



“十三五”职业教育部委级规划教材
江苏高校品牌专业建设工程资助项目 (PPZY2015C254)

纺织电气控制基础



ANGZHI DIANQI KONGZHI JICHU

徐 帅 主 编

武银飞 王美红 杨晓芳 副主编



国家一级出版社
中国纺织出版社
全国百佳图书出版单位



“十三五”职业教育部委级规划教材
江苏高校品牌专业建设工程资助项目 (PPZY2015C254)

纺织电气控制基础

徐 帅 主 编
武银飞 王美红 杨晓芳 副主编

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书根据高职高专教育改革精神,紧密结合当前纺织生产企业对纺织类人才技能结构的要求,在细致分析纺织设备电气控制原理的基础上,精心选择纺织常用元件和典型控制电路,并进行重组和排序,最终以项目化课程形式介绍了传感器、电力拖动、交流调速、PLC 控制等基础电气控制技术。本书还本着以人为本的原则,介绍了一些生活常用电路及其操作技能,如仪表使用和照明电路等。书中对于常用传感器、控制电路、控制器和变频器等纺织常用器件的介绍均以项目任务为载体,从实用的角度安排学习内容,做到了理论知识的精简和应用知识的提炼。

本书可作为高职院校、技师学院纺织类相关专业的教材,也可作为纺织生产企业设备维护人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

纺织电气控制基础/徐帅主编. —北京:中国纺织出版社, 2017. 12

“十三五”职业教育部委级规划教材

ISBN 978-7-5180-4148-0

I. ①纺… II. ①徐… III. ①纺织机械—电气控制—
高等职业教育—教材 IV. ①TS103

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 243396 号

责任编辑:符芬 责任校对:楼旭红

责任设计:何建 责任印制:何建

中国纺织出版社出版发行

地址:北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码:100124

销售电话:010—67004422 传真:010—87155801

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社天猫旗舰店

官方微博 <http://weibo.com/2119887771>

北京玺诚印务有限公司印刷 各地新华书店经销

2017 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12

字数:218 千字 定价:52.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

前 言

随着科学技术的飞速发展,“机器人”使得纺织这一传统行业焕发了新的生机。与之相伴的是纺织生产装备自动化程度不断提高,机电一体化技术在纺织上的应用更加广泛、深入,这就要求纺织行业从业人员——不管是设备维护人员还是一线生产人员,应该具备一定的电气控制方面的基础知识与技能。由于纺织行业生产装备又有其自身特点:如各种纺织设备的电动机速度的调节,大都采用变频调速的方法;再如,电气制动几乎是各种纺织设备的标配,但方式不一,其中包含了其他行业不常见的电磁离合器为主的机械制动。纺织行业的电气控制涉及面广,且有其鲜明的自身特点,传统的电工学内容难以满足从业者的需要。因此,本书以教育理念为指导,注重对学生关键能力的培养,以培养学生纺织必备电气控制技术的能力为主线,以提高学生技能应用能力为主体,以此来设计、组织和编写《纺织电气控制基础》的教材内容。本教材具有以下特色。

1. 以专业常用、岗位必备技能要求为内容选取依据

本书通过调研,提取纺织企业最常用、最典型的元件和电路作为教学内容。对内容进行归纳、重组,原则是“坚持应用为宗旨,基础理论以必需、够用为度,以阐明概念、强化应用为重点,加强应用性和针对性”。为突出专业应用,本课程不再遵循传统的电子技术、电工技术体系,而将纺织设备上常用的传感器、电子元器件、低压电器及常用控制电路、控制器和变频器等知识进行重新编排,力争做到由易到难,由简单到复杂,理论实践相结合。

2. 以“教育的终极目标是培养人”为内容选取的宗旨

以“教育的终极目标是培养人”为宗旨,突出生活技能的训练和培养,达到能够安全用电和装接生活常用电路、电器的要求;以行业需求为现实目标,突出必要专业技能的训练和培养,达到知晓原理、熟悉器件和仪表使用、能搭建基本电路、能专业化描述电气问题。比如,在生活技能培养方面,做到了安全知识进教材;在突出应用方面,做到了传感器说明书进教材。

3. 采用“项目教学、任务驱动”的教学模式

以工学结合、任务驱动的教学理念来组织课程内容,加强学生对常用器件应用能力的培养和训练。本书每一任务均有具体的、易于实现的产品呈现,教学内容具体化。

4. 坚持“理实一体化”的编写原则

本书充分考虑师生在课程教学和实施中实行“理实一体化”的可操作性,除每一任务具有可展示产品外,更将每一任务分成“项目背景、知识准备、任务实施、课后练习”等部分,既突出行业背景,又方便教学实施,更考虑学生的可持续发展。

本书由徐帅主编,武银飞、王美红、杨晓芳担任副主编,全书由徐帅组织编写和负责统稿。本书在编写过程中参考了许多相关图书和论文资料,在此特向这些文献资料的作者致以真挚的谢意!

本书配套教学内容的在线课程已在“智慧职教”上线,欢迎读者前去学习(现代纺织技术专业资源库下“纺织机电一体化”子库,课程名“纺织电气控制基础”)。此外,MOOC平台“纺织机电一体化”作为本教材的拓展课程,读者也可利用其进行继续学习。本书编写组将进一步加快进度,全面形成在线课程,敬请关注。

编 者

2017年9月

目录

项目一 制作直流稳压电源	001
知识准备	002
任务实施	015
课后练习	016
项目二 制作简易强力仪	017
任务一 认识应变式力传感器	017
知识准备	018
任务实施	029
课后练习	031
任务二 制作简易强力仪	032
知识准备	033
任务实施	044
课后练习	046
项目三 制作简易纱线计长仪	047
知识准备	048
任务实施	059
课后练习	060
项目四 搭建照明电路	061
任务一 学习安全用电常识	061
知识准备	062
任务实施	071
课后练习	071
任务二 搭建照明电路	073
知识准备	074

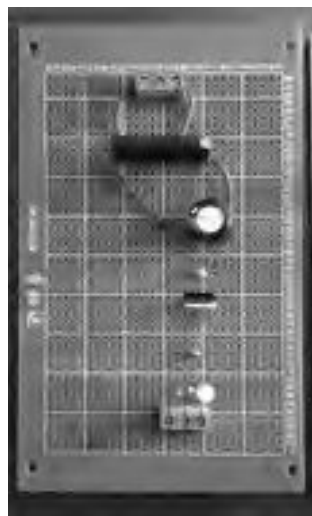
任务实施	081
课后练习	082
项目五 搭建控制电路控制三相异步电动机	091
任务一 认识常用低压电器与电动机	091
知识准备	092
任务实施	102
课后练习	103
任务二 搭建三相异步电动机两地控制线路	104
知识准备	105
任务实施	108
课后练习	109
任务三 识读电路图并按图接线	110
知识准备	111
任务实施	119
课后练习	121
任务四 搭建三相异步电动机制动控制线路	122
知识准备	123
任务实施	128
课后练习	129
项目六 利用 PLC 控制三相异步电动机	130
任务一 认识 PLC(搭建一个系统)	130
知识准备	131
任务实施	141
课后练习	143
任务二 利用 PLC 控制往复抓棉机	144
知识准备	145
任务实施	152
课后练习	155
项目七 利用变频器控制三相异步电动机	157
任务一 认识变频器	157

知识准备	158
任务实施	159
课后练习	160
任务二 变频器七段速控制	161
知识准备	162
任务实施	165
课后练习	167
附录	168
附录 1 常用电气符号	168
附录 2	171
附录 3 STEP 7-Micro/WIN V4.0 的使用方法	174
附录 4 变频器接线端子图及其说明	178
附录 5 输入端子说明	179
附录 6 输出端子说明	181
参考文献	182

项目一 制作直流稳压电源

任务背景

在目前的各种电子设备中，用于控制单元的电路均使用稳定的直流电。比如计算机、智能手机的 CPU 一般采用直流 5V 或直流 3.3V，纺织设备中电气控制单元的 CPU 也不例外（如织机的单片机要求直流 5V），而日常生活中的市电是交流 220V，本项目要解决的问题就是将其转换为需要的直流电。



理论内容与要求

1. 了解电路的基本知识。
2. 了解二极管的单向导电性。
3. 了解电容的特性及其种类。
4. 了解变压、整流、滤波等概念。
5. 了解发光二极管的使用。

实践内容与要求

1. 能识别有极性电容与无极性电容。
2. 能按照电路图在万用板上布置元器件。
3. 能进行电子元件焊接。
4. 能使用万用表检查元件和电路。

用具器材

50VA 的 BK 系列变压器、二极管桥堆、7815 稳压芯片、电解电容、独石电容、电阻、发光二极管。

知识准备

一、电路的基本知识

(一) 电路和电路图

电路就是电的流通过径，通常由电源、负载、连接导线和控制器组成。其中，电源是将非电能转换为电能的设备，如电池、发电机等。负载是将电能转换为非电能的设备，如电灯、电炉、电动机等。连接导线用以传输及分配电能，控制器用来控制电路通断、保护电源，如开关、熔断丝、继电器等。图 1-1 是一个最简单的电路，也就是日常生活中经常用到的手电筒简单电路。

在实际生活中，为便于分析，通常将电路中的实际元件用图形符号表示，称为电路原理图，也叫电路图。图 1-2 是图 1-1 的电路图。

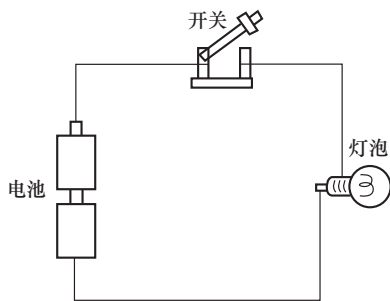


图 1-1 简单电路

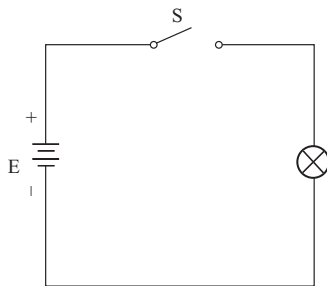


图 1-2 简单电路的电路图

(二) 电路的功能与黑箱理论

1. 电路的功能

电路的功能主要有两种。一是实现电能的传送、分配和转换，这方面最典型的例子是电力系统，实现这些功能的电路即平时所说的“强电”电路，特点除实现上述功能外，它们的电压、电流较大，但结构相对简单。二是实现电信号的传递和处理，最典型的例子如恒温槽系统中的传感器与控制器内部的电路，实现这些功能的电路即平时所说的“弱电”电路，特点除实现上述功能外，它的电压、电流较小，结构较复杂。还可以结合实际生活中的电路找出更多的例子。比如教室里照明电路及手机内部的电路功能。

2. 黑箱理论

实际使用中，设备上的电路尤其是弱电部分一般比较复杂，分析复杂电路需要很深的理论基础，设计此类电路则更是如此。对于非电类专业学生，分析复杂电路或者设计电路是不必完全掌握的技能，但由于学习专业的需要，对于专业上的各种设备涉及的电路的功能一定要比较清晰深入地进行了解。在不了解电路结构与原理的情况下，如何更好地理解电路的功能，这就需要用“黑箱理论”。

所谓“黑箱”，就是指那些既不能打开，又不能从外部直接观察其内部状态的系统，比如人们的大脑只能通过信息的输入输出来确定其结构和参数。“黑箱”研究方法的出发点在于：

即使不清楚黑箱的内部结构，仅注意到它对于信息刺激如何做出反应，注意到它的输入—输出关系，就可以对它进行研究。在科学、计算和工程中，黑箱是一种设备、系统或对象，可以根据其输入和输出（或传输特性）来看待，而不需要了解其内部工作组成或原理。

在电子科学高度发达的今天，各种电子集成元件以及各种集成的控制器、传感器大量被使用，这些器件用于工业上时，往往出于耐用性考虑采用了牢固的封装，从而使得这些器件成为一个个“黑箱”。对此，作为非专业的使用人员，将其作为黑箱理解是掌握其应用的最好途径。有一定基础后，如需进一步学习，可将“黑箱”拆解，将其内部的组成元件或模块视作一个个“小黑箱”，如此循环往复、步步深入。实际生产中的电气设备维修，也经常使用“黑箱理论”：即不去关注内部具体哪一个电子元件坏，而通过检测输入输出的异常，找出整块故障电路板，进行更换后排除故障、恢复生产。

（三）电路的基本概念

1. 电流

（1）电流的概念。水管中的水流有大有小，在相同的时间内，从水管中流出的水越多，水流就越大。导体中的电流与之类似，在相同的时间内，从导体中流出的“电”越多，电流就越大。这里的“电”指电荷，在水管中流动的是水分子，在金属导体中流动的则是电荷，并且是负电荷，也就是电子。物体所带电荷的多少用电量表示，电量的单位是库，符号是 C。用日常生活中的电动车可以很好地说明电量这一概念：如果电动车没有充满电，蓄电池里的电量只有最大时的一半，那么它可以行驶的路程也会降到最大路程的一半。库是很大的单位，一个电子的电量是 1.60×10^{-19} 库。实验指出，任何带电粒子所带电量，或者等于电子或质子的电量，或者是它们的电量的整数倍，自然界不会有半个电子，因而也没有 0.8×10^{-19} 库这样的电量存在。

电流常用 I 表示，它的单位是安，符号是 A。如果在 1s 内通过导体横截面的电量是 1C，导体中的电流就是 1A。同理，如果 10s 内通过导体横截面的电量是 20C，则导体中的电流为 $20/10=2$ A。电流的单位除了安之外，还经常用毫安（mA）、微安（ μ A）表示电流，它们的换算关系是 $1\text{A}=1000\text{mA}$ ， $1\text{mA}=1000\mu\text{A}$ 。安是一个比较大的单位，10A 以上的电流已经比较大，百安、千安的电流在日常生活中已经很少见，一般只有在电力系统中会碰到。

电流不但有大小，还有方向，电流的流向是客观存在的，习惯规定正电荷的流动方向或负电荷流动的反方向为电流的流向。

（2）电流的分类。电流可以分为直流电流与交流电流。如图 1-3 所示，直流电流指电流的大小和方向不随时间变化的电流。交流电流指电流的大小和方向随时间变化的电流，常见的有正弦交流电流，如图 1-4 所示。我国使用频率为 50Hz 的交流电。

2. 电压

（1）电压的概念。电荷之所以运动形成电流，原因则是电路中存在电压。

电压常用 U 表示，单位是伏特，简称伏，符号是 V，一节干电池的电压 $U=1.5\text{V}$ ，上述电动车的蓄电池电压 $U=48\text{V}$ 。单位还有千伏（kV）、毫伏（mV）、微伏（ μ V）等。它们的换算关系如下： $1\text{kV}=1000\text{V}$ ， $1\text{V}=1000\text{mV}$ ， $1\text{mV}=1000\mu\text{V}$ 。

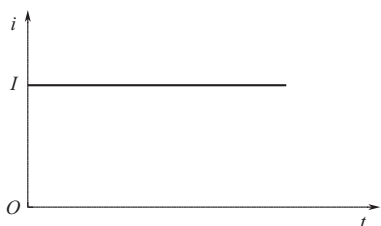


图 1-3 直流电流

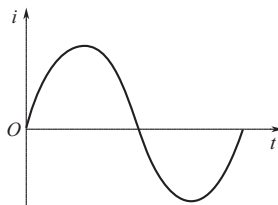


图 1-4 正弦交流电流

同电流一样，电压不但有大小，而且还有方向，电压的实际方向规定为：由实际高电位指向实际低电位。在电路中任选一参考点，计算或测量其他各点对参考点的电压降，所得的结果就是该点的电位。

对于“电位”，需要说明以下几点。

- ① 电位是相对物理量，如果不确定参考点，讨论电位的高低无意义。
- ② 在同一电路中，参考点不同时，各点电位值不同。
- ③ 在同一电路中，参考点确定后，电路中各点电位有唯一确定数值。
- ④ 常选大地或设备机壳作为参考点。
- ⑤ 电位的单位与电压单位相同。

(2) 电压的分类。电压可分为直流电压和变动电压两大类。

直流电压是指大小和方向均不随时间变化的电压（图 1-5），也称为恒定电压，一般也用大写符号 U 表示。

大小和方向均随时间变化的电压，称为变动电压，如图 1-6 所示的方波电压即为变动电压。周期性变化且平均值为零的变动电压称为交流电压，常见正弦交流电压如图 1-7 所示。

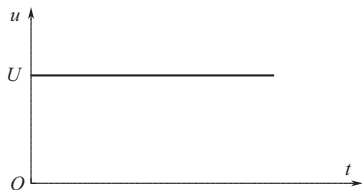


图 1-5 直流电压

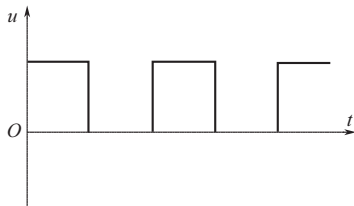


图 1-6 方波电压

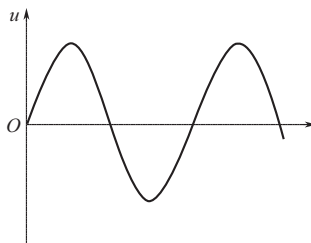


图 1-7 正弦交流电压

3. 电源

电源是把其他形式的能量转化成电能的一种装置，它迫使正电荷从低电势经电源内部移向高电势处。电源就是一种提供电能的装置，电源的作用可总结为：电源使电荷由低电位处移动到高电位处，从而形成电源两端间的电压，电压又进一步使电荷流动形成电流。

最简单常见的电源就是干电池，它将化学能转化成电能，它的电压都是 1.5V。手机的锂离子电池也是一种电源，它提供的电压是 5V。干电池与手机电池都是直流电源，它们在正常

使用时对外提供的电压是恒定的，而家庭中照明使用的电是发电机提供的，发电机就是电源，它将机械能转化为电能，提供的电压是交流 220V 电压。本项目的最终任务就是制作一款直流稳压电源，它能把 220V 交流电转换成 15V 直流电。

二、直流稳压电源的工作原理

本项目制作的直流稳压电源的电路如图 1-8 所示，其工作原理（图 1-9）是首先通过变压器将 220V 的交流电电压减少至 20V，然后通过二极管进行整流以获得单向的电压，再通过 7815 芯片进行稳压，同时利用电容进行滤波，最后获得稳定的 15V 直流电压。这里可以利用上述黑箱理论解释如下。

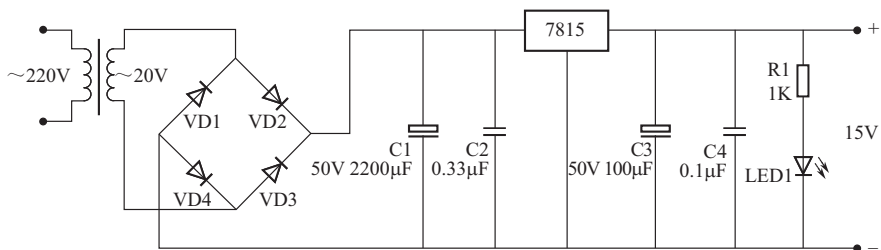


图 1-8 直流稳压电源电路图

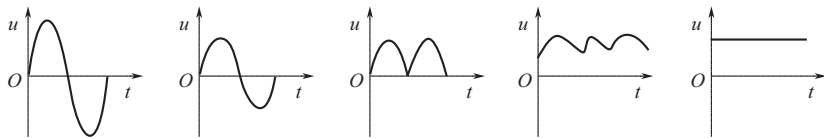


图 1-9 直流稳压电源的工作原理

1. 变压器

输入：220V 交流电；输出：20V 交流电。其作用是转换电压。

2. 二极管桥路

输入：正负半周均有的交流电压；输出：只有正半周的交流电压。其作用是整流。

3. 7815 芯片

输入：只有正半周的交流电压；输出：带杂波的直流电压。其作用是稳压。

4. 电容

这里电容的情况比较特殊，接法上是跨接在电路两极，它的作用：滤除低频和高频杂波，使输出的 15V 电源更加恒定。

当然，整个电路也可以看成一个更大的黑箱，它的输入是 220V 交流电，输出是 15V 直流电。

三、直流稳压电源的元器件

制作直流稳压电源需用的元器件主要有变压器、二极管、7815 芯片和电容。下面分别加

以介绍。

(一) 变压器

在实际应用中，常常需要改变交流电的电压，大型发电机发出的交流电，电压有几万伏，而远距离输电却需要高达几十万伏的电压。各种用电设备所需的电压也各不相同，电灯、电炉等家用电器需要 220V 的电压，机床上的照明灯需要 36V 的安全电压，一般电子管的灯丝只需 6.3V 的低电压，电视机显像管高压阳极却需要 1 万多伏的高电压。交流电便于改变电压，以适应各种不同的需要。变压器就是改变交流电电压的设备。

1. 变压器的结构

绕在同一骨架或铁芯上的两个线圈便构成了一个变压器。变压器的种类很多，按用途分为电力变压器、调压变压器、电压互感器等，按工作频率不同分为高频变压器、中频变压器和低频变压器。

尽管变压器的种类很多，但基本结构是相同的，都由铁芯和绕组两部分组成（图 1-10）。

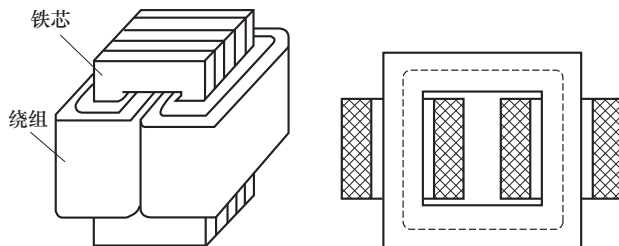


图 1-10 变压器的外形及结构

铁芯构成了电磁感应所需的磁路，为了增强磁的交链，尽可能地减小涡流损耗，铁芯常用磁导率较高而又相互绝缘的硅钢片相叠而成。每一片厚度为 0.35~0.5mm，表面涂有绝缘漆。

变压器的绕组是用绝缘良好的漆包线绕成。变压器工作时与电源连接的绕组叫初级绕组（也叫原线圈），与负载连接的绕组叫次级绕组（也叫副线圈）。变压器绕组的一个重要问题是必须有良好的绝缘。绕组与铁芯之间、不同绕组之间及绕组的匝间和层间的绝缘要好。为此，生产变压器时还要进行去潮、烘烤、灌蜡、密封等处理。实际使用中，变压器的初级绕组和次级绕组进线出线都有对应的接线柱，使用中要注意接正确，否则会产生严重后果。

2. 变压器的工作原理

变压器工作原理：原线圈与副线圈的电压之比等于这两个线圈的匝数比 n （也称变压比）。设原线圈的匝数是 N_1 ，副线圈的匝数是 N_2 ，原线圈两端电压为 U_1 ，副线圈电压为 U_2 ，则它们之间的关系如下：

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = n$$

如果 $N_2 > N_1$ ($n < 1$)， U_2 就大于 U_1 ，变压器就使电压升高，这种变压器叫作升压变压器；如果 $N_1 > N_2$ ($n > 1$)， U_1 就大于 U_2 ，变压器就使电压降低，这种变压器叫作降压变压器，很

显然，本例中使用的是一种降压变压器。

需要说明的是，当给变压器的初级线圈加上直流电压时，初级线圈中流过的是直流电流，此时初级线圈产生的磁场大小和方向均不变，这时次级线圈就不能产生感生电动势，也就是次级线圈两端无输出电压（没有交流电压也没有直流电压输出）。此外，变压器两端的交流电频率是一样的，变压器不能变换电压的频率。

由此可知，变压器不能将初级线圈中的直流电流加到次级线圈中，具有隔直的特性。当流过变压器的初级线圈中的电流为交流电流时，次级线圈两端有交流电压输出，所以变压器能够让交流电通过，具有通交的作用。

3. 变压器的额定参数

为确保变压器合理、安全运行，生产厂家根据国家技术标准，对变压器的工作条件进行了使用上的规定，为用户提供了变压器的允许工作数据，称为额定值。它们通常标注在变压器的铭牌上，故也称为铭牌值，并用下标“N”表示。

(1) 额定电压 (U_{1N}/U_{2N})。根据变压器的绝缘强度和允许温升所规定的电压值， U_{1N} 是指原线圈电源电压的有效值， U_{2N} 是指当原边加电压 U_{1N} 时，副边空载时副边电压的有效值。

(2) 额定电流 (I_{1N}/I_{2N})。原、副边额定电流值 I_{1N} 和 I_{2N} 是指原边、副边允许通过的最大电流，是根据绝缘材料允许的温度确定的。变压器的满载运行是指变压器负载运行时的副边电流 $I_2 = I_{2N}$ 的运行方式，也称为变压器带额定负载运行；欠载运行是指 $I_2 < I_{2N}$ 的运行方式；过载运行则是指 $I_2 > I_{2N}$ 的运行方式。

(3) 额定容量 (S_N)。 S_N 是指副边输出的额定视在功率，单位是 VA 或 kVA。由于变压器的效率很高，所以，通常原边、副边的额定容量设计得相等。对于常用的单相变压器： $S_N = U_{2N}I_{2N} = U_{1N}I_{1N}$ 。

重点提示： S_N 反映了变压器传输电功率的能力，但不是实际的输出功率 P_2 。这是因为 P_2 为负载的功率，与负载的功率因数有关。例如，容量为 $S_N = 10\text{kVA}$ 的变压器，当接入的负载的功率因数 $\cos\phi = 0.8$ 时，变压器的输出功率为：

$$P_2 = U_{2N}I_{2N}\cos\phi = S_N\cos\phi = 10 \times 0.8 = 8(\text{kW})$$

也就是说，虽然电压电流能产生 10kW 的功率，但实际过程中只产生了 8kW 的功率。

(4) 额定频率 (f_N)。 f_N 是指变压器的工作频率，单位为 Hz。我国规定的工业标准频率（简称工频）为 50Hz（某些国家为 60Hz）。频率的改变将影响变压器的某些工作参数，影响变压器的运行性能。

(二) 二极管

几乎在所有的电子电路中，都要用到晶体二极管，它在许多电路中起着重要的作用，是最早的半导体器件之一，其应用也非常广泛。二极管是晶体二极管的简称，也叫半导体二极管，用半导体单晶材料（主要是锗和硅）制成，是半导体器件中最基本的一种器件，是一种具有单方向导电特性的半导体器件。如图 1-11 所示，二极管外壳的一端有一个环形标记，代表二极管的负极，只能接到电源的负极，如果在电路中把二极管的极性接错，可能将二极管或其他电子元器件烧毁。二极管的符号如图 1-11 所示。



图 1-11 二极管的外形及电路符号

二极管种类有很多，按照所用的半导体材料，可分为锗二极管（锗管）和硅二极管（硅管）。根据其不同用途，可分为检波二极管、整流二极管、稳压二极管、开关二极管等。按照管芯结构，又可分为点接触型二极管和面接触型二极管。由于内部结构是点接触，所以点接触型二极管只允许通过较小的电流（不超过几十毫安），适用于高频小电流电路，如收音机的检波等。面接触型二极管则允许通过较大的电流（几安到几十安），主要用于把交流电变换成直流电的“整流”电路中。

本项目中主要用到的是整流二极管，考虑到通过二极管的电流不是太大，为节约成本，使用点接触型二极管。整流正是利用二极管的单向导电性，二极管单向导电的原理较复杂，本书不加以展开，有兴趣的同学可以利用网络或参考书自行学习，这里将其视作“黑箱”并就其导电特性加以介绍。

1. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指加在二极管两端的电压和流过二极管的电流之间的关系，它表现为一条曲线，如图 1-12 所示。特别指出：二极管是由半导体制成，导电性较特殊，它不遵循欧姆定律。

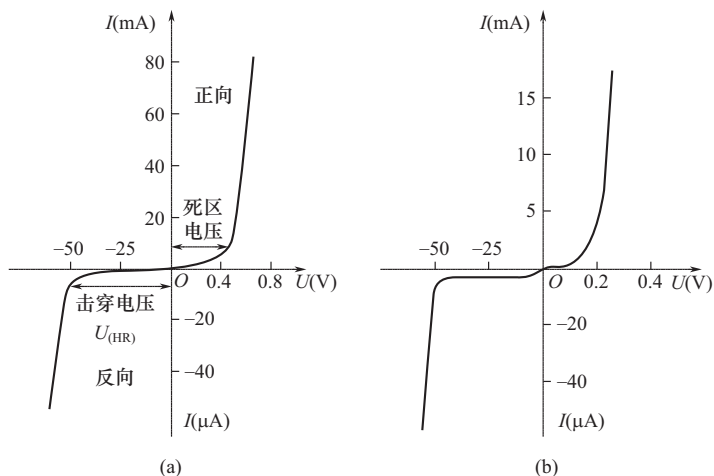


图 1-12 二极管的工作特性

(1) 正向偏压和反向偏压。伏安曲线电压为正的右半部分称为正向导通区。对应的电路连接方法为二极管正极与电源正极相连, 负极与电源负极相连。这种连接方法又可叫作“加正向偏压”, 如图 1-13 所示; 反之叫作“加反向偏压”。

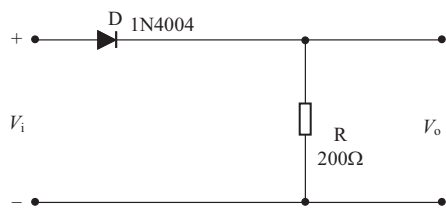


图 1-13 二极管加正向偏压接法

(2) 正向特性。正向特性的起始部分, 正向电流几乎为 0。这是由于外加正向电压很小, 二极管没有导通 (二极管不导通的本质机理可以通过对 PN 结知识的学习来回答, 本书略), 呈现很高的电阻。这段区有个名称——死区。随着外加正向电压的升高, 二极管开始导通, 电路的电流开始逐渐变大。

对应于二极管开始导通时的外加正向电压称为死区电压, 硅管约为 0.5V [图 1-12 (a)], 锗管的死区电压约为 0.1V [图 1-12 (b)]。关于锗管和硅管的区分可以根据二极管的型号来查询器件手册, 也可将万用表拨到 $R \times 100\Omega$ 档或 $R \times 1k\Omega$ 档, 表笔的正极接二极管的负极, 负极接二极管的正极。测量结果阻值较小的属于锗管, 阻值较大的属于硅管。

(3) 二极管的管压降。如果说锗管的死区电压约为 0.1V, 那让锗管正常工作的正向电压应该大于 0.1V。实际测量得到的结果是, 要让锗管正常导通的电压为 0.2~0.3V。这个电压值称为二极管的管压降。

结论是: 二极管的管压降是指当外加正向偏置电压时, 二极管能进入正常导通状态时所必需的最小外加电压。硅管的管压降为 0.6~0.7V。

(4) 反向特性和击穿特性。加到二极管上的电压有“正向偏压”和“反向偏压”两种方式。加正向偏压时的特性就是正向特性。反向特性对应图 1-12 的伏安特性曲线的左半部分。

在伏安特性曲线中, 如果外加反向电压不超过一定范围, 电路中的电流几乎没有变化。说明在一定的电压内, 二极管几乎不导通。但当外加电压超过某一定值时, 反向电流将突然增大, 二极管失去单向导电性, 这种现象称为击穿。二极管被击穿后, 一般不能恢复原来的性能, 便失效了。产生击穿时加在二极管上的反向电压称为反向击穿电压 (最高反向工作电压)。

2. 二极管的参数

(1) 最大整流电流 I_F 。最大整流电流是指二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流值。因为电流通过二极管时会使管芯发热, 温度上升, 温度超过容许限度 (硅管为 150℃左右, 锗管为 90℃左右) 时, 就会使管芯过热而损坏。所以, 二极管使用中不要超过二极管最大整流电流值。例如, 常用的 1N4001 型~1N4007 型锗二极管的最大整流电流为 1A。

(2) 最高反向工作电压 U_R 。加在二极管两端的反向电压高到一定值时, 会将二极管击穿, 失去单向导电能力。为了保证使用安全, 规定了最高反向工作电压值。例如, 1N4001 二极管反向耐压为 50V, 1N4007 反向耐压为 1000V。

(3) 反向电流 I_R 。反向电流是指二极管在规定的温度和最高反向电压作用下, 流过二极管的反向电流。反向电流越小, 二极管的单方向导电性能越好。值得注意的是, 反向电流与

温度有着密切的关系，温度大约每升高 10°C ，反向电流增大 1 倍。例如，2AP1 型锗二极管，在 25°C 时反向电流若为 $250\mu\text{A}$ ，温度升高到 75°C ，反向电流已达到 8mA ，不仅失去了单方向导电特性，还会使二极管过热而损坏。

(4) 最大整流电流下的正向电压降 U_F 。当正向电流流过二极管时，二极管两端就会产生正向电压降。在一定的正向电流下，二极管的正向压降越小越好。在通常情况下，锗二极管的正向压降不超过 0.3V ，硅二极管的正向压降不超过 0.7V 。测试时，如果二极管的正向电压降超过了规定的数值，二极管就不合格。

3. 整流电路

(1) 单相半波整流电路。图 1-14 是单相半波整流电路，它是最简单的整流电路，由整流变压器 Tr 、整流元件二极管 D 和负载电阻 R_L 组成。由于二极管 D 具有单向导电性，只当它的阳极电位高于阴极电位时才能导通。在变压器二次侧电压 u 的正半周时，其极性为上正下负（图 1-14），即 a 点的电位高于 b 点，二极管因承受正向电压而导通。在电压 u 的负半周时， a 点的电位低于 b 点，二极管因承受反向电压而截止，负载电阻 R_L 上没有电压。因此，在负载电阻 R_L 上得到的是半波整流电压 u_o 。在导通时，二极管的正向压降很小，可以忽略不计，因此，可以认为 u_o 的这半个波和 u 的正半周是相同的。

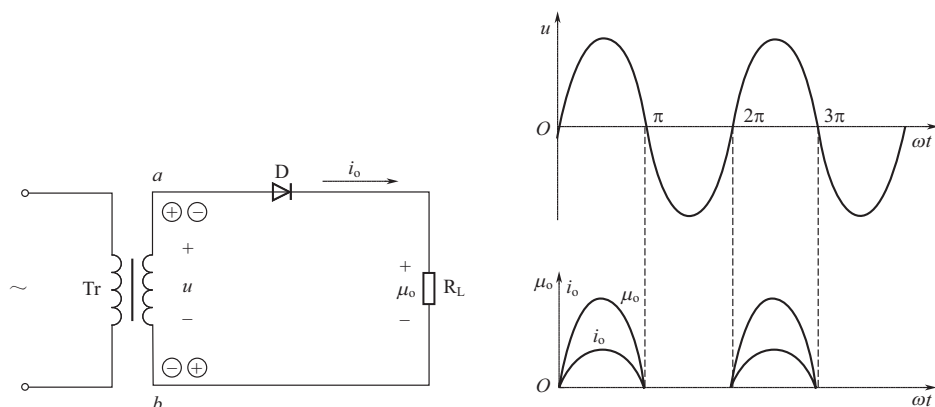


图 1-14 单相半波整流电路

(2) 单相桥式整流电路。单相半波整流的缺点是只利用了电源的半个周期，同时电流电压的脉动较大。为了克服这些缺点，常采用全波整流电路，其中最常用的是单相桥式整流电路。它是由四个二极管接成电桥的形式构成的，如图 1-15 所示。

在变压器二次侧电压 u 的正半周时，其极性为上正下负，即 a 点的电位高于 b 点，二极管 D_1 和 D_3 导通， D_2 和 D_4 截止，电流 i_1 的通路是 $a \rightarrow \text{D}_1 \rightarrow \text{R}_L \rightarrow \text{D}_3 \rightarrow b$ 。这时，负载电阻 R_L 上得到一个半波电压，如图 1-16 (b) 中的 $0 \sim \pi$ 段所示。

在电压 u 的负半周时，变压器二次侧的极性为上负下正，即 b 点的电位高于 a 点。因此， D_1 和 D_3 截止， D_2 和 D_4 导通，电流 i_2 的通路是 $b \rightarrow \text{D}_2 \rightarrow \text{R}_L \rightarrow \text{D}_4 \rightarrow a$ 。同样，在负载电阻上得到个半波电压，如图 1-16 (b) 中的 $\pi \sim 2\pi$ 段所示。显然，全波整流电路对于交流电的利用