

小张学电工基础

魏新生 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

小张学电工基础

常州大学图书馆
藏书章

魏新生 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要讲述了电工工作中所需的主要电工基础知识。全书共分十一章,内容包括:电的基础知识;直流电路基本知识;简单直流电路计算;复杂直流电路计算;磁与电磁感应;电感与电容;交流电的基本知识;电阻、电感、电容元件在交流电路中的作用;三相交流电路;电流、电压与电阻的测量;功率的测量。

本书内容丰富,讲解深入浅出、浅显明了,既可作为新参加工作电工的入门学习教材及中级工技能培训的教材,也可作为入网作业培训的辅助书以及电工的常备参考书。

图书在版编目(CIP)数据

小张学电工基础/魏新生编著. —北京:中国电力出版社, 2015. 10

ISBN 978-7-5123-7845-2

I. ①小… II. ①魏… III. ①电工技术-基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 120996 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 10 月第一版 2015 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.875 印张 196 千字

印数 0001—3000 册 定价 19.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

小张学电工基础

电工基础知识是从事电工工作的基础理论,有相当一部分刚走上电工岗位的年轻人理论基础比较薄弱,学习电工基础知识感到有一定的难度。为此,作者以一定的理论基础和丰富的现场经验为基础,本着通俗易懂、贴近实际、难易结合、重在实用的原则编写了本书。

本书在编写的过程中,充分考虑到我国电工行业的特点,坚持以就业为导向,以职业岗位训练为主体,理论上不追求所谓系统的完整性,重点强调电工基础的知识点为专业技能服务。在电工基础知识内容的取舍上,注重淡化过细的理论推导过程,适当降低理论难度,注重知识的应用和电工实际操作能力的提高。

本书共分为十一章,主要讲述了电的基础知识、直流电路和交流电路相关知识和计算、磁与电磁感应相关知识,以及电感、电容、电阻等元件在交流电路中的作用、三相交流电路和电路中电流、电压、电阻和功率的测量等内容。本书在写作上采用师傅带徒弟的对话方式,增加了本书的可读性、亲切性和趣味性,更适合初、中级电工的学习。

本书由辽宁科技大学应用技术学院电气系副教授刘莉老师和杜洋老师审阅,并提出许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

限于编者的理论知识和现场水平,书中缺点和疏漏在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2015年7月



目录

小张学电工基础

前言

第一章 电的基础知识 1

第一节 电荷与电场 1

电荷 1

导体、半导体、绝缘体 3

电场与电场强度 4

第二节 电流、电压及电动势 7

电流 7

电压和功 9

电位与电位差 11

电源与电动势 14

第二章 直流电路基本知识 16

第一节 电路及电路图 16

电路 16

电路图 17

电阻和电阻率 18

欧姆定律 22

第二节 电路的功率与电能 25

功率和电功率 25

电流的热效应 28

第三章 简单直流电路计算

30

第一节 基尔霍夫定律 30

基尔霍夫第一定律 31

基尔霍夫第二定律 32

第二节 电阻的串联 35

串联电阻的计算 35

串联电阻间的电压分配 37

第三节 电阻的并联 40

并联电阻的计算 40

并联电阻间的电流分配 42

第四节 电阻的混联 43

简单电阻混联电路计算 44

复杂电阻混联电路计算 44

第五节 电阻的其他连接方式及

其等效变换 46

电阻的其他连接方式 46

电阻等效变换 48

第四章 复杂直流电路计算

50

第一节 支路电流法 50

解题原则 50

解题步骤 50

第二节 电压源与电流源的等效变换 54

电压源与电流源的定义 54

电压源与电流源的转换 56

第三节 电路叠加原理 61

电路叠加原理的定义	61
-----------------	----

电路叠加原理的应用	61
-----------------	----

第四节 戴维南定理	64
-----------------	----

戴维南定理的含义	64
----------------	----

戴维南定理的应用	65
----------------	----

第五章 磁与电磁感应

第一节 磁、磁力线与磁场	67
--------------------	----

磁、磁力线	67
-------------	----

磁场	68
----------	----

第二节 载流导体的磁场	70
-------------------	----

第三节 磁场与载流导体的作用力	73
-----------------------	----

磁场与载流导线的相互作用	73
--------------------	----

平行载流导线间的相互作用力	75
---------------------	----

第四节 电磁感应与自感电动势	79
----------------------	----

闭合导线切割磁力线产生感应电动势的方向	79
---------------------------	----

闭合导线切割磁力线产生感应电动势的大小	80
---------------------------	----

楞次定律	81
------------	----

电磁感应定律	84
--------------	----

自感电动势与互感电动势	86
-------------------	----

第六章 电感与电容

第一节 电感线圈与电感	91
-------------------	----

线圈的电感	91
-------------	----

线圈的磁场能	93
--------------	----

第二节 电容器与电容	95
------------------	----

电容器结构及原理	95
----------------	----

电容器的充放电	98
---------------	----

电容器中的电场能	101
----------------	-----

第三节 电容器的串并联	103
-------------------	-----

电容器的串联	103
--------------	-----

电容器的并联	108
--------------	-----

第七章 交流电的基本知识 110

第一节 正弦交流电的概念	110
--------------------	-----

正弦交流电的物理定义	110
------------------	-----

正弦交流电的产生	111
----------------	-----

正弦交流电的表达形势	114
------------------	-----

第二节 正弦交流电的基本参数	117
----------------------	-----

周期、频率、角频率	117
-----------------	-----

相位、初相位、相位差	118
------------------	-----

第三节 正弦交流电的最大值、有效值和平均值	122
-----------------------------	-----

交流电的最大值	122
---------------	-----

交流电的有效值	123
---------------	-----

交流电的平均值	126
---------------	-----

第八章 电阻、电感、电容元件在交流电路中的作用 128

第一节 电阻元件在交流电路中的效果	128
-------------------------	-----

电阻的电压与电流的关系	128
-------------------	-----

交流中电阻元件上的功率	131
-------------------	-----

第二节 电感元件在交流电路中的特点	133
-------------------------	-----

电感线圈在交流电路中的自感电动势	133
------------------------	-----

电感元件上的电压与电流之间的比值关系——感抗	136
------------------------------	-----

交流电路中电感线圈的功率	140
--------------------	-----

第三节 电容元件在交流电路中的作用	143
-------------------------	-----

电容电路中电压与电流的相位关系	143
电容元件上的电压与电流之间的比值关系——容抗	145
交流电路中电容器的功率	148
第四节 电阻与电感串联的交流电路	150
电阻与电感串联电路中各电压关系	151
电阻与电感串联电路中阻抗关系	156
电阻与电感串联电路的功率	160
第五节 电阻与电容串联的交流电路	166
电阻与电容串联电路的特点	166
电阻与电容串联电路的阻抗及功率	168
第六节 电阻、电感、电容串联的交流电路	171
R 、 L 、 C 串联电路的阻抗及功率	171
R 、 L 、 C 串联电路的谐振	175
第七节 电阻、电感串联后再与电容并联的交流电路	179
电阻、电感串联后再与电容并联的交流电路的特点	179
电阻、电感串联后再与电容并联的无功补偿作用	183
电阻、电感串联后再与电容并联的谐振	185

第九章 三相交流电路 188

第一节 三相交流电路的产生	188
三相发电机的结构	188
三相发电机工作原理	189
第二节 三相电源的连接	192
电源的星形连接	193
电源的三角形连接	197
第三节 三相负载的连接	199

负载的星形连接	199
---------------	-----

负载的三角形连接	202
----------------	-----

第四节 三相功率的计算	207
-------------------	-----

第十章 电流、电压与电阻的测量	209
------------------------------	-----

第一节 电气测量基础知识	209
--------------------	-----

第二节 磁电式测量机构的原理	211
----------------------	-----

磁电系仪表的结构	211
----------------	-----

磁电系仪表的工作过程	212
------------------	-----

磁电系仪表的实际应用	213
------------------	-----

第三节 电磁式测量机构的原理	217
----------------------	-----

排斥型电磁仪表	217
---------------	-----

吸引型电磁仪表	218
---------------	-----

第四节 交流电流、电压的测量	219
----------------------	-----

经电流互感器的测量	219
-----------------	-----

钳形电流表	221
-------------	-----

第五节 万用表的特点及测量	222
---------------------	-----

万用表的特点	222
--------------	-----

万用表的使用及注意事项	223
-------------------	-----

第六节 绝缘电阻表的特点及测量	227
-----------------------	-----

绝缘电阻表的结构与工作原理	228
---------------------	-----

使用绝缘电阻表的注意事项	229
--------------------	-----

第十一章 功率的测量	233
-------------------------	-----

第一节 电动系测量机构	233
-------------------	-----

第二节 功率的测量方法	234
-------------------	-----



第一章

电的基础知识

这一天，刚刚参加工作时间不到一年的电工小张找到车间技术人员魏工程师。

“魏工，我参加工作时间很短，很想让你帮我补习一下电气工人必备的理论基础知识，可以吗？”

“可以呀，年轻人多学习没有坏处的。”魏工爽快地答应了。

第一节 电荷与电场



电荷

“小张，先问你一个问题，你知道电是怎么回事吗？”

“在中学时学过，电是由不同物质摩擦而产生的。”

“可以这样理解，我们回忆一下中学物理课，用丝绸摩擦玻璃棒后，丝绸和玻璃棒都能吸引纸屑等轻微物体；同样用毛皮摩擦硬橡皮棒后也能吸引轻微物质，如图 1-1 所示。

如果我们将摩擦过的玻璃棒和橡皮棒，像图 1-2 那样再做个试验。当带有电荷的两个玻璃棒（或橡胶棒）相互接近时，就会发现它们相互排斥，见图 1-2（a）、（b）；当我们用带有电荷的玻璃棒与橡胶

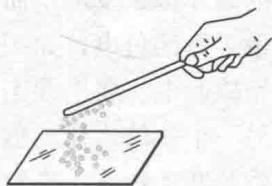


图 1-1 带电体能吸引轻小物



棒接近时，就会发现它们相互吸引，如图 1-2 (c) 所示。

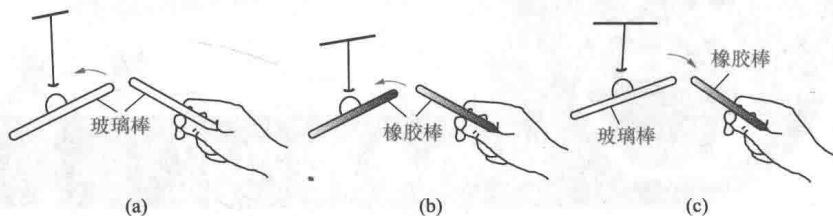


图 1-2 同性电荷相斥、异性电荷相吸

(a)、(b) 相斥；(c) 相吸

这个实验说明摩擦实际产生了两种电荷，自然界中也只存在两种电荷。假如规定丝绸摩擦过的玻璃棒带的电荷叫正电荷，用毛皮摩擦过的橡胶棒带的电荷叫负电荷。通过图 1-2 所示试验我们可以得出电荷间的相互作用：同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。”

“魏工，那为什么摩擦就能产生电荷？”小张不解地问。

“不同物体摩擦后带有电荷，那这些电荷是从哪里来的呢？要了解这个问题，就必须从物体的结构说起。

世界上的一切物质都是由许许多多的分子组成的，分子由更微小的原子组成，原子由带负电荷的电子和带正电荷的原子核构成，原子核所带的正电荷与电子所带的负电荷在数量上相等，因此原子呈电中性，原子构成的物体也呈电中性。不同物质的原子核束缚电子的本领不同，两个物体摩擦时，哪个物体的原子核束缚电子的本领弱，它的一些电子就会转移到另一个物体上，失去电子的物体因缺少电子而带正电，得到电子的物体因有多余的电子而带等量的负电，如图 1-3 所示。

摩擦起电实质上并不是创造了电，只是电荷从一个物体转移到了另一个物体，使正负电荷分开，电荷的总量并没有改变。相互摩擦的两个物体，必然带上等量的异种电荷，带正电的物体缺少电子，带负电的物体增加了等量的多余电子。”

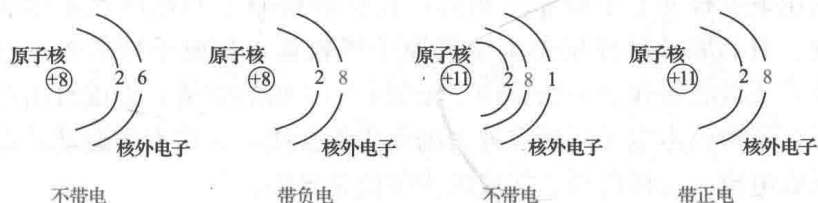


图 1-3 原子的电荷转移

“魏工，通过你刚才讲的问题，我是不是可以这样理解：电荷是一种客观存在的物质，既不能创造，也不能消灭，只能从一个物体转移到另一个物体。”小张好似总结一样说道。

“对，非常对。”魏工很满意地说道，接着又补充说，“物体失去电子后便带有正电荷，而获得多余电子时便带有负电荷。物体缺少的电子越多，所带正电荷越多；多余的电子越多，所带负电荷越多。我们用 Q 或 q 来表示电荷所带的电量。衡量电量大小的单位叫库仑，也可以简称库，用符号 C 表示。 $1C$ 约等于 6.24×10^{18} 个电子所带的电量。”



导体、半导体、绝缘体

“魏工，那为什么有的物体能导电，有的物体不能导电？”

“我们拿一段电线来说，电线中的芯线是铜或铝做成的，因为铜或铝可以导电，我们叫它导体；而电线外皮的橡皮或塑料是不导电的，我们叫它绝缘体。”

为什么有的物质能导电，而有的物质却不能导电，原因就在于构成这种物质的原子结构。原子结构示意图如图 1-4 所示，所有物质的原子都是由原子核与核外的电子组成。但是不同原子核

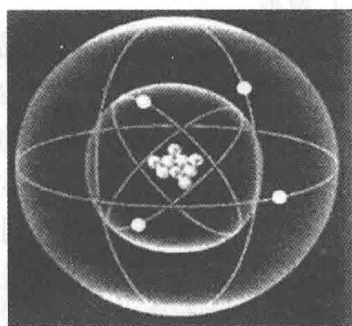


图 1-4 原子结构示意图



的组成及核外电子却不尽相同，使得各种原子的性质也不尽相同。有的原子最外层的电子离原子核较远，受原子核的约束较小，比较容易在外力的作用完全脱离原子核的束缚，形成自由电子，这些自由电子同样在外力的作用下会按一定的方向运动，就形成电流。这样的原子构成的物体就是导体。

而绝缘体，其原子核对电子的束缚力很强，在一般的外力作用下不能产生大量的自由电子，也就不容易导电。”魏工刚讲到这里，小张就问道：“魏工，对于导体和绝缘体的原理，讲得很清楚了，那还有半导体是怎么回事？”

“有些物质的电子既不像导体那样很容易脱离原子核的约束，又不像绝缘体那样被约束得很紧，在某种特定的因素下它呈现导体的特性，而在另一个特定因素下又呈现绝缘体的特性，我们管这种介于导体和绝缘体之间的物质叫半导体。”



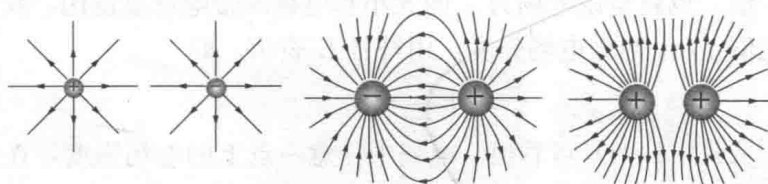
电场与电场强度

“魏工，前面讲到异性电荷相吸，同性电荷相斥。这两种电荷并没有直接接触，那它们之间的相互作用力是怎么来的呢？”

“通过各种实验研究，我们知道了在带电体周围存在着电场，在这个电场中的电荷就会受到力的作用，这种力叫电场力，用符号 f 表示。

孤立点电荷的电场示意如图 1-5 所示，从图中可以看出，电荷的电场力可以用许许多多辐射线来表示，这些辐射线叫做电力线，电力线的方向就是电场力的方向，正电荷的电场力方向是向外的，负电荷的电场力是向内的。

我们从图 1-5 的等量同性、异性点电荷的电场电力线中可以看出，电力线是从正电荷出发，到负电荷终止，是由正电荷指向负电荷。所有的电力线都是垂直于电荷的表面，并且任何电力线相互之间不会相交。”



孤立点电荷的电场

等量异性点电荷的电场

等量同性点电荷的电场

图 1-5 点电荷周围的电场

“魏工，刚才讲的是点电荷的电场线，那么如果是平板的电场线是不是也符合上面讲的？”

“我们看一下图 1-6 所示平行带电平板的电场情况，平板两侧边缘的电场线和点电荷的电场线很相似，而平板中间位置的电场线是均匀分布并且垂直于极板的。所以，我们用电场线可以很形象地讲述电场的概况。”

“魏工，那电场中的电场力 f 是不是一样大小？”

“不是的，我们看图 1-7，通过试验我们可以知道在电场中不同位置的电场力是不一样的， A 点受到正电荷的排斥力比 B 点大，而 B 点受到负电荷的吸引力比 A 点大。这说明电场中不同点的电场力 f 不一样，越靠近带电体，所受到的电场力 f 越大。也就是说电场中不同位置的电场强弱是不同的。”

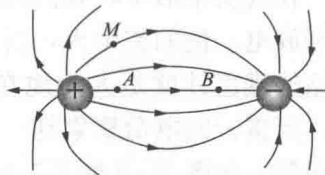
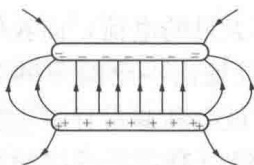


图 1-6 平行带电平板电场的电场线 图 1-7 电场中不同点的电场力

此外还有一个因素也直接影响电场力 f 的强弱，就是带电体电荷电量 q_0 的大小，如果电量增大一倍，那么电场力 f 也会增



大一倍。也就是说电场力 f 的大小和电荷的带电量成正比，我们把比值 f/q_0 叫做电场强度，用符号 E 表示，即

$$E = f/q_0 \quad (1-1)$$

从式 (1-1) 可看出：电场中任意一点上的电场强度，在数值上等于该点的单位正电荷所受电场力的大小；电场强度的方向就是正电荷受力方向。因此，电场强度是一个既有大小又有方向的物理量，平时我们习惯把电场强度称为场强。

电场中各点的电场强度完全相等的电场，我们叫它为均匀电场，像刚才说的平行带电平板电场的中间部分；而电场中各点电场强度不均匀的电场叫不均匀电场，像平行带电平板电场的边缘部分。

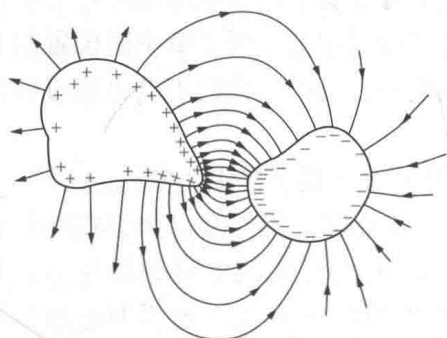


图 1-8 电场强度的分布

电场强度的分布因带电体表面的形状而异，如图 1-8 所示。带电体表面的弯曲程度越大，聚集的电荷也越多，电场强度也就越大。在导体的尖端处聚集的电荷最多，电场强度也最大，很容易使周围空气导电发生放电现象，我们叫它为尖端放电。

在现实生活中，我们有时候利用尖端放电，有时候还要避免尖端放电。例如雷雨天，雷云就集聚了大量的电荷，而我们厂变电站的避雷针就是人为地在雷云下面设置出一个畸形的尖端电场，当雷云的电荷聚集到一定程度时，就会和避雷针发生尖端放电现象，如图 1-9 所示。雷电流就会经由避雷针的接地线和接地极引入大地，从而保护了附近的建筑物和电气设备。

再给举个避免尖端放电的例子。先给你看一张照片（见图 1-10），这是变电站的一个柱式绝缘子，起到支撑导线的作用，在它的上面有个圆形的圈，这个圆形圈叫均压环，就是起到

均匀电场强度、避免尖端放电作用的。”



图 1-9 避雷针的防雷作用

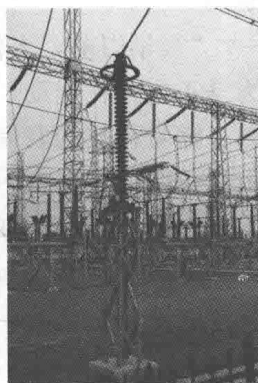


图 1-10 柱式绝缘子

第二节 电流、电压及电动势



电流

“小张，我们日常生活中合上电源开关，电灯就亮了，电动机也会转了，也就是说电气设备能工作了，这是为什么呢？”

魏工自问自答地接着说：“当电源开关合上后，电灯、电动机中就会有电流通过，这些电气设备在电流的作用下才会工作的。”

“魏工，那什么是电流呢？”

小张接着魏工的话题问道。

“前面我们已经知道，导体中的电子在电场力的作用下，会向电场强度的反方向运动，电荷有规则的定向运动，就形成了电流（见图 1-11）。 ”

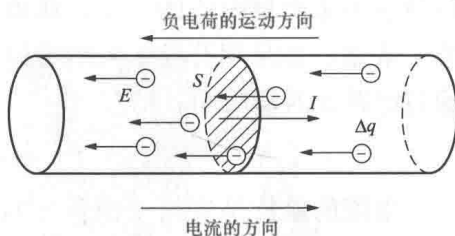


图 1-11 在电场力作用下，电荷有规律的运动形成电流