



技工学校教材

高小毕业程度适用

电工基础

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定

中国工业出版社

这本教材是根据三年制技工学校的培养目标、課程内容及課时分配等規定进行編写的。初稿由建筑工程部上海机械技工学校負責編写，最后由建筑工程部技工学校教材編审小組审定。

本书是在总结以往教学經驗的基础上編写出来的，所以內容比較丰富和全面。編写中充分考慮到了高小毕业生的理解与接受能力，內容淺显，文字通順，并附有大量插图，以帮助同学理解和記憶。本书除作为技工学校教材用外，作适当增删后也可供現場培訓技工时作課本用。

本书全一册，叙述了靜电，直流电的基本定律，电磁現象，单相、三相交流电的基本原理，电气测量和工业电子学基本知識。

此书供三年制技工学校电工专业作教材之用。

电 工 基 础

(高小毕业程度适用)

全国技工学校教材編审委员会建筑工程部教材編审小組审定

建筑工程部上海机械技工学校編

*

中国工业出版社出版(北京沙滩后街10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

机工印刷厂印刷

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 $8 \frac{1}{4}$ · 字数 182,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数 00,001—19,842 · 定价(7-2)0.66 元

統一书号: 15165·1081(建工-135)

前 言

在社会主义建設总路綫的光輝照耀下，在党的教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相結合的方針指导下，全国技工学校的工作有了迅速的发展和提高。我部系統的技工学校工作也有了很大的进展，并已初步取得了一些成績。

随着生产建設与文化技术的不断发展，必須进一步改进技工学校的教学工作，提高教学质量，以便为国家培养出更多的、具有社会主义觉悟、中級技术水平和中等文化程度的技术工人。但感到不足的是，目前尙无一套比較定型的教材，这就給教学工作带来了一定的困难。在此情况下，組織編写比較系統的、符合教学計劃和教学大綱要求的統一教材，便成了进一步改进技工学校教学工作的一个重要环节。

在全国技工学校教材編审委员会的統一领导下，我部技工学校教材編审小組組織部系統內办校历史較久、基础較好的技工学校編写了一批专业教材。这些教材是按照培养全面发展的中級技术工人的要求进行編写的，同时也照顾到了学生毕业后进一步提高的需要。这批教材适宜于招收高小毕业生的、学制为三年的技工学校使用。各校选用时可根据主管部門批准的教学計劃与教学大綱，作必要的删减或增添。

由于時間短促和缺乏經驗，編审工作定会存在不少缺点，希望使用单位和有关同志提出意見，以便今后作进一步修改。

这本书是由建筑工程部上海机械技工学校負責編写的。由于学校党組織的重視和大力支持，以及参与編写工作的同

志們的努力,因而能在極短的時間內順利地完成了編審工作。
本書由趙乃勤同志主編。在此一併表示謝忱。

全國技工學校 建築工程部教材編審小組
教材編審委員會

1961年5月8日上海

目 录

緒論	9
一、电的应用、特点及对社会主义建設的作用	9
二、我国电气事业发展情况和发展远景	10
三、苏联的电工技术及电气化概况	13
四、学习电工基础的目的和本书的主要内容	14
五、学习电工基础的方法	15
第一章 靜电	16
第一节 物质结构的电子理論概述	16
第二节 电場及电場强度	31
第三节 电位及电位差	36
第四节 电容与电容器	38
习题	40
第二章 直流电的基本定律	43
第一节 电流和电路	43
第二节 导体的电阻和电导，导体的电阻与物理条件的 关系	44
第三节 电源的电动势和电压	51
第四节 部分电路的欧姆定律	51
第五节 串联电路	56
第六节 并联电路	58
第七节 混联电路	62
第八节 电池及电池組	64
第九节 电源的内电阻及电动势	69
第十节 全电路欧姆定律	71
第十一节 克希荷夫定律	73

第十二节	电流的功及功率	77
第十三节	焦耳-楞次定律	81
	习题	83
第三章	磁与电磁	87
第一节	磁铁及其一般性质	87
第二节	磁场, 磁场强度及磁力线	91
第三节	磁通和磁感应	93
第四节	通电导线周围的磁场	94
第五节	磁动势和安培匝及磁化力	98
第六节	磁饱和, 磁阻, 磁导及磁滞	100
第七节	磁路和电路的比较	104
第八节	载流导线间的相互作用	105
第九节	在磁场中的通电导线	107
第十节	电磁铁的应用	109
	习题	111
第四章	电磁感应	115
第一节	感应电动势的产生	115
第二节	感应电动势的方向和大小	117
第三节	直流发电机的作用原理	121
第四节	楞次定律	122
第五节	自感	124
第六节	涡流	126
第七节	互感	128
	习题	131
第五章	单相交流电	134
第一节	交流电的基本概念	134
第二节	交流电动势的产生	134
第三节	交流电的图示法	136
第四节	周期、频率、角频率、极对数和转速之间的关系	142

第五节	交流电产生的作用	146
第六节	向量的加减	148
第七节	交流电相位及相位差	150
第八节	交流电的瞬时值、最大值、平均值和有效值	155
第九节	纯电阻电路	157
第十节	纯电感电路	159
第十一节	纯电容电路	165
第十二节	电阻与感抗的串联	168
第十三节	电阻与容抗的串联	173
第十四节	电阻、感抗、容抗相串联	175
第十五节	并联电路	178
第十六节	单相交流电的功率(功率三角形)	179
第十七节	功率因数	183
第十八节	影响用电器功率因数低小的原因和加大 功率因数的方法及计算	186
	习题	190
第六章	三相交流电	194
第一节	三相交流电的产生	194
第二节	三相电流制	196
第三节	“星形”和“三角形”接法	199
第四节	三相交流电的功率	208
第五节	用三相交流产生旋转磁场	212
	习题	214
第七章	电气测量	216
第一节	概述	216
第二节	电工仪表分类及等级	217
第三节	磁电式仪表,直流电流与直流电压的测量	220
第四节	电磁式仪表,交流电流与交流电压的测量	223
第五节	电动式仪表,单相交流功率的测量	224

第六节	三相电功率的测量	227
第七节	感应式测量机构及电能的测量	231
第八节	电阻的测量	234
第九节	绝缘电阻的测量	240
第十节	万用表	241
	习题	243

第八章 工业电子学基本知识244

第一节	概述	244
第二节	电子发射	245
第三节	二极真空管	246
第四节	三极真空管	249
第五节	电子管放大器	250
第六节	气体介质中的电流	251
第七节	电弧和电火花的应用	252
第八节	二极充气管	253
第九节	闸流管	254
第十节	固体整流器	255
第十一节	整流线路	258
第十二节	汞弧整流器	261
第十三节	光电管及光电继电器	264
	习题	265

緒 論

一、电的应用、特点及对社会主义建設的作用

在偉大的原子能时代里，电能已广泛地运用到一切技术部門和人类生活的各方面。电是大規模机器生产的基础之一，它是近代化工业、农业及交通运输业的主要动力来源。当我们一走进工厂就听到机器轰隆轰隆的响，这是什么使得各种机床、軌鋼机、起重机轉动的呢？是“电”。是什么使我們在晚上也能如白天一样工作的呢？是“电”。各种金属和各种合金的冶炼、电焊、电热、电火花加工等，也都普遍地使用电能。要建立现代化的工业基地，必須首先解决电能的供应問題。不仅在农业与工业上电能被广泛地利用。在通訊、自动控制方面也都广泛应用电能。此外，在原子能的应用、航空、航海、軍事、以及很多新的技术部門中（包括火箭与人造卫星），电都是必不可少的。从此可知，电是实现工业、农业与国防現代化所不可缺少的食粮，是建設社会主义的先行官之一。

电能所以能成为动力的主要来源，并且应用如此广泛，是因为电能具有其独特的优点：

1. 能量轉变簡便。电能可以簡便地从水能、热能、原子能等轉变而来，成为廉价的动力来源。同时电能也可以很簡便地轉变为其他形态的能量，例如：利用电动机轉变为机械能，利用电热器轉变为热能，利用电镀、电解轉为化学能等。

2. 輸送分配方便。高压远距离輸电损失低微，效率高，因此国家可以充分合理的利用所有动力資源。不仅輸送方

便,而且分配也很方便,电能很容易分配到一台电动机和一盏电灯上,也即是发电厂发出的电能可以同时分别供給很多地方照明,很多工厂开动机器。

3. 电能可以較方便地被控制,测量和調整。这是生产自动化中不可缺少的条件,許多生产过程中的操作都可以用电来控制,只要按动电鈕,一切操作都可以自动进行。用电来测量和非电量也比其他方法迅速而且准确。

4. 电可以由电磁波形式在空中傳播。

由于电具有以上的特点,这就使我們能够广泛地利用各种自然资源把动力生产集中起来,以减少損耗和节约劳动力,使我們有可能实现电气化和自动化。

电气化不但促进国民經济的发展,大大提高劳动生产率,同时也改变了劳动条件和生产状况。另外,电气化对促进文化事业的发展也起到重大的作用,可以通过电影、无綫电、电视等对广大群众进行政治、文化教育。我国人民公社的出現,为农村实现电气化开辟了广闊的前景,其結果将使乡村与城市的差別逐漸消除,并且也将为消除脑力劳动和体力劳动之間的差別,以及城乡的差別創造条件。

二、我国电气事业发展情况和发展远景

在战国末年(公元 300 年左右),我們的祖先就已經发现了磁石及其吸鉄性能。东汉初年(公元 500 年左右)已制出名叫司南(图 1)的指南北的工具。那时(公元 100 年)王充在“論衡”中就記載有磁石吸針及琥珀摩擦生电現象。宋朝張邦基在“墨庄漫录”中有“孔雀毛著龙脑則相輒”的記載(龙脑是一种热带的乔木),孔雀毛拂着这种木头,則附着在上面。这显然是靜电現象。全世界关于航海使用罗盘的最古記錄見于

宋朝朱彧的“萍洲可談”(公元 1119 年)中,那时我国劳动人民已曾普遍掌握了罗盘針的科学技术知識。以上事实充分說明,我国在电磁方面的发现与应用比世界上任何国家都早得多。

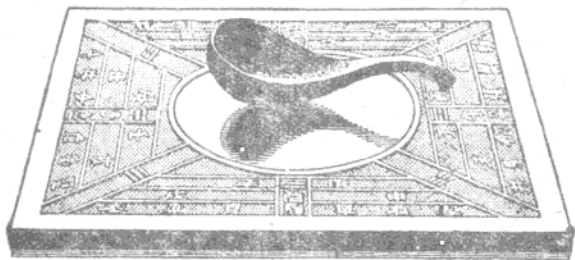


图 1 司南模型

但是由于长期的封建統治,尤其是近百年来,我国人民受到帝国主义、封建主义和官僚資本主义的三重压迫,使得工业、农业处于极端落后的状态,过去我們祖先所取得的成就不能进一步地发展和提高,因此科学技术水平远远地落在先进国家的后面。中国得到了解放,人民掌握了政权,勤劳、勇敢、智慧的中国人民,在中国共产党的领导下,一定能在不太长的时间内,赶上并超过世界先进的科学文化水平。

解放前的一百多年中,由于受着帝国主义的侵略和封建主义的束縛,經濟上十分落后,电气工业得不到应有的发展。从 1882 年帝国主义者在上海建立第一个发电厂起,至 1949 年全国解放止,发电设备的容量只有 185 万千瓦 (1944 年曾达到 235 万千瓦,外国資本占 80%,其中日本占 68.8%,美国占 7%)。

解放前发电量最高水平为 59.1 亿度 (1941 年),每人平

均 10 度左右,这个数字小得简直可怜。

解放后在党和政府的领导下、在苏联和其他兄弟国家的帮助下,中国人民进行了巨大的经济恢复和建设工作,电力事业也有了巨大的变化。我们从以下的数字可以看得很清楚。

1949 年发电量为 44.2 亿度;

1953 年发电量为 91.0 亿度;

1957 年发电量为 193 亿度;

1958 年发电量为 275 亿度;

1959 年发电量为 418 亿度;

1960 年发电量为 580 亿度;

图 2 所示是我国十一年来发电量的增长速度。尤其在 1958 年及 1959 年和 1960 年的大跃进的年代里,逐年的增长率竟达 42.5~50% 以上。1960 年计划发电量为 555 亿度至 580 亿度,在发电设备及输电网建设方面也相应地剧增,全国已有很多个 11 万伏以上的电力系统。我们国家不仅建立了一些最新式的大型热电站,而且新建的水电站更是星罗棋布。

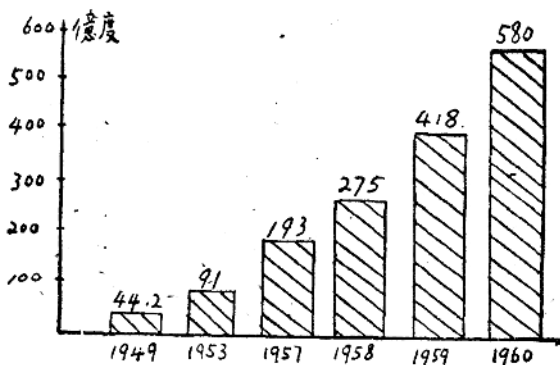


图 2 十一年来发电量的增长

若干大、中型水电站正在大力兴建，而小型水电站已遍及全国各地。

今后我国电力工业要以水力发电为主，火力发电为辅。这是由于：1. 我国水利资源极为丰富；2. 许多河流洪水灾害严重，建设水电站，可以综合利用河流的水利，减轻或消除自然灾害；3. 水电成本低，只有火电的 $\frac{1}{5}$ 。目前黄河三门峡水电站即将建成，长江三峡水电站也正在准备建设中。长江水力资源很丰富，约 1.2 亿千瓦，超过美国全国的水利资源（约 8800 万千瓦）。

工业上的尖兵——工业电子学，在我国也是从无到有。工业电子学的日益发展，促进了工业上的自动化。现在，在我们国家里已建立起了自动化程度很高的工厂，而且也制造出一些自动化机床。

三、苏联的电工技术及电气化概况

俄国学者，在十九世纪中对电磁学的理论以及对电工技术的发明有着伟大的贡献。我们熟悉的科学家俄国的科学院士 9. X. 楞次于 1833 年确定了感应电动势的楞次定律，他还研究了电流的热效应。

天才的发明家 M. O. 多里沃-多勃罗沃斯基在 1891 年发明三相感应电动机，三相电机和三相变压器，并解决了三相电能的输送问题。

A. C. 波波夫在 1895 年发明了无线电，为近代电子学的发展开辟了道路。

在革命前的俄国，电气事业也是很落后的。在 1920 年，根据列宁的指示成立了全苏电气化委员会，拟定了苏联的电气化计划。经过苏联劳动人民 30 年的努力，到 1951 年电能

生产量上升了 200 倍, 达到 1,040 亿度, 超过了英、法电能生产量的总和。在以后的八年中, 电能的年产量又增加了一倍多, 到 1958 年已达 2,330 亿度, 发电设备安装为 5,300 万千瓦。1959~1965 年发展苏联国民经济的七年计划中规定, 到 1965 年发电量将达到 5,000~5,200 亿度, 比 1958 年增加 1.1 至 1.2 倍。今后还要增加得更快, 预计到 1970~1972 年发电量将达到 9,000 亿度。

苏联人民在苏联共产党的领导下, 经过四十多年的艰苦奋斗, 在科学技术领域里已跃居世界首位。在电工技术方面, 苏联也取得了极其辉煌的成就, 举世闻名的列宁—伏尔加河水电站是现代世界上最大的水电站。从斯大林格勒水电站到莫斯科的输电线全长 1,000 公里, 电压 40 万伏, 是世界上电压最高、距离最远的输电线。1954 年 6 月 27 日, 苏联的原子能发电站发了电。这是世界上第一座原子能发电站。最近又准备建造一些功率达到 40~60 万千瓦的原子能发电站。在这方面, 苏联是一直领先的。电气事业的飞跃发展, 标志着国民经济的繁荣昌盛, 充分显示了社会主义制度的无比优越性, 为了使我国的电气事业在最短的时期内赶上世界先进水平, 我们必须认真地向苏联学习。

四、学习电工基础的目的和本书的主要内容

学习电工基础的目的是要求学生通过电工的基础理论知识的学习, 再进一步学习电机学和工艺学, 从而用此理论了解生产中常用的电机、电器、电子仪器的构造、性能、原理, 并且能进一步掌握和使用。务求在生产中能准确地使用电气设备和不断地改进生产技术的操作过程, 从而能在机械化、半机械化、自动化、半自动化为中心的技术革新和技术革命运动中发

揮应有的作用。

本書的內容分為四部分。

1. 靜電(物理基礎)。這部分內容着重講解初中物理的電學初步知識,給下面各章打下基礎。

2. 交、直流電路和磁路。着重於介紹交、直流電路和磁路的基本概念及計算方法,磁路和電路的比較。

3. 電氣測量、着重介紹主要測量儀器的結構原理及測量的方法。

4. 工業電子學初步知識。這部分內容概括地介紹了整流器、放大器、電子管的工作原理和簡單電路,並且介紹了電子學在近代科學和工業上的新成就。

為了避免重複,特把物理課的電學部分合併在電工基礎課內講授,使得系統性更強一些。

五、學習電工基礎的方法

電工基礎是引人入勝,極有趣味的一門科學。但研究電工基礎却也需要有一股強勁,意志和毅力。必須要有端正的學習態度。同時要善於掌握電工基礎的特點;進行刻苦鑽研,惟有這樣才能學習得好。電工基礎是一門理論性和系統性較強而且能 and 生產實習相結合的課程,因此在学习过程中要注意以下兩點:

(1) 每當學到一種新概念時,要抓住問題的關鍵,深入分析思考,在搞清物理概念的基礎上進行推導和計算,決不可死記公式和硬背條文。

(2) 在重視理論學習的同時,還必須認真地做好實驗;實驗時胆要大、心要細、精力要集中,以便通過實驗來達到鞏固知識、熟練操作技能的目的。

第一章 靜 電

第一节 物质结构的电子理論概述

一、物质结构的电子理論

任何物质都是由分子組成,分子由原子組成,原子由原子核和电子組成。原子核内有质子和中子,质子电子分别带有不同性质的电荷。习惯上,規定把质子所带的电荷叫做正电荷,用“+”表示;电子所带的电荷叫做負电荷,用“-”表示;中子是不带电的。另外知道带負电的电子是按自己的軌道圍繞原子核在旋轉,各种不同的物质电子数是不相同的,但是无论哪种物质在通常的状态下原子核所带的电荷量和电子所带的电荷量是相等的,此时正負电荷的作用互相抵消,整个原子是中性的,显不出电性来,所以在正常情况下物质是不带电的(如图3所示)。

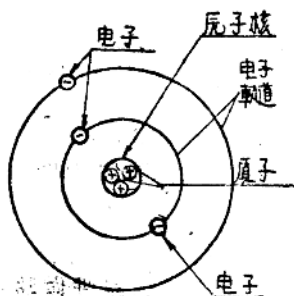


图3 原子构造示意图

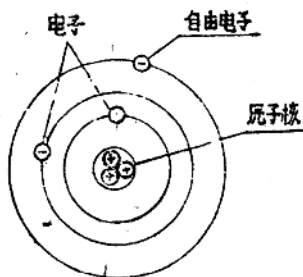


图4 原子中自由电子的分布示意图

从实验中我们知道凡是同性电荷(即正电荷和正电荷或负电荷和负电荷)互相排斥,凡是异性的电荷(即正电荷和负电荷)互相吸引。这两种作用是电学中最基本的定律。从此可知带负电的电子在原子核的外层虽然很快的运动,由于受原子核中质子正电的吸引不能随意离开原子本身而跑掉,仍然要在自己的轨道上旋转。有多数电子的原子中,电子总是分成若干层围绕原子核运动,最外层的几个电子距离原子核比较远,因此所受原子核的吸引力也就小些。同时又有同性电子互相排斥,而最外层的电子受内层电子的排斥,这样最外层的电子比较容易离开原子,这些电子称作为自由电子(如图4所示)。因此当自由电子受外界的某些力的作用影响时,就可能离开它们原来的原子,脱离自己的轨道,跑到另外的原子中去。得到电子的原子由于电子多了,因此显出负电性,从此可知,物质的原子中多了电子或少了电子,物质就成为带电体。如果原子或分子由于外来原因,失去一个或若干个电子后,就会成为带正电的正离子。反之如果原子或分子从外界吸收了一个或若干个电子,就成为带负电的负离子。

二、用电子解释摩擦生电、导体、绝缘体

(一)摩擦生电

当我们把两种不同性质的物体(如玻璃和丝织品、硬橡皮和皮毛)相互摩擦后就能吸引纸屑或其他轻微物体(如图5所示)。

象这样的物体称为带电体。用来表示物体所带电量多少的物理量称为电量。用来测量电量的最简单仪器叫做验电器,其构造如图6所示。

验电器可以用来检查物体是否带电及带什么电?如果用