



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 电 工 学

第 六 版

下 册

## 电 子 技 术

秦曾煌 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 电 工 学

第 六 版

下 册

## 电 子 技 术

秦 曾 煌 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“十五”国家级规划教材。本书主要是根据教育部(前国家教育委员会)1995年颁发的高等工业学校“电工技术(电工学Ⅰ)”和“电子技术(电工学Ⅱ)”两门课程的教学基本要求,在第五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《电工学(第六版)学习辅导与习题选解》,作为与本书配套的教学参考书。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(第六版)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。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工学. 下册,电子技术 / 秦曾煌主编. —6版. —北京: 高等教育出版社, 2004. 7 (2010 重印)  
ISBN 978 - 7 - 04 - 014519 - 9

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. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 029945 号

策划编辑 金春英 责任编辑 金春英 封面设计 于文燕 责任绘图 朱 静  
版式设计 胡志萍 责任校对 金 辉 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

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 高等教育出版社印刷厂

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 30.25  
字 数 560 000

版 次 1964 年 5 月第 1 版  
2004 年 7 月第 6 版  
印 次 2010 年 11 月第 20 次印刷  
定 价 43.40 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 14519 - A0

## 作者声明

未经本书作者和高等教育出版社许可,任何单位和个人均不得以任何形式将本书中的习题和练习思考题做出解答后出版,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。

# 第六版序言

自1962年编写本书第一版以来,已经历了四十多年。在此期间,电工技术,特别是电子技术发生了巨大的变化。新技术、新器件、新应用层出不穷,日新月异;教学内容和体系的改革不断深入。这都促使本教材随着不断修订提高,日臻完善,以适应时代的需要。

本教材是按照教育部(前国家教育委员会)1995年颁发的“电工技术(电工学Ⅰ)”和“电子技术(电工学Ⅱ)”两门课程的教学基本要求,在第五版的基础上总结提高,修订编写的,在内容处理上作了精选、改写、调整和补充,更适应教学要求和非电类专业需要。

(1)“基本放大电路”、“电子电路中的反馈”、“电力电子技术”、“门电路和组合逻辑电路”、“触发器和时序逻辑电路”、“存储器和可编程逻辑器件”这六章,以及部分内容,如正弦量的相量表示法、电位的计算、变压器绕组的极性和功率放大电路等均作了改写,或加强了基础性、应用性和先进性,或叙述更为简洁,符合认知规律。

(2)删去了导纳、二阶电路暂态分析及非正弦周期电流电路的计算等内容和一些偏难的例题和习题,更适应非电类专业的要求。

(3)加强了理论联系实际和元件-电路-系统这一应用体系,使元器件和单元电路更结合实际情况,增加了一些应用举例和实用电路。

(4)新增加了现代通信技术、直线异步电动机、开关型稳压电源、光电器件和电力电子器件等内容,以扩大知识面。

(5)习题中增加了少量设计性题目。

(6)引入EWB仿真软件,因其界面直观,操作方便,并与实验操作一致,适用于本课程的学习。

由于非电类专业甚多,对电工学的要求不一,学时也有差异,为了使教材具有灵活性,将本书内容分为三类:

(1)基本内容

此即为教学基本要求所规定的内容。

(2)非共同性基本内容(标以“ $\Delta$ ”号)

如直流电动机、同步电动机、控制电机、电力电子技术等章节,仅对部分专业讲授。

(3)参考内容(标以“\*”号,用小号字排)

一般指加深加宽内容,如受控源电路、电阻的 $Y-\Delta$ 变换、三相桥式整流电路以及各章的应用举例,作为学生参考用。

此外,“电工测量”一章可结合实验进行教学;“工业企业供电与安全用电”和“现代通信技术”两章作为本课程的基本知识,可让学生自学。以上三章均不计入学时内。有些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;并建议多使用现代教学手段,以提高教学质量和教学效率。

本书是高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材”之一,和与其配套的多媒体教材形成了较完整的立体化教学包。与其配套的教材有:<sup>①</sup>

- (1)《电工学(第六版)学习辅导与习题选解》 秦曾煌编;
- (2)《电工学(第六版)习题全解(上、下册)》 姜三勇编 秦曾煌审;
- (3)《电工学实验》 哈尔滨工业大学 韩明武主编;
- (4)《电工学》(上、下册)电子教案 中国矿业大学 王香婷主编;
- (5)《电工学简明教程》 秦曾煌主编;
- (6)《电工学简明教程学习辅导与习题解答》 秦曾煌编 丁继盛审;
- (7)《电工学简明教程》电子教案 大连海事大学、北京理工大学 于双和主编;
- (8) 电工技术网络课程 北方交通大学 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) 电工学题库。

本书(第六版)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;本书前五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”和附录“仿真软件EWB的应用”由姜三勇同志编写,第22章“存储器和可编程逻辑器件”由丁继盛同志编写,第24章“现代通信技术”由沙学军同志编写。他们对本书的支持,深表谢意。曾参加本书第二版中册编写的有吴项、魏富珍、柳焯、郭文安和问延棣同志。

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

2003年5月

(时年八十)

<sup>①</sup> 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年所制定的大纲相比,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 $U_N$ 、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



# 目 录

## 下册 电子技术

<b>第 14 章 二极管和晶体管</b> .....	(4)
14.1 半导体的导电特性 .....	(4)
14.1.1 本征半导体 .....	(4)
14.1.2 N 型半导体和 P 型半导体 .....	(6)
14.2 PN 结及其单向导电性 .....	(8)
14.3 二极管 .....	(9)
14.3.1 基本结构 .....	(9)
14.3.2 伏安特性 .....	(10)
14.3.3 主要参数 .....	(11)
14.4 稳压二极管 .....	(13)
14.5 晶体管 .....	(15)
14.5.1 基本结构 .....	(15)
14.5.2 电流分配和放大原理 .....	(16)
14.5.3 特性曲线 .....	(19)
14.5.4 主要参数 .....	(22)
14.6 光电器件 .....	(26)
14.6.1 发光二极管 .....	(26)
14.6.2 光电二极管 .....	(26)
14.6.3 光电晶体管 .....	(27)
习题 .....	(28)
<b>第 15 章 基本放大电路</b> .....	(32)
15.1 共发射极放大电路的组成 .....	(32)
15.2 放大电路的静态分析 .....	(35)
15.2.1 用放大电路的直流通路确定静态值 .....	(35)
15.2.2 用图解法确定静态值 .....	(36)
15.3 放大电路的动态分析 .....	(38)
15.3.1 微变等效电路法 .....	(38)
15.3.2 图解法 .....	(44)
15.4 静态工作点的稳定 .....	(48)

15.5	放大电路的频率特性 .....	(52)
15.6	射极输出器 .....	(55)
15.6.1	静态分析 .....	(55)
15.6.2	动态分析 .....	(56)
15.7	差分放大电路 .....	(62)
15.7.1	差分放大电路的工作原理 .....	(63)
15.7.2	典型差分放大电路 .....	(65)
15.7.3	差分放大电路对差模信号的放大 .....	(67)
15.7.4	共模抑制比 .....	(69)
15.8	互补对称功率放大电路 .....	(70)
15.8.1	对功率放大电路的基本要求 .....	(70)
15.8.2	互补对称放大电路 .....	(72)
15.8.3	集成功率放大电路 .....	(74)
15.9	场效晶体管及其放大电路 .....	(75)
15.9.1	绝缘栅场效晶体管 .....	(75)
15.9.2	场效晶体管放大电路 .....	(80)
	习题 .....	(85)
<b>第 16 章</b>	<b>集成运算放大器 .....</b>	<b>(91)</b>
16.1	集成运算放大器的简单介绍 .....	(91)
16.1.1	集成运算放大器的特点 .....	(91)
16.1.2	电路的简单说明 .....	(92)
16.1.3	主要参数 .....	(93)
16.1.4	理想运算放大器及其分析依据 .....	(95)
16.2	运算放大器在信号运算方面的应用 .....	(97)
16.2.1	比例运算 .....	(97)
16.2.2	加法运算 .....	(100)
16.2.3	减法运算 .....	(101)
16.2.4	积分运算 .....	(103)
16.2.5	微分运算 .....	(104)
16.3	运算放大器在信号处理方面的应用 .....	(106)
△16.3.1	有源滤波器 .....	(106)
△16.3.2	采样保持电路 .....	(109)
16.3.3	电压比较器 .....	(110)
*16.4	运算放大器在波形产生方面的应用 .....	(113)
16.4.1	矩形波发生器 .....	(113)
16.4.2	三角波发生器 .....	(114)
16.4.3	锯齿波发生器 .....	(115)

16.5	使用运算放大器应注意的几个问题 .....	(116)
16.5.1	选用元件 .....	(116)
16.5.2	消振 .....	(117)
16.5.3	调零 .....	(117)
16.5.4	保护 .....	(117)
16.5.5	扩大输出电流 .....	(118)
	习题 .....	(118)
<b>第 17 章</b>	<b>电子电路中的反馈 .....</b>	<b>(125)</b>
17.1	反馈的基本概念 .....	(125)
17.1.1	负反馈与正反馈 .....	(125)
17.1.2	负反馈与正反馈的判别方法 .....	(126)
17.2	放大电路中的负反馈 .....	(128)
17.2.1	负反馈的类型 .....	(128)
17.2.2	负反馈对放大电路工作性能的影响 .....	(134)
17.3	振荡电路中的正反馈 .....	(138)
17.3.1	自激振荡 .....	(138)
17.3.2	正弦波振荡电路 .....	(139)
	习题 .....	(144)
<b>第 18 章</b>	<b>直流稳压电源 .....</b>	<b>(149)</b>
18.1	整流电路 .....	(149)
18.1.1	单相半波整流电路 .....	(149)
18.1.2	单相桥式整流电路 .....	(151)
*18.1.3	三相桥式整流电路 .....	(154)
18.2	滤波器 .....	(158)
18.2.1	电容滤波器( <i>C</i> 滤波器) .....	(158)
18.2.2	电感电容滤波器( <i>LC</i> 滤波器) .....	(162)
18.2.3	$\pi$ 形滤波器 .....	(162)
18.3	直流稳压电源 .....	(163)
18.3.1	稳压二极管稳压电路 .....	(163)
18.3.2	恒压源 .....	(164)
18.3.3	串联型稳压电路 .....	(165)
18.3.4	集成稳压电源 .....	(166)
$\Delta$ 18.3.5	开关型稳压电源 .....	(169)
	习题 .....	(172)
$\Delta$ 第 19 章	<b>电力电子技术 .....</b>	<b>(177)</b>
19.1	电力电子器件 .....	(177)
19.1.1	电力电子器件的分类 .....	(177)

19.1.2	晶闸管 .....	(178)
19.1.3	功率晶体管、功率场效晶体管和绝缘栅双极晶体管 .....	(185)
19.2	可控整流电路 .....	(188)
19.2.1	可控整流电路 .....	(188)
19.2.2	晶闸管的保护 .....	(194)
19.2.3	单结晶体管触发电路 .....	(195)
19.3	逆变电路 .....	(203)
19.3.1	电压型单相桥式逆变电路 .....	(204)
19.3.2	电压型三相桥式逆变电路 .....	(204)
19.3.3	正弦波脉宽调制 .....	(208)
19.4	交流调压电路 .....	(209)
19.5	直流斩波电路 .....	(212)
	习题 .....	(212)
<b>第 20 章</b>	<b>门电路和组合逻辑电路 .....</b>	<b>(215)</b>
20.1	脉冲信号 .....	(216)
20.2	基本门电路及其组合 .....	(218)
20.2.1	逻辑门电路的基本概念 .....	(218)
20.2.2	分立元件基本逻辑门电路 .....	(219)
20.2.3	基本逻辑门电路的组合 .....	(222)
20.3	TTL 门电路 .....	(225)
20.3.1	TTL 与非门电路 .....	(225)
20.3.2	三态输出与非门电路 .....	(229)
<sup>△</sup> 20.3.3	集电极开路与非门电路 .....	(231)
20.4	CMOS 门电路 .....	(233)
20.4.1	CMOS 非门电路 .....	(233)
20.4.2	CMOS 与非门电路 .....	(234)
20.4.3	CMOS 或非门电路 .....	(234)
<sup>△</sup> 20.4.4	CMOS 传输门电路 .....	(235)
<sup>△</sup> 20.4.5	三态输出 CMOS 门电路 .....	(236)
<sup>△</sup> 20.4.6	几个实际问题 .....	(237)
20.5	逻辑代数 .....	(240)
20.5.1	逻辑代数运算法则 .....	(240)
20.5.2	逻辑函数的表示方法 .....	(242)
20.5.3	逻辑函数的化简 .....	(245)
20.6	组合逻辑电路的分析和综合 .....	(250)
20.6.1	组合逻辑电路的分析 .....	(250)
20.6.2	组合逻辑电路的综合 .....	(252)

20.7 加法器 .....	(256)
20.7.1 二进制 .....	(256)
20.7.2 半加器 .....	(258)
20.7.3 全加器 .....	(258)
20.8 编码器 .....	(261)
20.8.1 二进制编码器 .....	(261)
20.8.2 二-十进制编码器 .....	(262)
20.9 译码器和数字显示 .....	(265)
20.9.1 二进制译码器 .....	(265)
20.9.2 二-十进制显示译码器 .....	(267)
△20.10 数据分配器和数据选择器 .....	(271)
20.10.1 数据分配器 .....	(271)
20.10.2 数据选择器 .....	(271)
*20.11 应用举例 .....	(274)
20.11.1 交通信号灯故障检测电路 .....	(274)
20.11.2 故障报警电路 .....	(275)
20.11.3 两地控制一灯的电路 .....	(276)
20.11.4 水位检测电路 .....	(277)
习题 .....	(278)
<b>第21章 触发器和时序逻辑电路 .....</b>	<b>(286)</b>
21.1 双稳态触发器 .....	(286)
21.1.1 RS 触发器 .....	(286)
21.1.2 JK 触发器 .....	(290)
21.1.3 D 触发器 .....	(292)
21.1.4 触发器逻辑功能的转换 .....	(293)
21.2 寄存器 .....	(295)
21.2.1 数码寄存器 .....	(295)
21.2.2 移位寄存器 .....	(296)
21.3 计数器 .....	(300)
21.3.1 二进制计数器 .....	(300)
21.3.2 十进制计数器 .....	(306)
21.3.3 任意进制计数器 .....	(310)
*21.3.4 环形计数器 .....	(312)
*21.3.5 环形分配器 .....	(313)
△21.4 时序逻辑电路的分析 .....	(315)
21.5 由555定时器组成的单稳态触发器和无稳态触发器 .....	(319)
21.5.1 555定时器 .....	(319)

21.5.2	由 555 定时器组成的单稳态触发器 .....	(321)
21.5.3	由 555 定时器组成的多谐振荡器 .....	(323)
* 21.6	应用举例 .....	(326)
21.6.1	优先裁决电路 .....	(326)
21.6.2	冲床保安电路 .....	(326)
21.6.3	数字钟 .....	(327)
21.6.4	四人抢答电路 .....	(328)
21.6.5	温度控制电路 .....	(329)
21.6.6	步进电机的驱动电源 .....	(330)
习题	.....	(332)
<b>第 22 章</b>	<b>存储器和可编程逻辑器件 .....</b>	<b>(341)</b>
22.1	只读存储器 .....	(341)
22.1.1	ROM 的结构框图 .....	(341)
22.1.2	ROM 的工作原理 .....	(342)
22.1.3	ROM 的阵列图 .....	(345)
22.1.4	ROM 的应用举例 .....	(347)
22.2	随机存取存储器 .....	(353)
22.2.1	RAM 的分类 .....	(353)
22.2.2	RAM 的结构和工作原理 .....	(353)
22.2.3	RAM 芯片简介 .....	(355)
22.2.4	RAM 的扩展 .....	(355)
22.3	可编程逻辑器件 .....	(358)
22.3.1	PLD 的结构框图 .....	(359)
22.3.2	可编程只读存储器 .....	(360)
22.3.3	可编程逻辑阵列 .....	(367)
22.3.4	可编程阵列逻辑 .....	(369)
22.3.5	通用阵列逻辑 .....	(373)
<sup>△</sup> 22.3.6	在系统可编程逻辑器件 .....	(374)
习题	.....	(377)
<b>第 23 章</b>	<b>模拟量和数字量的转换 .....</b>	<b>(384)</b>
23.1	D/A 转换器 .....	(384)
23.1.1	倒 T 形电阻网络 D/A 转换器 .....	(384)
23.1.2	D/A 转换器的主要技术指标 .....	(388)
23.2	A/D 转换器 .....	(389)
23.2.1	逐次逼近型 A/D 转换器 .....	(389)
* 23.2.2	双积分型 A/D 转换器 .....	(394)
23.2.3	A/D 转换器的主要技术指标 .....	(395)

习题	(396)
<b>第 24 章 现代通信技术</b>	<b>(397)</b>
24.1 概述	(397)
24.1.1 通信系统分类	(397)
24.1.2 电缆通信与微波中继通信	(401)
24.1.3 光纤通信	(402)
24.1.4 卫星通信	(404)
24.2 移动通信	(405)
24.2.1 无线寻呼系统	(406)
24.2.2 公用移动电话系统	(406)
24.2.3 集群系统	(409)
24.2.4 无绳电话系统	(409)
24.3 程控交换系统	(410)
24.3.1 电话交换网	(410)
24.3.2 程控交换机	(412)
24.4 IP 电话	(416)
24.4.1 IP 电话的工作过程	(416)
24.4.2 IP 电话的网络结构	(417)
24.4.3 中国电信(网通)IP 电话网	(418)
24.5 现代通信发展趋势	(419)
<b>附录</b>	<b>(420)</b>
附录 A 仿真软件 EWB 的应用	(420)
附录 B 半导体分立器件型号命名方法	(441)
附录 C 常用半导体分立器件的参数	(442)
附录 D 半导体集成器件型号命名方法	(446)
附录 E 常用半导体集成电路的参数和符号	(447)
附录 F 数字集成电路各系列型号分类表	(448)
附录 G TTL 门电路、触发器和计数器的部分品种型号	(448)
附录 H 电阻器标称阻值系列	(449)
<b>部分习题答案</b>	<b>(450)</b>
<b>中英名词对照与索引</b>	<b>(460)</b>
<b>参考文献</b>	<b>(465)</b>

下 册

# 电 子 技 术



电子技术由模拟电子技术和数字电子技术两部分构成。两者的区别在于所处理的信号不同。前者处理的信号在时间上或数值上是连续变化的,如温度和速度。这类信号称为模拟信号,相应的电路称为模拟电路。而数字电子技术所处理的信号在时间上和数值上都是不连续的,即所谓离散的,如自动计数生产线,每来一件产品,就发出一个脉冲,自动计数。这类信号称为数字信号,相应的电路称为数字电路。下面举两个实例来具体说明模拟信号和数字信号。

### (1) 模拟信号

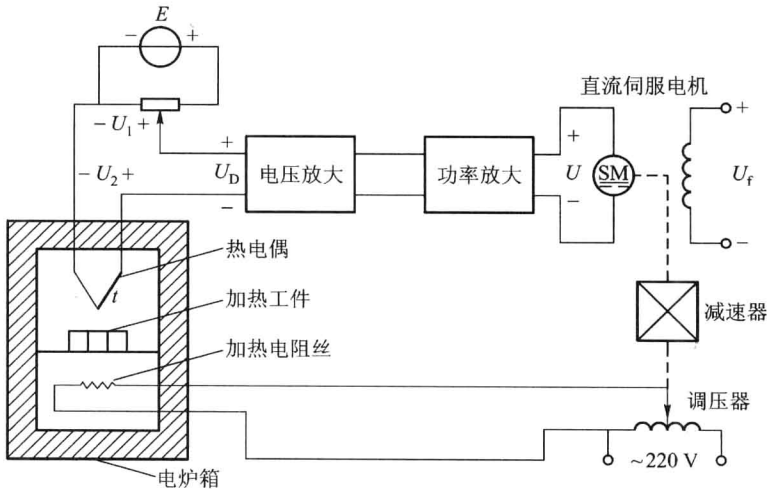


图 0.1 电炉箱恒温自动控制系统

图 0.1 所示的是电炉箱恒温自动控制系统。图中,热电偶用来测量炉温,其输出电压  $U_2$  正比于炉温。测量电路是电位计电路,给出基准电压  $U_1$ ,它与炉温的给定值相对应。初始时,系统已调好,使  $U_1 = U_2$ ,差值电压  $U_D = 0$ 。此时炉温为给定值,伺服电机 SM 不动。若某种原因使炉温高于或低于给定值,则产生差值电压  $U_D$ ,它经电压放大和功率放大后驱动直流伺服电机,电动机通过减速器带动调压器滑动触头以调节加热电流,再使  $U_2 = U_1$ ,  $U_D = 0$ 。差值电压  $U_D$  和电动机两端电压  $U$  的极性反映了炉温高于或低于给定值。这里被处理的各个物理量一般都是模拟信号,如图 0.2 所示。电压放大器和功率放大器都是模拟电路的主要器件。

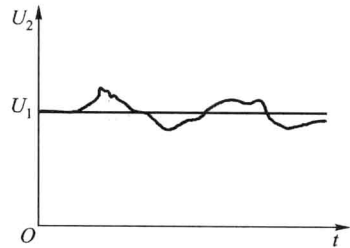


图 0.2 反映炉温变化的模拟信号