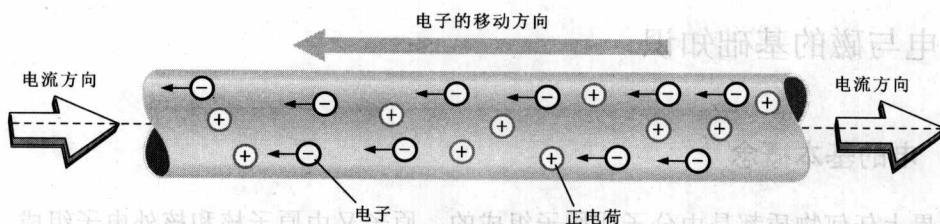


图 1-2 电流方向与电子的移动方向相反

设在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 时间内,通过导体横截面的电荷量为 $\Delta q = q_2 - q_1$,则在 Δt 时间内的电流强度可用数学公式表示为

$$i(t) = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

式中, Δt 为很小的时间间隔,时间的国际单位制为秒(s),电量 Δq 的国际单位制为库仑(C)。电流 $i(t)$ 的国际单位制为安培(A)。

常用的电流单位有微安 μA 、毫安 mA 、安 A、千安 kA 等,它们与安培的换算关系为

$$1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{A}; \quad 1 \text{mA} = 10^{-3} \text{A}; \quad 1 \text{kA} = 10^3 \text{A}$$

2) 电压的基本概念

如图 1-3 所示,带正电体 A 和带负电体 B 之间存在电位差(类似水位差),只要用电线连接 A、B 物体,就会有电流流动。即从电位高的带正电体 A 向电位低的带负电体 B 有电流流动。所谓电压就是带正电体 A 与带负电体 B 之间的电位差(电压)。也就是说,由电(场)引起的“压力”使原子内的电子移动形成电流,即电流流动的“压力”就是电压。

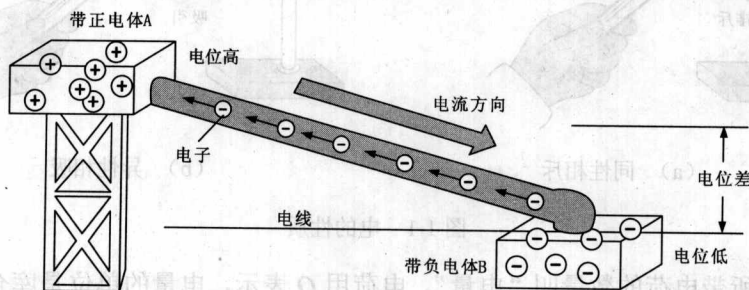


图 1-3 电流从电位高处向电位低处流

因此规定,电压是指电路中两点 A、B 之间的电位差(简称为电压),其大小等于单位正电荷因受电场力作用从 A 点移动到 B 点所作的功,电压的方向规定为从高电位指向低电位的方向。

电压的国际单位制为伏特(V)，常用的单位还有微伏(μV)、毫伏(mV)、千伏(kV)等，它们与伏特的换算关系为

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

(2) 直流电

直流电包括直流电流和直流电压。

一般由电池、蓄电池等产生的电流为直流电流，即电流的大小和方向不随时间变化，也就是说其正负极始终不改变，记为“DC”或“dc”，直流电流要用大写字母*I*表示。

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{Q}{t} = \text{常数}$$

直流电流*I*与时间*t*的关系在*I-t*坐标系中为一条与时间轴平行的直线，图1-4(a)所示是直流电流与时间曲线的示意图。

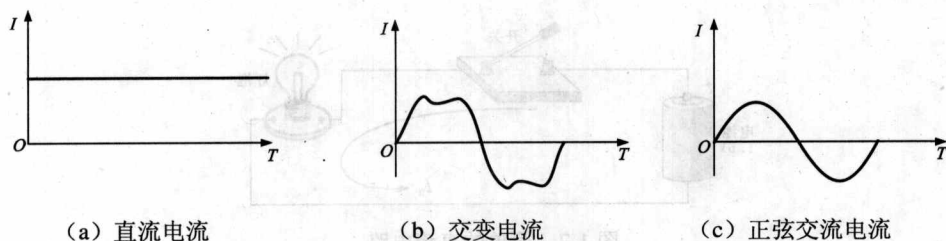


图1-4 直流和交流

在图1-5所示的电路中，直流电流流动产生大小及方向都不随时间变化的电压，称为直流电压，用大写字母*U*表示。

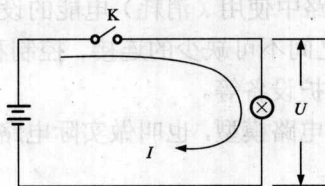


图1-5 直流电

(3) 交流电

交流电也有交变电流和交变电压两种。

交变电流是指电流的大小和方向（即正负极性）随时间而变化，用“AC”或“ac”表示。如图1-4(b)所示。交流电又分为交流电源（作为能量源如照明电灯用的电源）和交流信号（空中传输的电磁波）。交流电流的瞬时值要用小写字母*i*或*i(t)*表示。

同样，交变电压也是指大小和方向随时间的变化而变化的电压，其瞬时值要用小写字母*u*或*u(t)*表示。

对电路分析来说，一种最为重要的交变电流和交变电压是正弦交流电流和正弦交流电压，其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化，将之简称为交流电流和交流电压。如图1-4(c)所示。

一般来说，由交流220V电源供电的电路，其电路中流过负载的电流为交流电流，其

两端的电压为交流电压，如图 1-6 所示。

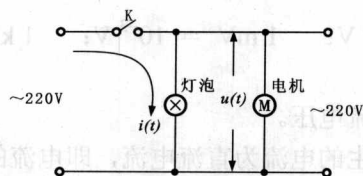


图 1-6 交流电

2. 电路的结构及状态

电路是由各种元器件（或电工设备）按一定方式组合起来的电流通路，如图 1-7 所示为一个简单的直流电路。

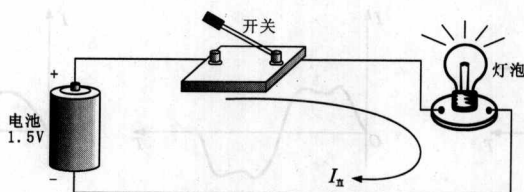


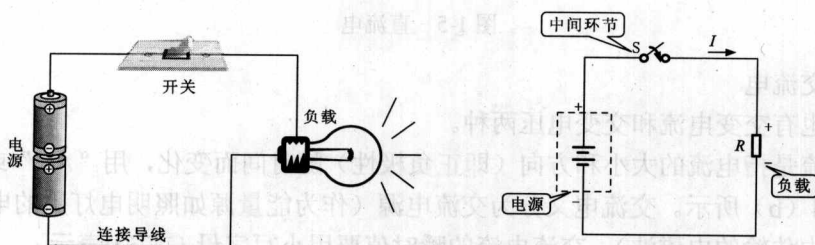
图 1-7 简单的直流电路

(1) 电路的组成

通常情况下，电路是由电源、负载和中间环节（导线和开关）三个部分组成的。

- ① 电源（供能元件）：电路中提供电能的装置。如发电机、电池或蓄电池等。
- ② 负载（耗能元件）：在电路中使用（消耗）电能的设备和器件，如电动机、电灯等。
- ③ 中间环节：电源和负载之间不可缺少的连接、控制和保护部件，如连接导线、开关设备、测量设备以及各种继电保护设备等。

由理想元件构成的电路叫做电路模型，也叫做实际电路的电路原理图，简称为电路图。例如，图 1-8 所示的手电筒电路。



(a) 实体电路

(b) 电路图

图 1-8 手电筒电路

理想元件：电路往往是由电特性相当复杂的元器件组成的，为了便于使用数学方法对电路进行分析，可将电路实体中的各种电器设备和元器件用一些能够表明它们主要电磁特性的理想元件（模型）来代替，而对它的实际结构、材料、形状等非电磁特性不予考虑，常用的理想元件及符号见表 1-1 所列。

表 1-1 常见理想元件及符号

名 称	符 号	名 称	符 号
电阻器		电压表	
电池		接地	
电灯		熔断器	
开关		电容器	
电流表		电感器	

理想电路元件分无源和有源两大类。无源元件包括以下三种。

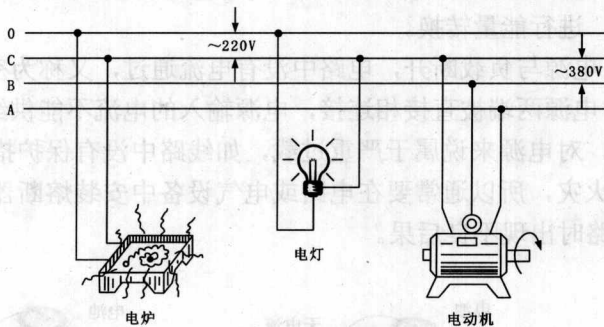
- ① 电阻元件：只具有耗能的电特性。
- ② 电感元件：只具有储存磁能的电特性。
- ③ 电容元件：只具有储存电能的电特性。

有源元件主要有两种。

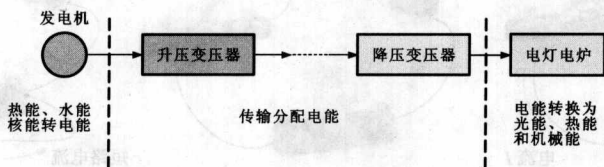
- ① 理想电压源：输出电压恒定，输出电流由它和负载共同决定。
- ② 理想电流源：输出电流恒定，两端电压由它和负载共同决定

（2）电路的功能及状态

公路、铁路和水路是根据不同的自然环境和实际需要而建造，并发挥相应的输送作用；而电路则根据其工作领域的不同主要有两种作用。在电力系统中，电路可以实现电能的传输、分配和转换，如图 1-9 所示。电路将电能由电源经导线传输到相应用电设备，转换成光能、热能和机械能等。此类电路电压相对较高，电流及功率较大，习惯上称之为“强电”电路。在电子技术中，电路可以实现电信号的传递、存储和处理。如收音机中的调谐电路，可以接收某频率的广播信号，如图 1-10 所示。此类电路的电压较低，功率及电流较小，常称为“弱电”电路。



（a）交流电源供电方式

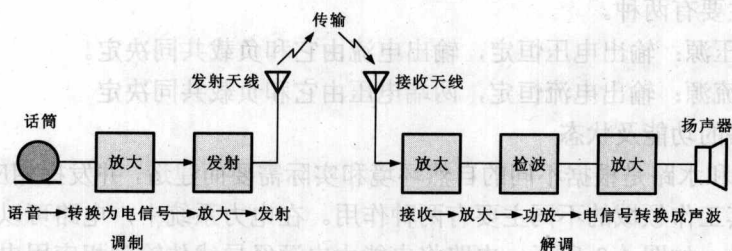


（b）电能的传输分配和转换过程

图 1-9 电路的功能



(a) 接收广播



(b) 信号的传递过程

图 1-10 电信号的变换和传输过程

电路有通路、开路和短路三种状态，如图 1-11 所示。

- 通路（闭路）：电源与负载接通，电路中有电流通过，电气设备或元器件获得一定的电压和电功率，进行能量转换。
- 开路（断路）：电源与负载断开，电路中没有电流通过，又称为空载状态。
- 短路（捷路）：电源两端被直接相连接，电源输入的电流不能供给负载而直接短接，因而电流急增，对电源来说属于严重过载，如线路中没有保护措施，电源或电器会被烧毁或发生火灾，所以通常要在电路或电气设备中安装熔断器、保险丝等保险装置，以避免短路时出现不良后果。

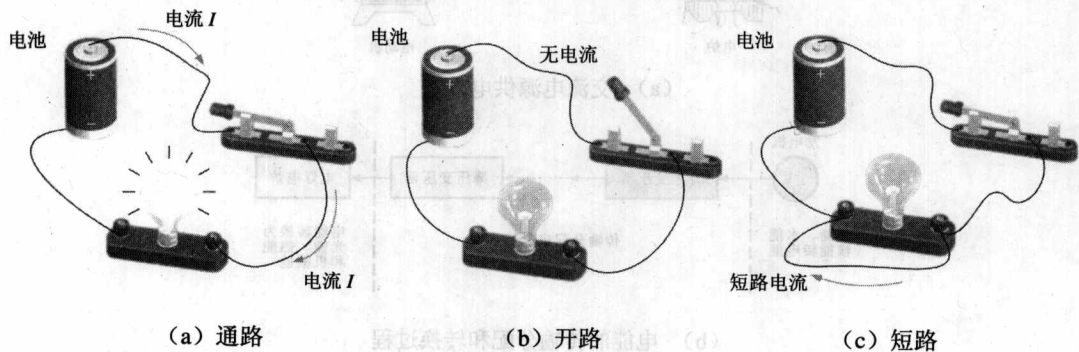


图 1-11 电路的状态

1.1.2 磁的基本概念

一般提起磁, 很多人便会想到磁石或磁铁能吸引铁质物体, 指南针会自动指示南北方向, 如图 1-12 所示, 而把一般物质称为无磁性或非磁性。事实上, 任何物质都具有磁性, 只是有的物质磁性强, 有的物质磁性弱; 任何空间都存在磁场, 只是有的空间磁场高, 有的空间磁场低。所以说包含物质磁性和空间磁场的磁现象是普遍存在的。

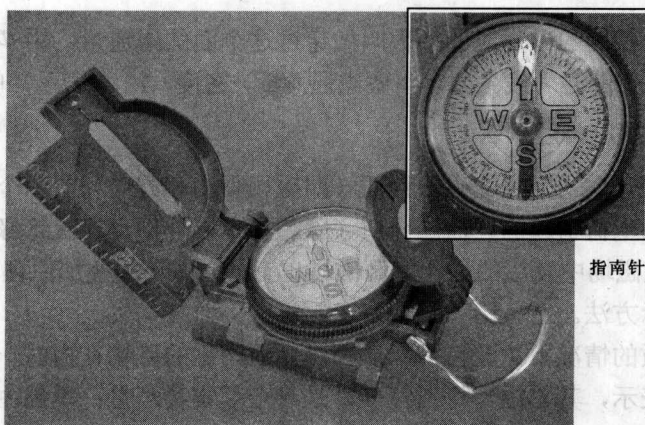


图 1-12 磁现象

1. 磁极和磁性

磁铁能吸引铁、钴、镍等物质的性质叫磁性。具有磁性的物体叫磁体。磁体上磁性最强的部分叫做磁极。两个磁极之间总是相互作用, 同性磁极互相排斥; 异性磁极互相吸引。当一个棒状磁体处于自由状态时, 总是倾向于指向地球的南极或北极。指向北极的极称为北极, 简称 N 极; 指南极的极称为南极, 简称 S 极。

2. 磁场

磁力线作用的空间称之为磁场, 如线圈、电机、电磁铁和磁头的磁隙附近。如图 1-13 所示为在条形磁铁磁场作用下, 铁粉的状态。

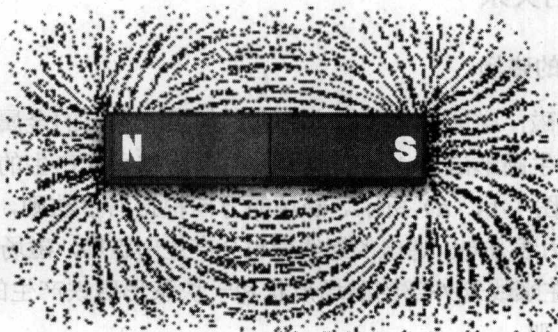


图 1-13 条形磁铁周围的磁场



3. 磁力线

磁力线是我们为了解方便而假想的,从图 1-13 可见,在两个磁极附近和两个磁极之间被磁化的铁粉末所形成的纹路图案是很有规律的线条。它是指从磁体的 N 极出发经过空间到磁体的 S 极,在磁体内部从 S 极又回到 N 极,形成一个封闭的环。通常说磁力线的方向就是磁性体 N 极所指的方向。

4. 磁通量和磁通(量)密度

穿过磁场中某一个截面的磁力线的条数叫做穿过这个面的磁通量,用 Φ 表示,单位是韦伯。垂直穿过单位面积的磁力线条数,叫做磁通(量)密度,用 B 表示,单位是特斯拉。

5. 磁场强度和磁感应强度

磁场强度和磁感应强度均为表征磁场性质(即磁场强弱和方向)的两个物理量。由于磁场是电流或者说运动电荷引起的,而磁介质(除超导体以外不存在磁绝缘的概念,故一切物质均为磁介质)在磁场中发生的磁化对源磁场也有影响(场的叠加原理)。因此,磁场的强弱可以有两种表示方法。

在充满均匀磁介质的情况下,若包括介质因磁化而产生的磁场在内时,用磁感应强度(即磁通量密度) B 表示,其单位为特斯拉 T,是一个基本物理量;单独由电流或者运动电荷所引起的磁场(不包括介质磁化而产生的磁场时)则用磁场强度 H 表示,其单位为 A/m, A/m 为辅助物理量。

磁感应强度是一个向量,它的方向即为该点的磁场方向。匀强磁场中各点的磁感应强度大小和方向均相同。

用磁力线可形象地描述磁感应强度 B 的大小。 B 较大的地方,磁场较强,磁力线较密; B 较小的地方,磁场较弱,磁力线较稀;磁力线的切线方向即为该点磁感应强度 B 的方向。

6. 导磁率

磁通(量)密度 B 与磁场强度 H 的比值叫导磁率,用 μ 表示($\mu=B/H$)。空气的导磁率 $\mu=1$ 。高导磁率的材料,如坡莫合金和铁氧体等材料的导磁率可达几千至几万,是导磁率很高的材料,常用来制作磁头的磁芯。

1.1.3 电场与磁场的关系

1. 载流导体周围的磁场

我们都知道电能生磁,磁能生电的基本概念。如果一条直的金属导线通过电流,那么在导线周围的空间将产生圆形磁场。导线中流过的电流越大,产生的磁场越强。磁场成圆形,围绕导线周围,如图 1-14(a) 所示。磁场的方向根据右手法则,拇指的方向为电流方向,其余四指为磁场磁力线方向。通电的螺线管也会产生出磁场,磁场的方向如图 1-14(b) 所示。由图可以看出,在螺线管外部的磁场形状和一块条形磁铁产生的磁场形状是相同的,其磁场方向遵循右手定则。