



普通高校“十二五”规划教材

电工技术

主 编 鹿晓力

副主编 曹卫锋

参 编 吴艳敏 贺振东



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十二五”规划教材

电工技术

主 编	鹿晓力	
副主编	曹卫锋	
参 编	吴艳敏	贺振东
	刘金明	王玉琴

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是根据教育部颁布的高等工业学校“电工学教学基本要求”编写的。

本书共 10 章。主要内容包括电路的基本概念与基本定律;电路的分析方法;电路的暂态分析法;相量分析法、相量图在交流电路中的应用及交流电路中功率的计算;三相电路的特征及三相电路中线电压、线电流、相电压、相电流及三相功率的计算;变压器、三相交流异步电动机的基本构造和转动原理及三相交流异步电动机的机械特性,启动、反转及调速和制动的基本方法;常用控制电器的动作原理及其控制作用,三相异步电动机的典型控制电路及其工作原理;可编程控制器的定义、结构和工作过程,并具体介绍了 S7-200 可编程控制器的应用;工业企业供电及安全用电的基本知识和常用电工仪表的基本知识以及测量方法等。每章有大量的练习题、例题和习题,以及本章小结,便于读者自学。

全书在覆盖上述教学基本要求所规定范围的基础上,根据编者多年来从事教学研究和教学改革的实践体会,对教材内容和结构体系作了较大范围的整合。书中内容新颖,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适用性。

本书可作为高等院校非电类工科专业电工技术的基础课教材,也可供有关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术 / 鹿晓力主编. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011. 7

ISBN 978-7-5124-0431-1

I. ①电… II. ①鹿… III. ①电工技术 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 082219 号

版权所有,侵权必究。

电 工 技 术

主 编 鹿晓力

副主编 曹卫锋

参 编 吴艳敏 贺振东

刘金明 王玉琴

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpess@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本: 787×1 092 1/16 印张: 18 字数: 461 千字

2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷 印数: 4 000 册

ISBN 978-7-5124-0431-1 定价: 30.00 元

主 编 鹿晓力

副主编 曹卫锋

参 编 吴艳敏 贺振东

刘金明 王玉琴

前 言

电工技术课程是一门集电路分析、电机及控制、电工测量、可编程控制器于一体的综合性、实践性很强的课程,已成为非电工科类专业的学科基础课或专业课,是非电类专业学生获取电工技术基础知识以及学习后续专业课程的关键课程。为适应高等教育新形势的需要,在拓宽学生知识面的同时加强学生的基本技能和自学能力,我们编写了《电工技术》一书,其内容包括电路分析、电机及控制、可编程控制器、电工测量四大部分。在编写的过程中通过大量实例来加深学生对基本定理、电路分析方法的理解与应用,相信本书十分便于读者的阅读和理解。

本教材是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制订的《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. 内容简练

介绍电工技术的基本概念、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。

2. 注重推陈出新

本书所讲述的内容,大多是近10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。

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。

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,应首先保证人身安全。

增设了低压配电系统和安全用电等内容,让学生在学习理论的同时能熟悉一些工程问题。

4. 重视应用

所选例题大部分来自工程实际。

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,帮助学生在基本理论的同时,了解电工领域的标准及应用;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验,让师生有机他结合,做到教学互动,给技术基础课的教学注入新的活力。

本书适用于非电类专业“电工技术”课程的讲课。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,将本书内容分为两类:

(1) 基本内容 为教学基本要求所规定的内容。

(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或学生自学。

本书共分10章。第1章主要介绍了电路的基本概念与基本定律。第2章主要介绍了电路的分析方法。第3章主要介绍了电路的暂态分析法。第4章主要介绍了相量分析法及相量图在交流电路中的应用及交流电路中功率的计算。第5章主要介绍了三相电路的特征及三相电路中线电压、线电流、相电压、相电流及三相功率的计算。第6章主要介绍了变压器、三相交流异步电动机的基本构造和转动原理及三相交流异步电动机的机械特性,启动、反转及调速和制动的的基本方法。第7章主要介绍了常用控制电器的动作原理及其控制作用、三相异步电动机的典型控制电路及其工作原理。第8章主要介绍了可编程控制器的定义、结构和工作过程,并具体介绍了S7-200可编程控制器的应用。第9章主要介绍了工业企业供电及安全用电的基本知识。第10章主要介绍了常用电工仪表的基本知识以及测量方法。

本教材由省电工理论及新技术界老师们讨论规划,由郑州轻工业学院多年从事电工学教学的一线教师,集体制定编写大纲,吸取了相关教材好的经验编写的。鹿晓力老师任主编(编写了本书的第1、2、9、10章及附录),负责定稿;曹卫锋老师任副主编(编写了本书的第7章);参加本书编写的还有吴艳敏老师(编写了本书的第3、5章);贺振东老师(编写了本书的第4章);郑州大学的王玉琴老师(编写了本书的第6章);吉林电子信息职业技术学院的刘金明老师(编写了本书的第8章)。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意见,吸取了全国电工学教学会议上专家学者们一些好的观点。

河南工业大学的李秀娟教授审阅了本书的部分内容,提出了很多宝贵的意见和建议。

在此,对所有帮助过我们的老师一并表示衷心的感谢。

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,以利下次修改。

编 者
2010年10月

目 录

绪 论	1
0.1 电工学课程的任务	1
0.2 电工学的作用	1
0.3 学习电工学的方法	2
第 1 章 电路的基本概念与基本定律	4
1.1 电路的基本概念	4
1.1.1 电路的组成及作用	4
1.1.2 电路模型	5
1.1.3 电路的基本物理量	5
1.2 电路的基本状态	8
1.2.1 有载状态	8
1.2.2 开路状态	10
1.2.3 短路状态	10
1.3 基尔霍夫定律	11
1.3.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	11
1.3.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	12
1.4 电路中的电位	14
1.5 常用元件的时域伏安特性	15
1.5.1 电阻元件时域伏安特性	15
1.5.2 电容元件时域伏安特性	16
1.5.3 电感元件时域伏安特性	17
* 1.6 非线性电阻电路	18
1.6.1 非线性电阻电路的图解分析法	19
1.6.2 非线性电阻元件的电阻	19
本章小结	20
习 题	20
第 2 章 电路的分析方法	25
2.1 电阻串并联连接的等效变换	25
2.1.1 电阻的串联	25
2.1.2 电阻的并联	26
2.2 电源及其等效变换	27
2.2.1 电压源	27
2.2.2 电流源	28

2.2.3 电压源与电流源的等效变换	31
2.2.4 受控电源	33
2.3 支路电流法	34
2.4 节点电压法	36
2.4.1 诺尔曼定理分析法	36
2.4.2 多节点的电路电压法	37
2.5 叠加定理	39
2.6 戴维南定理和诺顿定理	41
2.6.1 戴维南定理	41
2.6.2 诺顿定理	44
本章小结	44
习 题	45
第3章 电路的暂态分析	50
3.1 电路的暂态及换路定则	50
3.1.1 暂态电路的概念	50
3.1.2 换路定则及初始值确定	51
3.2 RC 电路的响应	53
3.2.1 RC 电路的零输入响应	53
3.2.2 RC 电路的零状态响应	55
3.2.3 RC 电路的全响应	57
3.3 RL 电路的响应	58
3.3.1 RL 电路的零输入响应	58
3.3.2 RL 电路的零状态响应	59
3.3.3 RL 电路的全响应	60
3.4 一阶线性电路暂态分析的三要素法	61
3.5 微分电路与积分电路	63
3.5.1 微分电路	63
3.5.2 积分电路	64
本章小结	65
习 题	65
第4章 正弦交流电路	69
4.1 正弦交流电的基本概念	69
4.1.1 正弦量的三要素	69
4.2 正弦量的相量表示法	72
4.3 电阻、电感和电容的正弦交流电路	73
4.3.1 电阻电路	73
4.3.2 电感电路	75

4.3.3 电容电路	77
4.4 RLC 串联交流电路	79
4.4.1 RLC 串联交流电路中电流和电压的关系	79
4.4.2 RLC 串联交流电路中的功率	81
4.5 阻抗的串联与并联	82
4.5.1 阻抗的串联	82
4.5.2 阻抗的并联	82
4.6 复杂正弦交流电路的分析与计算	83
4.7 功率因数的提高	84
4.7.1 提高功率因数的意义	84
4.7.2 提高功率因数的方法	85
4.8 电路谐振	87
4.8.1 串联谐振	87
4.8.2 并联谐振	88
本章小结	89
习 题	90
第 5 章 三相电路	93
5.1 三相电源	93
5.1.1 对称三相电源	93
5.1.2 三相电源的星型连接	94
5.1.3 三相电源的三角形连接	95
5.2 负载星型连接的三相电路	96
5.2.1 三相负载 Y 形连接有中线($Y-Y_0$)	96
5.2.2 三相负载 Y 形连接无中线($Y-Y$)	98
5.3 负载三角形连接的三相电路	100
5.4 三相功率	102
本章小结	105
习 题	106
第 6 章 变压器与交流电动机	110
6.1 变压器	110
6.1.1 变压器的基本结构	111
6.1.2 变压器的工作原理	111
6.1.3 变压器的特性	115
6.1.4 几种常用变压器	115
6.1.5 变压器主要技术参数	119
6.2 三相异步电动机的构造	120
6.3 三相异步电动机的转动原理	123

6.3.1 旋转磁场	123
6.3.2 电动机的转动原理和转差率	126
6.4 三相异步电动机的电路分析	128
6.4.1 定子电路	128
6.4.2 转子电路	128
6.5 三相异步电动机的机械特性	130
6.5.1 异步电动机的电磁转矩	130
6.5.2 机械特性曲线	131
6.6 三相异步电动机的使用	134
6.6.1 异步电动机的启动	134
6.6.2 异步电动机的制动	138
6.6.3 异步电动机的调速	140
6.6.4 异步电动机的铭牌数据	143
6.6.5 异步电动机的选择	146
6.7 单相异步电动机	147
6.7.1 电容分相式异步电动机	148
6.7.2 罩极式异步电动机	150
6.7.3 三相异步电动机的单向运行	151
本章小结	151
习 题	152
第 7 章 继电器接触器控制系统	155
7.1 常用控制电器	155
7.1.1 开 关	155
7.1.2 熔断器	161
7.1.3 接触器	163
7.1.4 继电器	164
7.2 鼠笼式异步电动机的典型控制线路	169
7.2.1 全压直接启动线路	169
7.2.2 顺序控制线路	172
7.2.3 正反转控制线路	172
7.2.4 行程控制线路	174
7.2.5 时间控制线路	175
* 7.2.6 控制线路的设计与检修	176
本章小结	178
习 题	178
第 8 章 可编程控制器及其应用	180
8.1 可编程控制器概述	180

8.1.1 可编程控制器的产生与发展		180
8.1.2 可编程控制器的分类及特点		183
8.1.3 PLC 的主要功能		186
8.1.4 PLC 的性能指标		187
8.2 可编程控制器的结构和工作原理		188
8.2.1 可编程控制器的基本结构		188
8.2.2 可编程控制器的资源与编程语言		192
8.2.3 可编程控制器的工作原理		195
8.3 S7-200 可编程控制器的硬件和软件基础知识		199
8.3.1 S7-200 可编程控制器的硬件结构		199
8.3.2 S7-200 可编程控制器的软件基础知识		201
8.4 可编程控制器应用系统设计		209
8.4.1 PLC 应用系统设计的内容和步骤		209
8.4.2 PLC 应用系统的硬件设计		211
8.4.3 PLC 应用系统的程序设计		224
8.4.4 常用程序分析		226
8.4.5 PLC 应用系统设计实例		232
本章小结		235
习 题		236
第 9 章 工业企业供电及安全用电		237
9.1 电力系统		237
9.1.1 电力系统概述		237
9.2 工业企业配电		238
9.2.1 低压配电线路的结构		238
9.3 安全用电		239
9.3.1 电流对人体的危害		239
9.3.2 人体触电方式		240
9.3.3 防止触电		241
9.3.4 接地和接零		241
9.4 节约用电		243
第 10 章 电工测量		248
10.1 电工测量仪表的分类与类型		248
10.1.1 电测量指示仪表		248
10.1.2 数字仪表		248
10.1.3 比较仪器		249
10.1.4 电工仪表的表面标记		249
10.1.5 型 号		250

10.2 电流与功率的测量	250
10.2.1 电流的直接测量法	251
10.2.2 电流的间接测量法	251
10.2.3 功率表的正确接线	252
10.2.4 功率表量程的选择	252
10.2.5 功率表的正确读数	253
10.2.6 三相有功功率和无功功率的测量方法	253
10.3 万用表与兆欧表	255
10.3.1 指针式万用表的结构	256
10.3.2 万用表的测量原理	256
10.3.3 兆欧表的结构	259
10.3.4 兆欧表的工作原理	260
10.3.5 兆欧表的使用	260
10.3.6 DT830 型数字万用表	261
10.4 电桥测量电阻、电容与电感	263
10.4.1 用电桥测量电阻	263
10.4.2 用电桥测量电容	265
10.4.3 用电桥测量电感	268
10.5 非电量的电测法	269
10.5.1 pH 值测量仪	269
10.5.2 氧化还原电位测量仪	269
10.5.3 导电性测量装置	270
本章小结	271
习 题	271
附 录	272
参考文献	274

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,从实际应用出发;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向机械化生产的飞跃,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做相对运动就能产生感应电流,由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。听课时要抓住物理概念、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。又如低压电器和电动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:由一个国家的某一地方或某一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并发布的标准。

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 1 770 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 电路的基本概念与基本定律

【导读】 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。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,同时也是分析电子电路的基础。

本章主要介绍电路模型、电路的基本物理量和基本元件,引进电流、电压的参考方向以及电路中电位的基本概念。应用欧姆定律、基尔霍夫定律等电路的基本定律对直流电路进行分析计算。最后介绍非线性电阻元件的伏安特性、静态电阻、动态电阻以及简单非线性电阻电路的图解分析法。

通过本章学习,要了解电路的作用和组成,理解电路模型和理想电路元件(电阻、电感、电容、电压源和电流源)的电压-电流关系,理解并掌握电压和电流参考方向的意义,了解电路参考点的意义,掌握电位的计算,了解额定值和电功率的意义,了解非线性电阻元件的伏安特性及静态电阻和动态电阻的概念,了解简单非线性电阻电路的图解分析法。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成及作用

1. 什么是电路

电路就是电流流通的路径。它是由电气设备和(或)元器件按一定方式连接起来的总体,用以实现电能的输送和转换,实现信号的传递和处理。

2. 组成及作用

电路按其功能可分为两类:一类是电力电路,如图 1.1.1 所示。它主要起实现电能的传输和转换作用。因此,在传输和转换过程中,要求尽量减少能量损耗以提高效率。另一类是信号



图 1.1.1 电力电路

电路,如图 1.1.2 所示,其主要作用是传递和处理信号等(如:语音、图像和温度等)。在这种电路中,一般所关心的是信号传递与处理质量,要求不失真、高信噪比等。现分述如下:

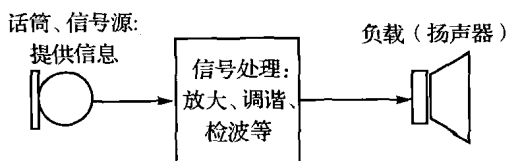


图 1.1.2 信号电路

(1) 实现电能的传输、分配与转换

发电机:提供电能的电源,将非电形态的能量转换为电能。

升压变压器、输电线和降压变压器:构成中间环节,起传递、分配和控制电能的作用。

白炽灯、电动机、电炉:构成用电负载,将电能转换为非电形态的能量。

(2) 实现信号的传递与处理

电源或信号源的电压或电流称为激励,它推动电路工作,由激励在负载上产生的电压和电流称为响应。

1.1.2 电路模型

日常生活中使用的手电筒是由干电池、灯泡、导线和开关组成的,如图 1.1.3 所示。图中电源(干电池)是将非电能转换为电能的设备,负载(如灯泡等)是将电能转换成非电能的设备和元件,开关用于接通或断开电路,起控制电路的作用,导线用于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,通常用电路图表示电路。为了便于数学分析,一般要将实际电路模型化,用足以反映其电磁性质的理想电路元件或其组合来模拟,从而构成与实际电路相对应的电路模型。在电路图中,不需要画出实际元件的形状,而是用理想元件取代实际元件,并用特定的图形符号来表示。图 1.1.3 就是手电筒电路。理想元件的电磁性质模拟了实际电路中的器件的物理特性,故电路模型反映了实际电路的物理特性。进行理论分析时所指的电路,就是这种电路模型。理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。

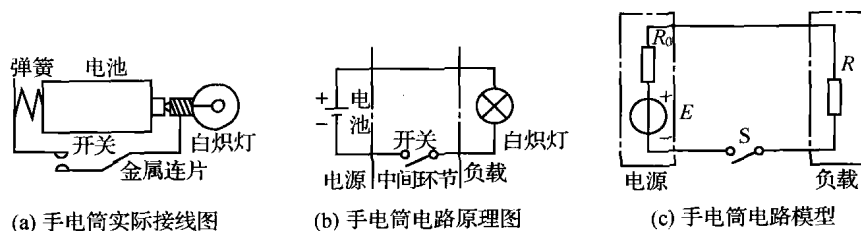


图 1.1.3 手电筒电路

干电池是电源元件,其参数为电动势 E 和内阻 R_0 ;

白炽灯主要具有消耗电能的性质,是电阻元件,其参数为电阻 R 。

导线用来连接电池和白炽灯,其电阻忽略不计,认为是无电阻的理想导体。

开关用来控制电路的通断。

今后分析的都是指电路模型,简称电路。在电路图中,各种电路元件都用规定的图形符号表示。

1.1.3 电路的基本物理量

线性电路的基本物理量有电流和电压(电动势),复合物理量有电功率和电能等。

1. 电 流

电路中带电粒子在电源作用下的有规则移动形成电流。金属导体中的带电粒子是自由电子,半导体中的带电粒子是自由电子和空穴,电解液中的带电粒子是正、负离子,因此电流既可