



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电 工 学

(第七版) (上 册)

电工技术

秦曾煌 主 编

姜三勇 副主编



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS



面向 21 世纪 课 程 教 材

Textbook Series for 21st Century



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电 工 学

(第七版) (上 册)

电工技术

秦曾煌 主 编

姜三勇 副主编



高 等 教 育 出 版 社

HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书是根据当前教学改革形势,在第六版的基础上作了精选、改写、调整、补充而修订编写的。全书分上、下两册出版。上册是电工技术部分;下册是电子技术部分。各章均附有习题。另编有配套立体化教材(见第七版序言)。本书可作为高等学校工科非电类专业上述两门课程的教材,也可供社会读者阅读。

本书(第七版)由哈尔滨工程大学张保郁教授审阅。

本书第三版于1987年获全国优秀教材奖,第四版于1997年获国家级教学成果二等奖和国家级科学技术进步三等奖,第五版于2002年获全国普通高等学校优秀教材二等奖,第六版于2005年获国家级教学成果二等奖,并于2006年获第七届全国高校出版社优秀畅销书一等奖,此外还被评为“高等教育百门精品课程教材建设计划”精品项目。

图书在版编目(CIP)数据

电工学.上册,电工技术/秦曾煌主编. —7版. —北京:
高等教育出版社,2009.5

ISBN 978-7-04-026448-7

I. 电… II. 秦… III. ①电工学-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 043628 号

策划编辑 金春英 责任编辑 唐笑慧 封面设计 于文燕 责任绘图 杜晓丹
版式设计 王艳红 责任校对 姜国萍 责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京中科印刷有限公司

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×960 1/16
印 张 27.5
字 数 510 000

版 次 1964 年 4 月第 1 版
2009 年 5 月第 7 版
印 次 2009 年 5 月第 1 次印刷
定 价 32.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26448-00

作者声明

未经本书作者和高等教育出版社许可，任何单位或个人均不得以任何形式将本书中的练习思考题和习题做出解答后出版，不得翻印或在出版物中选编、摘录本书的内容；否则，将依照《中华人民共和国著作权法》追究法律责任。

第七版序言

高等学校教材是传授知识与培养专业人才并发展其智能的重要工具，既要打好理论基础，又要反映国内外科学技术的先进水平，同时要符合学生的认知规律和教学要求，以利于不断提高教学质量，更好地为国家现代化经济建设服务。编者总结几十年的教学和教材编写经验，深深体会到要编写出一部质量较高、好教好学的电工学教材，对教材内容正确处理“继承与更新”、“内容多与学时少”、“教与学”和“学与用”四个关系至关重要。

本教材(第七版)是在第六版的基础上总结提高，修订编写的。在内容处理上充分考虑了上述四个关系，并作了精选、改写、调整和补充。

1. 正确处理“继承与更新”的关系

正确处理“继承与更新”的关系，实质上是精选课程的教学内容，它是教学改革的中心环节。对电工学课程来讲，精选内容要根据电工学课程的性质和地位、非电类专业的需求和电工电子技术的发展，从打好基础、保持先进、加强应用、培养能力出发来精选和强化课程的基本内容(基本理论、基本知识和基本技能)。

课程基本内容有其基础性。电工学课程的基本内容是工科非电类专业所需要的电工电子技术基础内容。所谓基础性，就是为非电类专业学生学习后续课程和专业知识以及将来所从事的工作打下基础，也就是为自学、深造、拓宽和创新打下基础。电工学的基本内容随着电工电子技术的发展和非电类专业的需求在不同时期有不同的要求和侧重点。

电工学传统内容中大部分还是基本内容，即为非电类专业的基础性内容，长期起作用的(如电路理论)或不一定长期但当前还在起作用的(如继电器接触器控制系统)，要继承下来。在传统内容中也不乏陈旧的和不属于非电类专业的基础性内容，要坚决删去。以电机部分为例，在20世纪50年代，国内外的电工学教材大多是按电类专业的要求来分析电机绕组结构、内部电磁机理、矢量图和等效电路的，脱离非电类专业的需要。在1962年编写《电工学》(第一版)时就把它删去，而着重于电机的外部特性和正确使用；随着教学改革，又将同步发电机和直流发电机删去，重点突出非电类专业常用的三相异步电动机和直流电动机；其后又将直流电动机简化并作为非共同性基本内容。又如，对分立元器件放大电路而言：可以精简，但应继承，它毕竟是集成电路的基

础,在本版中特别从多方面反复强调晶体管的放大、饱和和截止三种工作状态,与数字电路有机结合,前后呼应;至于图解分析法,也不宜删去,它是一种教学性内容,通过它能够清楚表明放大电路中各个交流分量的传输、相位和失真等现象和概念,应该继承。

课程基本内容有其先进性,这关系到培养的人才能否适应当代科技的发展和满足现代化经济建设的需要。随着电工电子技术的不断发展,教材必须不断更新,陈旧的知识也必将不断被淘汰。不能以发展史来编写教材,不能将第一版中的汞弧整流器还搬到第七版来讲。编者要总结过去,着眼当前,预测未来。近年来已将可编程控制器、可编程逻辑器件、电力电子技术及仿真软件等新器件和新技术编入本教材。对新内容也要看它是否成熟,是否有生命力,是否和本课程的性质和要求有关,教材要逐步更新,不要不适当地求新、求广、求深,也应考虑它的基础性。例如,本版删去“现代通信技术”一章,因为它不是非电类专业的基础性内容。

正确处理教学内容“继承与更新”的关系体现了教材的基础性和先进性。

2. 正确处理“内容多与学时少”的关系

传统内容删去不多,新内容涌进不少,而学时又一再减少,“内容多与学时少”的矛盾必然会产生,并且日益突出,这是正常的客观现象。教材不是讲稿,不是讲多少写多少,但也不是写多少讲多少。教材内容除满足教学基本要求外,还应有拓宽性和参考性内容,以利于学生开阔视野,扩大知识面,并达到因材施教和培养学生自学能力的目的。

1964年的第一版,字数约有50万,而总学时数有150学时;而现在修订的第七版,字数近100万,而总学时数只有120学时左右。如何处理“内容多与学时少”的关系,的确是个棘手问题。本书作了如下安排和处理。

(1) 内容分类

将教材内容分为基本内容、非共同性基本内容(标以“ Δ ”号)和参考内容(标以“*”号,用小5号字排)三类。基本内容是本课程教学基本要求所规定的内容,是各个工科非电类专业的共同性内容。非共同性基本内容一般应视专业的需要、学时的多少和学生的实际水平而取舍,如直流电动机、同步电动机、无源和有源滤波器、存储器和可编程逻辑器件、电力电子技术、开关型稳压电源、非电测量等,教师讲授时可以灵活掌握。参考内容一般是加深拓宽内容,如受控源电路、直线电动机、三相整流电路、双积分型A/D转换器以及各章后的应用举例等,作为学生参考用,以开阔视野,拓宽知识,联系实际。

(2) 培养自学能力

讲课不是照本宣科,教师要讲得少而精,着重讲概念、原理和方法,而学

生要学得多而广，不仅课后要看教材，还要看参考书。“教为了不教”，离校后在工作中只能自学了。因此在校时培养学生自学能力，使之养成良好的自学习惯，显得十分重要。通过自学就可以减少讲授学时，但编者编写教材时必须为学生自学创造条件。

首先，对基本理论、基本概念、基本分析方法及各部分内容的基础点^①要讲清讲透，让学生深入理解，牢固掌握，灵活应用，一通百通。

其次，叙述和分析思路清楚，符合学生认知规律；科学系统性和逻辑性强；文字流畅、简明易懂，详略恰当；图表配合得当，含义明确。

(3) 培养举一反三能力

对可比性内容，如单相交流电路和三相交流电路、RC 电路的暂态分析和 RL 电路的暂态分析、JK 触发器 00, 01, 10, 11 四种逻辑功能等，只须重点抓住一个，讲深讲透，指出异同之处，其余可让学生举一反三，自行分析。

(4) 采用电子教案

配合教材编制和使用电子教案，可以加大授课信息量，提高教学效率，且可自学自检。

因此，正确处理“内容多与学时少”的关系体现了教材的灵活性和适用性。

3. 正确处理“教与学”的关系

在教学过程中，学生是主体，教师起主导作用。所谓主导作用，主要是要采用启发式教学来调动学生学习的积极性和主动性，让他们在学习过程中不断处于思维状态。凡是经过自己思考和努力钻研而获得的知识，是牢固的，能真正深入理解的；光听不思考，即使听懂了，也是不牢固的，可能一知半解，学而不思则罔。通过启发式教学，同时也提高了学生的思维能力，提高了分析和解决问题的能力。

教材是给教师讲课用的，为配合教师启发式教学和学生自主学习，编写教材不能平铺直叙。问题提出，内容分析，层次安排，例题选用，最后总结得出结论，都要符合读者的认知规律，一步步、一层层、循循善诱，让学习者积极思考，逐步领悟和理解。

在本教材中，往往采用“提出问题，分析问题，得出结论，举例应用”的教学方法，让学习者带着问题学。例如，在编写三相异步电动机转动原理之前，先介绍一个演示内容：摇动蹄形磁铁使它转动时，其间由铜条构成的转子跟着转动；摇得快，转子转得也快；摇得慢，转子转得也慢；反摇，转子马上

^① 例如：交流电路的基础点是单一参数电路；各种交流铁心线圈的基础点是 $U \approx 4.44fN\Phi_m$ ；运放电路的基础点是虚短路和虚断路；数字电路的基础点是门电路和触发器的逻辑状态转换和逻辑功能。

反转。让学生问几个“为什么”，而后引出三相旋转磁场和电动机转子转动原理。又如，在编写电子技术部分之前，先举“电炉箱恒温控制系统”和“产品自动装箱计数生产线”两个实例，让学生对模拟电路和数字电路及其应用以及其中各个元器件的放大、计数、显示等功能有所了解并心存“？”号。每小节后的【练习与思考】，大多是从几十年的教学实践中积累提炼而得，也极富启发性、概念性、思考性和实用性。正确处理“教与学”的关系体现了教材的启发性。

4. 正确处理“学与用”的关系

工科非电类专业学生学习电工学重在应用，他们应具有将电工电子技术应用于本专业和发展本专业的一定能力。20世纪60年代编者曾下厂调研本校毕业生工作中的实际应用能力。毕业生反映：“学的没有用，用的没有学，学了不会用”。前两句在情理之中，本来在学校学到的东西，将来在实际工作中直接用到的确实不多；实际工作中遇到的问题很多，不可能在学校一一讲过。而第三句确是令人深思，值得分析研究。原因是多方面的，如理论脱离实际，教学内容不联系实际应用，不从国情实际出发；在教学中忽视培养分析和解决问题的能力；实验强调验证理论，而对实验技能的训练不重视；讲课只“纸上谈兵”，不联系实物，不示以实物，学习抽象^①；学生自身不会活学活用。另外，“懂”和“用”还有因果关系，懂得某个定律或某个设备的原理，用起来就得得心应手。例如，若懂得示波器面板上各个旋钮的调节功能，很快就会调出需要的稳定波形来；否则，盲目乱动，一无所得。在下厂调研时，听说一位毕业生在起动三相异步电动机时，电动机不转，只有“嗡嗡”声，他忘记了这是单相起动，不知所措，马上去找师傅，回来发现电动机正在冒烟。学了会用，一是指会应用基本理论、基本定律和基本分析方法；二是指会正确使用常用的电机电器、仪表仪器以及各种电子元器件；三是指从“元器件—电路—系统”出发会分析某种应用电路（例如教材每章后的应用举例）或会设计简单的应用电路，重要的一点就是不要孤立地去看一个元器件（或单元电路），应有完整的系统概念，注意它们之间是如何联系的，既要看到树木，更要看到森林。为此，教材中要有的放矢训练学生在上述几方面的应用能力。在本版习题中，减少了理论计算题，增加了应用类题。

正确处理“学与用”的关系体现了教材的应用性。关于电路的计算机模拟仿真，另编有配套教材，不占课内学时，由学生自学或在教师指导下自学。结合电路基础、模拟电子电路和数字电子电路等内容，以仿真软件 NI Multisim 10 为平台，通过验证理论、辅助例题习题分析和

^① 例如讲解旋转磁场图 7.2.3 时，学生应有电机结构的概念，否则 3 个大圆、6 个小圆，不知为何物。

综合设计,不仅让学生了解现代电路设计与分析手段,而且激发自主学习的积极性,并提高研究创新能力,促进学以致用。

与本书配套的立体化教材^①有:

- (1)《电工学(第七版)学习辅导与习题解答》 姜三勇主编;
- (2)《电工学(第七版)》电子教案(上、下) 中国矿业大学 王香婷主编;
- (3)《电工学简明教程(第二版)》 秦曾煌主编;
- (4)《电工学简明教程(第二版)学习辅导与习题解答》 秦曾煌编;
- (5)《电工学简明教程(第二版)》电子教案 大连海事大学 于双和主编;
- (6)《电工学实验》 哈尔滨工业大学 于志主编;
- (7)基于 NI Multisim 10 的电路仿真与设计 姜三勇编;
- (8)电工技术网络课程 北京交通大学 张晓冬主编;
- (9)电子技术网络课程 大连海事大学 于双和主编;
- (10)电工学试题库。

本书(第七版)由哈尔滨工程大学张保郁教授审阅,提出了宝贵意见和修改建议;本书前六版还得到许多教师和广大读者的关怀,他们提出了大量建设性意见,在此深表谢忱。

本书第11章“可编程控制器及其应用”和下册附录I由本书副主编姜三勇编写,第22章“存储器和可编程逻辑器件”由丁继盛编写,曾参加本书第二版中册编写的有吴项、魏富珍、柳焯、郭文安和问延棣,参加第六版下册编写的有沙学军。

由于编者能力有限,见解不多,本书有些内容难免不够妥善,希望读者,特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见,以便今后修订提高。

秦曾煌
于哈尔滨工业大学
2008年11月
(时年八十五)

^① 均系高等教育出版社出版发行。

第一版序言

1962年5月,教育部召开了高等工业学校教学工作会议,会上审订了机械制造类各专业适用的“电工学教学大纲(试行草案)”。这份教学大纲所规定的教学总学时为150学时,其中讲课100学时;在内容方面与1956年所制订的大纲相比,出入较大。因此,编者按照新教学大纲的内容、分量和安排系统,并根据十年来的教学经验,将目前所用的讲义加以修订补充,编成此书。本书经高等工业学校电工学及电工基础课程教材编审小组审阅后,修改定稿,可作为高等工业学校机械制造类各专业电工学课程的教材。

电工学是一门非电专业的技术基础课程,它的主要任务是为学生学习专业知识和从事工程技术工作打好电工技术的理论基础,并使他们受到必要的基本技能的训练。为此,在本书中对基本理论、基本定律、基本概念及基本分析方法都作了尽可能详尽的阐述,并通过实例、例题和习题来说明理论的实际应用,以加深学生对理论的掌握和理解,以及了解电工技术的发展与生产发展之间的密切关系。

本书注意到与普通物理课的分工,避免了不必要的重复。至于部分内容,例如电路的基本物理量、欧姆定律、电路的参数、磁场的基本物理量及铁磁物质的磁性能等,虽然已在普通物理课程中讲过,但是为了加强理论的系统性和满足电工技术的需要,仍列入本书中,使学生在温故知新的基础上,对这些内容的理解能进一步巩固和加深,并能充分地应用和扩展这些内容。

本书也注意到与后续专业课的分工,书中一般不讨论综合性的用电系统和专用设备,而只研究用电技术的一般规律和常用的电气设备、元件及基本电路。

本书中用小号字排的部分内容教师在讲授时可灵活掌握,一般应视专业的需要、学时的多少和学生的实际水平而决定取舍。有些内容可让学生通过自学掌握,不必全在课堂讲授。本书各章习题的数目比教学大纲所规定的多一些,这样可使教师选择习题时比较灵活,同时也可满足部分学习成绩较好的学生希望多做一些习题的要求。为了照顾某些动力机械制造专业的需要,对同步电机一章的内容介绍较多,其他专业可按其需要选择其中部分内容讲授。

本书所用的图形符号是符合中华人民共和国第一机械工业部所颁布的电工专业标准(草案试行)电(D)42-60《电气线路图上图形符号》的规定的。至

于文字符号则以国际通用符号为主, 仅对某些物理量的注脚(例如额定电压 U_e 、短路电流 I_D 、起动转矩 M_Q 、励磁电流 I_L 等)和线路图上的部分文字符号(例如发电机 F、电动机 D、接触器 C 等)参考了上述标准试用了汉语拼音符号(见附录二)。

本书承西安交通大学袁旦庆同志仔细审阅, 指出错误, 提出修改建议; 哈尔滨工业大学电工学教研室对本书内容的安排和部分章节的内容进行过讨论, 提出了宝贵意见; 并承哈尔滨工业大学绘图室描绘了插图, 在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者能力有限, 见解不多, 本书有些内容难免不够妥善, 甚至会有错误之处。希望读者, 特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见, 以便今后修订提高。

秦曾煌

于哈尔滨工业大学

1962年12月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010)82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118



目 录

绪论	1
----------	---

上册 电工技术

第 1 章 电路的基本概念与基本定律	9
--------------------------	---

1.1 电路的作用与组成部分	9
1.2 电路模型	10
1.3 电压和电流的参考方向	11
1.4 欧姆定律	12
1.5 电源有载工作、开路与短路	15
1.5.1 电源有载工作	15
1.5.2 电源开路	18
1.5.3 电源短路	18
1.6 基尔霍夫定律	21
1.6.1 基尔霍夫电流定律	21
1.6.2 基尔霍夫电压定律	23
1.7 电路中电位的概念及计算	26
习题	28

第 2 章 电路的分析方法	35
---------------------	----

2.1 电阻串并联连接的等效变换	35
2.1.1 电阻的串联	35
2.1.2 电阻的并联	36
2.2 电阻星形联结与三角形联结的等效变换	39
2.3 电源的两种模型及其等效变换	41
2.3.1 电压源模型	42
2.3.2 电流源模型	42
2.3.3 电源两种模型之间的等效变换	44
2.4 支路电流法	49
2.5 结点电压法	52

2.6	叠加定理	55
2.7	戴维宁定理与诺顿定理	58
2.7.1	戴维宁定理	59
2.7.2	诺顿定理	62
*2.8	受控电源电路的分析	63
2.9	非线性电阻电路的分析	67
	习题	70
第3章	电路的暂态分析	81
3.1	电阻元件、电感元件与电容元件	81
3.1.1	电阻元件	81
3.1.2	电感元件	82
3.1.3	电容元件	83
3.2	储能元件和换路定则	83
3.3	RC 电路的响应	85
3.3.1	RC 电路的零状态响应	85
3.3.2	RC 电路的零输入响应	88
3.3.3	RC 电路的全响应	90
3.4	一阶线性电路暂态分析的三要素法	92
3.5	微分电路与积分电路	96
3.5.1	微分电路	96
3.5.2	积分电路	97
3.6	RL 电路的响应	98
3.6.1	RL 电路的零状态响应	98
3.6.2	RL 电路的零输入响应	99
3.6.3	RL 电路的全响应	101
	习题	102
第4章	正弦交流电路	108
4.1	正弦电压与电流	108
4.1.1	频率与周期	109
4.1.2	幅值与有效值	110
4.1.3	初相位	111
4.2	正弦量的相量表示法	113
4.3	单一参数的交流电路	116
4.3.1	电阻元件的交流电路	116
4.3.2	电感元件的交流电路	118
4.3.3	电容元件的交流电路	121

4.4 电阻、电感与电容元件串联的交流电路	124
4.5 阻抗的串联与并联	132
4.5.1 阻抗的串联	132
4.5.2 阻抗的并联	133
*4.6 复杂正弦交流电路的分析与计算	136
4.7 交流电路的频率特性	138
4.7.1 滤波电路	138
4.7.2 谐振电路	143
4.8 功率因数的提高	150
4.9 非正弦周期电压和电流	154
习题	157
第5章 三相电路	168
5.1 三相电压	168
5.2 负载星形联结的三相电路	171
5.3 负载三角形联结的三相电路	176
5.4 三相功率	177
习题	181
第6章 磁路与铁心线圈电路	185
6.1 磁路及其分析方法	185
6.1.1 磁场的基本物理量	185
6.1.2 磁性材料的磁性能	187
6.1.3 磁路的分析方法	189
6.2 交流铁心线圈电路	193
6.2.1 电磁关系	193
6.2.2 电压电流关系	194
6.2.3 功率损耗	195
*6.2.4 等效电路	196
6.3 变压器	198
6.3.1 变压器的工作原理	198
6.3.2 变压器的外特性	205
6.3.3 变压器的损耗与效率	206
6.3.4 特殊变压器	207
6.3.5 变压器绕组的极性	209
6.4 电磁铁	210
习题	212

第7章 交流电动机	217
7.1 三相异步电动机的构造	217
7.2 三相异步电动机的转动原理	219
7.2.1 旋转磁场	219
7.2.2 电动机的转动原理	223
7.2.3 转差率	223
7.3 三相异步电动机的电路分析	224
7.3.1 定子电路	225
7.3.2 转子电路	225
7.4 三相异步电动机的转矩与机械特性	227
7.4.1 转矩公式	228
7.4.2 机械特性曲线	228
7.5 三相异步电动机的起动	231
7.5.1 起动性能	231
7.5.2 起动方法	232
7.6 三相异步电动机的调速	238
7.6.1 变频调速	238
7.6.2 变极调速	239
7.6.3 变转差率调速	240
7.7 三相异步电动机的制动	240
7.7.1 能耗制动	240
7.7.2 反接制动	240
7.7.3 发电反馈制动	241
7.8 三相异步电动机的铭牌数据	241
7.9 三相异步电动机的选择	246
7.9.1 功率的选择	246
7.9.2 种类和形式的选择	248
7.9.3 电压和转速的选择	249
[△] 7.10 同步电动机	250
7.11 单相异步电动机	251
7.11.1 电容分相式异步电动机	251
7.11.2 罩极式异步电动机	253
*7.12 直线异步电动机	253
习题	255
第8章 直流电动机	260
8.1 直流电机的构造	260

8.2 直流电机的基本工作原理	262
8.3 直流电动机的机械特性	264
8.4 并励电动机的起动与反转	266
8.5 并励(他励)电动机的调速	268
8.5.1 改变磁通 Φ (调磁)	268
8.5.2 改变电压 U (调压)	270
习题	271
第9章 控制电机	273
9.1 伺服电机	273
9.1.1 交流伺服电机	273
9.1.2 直流伺服电机	277
9.2 步进电机	279
9.3 自动控制的基本概念	282
习题	284
第10章 继电器接触器控制系统	286
10.1 常用控制电器	286
10.1.1 组合开关	286
10.1.2 按钮	287
10.1.3 交流接触器	288
10.1.4 中间继电器	289
10.1.5 热继电器	289
10.1.6 熔断器	290
10.1.7 空气断路器	291
10.2 笼型电动机直接起动的控制线路	291
10.3 笼型电动机正反转的控制线路	294
10.4 行程控制	295
10.5 时间控制	296
*10.6 应用举例	300
10.6.1 加热炉自动上料控制线路	300
10.6.2 C620-1 型普通车床控制线路	302
习题	304
第11章 可编程控制器及其应用	308
11.1 可编程控制器的结构和工作方式	308
11.1.1 可编程控制器的结构及各部分的作用	308
11.1.2 可编程控制器的工作方式	311
11.1.3 可编程控制器的主要技术性能	312