

Technology
实用技术

掌握电工基础的

15堂课

君兰工作室 编

黄海平 审校



科学出版社

掌握电工基础的 15 堂课

君兰工作室 编
黄海平 审校



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分 15 堂课,内容包括电工基础知识,电与磁,直流电路,交流电路,三相交流电路,变压器,半导体,晶体三极管放大电路,构成电路的实际 R, L, C 和变压器,电工工具,电工仪表,三相感应电动机,变频器,可编程序控制器和软启动器,电工常用电气图形符号。

本书内容丰富,形式新颖,配有大量的插图帮助讲解,实用性强,易学易用,具有较高的参考阅读价值。

本书适合广大初级电工人员、在职电工人员、电工爱好者、电子爱好者阅读,也可供工科院校相关专业师生阅读,还可供岗前培训人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

掌握电工基础的 15 堂课/君兰工作室编;黄海平审校. —北京:科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-034257-7

I. 掌… II. ①君…②黄… III. 电工技术-基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 090098 号

责任编辑:孙力维 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:王秋实

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

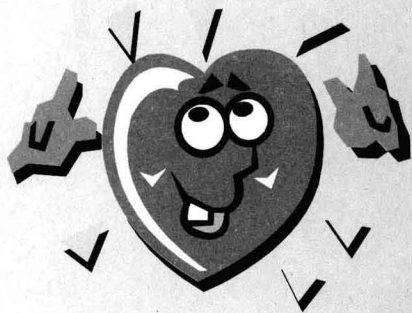
2012 年 7 月第 一 版 开本:787×960 1/16

2012 年 7 月第一次印刷 印张:16 1/4

印数:1—5 000 字数:300 000

定 价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



前言

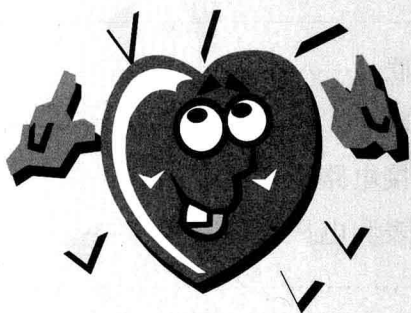
为了帮助广大电工技术的初学人员较好地理解电工基础知识,较快地走上电工工作岗位,我们根据初学人员的特点和要求,结合多年的实际工作经验,编写了这本《掌握电工基础的15堂课》。

本书重点编写电工技术基础知识和基本操作,从而能使从事电工、电子工作人员较快地理解掌握电工基础知识,并能实用操作。希望读者通过阅读本书能对电工技术更有兴趣,活学活用其中的知识,增强自己的实际工作技能。

本书高度图解,图文并茂,直观易懂,电工、电子基础知识由浅入深,有很好的学习实用价值。

本书适合广大初级电工人员,在职电工人员,电工爱好者,电子爱好者阅读,也可供工科院校相关专业师生阅读,还可供岗前培训人员参考阅读。

参加本书编写的人员还有张玉娟、张景皓、鲁娜、张学洞、刘东菊、王兰君、王文婷、凌玉泉、刘守真、高惠瑾、朱雷雷、凌黎、谭亚林、刘彦爱、贾贵超等,在此一并表示感谢。由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,敬请广大读者批评指正。



目 录



第1堂课

电工基础知识 1

- 1.1 关于电的计算 3
- 1.2 电场内的位能 10



第2堂课

电与磁 15

- 2.1 磁铁与磁场 17
- 2.2 磁 路 19
- 2.3 楞次定律 21
- 2.4 左手定则和右手定则 22
- 2.5 互 感 24



第3堂课

直流电路 27

- 3.1 电阻的连接方法 29

3.2	电阻的串联	29
3.3	电阻的并联	32
3.4	串并联混接电路	35
3.5	扩大电流表和电压表的量程	38
3.6	电 阻	40
3.7	电阻器	41
3.8	电阻的测量	44

**第4堂课**

交流电路	47
4.1 直流与交流的比较	49
4.2 正弦交流的产生	50
4.3 正弦交流电的表示方法	56
4.4 相 位	60
4.5 阻碍交流电流的因素	63
4.6 频率与电抗的关系	67
4.7 交流功率与功率因数	70

**第5堂课**

三相交流电路	75
5.1 三相交流电路概述	77
5.2 三相电路的连接	80
5.3 对称三相电路的计算	84
5.4 三相电路的功率	89
5.5 不对称三相电路的计算	92

**第6堂课****变压器 95**

- 6.1 变压器的原理 97
- 6.2 变压器的结构 99
- 6.3 变压器的电压和电流 101
- 6.4 三相变压器 104
- 6.5 自耦变压器和单相感应调压器 105
- 6.6 测量用互感器 106

**第7堂课****半导体 109**

- 7.1 二极管 111
- 7.2 特殊二极管 113
- 7.3 晶体三极管 115
- 7.4 晶体三极管的使用方法 119

**第8堂课****晶体三极管放大电路 123**

- 8.1 简单放大电路的工作原理 125
- 8.2 偏置电路 127
- 8.3 确定偏置电路的电阻值 130
- 8.4 根据特性曲线求解偏置和放大倍数 132

**第9堂课**

电阻器、电容器、线圈和变压器	137
9.1 电阻器	139
9.2 电容器	142
9.3 线 圈	145
9.4 可调电压的电源变压器	148
9.5 耦合电路的变压器	150

**第10堂课**

电工工具	153
10.1 普通工具	155
10.2 工具的分组及使用	162
10.3 扣件器件	163

**第11堂课**

电工仪表	169
11.1 模拟式万用表	171
11.2 数字式仪表	174
11.3 数字式万用表的使用方法	177

**第12堂课**

三相感应电动机	183
12.1 三相感应电动机的原理	185
12.2 三相感应电动机的结构	187
12.3 三相感应电动机的性质	189

12.4	等效电路和圆图	192
12.5	三相感应电动机的特性	195
12.6	启动和运行	198
12.7	特殊笼型三相感应电动机	200



第13堂课

变频器	203
-----------	-----

13.1	变频器的安装和使用	205
13.2	变频器的电气控制线路	207
13.3	变频器的实际应用线路	211



第14堂课

可编程序控制器和软启动器	213
--------------------	-----

14.1	可编程序控制器的电气控制线路	215
14.2	软启动器的电气控制线路	218



第15堂课

电工常用电气图形符号	221
------------------	-----

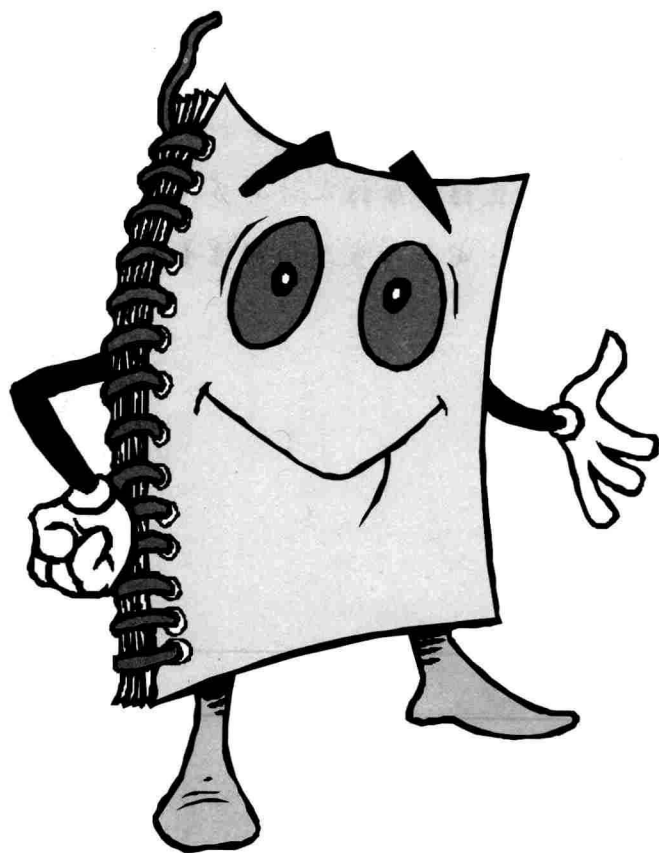
15.1	电阻器及其图形符号	223
15.2	电容器及其图形符号	223
15.3	配线切断器及其图形符号	224
15.4	熔断器及其图形符号	225
15.5	热敏继电器及其图形符号	225
15.6	电池、直流电源及其图形符号	226
15.7	计量仪器及其图形符号	227

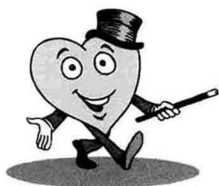
15.8	电动机、发电机及其图形符号	227
15.9	变压器及其图形符号	228
15.10	指示灯及其图形符号	229
15.11	电铃、蜂鸣器及其图形符号	230
15.12	开闭触点图形符号	231
15.13	触点功能符号和操作机构符号	231
15.14	主要电气设备图形符号	234
15.15	控制设备器件图形符号	236
15.16	识读电气图	238
15.17	电路图的组成及绘制原理	243
15.18	控制电路实际布线图和顺序图示例	247



第1堂课

电工基础知识





课前导读

本章主要介绍电工必备的基础知识，包括关于电的计算、电场内的位能等知识。掌握这些知识，是学习电工技能的基础。

掌握关于电和电场的基本知识，理解库仑定律、高斯定理的原理及计算方法。能够计算出电场强度、电位等重要的物理量。



学习目标



1.1 关于电的计算



知识点1

库仑定律

带有电荷的物体,称为带电体。带电体之间具有相互作用力,作用力的方向沿着两电荷的连线,同号电荷相斥,异号电荷相吸。库仑精密地测定了电荷间作用力的大小,发现了两个带电体之间相互作用力的大小,正比于每个带电体的电量,与它们之间距离的平方成反比,作用力的方向沿着两电荷的连线。这就是库仑定律,用公式表示如下:

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

式中, Q_1, Q_2 是以库仑(C)为单位的电量; r 是以米(m)为单位的两带电体之间的距离; F 是以牛顿(N)为单位的力,如图 1.1 所示。设介质的介电常数是 ϵ , 相对介电常数是 ϵ_s , 真空介电常数是 ϵ_0 , 因 $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_s$, 则库仑定律可表示为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_s} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (\text{N}) \quad (1.1)$$

力 F 也叫做库仑力。

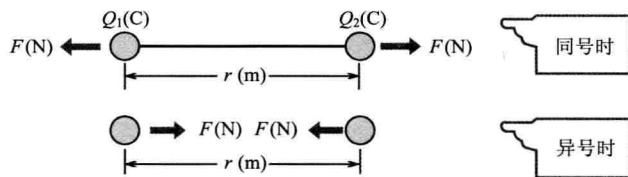


图 1.1 电荷间作用力的关系



知识点2

介电常数

真空介电常数 ϵ_0 被定义为如下数值:

$$\epsilon_0 = \frac{10^7}{10\pi c^2} = 8.855 \times 10^{-12} \quad (\text{F/m})$$

式中, c 是光速, $c = 2.998 \times 10^8 \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

介于电荷之间的绝缘体,就传导静电作用的意义而言称之为电介质。在研究静电作用时,使用的介质必须是绝缘体,这是因为如果使用导体,正、负电荷会被立即中和。相对介电常数 ϵ_s 是由绝缘体决定的常数。因为空气的 ϵ_s 是 1, 所以将空气中的情况与真空中的情况作同样处理也无妨。绝缘油的 ϵ_s 是 2.3, 而水的 ϵ_s 约为 80。

将 ϵ_0 代入 F 的公式,在真空中(或空气中) F 为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{4\pi c^2}{10^7} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{c^2}{10^7} \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$\approx (3 \times 10^8)^2 \times 10^{-7} \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \text{ (N)} \quad (1.2)$$

在真空(或空气)以外的介质中,库仑力为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_s} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \cdot \frac{1}{\epsilon_s} = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon_s r^2} \text{ (N)} \quad (1.3)$$

在真空中,两等量电荷相距 1m 时,若两电荷间的作用力 $F = c^2/10^7 \text{ N}$, 我们说这时的电荷电量为 1C ($F = c^2/10^7 \cdot Q_1 Q_2/r^2$)。



知识点3

电场强度

在电场中置入单位正电荷,其受力的大小和方向随位置而异。这个力是表示电场中该点状态的物理量,称它为该点的电场强度。在电场强度为 E 处,放置点电荷 $Q(\text{C})$, 则点电荷受力为

$$F = QE \text{ (N)} \quad (1.4)$$

$$E = \frac{F}{Q} \text{ (V/m)} \quad (1.5)$$

电场强度是个矢量,其方向规定为当正电荷置于电场中时,其受力方向为电场强度的正方向。



知识点4

点电荷电场强度

求距电量为 $Q(\text{C})$ 的点电荷 $r(\text{m})$ 远处 P 点的电场强度 E 。根据电场强度的定义,假想在 P 点放置单位正电荷,只要求出该电荷受力即可,如图 1.2 所示。

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} \text{ (V/m)} \quad (1.6)$$

电场强度的单位,直接想到的是 N/C , 之所以使用 V/m 表示,是因与后面要学习的电位有关。对存在两个以上电荷的情况,要分别求出每个电荷的电场强度,再将它们矢量合成,求出总的电场强度。电场强度不是标量,所以必须注意要按矢量计算。

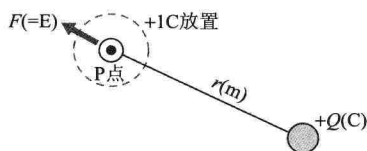


图 1.2 P 点的电场强度



电力线和电通量密度

在电场内放置单位正电荷,这个电荷受力而移动,假想电荷移动时画了条线,称为电力线,如图 1.3 所示。这样一来,电力线上各点的切线方向表示该点电场强度的方向,因此,电力线成为了解电场状况的便利工具。

在与电场方向垂直的单位面积 1m^2 内,电场强度等于通过该面积的电力线根数。在 1V/m 的电场强度处,与电力线垂直的单位面积 1m^2 内有 1 根电力线通过,如图 1.3 所示。按照这个定义,带有 $Q(\text{C})$ 电荷的带电体将发出多少根电力线呢? 距离带有 $Q(\text{C})$ 电荷的带电体 r 远处的电场强度为

$$E = 9 \times 10^9 \frac{Q}{\epsilon_s r^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_s r^2} \quad (\text{V/m}) \quad (1.7)$$

在以 $r(\text{m})$ 为半径的球面上,无论怎样取单位面积,都可认为通过该面积的电力线数是 E 根。

E 乘以球面积 $4\pi r^2$, 给出从 $Q(\text{C})$ 电荷发出的电力线总数如下:

$$E \times 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0\epsilon_s} \quad (\text{根}) \quad (1.8)$$

在真空中或在空气中,电力线的总数如下:

$$\frac{1}{\epsilon_0} Q = \frac{1}{8.85 \times 10^{-12}} Q = 1.13 \times 10^{11} Q \quad (\text{根}) \quad (1.9)$$

由此可见,单位正电荷发出 1.13×10^{11} 根电力线,在相对介电常数为 ϵ_s 的介质中时,发出的电力线是真空的 $1/\epsilon_s$ 倍。这个电力线的数目非常大,并且因介质的不同电力线的根数也会发生变化。因此,我们重新设想,1C 电荷发出 1 根电通量,称其为 1C 的电通量,则可避免空间介电常数的影响。这样一来,变成电荷 $Q(\text{C})$ 发出电通量数 $Q(\text{C})$,这就是对电通量的定义。如果电荷 $Q(\text{C})$ 是负的,可认为电通量是进入电荷 Q 的。

式(1.7)变形如下:

$$\frac{Q}{4\pi r^2} = \epsilon_0\epsilon_s E = \epsilon E \quad (1.10)$$

在此, $4\pi r^2$ 是以电荷 Q 为中心、 r 为半径的球面面积。

因此, Q 既是电荷 $Q(C)$, 同时又是发出的 $Q(C)$ 的电通量, 如图 1.4 所示。因此, 式 (1.10) 左边意味着通过 r 为半径的球面的电通量的面密度, 用电通量密度 $D(C/m^2)$ 来表示, 式 (1.10) 可以写成如下形式:

$$D = \epsilon E \quad (C/m^2) \quad (1.11)$$

电通量密度 D 与电场强度 E 的比例系数是介电常数 ϵ 。

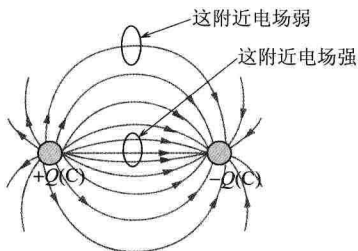


图 1.3 电力线与电场强度的关系

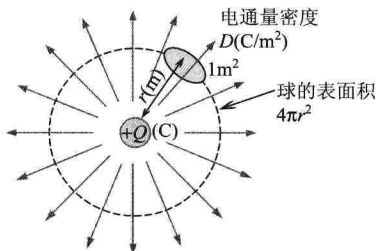


图 1.4 从 $+Q(C)$ 电荷发出 $Q(C)$ 的电通量



技能训练

在相对介电常数是 2.3 的绝缘油中, 有一个 $10\mu C$ 的点电荷。求距点电荷 10cm 处的电通量密度 D 和电场强度 E 。

解: 以点电荷为中心、10cm 为半径的球面面积为

$$S = 4\pi(0.1)^2 \approx 0.125 \text{ (m}^2\text{)}$$

另外, 从 $10\mu C$ 的点电荷发出 10×10^{-6} 根电通量, 所以, 电通量密度 D 为

$$D = \frac{10 \times 10^{-6}}{0.125} = 8.0 \times 10^{-5} \text{ (C/m}^2\text{)}$$

由 $D = \epsilon E = \epsilon_0 \epsilon_s E$, 得电场强度为

$$E = \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_s} = \frac{8.0 \times 10^{-5}}{8.85 \times 10^{-12} \times 2.3} = 3.93 \times 10^6 \text{ (V/m)}$$

根据定义亦可求解电场强度为

$$E = 9 \times 10^9 \times \frac{Q}{\epsilon_s r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 10^{-6}}{2.3 \times 0.1^2} = 3.91 \times 10^6 \text{ (V/m)}$$



知识要点6

带电导体球的电场强度

球形导体带电,无论带的是正电还是负电,都是同种电荷,按照库仑定律会产生斥力。所以电荷不能集中在球心,而是均匀地分布在导体表面。应该怎样求这样的球形导体表面的电场强度呢?可把所有电荷集中于导体球中心即可。这是因为,只要假设给球形导体带电 Q (C),就有 Q (C) 电荷发出电通量 Q (C),即使电荷分散于球体表面,球体表面上的电通量密度也不变。换言之,给球形导体带上电,只要球形导体表面的电荷不逃走,电通量的总量就不变。因此,求球形导体表面的电场强度 E 时,可通过所带电荷求出电通量密度 D ,再根据 $D = \epsilon E$ 求解 E 即可。这种求法,不只限于球形导体,导体的形状是圆柱形或圆筒形的情况均适用,但电荷必须分布在导体表面。球形导体若带电,球形导体内部的电场强度为零。其理由如上所述,电荷只存在于导体表面,而内部没有电荷。因此,电通量由表面指向外部,而内部没有,这是因为电通量被表面切断的缘故,如图 1.5 所示。由式 $E = Q / (4\pi\epsilon_0\epsilon_s s^2)$ 可知,球形导体的半径 r 越小,表面的电场强度越强。这种情况使绝缘体受到电的压力增加。由于这个原因,在设计使用高压的机器时,要考虑到导体不要有突起或曲率半径太小的部分,还应考虑到不要使电场强度过大。

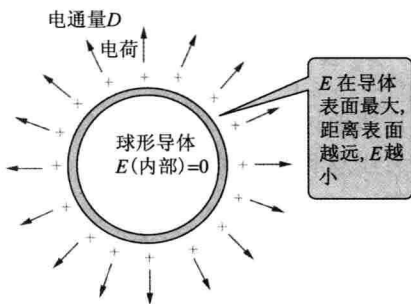


图 1.5 球形导体带上电荷,切断了球内部的电通量



知识要点7

高斯定理

为了帮助读者理解看不见的电场空间的存在,我们采用了电力线(假想线)来处理,即表示某点电场强度时,用通过单位垂直截面的电力线根数来表示该点的电场强度。于是,穿过以 $+Q$ (C) 为中心、 r (m) 为半径的全部球面的电力线根数 N 为

$$N = 4\pi r^2 E = 4\pi r^2 \times \frac{Q}{4\pi r^2 \epsilon} = \frac{Q}{\epsilon} \text{ (根)}$$

也就是说,置于介电常数为 ϵ 的电介质中的 $+Q$ (C) 电荷,发出电力线 Q/ϵ 根。

在电场空间电力线的分布如图 1.6 所示,有各种各样的情形。电荷单独存在时,电力线呈辐射状如图 1.6(a) 所示;附近有电荷存在时,受其影响,电力线产生了疏密分布,如图 1.6(b) 和图 1.6(c) 所示。