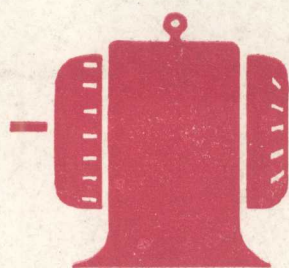


职业中学教材

电工基础 (修订本)

东北三省职业技术教育教材编写组



辽宁科学技术出版社



TM1

000

09410

ISBN 7-5381-0837-8/TN • 25

定价： 4.85元

职业中学教材

电工基础

(修订本)

东北三省职业技术教育教材编写组

辽宁科学技术出版社

职业中学教材

电工基础

(修订本)

东北三省职业技术教育教材编写组

职业中学教材

电工基础

(修订本)

Diangong Jichu

东北三省职业技术教育教材编写组

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂分厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 14¹/₄ 字数: 313,000

1985年8月第1版

1990年5月第2版

1990年5月第6次印刷

责任编辑: 刘绍山 责任校对: 东 戈

封面设计: 邹君文

印数: 105,569—117,538

ISBN 7-5381-0837-8/TN·25 定价: 4.85元

第二版说明

本套无线电专业教材自1985年出版发行以来,受到广大职业中学师生及其他读者的热烈欢迎,他们纷纷来信赞扬这套教材根据党在新时期的教育路线方针,紧密结合职业中学的实际,对专业教材的建设进行了卓有成效的尝试,为从理论和实践的结合上培养合格的职业技术人才作出了贡献。

为了更好地贯彻“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的战略方针,为了使这套教材更好地为培养合格的职业技术人才服务,编写组的同志根据几年来的教学实践,结合广大师生的反映,对原有教材进行了修订。通过对章节的增删,结构的调整,内容的充实,使原教材的一些理论性知识更加准确、精练,实践性知识更加切实、丰富,结构更加严谨、合理。

本书修订的主要内容有:全书结构层次作了适当调整,增加了“静电感应和静电场的应用”、“电容器的质量判别与选用”、“复数阻抗和复数导纳的等效互换”等三节内容,增加了“安装日光灯”的实验,全书小结进行了重写,例题进行了优化,附录中删去了“一些周期性函数”,从而使本书的质量在原有基础上有了新的提高。

全书修订工作由董汝明同志执笔,其他同志给予了热情帮助,在此表示衷心的感谢。

为使这套教材的质量不断提高,恳请广大师生及其他读者继续提出宝贵意见,以便进一步修订。

东北三省职业技术教育教材编写组

1989年12月

前 言

为了适应中等职业教育不断发展的需要,东北三省职业技术教育协作会无线电专业教材编写组在编写了无线电专业课教学大纲的基础上,编写了一套专业课教材,计有:《电工基础》、《晶体管电路基础》、《脉冲电路基础》、《晶体管收音机》、《晶体管录音机》、《电子管收音机》、《晶体管黑白电视机》、《彩色电视机》、《盒式录像机》等九本。

这套教材可供三年制职业中学无线电专业的师生在教学中使用,也可供二年制无线电专业的师生选用。

为了使教材既切合职业中学的教学实际,又遵循无线电专业本身的科学规律,我们在教材编写中认真注意了如下几个问题。

1. 力图体现以基本晶体管电路为基础,以晶体管收音机、电视机为重点的适应职业中学培养目标的知识体系。

2. 努力保持九本教材在专业整体上的系统性,处理好它们之间的纵横关系。

3. 教材内容尽量浅显通俗,着重基本原理,基本概念的叙述和分析,注意知识的由浅入深,循序渐进。

4. 根据学生的基础实际,尽可能避免繁复的数学推导,对必要的定量分析尽量采用简化计算方法,便于理解接受。

5. 结合职业中学的特点,在教材中体现了对实验和实习教学的足够重视,用较大的篇幅编写了实验和实习的设计思路,实验和实习原理,实验和实习方法及实验和实习的结果分析等内容。

6. 根据职业中学的教材特点,各章节中均有不少例题,每章章末均有小结和适量的习题,以供教师教学中参考和学生复习之用。

7. 为了贯彻“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的战略方针,在处理好传统教材和现代科学文化新成就的关系及培养学生能力,适应知识更新的需要方面做了一些不成熟的尝试。

《电工基础》一书是无线电专业的一门基础课。全书共分十三章,主要讲授电场、磁场的基本现象与基本定律;直流电路、交流电路的分析与计算;电容器、变压器的基本原理与交直流电机的基本知识;实验的内容与方法等。本书的特点是,理论的系统性较强,定量计算和基本分析方法切实易懂,实验的内容与方法有较强的实用性。本书第一、二、三、四、五、六、十、十一、十二、十三章由董汝明同志执笔,第七、八、九章由葛锦明同志执笔,董汝明同志负责全书统稿,最后由辽宁教育学院佐海峰同志审订。

由于职业教育的发展尚属初创阶段,在教学领域内有许多问题均有待于进一步探

时。虽然我们主观上希望本套教材能对职业中学教学工作有所贡献，但因时间仓促，经验不足，加之这套教材没有经过教学实践的检验，错误和不妥之处在所难免，恳请广大师生及其他读者提出宝贵意见，以便进一步修订。

东北三省职业技术教育教材编写组

1985年1月

目 录

第一章 电的基础知识	1
第一节 概述.....	1
第二节 电场和电场强度.....	3
第三节 电流和电压.....	5
第四节 电位和电位差.....	8
第五节 电源与电源电动势.....	11
第六节 静电感应和静电场的应用.....	14
本章小结.....	18
习题一.....	19
第二章 简单直流电路	20
第一节 电路的基本知识.....	20
第二节 电阻与电导.....	21
第三节 电阻的连接.....	24
第四节 欧姆定律.....	30
第五节 电路的开路与短路状态.....	31
第六节 电功和电功率.....	33
第七节 简单直流电路的计算.....	37
本章小结.....	44
习题二.....	45
第三章 复杂直流电路的分析与计算	48
第一节 基尔霍夫定律.....	48
第二节 迭加原理.....	53
第三节 基尔霍夫定律应用.....	55
第四节 等效电源定理.....	64
第五节 电压源与电流源及等效变换.....	68
第六节 电桥电路.....	71
第七节 星形和三角形电阻连接的等效变换.....	73
本章小结.....	76
习题三.....	77
第四章 电容器	79
第一节 电容器的电容.....	79
第二节 电容器的充电与放电.....	82

第三节	电容器的连接	83
第四节	电容器的电场能量	88
第五节	电容器的质量判别与选用	89
本章小结		90
习题四		91
第五章	磁和电磁	93
第一节	磁场的基本知识	93
第二节	磁场对电流的作用	98
第三节	磁性材料	101
第四节	磁路	103
本章小结		105
习题五		105
第六章	电磁感应	107
第一节	电磁感应的条件	107
第二节	电磁感应定律	108
第三节	自感	109
第四节	互感	112
第五节	涡流的产生及磁屏蔽	114
第六节	磁场的能量	115
本章小结		117
习题六		117
第七章	正弦交流电路的基本概念	119
第一节	交流电的产生	119
第二节	正弦交流电三要素	121
第三节	交流电的有效值	123
第四节	正弦交流电的表示法	124
第五节	交流电路中的电阻、电容与电感	125
第六节	三相交流电	134
本章小结		136
习题七		137
第八章	正弦交流电路的分析与计算	139
第一节	正弦量的复数表示法	139
第二节	用矢量、复数表示法解交流电路	142
第三节	电阻电感电容串联电路	144
第四节	电阻电感电容并联电路	149
第五节	复数阻抗和复数导纳的等效互换	152
第六节	功率因数的提高	153
本章小结		155

习题八	157
第九章 谐振电路	159
第一节 交流电路中的谐振概念	159
第二节 串联谐振	159
第三节 并联谐振	161
第四节 压电谐振体	164
本章小结	165
习题九	166
第十章 互感耦合电路及变压器	167
第一节 互感电动势	167
第二节 互感线圈的串联和并联	169
第三节 变压器的原理	171
第四节 变压器的应用	176
本章小结	177
习题十	178
第十一章 非正弦周期信号	179
第一节 非正弦交流电的产生	179
第二节 谐波的分析	180
第三节 非正弦电压、电流的极大值、有效值和平均值	184
本章小结	185
习题十一	186
第十二章 交直流电动机	187
第一节 三相鼠笼式异步电动机	187
第二节 单相异步电动机	192
第三节 直流电动机	193
本章小结	196
习题十二	196
第十三章 实验	197
实验一 万用表的使用	197
实验二 电位的测定	198
实验三 验证欧姆定律	199
实验四 把电流表改装为伏特表	201
实验五 用惠斯通电桥测电阻	202
实验六 RC 电路充放电	204
实验七 电磁感应现象	205
实验八 RC 交流串联电路——移相电路实验	206
实验九 变压器的工作原理	207
实验十 示波器的使用 测量直流电压	209

实验十一	使用示波器观察交流电波形	211
实验十二	安装日光灯	212
附录		214
附录一	常用的物理恒量	214
附录二	电工学中常用字母及读音	214
附录三	常用电学物理量符号及其单位	215
附录四	下角字母用法	218
附录五	用于构成十进倍数和分数单位的词头	218

第一章 电的基础知识

第一节 概 述

一、物质的结构

一切物质都是由分子组成，分子由更小的微粒——原子组成。原子分为原子核和电子。原子核内有质子和中子，质子带正电，电子带负电，中子不带电。原子核是在原子的中央，电子就在原子核外围依照轨道不停地旋转。最简单的氢原子含有原子核和围绕原子核运动的一个电子，如图 1—1 所示。

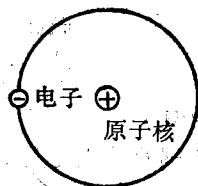


图1—1

在原子未受外来影响时，原子中的质子数和电子数相等，对外不显电性。金属物质原子的最外层电子，由于与原子核结合较松，容易脱离原子核的引力范围。脱离后，就在原子间运动。这样，原子便失去了一部分电子，质子数多于电子数，带有正电。这种带正电的原子称为正离子。那些脱离了原子而在原子间运动的电子称为自由电子。另外，氢、氧等原子的原子核对最外层电子结合程度很紧，不仅不会失去电子，还能获得外来的自由电子。这时，原子中的电子数多于质子数，带有负电。这种带负电的原子称为负离子。

从物质结构来看，物质内部总是存在着自由电子和离子。但是由于结构不同，各种物质内的自由电子和离子数量也是不同的。

二、库仑定律

人们的实践发现，当带有不同性质电荷的带电体互相靠近时，它们相互之间就会有作用力。即同性带电体互相排斥，异性带电体互相吸引。如图 1—2 所示。

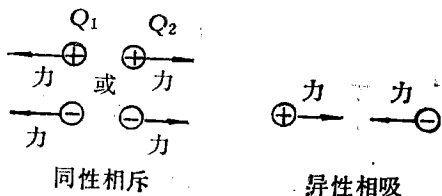


图1—2

其作用力大小与带电体所带电荷量及相互距离有关系，带电荷量越多，距离越近，作用力越大。法国物理学家库仑（1736—1806），用扭秤实验研究了静止的点电荷间的相互作用力。实验的结果是：在真空中两个点电荷间的作用力跟它们的电荷量的乘积成正比，跟它们间的距离的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。这就是著名的库仑定律。

如用 q_1 、 q_2 表示两个点电荷的电荷量，用 r 表示它们间的距离，用 F 表示它们间的作用力，库仑定律就可以用下面公式表示：

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

式中 K 是比例恒量，它的数值和单位由式中各量的单位决定。在国际单位制中，力的单位是牛顿，符号是 N ，距离的单位是米，符号是 m ，电荷量的单位是库仑，符号是 C 。而比例恒量 K 等于 $9 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2$ 。这个 K 值又叫做静电力恒量。

电磁学里有多种单位制度，相互关系比较复杂，为了使问题简化，我们要求统一使用1984年2月27日国务院发布的命令中规定的国际单位制。

三、基本电荷

电子带有最小的负电荷，质子带有最小的正电荷，它们的电量的绝对值相等。测量电子电量的实验指出，一个电子所带的电量

$$e = -1.60 \times 10^{-19} \text{库}$$

所有的实验还指出，任何带电的粒子，所带电量或者等于电子或质子的电量，或者是它们电量的整数倍。因此，人们把 1.60×10^{-19} 库仑叫做基本电荷。科学家在研究原子、原子核以及基本粒子中，为了方便，常常用基本电荷作为电量的单位。

〔例题1—1〕 两个电量分别为 1×10^{-8} 库和 2×10^{-8} 库的点电荷，相距0.3米，每个电荷受到的静电力是多少？

解：

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-8} \times 2 \times 10^{-8}}{0.3^2} = 2 \times 10^{-5} \text{ (牛)}$$

从计算结果可知，两个电荷是同种的，相互作用是斥力。每个电荷都受到对方的 2×10^{-5} 牛的斥力，并在它们的连线上。

应用库仑定律公式计算问题时，我们可以把正电荷取正值，负电荷取负值代入进行计算。这样，如是同种电荷，则 F 为正值，表示排斥力，如是异种电荷，则 F 为负值，表示吸引力。我们也可以只用电荷的绝对值代入进行计算，求出力的大小，再根据电荷的正、负来确定受力的方向。

〔例题1—2〕 试比较电子和质子间的静电力和万有引力。已知电子质量是 0.91×10^{-30} 千克，质子质量是 1.67×10^{-27} 千克。

解：它们之间的静电力 $F_{\text{电}}$ 和万有引力 $F_{\text{引}}$ 分别是

$$F_{\text{电}} = K \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad F_{\text{引}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

因此

$$\frac{F_{\text{电}}}{F_{\text{引}}} = \frac{K q_1 q_2}{G m_1 m_2}$$

上式中 m_1 、 m_2 、 K 为已知， G 、 q_1 、 q_2 可以从附录1中查到，把数值分别代入进行计算得

$$\frac{F_{\text{电}}}{F_{\text{引}}} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.60 \times 10^{-19} \times 1.60 \times 10^{-19}}{6.67 \times 10^{-11} \times 1.67 \times 10^{-27} \times 0.91 \times 10^{-30}} = 2.3 \times 10^{39}$$

从这道题可以看出，静电力比万有引力大得不可比拟。正是因为这个缘故，在研究带电粒子之间的相互作用时，经常把万有引力忽略不计。

第二节 电场和电场强度

一、电场

我们知道，两个物体间的相互作用，或者是由于直接接触而发生，或者是通过别的物质作媒介而发生，二者必居其一。两个电荷发生相互作用时，并没有直接接触，因此，它们间的相互作用，一定是通过别的物质作媒介而发生的。这个特殊物质就是电场。电荷和它周围的电场是一个统一的整体，有电荷存在，它的周围就一定有电场存在。

静止电荷所产生的电场，叫做静电场。电场具有两种重要表现：第一，位于电场中的任何带电体都会受到电场的作用力；第二，带电体在电场中受电场力移动时，电场要作功，这表明电场具有能量。

二、电场强度

为了研究电场中某点的性质，通常用试验电荷来探测。试验电荷取带正电且电量极小的点电荷。因为电量极小，才能不致影响原电场的分布，就可真实地研究原电场。采用正电荷是为了使电场强度的方向能得到统一的规定。下面分析研究这个问题。

假设一个正电荷 Q 在真空中形成的电场如图1—3所示。把另一个带正电的试验电荷 q 放入电场中 A 点， q 就要受到电场的作用力 F_A 。设 A 点跟 Q 的距离为 r_1 ，从库仑定律知道， $F_A = KQq/r_1^2$ 。同理，如果把正电荷 q' 放入 A 点， q' 受到的电场作用力 $F_A' = KQq'/r_1^2$ 。由此可以看出，

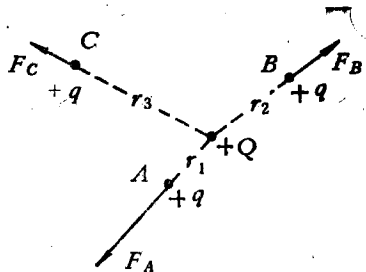


图1—3

$$\frac{F_A}{q} = \frac{F_A'}{q'} = \frac{KQ}{r_1^2}$$

这就是说，放入 A 点的电荷受到的电场的作用力跟它的电量的比值，是一个跟放入该点的电荷无关的恒量。

如果把电荷放入电场中的 B 点、 C 点，设 B 、 C 跟 Q 的距离分别为 r_2 、 r_3 ，同理可以证明，电荷在 B 、 C 受到的电场作用力跟它的电量的比值分别是 KQ/r_2^2 、 KQ/r_3^2 ，都是跟放入的电荷无关的恒量。

可见，电荷在电场中某一点受到的电场作用力跟它的电量的比值，由该点在电场中的位置所决定，而跟放入的电荷无关。这个比值越大的地方，放入那里的单位电荷受到的电场作用力就越大。

所以，把放入电场中某一点的电荷受到电场的作用力跟它的电量的比值，叫做这一点的电场强度，简称场强。

跟力一样，电场强度也是矢量。如果用 E 表示电场强度，用 F 表示电荷 q 受到的电场的作用力，那么

$$E = \frac{F}{q}$$

正、负电荷在电场中受力的方向相反。场强的方向跟正电荷受力的方向相同，跟负电荷受力的方向相反。

如果1库仑的点电荷在电场中某一点受到的电场作用力是1牛顿，则该点的场强就是1牛/库，符号是1N/C。

从上述可知，点电荷在真空中形成的电场在距离Q为r的P点的场强E的大小为

$$E = K \frac{Q}{r^2}$$

应该注意，以上两式虽然都表示电场中某点的场强，但他们的意义是不同的。 $E = F/q$ 是场强的定义式，对任何电场都是适用的。而 $E = KQ/r^2$ 是真空中点电荷电场中某点场强的计算式。

如果Q是正电荷，E的方向就是沿着QP连线并离Q而去；如果Q是负电荷，E的方向就是沿着QP连线并向Q而来，如图1-4所示。

如果有几个点电荷同时存在，则它们的电场就互相迭加，形成合电场。这时某点的场强，就等于各个点电荷在该点产生的场强的矢量和。

三、电力线

为了形象地说明电场的分布情况，我们引入一个辅助概念——电力线。这是英国物理学家法拉第（1791—1867）引入的，用来形象地表示电场。

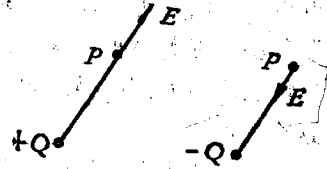


图1-4

任何电场中，每点电场强度都有一定的方向，我们可以在电场中画出许多曲线，使这些曲线上每一点的切线方向都和该点的电场强度方向一致，这些曲线就是电力线。

图1-5是一条电力线，它上面的A、B点的场强 E_A 、 E_B 分别在通过该点的切线上，方向如图中箭头所示。

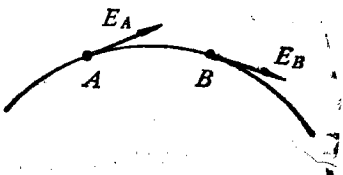


图1-5

电力线在电场内分布的稀密程度表示电场强弱的分布情况，电场强度大的地方电力线密，电场强度小的地方电力线稀。图1-6分别画出了单个正、负点电荷的电力线与两个等量点电荷的电力线。

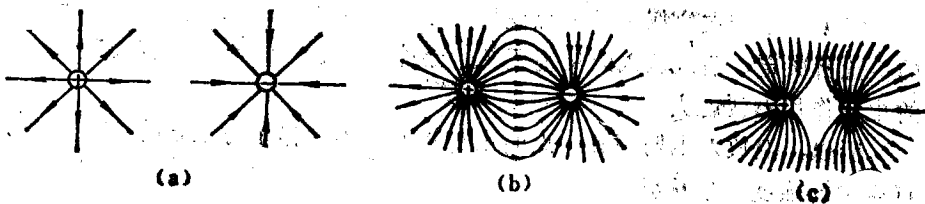


图1-6

分析这些电力线的图形可知，电力线有下列两个特征：

第一，在静电场中，电力线总是从正电荷出发，终止于负电荷。

第二，任何两条电力线都不会相交，因为电场中每一点电场强度的方向只有一个。

必须指出，电力线只是为了研究电场而假想的，实际上电场中并没有电力线存在。

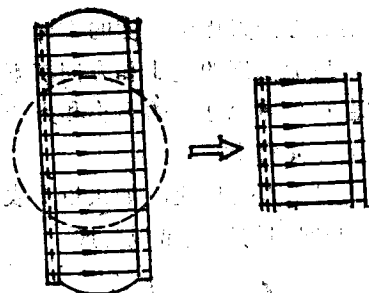


图1—7

若在电场中某一区域内各点电场强度的大小和方向均相同，则这一区域内的电场就叫做匀强电场。如图1—7所示。

匀强电场里的电力线是一组等距离互相平行的直线，各点的场强的大小相同，方向都相同，则电力线的疏密程度也一定处处相等。

两块靠近的大小相等互相正对并且互相平行的金属板，在分别带等量的正电和负电的时候，它们之间的电场除边缘附近外，就是匀强电场。

第三节 电流和电压

一、电流

物体中的电子、质子都是不断运动着的。

在电场力的作用下，物体中可能有大量的带电粒子沿着一定方向作迁移运动。带电粒子的定向运动可以形成电流。

能够在物体中作定向运动而形成电流的带电粒子叫做载流子。具有大量载流子的物质，也就是能够导电的物质，叫做导体。金属中存在着大量的自由电子，自由电子是金属导体中的载流子。

电解液（酸、碱、盐的水溶液）以及电离了的气体也是导体，它们之中的载流子是正离子和负离子。正、负离子在同一电场的作用下作方向相反的定向移动。

有些物质，例如橡胶、塑料、云母、陶瓷、干燥的空气等，一般情况下，其内部几乎没有载流子，很难形成电流。这类物质叫做电介质，简称介质，也叫做绝缘体。

导体和绝缘体之间没有绝对的界限，一定条件下，绝缘体可以转化为导体。例如空气在一般情况下是良好的绝缘体，在高电压的作用下就可能被击穿而转化为导体。

还有一些物质，如锗、硅等，叫做半导体。半导体的导电性能介于导体和绝缘体之间，而且很容易受温度、杂质、电磁场、压力、光照等外加的条件影响。半导体中的载流子是带负电的自由电子和带正电的空穴。自由电子和空穴向相反方向的运动，形成半导体中的电流。

由载流子在物体中作定向运动而形成的电流叫做传导电流。带电物体的机械移动，也形成电流。这种电流叫做运载电流。

电流强度是衡量电流大小的物理量。