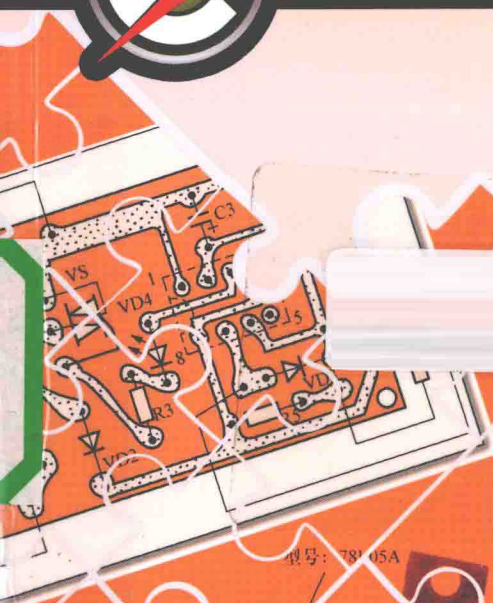


爱上电子

玩转 电工制作

WANZHUAN DIANGONG ZHIZUO

张晓东 编著



型号: 78105A

型号: GL7905



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



玩转

爱上电子

电工制作

WANZHUAN DIANGONG ZHIZUO

张晓东 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“爱上电子”丛书的分册之一，在深入浅出地为读者介绍电子制作相关知识和技能的同时，重点介绍新颖、易于制作、生动有趣的电工小制作。全书共分6章，内容包括“认识常用元器件”、“手把手教你学制作”、“电气监测（控）类制作”、“电气控制类制作”、“电气保护类制作”和“其他电工类制作”。

本书帮助读者开阔思维和眼界，培养动手能力和创新意识，既可作为广大电子和电工技术爱好者、青少年学生、相关行业从业人员的自学用书，也可作为中小学“第二课堂”、职业技术学校和务工人员上岗培训的基础教材或参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

爱上电子：玩转电工制作/张晓东编著. —北京：中国电力出版社，2014.4

ISBN 978-7-5123-5453-1

I. ①爱… II. ①张… III. ①电子器件—制作—普及读物
IV. ①TN-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 007478 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn）

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014年4月第一版 2014年4月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 8.5印张 223千字

印数 0001—3000册 定价 39.80元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言



“爱上电子”丛书是专为初学电子制作的“发烧友”量身打造的入门宝典。丛书的编著宗旨是让初学者“一看就懂、一学就会、一做就成、一用就灵”，并希望达到“举一反三、触类旁通、开拓创新”的效果。望丛书能够以其“图文并茂、文字精练、形象直观、易看易懂、深入浅出、实用性强”的特色，真正做到“手把手”教读者快速学会电子制作，助读者轻松步入电子世界的大门。

“爱上电子”丛书紧扣“动手做”主题，通过《玩转电子制作》、《玩转电工制作》、《玩转小家电改造》、《玩转LED电子制作》、《玩转万用表》等分册，为读者介绍电子制作相关的基本知识和技能，并列举、讲解了大量生动有趣、涉及日常生活各个领域的实用电子制作实例。在内容上精心编排，每例制作均从“工作原理”、“元器件选择”、“制作与使用”三方面进行讲解，并配有简明的电路图、印制电路板接线图、安装图和外形图等，部分入门制作还搭配了“制作流程”实际操作照片。读者可边学边做，不仅学习到电子、电工技术基本知识和制作技能，而且能够亲手制作出一个个实用有趣的电子小作品，从而享受到电子产品带来的方便和益处。这一学习和实践过程，对于激发读者进一步学习和钻研电子技术大有裨益。

《玩转电工制作》是本系列丛书之一，全书共分6章。第1章为“认识常用元器件”；第2章为“手把手教你学制作”，通过“彩色照片+文字介绍”的详细制作实例演示，全方位展示了5个用于交流220V电路的电子作品的设计、

电路工作原理、取材、制作流程和应用情形等，形象生动地“手把手”指导初学者轻松完成入门制作。第2章内容是本系列图书的特色。随后，根据读者已制作成功电子作品的实际情况，以“既动手，又动脑”为目的，分章（第3~第6章）介绍了“电气监测（控）类制作”、“电气控制类制作”、“电气保护类制作”、“其他电工类制作”，共24个实例。这些实例省略了具体的制作方案介绍和流程图示，帮助读者根据实际情况和条件，自行设计具体的制作步骤及流程，打造出自己独有的作品。第3~第6章内容以较小的篇幅，在有限的版面内，向读者提供了尽可能多的选择项目，希望能够帮助读者巩固和提高制作水平，使自己的作品在日常生活中发挥出有效作用。

参加本书编写、电路实验验证及描图的人员还有张汉林、苟淑珍、李凤、陈令飞、张海棠、丁正梁、张海玮、张爱迪等。书中如有不妥之处，欢迎广大读者批评指正，以便修订时使本书臻于完善。作者电子邮箱：zxd-dz@tom.com。

本书所介绍的制作实例基本上是作者近30年来的个人创作作品，部分作品曾在《北京电子报》、《家用电器》、《无线电》、《电气时代》、《电子报》等报刊发表，有些作品还被生产厂商采用并开发出了产品。在此声明，对于抄袭和盗用本书设计和制作内容的行为，作者保留追究其法律责任的权利！

愿本书能够成为广大读者进行技术革新和改造的得力助手，成为业余制作者、渴望学习电气、电子知识读者的忠实朋友。

张晓东

2013年6月16日

目 录



前言

第1章 认识常用元器件

1.1 形态各异的变压器	2
1.2 “以小控大”的晶体闸流管	19
1.3 “以弱控强”的电磁继电器	38
1.4 没有触点的固态继电器	58
1.5 牺牲自我的保险器件	78

第2章 手把手教你学制作

2.1 多功能测电笔	100
2.2 过电压、漏电双功能断路器	112
2.3 节能型壁式灯开关	121
2.4 白炽灯专用光控开关	127
2.5 通用型光控灯开关	139

第3章 电气监测（控）类制作

3.1 交流电闪烁指示灯	156
3.2 三相交流电缺相报警器	158
3.3 停电、来电报警器	160
3.4 市电电压双向超限报警器	165
3.5 停电“自锁”节能开关	170
3.6 单相限电器	173

第4章 电气控制类制作

4.1	多地控制交流开关	180
4.2	触摸式交流开关	184
4.3	插“匙”取电器	188
4.4	教室照明灯时控开关	193
4.5	霓虹灯循环发光控制器	196
4.6	无线电遥控电动葫芦	201

第5章 电气保护类制作

5.1	安全型床头灯开关	210
5.2	家电漏电报警插座	212
5.3	熔丝熔断报警器	216
5.4	交流电子“保险盒”	219
5.5	防触电报警安全帽	223
5.6	多功能配电箱	227

第6章 其他电工类制作

6.1	带照明灯的感应测电器	238
6.2	荧光灯电子启辉器	243
6.3	废旧荧光灯管复明器	246
6.4	“单线”双向声光信号器	249
6.5	电动机防盗报警器	253
6.6	无线电遥控防盗卷闸门机	256



电子元器件是构成各种电子装置最基本的单元。要顺利进行电子制作，必须首先认识各种电子元器件，了解它们的结构、原理、特性、用途、电路符号，并掌握对元器件参数测量、标志辨别、替换修理的方法，以及使用注意事项等。本章从初学者进行电工制作的实际出发，介绍一些最常用的元器件知识。

- 1.1 形态各异的变压器
- 1.2 “以小控大”的晶体闸流管
- 1.3 “以弱控强”的电磁继电器
- 1.4 没有触点的固态继电器
- 1.5 牺牲自我的保险器件



1.1 形态各异的变压器

变压器是利用电感线圈互感原理制成的一种用途广泛的元器件。变压器在电路中具有很重要的功能，可以对交流电（或信号）进行电压变换、电流变换、阻抗变换或相位变换，并起传递信号、隔断直流等作用。

变压器种类繁多，大小形状千差万别，在电力、电工和电子领域都有广泛的应用。本节仅介绍电子制作中经常用到的各种小型变压器。

1 结构和原理

变压器的基本结构如图 1-1 所示。一般变压器由铁芯（磁芯）和线圈（又称线包）两部分组成。线圈有两个或更多的绕组，接输入信号（或者电源）的绕组称为初级线圈（或称原线圈、一次线圈），其余的绕组称为次级线圈（或称副线圈、二次线圈）。各线圈之间，以及线圈和铁芯之间都相互绝缘，初、次级线圈之间没有电的连接，从而较好地把初、次级分隔成两个回路。变压器是利用电磁感应原理从初级线圈向次级线圈传输电能量的。将初、次级线圈绕在同一个铁芯上的目的，主要是显著增大线圈的电感量，并加强线圈间的互感作用，使初、次

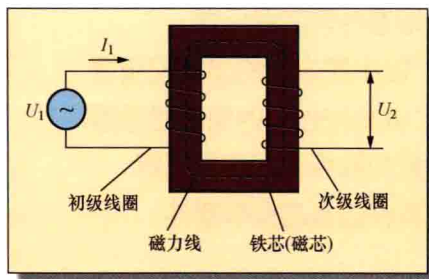


图 1-1 变压器基本结构示意图



级线圈之间能够实现能量的有效传递。当在初级线圈两端加上交流电压 U_1 时, 交流电流 I_1 流过初级线圈, 在铁芯中产生很强的交变磁场 (其磁力线可形成良好回路), 在次级线圈两端即可获得交流感应电压 U_2 。由于稳定的直流电压不会产生交变磁场, 所以次级线圈也不会产生感应电压。可见, 变压器具有“传交流、隔直流”的功能。

变压器初、次级线圈之间最重要的关系是初级线圈与次级线圈之间的电压关系。在理想状态下, 初级线圈与次级线圈两端的电压之比等于线圈的匝数之比, 即

$$U_1/U_2 = N_1/N_2 = n$$

式中: U_1 为初级线圈两端电压; U_2 为次级线圈两端电压; N_1 为初级线圈匝数; N_2 为次级线圈匝数; n 为变压器的变比。

如果 $n > 1$, 说明 $U_1 > U_2$, 则变压器为降压变压器; 如果 $n < 1$, 说明 $U_2 > U_1$, 则变压器为升压变压器。

通过改变变压器初、次级线圈的匝数比, 可以实现阻抗变换。假设变压器初、次级线圈匝数比等于 n , 那么在初级线圈两端接入一个阻值为 R 的电阻, 该电阻“反射”到次级时阻值将变为 R' , 它们之间的关系是 $R' = (1/n^2)R$ 。如果在次级线圈接入阻值为 R' 的电阻, 反射到初级时阻值将变为 R , 它们之间的关系是 $R = n^2 R'$ 。可见, 变压器不仅能变换电压的大小, 而且是很好的阻抗变换器。

此外, 通过改变变压器线圈的头、尾接法, 可以方便地将输出信号电压倒相, 即实现相位变换。

2 外形和种类

电子制作中使用的变压器种类很多, 按工作频率可分为高频变压器、中频变压器和低频变压器, 如图 1-2 所示; 按铁芯 (磁芯) 形状可分为 E 形变压器 (或 EI 形变压器)、C 形变压器和环形变压器等。高频变压器常见的有电视机中的天线阻抗变换器、收音机中的天线线圈等; 中频变压器在收音机、电视机



中都有应用；低频变压器主要有音响放大电路中使用的音频输入和输出变压器、各种电子装置中普遍使用的电源变压器等。



图 1-2 几种常用变压器实物外形图

(1) 高频变压器。根据用途的不同，高频变压器可分为天线线圈、高放线圈和高频振荡线圈三种。天线线圈主要用于各种无线电发射或接收机，其作用是将无线电发射信号有效耦合给天线，或者将天线传来的无线电信号耦合给接收机的高频或变频放大电路等；高放线圈是将已经过高频放大的信号耦合给后级调谐回路等；高频振荡线圈常用于各种无线电发射或接收机的高频振荡电路。超外差式收音机中使用的磁性天线，以及本机振荡部分使用的振荡线圈等，都属于高频变压器。

高频变压器一般采用高频磁芯或直接在绝缘筒体上绕制线圈制作而成。

(2) 中频变压器。中频变压器过去也称中周变压器（简称“中周”），是用于超外差通信电路中的一种特殊变压器。制作超外差收音机、电视机、对讲机等时，都会用到该类变压器。中



频变压器的主要功能是与电容器配合组成调谐选频回路，良好地传递某一个选定频率的信号，同时实现前后级放大器之间的阻抗匹配。中频变压器的工作频率比较高，一般都在几百千赫兹到几十兆赫兹，并且工作于固定频率，如一般超外差收音机的工作频率为 465kHz。

收音机中常用中频变压器的构造如图 1-3 所示。最外部是金属屏蔽罩，避免周围其他高频信号的干扰。中心是几组线圈，共同绕制在高频磁芯上。线圈外有一个可以上下调节的磁帽，可在小范围内改变线圈的电感量和线圈之间的互感量。



图 1-3 收音机常用中频变压器的构造

应注意，中频变压器的“中频”并不是指频率介于高频与低频之间，而是指中间过渡频率。这样就可以理解为什么电视机的中频信号要比收音机的高频信号高得多。

(3) 音频变压器。音频变压器主要用于处理音频信号，如用于音频放大器之间的信号耦合、变换阻抗及实现信号倒相等。根据功能的不同，音频变压器常分为输入变压器和输出变压器。输入变压器主要实现放大器之间的信号传递，输出变压器实现放大器与扬声器之间的阻抗匹配。它们的共同目的是，利用变压器使电路两端的阻抗得到良好匹配，以获得最大限度的传送交流信号功率；同时，起“隔直流”的作用。



音频变压器的体积较小，一般使用小型的 E 形铁芯。

(4) 电源变压器。电源变压器的作用是将民用电力网上 220V、50Hz 的交流电降压（或升压），达到需要的电压值。在电子设备中，通常利用电源变压器将 220V 交流电转换成所需的低压交流电（1.5~36V），再送到整流、滤波、稳压电路转换成直流电压，作为电路的供电电源。

电源变压器的功率一般都在几十瓦以上，所以使用的铁芯较大，其体积也较大。电源变压器的铁芯一般为 E 形，在要求较高的场合采用 C 形铁芯。

3 主要参数

由于不同用途的变压器具有不同的特性，所以反映其特性的参数也不完全一样。常用变压器的主要参数及其含义如下：

(1) 电源变压器。电源变压器的主要参数是额定功率（有时也称容量）、额定电压、额定电流和效率等。

额定功率是指变压器在规定的频率和电压下长期工作，而不超过规定温升时二次侧所能输出的最大功率。变压器的额定功率与铁芯截面积的平方成正比，如图 1-4 所示，铁芯截面积越大，变压器功率越大。额定功率一般用文字直接标注在变压器上。

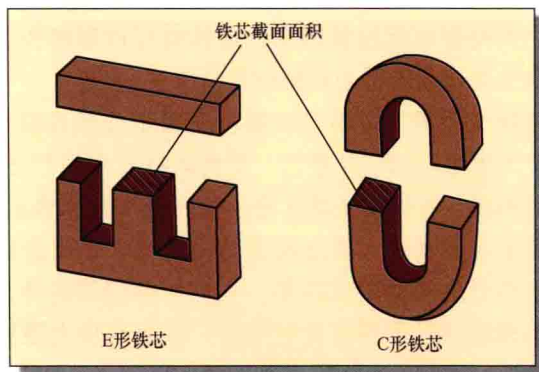


图 1-4 变压器铁芯的截面示意图



额定电压包括初级线圈输入电压和次级线圈输出电压。电源变压器的初级电压一般为 220V，也有交流 380V。次级电压有各种规格。有多个次级线圈的电源变压器，可以有多种次级电压，使用时应根据需要选用具有符合要求的次级电压的变压器。

额定电流一般是指次级线圈所能提供的最大输出电流。选用变压器时其次级电流必须大于电路实际电流需要值。次级电压和电流一般均直接标注在变压器次级输出端。

效率用来表示变压器在工作时对电能的损耗程度。变压器在工作时不可避免地存在着各种形式的损耗，如铜损（当电流通过构成线圈的铜漆包线时，部分电能在线圈电阻的作用下转变成热能而损耗）和铁损（包括变压器铁芯的磁滞损耗和涡流损耗，两者均会使铁芯发热）等。效率用%表示，它的定义是：

$$\text{效率}(\eta) = (\text{输出功率} / \text{输入功率}) \times 100\%$$

显然，损耗越小，变压器的效率越高，变压器的质量也越好。变压器的效率还与它的功率等级有密切关系，通常功率越大，损耗越小，效率也越高；反之，功率越小，效率就越低。常用普通小功率变压器的效率见表 1-1。

表 1-1 常用普通小功率变压器的效率

功率 (W)	<10	10~30	30~50	50~100	100~200	>200
效率 (%)	60~70	70~80	80~85	85~90	90~95	>95

电源变压器的参数还有电压比、工作频率、空载电流、空载损耗、绝缘电阻和防潮性能等，选购成品变压器时一般可不考虑。

(2) 音频变压器。音频变压器的主要参数是阻抗比、频率响应和额定功率等。

阻抗比是指音频变压器初级与次级之间的阻抗比值。音频



变压器在电路中的一个主要作用就是完成阻抗变换，使电路实现阻抗匹配。阻抗比能够直观地反映出音频变压器初、次级的阻抗变换情况，是衡量音频变压器性能的一项重要参数。例如，接在收音机晶体管推挽功率放大电路输出端的音频变压器称为推挽输出变压器，它的初级接放大电路，次级接扬声器，其初、次级阻抗比一般为 $600:8 \sim 120:8$ ，主要作用是把常用 8Ω 扬声器较低的阻抗，变换成放大器需要的最佳负载阻抗（ $600 \sim 120\Omega$ ），以达到阻抗匹配的目的。

频率响应是音频变压器的一项重要质量指标。由于初级线圈电感量不够大和漏感（指磁场的泄漏）的影响，使变压器的变压比、效率及其他性能随输入信号频率的变化而变化。一般来说，在音频范围（ $20 \sim 20\,000\text{Hz}$ ）的低频端和高端，变压比都要下降，只有在中间一段频率范围内维持定值。频率响应就是描述音频变压器次级输出电压随工作频率而变化的特性的。一般规定，若音频变压器在中间频率的输出电压为 u ，则输出电压（输入电压值恒定）不小于 $u/\sqrt{2} \approx 0.707u$ 的工作频率范围，称为它的频带宽度。通常变压器初级线圈的电感量（主要影响低频端）越大，漏感（主要影响高频端）越少，则它的频带越宽，性能越好。在高保真音响中，音频变压器的频率响应是一项很重要的指标。

额定功率是指音频变压器正常工作时所能承受的最大功率。一般在晶体管收音机中可不考虑，在电子管扩音机（胆机）和有线广播系统中，则必须注意音频变压器的额定功率。

音频变压器的参数还有非线性失真、磁屏蔽和静电屏蔽、效率等。目前市售各种类型音频变压器的上述性能参数均能满足一般业余制作时的要求，可不考虑。

（3）高、中频变压器。高频变压器和中频变压器的主要参数有阻抗比、谐振频率（配以指定电容器）、通频带、Q 值和电压传输系数等。这些参数初学者在一般制作时可不考虑，只要选购型号符合要求的成品变压器即可。



4 标注方法

变压器参数的标注方法通常采用型号法或直标法，由于各种用途变压器标注的具体内容不尽相同，所以没有统一的格式，下面仅举几例加以说明。

(1) 型号法适用于一般普通变压器，其型号命名由“主称（字母）-功率（数字）-序号（数字）”三部分组成，各部分含义见表 1-2。例如，图 1-5（a）所示电源变压器上标注“DB-15-2 型”，DB 表示变压器为电源变压器，15 表示额定功率为 15VA，2 表示产品的序号。

表 1-2 通用变压器型号各部分符号含义

第一部分：主称		第二部分：功率		第三部分：序号	
符号	含义	符号	含义	符号	含义
DB	电源变压器				
CB	音频输出变压器	1		1	
RB	音频输入变压器	2	计量单位	2	
GB	高频变压器	...	为 VA 或 W，	...	
HB	灯丝变压器	(用数字	RB 型除外	(用数字	
SB 或 ZB	音频（定阻式）输送变压器	表示）		表示）	表示产 品序号
SB 或 EB	音频（定压式）输送变压器				

(2) 中频变压器（及相关的振荡线圈）的型号命名由“主称（字母）-尺寸（数字）-级数（数字）”三部分组成，各部分含义见表 1-3。例如，图 1-5（b）所示中频变压器上标注“TTF-2-2”，TTF 表示变压器为调幅收音机用的磁性瓷芯式中频变压器，第一个 2 表示该中频变压器的外形尺寸是 10mm×10mm×14mm，第二个 2 表示第二中频变压器（即第二中周）。另外，还在磁帽上涂颜色表示产品的结构和用途。常用的 TTF 型单调谐中频变压器，白色表示第一级（第一中周），红色表示第二级，绿色表示第三级，而不涂颜色（黑色）则表示配套的振荡线圈。



表 1-3 中频变压器（及相关振荡线圈）各部分含义

第一部分：主称（名称、用途）		第二部分：尺寸（mm）		第三部分：级数	
符号	含义	符号	含义	符号	含义
T	中频变压器	1	$7 \times 7 \times 12$	1	第一级
L	振荡线圈或线圈	2	$10 \times 10 \times 14$	2	第二级
T	磁性瓷芯式	3	$12 \times 12 \times 16$	3	第三级
F	调幅收音机用	4	$20 \times 25 \times 36$		
S	短波收音机用				

(3) 电源变压器如图 1-5 (c) 所示，在外壳上标出变压器的电路符号（各线圈的结构），然后在各线圈符号旁边标出电压数值，说明各线圈的输入或输出电压。

(4) 用于阻抗变换的音频变压器，往往还将初、次级线圈的阻抗直接标在相应的线圈接线端。例如，图 1-5 (d) 所示音频输出变压器次级线圈引脚处标出 8Ω ，说明该变压器的次级线圈负载阻抗应为 8Ω ，即只能接阻抗为 8Ω 的扬声器或其他负载。

5 在电路图上的识别

变压器种类很多，不同类型的变压器在电路图中通常采用不同的图形符号来表示。图 1-6 所示为几种变压器的电路符号，它们形象地表示出变压器的结构。所有电路符号根据需要，均可用黑点表示出变压器线圈的同名端（即瞬时电压极性相同端）。

变压器的文字符号是 T。一般在电路图的符号旁注明输入、输出电压（或阻抗、电流），电源变压器还经常标出它的额定功率等。若电路图中有多只变压器，则在文字符号后或右下角标上自然数以示区别，如 T1、T2 等。

通常情况下，如果一个变压器在电路符号中或文字叙述中没有其他特别的说明，则可认为选择该变压器时对型号、种类等均无特别要求。