

## 第一章 变压器的概述

变压器的最基本型式，包括两组绕有导线的线圈，并且彼此以电感方式称合一起。当一交流电流(具有某一已知频率)流于其中一组线圈时，于另一组线圈中将感应出具有相同频率的交流电压，而感应的电压大小取决于两线圈耦合及磁交链的程度。

一般指连接交流电源的线圈称之为“一次线圈”(Primamary Coil)；而跨于此线圈的电压称之为“一次电压”。在二次线圈的感应电压可能大于或小于一次电压，是由一次线圈与二次线圈间的“匝数比”所决定的。因此，变压器区分为升压与降压变压器两种。

大部份的变压器均有固定的铁心，其上绕有一次与二次的线圈。基于铁材的高导磁性，大部份磁通量局限在铁心里，因此，两组线圈藉此可以获得相当高程度的磁耦合。在一些变压器中，线圈与铁心二者间紧密地结合，其一次与二次电压的比值几乎与二者的线圈匝数比相同。因此，变压器的匝数比，一般可作为变压器升压或降压的参考指标。由于此项升压与降压的功能，使得变压器已成为现代化电力系统之一重要附属物，提升输电电压使得长途输送电力更为经济，至于降压变压器，它使得电力运用方面更加多元化，我们可以这么说，倘无变压器，则现代工业实无法达到目前发展的现况。

电子变压器除了体积较小外，在电力变压器与电子变压器二者之间，并没有明确的分界线。一般提供 60Hz 电力网络的电源均非常庞大，它可能是涵盖有半个洲地区那般大的容量。电子装置的电力限制，通常受限于整流、放大，与系统其它组件的能力，其中有些部份属放大电力者，但如果与电力系统发电能力相比较，它仍然归属于小电力的范围。

各种电子装备常用到变压器，理由是：提供各种电压阶层确保系统正常操作；提供系统中以不同电位操作部份得以电气隔离；对交流电流提供高阻抗，但对直流则提供低的阻抗；在不同的电位下，维持或修饰波形与频率响应。“阻抗”的其中一项重要概念，即电子学特性，是一种假想的设备，即当电路组件阻抗系从一阶层改变到另外的一个阶层时，其间要使用到一种设备——变压器。

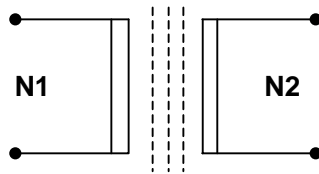
对于电子装置而言，重量和空间通常是一项努力追求的目标，至于效率、安全性与可靠性，更是重要的考虑因素。变压器除了能够在系统里占有显着百分比的重量和空间外，另一方面在可靠性方面，它亦是衡量因子中的一个要项。因为上述与其它应用方面的差别，使得电力变压器并不适合应用于电子电路上。

## 第二章 变压器的原理

### 1、变压器的制作原理：

在发电机中，不管是线圈运动通过磁场或磁场运动通过固定线圈，均能在线圈中感应电势，此两种情况，磁通的值均不变，但与线圈相交链的磁通数量却有变动，这是互感应的原理。变压器就是一种利用电磁互感应，变换电压，电流和阻抗的器件。

### 2、在电路中，变压器表示符号为：



### 3、技术参数：

对不同类型的变压器都有相应的技术要求，可用相应的技术参数表示。如电源变压器的主要技术参数有：额定功率、额定电压和电压比、额定频率、工作温度等级、温升、电压调整率、绝缘性能和防潮性能，对于一般低频变压器的主要技术参数是：变压比、频率特性、非线性失真、磁屏蔽和静电屏蔽、效率等。

#### a、电压比：

变压器两组线圈圈数分别为  $N_1$  和  $N_2$ ， $N_1$  为初级， $N_2$  为次级。在初级线圈上加一交流电压，在次级线圈两端就会产生感应电动势。当  $N_2 > N_1$  时，其感应电动势要比初级所加的电压还要高，这种变压器称为升压变压器；当  $N_2 < N_1$  时，其感应电动势低于初级电压，这种变压器称为降压变压器。初级次级电压和线圈圈数间具有下列关系。

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

式中  $n$  称为电压比(圈数比)。当  $n < 1$  时，则  $N_1 > N_2$ ， $V_1 > V_2$ ，该变压器为降压变压器。反之则为升压变压器。

#### b、变压器的效率：

在额定功率时，变压器的输出功率和输入功率的比值，叫做变压器的效率，即

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

式中  $\eta$  为变压器的效率； $P_1$  为输入功率， $P_2$  为输出功率。

当变压器的输出功率  $P_2$  等于输入功率  $P_1$  时，效率  $\eta$  等于 100%，变压器将不产生任何损耗。但实际上这种变压器是没有的。变压器传输电能时总要产生损耗，这种损耗主要有铜损和铁损。

铜损是指变压器线圈电阻所引起的损耗。当电流通过线圈电阻发热时，一部分电能就转变为热能而损耗。由于线圈一般都由带绝缘的铜线缠绕而成，因此称为铜损。

变压器的铁损包括两个方面。一是磁滞损耗，当交流电流通过变压器时，通过变压器硅钢片的磁力线其方向和大小随之变化，使得硅钢片内部分子相互摩擦，放出热能，从而损耗了一部分电能，这便是磁滞损耗。另一是涡流损耗，当变压器工作时。铁芯中有磁力线穿过，在与磁力线垂直的平面上就会产生感应电流，由于此电流自成闭合回路形成环流，且成旋涡状，故称为涡流。涡流的存在使铁芯发热，消耗能量，这种损耗称为涡流损耗。

变压器的效率与变压器的功率等级有密切关系，通常功率越大，损耗与输出功率比就越小，效率也就越高。反之，功率越小，效率也就越低。

## 第三章 变压器材料介绍

### 一 线架 Bobbin

(一) 作用：顾名思义，Bobbin(线架或骨架) 在变压器中起支撑 Coil(线圈) 的作用。

(二) Bobbin 的分类：

1、依据变压器的性质要求不同，按材质分为：热塑性材料，热固性材料。

热塑性材料我们常用的有尼龙(NYLON) ，塑料(PET) ，塑料(PBT) 三种。热固性材料我们常用到的有电木(PM) 。

2、依据变压器的形状不同，Bobbin 又分为立式，卧式，子母式，抽屉式，单元格，双格。

(三) 特性及用途：

1、电木(PM) ：热固性材料，稳定性高，不易变形，耐温 150℃，可承受 370℃ 的高温。表面光滑，易碎，不能回收。用于耐温较高的变压器。

2、尼龙(NYLON) ：热塑性材料，工程塑料，延展性好，不易碎，耐温 115℃，易吸水，使用前先用 80℃ 的温度烘烤，使固性稳定。表面光滑，半透明，不易碎。一般用于耐油性强的变压器上。

3、塑料(PET) ：热塑性材料，510 系统，硬性高，易成形。不易变形，耐温 170℃，表面不光滑，不易碎，一般用于绕线管。

4、塑料(PBT) ：热塑性材料，较软，不易变形，不耐高温(160℃) ，表面不光滑，不易碎一般用于绕线管

※ 热塑性材料可回收使用：第一次为 20%，第二次为 15%，第三次 7% 。

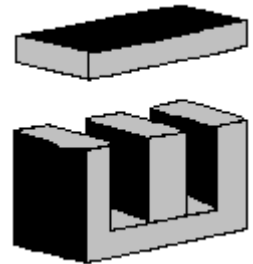
## 二 铁芯 Core

铁芯从用途上分高、低频、Coil 三种：

### 1、高频类：铁粉芯 Ferrite core

Ferrite core 用于高频变压器 它是一种带有尖晶石结晶状结构的陶磁体，此种尖晶石为氧化铁和其它二价的金属化合物。如  $k\text{Fe}_2\text{O}_4$  (k 代表其它金属)，目前常用的金属有锰(Mn)、锌(Zn)、镍(Ni)、镁(Mg)、铜(Cu)。

其常用组合如锰锌(Mn Zn) 系列、镍锌 (Ni Zn) 系列及镁锌(Mg Zn) 系列。此种材具有高导磁率和高阻抗的物理特性，其使用频率范围由 1kHz 到超过 200kHz。



### 2、低频类：硅钢片(LAMINATION)

硅钢片用于低频变压器，其种类很多，按其制作工艺不同可分为 A：锻烧(黑片)、 N：无锻烧(白片) 两种。按其形状不同可分为：EI 型、UI 型、C 型、口型。

口型硅钢片常在功率较大的变压器中使用，它绝缘性能好，易于散热，同时磁短路，主要用于功率大于 500~1000W 和大功率变压器中。

由两个 C 型硅钢片组成一套硅钢片称为 CD 型硅钢片，用 CD 型硅钢片制作的电源变压器在截面积相同的条件下，窗口愈越高，变压器功率越大。由于铁芯两侧可以分别安装线圈，因此变压器的线圈匝数可分配在两个线包上，从而使每个线包的平均匝长较短，线圈的铜耗减小。另外如果把要求对称的两个线圈分别绕在两个线包上，可以达到完全对称的效果。

由四个 C 型硅钢片组成一套硅钢片称为 ED 型硅钢片。ED 型硅钢片制成的变压器外形呈扁宽形，在功率相同的条件下 ED 型变压器比 CD 型变压器矮些，宽度大些，另外由于线圈安装在硅钢片中间，有外磁路，因此漏磁小，对整体干扰小。但是它所有线圈都绕在一个线包上，线包较厚，故平均匝长较长，铜耗较大。

C 型铁芯性能优异所制作的变压器体积小、重量轻、效率高，装配的角度来看，C 型硅钢片零件很少，通用性强，因此生产效率高，但是 C 型硅钢片加工工序较多，作较复杂，需用专用设备制造，因而目前成本还较高。

我们主要使用的是 EI 型硅钢片。E 型硅钢片又称壳型或日型硅钢片，它的主要优点是初、次级线圈共同一个线架，有较高的窗口占空系数(占空系数  $K_m$ ：铜线

净截面积和窗口面积比)；硅钢片对绕组形成保护外壳，使绕组不易受到机械损伤；同时硅钢片散热面积较大，变压器磁场发散较少。但是它的初次级漏感较大，外来磁场干扰也较大，此外，由于绕组平均周长较长，在同样圈数和铁芯截面积条件下，EI型铁芯的变压器所用的铜线较多。

硅钢片的厚度常用的有 0.20mm、0.35mm、0.5mm 三种。

硅钢片的组装方式有交迭法和对迭法两种。交迭法是将硅钢片的开口一对一交替地分布在两边，这种迭法比较麻烦，但硅钢片间隙小，磁阻小，有利于增大磁通，因此电源变压器都采用这种方法。对迭法常用于通有直流电流的场合，为避免直流电流引起饱和，硅钢片之间需要留有空隙，因此对迭法将 E 片与 I 片各放一边，两者之间的空隙可用纸片来调节

我们厂常用的有硅钢片材质有 Z-11、H-18、H-50、H-14 等，其中以 Z-11 硅钢片性能最好。通常表示方法如图 3.1：

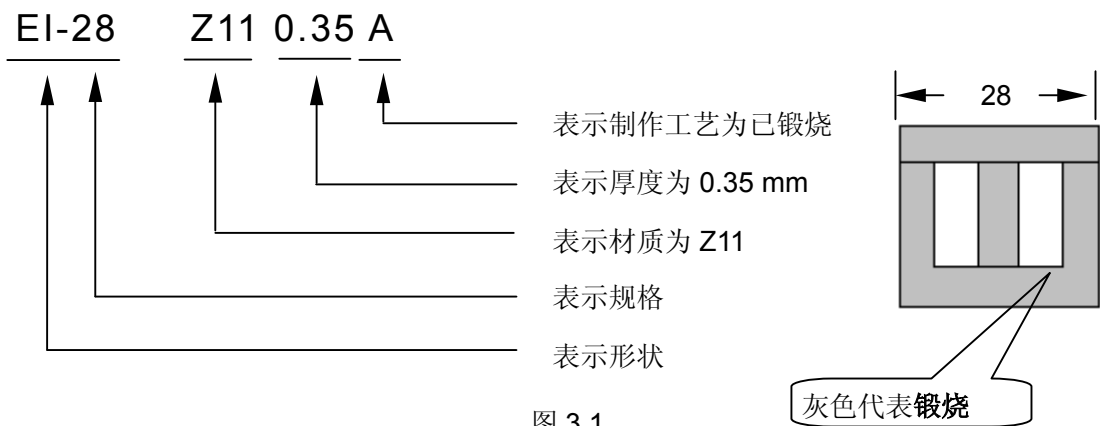


图 3.1

3、Core 类：分三种类型(如图 3.2)。

- a、TOROID 环形铁芯：将 O 型迭片而成，或由硅钢片卷绕而成。此种铁芯对绕线来说非常不易。
- b、ROD Core 棒状铁芯。
- c、DRUM Core: 鼓形铁芯。

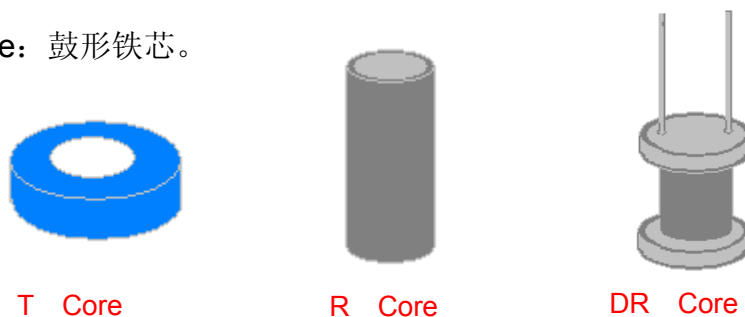


图 3.2

### 三 套管 TUBE

Tube 种类繁多，用途广泛，我们常用的有 Teflon(铁氟龙)、硅质套管、玻璃纤维硅胶套管、硅橡胶套管、硅胶玻璃纤维套管、腊套管、PE 热缩套管、PVC 套管、热缩套管。

#### 1、Teflon

铁氟龙为塑料中耐温最高(280°C~300°C) 最耐强酸、强碱、最抗粘、最滑溜耐磨的工程塑料材料，而广泛用于机械，汽车，电子，化工阀门等零件。铁氟龙为讯号、仪控网路及耐热电线电缆的最佳绝缘材料，成功用于各类家电用品(微波炉、电烤箱、吹风机、电饭锅……)，通讯设备/计算机、各类化学、机械及电气/电子工业领域。

其中 Teflon Insulation Sleeving 由于耐高温、耐电压(300V) 而广泛用于航天、汽车、医疗、电子变压器、通讯等科技工业。

Teflon insulation sleeving 是变压器进出线绝缘的最佳材料，其主要性质如下表：

Teflon 的性质表			
比重	2.1~2.3gr/cm	绝缘破坏强度	4.5kv/mm
抗拉强度	280~352kg/cm	诱电率 10 HZ	<2.1
伸长率	200~400%	耐电弧性	>300sec
抗拉弹性系数	0.4*10kg/cm	吸水率 24Hrs	<0.01%
压缩强度	120kg/cm	太阳光线影响	
硬度(rockwell)	D50~55	弱酸影响	} 耐性非常强
冲击张度(V)	16.4gm/1000 回	弱碱影响	
磨擦系数	0mg/1000 回	强酸影响	
融点	317~327°C	强碱影响	
热变形温度(4.6kg/cm)	260°C	有机溶剂影响	

Teflon Insulation tubing: L、T、S、Type

- L Type: Wall thickness: 0.15mm~0.2mm Dielectric strength: 3600V ;
- T Type: Wall thickness: 0.3mm~0.35mm Dielectric strength: 7200V ;
- S Type: Wall thickness: 0.5mm~0.60mm Dielectric strength: 12000V ;

## 2、硅质玻璃纤维套管 (Silicon Glass Fiber Sleeving Character)

硅质玻璃纤维套管是以无碱性玻璃纤维纱编织成管，经特殊的一种树脂浸涂处理，再以适当的温度烘干而制成，它具有极佳的电气绝缘性，且耐燃耐温、耐电压、耐湿、在零下 50°C 低温时仍能保持柔软。在高温 200~250°C 亦不损电气特性，另外皮膜十分强韧，耐曲折。适用于 H 级马达、干式变压器、炭刷、冷冻机、冷气机、投射灯、卤素灯、吸顶灯、落地灯及发热体的导线、机械高温配线和保护所适用。

硅质玻璃纤维套管在变压器中常用于 CT 绝缘，其耐油性、抗剪性、耐磨性极佳，耐酸碱、水、液态氧、有机溶剂；耐温 180°C，耐电压 1.5KV。

内 径	内径偏差	厚 度	厚度偏差	
1.0 ~ 1.5	+0.2 / -0.1	0.25	000	耐热性 200°C 绝不产生异状
2.0 ~ 3.0	+0.3 / -0.15	0.38		
3.5 ~ 6.0	+0.3 / -0.15	0.45	20	燃烧性 45" 难燃
7.0 ~ 10	+0.5 / -0.5	0.50		
11 ~ 25	+1.5 / -0.5	0.63	50	自然熄灭

## 3、硅胶套管 (Silicon Rubber Tube)

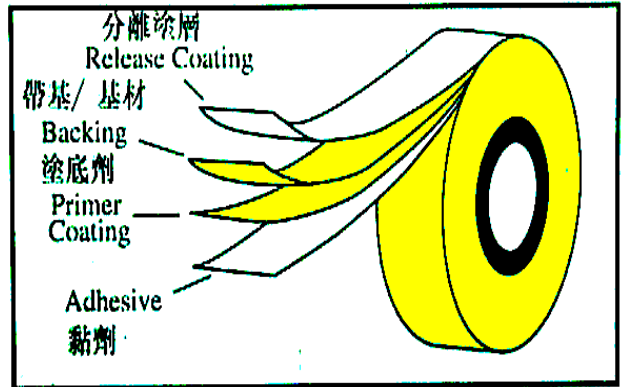
特 性	硅胶绝缘套管尺寸表	
	内径(mm)	外径(mm)
硅胶套管耐温在-70°C 至 200°C， 抗拉强度为 1000psi； 伸长率为 300%； 耐火、自熄； 抗剪穿性、耐磨性好； 耐酸、水、植物油、动物油佳； 稍耐碳化氢油及汽油； 耐电压 4000V。  硅胶套管常用于： 1 变压器绝缘套管； 2 电热绝缘套管 3 耐高温套管	0.5	x 1.3
	0.8	x 1.6
	1.0	x 1.8
	1.5	x 2.3
	2.0	x 2.8
	2.5	x 3.3
	3.0	x 4.0
	3.5	x 4.5
	4.0	x 5.0
	5.0	x 6.0
6.0	x 8.0	
7.0	x 9.0	
8.0	x 10.0	
9.0	x 11.0	
10.0	x 12.0	



## 四 胶带 Tape

### 1、电气胶带的构造

从一卷 3M#1350 粘贴胶带的外表，会令人联想到它所牵涉的物料科学、技术和先进生产处理等复杂性质。电气胶带的基本结构：分离涂层(Release Coating)、带基/基材(Backing)、涂底剂(Primer Coating)、粘剂(Adhesive)。



Basic construction of most electrical tapes.  
大部份电气膠帶的基本結構

图 4.1

(如图 4.1)

### 2、常用的胶带

我们以带基/基材的不同分类有：环氧胶带(Epoxy tape)、聚酰亚胺胶带(Polyimide tape)、聚四氟乙烯胶带(PTFE Tape)、乙烯树脂胶带(Vinyi Tapy)、聚酯薄膜(Polyeseter Taye)、强化纤维胶带(Filament Tape)、合成物薄膜(Composite Tape)、玻璃布(Glass Cloth)、乙醋酸布(Acetate Cloth)、纸带(Paper)

### 3、各种胶带有特性及用途

#### 3.1 环氧胶带(epoxy tape)

环氧胶带抗焊接、抗穿刺、质薄、绝缘强度高、从形性好，UL 认可耐温程度达 150°C 及阻燃。这种结构的胶带功能广泛，其 HI - POT 在 5KV 以上。

#### 3.2 聚酰亚胺胶带 (polyimide tape)

这种胶带以聚酰亚胺为-带基/基材的胶带适用于 Coil、缠结的电线和电容器。它能承受极大的温差，保持其物理及电气性能不变。其热固硅/硅的压敏胶粘剂提高聚酰亚胺胶带的稳定性。其耐温为 180°C，HI - POT 为 7.5KV。

#### 3.3 聚四氟乙烯胶带(PTFE Tape)

这些耐高温薄膜胶带在温差极大时使用仍可保持其性能不变，收缩程度低，有极佳的抗化学品能力、抗电弧能力强、且不含碳化物质。其耐温为 180°C，其 HI - POT 为 9.5KV。

### 3.4 乙烯树脂胶带(Vinyi Tapy)

乙烯胶带揉合了聚氯乙烯带基的灵活性及具备优良的电气绝缘性能。它的绝缘强度高，抗湿气、紫外线、磨损、腐蚀、碱和混合物。其压敏橡胶粘剂适用温差能力良好。胶带不褪色，用于迅速辨认电流相位、导线、导管和安全地带。乙烯胶带提供主要电绝缘达 600 伏特，亦可用于高压电缆电线缠结和电视消磁 Coil 的封装操作。Hi - Pot>8KV 最高可达 12KV。

### 3.5 聚酯薄膜(Polyeseter Taye)

这种胶带适应于需要薄质、耐用和高介电/耐电压强度材料时的绝缘用途。它必须比醋酸脂薄膜胶带耐温度。聚脂薄膜胶带从形性好、有极佳的抗化学品、抗化剂和防潮能力，并可承受切割及磨损。耐温 130°C Hi - Pot: 5KV。

### 3.6 强化纤维胶带(Filament Tape)

这种胶带特别适用于需要聚脂薄膜的高介电强度/高耐电压和玻璃布胶带的高度机械强度的情况。它的延展强度低、韧度高和抗撕裂，在 130°C 或以下范围使用这种胶带，比使用玻璃布胶带的成本为低。它可用来固定引线及端子板，并可缠结 Coil。

### 3.7 合成物薄膜(Composite Tape)

这种结构的结合聚脂薄膜的高介电/耐电压强度和抗撕裂性质以及无纺聚酯薄垫的软垫特性，并备有三种厚度可供选择。这种胶带即我们常说的 44# 醋酸布(ACT)，其耐温为 130°C，Hi - Pot: 5.5KV。

### 3.8 玻璃布(Glass Cloth)

玻璃布胶带用途最广泛且从形性最佳，它在纺织产品中最耐热和韧力最高，并能有效地吸收电气绝缘漆和树脂其耐温 130°C 以上，HI - POT: 3KV。

### 3.9 乙醋酸布(Acetate Cloth)、

这种胶带适用于 Coil 包封。从形性高。能抵受 105°C 的高温，乙醋酸布并能有效地吸收树脂和绝缘漆。HI - POT: 3.5KV。

### 3.10 纸带(Paper)

这些胶带具软垫功能，抗穿刺和韧度高。其绉纹及纤维带基物料具有极高从形性，用于 Coil 包封及 105°C 或以下温度范围。HI - POT: 2KV。

## 五 漆包线 WIRE

### 1、 漆包线的种类及用途：

名 称	种类	耐热 区分	用途	Remarks
性树脂漆包线 (E. W. )	Type 1 Type 2 Type 3 Type 4	Type A (105°C)	因具有体积小优点普遍被使用于电话交换机的继电 Coil。可适用于通讯机器的继电 Coil，照明器具用 Coil 控制机器用 Coil	1、UEW 漆包线可以着色 2、第 0 种的皮膜特别厚 第 1 种薄 第 2 种较薄 第 3 种更薄 第 4 种最薄
聚乙烯醇缩甲醛漆包线 (P. V. F. )	Type 0 Type 1 Type 2	Type A (105°C)	机械特性优良，可用于电动机。汽车用电装品，一般回转机，马达。电扇及变压器等的 Coil	
聚胺基甲酸酯漆包线 (U. E. W. )	Type 1 Type 2 Type 3	Type E (120°C)	弱电机用，特别适用于高波通信机械，中频。高频 Coil	
自融性聚胺脂漆包线 (S. B. W. )	Type0 Type1 Type2	Type B (130°C)	通信仪器的 Coil 电气机器的 Coil 电气计器的 Coil 电视偏食向 Coil 喇叭音响 Coil	
聚脂瓷漆包线 (P. E. W. )	Type0 Type1 Type2	Type F (155°C)	适用于要求热特性良好的电动机及变压器等 各种电动机的 Coil 各种变压器的 Coil 密闭电动机的 Coil 耐温稍高的马达 Coil	
聚胺基甲酸酯尼龙被覆漆包线 (UEW-NY)	Type 1 Type 2	TypeE (120°C)	适用于耐磨性良好的高速绕线作业的机械	
聚亚胺聚脂漆包线 (E. I. W. )	Type 0 Type 1 Type 2	Type H (180°C)	适用于马达 Coil，干式变压，温度 class F 的替续器中，适用于电冰箱或冷气机中的密封马达线圈中。	
聚亚胺醯胺漆包线 (A. I. W. )	Type 1 Type 2 Type 3	Type A (220°C)	适用于 H 级马达，变压器，替续器等的线圈。	

### 聚脂瓷漆包线 (P. E. W. )

聚脂瓷漆包线是以耐热的 Terephthalic Polyester 树脂为主体的油脂为绝缘皮膜烤漆于导体而成。

特性:

- 耐热性比合成树(P. V. F. ) 漆包线、U. E. W. 漆包线优越
- 耐药性(碱性除外) 、耐溶性优良
- 机械强度可与合成树脂(P. V. F. ) 媲美
- 力率、诱电率可与 U. E. W. 漆包线媲美
- 耐碱性、耐湿性比合成树脂漆包线(P. V. F. )

### 聚胺基甲酸脂漆包(U. E. W. )

聚胺基甲酸脂漆包是以 Polyurethane 树脂为主体的油脂为绝缘皮膜，烤漆于导体而成。其最大的特点为皮膜在 300°C 以上时，能于短时间内溶解，所以可不剥皮而作焊接工作。

耐热性比合树脂(P. V. F. ) 漆包线优越(E 种) 机械强度可与合成树脂(P. V. F. ) 漆包线比美。

特性:

- 耐热性比合成树(P. V. F. ) 漆包线优越
- 因能不剥皮作焊接工作，故可提高工作效率
- 耐酒精系列溶剂比一般漆包线差稍许，但实用上并无影响

### 聚乙烯醇缩甲醛漆包线(P. V. F. )

聚乙烯醇缩甲醛漆包线(P. V. F. ) 是以合成树脂漆包线中最早开发一种，以 Polyvinyl formal 树脂为主体，另附加硬化性树脂的油脂为绝缘皮膜烤漆于导体而成。

特性:

- 绝缘皮膜极为强热性比合成树(P. V. F. ) 漆包线、U. E. W. 漆包线优越
- 耐药性(碱性除外) 、耐溶性优良
- 机械强度可与合成树脂(P. V. F. ) 媲美
- 力率、诱电率可与 U. E. W. 漆包线比美
- 耐碱性、耐湿性比合成树脂漆包线(P. V. F. )

#### 聚亚胺聚脂 E. I. W. 漆包线

涂料为 Polyester-imide 树脂作成。具有高热安定性和高介质强度。

特性:

- 耐热冲击性良好
- 耐磨性佳、柔软性好
- 耐热性及耐化学药品性佳
- 耐冷 R-12 及 R-22

#### 聚亚胺醯胺漆包线( A. I. W. )

涂料为 Polyamide-imide 树脂作成，有优的稳热性。

特性:

- 耐热性优
- 耐磨性佳
- 耐化学药品性佳
- 耐冷 R-12 及 R-22

#### 自融性聚胺脂漆包线(S. B. W. )

融着性 U. E. W. 漆包线是 U. E. W. 漆包线上面再加一层热可塑性皮膜。

特性:

- 具有 U. E. W. 漆包线的全部特点
- 可节省 Coil 真空含浸时间的加热干燥处理，提高工作效率，降低成本
- 可与层间纸粘着，防止线间滑落

#### 油性树脂漆包线(E. W)

油性树脂瓷漆包线是最早普遍被使用的漆包线，以天然树脂与干性油为主的油质为绝缘皮膜，依规定厚度烤漆于导体而成。

特性:

- 在漆包线中，体积最小，可使 Coil 轻巧化。节约使用材料降低成本
- 耐水性优良，耐湿性佳，短期负热载性佳
- 因耐溶剂剂，耐油性差，故浸油时有选择溶剂的必要。
- 耐磨性比其它漆包线差，不适于笨重的绕线作业

2、WIRE 其它常识

2.1 2UEW 耐温 120°C，可以直接焊锡；而 PEW 耐温 155°C，180°C，焊锡时须脱皮。

2.2 丝包线用于显示器，不耐潮。

2.2 绞线用来取代较粗的单芯线。

A、换算公式： 股数\*Φ 数 x1.155(系数) =? Φ(线径)

$$\text{如 } 0.6\Phi \times 4P = 1.386\Phi \quad (4)^{\frac{1}{2}} \times 0.6\Phi \times 1.155 = 1.386\Phi$$

B、50cm 至少 25 绞，绞数多则 DCR 高。

各种漆包线的检验标准

品名	油性树脂漆包线		聚乙烯醇缩甲醛漆包线		聚酯瓷漆包线		聚胺基甲酸脂漆包线	
标准号码	CNS3984C3049		CNS3986 C3051		CNS3986 C3051		CNS3986 C3051	
符号	E W		P V F		P E W		U E W	
漆膜厚度类别	1种(3.2-0.1mm) 漆膜厚者 2种(1-0.025mm) 漆膜薄者		0种(3.2-0.1mm) 漆膜特厚者 1种(3.2-0.1mm) 漆膜厚者 2种(1-0.025mm) 漆膜薄者		0种(3.2-0.1mm) 漆膜特厚者 1种(3.2-0.1mm) 漆膜厚者 2种(1-0.05mm) 漆膜薄者		0种(3.2-0.1mm) 漆膜特厚者 1种(3.2-0.1mm) 漆膜厚者 2,3种(1-0.025mm) 漆膜薄者	
针孔试验	截取长度约 6 公尺的试料 1 条，浸入试验液中约 5 公尺，导以 12V 的直流电压 1 分钟后，产生的针孔数符合下表的规定 1种(2.0-0.3mm) 5个以下 2种(1.0-0.05mm) 8个以下 3种(0.04-0.025mm) 12个以下		同左 但须先加热处理(125° C10分) 后再行试验，产生的针孔数符合下表的规定 0种 2个以下 1种 3个以下 2种 5个以下		同 PVF 试验法，产生的针孔数，须符合下表的规定 0种 2个以下 1种 3个以下 2种 5个以下		同 PVF 试验法，产生的针孔数，须符合下表的规定 0种 2个以下 1种 3个以下 2种 5个以下 3种 12个以下	
卷线试验	截取确无针孔的适当长度试料 5 条，依下表所列平滑圆棒，紧密卷线 10 次再行针孔试，此时 5 条中不得有 3 条以上有针孔(0.37-2.0mm 施行)		依下表所列平滑圆棒，紧密卷线 10 次，不得有以肉眼所见的龟裂现象(0.37mm 以上施行)		同 PVF 试法		同 PVF 试法	
	导线直径 mm	圆棒直径	导线直径 mm	圆棒直径	导线直径 mm	圆棒直径	导线直径 mm	圆棒直径
2.0-1.2	导线直径 8 倍	2.0-1.2	导线直径 6 倍	2.0-1.2	导线直径 6 倍	2.0-1.2	导线直径 5 倍	
1.1-0.8	导线直径 6 倍	1.1-0.8	导线直径 5 倍	1.1-0.8	导线直径 5 倍	1.1-0.8	导线直径 4 倍	
0.75-0.55	导线直径 5 倍	0.75-0.55	导线直径 4 倍	0.75-0.55	导线直径 4 倍	0.75-0.55	导线直径 3 倍	
0.5-0.37	导线直径 4 倍	0.5-0.37	导线直径 3 倍	0.5-0.37	导线直径 3 倍	0.5-0.37		
伸长试验	截取确无针孔的适当长度试料 5 条，设标点距离为 250mm 而伸长 10%，再行针孔试，此时 5 条中不得有 3 条以上有针孔(0.37mm 施行)		截取确无针孔的适当长度试料 3 条，设标点距离为 250mm，0.35-0.1mm 而伸长 10%，0.09-0.08mm 而伸长 5%，伸长后以 8 倍的放大镜检查时，不得有龟裂现象。		同 PVF 试验法		同 PVF 试验法	
绝缘破坏试验	2 条		同左		同左		同左	

## 六 胶 Epoxy

- 1、用途：在变压器中，胶用于接合、固定或灌注。
- 2、胶的储存与使用方法：
  - 2.1 胶放置久未使用，会有沉淀现象，使用前先搅拌均匀；
  - 2.2 部分种类的胶需冷藏储存(在包装外会标明保存温度： $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ )，取出使用，如有固体或结晶现象时应先搅拌或加温至  $25^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$  使之软化。
  - 2.3 凡化学品都有使用期限，逾期化学品不宜使用
- 3、胶的种类
  - 3.1 常用的胶大约可分为
    - 3.1.1 环氧树脂系 Epoxy Resin
    - 3.1.2 硅铜系
    - 3.1.3 压氧系
    - 3.1.4 氰压克力脂：瞬间胶水
    - 3.1.5 热熔胶：封固零件或接点
- 4、胶按其组成不同分为单剂型、双剂型和三剂型(不常使用)
  - 4.1 单剂型：制造厂商已将树脂与硬化剂调好，其化学变化过程缓慢，通常需要冷藏，使用后加热使其硬化。
  - 4.2 双剂型：树脂与硬化剂分开，可于室温下保存使用时将二剂依正确比例混合，必须搅拌均匀，否则烘烤不干。正确比率混合且经搅拌均匀的胶，通常要在室温下即可硬化，故需视使用量调合，以免浪费。
- 5、使用说明如下：
  - 5.1 环氧树脂系：
    - 甲、灌注用
      - A、升龙 E505(透明) 或 E505B(黑色) 硬化剂 927
        - 混合比率 E505(505B)：927=10：3
        - 通常用于 Pulse X'FMER 灌注用，填满 Case，本胶不可直接接触到 Coil，尤其 Ferrite，小型 Coil 会使电感值下降。本胶混合后必须搅拌均匀至略见起泡调合后在 70 分钟内用完，否则太久胶会变稠，使用不便。本胶调合后可放入抽真空机慢慢抽等气泡抽出后灌注使用；如未抽真空，灌注后烘烤，烤箱温度应由低温慢

慢上升至 100°C，烘烤前 20 分钟内会冒出气泡。应常去观看，用酒精喷洒使气泡消除。干后表面光滑，正常作业下采用此方法。

B、升龙 E505(透明) 或 E505B(黑色) 硬化剂 834

混合比率 E505(505B) : 834=10: 1

本胶快速硬化，搅拌均匀，约 15 分钟即开始变稠，使用不便，一次不能调太多，特别注意：

a 本胶不可直接接触到 Coil，否则电感下降；

b 本胶可作灌注用，也可使用在 pulse X'FMER 固定 Lead 及 Case 用(使用时宜将 Coil 挑高，以防碰到 Coil)

c 本胶发热即开始要变稠，调好后最好二人以上同时使用；

d 本胶灌后约烤 20 分钟即硬固。

C、大格 5056A, 5056B 比率 4: 1 (同 1 项)

D、大格 5068A, 5068B 比率 2: 1 (同 2 项)

E、大格 5062A, 5062B 比率 1: 1

本胶原用在录音磁头灌注用，为透明胶，厂内经常用在固定 Core 与 Bobbin 之间，作固定用。其为透明色，沾到 Pin 不容易察觉，使用小心。

F、国森 C907A, C907B 比率 1: 1 (同 5 项)

烘烤 80°C，30 分钟硬化。100°C 20 分钟硬化

## 5.2 接合固定用：大部分为单剂型

A、AMICON A-359

用在 Core 接合固定或 Core 与 Bobbin 之间的粘着固定。

本胶由于颗粒较粗，若涂在两片 Core 的接合面，则形成 Gap 较大，影响电感值，故一般使用都是点在 Core 接触处的外面两侧

本胶硬化(Curing) 收缩率大，遇到 Core 强度不足者，会有使 Core 裂痕的现象。

※ 本胶冷藏保存时一年内使用。

※ 本胶 110°C 烤 2 小时硬化

B、万联 WK-1316, WK-1305 (同 1 项)

冷藏保存时藏三个月。

C、大格 C2089



本胶颗粒较细，可直接涂于两片 Core 接合面，收缩率大，遇到 Core 强度不足者，会有使 Core 裂痕的现象

冷藏保存三个月

#### D、EP-106 EP-108 日本タメツクム公司

本胶颗粒细，涂于 Core 的接合面，形成的 Gap 极小，故可直接涂于 Core 的接合面；本胶烘烤先略为液化再硬化，在液化阶段较滑，使原对齐的接合面滑动，才使用本胶时应用夹具把 Core 固定。110°C 烘烤 2 小时。

本胶冷藏保存三个月

### 5.3 绝缘用：

5.3.1 国森 C909A, C909B 混合比率 A: B=3: 1 俗称耐压胶，能防止 HI - POT 击穿。

### 5.4 硅铜系

硅铜树脂耐紫外线，抗氧化耐化学品，耐热性均良好，在室温下抗震性良好。通常用在 Pulse X'FMER Coil 保护胶，即先用此胶灌注 Coil 四周，烤干后再灌黑胶；

#### A、RTV

本胶冷藏保存，取出后可直接灌注保护 Coil，烘烤 30~40 分钟即可硬化，

#### B、信杰 KE-441 (同 1 项)

本胶太粘稠时可加稀剂

本胶可冷藏保存，也可在室温 25°C 下保存 6 个月

#### C、国森 C152A, C152B 混合比率 A: B=3: 1

俗称弹性胶用于 Coil，保护作用，避免灌注黑胶 Epoxy 时使电感下降。

以上三种胶用在 Pulse X'FMER Coil 的保护隔离作用三种胶各有不同的介电常数灌胶后 Coil 的线间电容 Cw 会升高一倍左右。三种胶以 152A/B 胶最便宜，RTV 最贵，KE-441 流动性较好，对 HI - POT 防治性较佳

#### D、希玛(TECHFORM) C533

本胶为硅酮类拒焊剂白色糊状胶，加热固化后成为略带透明的弹性体，可以撕下，以前 KS 做 Pulse X'FMER 时 Lead 插入 Case 内 Pin 位置有空隙，为防止灌注时溢胶，在外面底部先涂上本胶，待黑胶烤干后撕去。

本胶一般可用于电子零件上不欲焊锡的部分涂上，过完锡炉后撕去。  
本胶在室温 25°C 下 1 小时可自然硬化。

### 5.5 厌氧胶

厌氧胶大部分为单剂型液体，在有氧气存在的环境下不会硬化，一旦隔离氧气则可在室温下硬化，当接着面是铁或铜金属时，会加速其反应，也可用催化剂加速其固化。

#### A、LOCTITE: C325 厌氧胶      LOCTITE: C707 催化剂

Core 两片，一片涂 C325，一片涂 C707(涂在 Core 接合面)，两片 Core 组装接合对齐，用耳夹夹住可在 2-5 分钟固化，如不使用催化剂，单用 C325 加热 110°C 20 分钟固化。

本胶室温保存：C325 半年，C707 未开封半年，已开封一个月  
本胶对皮肤有刺激性使用前抹护手膏或戴手套，用后即洗手。

#### B、压克力胶

本胶一般为双剂胶。A、B 二剂一旦接触可在室温下固化，不必有正确的混合比率，也没有环氧树脂硬度过大的缺点。

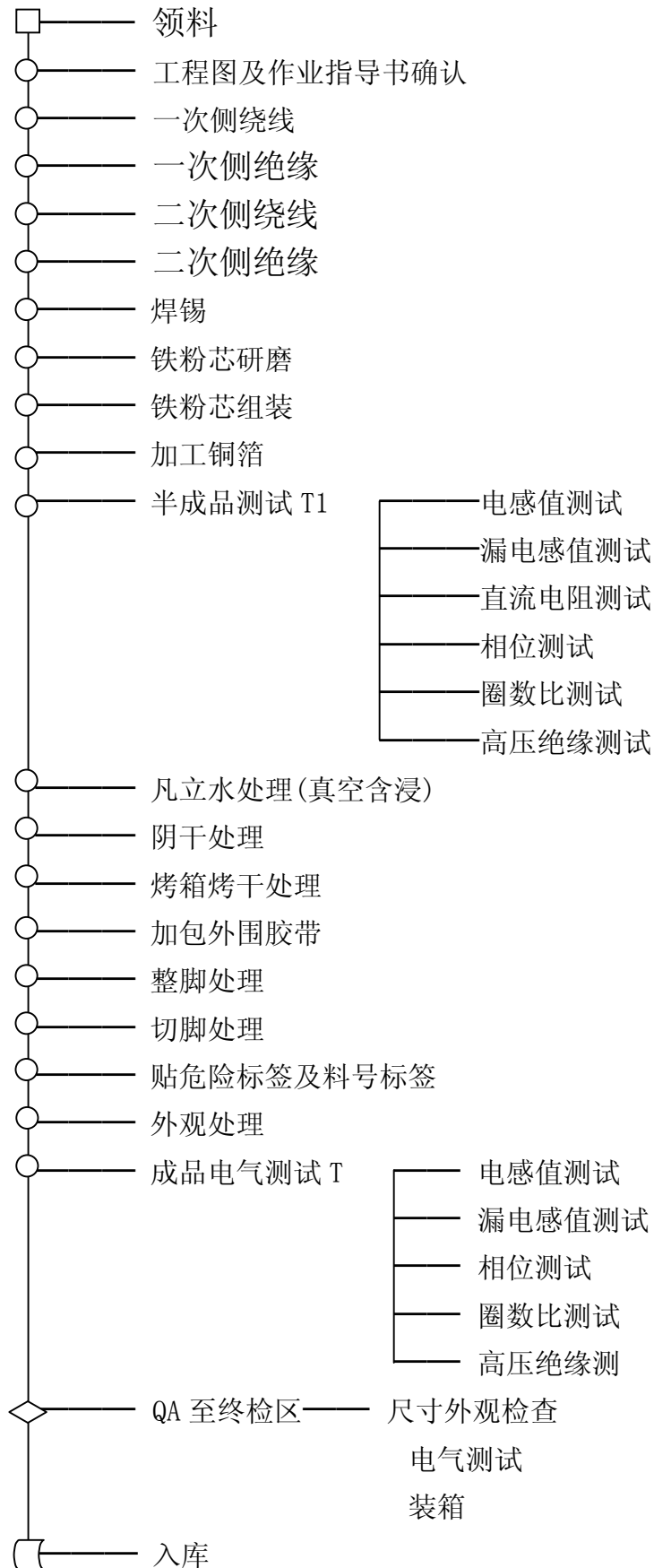
OKURA: L0-2000A 白色

L0-2000B 蓝色

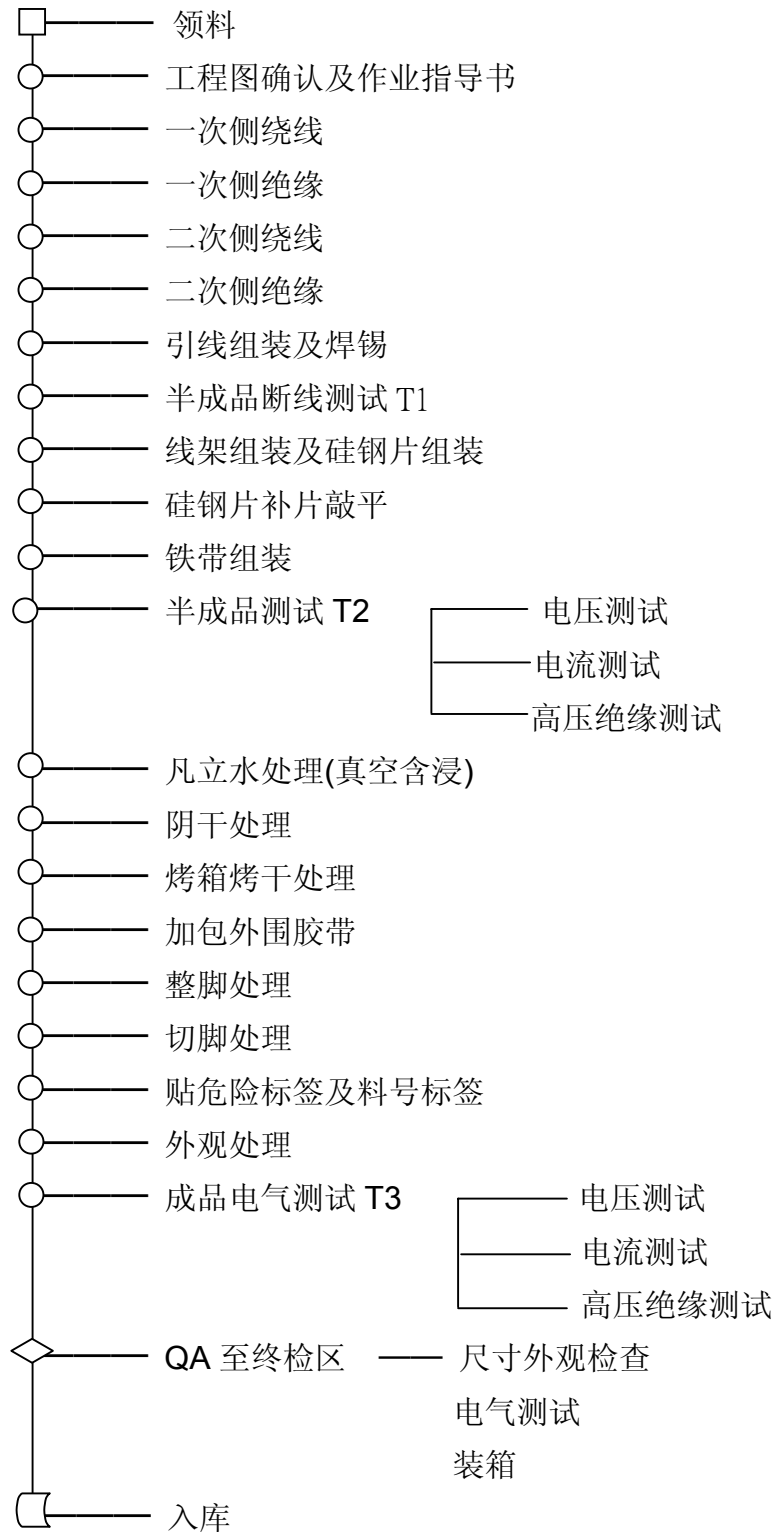
Core 两片接合面分别涂 A, B 剂组装接合用耳夹夹住 3~5 分钟固化，2 小时完全硬化，可烘烤缩短硬化时间， 室温保存：1 年。

## 第四章 变压器制作流程

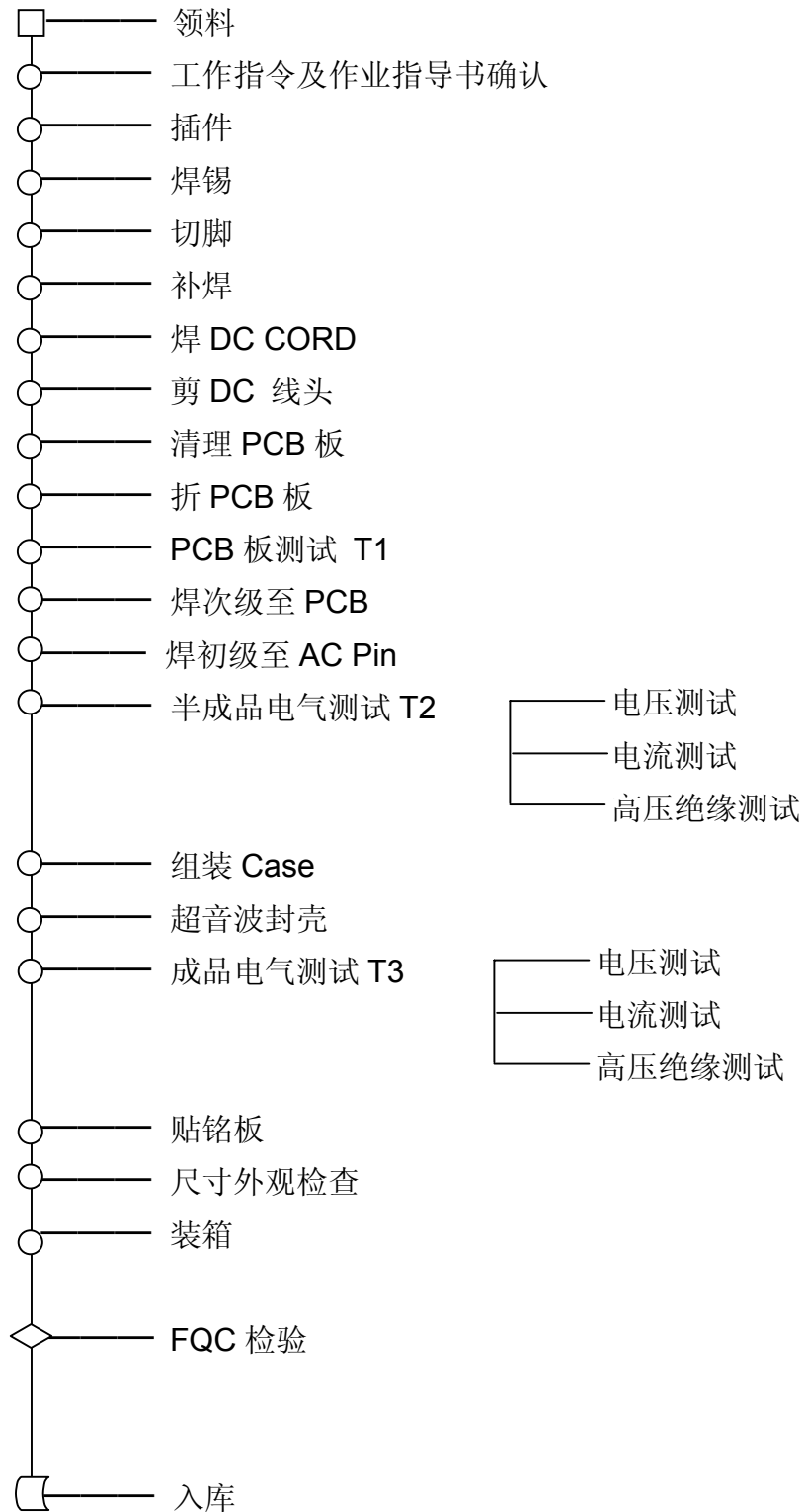
### 1、 高频变压器制作流程图



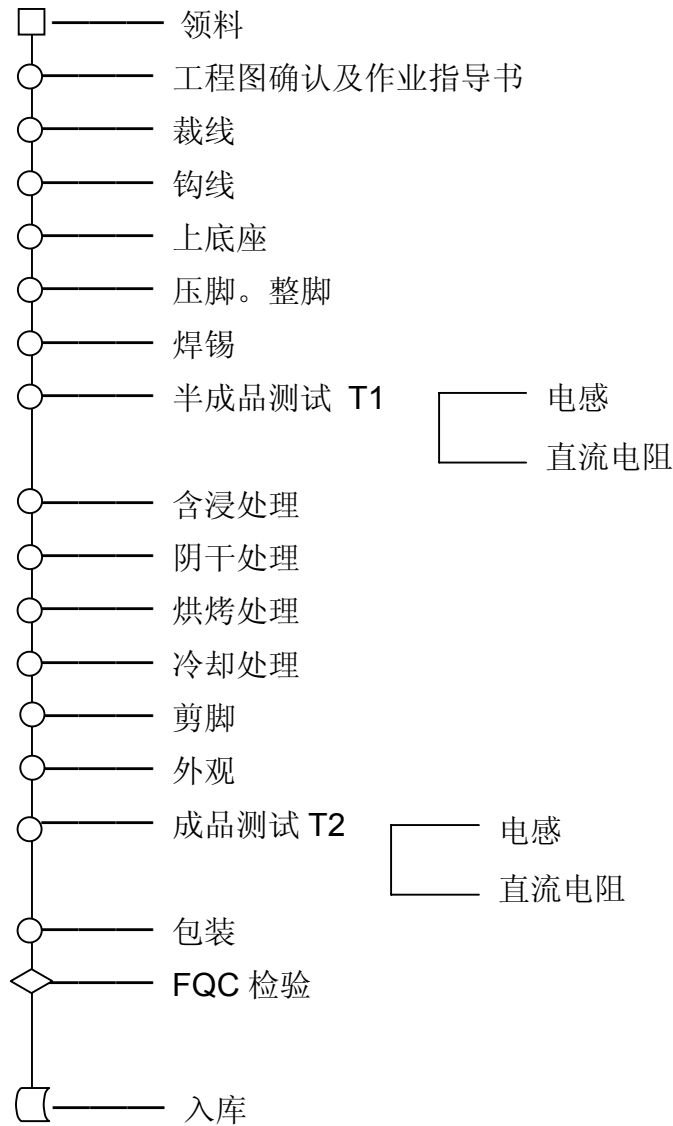
## 2、 低频变压器制作流程图



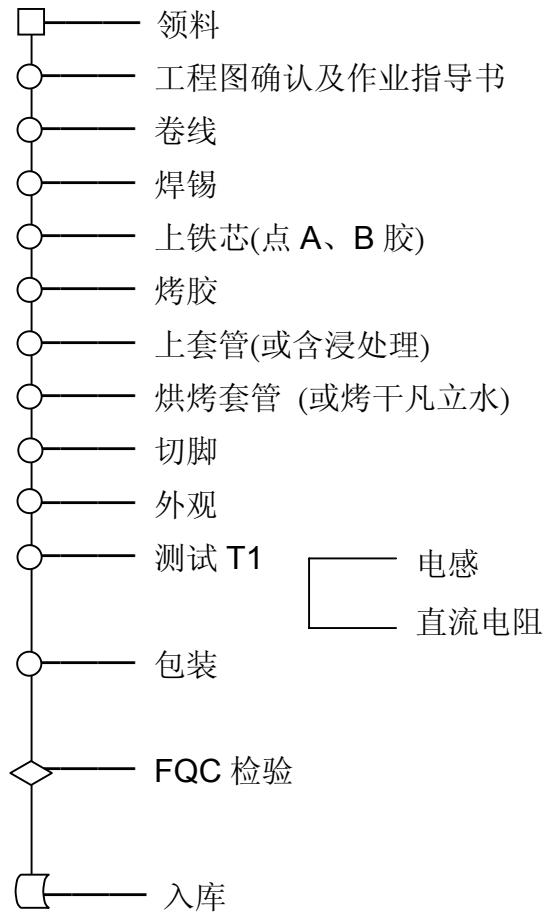
### 3、 ADAPTOR 制作流程图



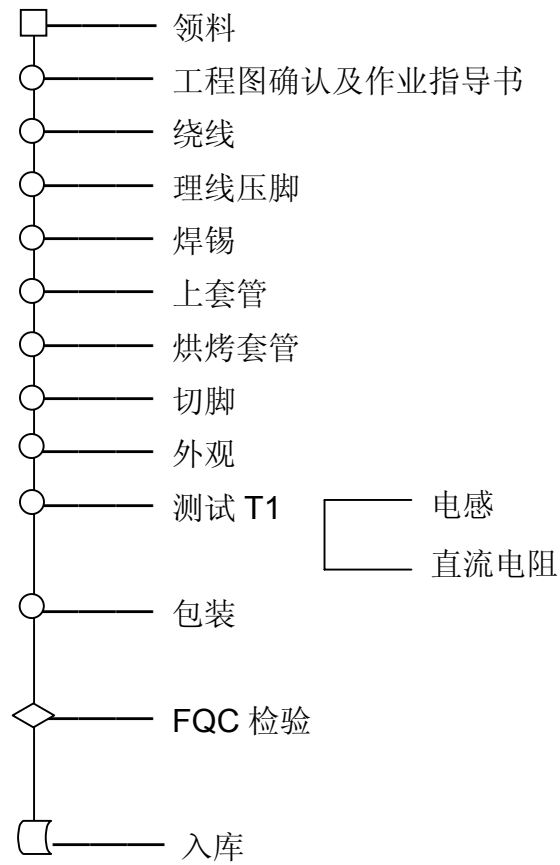
### 4、 T Core 线圈制作流程图



### 5、 R Core 线圈制作流程图



## 6、 DR Core 线圈制作流程图

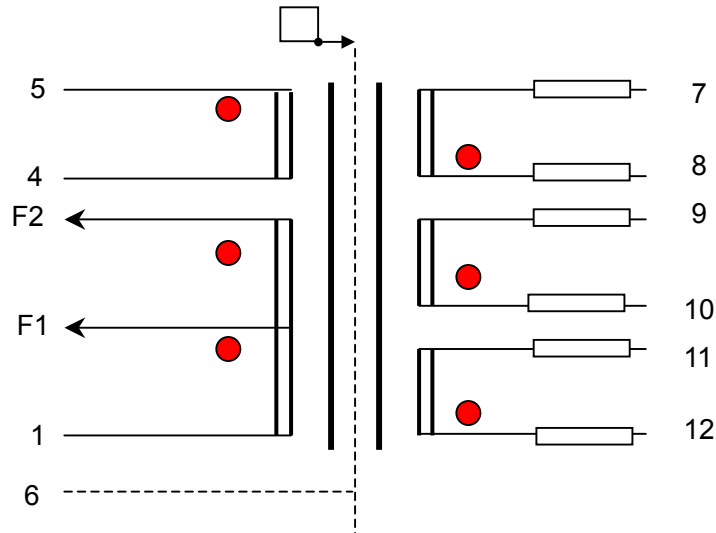




## 第五章 工程图

工程图内容包括：线路图、剖面图、使用的 Core、Bobbin、绕制说明、电气测试、外观图等说明

### 1、 电路图：



### 2、 符号说明：

- A. ● 表示起绕点
- B. ——— 表示出线引到线轴的端子上。
- C. ———▶ 表示不接 Pin 的出线。F1 为英文 FLYING-Lead 的字头，意思为飞出来的引线，我们可称为飞线。
- D. || 表示变压器的铁芯，其左边为初级，右边为次级，
- E. - - - 表示铜箔。
- F. 表示外铜箔
- G. 表示套管

## 第六章 变压器制作工法(A: 高频类)

### 一 绕线

#### 1、材料确认

1.1 Bobbin 规格的确认为。

1.2 不用的 Pin 须剪去时，应在未绕线前先剪掉，以防绕完线后再剪除时会刮伤 WIRE 或剪错脚，而且可以避免绕线时缠错脚位。

1.3 确认 Bobbin 完整：不得有破损和裂缝。

1.4 将 Bobbin 正确插入治具，一般特殊标记为 1 脚(斜角为 Pin 1)，如果图面无注明，则 1 脚朝机器。

1.5 须包醋酸布的先依工程图要求包好，紧靠 Bobbin 两侧，再在指定的 Pin 上先缠线(或先钩线) 后开始绕线，原则上绕线应在指定的范围内绕线

#### 2、绕线方式

根据变压器要求不同，绕线的方式大致可分为以下几种：

2.1 一层密绕：布线只占一层，紧密的线与线间没有空隙。整齐的绕线。(如图 6.1)

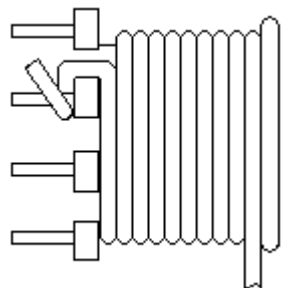


图 6.1

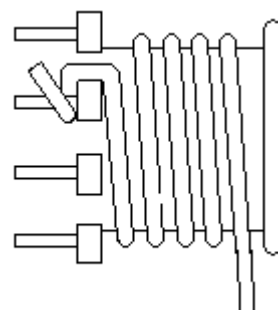


图 6.2

2.2 均等绕：在绕线范围内以相等的间隔进行绕线；间隔误差在 20%以内可以允收。(如图 6.2)

2.3 多层密绕：在一个绕组一层无法绕完，必须绕至第二层或二层以上，此绕法分为三种情况：

a、任意绕：在一定程度上整齐排列，达到最上层时，布线已零乱，呈凹凸不平状况，这是绕线中最粗略的绕线方法。

b、整列密绕：几乎所有的布线都整齐排列，但有若干的布线零乱(约占全体 30%，圈数少的约占 5%REF)。

c、完全整列密绕：绕线至最上层也不零乱，绕线很整齐的排列着，这是绕线中最难的绕线方法。

2.4 定位绕线：布线指定在固定的位置，一般分五种情况 (如图 6.3)

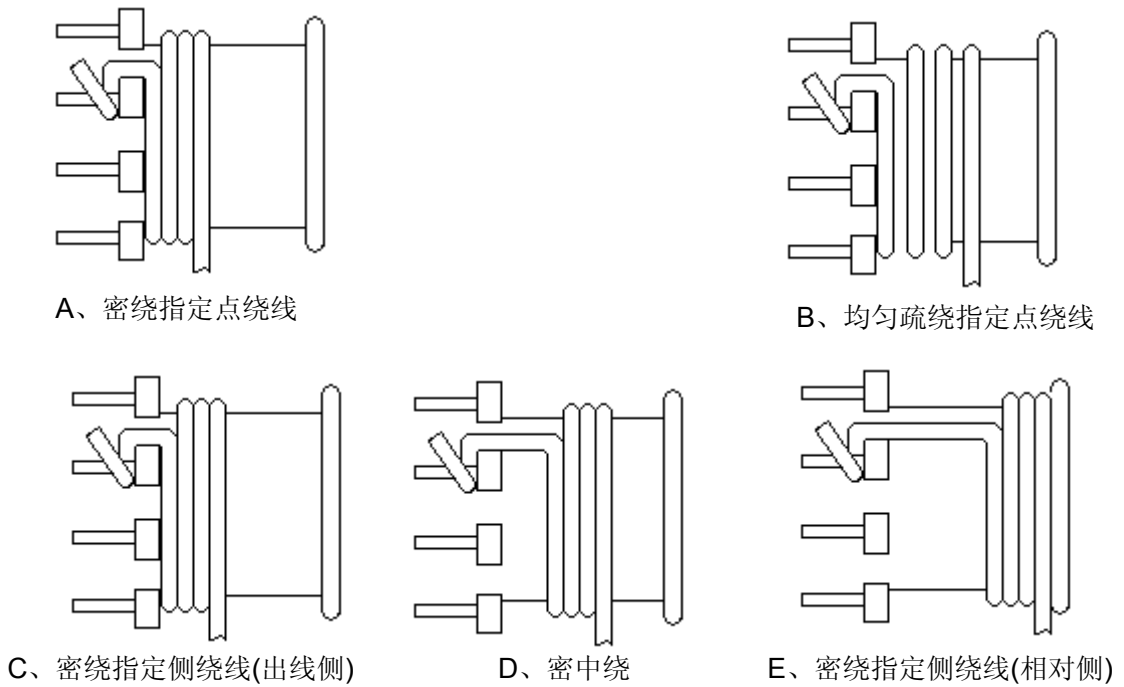


图 6.3

2.5 并绕：两根以上的 WIRE 同时平行的绕同一组线，各自平行的绕，不可交叉。此绕法大致可分为四种情况：(如图 6.4)

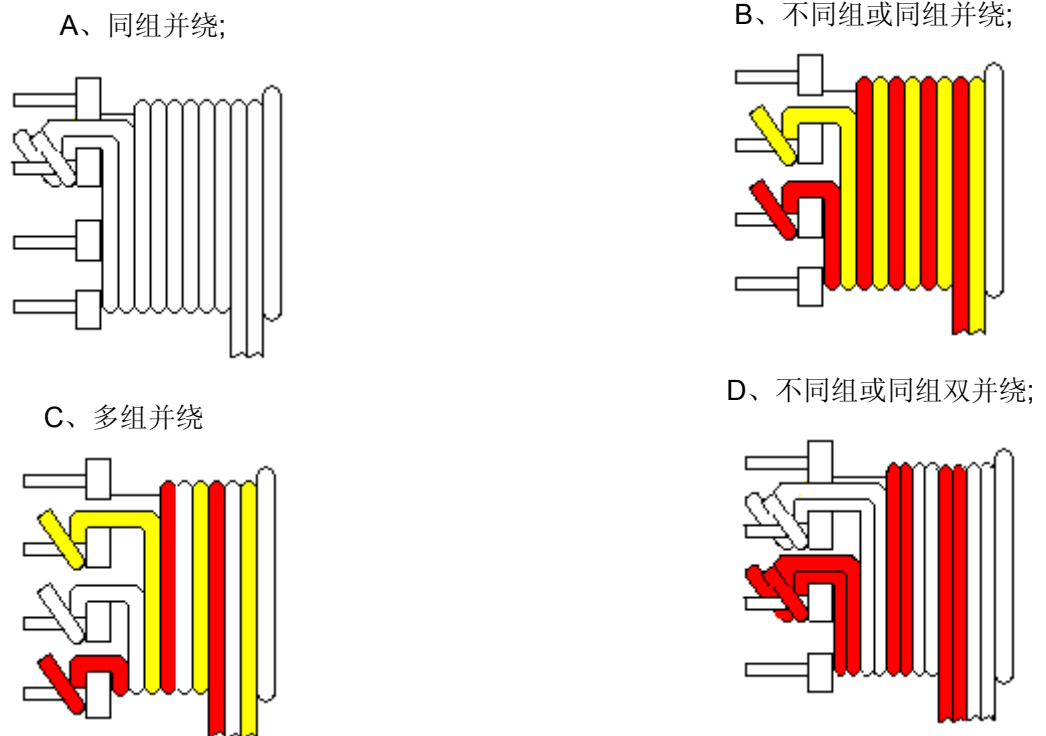
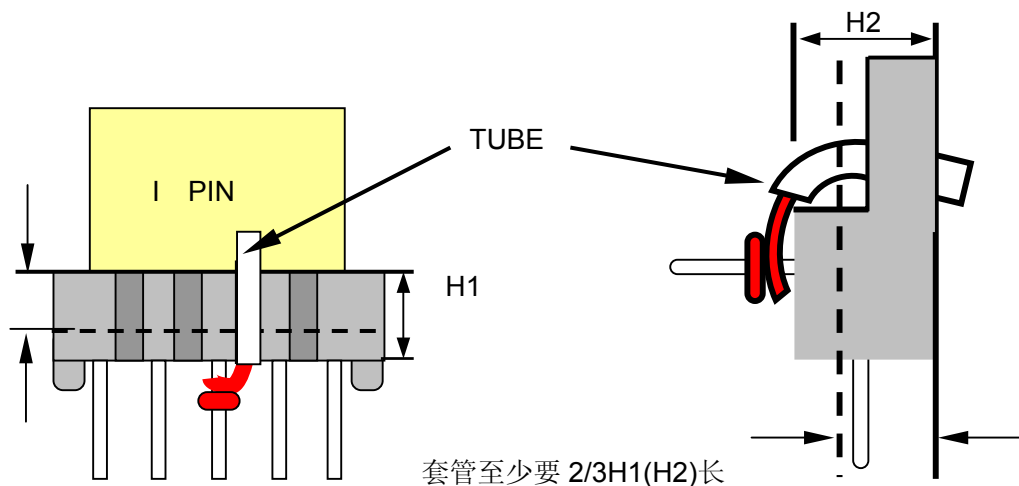


图 6.4

### 3、注意事项：

- 3.1 当起绕(START) 和结束(FINISH) 出入线在 Bobbin 同一侧时，结束端回线前须贴一块横越胶布(CROSS OVER Tape) 作隔离。
- 3.2 出入线于使用 Bobbin 的凹槽出线时，原则上以一线一凹槽方式出线，若同一 Pin 有多组可使用同一凹槽或相邻的凹槽出线，唯在焊锡及装套管时要注意避免短路。
- 3.3 绕线时需均匀整齐绕满 Bobbin 绕线区为原则，除工程图面上有特别规定绕法时，则以图面为准。
- 3.4 变压器中有加铁氟龙套且有折回线时，其出入线所加的铁氟龙套管须与 Bobbin 凹槽口齐平(或至少达 2/3 高)，并自 Bobbin 凹槽出线以防止因套管过长造成拉力将线扯断。但若为 L Pin 水平方向缠线，则套管应与 Bobbin 边齐平(或至少 2/3 长)。(如图 3)



- 3.5 变压器中须加醋酸布作为档墙胶带时，其档墙胶带必须紧靠 Bobbin 两边。为避免线包过胖及影响漏感过高，故要求 2TS 以上的醋酸布重迭不可超过 5mm，包一圈的醋酸布只须包 0.9T，留缺口以利于凡立水良好的渗入底层。醋酸布宽度选用与变压器安规要求有关，VED 绕法 ACT 宽度 3.2mm 包两边且须加 TUBE。绕法：Pin 端 6mm/4.8mm/4.4mm/4mm； TOP 端 3mm/2.4mm/2.2mm/2mm 时不须 TUBE。绕线时铜线不可上档墙，若有套管，套管必须伸入档墙 3mm 以上。

### 4、引线要领：

#### 4.1 飞线引线

- 4.1.1 引线、长度按工程图要求控制，如须绞线，长度须多预留 10%。
- 4.1.2 套管须深入挡墙 3mm 以上。(如图 6.5)

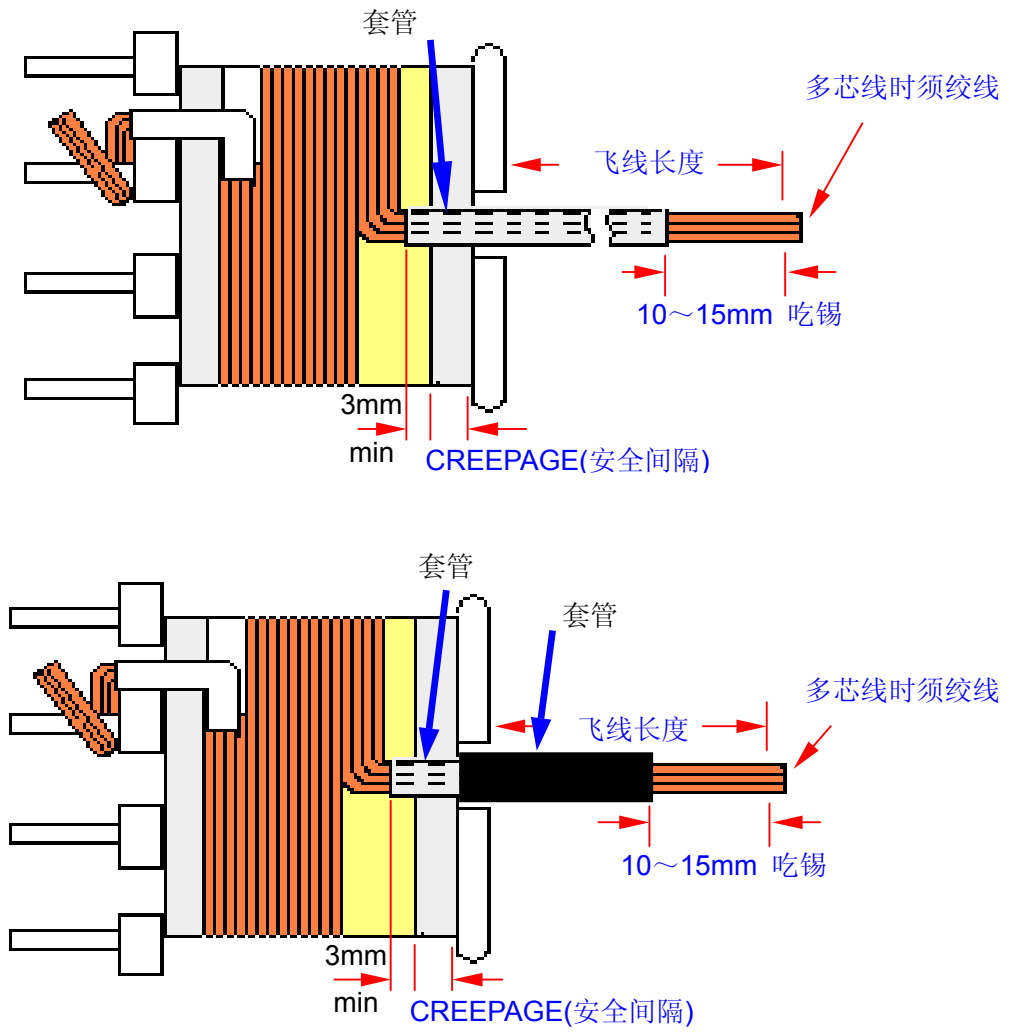


图 6.5

## 二 包铜箔

### 1、铜箔绕制工法

#### 1.1 铜箔的种类及在变压器中的作用；

我们以铜箔的外形分有裸铜各背胶两种：铜箔表面有覆盖一层 **Tape** 的为背胶，反之为裸铜；以在变压器中的位置不同分为内铜和外铜。裸铜一般用于变压器的外铜。铜箔在变压器中一般起屏蔽作用，主要是减小漏感，激磁电流，在绕组所通过的电流过高时，取代铜线，起导体的作用。

#### 1.2 铜箔的加工。

A、内铜箔一般加工方法 A：焊接引线 → 铜箔两端平贴于醋酸布中央 → 折回醋酸布(醋酸布须完全覆盖住焊点) → 剪断醋酸布(铜箔两边须留 1mm 以上)。

(如图 6.6)

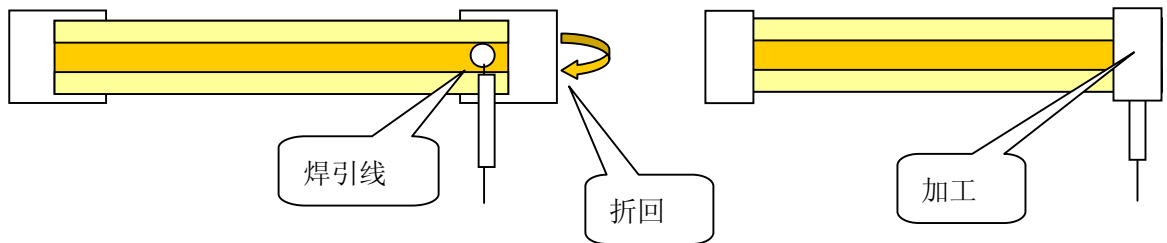


图 6.6

B、内铜加工方法：(如图 6.7)

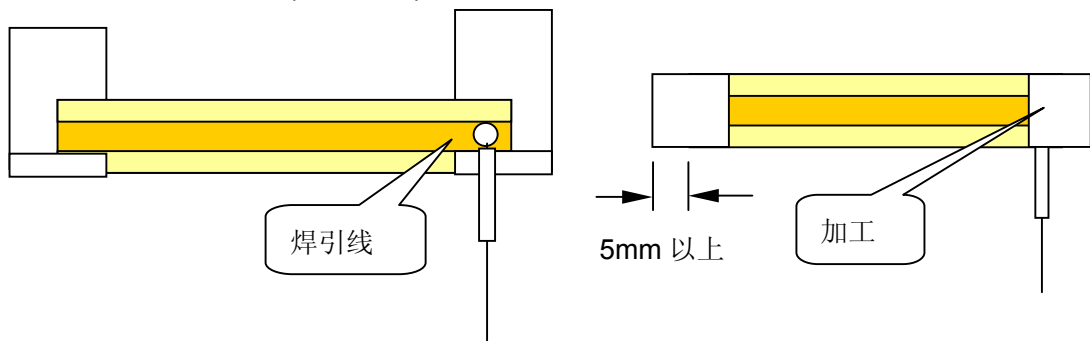
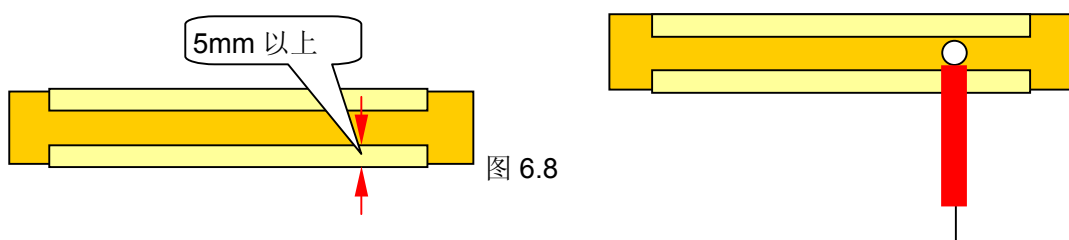


图 6.7

C、外铜加工工法：(如图 6.8)



2、变压器中使用铜箔的工法要求：

a. 铜箔绕法除焊点处必须压平外铜箔的起绕边应避免压在 Bobbin 转角处，须自 Bobbin 的中央处起绕，以防止第二层铜箔与第一层间因挤压刺破胶布而形成短路。

(如图 6.9)

b. 内铜片于层间作 Shielding

绕组时，其宽度应尽可能涵盖该层的绕线区域面积，又厚度在 0.025mm(1mil) 以下

时两端可免倒圆角，但厚度

在 0.05mm(2mils) (含)以上的铜箔时两端则需以倒圆角方式处理。

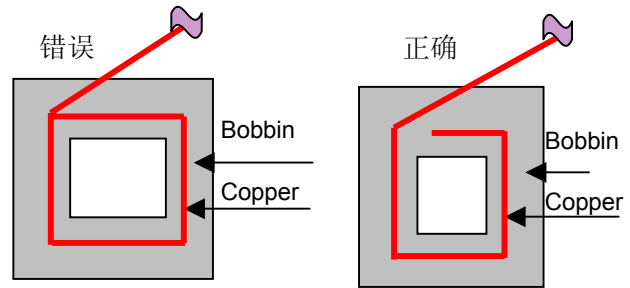


图 6.9

c. 铜箔须包正包平，不可偏向一边，不可上挡墙。(如图 6.10)

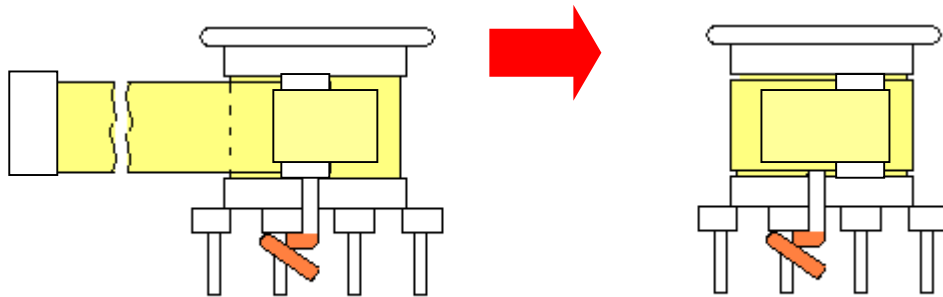


图 6.10

d. 焊外铜(如图 6.11)

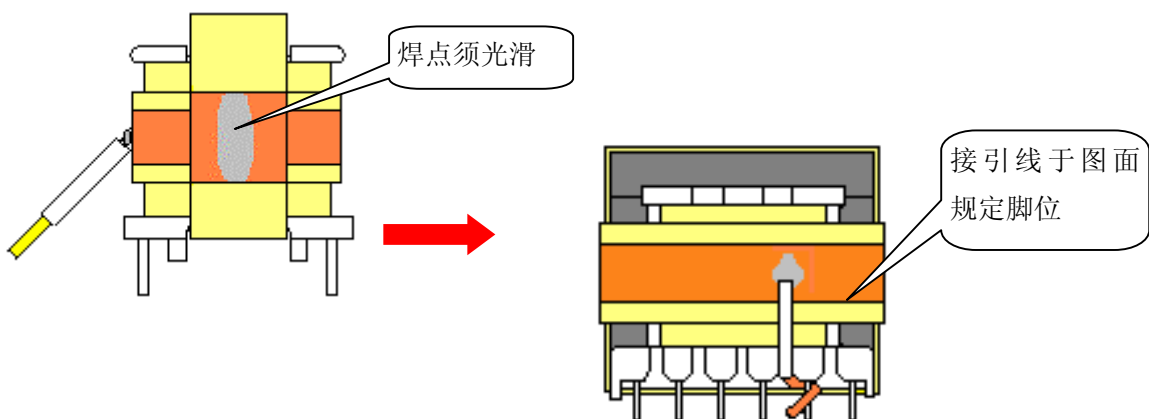


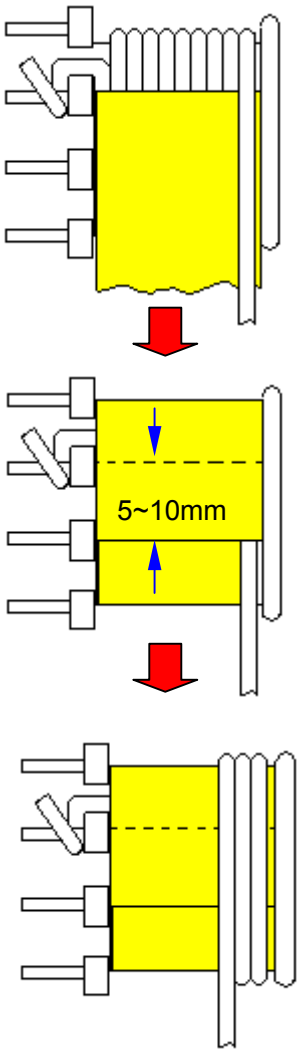
图 6.11

- Note:**
- 1、铜箔焊点依工程图，铜箔须拉紧包平，不可偏向一侧。
  - 2、点锡适量，焊点须光滑，不可带刺。点锡时间不可太可，以免烧坏胶带。
  - 3、实际上，短路铜箔的厚度用 0.64mm 即可，而铜箔宽度只须要铜窗绕线宽度的一半。

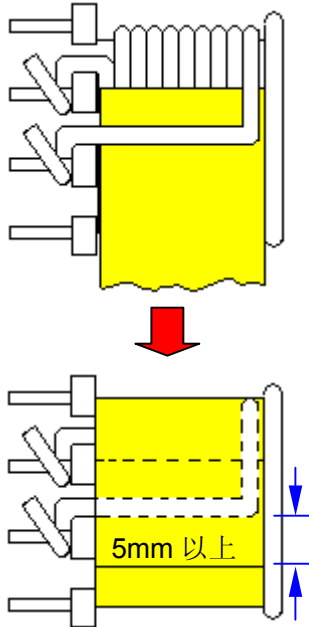
### 三 包胶带

1、包胶带的方式一般有以下几种。(如图 6.12)

A.同组不同层的绝缘方法.



B.不同层的绝缘方法.



C.最外层的绝缘方法.

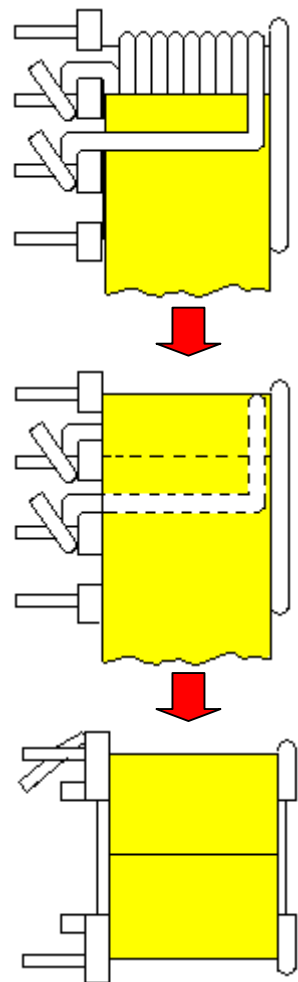
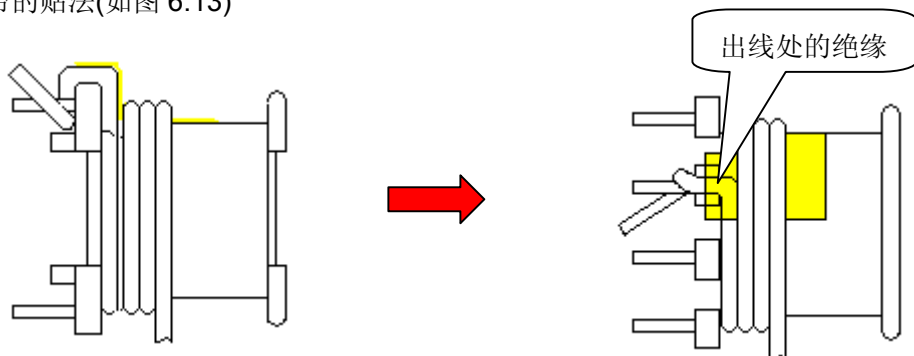


图 6.12

**Note:** 胶带须拉紧包平，不可翻起刺破，不可露铜线。最外层胶带不宜包得太紧，以免影响产品美观。

D.压线胶带的贴法(如图 6.13)

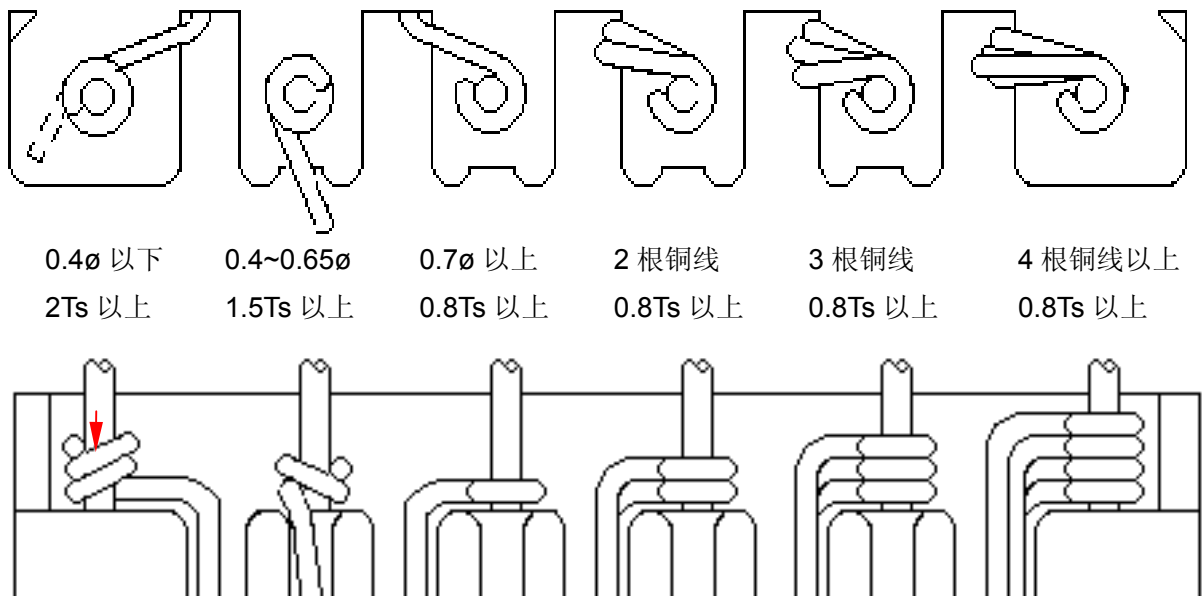




## 四 压脚

### 1、压脚作业

- 1.1 将铜线理直理顺并缠在相应的脚上。
- 1.2 压脚：用斜口钳将铜线缠紧并压至脚底紧靠档墙。
- 1.3 剪除多余线头。
- 1.4 缠线圈数依线径根数而定。(如图 6.14)



不可超过 Bobbin STOPPER

图 6.14

**Note:** 铜线须紧贴脚根，预计焊锡后高度不会超过墩点；不可留线头，可压伤脚，不可压断铜线，不能损坏 Bobbin。

### 1.5 铜线过多的可绞线。(如图 6.15)



图 6.15

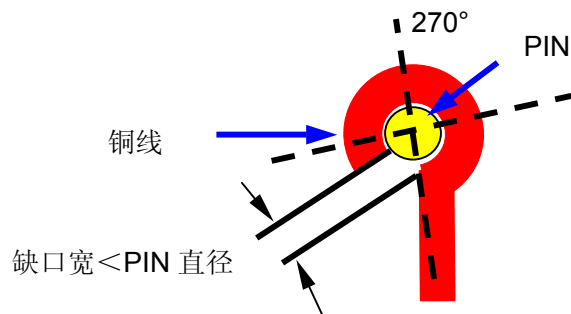


图 6.16

### 1.6 0.8T 的缠线标准如图 6.16 所示。

## 五 焊锡

### 1、焊锡作业步骤：

- 1.1 将产品整齐摆放。
- 1.2 用夹子夹起一排产品。
- 1.3 Pin 脚沾助焊剂；
- 1.4 以白手捧刮淨锡面。
- 1.5 焊锡：立式 Bobbin 镀锡时将脚垂直插入锡槽(卧式 Bobbin 将脚倾斜插入焊锡槽)，镀锡深度以锡面齐 Pin 底部为止。(如图 6.17)

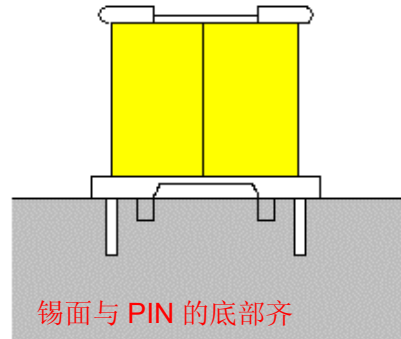


图 6.17

### 2、完毕确认。

- 2.1 镀锡须均匀光滑，不可有冷焊，包焊，漏焊，连焊，氧焊或锡团(如图 6.18)。

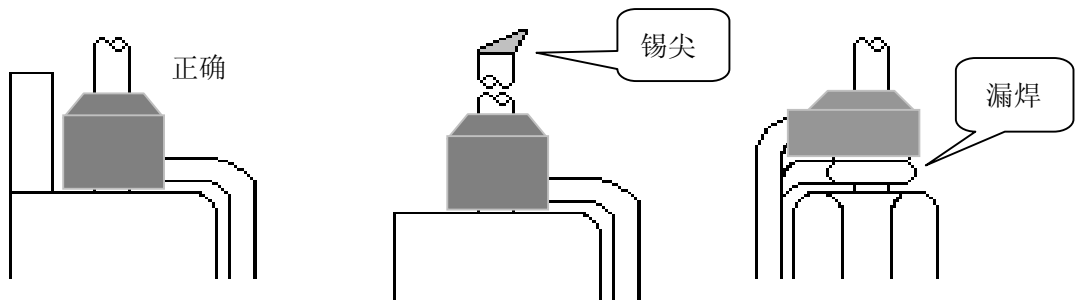


图 6.18

- A. Pin 脚为 I Pin(垂直 Pin) 时，可留锡尖但锡尖长不超过 1.5mm。
- B. 留锡尖，垂直方向 Pin 脚可留锡尖且锡尖长不可超过 1.5mm。
- C. PVC 线的裸线部份(多股线) 不可有刻痕及断股，且焊锡后不可有露铜或沾胶，或沾有其它杂质(如保丽龙……)
- D. 助焊剂(FLUX) 须使用中性溶剂。
- E. 锡炉度须保持在 450°C~500°C 之间，焊锡时间因线径不同而异，如下：
  - a. AWG#30 号线以上(AWG#30, AWG#3※。) 1~2 秒。
  - b. AWG#21~ AWG#29 号线 ……。) 2~3 秒。
  - c. AWG#20 号线以下(如 AWG20, AWG19) 3~5 秒。
- F. 锡炉用锡条，其锡铅比例标准为 60/40。每月须加一次新锡约 1/3 锡炉量。
- G. 每焊一次浸入产品的锡面须保持干净。
- H. 每月清洗锡炉一次并加新锡至锡炉满为止。

Note: 1、白包 Bobbin 含锡油多，焊锡时间不可过长。

2、塑料 Bobbin 不耐高温，易产生包焊或 Pin 移位。

3、不可烧(烫)坏胶带。

4、三层绝缘线须先脱皮后镀锡。

5、焊点之间最小间隙须在 0.5mm 以上。(图 6.19)

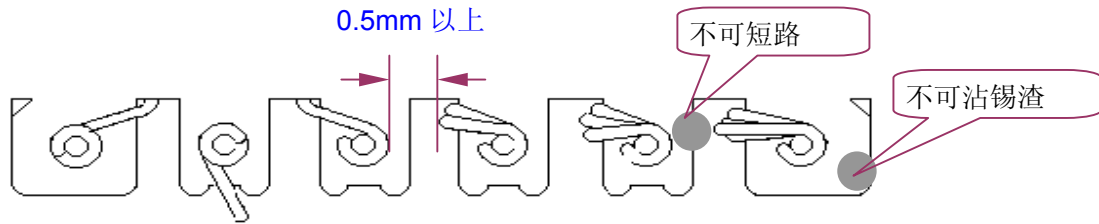


图 6.19

## 六 组装 Core

### 1、铁芯组装作业

1.1 Core 确认：不可破损或变形。

1.2 工程图规定须有 Gap 的 Core 要研磨，须加工 Core 的要先加工。

1.3 组装：如无特殊规定，卧式 Bobbin 已研磨的铁芯装初级端，立式 Bobbin 已研磨的 Pin 端。

1.4 铁芯固定方式可以铁夹(CLIP) 或三层胶布(Tape) ) 方式固定，且可在铁芯接合处点 Epoxy 胶固定，点胶后须阴干半小时再置于 120°C 烤箱中烘烤一小时。包铁芯的固定胶布须使用与线包颜色相同的胶布(图面特殊要求除外) ， 厂家需符合 UL 规格。

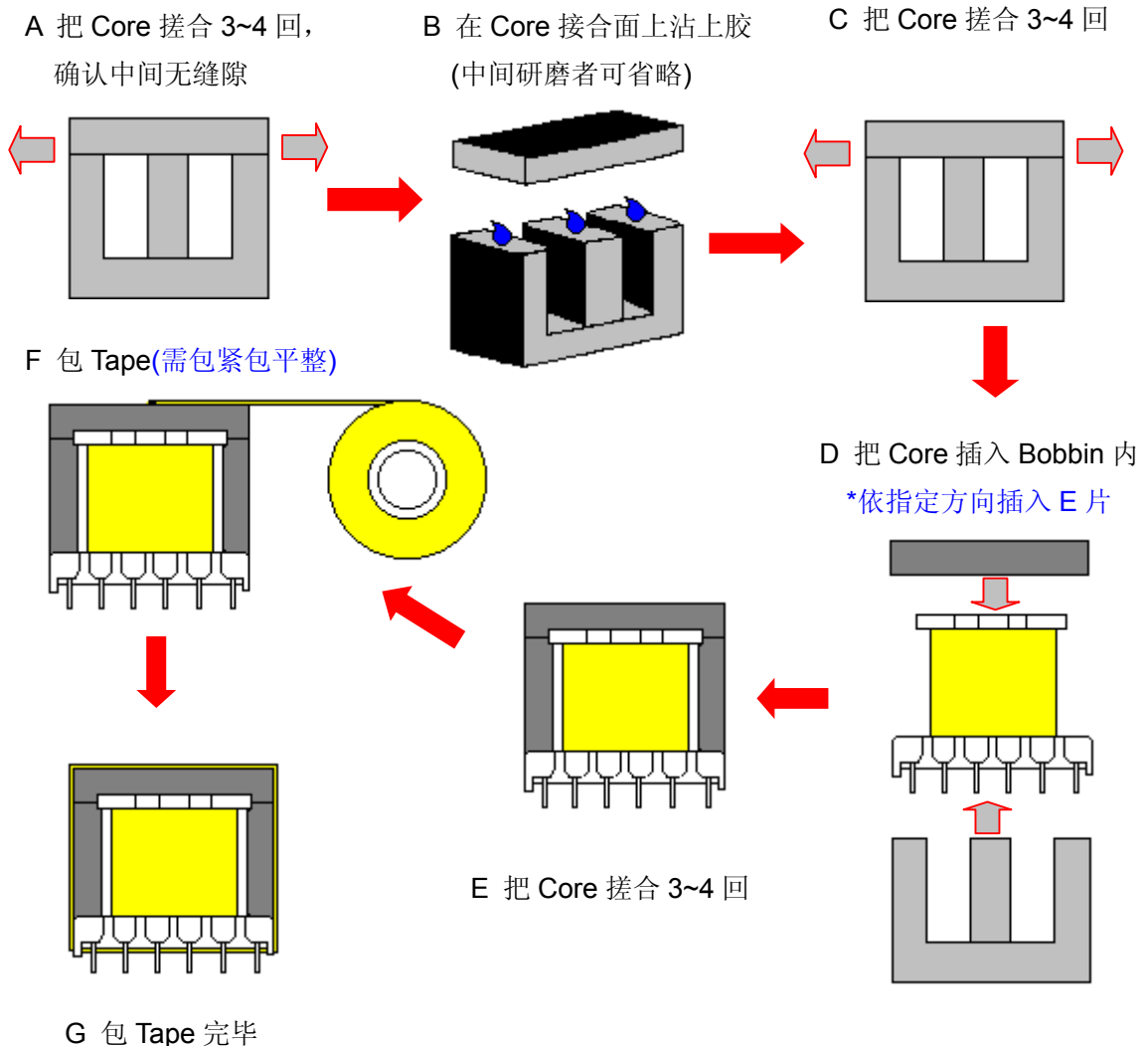


图 6.20

**Note:** 铁芯胶布起绕处与结束处；立式起绕于 Pin 端中央，结束于 Pin 端 Core 边缘；卧式起绕于 Pin1，结束于 Pin1 侧 Core 边缘。有加 Copper 则起绕于焊接点，

结束于焊接点处。

## 2、组装 Core 的注意事项。

2.1 组装 Core 时，不同材质的 Core 不可组装在同一产品上。

2.2 有加气隙(Gap) 的变压器与电感器，其气隙(Gap) 方式须依照图面所规定的气隙 (Gap) 方行，放于 Gap 中的材质须能耐温 130°C 以上，且有材质证明者或是铁芯经加工研磨处理。

2.3 无论是有加 Gap 或无加 Gap 的铁芯组合，铁芯与铁芯接触面都需保持清洁，否则在含浸作业后 L 值会下降。

2.4 包铁芯的胶布宽度规定，以实物外观为优先着眼，次以铁芯宽减胶布宽空隙约 0.5mm~2mm 为最佳。

## 七 含浸

### 1、操作步骤：(如图 6.21)

- 1.1 将产品整齐摆放在铁盘内。
- 1.2 调好凡立水浓度： $0.915 \pm 0.04$ 。
- 1.3 将摆好产品的铁盘放于含浸槽内。
- 1.4 激活真空含浸机，抽气至  $40 \sim 50 \text{cm/Kg}$ ，放入凡立水，再抽气至  $65 \sim 75 \text{cm/Kg}$ ，须连续抽真空，破真空  $3 \sim 5$  次，含浸  $10 \sim 15$  分钟，视产品无气泡溢出。
- 1.5 放气，放下凡立水，再反抽至  $65 \sim 75 \text{cm/Kg}$  一次，放气，待产品稍干后取出放置滤干车上阴干。
- 1.6 滤干  $10$  分钟以上，视产品无凡立水滴下。
- 1.7 烘干：先将烤箱温度调至  $80^\circ\text{C}$ ，预热  $1$  小时  $\rightarrow$  再将温度调至  $100^\circ\text{C}$ ，烘烤  $2$  小时  $\rightarrow$  最后将温度调至  $110^\circ\text{C}$ ，烘烤  $4$  小时  $\rightarrow$  拆样确认。
- 1.8 将产品取出烤箱。
- 1.9 冷却：用风扇送风加速冷却
- 1.10 摆盘后送至生产线。

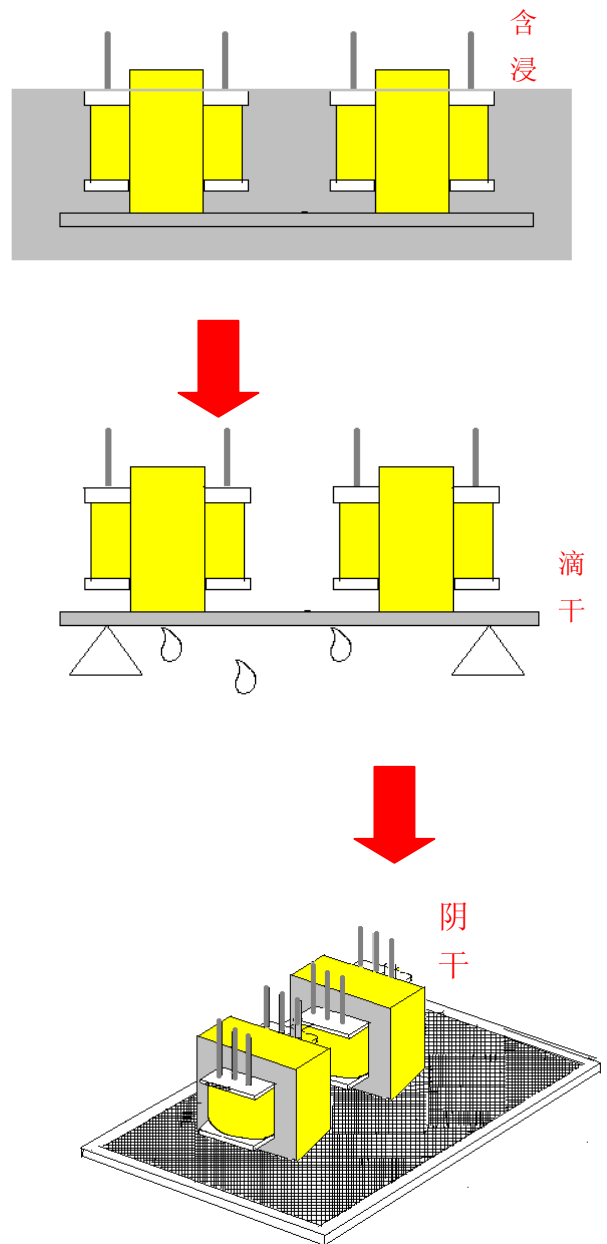


图 6.21

### 2、注意事项：

- 2.1 凡立水与稀薄剂调配比例为 2：1
- 2.2 放入凡立水时，凡立水高度以完全淹没产品线包为准，但凡立水不可上 Pin 脚。(特殊机种除外)

## 八 贴标签(或喷字)

- 1、标签确认：检查标签内容是否正确，有无漏字错字，字迹是否清晰。检查标签是否过期。喷字时必须确认所设定的标签完全正确。(如图 6.22 所示)

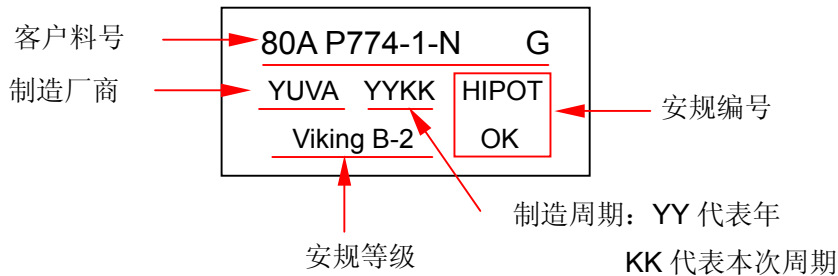



图 6.22

- 2、贴标签时，将产品初级朝同一方向整齐摆放。喷墨时应将产品的喷印面朝喷头，摆放于输送带上，产品必须放正。
- 3、贴标签：料号标签及危险标签须依图面所规定的置及方向盖印或黏贴。标示 "DANGER" "HIGH VOLTAGE" 及闪电符号标签应贴付于变压器的上方中央位置。其贴示方向以箭头  方向朝变压器初级绕组为作业要求。(如图 6.23)

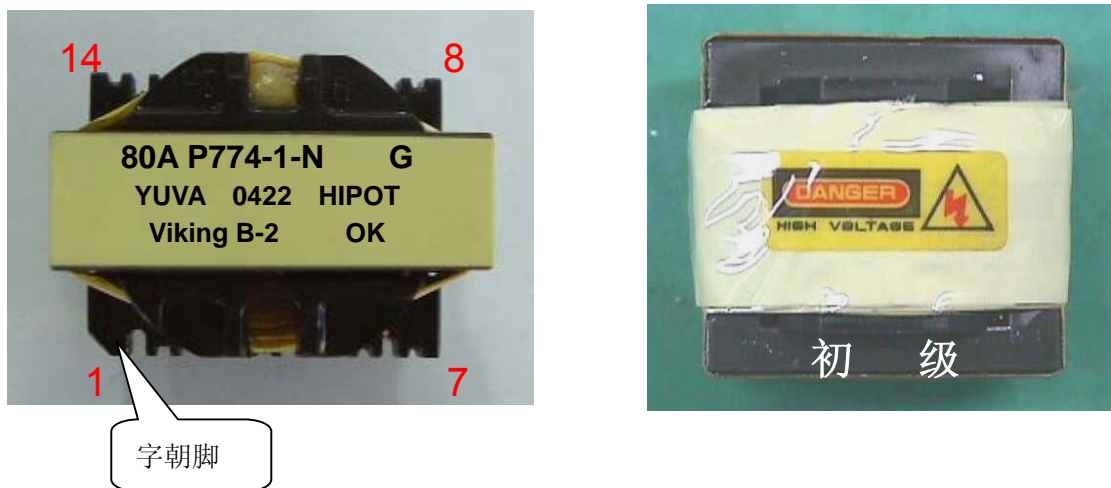


图 6.23

- 4、注意事项：1)、标签须贴正贴平，贴完后须用手按一下，使之与产品完全接触。  
2)、标签不可贴错、贴反、贴歪或漏贴。

## 九 外观

### 1、操作步骤

#### 1.1 确认产品是否完整。

1.1.1 Bobbin 是否有裂缝，是否断开。

1.1.2 铁芯是否有破损。

1.1.3 胶带是否刺破。

1.1.4 套管是否有破损，是否过短。

1.1.5 是否剪错脚位

#### 1.2 清除脏物：变压器本体严格的保持洁净，以提高产品价值感。

1.2.1 含浸后变压器铁芯四周不得残留余胶(凡立水固体状) 以免变压器无法平贴 PCB，或黏贴标签时无法平整。

1.2.2 清除铜渣锡渣。

#### 1.3 卧式铁芯在含浸凡立水后不能有倾斜现象(线包不可超出 Bobbin) 。

1.4 合 PCB 板：有 Stand-off 的变压器，插入 PCB 时可允许三点(Stand-off) 平贴 PCB 即可。

#### 1.5 铁芯不可有松动现象。

1.6 Pin 脚须垂直光滑，不可有松动及断裂现象，且不能有刻痕。

1.7 Pin 须整脚，不可有弯曲变形或露铜氧化，Pitch 则以图面上规定或实套 PC 板为准，Bobbin 的 Pin 长以图面上所规定为准。

#### 1.8 检查焊锡是否完整。

1.9 检查标签是否正确，是否有贴错、贴反或漏贴。

1.10 检查打点是否清晰，位置是否正确，有无打错、打反或漏打。

### 2、注意事项

2.1 不良品必须进行修补，无法修补方可报废。

2.2 胶带修补：最外层胶布破损造成线圈外露者，须加贴胶布完全覆盖住破损处，且加贴胶布的层数须与原规定最外层胶布的层数相同，并涂凡立水后烘烤干。加贴的胶布其头尾端均须伸入铁芯两侧内，且伸入铁芯两侧的胶布长以不超过铁芯的厚度为限。(胶布伸入至少达到 2/3 铁芯厚) 。



## 十 电气测试

- 1、电感测试：测试主线圈的电感量。半成品测试时，须将电感值域范围适当缩小。
- 2、漏感测试：测试短路一部分绕组后的指定绕组的电感量。
- 3、直流迭加：测试磁芯性能是否合格。
- 4、圈数测试：测试产品的圈数，相位(极性)。
- 5、Q 值测试：测试磁芯的性能，并可以在高频测试条件下筛选出同一绕组分多次绕时可能产生的圈数不良品。
- 6、高压测试：测试绕组与绕组间，绕组与 Core 间的耐高压性能。
- 7、脉冲测试：测试指定绕组中的线材的绝缘层有无被破坏。

## 第七章 变压器制作工法(B: 低频类)

### 一 绕线

#### 1、材料确认

1.1 Bobbin 规格的确认为。

1.2 确认 Bobbin 完整：不得有破损和裂缝。

1.3 将 Bobbin 正确插入治具,有 Pin 的 Bobbin 一般特殊标记为 1 脚(斜角为 Pin 1) , 如果图面无注明,则卧式 Bobbin1 脚朝机器,立式 BobbinPin 朝人。若为无 Pin 的 Bobbin,则须先确认初次级引出线 P 数,视线槽方便出线为原则确认脚位。

1.4 须包醋酸布的先依工程图要求包好,紧靠 Bobbin 两侧,再在指定的 Pin 上先 缠线(或先钩线) 后开始绕线,原则上绕线应在指定的范围内绕线

#### 2、绕线方式。

2.1 次级绕线：在一定程度上整齐排列,达到最上层时,布线已零乱,呈凹凸不平状况,这是绕线中最粗略的绕线方法, 即任意绕(如图 7.1)

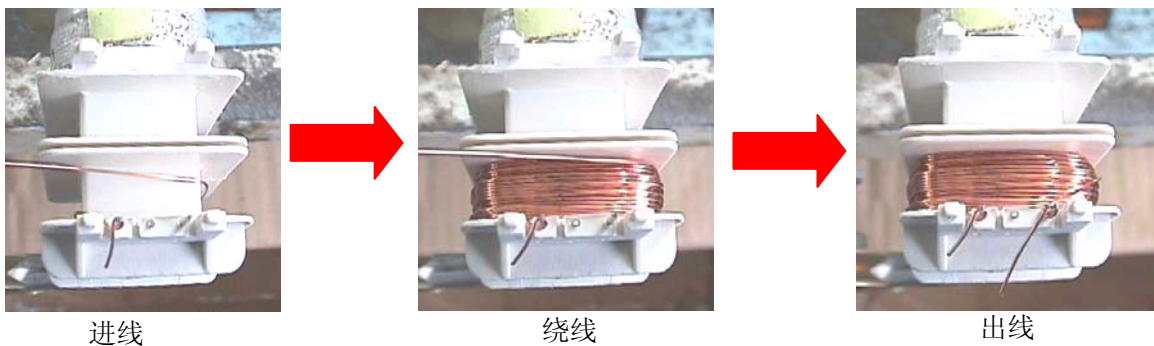


图 7.1

2.2 初级绕线在一定程度上整齐排列,达到最上层时,布线已零乱,呈凹凸不平状况,这是绕线中最粗略的绕线方法。(如图 7.2)

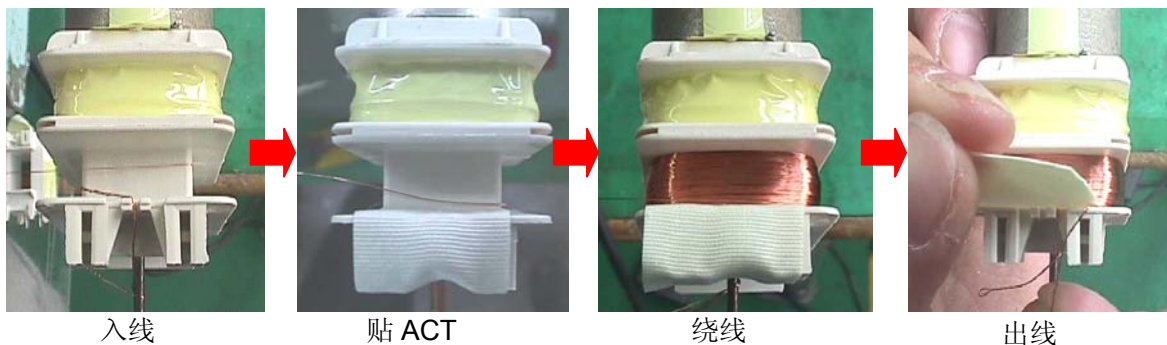


图 7.2

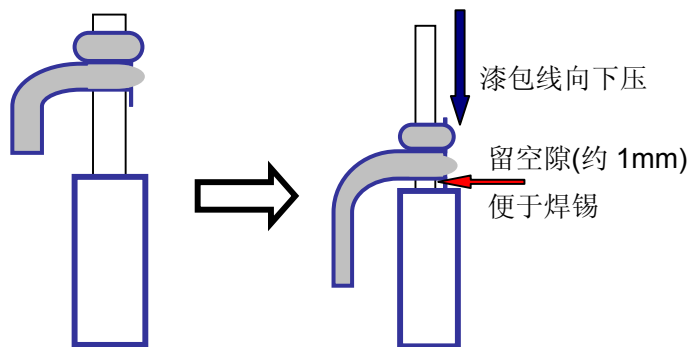
### 3、注意事项。

3.1 变压器在绕制时为求绕法统一，另要求立式 Bobbin 脚须朝外，卧式 Bobbin 第一脚朝外，起绕点与截止点的脚位需与工程图面上的要求符合，且每一组的绕线方向需与主线圈的方向一致，不得有因作业上的方便，随意性将任一组的绕线方向与主线圈相反，同时绕线次序 L1, L2, … Ln。亦不可随意对调，不可更改其起绕点与截止点脚位的方式绕线。(Note: 本项规定 IPQC 拆解检验时需抽检其执行的情形。)

3.2 初级线径在 AWG#32(含) 以上(如 AWG#32, #33, #34 ……) 的漆包线，其出入线处缠脚必须缠回线三圈，绞线的线尾要完全包入胶带内，避免因线头与硅钢片短路造成耐压不良。

3.2 AWG#28 至 AWG#32 号漆包线于缠脚时须留有缓冲段，以免断线。 (Note: 本项规定 IPQC 拆解检验时需抽检其执行情形。)

3.3 AWG#19(含)以上的漆包线在缠线作业时，一律先缠在 Pin 顶端(至少一圈)后再向下压回 Pin 底部，如此可确保缓冲作用。(如图 4)



3.4 绕线力求平整，不可偏向一边。初级绕线时进出线都须用醋酸布绝缘。

3.5 AWG#28(含) 以上(如 AWG#28, AWG#29, AWG#30 ……) 的漆包线于绕线时须先用手绕一圈后，再用绕线机绕线。

## 二 包胶带

- 1、操作步骤：将胶带平贴线包，按图面要求的圈数包胶带。胶带结束点处在线包侧边。  
胶布起始点如结束处须重迭 **5mm** 以上。(如图 7.3)
- 2、注意事项：胶带须拉紧包平，不可卷起。刺破或露铜线；

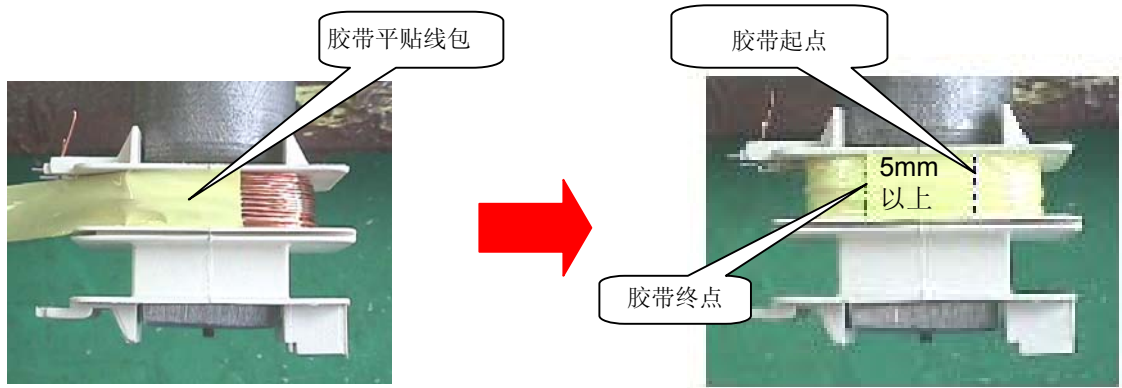


图 7.3

- 3、变压器的线包部份，其最外层胶布破损造成线圈外露者，须加贴胶布完全覆盖住破损处，且加贴胶布的层数须与原规定最外层胶布的层数相同，并于涂凡立水后烘烤干。加贴的胶布其头尾端均须伸入铁芯两侧内，且伸入铁芯两侧的胶布长以不超过铁芯的厚度为限。(胶布伸入至少达到 **2/3** 铁芯厚)。

### 三 接引线(或接保险丝)

#### 1、操作步骤

- 1.1 将引线 PVC 面朝下，用胶带将引线粘住。如图 7.4 所示方法固定。
- 1.2 贴引线：将引线贴至与脚位相对应的位置。引线方向同线包出线方向。
- 1.3 固定引线：将胶带粘于线包上。
- 1.4 接引线：将铜线理直理顺，缠于查相应的引线上。(如图 7.5)

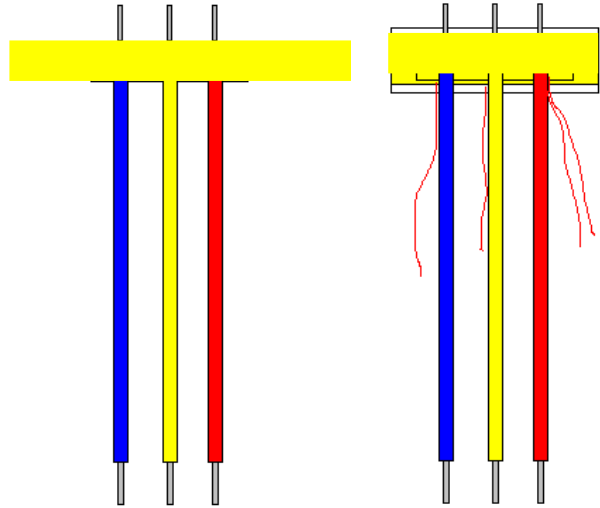


图 7.4

图 7.5

#### 2、注意事项

- 2.1 引线不能贴反、贴错。
- 2.2 缠脚时不可缠错脚位。
- 2.3 漆包线与 PVC 线连时，AWG#25(含) 以上的细的漆包线可直接缠绕在 PVC 线上至少三圈。AWG#24(含) 以下的较粗的漆包线则必须先预焊再变成勾状后，与预焊后弯成勾状的 PVC 线相连接后焊锡。(如图 7.6)

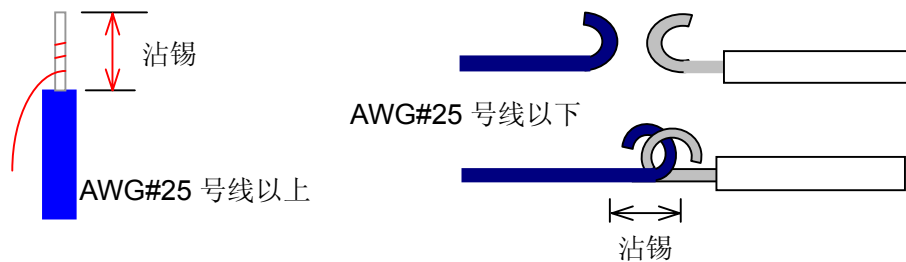


图 7.6

- 2.4 变压器中有两组绕线以抽头方式连接于变压器内层时，其绞线的工法与焊锡方式如下：

2.4.1 AWG#22(含)以下(如 AWG#22, AWG#21, AWG#20...)的漆包线，先互绞两次(至少)后，剪去多余长度再吃锡。焊锡部份须有三次互绞工法及不可有剪断面。

2.4.2 AWG#23(含) 以上(如 AWG#23, AWG#24, AWG#25...)的漆包线，先互绞三次(至少)后，剪去多余长度再吃锡。焊锡部份须有三次互绞工法及不可有剪断面。

## 四 焊 锡

### 1. 操作步骤

- 1.1 将 Pin 脚沾适量助焊剂。
- 1.2 焊锡：将脚插入锡槽，深度如图 7.7 所示。
- 1.3 完毕状态确认：不得有漏焊、氧焊及焊外胶带、Bobbin 等现象。

### 2. 注意事项

- 2.1 焊锡时时间约为 1 秒，如果线包接有保险丝，不可焊得太久。
- 2.2 焊锡槽温度：470°C~520°C。
- 2.3 锡温需每隔两个小时测试并记录。

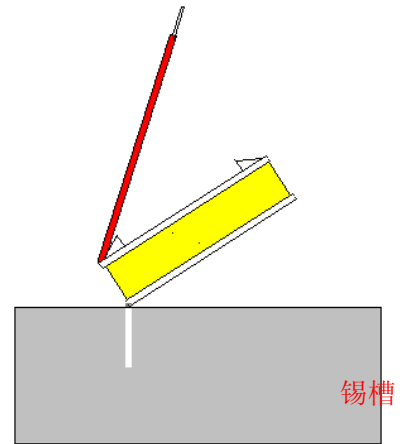


图 7.7

## 五 压脚

### 1、作步骤

- 1.1 剪除锡尖：脚长约为 3mm。
- 1.2 反折相邻的脚。如图 7.8
- 1.3 贴醋酸布一块绝缘。
- 1.4 反折其余的脚。

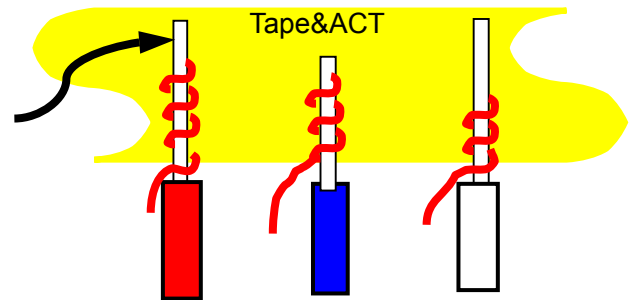


图 7.8

### 2、注意事项

- 2.1 为避免在 PVC 与漆包线连接线头于 Nomex Paper 的固定处形成短路，故须以隔离胶布将各线头分隔开，将 Pin1.3 弯起用胶布包住 Pin2 缠绕一圈后，将 Pin1.3 压平再贴第二层胶布。(参阅附图 7.8)
- 2.2 绝缘胶布(Insulation Tape) 直接包裹，绝缘胶布宽至少与 Bobbin 线区同宽。
- 2.3 变压器内层中有接线头及飞线接头时，须将线头固定于 Bobbin 中央靠右侧或靠左侧，使外观平整均称(接线头不可置于中央)。

## 六 包外围胶带

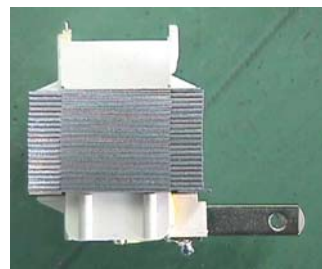
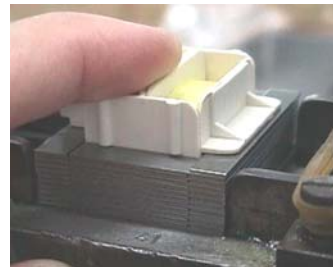
- 1、作步骤。
  - 1.1 装入线包。
  - 1.2 贴纸片
  - 1.3 包胶带：胶带圈数按图面要求。
- 2、注意事项。
  - 2.1 胶带须包平整，不能卷起刺破。
  - 2.2 纸片须贴在进出线端。
  - 2.3 胶带结合处须重迭 5mm 以上。

## 七 贴绝缘胶带

- 1、扯胶带 2 块，贴于线包两侧。胶带长度依 Bobbin 大小而定。

## 八 摇硅钢片

- 1、操作步骤。
  - 1.1 将硅钢片装入片槽内。
  - 1.2 上线包
  - 1.3 摇片：摇满为止。
  - 1.4 确认完毕
- 2、注意事项
  - 2.1 装硅钢片时看清楚毛边，毛边朝下装入。
  - 2.2 硅钢片须摇紧，不可插破线包。
  - 2.3 硅钢片须摇平摇紧，不可交叉，不可重迭。
  - 2.4 不可插破胶带、铜线和引线。





## 九 补片敲平

### 1、操作步骤。

1.1 去除错片，歪片。

1.2 补片，装满。

1.3 将产品置于铁板上，敲平。

1.4 确认完毕：用手推硅钢片的角上，看是否有松动现象。

### 2、注意事项

2.1 硅钢片须装满，敲平，E片不可翘起，

2.2 不可敲坏线包。

2.3 硅钢片须垂直插入以免插破 Bobbin。

## 十 其它

1、装铁带：铁带不可装倒，须敲平、敲紧。

2、外观：A、清除铜渣、锡渣、凡立水等脏物。 B、检查产品是否完整。 C、检查引线是否有破损。 D、标签是否正确。 E、检查铁带是否生锈。

## 第八章 线圈的制作工法

### 一 T Core 的制作工法

#### 1、裁线

- 1.1 根据个线圈所需铜线长度设定治具宽度。
- 1.2 将铜线缠于治具上。
- 1.3 当铜线达到一定的股数，将铜线于尾部剪断并扎成一把。

#### 2、钩线

- 2.1 将磁环固定在台钳上。按作业指导书的要求钩线

**Note:** 线须拉紧缠平并均匀排列。不可缠错圈数。

#### 3、钳脚

- 3.1 理线：将铜线按脚位顺序排好。
- 3.2 拉直。

**Note:** 脚位不可排把；用力适度，不可拉断铜线。

#### 4、焊锡

- 4.1 脚沾助焊剂。
- 4.2 焊锡：将脚垂直插入锡槽，焊锡深度依图面要求。例图 8.1。

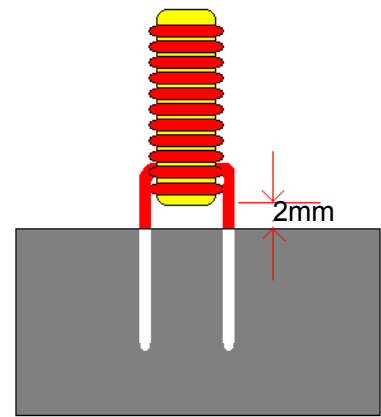


图 8.1

#### 5、剪脚(如图 8.2)

- 5.1 产品须紧贴剪脚板。

#### 6、穿套管：套管必须控制在线圈中央。

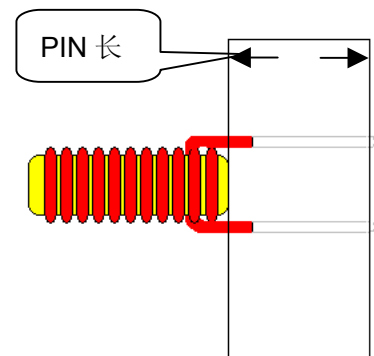


图 8.2

### 二 R Core DR Core 的制作工法

( 略 )

## 第九章 变压器的安全规格

### 一、标准规格

磁性原件用于交换式电源供应器的结构中，必须遵守一定国家或是国际上的安全标准。如 UL(Underwriter Laboratories) 为北美合众国标准规格，此规格比较集中防止失火的危险，耐压为 1.5KV AC，在隔离式变压器结构中 UL 与 CSA 规格限制线圈温升至 65°C 以上需用 105 等级的绝缘；

C.S.A(Candanian Standards Association) 则为加拿大的标准规格；

V.D.E(Verband Deutsher ElektroNotechniker) 为欧洲所使用的德国标准规格，目前 V.D.E.已成为较受欢迎的标准，其安全标准考虑较为严格，其规格设计着重为保护操作人员的安全，其安全标准对线圈绕线方法与输入与输出的隔离有较严格的要求，需耐高压 3750V AC。

### 二、变压器的绝缘电阻

在变压器结构中，在绕组与铁芯与铁架之间，在一分钟提供 500V DC 的电压情况下，至少要拥有 100M $\Omega$  以上的阻抗。

### 三、变压器的湿度阻抗

在高湿度 91~95%的情况下，温度在 20~30°C 之间，连续在环境测试机 48 小时的动作后，变压器一次侧与二次侧须能够承受 3750V AC。即变压器在此环境中须保持绝缘阻抗及介电强度。

下圈 6-2 代表变压器的介电强度，在此绝缘层是接触在一起，而且测试的电位则加诸于外部表面，所用交流值必须具有 50HZ 或 60HZ 的正弦波，测试 1 分钟内不能有绝缘破坏的现象。

### 四、电子设备分类

#### 1、第一类(Class I)

此类设备用以下两种方式来防护电击 (1)、用基本绝缘者；(2)、假如基本绝缘被破坏，而危险电压用导线连接方式到大地导体为保护方式者。

此类设备也可能用双绝缘(double insulation) 或补强绝缘(reinforced insulation) 来设计或者只操作于安全极低压线路上。

#### 2、第二类(Class II)

此设备不单只靠单层绝缘来防护电击，且须增加安全性，如用双绝缘或补强绝缘，而不提供接地保护者。

设备种类如下：

- (1)、电子设备被绝缘材料永久且实质上的包封着。(即导组件被包复，只有小的零件露在外面，如铭板、螺丝、拉钉等。这些小零件与危险电压之间做补强绝缘，此设备称为第二类绝缘机壳设备。
- (2)、电子设备被金属机壳包封，其内部已用双绝缘或补强绝缘，此设备被称为第二类金属机壳设备。
- (3)、此设备为以上(1) (2) 两种的结合。

### 3、第三类属(Class III )

此类设备乃靠 SELV(Safety Extra Voltage) 线路来防止电击。

变压器相关安全规格：变压器有温度等级之分，当温度高于周围温度 25°C 以上时，UL/CSA 规格会对变压器温度订出额定值，用两种方法来做温度的量测，第一种称为热偶法，第二种称为电阻法。

热偶法： 利用热电偶所产生的位差，由仪器记录；

电阻法。 利用铜的绝对零电阻温度为基准来计算。

$$\text{计算公式：} \quad \frac{234.5 + T1}{R1} = \frac{234.5 + T2}{R2}$$

铜的零电阻温度： -234.5°C

测试前环境温度为： T1      测试后本体温度为： T2

测试前初级电阻为： R1      测试后初级温度为： R2

绝缘等级分为以下七个等级，每一等级温度如下表 6-1：

附表 6-1

绝缘等级	Y	A	E	B	F	H	C
温度(°C)	90	105	120	130	155	180	180 以上

下表 6-2 表示可接受的温升度数，其方法差 10°C:

附表 6-2

绝级等级	热偶法	电阻值法
105	65°C	75°C
130	85°C	95°C
155	110°C	120°C
180	125°C	130°C

### 五、变压器安全规格沿面距离

为了符合 UL , VDE 等严格的电气规格，在变压器引脚与绕组之间必须有一定的安全距离，合乎附表 6-3 的沿面距离的规定。

为了更节省沿面距离的作业工时，可以在开线架模时，预留安全的距离或另外为沿面距离的塑料片另外开模，如低频用的护套。

附表 6-3

V=工作电压		50Hz ALL VA 50/60, 50-60Hz<200VA		>200VA 50/60 or 50-60Hz, 60Hz	
最高极限的 RMS 电压 ( V )	最高限极的 峰值电压 ( V )	最小 间隙值 ( mm )	最小 沿面值 ( mm )	最小 间隙值 ( mm )	最小 沿面值 ( mm )
12	17	0.19(0.38)	0.40(0.80)	0.19(0.38)	0.40(0.80)
30	43	0.28(0.56)	0.55(1.10)	0.28(0.56)	0.50(1.10)
60	85	0.38(0.76)	0.72(1.44)	0.38(0.76)	0.72(1.44)
100	141	0.62(1.24)	1.12(2.24)	0.62(1.24)	1.12(2.24)
125	177	0.62(1.24)	1.12(2.24)	1.60(1.60)	1.60(2.24)
130	184	0.62(1.24)	1.12(2.24)	2.40(2.40)	2.40(2.40)
250	354	1.15(2.30)	1.95(3.90)	2.40(2.40)	2.40(3.90)
380	540	1.75(3.50)	2.80(5.60)	9.50(9.50)	12.7(12.7)
500	710	2.40(4.80)	3.70(7.40)	9.50(9.50)	12.7(12.7)
600	850	3.60(7.20)	5.60(11.2)	9.50(9.50)	12.7(12.7)
750	1060	3.60(7.20)	5.60(11.2)	19.0(19.0)	19.0(19.0)
1000	1410	4.90(9.80)	7.50(15.0)	19.0(19.0)	19.0(19.0)
1250	1770	6.20(12.4)	9.50(19.0)	19.0(19.0)	19.0(19.0)
1500	2120	7.50(15.0)	11.6(23.2)	19.0(19.0)	19.0(23.0)
2000	2820	10.2(20.4)	15.5(31.0)	19.0(20.4)	19.0(31.0)
3540	4240	13.0(26.0)	20.0(40.0)	19.0(26.0)	19.0(40.0)
		16.0(32.0)	24.0(48.0)	19.0(32.0)	19.0(48.0)