

电 工 技 术 基 础

高福华 主编

電 子 工 業 出 版 社

内 容 提 要

本书是根据科技发展等新形势的需要编写而成的。一套共两册，第一册是《电工技术基础》，第二册是《电子技术基础》。

全书共九章，有：电路模型和克希霍夫定律、正弦交流电路、电路分析方法、电路中的过渡过程、磁路与铁心线圈电路、电动机、电动机的继电—接触器控制、电工测量和用电安全技术。每章在讲述之外均有小结、习题，书后附有电工常用元器件的技术数据。为了帮助读者检查演算的习题是否正确，将习题答案写在书的末尾。

本书可作为工程技术人员系统学习电工基础的参考书，也可供高等院校非电专业师生学习使用。

电 工 技 术 基 础

高 福 华 主 编

责任编辑 王 干

电子工业出版社出版 北京万寿路

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

长春大学印刷厂印刷

开本：850×1168毫米1/32 印张：16.5 字数：370千字

1987年7月第一版 1988年8月第二次印刷

印数：13001—28000册 定价：4.10元

统一书号：ISBN7-5053-0009-1/TN·5

前 言

本书是根据科技发展等新形势的需要编写而成的。一套共两册，第一册是《电工技术基础》，第二册是《电子技术基础》。

《电工技术基础》是一门重要的技术基础课，它的目的和任务是：使读者获得电工技术的基本理论、基本知识和基本技能，受到辩证唯物主义的认识论、方法论和爱国主义的教育，增强分析问题和解决问题的能力，为学习《电子技术基础》和其他后续知识以及从事工程技术和科学研究打好基础。要通过学习、实验和解题等多种环节来达到这个目的。本着“精选内容、打好基础、加强实验、培养能力”的精神，考虑到这套书是针对工程技术人员和其他人员学习上的使用，我们把重心放在一些基本的理论、方法、概念的阐述和电工元、器件的外部特性及其使用知识等方面，并适当地提高了起点，力求避免不必要的重复。为了适应不同人员的使用，本书除复盖了“基本要求”外，还增添了一些选修内容，这些内容在书中均打有“*”号标记。

全书共68节，学习与实验的时间比例约为5:2。

本书的第1章至第3章由焦长祖编写，绪论、第4章和第5章由高福华编写，第7章和第6章中的§6—1至§6—8由唐本元编写，第8章、第9章以及第6章中的§6—9至§6—19由黎峻天编写。全书由高福华担任主编。

参加本书审稿的有北京工业管理学院的毕绍光、山东纺织

工学院的向国菊、海军航空工程学院的杨德增、沈阳工业大学的范振铨、太原重型机械学院的张婕玲、安徽工学院的罗会昌、武汉工学院的石利英等同志。全书由罗会昌担任主审。主审和审稿的诸同志认真审阅书稿并提出许多宝贵意见，编者谨致以诚挚的谢意。吉林工业大学的张纯宝同志为本书描绘了全部插图，陆吉文、宋勤、王桂芹、高慧斌等同志为本书的出版作了不少工作，在此一并表示衷心感谢。

本书的编审是由原机械部部属院校《电工学》协作组组织并在其指导下进行的，协作组组织了数次编审工作会议并提出许多建设性意见。

由于编者水平有限，不妥和错误之处均所难免。敬希广大读者提出批评指正。

编 者

1987年5月于长春

目 录

绪论	(1)
第一章 电路模型和克希霍夫定律	(7)
§1-1 电路模型	(7)
§1-2 电源	(10)
一、电压源与电流源	(11)
二、电压源与电流源的等效变换	(13)
三、常见的几种信号波形	(18)
四、受控源	(20)
§1-3 电流和电压的参考方向	(22)
§1-4 克希霍夫定律	(26)
一、克希霍夫电流定律	(26)
二、克希霍夫电压定律	(28)
§1-5 电路的参考点与电位计算	(32)
§1-6 电气设备的额定值	(34)
小结	(36)
习题	(38)
第二章 正弦交流电路	(47)
§2-1 正弦交流电压和电流	(47)
一、正弦交流电的三要素	(47)
二、正弦交流电的相量表示法	(51)
§2-2 电路的参数	(58)
一、电阻	(58)
二、电感	(60)
三、电容	(63)

§2-3	具有单一参数的正弦交流电路的分析.....	(65)
	一、电阻电路.....	(65)
	二、电感电路.....	(67)
	三、电容电路.....	(72)
	小结.....	(75)
§2-4	串联正弦交流电路的分析.....	(76)
	一、电阻、电感与电容串联的电路.....	(76)
	二、阻抗串联的交流电路.....	(84)
§2-5	混联正弦交流电路的分析.....	(88)
	一、阻抗并联的电路.....	(89)
	*二、阻抗混联的电路.....	(91)
§2-6	电感性电路功率因数的提高.....	(95)
§2-7	电路的谐振	(101)
	一、串联谐振	(101)
	二、并联谐振	(106)
§2-8	RC电路的频率响应.....	(110)
§2-9	三相正弦交流电路	(114)
	一、对称三相正弦交流电路	(114)
	二、负载作星形接法的三相电路	(119)
	三、负载作三角形接法的三相电路.....	(129)
	四、三相电路的功率计算	(135)
	小结	(140)
	习题	(143)
第三章	电路分析方法	(155)
§3-1	支路电流法	(155)
§3-2	叠加原理	(165)
§3-3	非正弦周期电流电路的分析	(172)

	一、非正弦周期函数的分解	(173)
	二、非正弦周期电流、电压的有效值及平均功率	(178)
	三、线性非正弦周期电流电路的计算	(181)
§3-4	等效变换和戴维南定理	(185)
	一、等效变换	(185)
	二、戴维南定理	(186)
§3-5	非线性电路的分析方法	(199)
	一、概述	(199)
	二、非线性电路的图解分析法	(201)
	*三、非线性电路的小信号分析	(205)
	小结	(210)
	习题	(212)
第四章	电路中的过渡过程	(223)
§4-1	概述	(223)
§4-2	RC串联电路中的过渡过程	(229)
	一、C通过R的放电过程	(229)
	二、RC串联电路与恒定电压的接通	(232)
§4-3	求解一阶电路的三要素法	(240)
§4-4	RC串联电路对矩形波的响应	(244)
	一、尖顶脉冲的产生——微分电路	(244)
	二、锯齿波电压的产生——积分电路	(246)
	三、脉冲序列分析	(247)
§4-5	RL串联电路的过渡过程	(251)
	一、RL串联电路的短接	(251)
	二、RL串联电路与恒定电压的接通	(253)
*§4-6	拉普拉斯变换	(257)

	一、拉普拉斯变换的定义	(258)
	二、几个简单函数的拉氏变换	(258)
	三、拉氏变换的几个基本定理	(260)
	四、拉普拉斯反变换	(264)
*§4-7	运算法	(266)
	一、电阻运算电路	(266)
	二、电感运算电路	(267)
	三、电容运算电路	(267)
	四、R、L、C串联电路的运算电路	(268)
	五、克希霍夫定律的运算形式	(270)
	小结	(277)
	习题	(280)
第五章	磁路与铁心线圈电路	(291)
§5-1	磁场的基本物理量	(291)
	一、磁感应强度 \vec{B}	(291)
	二、磁通量 ϕ	(292)
	三、磁场强度 \vec{H}	(292)
	四、磁导率 μ	(293)
§5-2	磁路的欧姆定律与简单直流磁路的计算	(294)
	一、磁路的欧姆定律	(294)
	二、电路与磁路的比较	(295)
	三、简单直流磁路的计算	(296)
§5-3	交流铁心线圈电路	(301)
	一、电压与磁通的关系	(301)
	二、铁心中的能量损失	(305)
§5-4	变压器	(308)
	一、变压器的工作原理	(309)

	二、变压器的外特性与额定值	(317)
	三、其他类型的变压器	(318)
§5-5	电磁铁	(321)
	小结	(328)
	习题	(329)
第六章	电动机	(333)
§6-1	概述	(333)
§6-2	三相异步电动机的结构	(334)
§6-3	三相异步电动机的工作原理	(336)
	一、旋转磁场	(337)
	二、三相异步电动机的工作原理	(342)
§6-4	三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	(344)
	一、电磁转矩	(344)
	二、机械特性	(347)
	三、生产机械的负载转矩特性	(350)
	四、异步电动机的运行特性	(352)
§6-5	三相异步电动机的额定值	(354)
§6-6	三相异步电动机的起动	(356)
	一、鼠笼式电动机的直接起动	(357)
	二、鼠笼式电动机的降压起动	(357)
	三、绕线式异步电动机的起动	(359)
§6-7	三相异步电动机的调速	(360)
	一、改变磁极对数调速	(361)
	二、转子串电阻调速 (改变转差率 S)	(362)
	*三、变频调速	(363)
§6-8	异步电动机的反转和制动	(365)
	一、反转	(365)

	二、制动	(365)
*§6-9	直流电动机的用途、结构及励磁方式	(367)
	一、直流电动机的用途	(367)
	二、直流电动机的结构	(368)
	三、直流电动机的工作原理及励磁方式	(369)
*§6-10	直流电动机的电磁关系和能量转换关系	(371)
	一、电磁转矩 M	(371)
	二、电枢反电势 E_a	(371)
	三、电压平衡方程式	(372)
*§6-11	他励直流电动机的机械特性	(374)
*§6-12	他励直流电动机的起动、调速与反转	(376)
	一、起动方法与调速方法	(376)
	二、反转方法	(383)
*§6-13	他励直流电动机的制动	(383)
	一、电机的可逆性原理	(383)
	二、他励直流电动机的制动方法	(383)
*§6-14	直流电动机的型号与铭牌	(385)
§6-15	选择电动机的原则	(386)
	一、电动机类型的选择	(386)
	二、电动机结构型式的选择	(386)
	三、电动机转速的选择	(387)
	四、电动机容量的选择	(387)
*§6-16	单相异步电动机	(391)
	一、脉振磁场的分解	(391)
	二、单相异步电动机转矩与转差率的关系	(392)
	三、电容分相式异步电动机	(393)
*§6-17	伺服电动机	(395)

一、交流伺服电动机	(395)
二、直流伺服电动机	(398)
三、伺服电动机的应用	(399)
*§6-18 直流测速发电机	(401)
一、直流测速发电机的工作原理	(401)
二、直流测速发电机的应用	(402)
*§6-19 步进电动机	(404)
一、三相反应式步进电动机的结构	(404)
二、三相反应式步进电动机的工作原理	(404)
三、步进电动机的应用	(408)
小结	(409)
习题	(411)
第七章 电动机的继电-接触器控制	(415)
§7-1 常用电器及电气元件的图形、符号	(415)
一、常用电器	(415)
二、电气图形符号及文字	(421)
§7-2 电动机的基本控制环节和保护环节	(422)
一、基本控制环节	(422)
二、基本保护环节	(428)
§7-3 电动机的基本控制原则	(430)
一、行程控制原则	(431)
二、时间控制原则	(433)
三、速度控制原则	(436)
§7-4 控制线路的阅读和分析	(438)
一、阅读控制线路的步骤	(438)
二、举例	(439)
*§7-5 矩阵式顺序控制器	(442)

小结	(447)
习题	(447)
第八章 电工测量	(450)
§8-1 基本知识	(450)
一、指示仪表的分类	(450)
二、指示仪表的误差、准确度(级别)和灵敏度	(451)
三、指示仪表的表面标记符号	(453)
§8-2 测量电流和电压的两种测量机构	(455)
一、磁电式测量机构	(455)
二、电磁式测量机构	(456)
§8-3 电流和电压的测量	(457)
一、直流电流的测量	(457)
二、直流电压的测量	(458)
三、交流电流的测量	(458)
四、交流电压的测量	(460)
*§8-4 万用表	(461)
一、万用表的原理	(461)
二、万用表的正确使用	(462)
§8-5 功率的测量	(465)
一、电动式瓦特表及功率的测量	(465)
二、三相交流电路的功率测量	(468)
§8-6 电阻的测量	(469)
一、导体电阻的测量	(470)
二、绝缘电阻的测量	(470)
*§8-7 电感和电容的测量	(473)
一、交流电桥的结构及工作原理	(473)

	二、用交流电桥测量电容	(474)
	三、用交流电桥测量电感	(475)
	小结	(476)
	习题	(477)
第九章	用电安全技术	(478)
§9-1	安全用电的意义	(478)
§9-2	电流对人体的危害	(478)
	一、几种触电方式	(478)
	二、安全电压	(479)
	三、静电的产生及其对人体的危害	(479)
	四、高频电磁场对人体的危害	(479)
§9-3	防触电的安全技术	(479)
	一、保护性接地和保护性接中线	(479)
	二、各种联锁、信号和标志	(481)
	三、触电解救法及注意事项	(481)
*§9-4	防雷及电磁场安全技术	(483)
	一、雷电的危害及防雷装置	(483)
	二、静电的安全防护	(484)
	三、对电磁场的安全防护	(484)
*§9-5	电气防火防爆	(484)
	一、电气火灾与爆炸原因及其防护措施	(484)
	二、电气灾急救常识	(485)
	小结	(486)
	习题	(501)

绪 论

《电工技术基础》是研究电能、电学量信息在科技领域中应用的科学，它是一门非电专业的技术基础课。

一、电能的应用

电能的应用极其广泛。随着时代的前进、科技的发展，它在国民经济的各个领域中还将会获得更加广泛的应用，它所占的地位将会变得越来越重要。事实上，无论工农业生产、国防科技、医药卫生乃至人们日常生活中的衣、食、住、行、文化娱乐无一能够离开电能。有人预言，廿一世纪将是个信息社会。而信息的转换、传输和处理又几乎都是用电学量来进行的。所以，电工技术的重要性是不言而喻的。作为廿世纪八十年代的大学生、本世纪末叶和廿一世纪初叶祖国四化建设的主力队员们，不可以不懂得电工技术知识，不可以不会应用电工技术知识。

二、电能的优越性

电能何以能获得如此广泛的应用呢？这是它本身固有的优越性所决定的。

1、容易转换

电能可以很容易地从其他形式的能量、诸如机械能、热能、化学能、光能、声能、原子能等等转换而来，也可以很容

易地转换成其他形式的能量。就电能自身而言，高压和低压、交流和直流、各种不同波形之间的转换也是较容易的。作为新兴学科的传感技术，它也是把非电量（长度、温度、时频、声、光、放射线、力学量和物理化学量等）和电学量之间的相互转换作为其工作基础的。

2、便于传输

能源的产生地和能源的用户通常并不在同一个地方。城市、工厂等需要能源，而水力资源、煤、石油等的产地往往与之相距甚远。位置上的这个矛盾利用远距离输电得到了很好的解决。电能传输迅速、效率高、分配也很容易，这就是电力网纵横交错布满世界各地的原因。

3、控制自如

用电压、电流等电学量代表信息具有传递迅速、处理方便等许多优点。正因为这样，所以复杂的生产机械，数控加工中心，柔性系统等都是用电学量控制的，而管理过程的自动化，遥测遥控、远程通信等也几乎全是以电学量作为信息来进行控制的。

三、我国古代在磁学方面的贡献

相传轩辕黄帝曾大战蚩尤于涿鹿之野，黄帝是靠指南车战胜了蚩尤的雾阵的（见《太平御览》）。但这只是神话传说，已无可稽考。然而远在春秋战国时代，我国对磁学的认识则确已有明确的记载了。例如《吕氏春秋·精通篇》就写有：“慈石召铁，或引之也”，这说明当时已经知道天然磁石的吸铁作用；而管子在其《地数篇》中指出：“上有慈石者，下有铜金”，则已晓得各种矿藏之间的联系了。韩非子的《有度篇》

更进一步，他写道：“故先王立司南，以端朝夕”。后来，汉代的王充在其《论衡·是应篇》中则说：“司南之杓，投之於地，其柄指南”。这些记载明确地指出了当时已知磁石的制物——司南在定时、定向方面的应用。

宋代沈括的《梦溪笔谈》中曾谈到了地磁偏角的存在。他说：“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常偏东，不全南也”。这和我们现在知道的磁偏角的方向一致。《武经总要》曾记载人造磁石的方法：“鱼法以薄片剪裁，长二寸，阔五寸，首尾锐如鱼形，置炭火中烧之，候通赤，以铁钤钤鱼首出火，以尾正对子位，醮水盆中，没尾数分则止，以密器收之。用时置水碗於无风处，平放鱼於水中，令浮，其首常向午也”。这种方法很合乎近代科学的道理。

远在宋代，我国已把指南针应用在航海方面的定向了。例如朱彧在其《萍州可谈》中写道：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针”。以后到了明朝，三保太监郑和七下西洋，南至苏门答腊、爪哇，西到红海口的亚丁，比哥伦布发现新大陆要早半个世纪，如果没有罗盘的定向，那是很难设想的。

由于长期的封建统治，我国在磁学方面遥遥领先的地位变为落后的了。但我们相信，在“振兴中华”和“三个面向”精神的鼓舞下，通过我们的艰苦奋斗，我们还是会走在世界科技的前列的。

四、电工技术发展史简述

电工技术是由于生产的需要而得到迅速发展的，它的发展史可以说是一部宏伟的生产史。总的说来，电工技术的发展可

以大致分为以下四个阶段：

1、从对电学、磁学的初步研究到电能作为动力在工业生产中开始应用

在这段时间里，人们经历了一个对电学和磁学的朦胧认识到揭露了它们的本质的过程。这中间具有突出意义的事例有：库仑 (C.A.Coulomb) 根据电荷之间的相互作用力于 1785 年对电荷的荷电量进行了定量标定；安培 (A.M.Ampere) 发现载流线圈与磁铁有相同的特性，从而揭示了磁现象的本质；法拉第 (M.Faraday) 于 1831 年发现了电磁感应现象，奠定了电工技术的重要理论基础；在电磁感应定律的基础上，雅可比 (Б.С.Якоби) 于 1834 年创造了世界上第一台电动机等等。而变压器、三相系统的出现则又把电工技术的发展与应用向前推进了一大步。

2、电磁波理论与无线电技术的发展与应用

麦克斯威 (C.Maxwell) 在法拉第等人研究工作的基础上，于 1864~1873 年间总结出了电磁波理论，为无线电技术的发展奠定了理论基础。1888 年，赫芝 (Hertz) 用实验证实了电磁波的存在，之后马可尼 (Marconi) 和波波夫 (А.С.Попов) 分别独立地研制成功了无线电收发机并进行了通讯试验。这样，无线电技术就随着迅速发展起来了。

3、电子管、晶体管的出现与应用

廿世纪上半期，通讯等系统需要检波、放大，于是在爱迪生 (Edison) 发现热电子效应的基础上，弗来明 (Fleming) 和德福雷斯 (De.Forest) 先后发明了电子二极管和电子三极管。1948 年，第一个晶体三极管问世。由于晶体管体积小、重量轻、寿命长，耗电少，且容易制造、成本低廉等一系列优点，它很快在科技生产等各个领域获得了广泛的应用。