

技 工 学 校 教 材

三 年 制 技 工 学 校 试 用

实 用 电 工

全 国 技 工 学 校 教 材 编 审 委 员 会 编

机 械 工 业 出 版 社

三年制技工学校試用

实 用 电 工

(修訂第二版)

全国技工学校教材编审委员会编

机 械 工 业 出 版 社

本书是根据中华人民共和国劳动部1962年8月頒布試行的三年制技工学校“实用电工”教学大纲編写的。

这本試用教材共分十三章，教材內容可分为电工理論基础、电气設备和电力拖动等三个部分。

本书第二版，对部分內容作了修訂，并将原有旧标准改为現行国家标准和部标准。

实 用 电 工

修訂第二版

全国技工学校教材編审委员会編

*

机械工业出版社出版 (北京蘇州胡同 141 号)

(北京市书刊出版业营业許可証出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $10^3/16$ · 字数 224 千字

1964 年 12 月北京新一版

1965 年 8 月北京新二版 · 1966 年 1 月北京第三次印刷

印数 59,001—94,000 · 定价(科二)0.95 元

(1963年12月中国工业出版社北京第一版)

*

統一书号: K15033 · 3614

目 次

第一章 緒 論	1
第二章 靜 電	5
§ 2-1 物质结构的电子理論	5
§ 2-2 电场 电场强度	7
§ 2-3 电位 电位差	11
§ 2-4 电容 电容器	13
习 題	17
思考題	18
第三章 直流电路	19
§ 3-1 电流的概念	19
§ 3-2 直流电路	21
§ 3-3 电阻	23
§ 3-4 部分电路的欧姆定律	29
§ 3-5 电阻的串联	31
§ 3-6 电阻的并联	33
§ 3-7 电阻的混联	37
§ 3-8 电源的电动势 全电路的欧姆定律	40
§ 3-9 电池組	45
§ 3-10 电流的功和功率	46
§ 3-11 电流的热效应 楞次-焦耳定律	49
§ 3-12 短路 导线截面积的选择	51
习 題	54
思考題	56
第四章 磁与电磁	58
§ 4-1 磁的基本現象	58
§ 4-2 电流的磁场	62
§ 4-3 磁感应强度 导磁系数	66
§ 4-4 鉄磁物质的磁化	68
§ 4-5 在磁场里的通电导体	69
习 題	75

思考题	79
第五章 电磁感应	80
§ 5-1 感应电势的产生	80
§ 5-2 感应电势的方向和大小	82
§ 5-3 发电机的工作原理	85
§ 5-4 楞次定律	87
§ 5-5 自感 互感 涡流	91
习 题	96
思考题	98
第六章 单相交流电路	99
§ 6-1 交流的概念	99
§ 6-2 单相交流电的产生	100
§ 6-3 交流电的相位和相位差	103
§ 6-4 交流电的有效值	105
§ 6-5 正弦量的表示法	106
§ 6-6 交流电路的概念	109
§ 6-7 纯电阻电路	111
§ 6-8 纯电感电路	113
§ 6-9 纯电容电路	119
§ 6-10 具有电阻与电感的交流电路	123
§ 6-11 电阻、电感与电容的串联电路	128
§ 6-12 电阻、电感串联后和电容并联的电路	131
§ 6-13 提高功率因数的意义及其方法	134
习 题	138
思考题	141
第七章 三相交流电路	142
§ 7-1 概述	142
§ 7-2 三相交流电的产生	142
§ 7-3 发电机绕组的星形联接	145
§ 7-4 发电机绕组的三角形联接	148
§ 7-5 负载的联接法	149
§ 7-6 负载的星形联接和中线的作用	151
§ 7-7 负载的三角形联接	156
§ 7-8 三相电功率	158
习 题	160

思考題.....	161
第八章 变压器和电动机.....	162
§ 8-1 变压器的作用.....	162
§ 8-2 变压器的工作原理.....	163
§ 8-3 变压器的结构.....	167
§ 8-4 三相变压器.....	173
§ 8-5 自耦变压器.....	176
§ 8-6 感应电动机的构造.....	177
§ 8-7 旋轉磁场的产生.....	181
§ 8-8 感应电动机的工作原理.....	185
§ 8-9 感应电动机的起动.....	188
§ 8-10 感应电动机的反向和制动.....	194
§ 8-11 感应电动机的维护知識.....	198
习 題.....	200
思考題.....	201
第九章 电力拖动	202
§ 9-1 电力拖动的一般概念.....	202
§ 9-2 选择电动机的一般原則.....	203
§ 9-3 手动控制电器.....	208
§ 9-4 自动控制电器.....	212
§ 9-5 电阻器.....	220
§ 9-6 电磁吸盘、退磁器和电磁离合器.....	222
§ 9-7 电力拖动的自动控制綫路.....	225
§ 9-8 安全用电.....	238
思考題.....	248
第十章 电气照明	249
§ 10-1 照明概念.....	249
§ 10-2 照明的要求.....	252
思考題.....	253
第十一章 直流电机	254
§ 11-1 直流电机的概述.....	254
§ 11-2 直流发电机的构造.....	254
§ 11-3 直流发电机的电动势.....	257

§ 11-4 直流发电机的电枢反应	258
§ 11-5 直流发电机的分类	260
§ 11-6 并激发电机	261
§ 11-7 直流电动机的工作原理	264
§ 11-8 直流电动机的转矩、反电势和转速	266
§ 11-9 并激电动机	268
§ 11-10 串激电动机	270
§ 11-11 直流电动机的起动	271
§ 11-12 直流电动机的调速和反转	273
§ 11-13 发电机—电动机组	275
思考题	277
第十二章 其他电气设备	279
§ 12-1 整流器	279
§ 12-2 电焊	286
§ 12-3 电炉	288
§ 12-4 金属的阳极机械加工	291
§ 12-5 金属的电火花加工	293
§ 12-6 热电偶	294
思考题	296
第十三章 电能的产生、输送和分配	298
§ 13-1 概述	298
§ 13-2 发电厂	299
§ 13-3 车间配电	302
思考题	306
实用电工实验	306
实验一 电阻的串联和并联	306
实验二 验证楞次定律	309
实验三 电阻、电感串联后与电容并联	312
实验四 用可逆磁力起动器控制电动机正反转	314
实验五 并激直流电动机	317

第一章 緒 論

一、电能的应用、优点和对社会主义建设的作用

电能是現代化大規模机器生产的基础之一，是当前工业、农业、交通运输业的主要动力来源。各种机床、軋鋼机、起重机、拖拉机、电气火車等都使用电动机来拖动；冶金工厂用电炉冶炼优质鋼和各种合金；机械制造加工工业应用电能进行焊接、高频淬火、电火花加工和导电切削；电化学工业部門应用电能进行电解和电鍍；在日常生活中，如电热、电灯等更是不可缺少电能的。由此可見电力工业在国民經济各个部門中占有极其重要的地位。

电能之所以被广泛应用，是由于它具有独特的优点。

1. 能量轉換容易 电能可以很簡便地从水能、热能、机械能、原子能、光能等轉換而来，所以是廉价的动力来源。电能又可以很簡便地轉換为所需要的其它形式的能量，如利用电动机可以把电能轉換为机械能，利用电炉、电热器可以将电能轉換为热能，利用电灯可以将电能轉換为光能，等等，而且在轉換时，能量的消耗是很小的。

2. 电能輸送、分配方便 电能可以通过高压輸电綫进行远距离輸送。輸送設備很简单，能量損失也少，輸送效率又高。在使用时，又可以很容易的将电能分配到每台电动机或每个用电設備上。

3. 便于控制和測量 使用电能时可以实行集中操作来控制生产机械的动作，实现生产过程自动化。用电来測量电

量和非电量时也比其它方法准确而迅速。

电气化的高度发展，一方面可以提高劳动生产率，另一方面可以使工人和农民从繁重的体力劳动中解放出来。电气化还要求我们不断的提高文化水平和操作技术，以便更进一步掌握复杂的生产技术。

1958年5月5日刘少奇同志代表中国共产党中央委员会向党的第八届全国代表大会第二次会议所作的报告中指出：“在技术革命方面，主要的任务是：把包括农业和手工业在内的全国经济有计划有步骤地转到新的技术基础上，转到现代化大生产的技术基础上，使一切能够使用机器的劳动都使用机器，实现全国城市和农村的电气化；……”由此可见，电气化在我国国民经济中的重大意义。

二、我国电气事业的发展及光辉远景

我们的祖先在电和磁的科学发展上是有卓越贡献的。在公元前300年左右已经发现了磁铁及其吸铁的性质，公元前50年就制造出指南针的工具——司南。在这基础上，我国劳动人民制造了罗盘。公元前100年左右，王充在“论衡”中也记载了琥珀摩擦生电的现象。以上这些事实都说明是我国劳动人民首先发现电磁现象并加以应用的。

但是，由于我国长期受封建主义、帝国主义和官僚资本主义的压迫，各种事业都处在极端落后的境地。从1882年帝国主义在上海建立第一个发电厂起到1949年全国解放为止，发电设备总容量只有185万千瓦，而外国资本却占了80%以上。

解放以后，在党和毛主席的英明领导下，我国的电气事业也和其它事业一样，大大的改变了过去的落后面貌，1949年

全年发电量还只有44.1亿度，但经过短短的三年国民经济恢复时期，到1953年全国发电量就增加到91亿度，1957年第一个五年计划完成时，年发电量增加到193亿度，特别在1958年，年发电量激增至275亿度，在这一年中发电设备容量增加了180万千瓦，相当于旧中国67年中所增加的全部发电容量。1959年发电量达418亿度，1960年增加到518亿度。

十几年来，我国在电机制造业方面也取得了高速度的发展。1949年，我国只能生产2000千伏安、33千伏的变压器。到1959年，我们已能独立地设计和制造75000千伏安66千伏的三相变压器，75000千瓦的汽轮发电机组及28000千瓦的直流电动机等。同时，我国也建立了11万伏以上的高压电力系统。特别值得指出的是发电站的建设非常迅速，如北京热电厂、新安江水电站、扩建的丰满水电站及石景山发电站等早已完工投入生产，黄河三门峡水电站和刘家峡水电站等也正在建设中。这些水电站建成后，不仅能发出极大的电力，而且可以消除几千年来黄河流域的水旱灾害。此外在全国各地特别是全国农村人民公社成立以来，建设了很多农村中小型水电站。

我国是一个自然资源丰富的国家，水力资源也是世界上最丰富的国家之一，煤的蕴藏量也极为丰富，这给我国水电站和火电站的建设提供了物质基础。我们深信，全国人民在党和毛泽东主席领导下，坚决贯彻执行鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线，一定能战胜一切困难，把我国电气事业推向新的胜利。

三、学习实用电工的目的

实用电工是适应机械工人在生产过程中对电工知识的需求

要而增設的一門課程。通过实用电工的学习，使我們技工学校培养的学生获得必要的电工学基本理論知識，了解一般机械工业常用电气設備的基本結構、原理及其特点，能看懂与本工种有关的簡單电气控制綫路图，从而达到在生产中正确、合理的使用电气設備，达到安全用电的目的。

第二章 靜 電

§ 2—1 物质结构的电子理论

自然界一切物质，都是由分子組成，分子是由原子組成，而原子又是由帶正電的原子核和帶負電的电子組成，原子核內包含有帶正電的質子和不帶電的中子。电子在原子核的外面按層分布，並以每秒几十萬米的高速圍繞原子核不斷運動。每个电子所帶的負電荷為 1.6×10^{-19} 庫倫，每个質子所帶的正電荷也是 1.6×10^{-19} 庫倫。為了更明確起見，下面研究几种物质正常状态下的原子結構。

鈉原子（圖 2—1）。核內有十一个質子和一定數目的中子，核外有與質子數相等的十一个电子。电子作三層分布在原子核周圍：第一層有两个电子，第二層有八個电子，離原子核最遠的第三層只有一个电子。

銅原子（圖 2—2）。核內有二十九個質子和一定數目的中子，核外有與質子數目相等的二十九個电子。电子作四層分布在原子核的周圍：第一層有两个电子，第二層有八個电子，第三層有十八個电子，離原子核最遠的第四層只有一个电子。

在一般情況下，質子的數目等於电子的數目，因此，質子所帶正電荷的總和與电子所帶負電荷的總和相等，作用也就互相抵消，物體不顯示帶電性。這種狀態，叫做電的中和。

電荷之間有相互作用力。原子核對靠近的电子吸引力較

大，对远离的电子吸引力较小，对最外层的电子吸引力最小。这样，最外层的电子在外因作用下就容易破坏中和状态，脱离自己的原子，进入其他原子。这种可以自由移动的电子叫做自由电子。

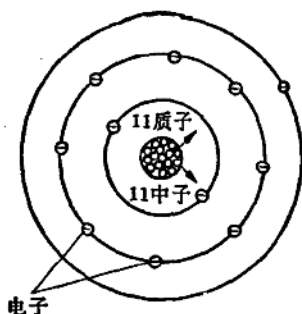


图 2-1 钠原子结构示意图

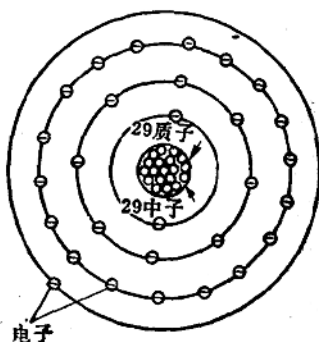


图 2-2 铜原子结构示意图



图 2-3 检验胶木棒带电

使一个物体带电，实际上，就是将电子给与这个物体或从这个物体上拿走一些电子。得到电子的物体带负电，给出电子的物体就带正电。

例如胶木棒与毛皮摩擦时，毛皮上的自由电子给了胶木棒，因而缺少电子而带正电，胶木棒上得到电子而带负电。

把摩擦后的胶木棒与验电器接触，验电器的锡箔张开，这表明胶木棒带电，如图 2-3 所示。

用手拿着铜棒与其他物体摩擦后同验电器接触，锡箔并

不张开，这表明铜棒不带电。

为什么锡箔不张开？这是因为摩擦铜棒时，电荷很快就传到整个铜棒，然后进入人体或经过人体到地上去了。如果铜棒装上玻璃柄再摩擦，铜棒就会带电。胶木棒由摩擦而产生的电荷只能停留在发生的地方，不会传到整个胶木棒。

能使电荷从一个地方迅速传到另一个地方的那种物体称为导体。使电荷停留在发生的地方而不传导的那种物体叫做绝缘体或电介质。

各种金属、酸类和盐类的水溶液以及人体都是导体。玻璃、胶木、瓷器、棉纱、橡皮、云母等都是绝缘体。

此外，如硒、硅、锗、氧化亚铜等的导电能力介乎导体和绝缘体之间，这些物体叫做半导体。

在导体、半导体和绝缘体之间，没有明显的界限，只是在导电程度上有着大小的差别。

§ 2-2 电场 电场强度

将通草球挂在丝线上，使它带正电或负电，再使具有绝缘柄的金属球也带上同种电荷。把金属球移近通草球，就会发现通草球被推开，如图 2-4 所示。

这个实验说明：带电体周围的空間对电荷有电力作用。在带电体周围具有电力作用的空間称为电场。

电场是电荷形成的。任何电荷周围的空間都存在着

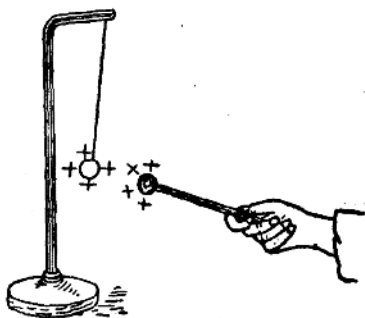


图 2-4 电荷周围的电场

电场。带电体对在电场中电荷的作用力是通过电场来传递的，所以我们說电场是一种特殊的物质。正电荷形成的电场叫正电场。负电荷形成的电场叫负电场。

电荷在电场里因受电场力的作用而运动的事实，說明电场对电荷作了功。所以說，电场又具有做功的本領。总之，电场有力和能两种性质，这里先談电场力的性质，下一节再談电场能的性质。

为了进一步討論电场中各点的特性，我們做如下的实验(图2—5)：A球带有正电，在其周围形成电场，在此电场里，放a、b、c、d、e五个带等量正电荷的小球。首先，在A周围移动b、c，不論它們在A的前后还是左右，只要和A的距离保持相等，就能看到b和c的张开角度总是相等的。这現象說明在A周围距离相等的各点上，所受电场力的作用是相等的。同理，在稍远一些的地方用a、d再作試驗，可以看出只要a、d和A的距离相等，小球张开的角度，也就相等。但是比較一下c、d、e，却可发现各球的张开角度并不相等，这是因为它們到A的距离并不相等。其中c球距离A最近所受电场力的作用最大，所以张开角度最大；e球距离A最远，所受电场力的作用最小，所以张开角度最小。这实验說明，电场中各点的性质是并不相同的。当小球所带电量相等时，受作用力大的那些点，电场較强；受作用力小的那些点，电场較弱。

若把A球上的电荷增加1倍、2倍或 n 倍时，各小球所张开的角度，也就分別增加1倍、2倍或 n 倍。这就是說，作用在小球上的电场力也相应的增加了1倍、2倍或 n 倍。为了方便起見，在比較电场內各点的强弱时，就采用使小球上带有单位正电荷在电场內任一点所受的力来判定。显然，

单位正电荷所受的力大，表示那个点的电场强，所受的力小，表示那个点的电场弱。

如果小球所带的正电荷为 q (庫仑)，在电场的某一点上所受的力为 F (牛頓)，那末，单位正电荷所受的力就可以用 $E = \frac{F}{q}$ 来表示。 E 叫做这个点的电场强度。

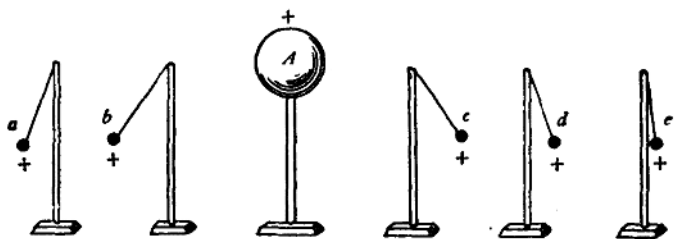


图 2-5 电场中各点的电场强度

$$E = \frac{F}{q} \text{ (牛頓/庫仑)}. \quad (2-1)$$

必須指出，电场强度是表示电场內各点受力性质的一种物理量。它跟小球 a 、 b 、 c 等是否带电荷或带多少电荷没有关系。在上述实验中給小球带了电荷，是因为这样便于检验或测量电场力的大小。这些小球所带的电荷，叫做检验电荷。检验电荷必須是电量很小的正电荷，以免影响原来的电场。

由于电场力是一个矢量，所以电场强度也是一个矢量。检验电荷在电场內某点上所受的力的方向就是該点的电场强度的方向。从图 2-6 上看到作用力的矢量 $F_A > F_B > F_C > F_D$ ，所以各点的电场强度也是 $E_A > E_B > E_C > E_D$ 。

电场还可以用电力线来描述，如图 2-7 (a)、(b)、(c)、(d)、(e) 所示。

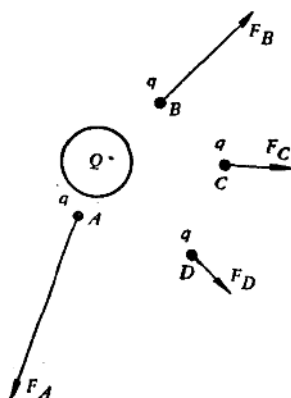


图 2-6 用矢量表示电场强度

电力线是从正电荷出发，到负电荷终止。它们不相交，不封闭。

电力线上任意一点的切线方向就是该点的电场强度（或电场）的方向。电场强度的大小是用垂直通过单位面积上的电力线数目来表示，若垂直通过单位面积上的电力线愈多，则该点的电场强度愈强，反之则越弱。

如果电场中各点的电场强度大小相等方向相同，这样的电场叫做匀强电场，如图 2-7(e) 所示。在匀强电场中电力线互相平行，而且电力线的密度也到处相同。

利用电力线不仅可以形象地表示出电场中各点的电场强度的方向，还可以表示出电场强度的大小。

电场里的物体，在电场力的作用下，电荷（电子或离子）能自由地在它上面移动，这种物体叫做导体。导体分为两类：利用电子导电的导体叫做第一类导体，如金属；利用离子导电的导体叫做第二类导体，如酸、盐溶液等。

在电场力作用下，电荷不能自由地在物体上移动，只能停留在发生的地方，这种物体叫做绝缘体（或电介质）。如胶木棒、玻璃等。电介质的绝缘程度只能在一定的电场强度范围内才能保证，如果电场强度过大，就要发生“击穿”现象。