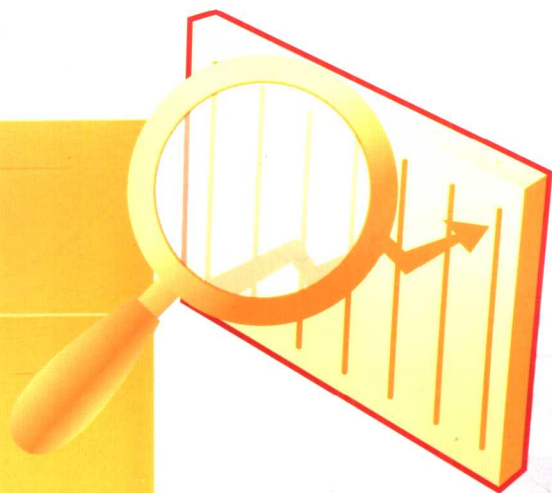




21st CENTURY
实用规划教材

21世纪全国应用型本科 **电子通信系列** 实用规划教材



电 工 学

主 编 蒋 中 刘国林
副主编 洪 源 陈乐平
宋长源 孔令成



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材

TM1
151

电 工 学

主 编 蒋 中 刘国林
副主编 洪 源 陈乐平
宋长源 孔令成



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书按照教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会 2004 年 8 月修订的《电工学教学基本要求》编写的。本书分 16 章, 内容包括直流电路、正弦交流电路、三相交流电路、暂态电路、变压器、电动机、电气控制技术、半导体器件、基本放大电路、集成运算放大电路、功率电子电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、模拟信号与数字信号的相互转换电路、测试技术、低压配电系统等。每章选用的例题和习题大部分来自工程实际, 这样使读者在做题的过程中, 对电工学在其他学科的应用方面有个初步了解。本书采用国际通用的图形符号、名词与术语体系。

本书有配套的多媒体教案, 内容丰富、直观生动, 有助读者在较短时间内理解并掌握书中内容。

本书力求概念准确、内容新颖、深入浅出、语言流畅、可读性强, 既注重基本原理必要的讲解, 又力求突出工程上的实用性。本书可作为高等院校非电类专业和普通高等职业或自学考试相近专业(标以“△”, “*”号除外)学生的教材, 也可作为工程技术人员的自学及备考注册电气工程师执业资格考试的学习辅导书。

图书在版编目(CIP)数据

电工学/蒋中, 刘国林主编. —北京: 北京大学出版社, 2006.8

(21 世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材)

ISBN 7-301-10765-X

I. 电… II. ①蒋… ②刘… III. 电工学—高等学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 057955 号

书 名: 电工学

著作责任者: 蒋 中 刘国林 主编

策划编辑: 徐 凡

责任编辑: 翟 源

标准书号: ISBN 7-301-10765-X/TN · 0035

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 涿州市星河印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.75 印张 475 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 殷瑞祥

顾 问 宋铁成

副主任 (按拼音顺序排名)

曹茂永 陈殿仁 李白萍 王霓虹

魏立峰 袁德成 周立求

委 员 (按拼音顺序排名)

曹继华 郭 勇 黄联芬 蒋学华 蒋 中

刘化君 聂 翔 王宝兴 吴舒辞 阎 毅

杨 雷 姚胜兴 张立毅 张雪英 张宗念

赵明富 周开利

丛书总序

随着招生规模迅速扩大,我国高等教育已经从“精英教育”转化为“大众教育”,全面素质教育必须在教育模式、教学手段等各个环节进行深入改革,以适应大众化教育的新形势。面对社会对高等教育人才的需求结构变化,自上个世纪90年代以来,全国范围内出现了一大批以培养应用型人才为主要目标的应用型本科院校,很大程度上弥补了我国高等教育人才培养规格单一的缺陷。

但是,作为教学体系中重要信息载体的教材建设并没有能够及时跟上高等学校人才培养规格目标的变化,相当长一段时间以来,应用型本科院校仍只能借用长期存在的精英教育模式下研究型教学所使用的教材体系,出现了人才培养目标与教材体系的不协调,影响着应用型本科院校人才培养的质量,因此,认真研究应用型本科教育教学的特点,建立适合其发展需要的教材新体系越来越成为摆在广大应用型本科院校教师面前的迫切任务。

2005年4月北京大学出版社在南京工程学院组织召开《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》编写研讨会,会议邀请了全国知名学科专家、工业企业工程技术人员和部分应用型本科院校骨干教师共70余人,研究制定电子信息类应用型本科专业基础课程和主干专业课程体系,并遴选了各教材的编写组成人员,落实制定教材编写大纲。

2005年8月在北京召开了《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》审编会,广泛征求了用人单位对应用型本科毕业生知识能力需求和应用型本科院校教学一线教师的意见,对各本教材主编提出的编写大纲进行了认真细致的审核和修改,在会上确定了32本教材的编写大纲,为这套系列教材的质量奠定了基础。

经过各位主编、副主编和参编教师的努力,在北京大学出版社和各参编学校领导的关心和支持下,经过北大出版社编辑们的辛苦工作,我们这套系列教材终于在2006年与读者见面了。

《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》涵盖了电子信息、通信等专业的基础课程和主干专业课程,同时还包括其他非电类专业的电工电子基础课程。

电工电子与信息技术越来越渗透到社会的各行各业,知识和技术更新迅速,要求应用型本科院校在人才培养过程中,必须紧密结合现行工业企业技术现状。因此,教材内容必须能够将技术的最新发展和当今应用状况及时反映进来。

参加系列教材编写的作者主要是来自全国各地应用型本科院校的第一线教师和部分工业企业工程技术人员,他们都具有多年从事应用型本科教学的经验,非常熟悉应用型本科教育教学的现状、目标,同时还熟悉工业企业的技术现状和人才知识能力需求。本系列教材明确定位于“应用型人才培养”目标,具有以下特点:

(1) **强调大基础:**针对应用型本科教学对象特点和电子信息学科知识结构,调整理顺了课程之间的关系,避免了内容的重复,将众多电子、电气类专业基础课程整合在一个统

一的大平台上,有利于教学过程的实施。

(2) **突出应用性:**教材内容编排上力求尽可能把科学技术发展的新成果吸收进来、把工业企业的实际应用情况反映到教材中,教材中的例题和习题尽量选用具有实际工程背景的问题,避免空洞。

(3) **坚持科学发展观:**教材内容组织从可持续发展的观念出发,根据课程特点,力求反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺。

(4) **教学资源齐全:**与纸质教材相配套,同时编制配套的电子教案、数字化素材、网络课程等多种媒体形式的教学资源,方便教师和学生的教学组织实施。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者,没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践,要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台,为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生,不吝指正,随时给我们提出宝贵的意见,以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006年4月

前 言

本教材按照教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会 2004 年 8 月修订的《电工学教学基本要求》编写的。但考虑到信息技术的迅速发展及其在非电类专业越来越广泛的应用,本书在满足课程教学基本要求的前提下,精选经典内容,适当增加现行工程中广泛采用的新技术、新工艺、新产品等方面的内容,强调电气设备和工程安全,力求使本书成为适应工程教育需要并与国际接轨的《电工学》教材。本书主要有以下特色。

1. 精选内容

介绍电工电子技术的基本概念、基本理论、基本分析和计算方法。在阐明物理概念和基本定律的前提下,采用工程近似方法进行计算,略去一些不必要的数学推导。例如变压器、电动机等,侧重讲它们的外特性。

2. 推陈出新

本书所讲述的内容,大多是近十年来国内外工程中广泛采用的新技术、新工艺、新材料和新设备等,力图反映 20 世纪 90 年代以来国内外工程界与学术界在电工学方面的进展和所取得的最新成果,保持与世界电工学的发展同步。

(1) 20 世纪 50 年代,变压器绕组用铝线,变压器原边大多采用星形联结。20 世纪 80 年代以来,变压器绕组用铜线,如 S9 系列等。20 世纪 90 年代以来,变压器导磁材料采用非晶合金,空载损耗值与同容量的硅钢片(如 S9 系列)变压器相比,可降低 75%。配电变压器联结组别推荐采用 Dyn11,降低了三次及三次以上的高次谐波激磁电流。

(2) 异步电动机的启动和调速,除了介绍传统的降压启动方式(如星形-三角形换接、自耦变压器启动等)和变极调速等外,还增加了采用变频调速(VVVF)等新技术。

(3) 随着电力电子、传感器、通信及计算机等技术与传统电器多学科交叉和融合,我国于 20 世纪 90 年代开始淘汰第一代低压电器,采用第三代低压电器。第三代低压电器具有模块化、智能化和网络化的特点,能直接与计算机组成监控系统。

(4) 反映电子技术的新发展,增加了绝缘栅双极型晶体管等内容,并将低频功率放大、直流稳压电源和电力电子器件及变流电路等内容安排在“功率电子电路”一章。

(5) 非电量测试在现代工业中显得越来越重要,本书从系统的基本组成出发,介绍了被测信号获取、信号处理和信号输出等单元电路。

3. 强调安全

本书按照现行的国家标准规范和国际电工委员会(IEC)有关标准,强调电工、电子设备和工程建设要以人为本,在工程设计、制造和施工中,应保证人身安全。

在多数场合,低配电系统采用中性点直接接地方式即 TN 系统,当控制回路发生接地故障时,应避免保护和控制回路被大地短路,造成电动机意外启动或不能停车。因此,《通用用电设备配电设计规范》GB 50055—1993 规定,电动机一般在控制回路中应装隔离电器

(用于安全检修)和短路保护电器。控制电压采用 220V, 不宜采用 380V。电气控制图按工程施工图常规画法, 让学生在在学习理论的同时能熟悉一些工程施工图。

4. 突出应用

所选例题, 其中大部分来自工程实际。有助于读者阅读电工电子线路图, 设计电工电子方案, 绘制电工电子施工图, 查阅电工产品手册(资料), 掌握按照不同材料的性能指标和施工工艺进行施工的方法, 熟练使用测试仪器仪表, 提高学生实际工作的基本技能。

5. 学习基本理论和标准相结合

标准是衡量事物的准则。本书力求把现行的国家标准规范和 IEC 有关标准有机地结合到相应章节之中, 帮助学生在在学习基本理论的同时, 了解电工、电子领域的标准及应用, 学会查阅这些标准, 为继续学习、从事与本专业有关的工程技术和科学研究等工作打下一定的基础。

6. 以学生为中心

制作多媒体教案, 把教师从技术基础课呆板的课堂教学中解放出来。帮助学生理解、消化理论知识, 激发学生的学习积极性与创新意识。通过多媒体教学及实训, 让师生有机的结合, 做到教学互动, 给技术基础课的教学注入新的活力。

本书适用于“电工学(电工与电子技术)”课程 48~64 学时的讲课。由于各专业对电工学的要求不一, 学时的差异, 为了使本书具有灵活性, 将本书内容分为三类:

(1) 基本内容

为教学基本要求所规定的内容。基本教学计划为 32 学时。

(2) 非共同性基本内容(标以“△”号)

视学时的多少和学生的实际情况由教师选讲。

(3) 参考内容(标以“*”号)

一般指加深加宽内容, 可在教师指导下让学生通过自学掌握, 不必全在课堂讲授。

本教材是由多年从事电工学教学的教师集体讨论编写大纲, 吸取了相关教材好的经验编写的。参加编写的人员有蒋中、刘国林、洪源、陈乐平、宋长源、孔令成等。本教材由蒋中负责定稿。参加文字录入和部分绘图的有刘祥宇、汪瑞玲、吴沛然、汪芮、张红梅、刘国新、汪运、石秀文、汪毅、王玉梅等。在编写本书的过程中, 征求了科研院所、设计院和企业工程技术人员的意见。周同、唐海洋、陶伟等修改了本书的大部分内容。

在实际教学过程中, 为了实现与读者的及时交流、沟通和对内容进行及时更新, 我们将建立《电工学》的教学配套网站, 读者可以在上面看到关于本书的更新内容以及工程实例。

由于我们的水平有限, 书中错误和不妥之处在所难免, 殷切期望使用本教材的师生和其他读者给予批评指正。

编 者

2006 年 8 月

目 录

绪论.....	1	2.1.2 正弦交流电的初相位	32
0.1 电工学课程的任务	1	2.1.3 正弦交流电的有效值	32
0.2 电工学的作用	1	2.2 正弦量的相量表示法	33
0.3 学习电工学的方法	2	2.3 单一参数的正弦交流电路	35
第 1 章 直流电路.....	4	2.3.1 电阻电路	35
1.1 电路的基本概念	4	2.3.2 电感电路	37
1.1.1 电路的组成及作用.....	4	2.3.3 电容电路	39
1.1.2 电路的基本物理量.....	5	2.4 正弦交流电路的计算	42
1.2 电路的基本状态	8	2.5 交流电路的功率	44
1.2.1 有载状态.....	8	2.5.1 交流电路的瞬时功率	45
1.2.2 开路状态.....	9	2.5.2 交流电路的有功功率、无功 功率与视在功率	45
1.2.3 短路状态.....	9	2.5.3 交流电路的功率因数 的提高	46
1.3 电源及其等效变换	10	2.6 RLC 电路中的谐振.....	47
1.3.1 电压源.....	10	2.6.1 串联谐振	48
1.3.2 电流源.....	11	2.6.2 并联谐振	49
[△] 1.3.3 实际电源模型及其等效 变换.....	12	[*] 2.7 非正弦周期信号电路.....	50
1.4 基尔霍夫定律	14	2.7.1 谐波分析的基本方法	50
1.4.1 基尔霍夫电流定律.....	14	2.7.2 非正弦周期量的最大值、 平均值和有效值	51
1.4.2 基尔霍夫电压定律.....	15	2.7.3 非正弦周期信号线性 电路计算	52
1.5 支路电流法	17	2.8 习题	53
1.6 叠加定理	18	2.9 思考题	56
1.7 戴维南定理	20	第 3 章 三相交流电路.....	58
[*] 1.8 非线性电阻电路	22	3.1 三相电源	58
1.8.1 非线性电阻电路的图解分 析法.....	23	3.2 三相电路的计算	59
1.8.2 非线性电阻电路等效参数.....	23	3.2.1 三相负载的星形联结	60
1.9 习题	24	3.2.2 三相负载的三角形联结	62
1.10 思考题	29	3.3 三相功率	63
第 2 章 正弦交流电路.....	31	3.4 习题	65
2.1 正弦交流电的基本概念	31	3.5 思考题	66
2.1.1 正弦交流电的角频率.....	31		

第 4 章 暂态电路	67	6.7 习题	112
4.1 电路换路基本概念	67	6.8 思考题	113
4.2 RC 串联电路的暂态分析	68	第 7 章 电气控制技术	115
4.3 RL 串联电路的暂态分析	70	7.1 常用低压电器	115
4.4 习题	72	7.1.1 低压电器概述	115
4.5 思考题	73	7.1.2 熔断器	116
第 5 章 变压器	74	7.1.3 断路器	117
[△] 5.1 磁路	74	7.1.4 按钮	120
5.1.1 铁磁材料的磁性能	74	7.1.5 接触器	121
5.1.2 磁路分析	76	7.1.6 热继电器	122
5.2 变压器	77	7.2 电气控制线路	123
5.2.1 变压器的基本结构	77	7.2.1 直接启动的控制线路	123
5.2.2 变压器的工作原理	78	7.2.2 正反转控制线路	126
5.2.3 三相变压器	81	7.2.3 顺序控制线路	126
5.2.4 变压器特性	82	7.2.4 行程控制电路	127
5.2.5 变压器技术参数	82	7.2.5 时间控制电路	128
[△] 5.3 特殊变压器	85	[△] 7.2.6 两地控制线路	130
5.3.1 仪表用互感器	85	[△] 7.2.7 电气控制回路应注意	
5.3.2 自耦变压器	87	的问题	131
5.4 习题	88	7.3 习题	133
5.5 思考题	89	7.4 思考题	134
第 6 章 电动机	91	第 8 章 半导体器件	135
6.1 三相异步电动机	91	8.1 二极管	135
6.1.1 三相异步电动机的		8.1.1 PN 结及其单向导电性	135
工作原理	91	8.1.2 二极管的特性和主要参数	136
[△] 6.1.2 三相异步电动机的特性	95	8.1.3 稳压二极管	138
6.1.3 三相异步电动机的		8.2 双极型晶体管	139
技术参数	97	8.2.1 双极型晶体管的基本结构	139
6.2 三相异步电动机的使用	99	8.2.2 双极型晶体管的工作原理	139
6.2.1 异步电动机的启动	99	8.2.3 双极型晶体管的特性和	
6.2.2 异步电动机的调速	102	主要参数	140
6.3 单相异步电动机	106	8.3 场效应晶体管	143
6.3.1 电容电动机	106	8.3.1 场效应晶体管的基本结构	143
6.3.2 罩极电动机	107	8.3.2 场效应晶体管的基本	
[△] 6.4 直流电动机	107	工作原理	144
* 6.5 步进电动机	109	8.3.3 场效应晶体管的特性和	
* 6.6 电动机的选择	111	主要参数	144

[△] 8.4 光电器件	146	10.3 基本运算电路	182
8.4.1 发光二极管	146	10.3.1 比例运算	182
8.4.2 光电耦合器	146	10.3.2 加法运算	184
8.5 习题	148	[△] 10.3.3 减法运算	185
8.6 思考题	150	10.3.4 积分运算	186
第 9 章 基本放大电路	151	*10.3.5 微分运算	187
9.1 共发射极放大电路	151	10.4 电压比较器	188
9.1.1 电路的基本结构	151	[△] 10.5 正弦波振荡电路	190
9.1.2 电路的分析	152	10.5.1 自激振荡	190
9.1.3 静态工作点的稳定	160	10.5.2 RC 正弦波振荡电路	190
[△] 9.2 共集电极放大电路	161	*10.6 有源滤波器	191
9.2.1 电路的基本结构	161	10.6.1 有源低通滤波器	191
9.2.2 电路的静态分析	162	10.6.2 有源高通滤波器	193
9.2.3 电路的动态分析	162	10.7 习题	194
9.3 场效应晶体管放大电路	164	10.8 思考题	197
9.3.1 电路的静态分析	164	第 11 章 功率电子电路	198
9.3.2 电路的动态分析	164	[△] 11.1 低频功率放大电路	198
9.4 多级放大电路	166	11.1.1 低频功率放大电路概述	198
[△] 9.5 差分放大电路	167	11.1.2 基本功率放大电路	199
9.5.1 电路的基本结构	167	11.1.3 集成功率放大器	200
9.5.2 电路的分析	168	11.2 直流稳压电源	201
9.6 习题	169	11.2.1 整流电路	201
9.7 思考题	172	11.2.2 滤波器	203
第 10 章 集成运算放大电路	174	11.2.3 直流稳压电源	205
10.1 运算放大器的基本概念	174	11.3 电力电子技术	207
10.1.1 运算放大器的组成	174	11.3.1 普通晶闸管	208
10.1.2 运算放大器的主要 技术参数	175	[△] 11.3.2 双向晶闸管	209
10.1.3 电压传输特性	176	[△] 11.3.3 可关断晶闸管	210
10.1.4 运算放大器分析	176	[△] 11.3.4 可控整流电路	210
[△] 10.1.5 使用运算放大器应注意 的几个问题	178	*11.3.5 绝缘栅双极型晶体管	211
10.2 放大电路反馈	178	11.4 习题	212
10.2.1 反馈的基本概念	178	11.5 思考题	214
10.2.2 反馈的判断	179	第 12 章 组合逻辑电路	215
10.2.3 负反馈对放大电路性能 的改善	180	12.1 门电路	215
		12.1.1 基本门电路	215
		12.1.2 复合门电路	218
		12.1.3 门电路接口	222

12.2 组合逻辑电路的分析	222	14.2 A/D 转换器	261
12.2.1 逻辑代数及其运算法则	222	14.2.1 逐次逼近型 A/D 转换器	261
12.2.2 组合逻辑电路的分析	223	14.2.2 双积分型 A/D 转换器	264
12.3 加法器	224	14.2.3 A/D 转换器的主要 技术指标	265
12.3.1 数制	225	14.3 习题	266
12.3.2 半加器	226	14.4 思考题	266
12.3.3 全加器	226	第 15 章 测试技术	267
12.4 编码与编码器	228	[△] 15.1 测量基础	267
12.4.1 编码	228	15.1.1 测量误差	267
12.4.2 编码器	228	15.1.2 测量结果的处理	268
12.5 译码器和数字显示	229	15.2 基本电量测量	270
12.5.1 二进制译码器	229	15.2.1 常用电工测量仪表的 分类	270
12.5.2 数字显示	230	15.2.2 基本电量测量	271
12.6 习题	232	*15.3 非电量测试	274
12.7 思考题	235	15.3.1 非电量测试系统的组成	274
第 13 章 时序逻辑电路	237	15.3.2 被测信号获取	275
13.1 触发器	237	15.3.3 信号处理	278
13.1.1 R-S 触发器	237	15.3.4 信号输出	281
13.1.2 J-K 触发器	240	15.3.5 检测仪表的检定	281
13.1.3 D 触发器	243	15.4 习题	282
13.2 寄存器	245	15.5 思考题	283
13.2.1 数码寄存器	245	第 16 章 低压配电系统	284
13.2.2 移位寄存器	245	*16.1 低压配电系统	284
13.3 计数器	247	16.1.1 低压配电方式	284
13.3.1 二进制计数器	247	16.1.2 配电箱(柜)	285
13.3.2 十进制计数器	249	16.1.3 低压线路敷设方式	286
*13.4 定时器及其应用	251	*16.1.4 电缆的选择	286
13.4.1 555 定时器	251	16.2 低压配电安全	290
13.4.2 单稳态触发器	252	16.2.1 电流对人体的危害	290
13.4.3 多谐振荡器	254	16.2.2 触电方式	290
13.5 习题	255	16.2.3 接地	291
13.6 思考题	258	16.2.4 防雷	292
第 14 章 模拟信号与数字信号的相互转换 电路	259	16.2.5 防静电	292
14.1 数模转换器	259	[△] 16.3 电气工程图识读	292
14.1.1 电阻网络数模转换器	259	16.3.1 阅读电气工程图的基本 知识	292
14.1.2 D/A 转换器的主要技术 指标	261		

16.3.2 建筑电气工程图.....	294	附录.....	303
16.3.3 动力工程图.....	297	部分习题答案.....	308
16.4 习题	300	参考文献.....	314
16.5 思考题	301		

绪 论

0.1 电工学课程的任务

电工学是研究电工技术和电子技术的理论和应用的技术基础课程。本课程的任务是使非电类专业学生获得电工技术和电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能，了解电工技术和电子技术的应用和发展概况，为继续学习以及从事与本专业有关的工程技术和科学研究等工作打下一定的基础。作为技术基础课程，它具有基础性、应用性和先进性。

基础是指基本理论、基本知识和基本技能。所谓基础性，电工学应为后续专业课程打基础；应为学生毕业后从事有关电的工作打基础，也就是为自学、深造、拓宽和创新打基础。

非电类专业学生学习电工学重在应用，他们应具有将电工和电子技术应用于本专业和发展本专业的一定能力。为此，课程内容要理论联系实际应用，从实际出发；培养他们分析和解决实际问题的能力；重视实际技能的训练。

电工学课程的内容应反映国内外工程界与学术界在电工学方面的进展和所取得的最新成果，保持与世界电工学发展同步。

0.2 电工学的作用

人类在生产活动和科学实验的过程中，不断总结和丰富着自己的知识。电工学就是在生产实践中逐步发展起来的。

在 18 世纪，由于生产发展的需要，电工技术发展很快。詹姆斯·瓦特(James Watt)，于 1769 年发明了第一台蒸汽机；1782 年，又发明了联动式蒸汽机，蒸汽机的发明与运用，使人类生产实现了由手工生产向机械化的飞跃，引起了一场划时代的工业革命。法拉第(M.Faraday)在总结前人科学成果的基础上，经过长达 10 年的反复实验，于 1831 年发现磁铁和铜丝圈之间作相对运动就能产生感应电流，并据此制成了世界上第一台电动机，开创了人类通向电气化的道路。正是蒸汽机、电动机的发明与运用，使科学与技术、科学技术与生产第一次有机地结合在一起。

如果说，19 世纪电工技术的发展使人类实现了由机械化时代向电气化时代的飞跃，那么 20 世纪电子技术的发展使通信、控制和计算机相互有机结合，正在推动信息技术的变革，以 Internet 为代表的信息基础设施的出现，标志着人类已进入信息时代。21 世纪将是不同领域的科学技术相互渗透和融合的时代，电工学与其他学科的结合或向其他学科的渗透，已经或正在促进这些学科的发展并开拓出新的学科领域。因此，21 世纪的工程师，掌握和运用电工学是十分必要的。

0.3 学习电工学的方法

本课程的教学环节包括讲课、自学、解题和实训等。为了学好本课程，现就本课程的几个教学环节提出学习中应注意之处，以供参考。

1. 听课与自学相结合

课堂教学是获得知识最快和最有效的学习途径。因此，务必认真听课，要抓住物理概念、基本理论、工作原理和分析方法；要理解问题是如何提出和引申的，又是怎样解决和应用的；要了解各章节的主要内容及其内在联系。

教师讲课往往只讲重点、要点和难点，其余则要靠自学，既要学习未讲过而要求掌握或了解的内容，还要认真做习题和及时复习已讲过的内容，逐步提高自己的科学思维能力。

2. 课堂教学和实践相结合

本课程实践性很强，除了在学习时要注意理论联系实际、注意其工程应用外，还要通过实训巩固和加深所学理论，训练实际技能，并培养严谨的科学作风。实训前务必认真准备，了解实训内容和实训步骤；实训时要积极思考，多动手，学会正确使用常用的电子仪器、电工仪表、电机和电器设备以及电子元器件等。能正确连接电路，能准确读取数据，并能根据要求设计简单线路；实训后要认真分析实训现象和实训数据，编写出整洁的实训报告。

3. 特性和共性相结合

本课程涉及的知识面很广，学习时要从共性中发现它们的特性，又能从特性中总结出共性。例如，电路是由各种电路实体抽象出来的电路模型。它是研究电路分析和计算的普遍规律。在学习中，需要从共性中去发现它们的特性，要注意理论的严密和计算的精确。电子技术中的管(电子器件)、路(电子电路)、用(实际应用)三者的关系是：管、路、用结合，管为路用，以路为主。要把重点放在最基本的电路上。对于电子器件则重点在于了解它们的外部性能及如何用于电路中，对分立电路和集成电路的关系来说，则是：分立为基础，集成是重点，分立为集成服务。又如低压电器和电机等则是讨论各种不同特性的，以及由它们组成的用以完成各种不同功能的电路。叙述中较多地强调了它们的应用特性。在学习时，要注意从这些特性中去发现它们的共性，要注意工程近似的分析方法。

4. 学习基本理论和标准相结合

标准是衡量事物的准则。本教材中所引用的标准，都标注出该标准的名称。学生在学习基本理论的同时，了解一些电工、电子的标准及应用，学会查阅这些标准。

标准按其作用和有效的范围，可以划分为不同层次和级别的标准。

- 国际标准：由国际标准化或标准组织制定，并公开发布的标准是国际标准。
- 区域标准：由某一区域标准或标准组织制定，并公开发布的标准，如欧洲标准。
- 国家标准：由国家标准机构制定并公开发布的标准。
- 行业标准：由行业标准化机构发布在某行业的范围内统一实施的标准。

- 地方标准：由一个国家的地方部门制定并公开发布的标准。
- 企业标准：又称公司标准，是由企事业单位自行制定，发布的标准。

我国标准的编号由标准代号、标准顺序号和年号三部分组成。强制性国家标准代号为“GB”，推荐性国家标准代号为“GB/T”。行业标准代号由国务院标准化主管部门规定。如强制性电力行业标准代号为“DL”，推荐性电力行业标准代号为“DL/T”。地方标准的标准代号为DB加上省自治区或直辖市的代码前两位数字。企业标准代号为Q加企业代号。

电器设备应按标准设计和制造，电气工程必须按标准设计和施工，而且应优先采用国家强制性标准或规范。如低压配电必须按《低压配电设计规范》GB 50054—1995设计，按《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303—2002施工，才能保证人身安全和设备正常运行。

国际标准主要由国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)、国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)或国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)等制定的标准。

ISO是最大的国际标准化组织，负责除电工、电子领域之外的所有其他领域的标准化活动。IEC主要负责电工、电子领域的标准化活动。ITU是促进电信全球标准化制定的国际公众组织。

2002年10月在北京举办的第66届国际电工委员会(IEC)大会上，我国明确提出，在2005年底前将有1770多项IEC标准转化为我国的国家标准。我国采用国际标准的程度分等同采用(identical, IDT)、修改采用(modified, MOD)、等效采用(equivalent, EQV)和非等效采用(not equivalent, NEQ)等。这标志着我国工业融入国际环境之中。

第1章 直流电路

教学提示：本章是在物理学的基础上，从工程技术的角度出发，以直流电路为分析对象，着重讨论电路的基本概念、基本定律以及电路的分析和计算方法。这些内容适用或稍加扩展后适用于交流电路及其他线性电路。

教学要求：通过本章学习，要理解电路模型和理想电路元件(电压源和电流源)的电压-电流关系，电压、电流参考方向的意义，掌握基尔霍夫定律、叠加定理和戴维南定理；了解电源的两种模型及其等效变换、支路电流法以及电功率和额定值的意义。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成及作用

电路(electric circuit)，简单地说就是电流流通的路径。它是由某些电气设备和元器件为实现能量的输送和转换，或实现信号的传递和处理而按一定方式组合起来的总体。

1. 电路模型

在日常生活中使用的手电筒是由于电池、灯泡、导线和开关等组成的，如图 1.1(a)所示。图中，电源(如干电池等)是将非电能转换为电能的设备；负载(如灯泡等)是将电能转换为非电能的设备和元件；开关是接通或断开电路，起控制电路的作用；导线是把电源与负载连接起来。一个完整的电路是由电源(或信号源)、负载和中间环节(开关、导线等)三个基本部分组成的。

在实际应用中，通常用电路图来表示电路。在电路图中，各种电器元件都不需要画出原有的形状，而是采用统一规定的图形符号来表示。图 1.1(b)就是图 1.1(a)所示手电筒的电路原理图。这种用理想元件构成的电路常称为实际电路的“电路模型”，如图 1.1(c)所示。在进行理论分析时所指的电路，就是这种电路模型。在电路中随着电流的流动，进行着不同形式能量之间的转换。

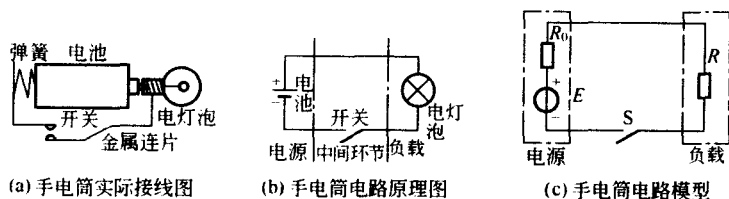


图 1.1 手电筒电路

2. 电路的作用

电路按其功能可分为两类：一类是电力电路，它主要起实现电能的传输和转换作用，