

工·学·农·丛·书

2005 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

怎样绕变压器

上海人民广播电台



学工学农丛书

怎样绕变压器

上海市凤城中学校办工厂

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.75 插页 3 字数 107,000

1976年6月第1版 1976年6月第1次印刷

统一书号: 15171·228 定价: 0.44 元

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

学生也是这样，以学为主，兼学别样，即不但学文，也要学工、学农、学军，也要批判资产阶级。

前 言

无产阶级文化大革命以来教育战线形势一派大好。我校广大革命师生在学校党支部、校革会、工宣队的领导下，遵照毛主席关于“**教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合**”的方针，筹建成校办工厂。变压器是校办工厂配套生产中的一个主要项目。

本书就是在校办工厂生产实践基础上编写的。其中部分内容，曾经作为教材试用。本书的编写原则是强调理论联系实际，注意培养同学分析问题、解决问题的能力。编写的目的是供同学在学工和课外科技活动中学习制作变压器。在本书的编写过程中，工宣队师傅积极参与讨论、指导，又承上海仪表变压器厂、上无三厂、上无二十七厂有关同志给予大力支持，提供了宝贵意见，在此一并表示感谢。参加执笔编写的有本校李仲超和程文才两位同志。由于我们的政治水平和实践经验都很有限，错误的地方一定很多，请广大读者予以批评指正。

上海市凤城中学校办工厂

1975.10.

目 录

第一章	变压器的一般知识	(1)
第二章	自制工具	(14)
第三章	选择材料	(30)
第四章	变压器线圈的绕制方法和插片方法 ...	(51)
第五章	变压器的测试和修理	(81)
第六章	电源变压器	(93)
第七章	整流变压器	(122)
第八章	音频变压器	(136)
第九章	中频变压器	(172)
第十章	直流变换器	(191)

第一章 变压器的一般知识

变压器是一种改变交流电压、电流和阻抗的电气设备。

十二万五千瓩双水内冷汽轮发电机本身发出的电压只有 15750 伏, 把它接入输电电网时, 先要将电压升高到 22 万或 33 万伏, 因为在远距离输电中随着输电电压的升高, 输电电流可大幅度减小, 从而使输电线上的损耗大大降低。而当电能送到用户时, 由于用电器实际应用的电源电压并不需要这么高, 如点亮电灯、开动马达, 大多数只要求电源电压为 220 伏或 380 伏, 所以又必须配备降压变压器将电压降低, 以供用户使用。

变压器在电信、电力和自动控制等方面都有广泛的应用。例如, 在电子工业方面用的电源变压器、脉冲变压器、整流变压器、音频变压器, 电力系统中供特殊用途的电炉变压器、电焊变压器等。各种机械的电气设备上也往往需要使用各种变压器。

我国变压器的生产在解放前处于被扼杀的状态中, 全国没有一家专业生产硅钢片的工厂。帝国主义

分子把破烂不堪的剩余物资向我国倾销，牟取暴利。解放以来短短的二十多年中，我国工人阶级在毛主席和党中央的领导下，鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义伟大祖国，生产大、中、小各类变压器的工厂遍布祖国各地。无产阶级文化大革命以来，在电力变压器上采用了水内冷的先进技术，大大提高了变压器的容量。小型电源变压器的设计和制造方面也推广采用了一系列的先进技术和新型材料。

1-1 变压器的工作原理

毛主席教导我们说：“一切矛盾着的東西，互相联系着，不但在一定条件之下共处于一个统一体中，而且在一定条件之下互相转化，这就是矛盾的同一性的全部意义。”变压器就是根据电磁感应的原理，即电能和磁能在一定条件下可以互相转化的现象制成的。

图 1-1 所示的就是最简单的单相变压器的原理图。图的左侧是输入端，接交流电源 U_1 的线圈叫初级线圈或原线圈，绕线匝数是 N_1 。图的右侧是输出端，右侧线圈接负载 R_L (用电器)，这只线圈叫次级线圈或副线圈，线圈匝数是 N_2 。当交流电压 U_1 加到初级线圈后，初级线圈上便有交流电流 I_1 通过。此电流在铁芯中产生交变的磁通 Φ (也叫工作磁通或主磁通)，这

个交变磁通不仅通过初级线圈,产生自感电动势 E_1 ,同时也穿过次级线圈,产生互感电动势 E_2 。如果次级线圈接上负载 R_L ,便有交流电流 I_2 流出,负载 R_L 两端就有电压 U_2 。由此可见,变压器的工作过程就是电能和磁能互相转化的过程。它们互相转化的条件就是在初级线圈中要接入变化着的电流。

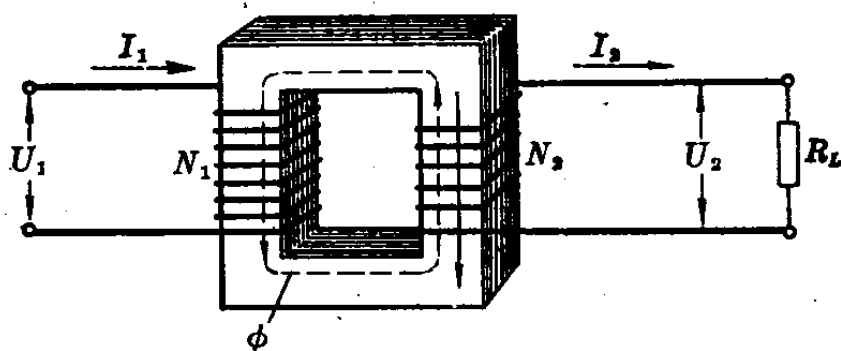


图 1-1 单相变压器原理图

电磁感应定律告诉我们,当穿过 N 匝闭合电路的磁通量发生变化时(增加或减少),此回路中就会产生感生电动势 e ,感生电动势的大小与闭合电路中磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 以及线圈的总匝数 N 成正比,即

$$e = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} 10^{-8} (\text{伏})$$

式中 Φ 的单位是麦克斯韦, t 的单位是秒。

在时间 t 内感生电动势的平均值 $\bar{E}$ 就等于:

$$\bar{E} = N \frac{\Phi}{t} 10^{-8} (\text{伏})$$

如果磁通量 Φ 是按正弦波变化的，那只要讨论 $\frac{1}{4}$ 周期 T 的情况，就可求出平均值 $\bar{E}$ 。我们知道，周期 T 和电源频率 f 互成倒数关系，即 $T = \frac{1}{f}$ 。当时间 t 为 $\frac{1}{4} T$ 时，磁通量从零增加到最大值 Φ_m 。所以

$$t = \frac{1}{4} T = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{f} = \frac{1}{4f} \text{ (秒)}$$

那么感生电动势的平均值

$$\bar{E} = \frac{N\Phi_m}{\frac{1}{4f}} 10^{-8} = 4fN\Phi_m 10^{-8} \text{ (伏)}$$

正弦波最大值是平均值的 $\frac{\pi}{2}$ 倍。感生电动势的最大值 E_m 就等于 $\frac{\pi}{2} \bar{E}$ ，即

$$E_m = \frac{\pi}{2} \bar{E} = \frac{\pi}{2} \cdot 4fN\Phi_m 10^{-8} = 2\pi fN\Phi_m 10^{-8} \text{ (伏)}$$

正弦波的有效值为最大值的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 。故感生电动势的有效值为：

$$E = \frac{1}{\sqrt{2}} E_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2\pi fN\Phi_m 10^{-8}$$

$$= \sqrt{2} \pi fN\Phi_m 10^{-8} = 4.44fN\Phi_m 10^{-8} \text{ (伏)}$$

式中磁通量的最大值 Φ_m 等于变压器铁芯截面积 S 与

磁通密度最大值 B_m 的乘积, 即 $\Phi_m = B_m S$ 。根据上述关系, 在变压器的初、次级线圈中的感生电动势 E_1 和 E_2 的大小应分别为:

$$E_1 = 4.44fN_1\Phi_m 10^{-8} (\text{伏})$$

$$E_2 = 4.44fN_2\Phi_m 10^{-8} (\text{伏})$$

将上面两式相比得

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

因为变压器的初级线圈、次级线圈都有一定电阻(比较小), 所以实际上交流电压 U_1 略大于 E_1 , U_2 略小于 E_2 。但变压器空载运行时, 由于空载电流很小, 实际上压降很小, 可忽略不计, 则 $U_1 \approx E_1$, $U_2 \approx E_2$, 可得

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

当 $N_1 > N_2$ 时, $U_1 > U_2$, 即输出的电压比输入电压低, 这是一种降压变压器。当 $N_1 < N_2$ 时, $U_1 < U_2$, 即输出的电压比输入电压高, 这种变压器叫升压变压器。

在理想变压器的条件下(没有任何损耗), 变压器的输入功率和输出功率应该是相等的, 即

$$I_1 U_1 = I_2 U_2$$

则
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} \approx \frac{N_2}{N_1} \quad (2)$$

从(2)式可知: ① $U_1 > U_2$ 时, $N_1 > N_2$, $I_1 < I_2$ 。即

若输出电压比输入电压低时，初级线圈绕线的总匝数就应多于次级线圈的总匝数，这时初级线圈的电流 I_1 比次级线圈的电流 I_2 要小，因而初级可用细导线，次级要用粗导线。② 当 $U_1 < U_2$ 时， $N_1 < N_2$ ， $I_1 > I_2$ 。即若输出电压比输入电压高时，初级线圈的总匝数应少于次级线圈的总匝数，初级线圈的电流 I_1 比次级线圈的电流 I_2 要大，这时初级需用粗导线，次级却可选用细导线。

上述两个结论，在修理变压器的时候是很有用处的。

有关变压器改变阻抗的原理，将在第八章里说明。

1-2 变压器的结构和分类

变压器的分类方法很多。由于分类方法不同，同一只变压器可以出现于不同的类别中。这种分类方法，都是为了说明问题方便而采纳的。例如按用途分类，变压器主要可分成：电力变压器，特殊用途变压器（如电炉变压器，整流变压器，电焊变压器），调压变压器，测量变压器（如电压互感器，电流互感器），试验用高压变压器，控制用变压器等等。以绕组的结构分类，又分成：双绕组变压器，自耦变压器，三绕组变压器，多绕组变压器等。按铁芯的结构分类，则有芯式和壳式以

及C型、环型等。以电源相数分又可分成单相和三相变压器。单相变压器大多为小容量的变压器,三相变压器大多数是大容量的以及电力输送用电力变压器,这类变压器本书不作介绍。也有以频率来分类的,象收音机的磁性天线(见图1-2),就是一只高频变压器。

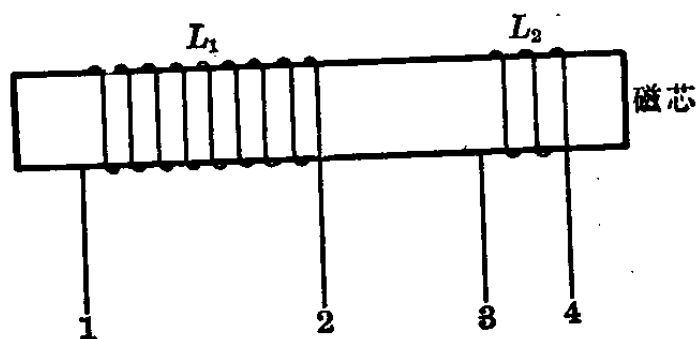


图 1-2

图1-3 例举了几种常见的变压器。

一、铁芯的结构

常见的小容量变压器,其铁芯结构大致有以下几种类型:(1)芯式变压器(口字型,CD型);(2)壳式变压器(EI型,日字型,ED型);(3)C型变压器(CD型,ED型、O型);(4)环型变压器(O型)。以上几种类型变压器如图1-4所示。

这几种结构的变压器各有各的优点。芯式变压器适宜于用在电压较高的场合,受力情况较好,制造工艺比较简单。壳式变压器的线圈都包在中心铁芯柱上,适用于电流较大的场合,因制造工艺复杂,除小型电源

几种常见的变压器

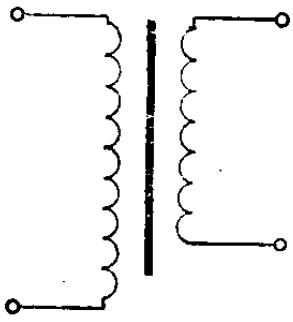
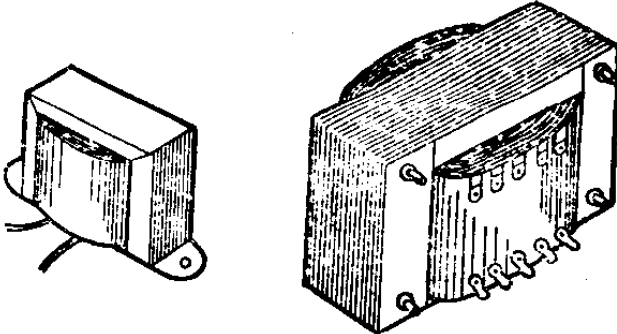
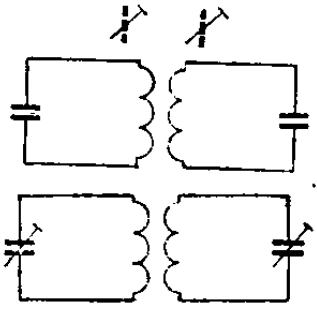
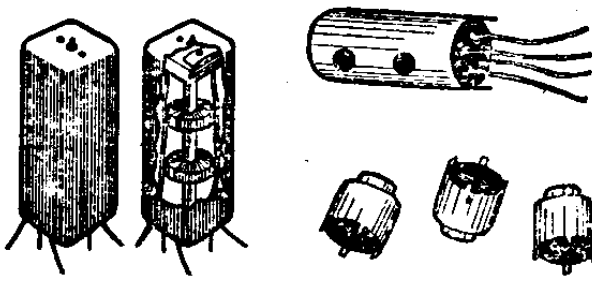
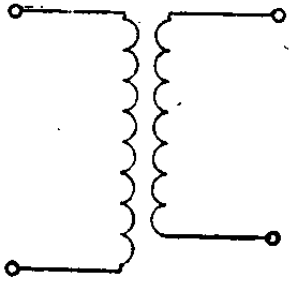
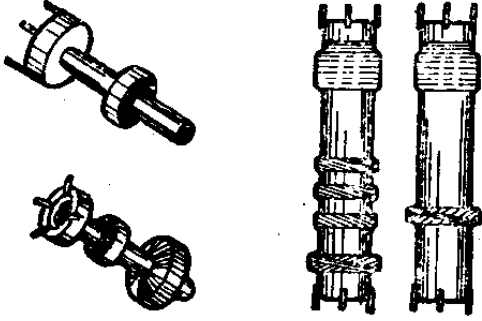
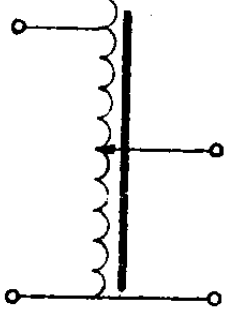
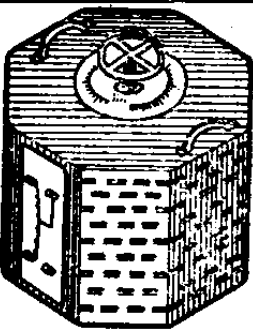
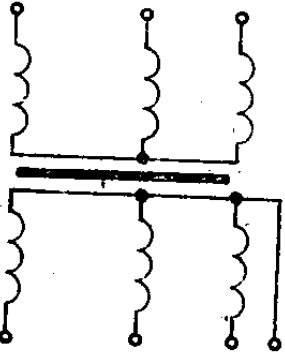
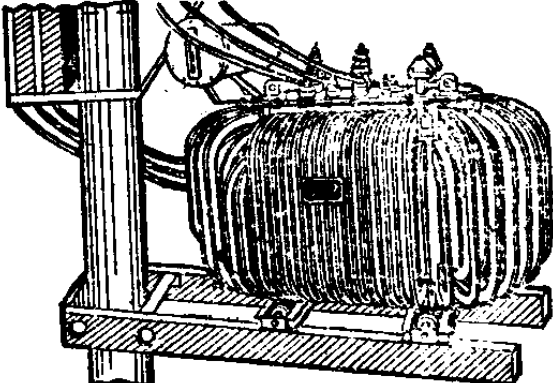
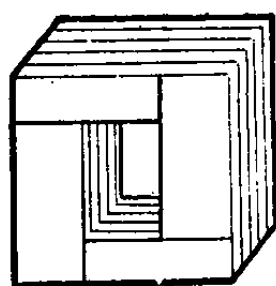
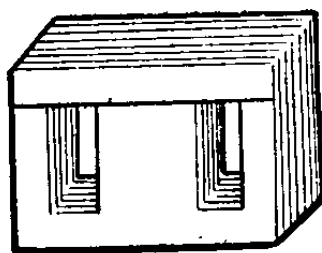
名称	符 号	实 物 式 样
低频 变压器		
中频 变压器		
高频 变压器		
自耦 变压器		
电力 变压器		

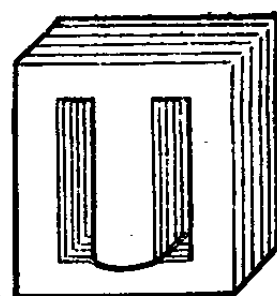
图 1-3



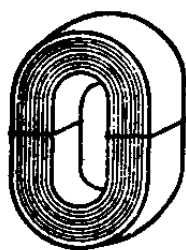
口字型



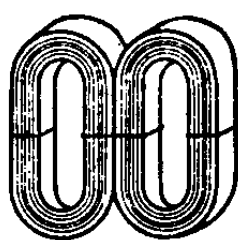
EI 型



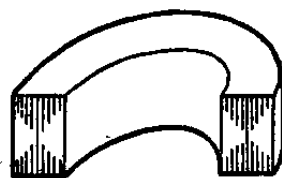
日字型



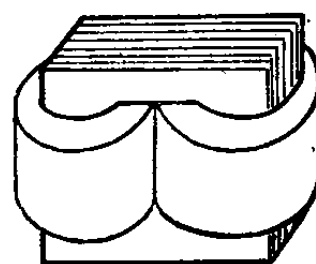
CD 型



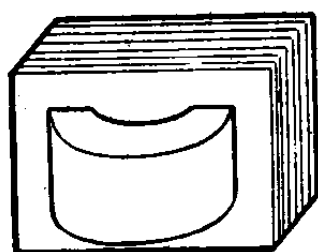
ED 型



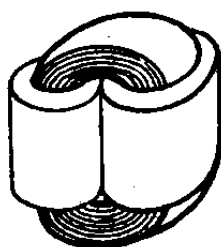
O 型



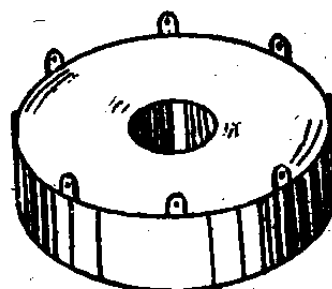
(1) 芯式变压器



(2) 壳式变压器



(3) C 型变压器



(4) 环型变压器

图 1-4

变压器外，目前已很少使用。C 型变压器采用了新型铁芯材料——冷轧硅钢带，它的优点是损耗小，在同样体积下容量大。金星 B40-725-A 型晶体管电视机的电源变压器铁芯就是这种类型的结构。环型变压器与 C 型变压器相比重量轻、体积小、铁芯结构简单、零件

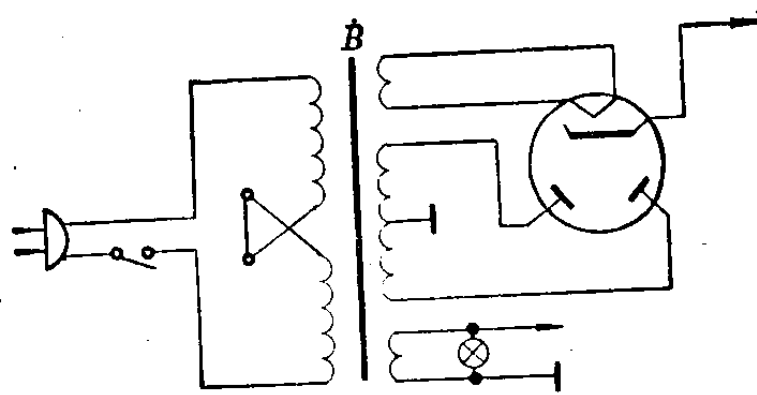
少、效率高,尤其适用在航空事业中,但要用环型绕线机绕线,制作较麻烦。

二、绕组结构

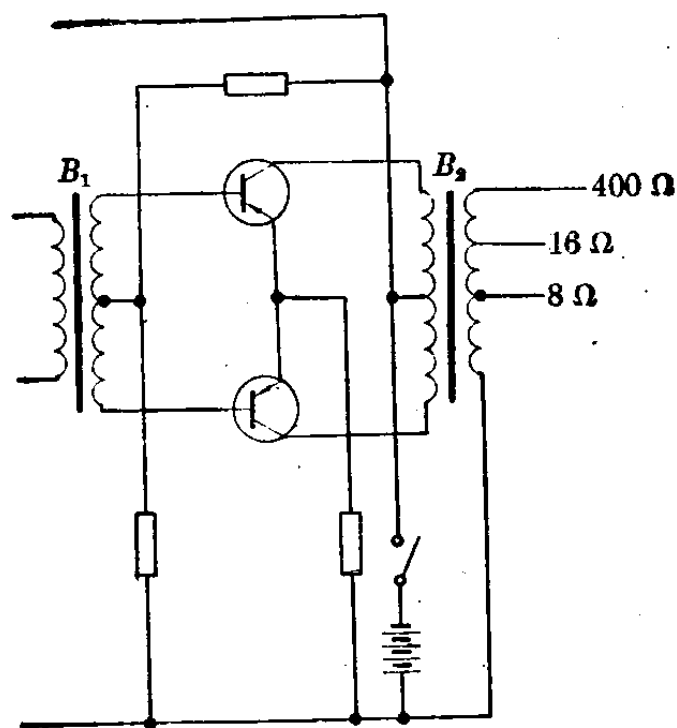
图 1-1 中的变压器只有两个绕组。实际使用的变压器,并不总是这么简单。如在图 1-5 中,图(甲)所示的 B 是无线电电源变压器,为了能适应在 110 伏和 220 伏两种电源电压下工作,初级线圈特意分成两个绕组。它的次级有三个绕组。图(乙)是晶体大功率管的推挽功率放大器,输入变压器 B_1 的次级线圈和输出变压器 B_2 的初级线圈,要求是内阻相等的两个绕组(通常采取中心抽头方法), B_2 的次级为了适应不同阻抗的负载,需要更多的绕组(一般都采用中间抽头)。

变压器的绕组采取什么结构,往往从各绕组的电压高低以及各绕组的耦合要求来考虑。一般有同芯式和交迭式两种,如图 1-6 所示。

同芯式绕组的结构简单,绕线方便。低压绕组靠近铁芯柱,高压绕组放在外层,这是为了加强绝缘,防止高压击穿。由于低压绕组的导线线径很粗,引出线的工艺困难,亦往往把低压绕组放在高压绕组的外面。星火 71-9 型晶体管电视机的行输出变压器就是采取同芯式结构,行输出的次级线圈在外层,行输出初级线圈在里层。



(甲)



(乙)

图 1-5

交迭式绕组的高压绕组和低压绕组是分层交迭绕制, 为了加强绝缘, 一般最上和最下两层绕组是低压绕组。它的优点是漏抗小, 机械强度好, 引出线的工艺简便。

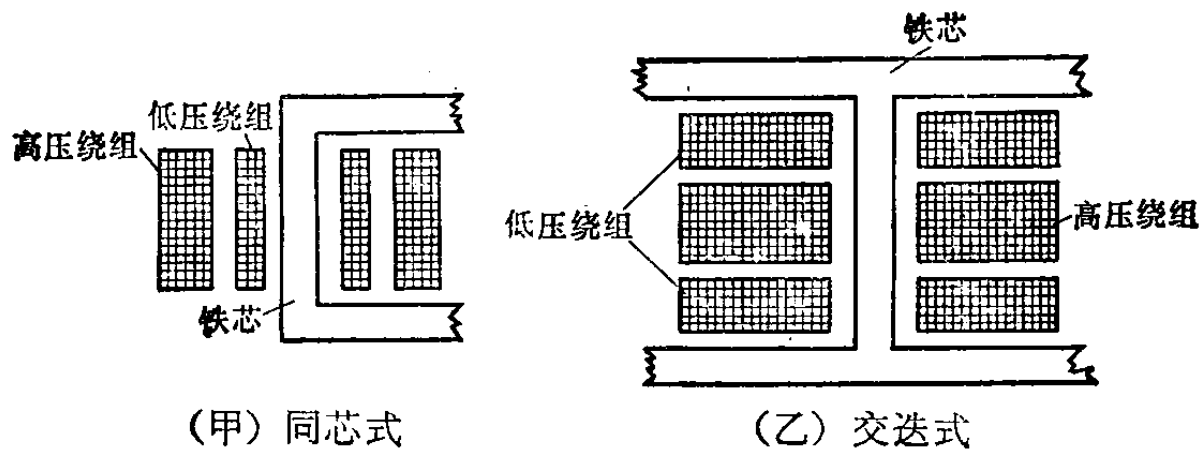


图 1-6

顺便指出，有些人误认为日光灯所用的镇流器也是一只变压器，这是错误的。镇流器是一只电感器（有的称为限流器，有的叫它扼流圈），实际上它和变压器是“貌合神离”的，变压器有输入端和输出端，而镇流器只有两个接线头，串联在电路里。它们的电路图符号也不一样，如图 1-7 所示，（甲）是变压器，（乙）是镇流器。

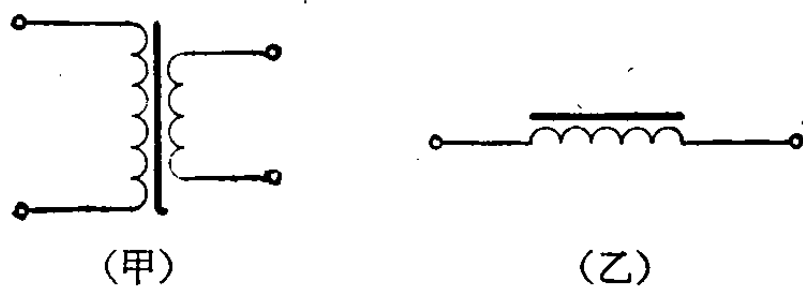


图 1-7

目前有一种供 8 瓦日光灯使用的镇流器，它有两组线圈，四个引出头，其作用是控制日光灯管的电流大小，为了便于说明，现附图 1-8，请读者和本书讲述变