

全国高等院校教材

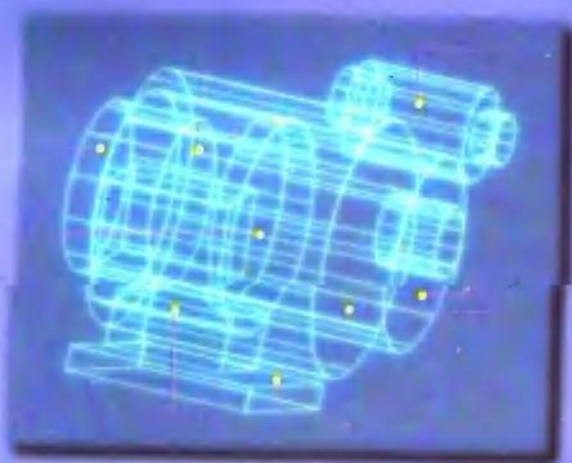
电 工 学

李光琰

主编

黄经政 周延怀 曹惠贤

编



北京师范大学出版社

全国高等院校教材

电 工 学

秦光戎 主编

黄经武 周延怀 曹惠贤 编

北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学/秦光戎主编;黄经武等编. —北京:北京师范大学出版社,1998.9
ISBN 7-303-04435-3

I. 电… II. ①秦… ②黄… III. 电工学-高等学校-教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 24558 号

北京师范大学出版社出版发行

(北京新街口外大街 19 号 邮政编码:100875)

出版人:谢维和

北京昌平兴华印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 21.5 字数: 516 千字

1998 年 9 月北京第 1 版 1998 年 9 月北京第 1 次印刷

印数: 1~2 000 定价: 26.00 元

文字符号说明 —

一、基本符号

B 电纳, 磁感强度

b 宽度

C 电容

C'_M 电机结构系数

C_M 电机转矩系数

D 直径

D 二极管, 绕组线端

$\dot{E}$ 电动势相量

E 电动势有效值, 直流电动势

e 交流电动势

$\dot{F}$ 磁动势相量

F 磁动势有效值, 力

f 频率

G 电导

G 发电机

g 电导

I 直流电流, 交流电流有效值

$\dot{I}$ 电流相量

i 交流电流

j 电流密度

k 比例系数, 变压比, 变流比

L 自感系数

l 长度

M 互感系数, 电磁转矩
 m 相数
 N 匝数
 N 磁极
 n 每分钟转速
 P 有功功率, 磁极对数
 p 瞬时功率
 Q 无功功率
 q 每极每相槽数
 R, r 电阻
 S 视在功率, 面积
 s 转差率
 T 周期
 t 时间
 $\dot{U}$ 电压相量
 U 直流电压, 交流电压有效值
 u 交流电压
 v 线速度
 X 电抗
 Y 导纳
 Z 阻抗
 α, β 偏转角
 η 效率
 θ 相位角
 τ 极矩
 φ 相位
 ϕ 交变磁通
 $\dot{\Phi}$ 磁通相量
 Φ 磁通有效值
 ψ 磁链

ω 角频率
SCR 晶闸管
GTO 可关断晶闸管
GTR 功率晶体管
MOSFET 功率场效应管
IGT (IGBT) 绝缘门极晶体管
SIT 静电感应晶体管
SITH 静电感应晶闸管
MCT MOS 晶闸管
MGT MOS 晶体管
PWM 脉冲宽度调制
SPWM 正弦脉宽调制
AC→DC 交流→直流变换
AC→AC 交流→交流变换
DC→AC 直流→交流变换
DC→DC 直流→直流变换
UPS 不停电电源

二、下标字符

A, a 电枢
av 平均
c, cr 临界
d 短路
F, f 励磁
G 发电机
L 负载
l 漏感, 线
M 电磁, 电动机, 最大值
max, m 最大值
N 额定值
O (o) 谐振, 输出
r 剩磁

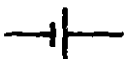
S (s) 启动, 源

T, t 调节

0 空载, 初始

φ 相

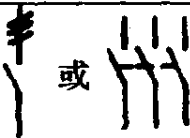
常用电工系统图形符号表

编号	名 称	图形符号	文字符号
1	照明灯		EL
2	励磁绕组		EXW
3	避雷器		F
4	同步发电机		GS
5	异步发电机		GA
6	蓄电池		GB
7	指示灯		HL

续表

编号	名 称		图形符号	文字符号
8	电 磁 继 电 器	线圈的一般符号		KA
		电流线圈		
		电压线圈		
		过电流继电器线圈		
		欠电压继电器线圈		
		常开触点		
		常闭触点		
9	交 流 接 触 器	线圈的一般符号		KM
		常开触点		
		常闭触点		

续表

编号	名 称		图形符号	文字符号
10	热继电器	发热元件		KH
		热继电器动断触点		
11	三相异步电动机			M
12	断路器			QF
13	开 关	隔离开关		QS
		行程开关		QA
		单极开关		Q. S
		多极开关		
14	按 钮	起动按钮		SB
		停止按钮		
15	自耦变压器			SCT

续表

编号	名 称	图形符号	文字符号
16	电动机启动器		ST
17	变压器		Tr
18	插头和插座		X
19	半导体二极管		
20	PNP 型半导体三极管		
21	NPN 型半导体三极管		
22	双向二极管 交流开关二 极管		
23	具有 N 型双基极单结型 半导体管		
24	晶 闸 管		
25	门极可关断晶闸管		
26	双向晶闸管		

续表

编号	名 称	图形符号	文字符号
27	N 沟道场效应管		
28	P 沟道场效应管		

编写与使用说明（代前言）

师范院校《电工学》课程以电的大功率（强电）和电的动力机械为主要内容。《电子线路》则侧重于弱电（小功率）。电工学是一门基础性、应用性很强的学科，它随时代而迅速发展。1980年制定的《电工学》教学大纲对恢复被文化大革命破坏的电工学教学起了积极作用，但许多方面已不适应时代要求。国家教委“高等理科教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革研究计划”的通知中指出：“相当一部分教学内容和课程体系，特别是基础课的内容和体系比较陈旧、落后，有一些与中学和各门课程之间重复过多，必须进行改革。”全国高师电工学研究会理事会向国家教委师范司打报告，建议修改高师电工学教学大纲。师范司给理事会的回函中指出，1980 年制定的教学大纲是一般性的教学指导文件，对原大纲“可以根据培养目标的需要，结合学科发展实际，组织力量予以修订。”根据这一精神，全国高师电工学研究会理事会向国家教委师范司建议召开“全国高师（含部分师专）第五届电工学研讨会”，讨论全国高师电工学教学基本要求。在师范司同意下，1995 年 8 月在北京师范大学召开了第五届电工学研讨会。会议按国家教委“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革研究计划”通知精神，讨论并拟定了“高等师范院校物理系电工学教学基本要求”，并呈送师范司备案。本书遵循这一基本要求，按“基础性、应用性、时代性”的原则编写完成。

本书第一次将“变流技术”引进电工学教程。现代变流技术（电力电子学）是近 20 年发展起来的一门新兴学科，它由电力（电工学）、电子（学）和控制（学）三大学科相交叉而形成。多

数师范院校将电工学课程安排在电子学之前讲授^①，更给师范院校电工学课程中讲解“变流技术”增添难度。但是，变流技术正在极大地改变着强电（电力）的面貌。简单地说，以前的电工学只有 50HZ 的大功率电源。而无触点开关变流技术使我们经济地和高效率地由 50HZ 获得从直流到任意频率和任意幅度的大功率电源。它对工农业生产、科学技术、交通运输、日常生活……等等正在产生重大的影响和变革。此外，由于电工控制技术和应用技术的发展，本书增加了诸如微电机等相应“知识面”方面的内容。我们的看法是，面向 21 世纪，师范院校物理系的电工学，对电工学的新领域以及知识面（或窗口）等方面的内容、应用和前景，不要求懂得很深，懂得很多，但不能不知道，不能“没听说过”。现代变流技术是一门学科，在我们的电工学教学中，没有电子学基础和如此有限的学时内，能做的是，让学生知道变流技术的最基本概念，基本方法（或原理）以及它的应用前景。大功率半导体器件在变流技术中用作高频开关。它们是“开关元件”，在本课程中无需涉及结构，只要求知道它们的外形、符号和什么条件下“导通”，什么条件下“关断”，就可理解变流技术的基本概念和原理。

目前人们对于哪些内容应作为电工学课程必要学习的基础，在认识上存在着差异。我们认为应当是①建立面向 21 世纪师范院校电工学体系所必要的，②相关课（电子学）所要求的，③电工学教学学时所允许的那些内容。不是 50 年代从当时苏联教材中搬过来并形成传统概念的“基础”，也不是“电专业”所要求的基础。正弦交流电路及相量运算，等效电路和电压源、电流源概念，是整个电工学（和电子学）的基础理论，三相电、变压器、异步电

① 北京师范大学物理系从 1994 年起，将《电工学》放在《电子学》课程之后进行。

动机和变流技术各章均有相应的基础和理论，必须掌握。其它部分可有取舍的余地。

国家教委不再颁布课程的统一大纲，第五届电工学研讨会拟定的电工学教学基本要求不是教委下达的文件。本教材按前述教学基本要求编写。为面向 21 世纪又适应各院校按自身实际情况处理和选用教材，本教程分正文、选读（标有 * 号者）和小体字三个层次，正文自成体系。如前所述，“教学基本要求”不是教委文件，因此，正文部分也可视各院校具体情况做出取舍。例如复杂电路分析方法中的支路电流法、回路电流法、节点电压法……等，它们是求解各电流的方法，基础是基尔霍夫定律。它们在本章之后基本不再涉及，物理系的电子学课程对它们也未提出多少要求。因此，它们并不需要作为基础同等处理。这些求解方法，可全讲，可结合基尔霍夫定律只讲支路电流法，也可都不讲。其它如“电工仪表”、“同步电机”、“低压配电”等也可根据情况作适当处理。“变流技术”部分，根据条件，可讲其正文，可作讲座，也可不讲。实验部分由于各院校设备不尽相同，可做有条件的部分。

本书由北京师范大学学术委员会专家组评定推荐给北京师范大学出版社出版。

第一、二、三章由黄经武执笔，第四、六、七章由周延怀执笔，第五、八章第六章的 § 6-7、§ 6-8、第七章的 § 7-7、§ 7-8 由秦光戎执笔，第九章和实验部分由曹惠贤执笔。秦光戎任主编。张琳描绘了全部插图。

由于编者学识有限，必有不当之处，切请指正。

秦光戎

1998. 1.

北京师范大学物理系

目 录

第一章 正弦交流电路	(1)
§ 1-1 正弦交流电量的基本概念及其参考方向	(1)
1.1 交变电量	(1)
1.2 正弦交流电	(2)
1.3 正弦电量的有效值	(3)
1.4 交流电的参考方向	(5)
§ 1-2 正弦交流电的相量表示法	(7)
2.1 正弦量的运算	(7)
2.2 正弦交流电的相量表示法	(9)
2.3 相量法	(10)
§ 1-3 基尔霍夫定律的相量形式	(12)
3.1 基尔霍夫第一定律的相量形式	(12)
3.2 基尔霍夫第二定律的相量形式	(13)
§ 1-4 元件特性方程的相量形式	(15)
4.1 电阻元件特性方程的相量形式	(15)
4.2 电感元件特性方程的相量形式	(17)
4.3 电容元件特性方程的相量形式	(19)
4.4 实际元件 复阻抗 复导纳	(22)
4.5 电源特性方程的相量形式	(25)
§ 1-5 简单交流电路	(28)
5.1 串联交流电路	(28)
5.2 并联交流电路	(32)
5.3 串并联电路	(36)

§ 1-6	交流电路的功率	(38)
6.1	有功功率 无功功率	(38)
6.2	视在功率 功率因数	(41)
* 6.3	复功率	(43)
§ 1-7	提高交流电路功率因数的意义和方法	(45)
7.1	提高功率因数的意义	(45)
7.2	提高功率因数的方法	(47)
§ 1-8	谐振电路	(50)
8.1	串联谐振	(50)
8.2	并联谐振	(52)
* § 1-9	简单交流电路的过渡过程	(55)
9.1	过渡过程	(55)
9.2	$R-L$ 交流电路的过渡过程	(56)
9.3	$R-C$ 交流电路的过渡过程	(57)
小结		(58)
思考题		(62)
习题		(66)
第二章	复杂交流电路	(71)
§ 2-1	支路电流法	(71)
1.1	支路电流法	(71)
1.2	应用例	(73)
§ 2-2	回路电流法	(75)
2.1	回路电流法	(75)
2.2	网孔电流方程的一般形式	(77)
§ 2-3	节点电压法	(79)
3.1	节点电压法	(79)
3.2	节点电压方程的一般形式	(83)
§ 2-4	叠加定理	(84)