

# 電力機械業原物料耗用通常水準

## 前言

電力機械主要分為兩大機械：變壓器與旋轉電機（馬達與發電機）。

變壓器(Transformer) 係將交流電壓升高或降低之機械。在交流輸配電系統中，必須利用變壓器將電壓升高後，再輸送至遠方的客戶。考量安全及經濟因素，在用戶端再度利用變壓器降壓至各種適合的電壓，以發揮最高的效能。但因用途不同，其種類規格繁多。

旋轉電機分為馬達與發電機。馬達(Motor)又稱電動機，能將電能轉成機械能；發電機(Generator)能將機械能轉成電能，做發電用途。作為馬達，其應用遍及各種行業、辦公室、家庭等，生活週遭幾乎無所不在；作為發電機，傳統發電機組如火力、核能、水力等機組，均是藉由旋轉切割磁力線來產生電能。

上述兩類電力機械，因其構造與原理有所不同，故以下分兩篇敘述關於電力機械器材業之原物料耗用情況。壹為變壓器，貳為旋轉電機，最後為總結。

## 第壹篇 變壓器

變壓器之基本構造，由兩組或多組線圈以及一鐵心組成。第一組線圈稱為一次繞組(Primary winding)或稱原線圈，第二組線圈稱為二次繞組(Secondary winding)或稱二次線圈，如果有第三組繞組則稱之為三次繞組(Tertiary winding)。電源加於原線圈上，所產生之磁通經由鐵心磁路傳至其他線圈，使其他線圈內有磁通量之變化，而產生感應電壓，能供電壓及電流使用。變壓器的主要構造除鐵心及繞組外，其他還有油槽、絕緣套管、散熱設備等。

### 第一章 業務概況

#### 一、產品種類及用途

##### (一)變壓器種類：

##### 1.依用途分類

##### (1)按使用電壓分類

甲.遞昇用變壓器

乙.遞降用變壓器

丙.系統連絡用變壓器

##### (2)按裝置場所分類

甲.屋內用變壓器

乙.屋外用變壓器

##### 2.依構造分類

##### (1)按磁路型式分類

甲.內鐵式變壓器

乙.外鐵式變壓器

丙.捲鐵心變壓器

(2)按相數分類

甲.單相式變壓器

乙.三相式變壓器

(3)按繞組數量分類

甲.自耦變壓器(Auto transformer)

乙.二繞組變壓器(Two windings transformer)

丙.三繞組變壓器(Three windings transformer)

(4)按分接頭切換方式分類

甲.附有載分接頭切換裝置之變壓器

乙.附無載分接頭切換裝置之變壓器

(5)按冷卻及絕緣方式分類

甲.乾式自冷式變壓器

乙.乾式風冷式變壓器

丙.乾式充氣式變壓器

丁.油浸自冷式變壓器 (簡稱 OA 式)

戊.油浸風冷式變壓器 (簡稱 FA 式)

己.油浸水冷式變壓器 (簡稱 OW 式)

庚.送油自冷式變壓器 (簡稱 FO 式)

辛.送油風冷式變壓器 (簡稱 FOA 式)

壬.送油水冷式變壓器 (簡稱 FOW 式)

(6)按負載特性分類

甲.定壓變壓器

乙.定流變壓器

丙.儀表變壓器

(7)按鐵心型式分類

甲.心式變壓器

乙.非晶合金變壓器

丙.殼式變壓器

(8)按油劣化防止分類

甲.氮封入變壓器

乙.無壓密封式變壓器

(二)變壓器用途：

變壓器在電力傳輸系統上，主要作為升壓降壓用，以利輸電配電。其可作為電弧爐的變壓器、儀表量測上的比壓器 (Potential Transformer, PT) 及比流器 (Current Transformer, CT)。或是作為耐壓試驗用的高壓變壓器、電子電路的電源變壓器、輸出輸入變壓器、音頻變壓器、射頻變壓器、匹配變壓器、馳返變壓器、自耦變壓器、脈波（衝）變壓器、小型變壓器或差動變壓器等。

定壓變壓器為電力系統中，將低電壓升高為高電壓或將高電壓降低為低電壓之變壓器，又可分為電力變壓器 (power transformer) 及配電變壓器 (distribution transformer)。電力變壓器常用於發電廠將電壓升高或將電壓降低；配電變壓器常用於將配電電壓降低至低壓使用。

定流變壓器：將變壓器所輸出之電流，在一般運用範圍內保持不變。

儀表變壓器：為使電力系統之高電壓或大電流，能夠讓電壓表、電流表等電儀表量測，將降為一定規格的低電壓、低電流，再連接電儀表。其中變換電壓者稱為比壓器

(PT)、變換電流者稱為比流器(CT)。

自耦變壓器：它只有一組線圈與一鐵心，可靠線圈上的分接頭改變電壓。可作降壓用，也可作為升壓用。

整流器：將輸入的交流電變為直流電輸出。

## 二、產銷供需情形及營業現況

### (一)變壓器之產製

家電電子方面所使用之一般變壓器，多屬容量小、體積小、絕緣小、數量多，且不需要散熱之設備。其規格繁多且用途種類不同，各製造公司大多是客製化產品，依據客戶需求設計並試作，待客戶確認及下單後，製造公司再依設計/製造規格書等步驟生產製造。其種類有：電源變壓器、輸出輸入變壓器、音頻變壓器、射頻變壓器、匹配變壓器、馳返變壓器、自耦變壓器、脈波（衝）變壓器、小型變壓器、差動變壓器等。由於臺灣人工成本昂貴，電源變壓器屬勞力密集工業，製造公司漸漸將工廠轉移至中國大陸或東南亞等人工成本較低之國家生產。

電力系統之變壓器，容量與體積大、絕緣要好，構造較複雜。常用有 15 kV<sup>註1</sup>、24 kV、69 kV 等變壓器，及 354 kV 超高壓變壓器；電容量則有 1000 kVA<sup>註2</sup> 以下 69 kV 電力變壓器、1000 kVA~10000 kVA 69kV 電力變壓器及 10000 kVA 以上 69 kV 變壓器；種類有瓦斯絕緣變壓器、乾式變壓器、爐用變壓器、亭置式變壓器、非晶質鐵心變壓器、特殊用途變壓器等。

依鐵心的型式不同可分類為鐵心式與鐵殼式。磁路由矩形矽鋼片疊成，有二組線圈分別繞於矩形鐵心之二側腳

上而成，稱之為鐵心式；另一種鐵心包含三個腳、二組線圈共同纏繞於中間腳上，稱為鐵殼式。

註：1.大電力用之變壓器，因其單位較大，電壓常以千伏特(kV)表示，簡稱千伏(kV)，如 15 千伏(kV)變壓器、24 kV 變壓器或 69 kV 變壓器等。

2.電容量則以 1000 千伏特安培(kVA)表示，簡稱千伏安，如 1000 千伏特安培(kVA)，簡稱 1000 千伏安(kVA)。

## (二)營業現況

根據訪查瞭解，小家電及電子方面所使用之一般變壓器製造業，在國內稍具有規模以上之公司，大多在國外也都有設廠，其對於要求高品質或數量不多、價位高之客戶訂單，在國內生產；若數量多、價位低而品質要求不高之客戶訂單，則可能在臺灣接单、試作，合格後則到中國大陸或東南亞工廠生產，產品市場在國內、國外都有。

而應用於電力系統之變壓器，其附加價值高，國內具有這種技術能力之製造廠商如華城、士林、大同等公司，其主要客戶為台灣電力公司、各中大型企業及高樓大廈。為提升產製能力，引進國外先進技術、開發新產品，配合國內產業升級及用電量增加之需求，能針對特定需求服務。除逐年增資、技術不斷提升外，更有擴大生產高容量及多樣化變壓器產品之能力。產品主要市場以國內為主，並積極拓展外銷市場。

## 第二章 製造程序

### 一、概說

一般常見的大型變壓器是由鐵心(core)、線圈(coil)、油槽(oil tank)、絕緣套管(bushing)、散熱設備等構造組成，簡要說明如下：

#### (一)鐵心：

變壓器之鐵心是由薄矽鋼片疊積而成，材料選用導磁係數愈高，則愈能降低渦流損失；矽鋼片的形狀可分成E、H、L及I型，其標準厚度為0.1mm及0.35mm。

#### (二)線圈：

繞於鐵心上之線組稱為線圈。線圈之作用為產生磁通或產生電壓，通常由銅金屬來繞製。銅導體可分成圓筒形或長方形截面。大型變壓器之銅導體外表包以棉線及塗上絕緣油後，再分層逐層繞製，而每一層之間隔須加上雲母片或絕緣紙來增加其絕緣的能力。小型變壓器之銅導體通常外表塗有絕緣漆，繞製每層間格有絕緣膠帶或絕緣紙做絕緣隔離。

#### (三)油槽：

小型變壓器容量小，在使用中所產生之熱量，可藉由空氣之對流達到散熱目的；大型變壓器所產生之熱量較多，若溫度升高時，將會破壞銅線間的絕緣能力。因此，大型的變壓器通常在其容器內填入絕緣油，一方面可以增加其絕緣能力，另一方面可以用油的流動與外界接觸增加散熱面積，此種絕緣油用久後會產生劣化或變質，故使用一段時間後須過濾或更換。

#### (四)絕緣套管：

變壓器線圈中，通常有一組繞組為高壓線圈，在高壓線圈之引入或引出端，須加以高度絕緣，否則與變壓器外箱接觸會產生很大之電弧，而形成重大損害。所以通常使用絕緣能力很好之陶瓷材料來當作絕緣套管，於高壓線圈之引出或引入端接線。

#### (五)散熱設備：

一般變壓器為了使內部鐵損及銅損所生之熱量能夠消散，便在變壓器外箱作了許多散熱片，藉由空氣中流動把熱帶走，亦有於變壓器內部裝冷卻油管，再加上風扇以散去熱量者。

## 二、各類產製方法說明（附製造流程圖）

變壓器之種類繁多複雜，雖同稱變壓器，有小如掌中物、大如樓房之懸殊差異；且各家公司依規模及設備不同，其產製方法、製造程序與用料截然不同，若欲將所有種類之產製方法說明，且分別訂定其原物料耗用通常水準，所占篇幅極大，僅選擇幾種代表性機種說明。

### (一)電源變壓器之產製作業流程

首先將各項零件材料依客戶訂單採購、經進料檢驗、繞線、絕緣處理；鍍線，鍍點之漆包線必須完全脫漆、錫量要適當，經超音波清洗、鐵心裝配、電性檢測、依各產品所定之各項電性規格，以適當儀器及治具測試各項電性。通過後，作真空絕緣漆（凡立水）含浸，經烘烤、修整、再作全數測電性，成品檢驗、包裝、繳庫、出貨檢驗、出貨。電源變壓器之產製作業流程如圖 1.1。



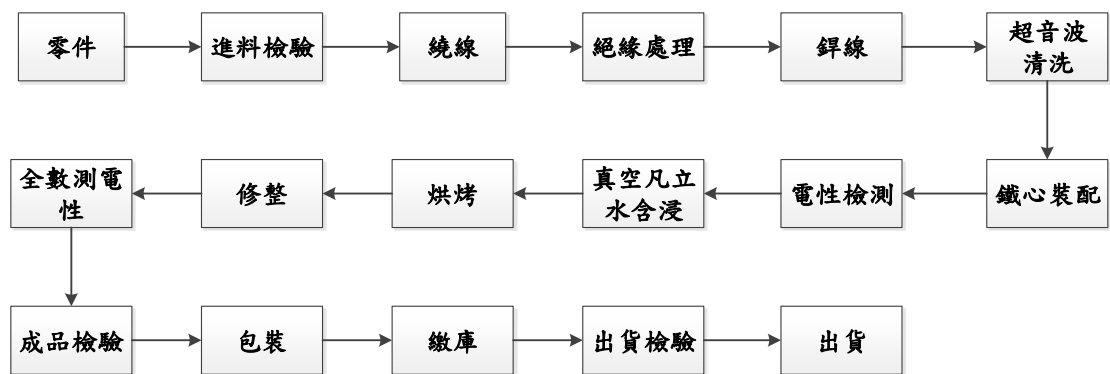


圖 1.1 電源變壓器之產製作業流程圖

## (二) 馳返變壓器(FBT)之產製作業流程：

各項材料準備，經一次線圈捲線及一次膠帶至第四次捲線及四次膠帶後，經纏線（配線）、鐵心組立、整線、剪線、鉚錫、線包整形、鐵心組立、鐵心膠帶（鐵心組裝）、浸前測試、含浸、烘烤、沾錫、整腳、含浸後測試、噴印、外觀檢查、包裝、最終檢查、出貨。馳返變壓器之產製作業流程如圖 1.2。

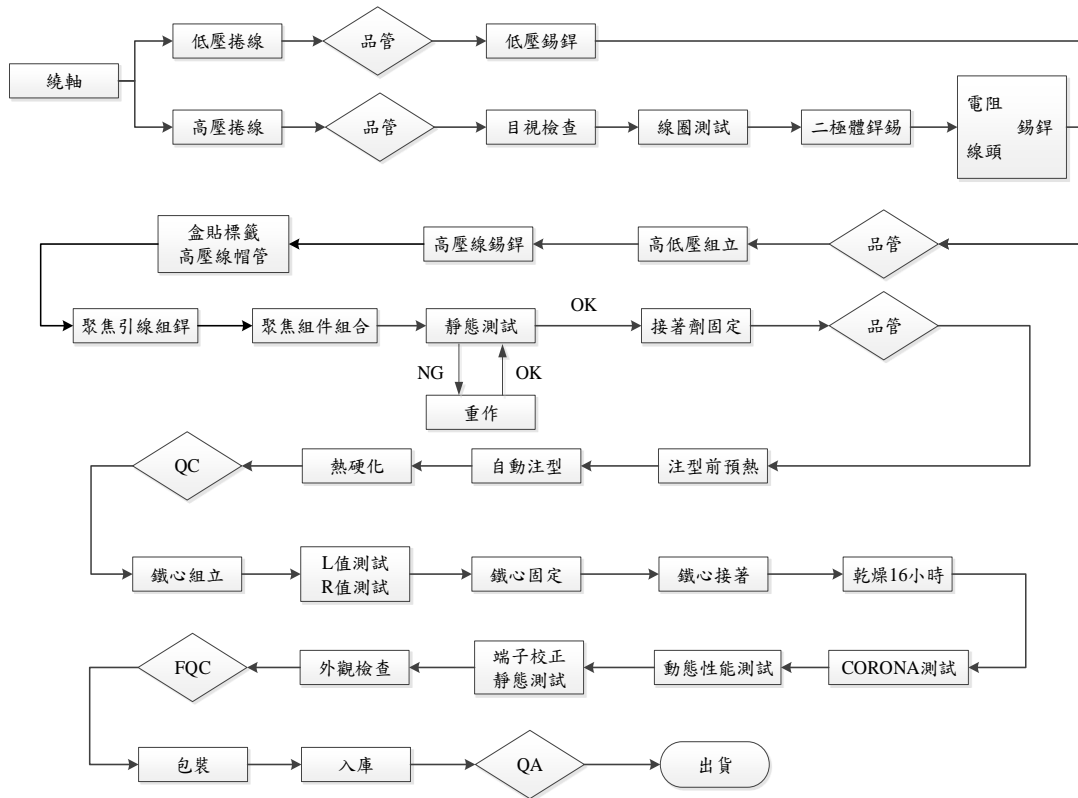


圖 1.2 馳返變壓器(FBT)之產製作業流程圖

附註：

1. Bobbin (線軸)。
2. NG (不合格)。
3. QC (品管)。
4. FQC (最終品管)。
5. CORONA (高壓高頻腐蝕測試)。
6. QA (品質保證)。

### (三) 匹配變壓器之產製作業流程：

1.零件原料進料檢驗。2.線圈(一)、初級繞線。3.一次側(Primary)簡稱 P 側，層間繞線。4.線圈實施絕緣作業。5.線圈(二)、二次側(Second)簡稱 S 側，層間繞線；實施絕緣作業。6.線圈(三)、上導線(配線)、將導線裝於已包好之線圈上。7.線圈(四)、紮線修剪、銅線紮於導線剝焊處，再修剪去多餘之銅線。8.線圈(五)、焊錫彎曲：紮好線之產品，先將腳分間，再焊錫，焊完後再將錫腳彎曲。9.線圈(六)、外包、焊錫腳彎曲後，絕緣材料。10.實施外包作業。11.線圈(七)、整型。12.線圈(八)、導通測試：檢查線圈有無斷線之現象。13.鐵心(一)、裝鐵心：依型別以鐵心機將 EI 片裝入線圈。14.鐵心(二)、補鐵心：將未密合之 EI 片加以填補使之密合。15.鐵心(三)、外架組合：將外架、邊蓋、底板等組件予以組合，並以油、氣壓機施以緊固。16.鐵心(四)、耐壓測試。17.鐵心(五)、特性檢查：測試開路電流(Io)、開路電壓(Vo)值。18.含浸、含浸乾燥：依型別、種類來操作含浸時間。19.含浸完成後，推入烘箱內乾燥。20.產品外觀檢查。21.耐壓測試。22.開路電流測試。23.通電導通測試。24.包裝。匹配變壓器之產製作業流程如圖 1.3。

### (四) 脈波（衝）變壓器之產製作業流程：

1.零件進料檢驗。2.繞線。3.測圈數比。4.鐵心及基板裝配。5.超音波清洗。6.全數測電性。7.覆蓋。8.基板及盒蓋裝配（灌膠）。9.烘烤。10.印字。11.烘烤。12.修整。13.成品外觀檢驗。14.全數測電性。15.包裝。16.成品電性檢

驗。17.包裝。18.繳庫。19.出貨檢驗。20.出貨。脈波（衝）變壓器之產製作業流程如圖 1.4。

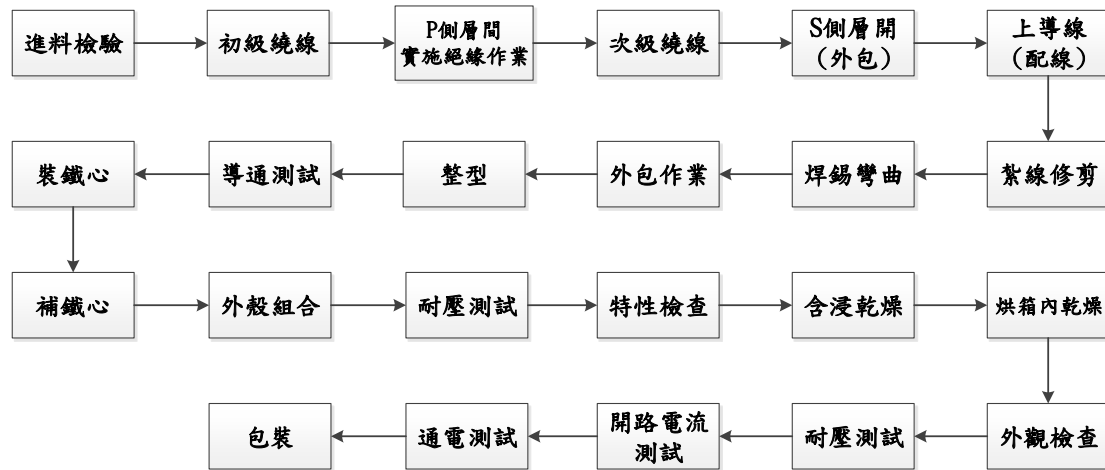


圖 1.3 匹配變壓器之產製作業流程圖

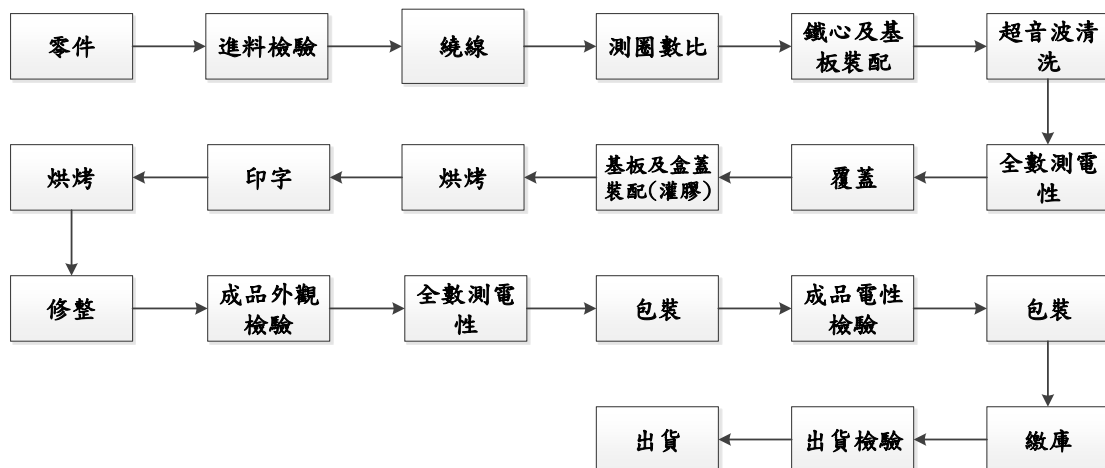


圖 1.4 脈波（衝）變壓器之產製作業流程圖

#### (五)油浸式變壓器之產製作業流程：

1.矽鋼片鐵心模鋼帶等材料準備、鐵心捲繞、鐵心整型、鐵心退火、鐵心退模、鐵心測試。2.銅線銅片絕緣材料、絕緣加工、引線加工、線圈捲繞、匝比測試。3.心體組立、引線壓接、匝比測試、烘乾、絕緣測試。4.套管附件、銅頭附件、過載熔絲、絕緣油、外殼附件等準備。5.

附件引線加工、外殼附件組立、入桶、匝比測試、真空注油、成品試驗、鎖鉸上蓋、磨平、補漆、成品、裝箱、出貨。油浸式變壓器之產製作業流程如圖 1.5。

#### (六)模鑄式(乾式)變壓器之產製作業流程：

1.高低壓繞組繞製成型，低壓繞組預熱矽鋼片鐵心模鋼帶等材料準備、鐵心捲繞、鐵心切割堆疊、鐵心退火、鐵心退模、鐵心測試。2.銅線銅片絕緣材料、絕緣加工、引線加工、線圈捲繞、匝比測試。3.心體組立、引線壓接、匝比測試、烘乾、絕緣測試。4.套管附件、銅頭附件、過載熔絲、絕緣油、外殼附件等準備。5.附件引線加工、外殼附件組立、匝比測試、成品試驗、補漆、成品、裝箱、出貨。模鑄式(乾式)變壓器之產製作業流程如圖 1.6。

#### (七)整流器(電源轉換器)之產製作業流程：

1.進料檢驗。2.初級繞線。3.P 側層間絕緣作業。4.次級繞線。5.S 側層間(外包)。6.上導線(配線)。7.紮線修剪。8.焊錫彎曲。9.外包作業。10.整型。11.導通測試。12.裝鐵心。13.補鐵心。14.耐壓測試。15.特性檢查。16.含浸乾燥。17.插頭加工。18.裝下蓋。19.裝上機板(PC板)。20.盒子(CASE)組立。21.電氣檢查。22.CASE 溶接。23.電氣檢查。24.外觀檢查。25.貼銘版。26.包裝。整流器(電源轉換器)之產製作業流程如圖 1.7。

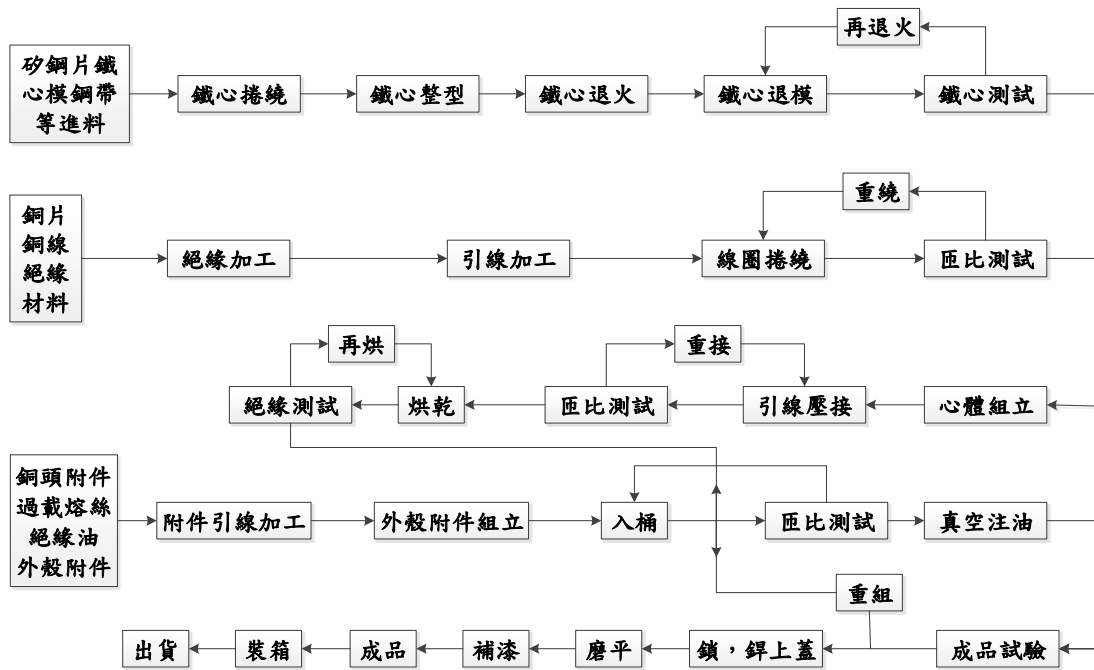


圖 1.5 油浸式變壓器之產製作業流程圖

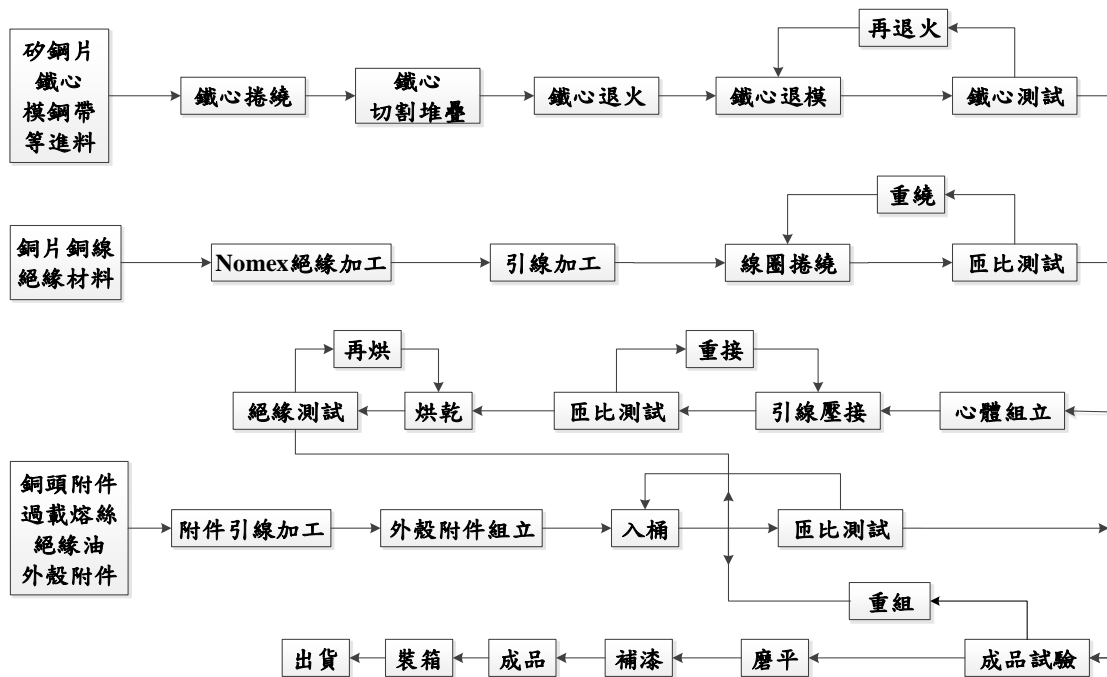


圖 1.6 模鑄式(乾式)變壓器之產製作業流程圖

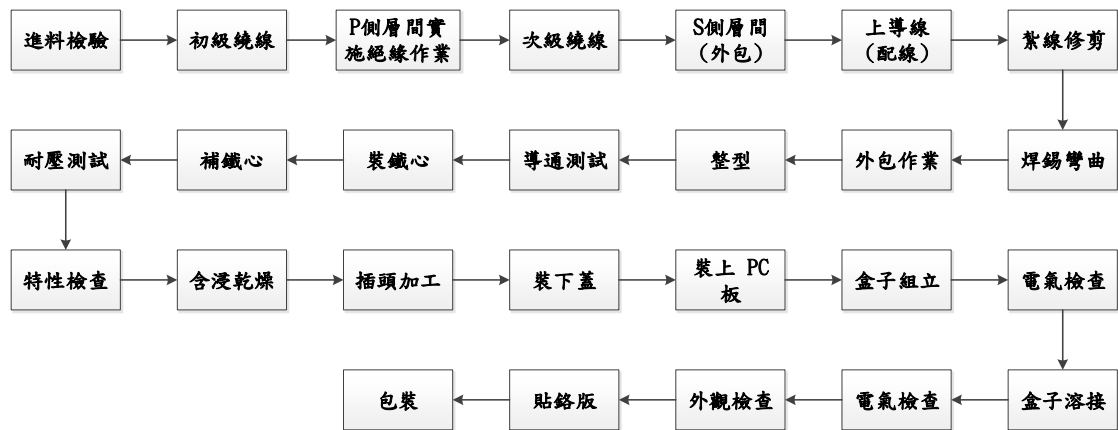
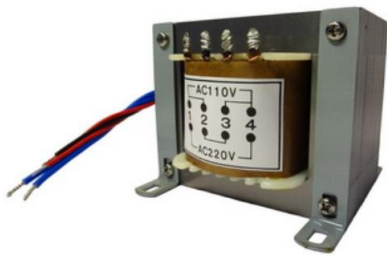
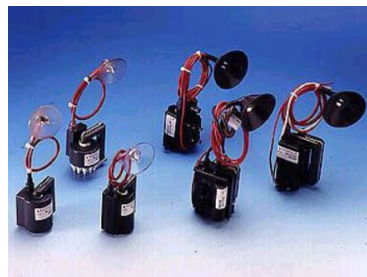


圖 1.7 整流器(電源轉換器)之產製作業流程圖



電源變壓器



馳返變壓器



高、低頻變壓器



模鑄式變壓器



油浸式變壓器



電源轉換器

### 第三章 原物料耗用情形

#### 一、原物料之名稱及來源

變壓器所需之原物料，大部分由國內生產供應，部分由國外進口，主要原物料名稱及來源如表 1.1：

表 1.1 變壓器所需之原物料名稱及來源

項目	中文名稱	英文名稱	材料來源
1	銅線	Copper Wire, CW	國內訂購
2	鋁線	Aluminum Wire	國內訂購
3	鐵心	Core	國內訂購
4	固定金具	Fixed Fitting	國內訂購
5	高壓銅線	HVCW(0.03mm)	日本
6	高壓線軸	HV Bobbin	國內訂購
7	低壓線軸	LV Bobbin	國內訂購
8	外殼	Case	國內訂購
9	高壓線	HV Wire	國內訂購
10	高壓帽	HV Cap	國內訂購
11	二極體	Diode	日本、國內
12	高壓電容	HV Capacitor	國內訂購
13	電阻	Resistance	國內訂購
14	麥拉紙	Mylar	國內訂購
15	牛皮紙	Kraft Paper	國內訂購
16	皺紋紙	Crepe Paper	國內訂購
17	電容器	Capacitor	國內訂購
18	塑膠零件	Plastic Ware	國內訂購
19	聚焦板	Focusing Board	韓國、國內
20	紙箱	Paper Case	國內訂購
21	半成品	Half Product	國內訂購



項目	中文名稱	英文名稱	材料來源
22	塑膠架	BN	國內訂購
23	導線	LW	國內訂購
24	鐵架	BDH, EB, BM	國內訂購
25	電晶體	Transistor	國內訂購
26	絕緣紙膠帶	Insulation Paper Tape	國內訂購
27	保險線	Fuse	日本進口
28	基板	PCB	國內訂購
29	銘板	Nap	國內訂購
30	絕緣紙	Insulating Paper	國內訂購
31	殼；罩	Housing	國內訂購
32	栓膠帶	Pin Tape	國內訂購
33	插頭	Plug	國內訂購
34	積體電路	IC	國內訂購
35	開關	Switch	國內訂購
36	銅製品	Copper Ware	國內訂購
37	鐵製品	Iron Ware	國內訂購
38	鋁製品	Al Ware	國內訂購
39	錫製品	Tin Solder	國內訂購
40	環氧樹脂	Epoxy Resin	日本
41	絕緣油	Oil For Transformer	國外進口

## 二、產製過程中損耗率及損耗原因

變壓器產製過程中，導致原物料損耗情形分別為繞線、鐵心疊積、絕緣物製作、外殼組立、安裝及成品組立包裝作業等，其損耗率如表 1.2 至表 1.5。

表 1.2 低頻變壓器原物料損耗情形

項目	原物料名稱	損耗率	損耗原因
1	銅線	3%	頭、尾料；銲接、捲線不良
2	絕緣膠帶	0.02%	尾料、產品不良
3	矽鋼片 E 形	3%	撞擊、破裂、產品變形不良
4	矽鋼片 I 形	3%	矽鋼片未密合、短路
5	鐵帶	1%	產品不良
6	端子板	1%	產品不良
7	電線	1%	產品不良、銲接不良

表 1.3 匹配變壓器原物料損耗情形

項目	原物料名稱	損耗率	損耗原因
1	銅線	3%	線頭、線尾、線軸鬆動
2	線軸	2%	線軸沾錫、燙傷、刮傷
3	絕緣紙	2%	產品不良
4	絕緣膠帶	0.5%	尾料、產品不良
5	保險絲	1.5%	產品不良
6	鐵心	3%	撞擊、破裂、產品變形不良
7	電線	1%	產品不良，沾膠
8	外殼	1%	破裂、產品不良
9	螺絲	2%	產品不良
10	電阻	2%	產品不良

表 1.4 整流器原物料損耗情形

項目	原料品名稱	損耗率	損耗原因
1	膠架	3%	線頭、線尾、線軸鬆動
2	漆包線	3%	頭尾料、銲接不良、捲線不良
3	絕緣紙	3%	尾料、產品不良
4	絕緣膠帶	3%	撞擊、破裂、產品變形不良
5	二極體	3%	產品不良
6	保險絲	1.5%	產品不良
7	鐵心	3%	產品不良、撞擊、破裂
8	電源線	2%	產品不良、銲接不良
9	印刷電路	3%	產品不良、銲接不良
10	電容器	3%	產品不良、銲接不良
11	外殼	1%	產品不良、刮傷
12	螺絲	3%	產品不良
13	電阻	2%	產品不良

表 1.5 馳返、油浸式、模鑄式變壓器之原物料損耗情形

項目	原物料名稱	損耗率	損耗原因
1	高壓銅線	1.5%	繞線不良、成品不良
2	低壓銅線	1.5%	繞線不良、成品不良
3	鋁線	3%	頭、尾料；銲接、捲線不良
4	鐵心	1%	破損、作業不慎
5	鐵心夾	0.5%	成品不良
6	高壓骨架	1.5%	繞線損壞、成品不良
7	低壓骨架	1.5%	繞線損壞、成品不良
8	外殼	1.5%	成品不良
9	聚焦板	1.5%	成品不良

項目	原物料名稱	損耗率	損耗原因
10	二極體	1.5%	作業不良、成品不良
11	電阻	1.5%	作業不良、成品不良
12	電感	1.5%	作業不良、成品不良
13	高壓電容	1.5%	成品不良
14	環氧樹脂	1.5%	開、關機損耗、成品不良
15	固定金具	1%	產品不良、作業不良
16	高壓帽	1.5%	破損、成品不良
17	高壓線	1.3%	破損、成品不良
18	簾極線	1.2%	破損、成品不良
19	同步線	0.5%	損傷、端子不良
20	熱縮套管	1.5%	漏膠汙染、成品不良
21	麥拉紙	1.8%	繞線汙染、成品不良
22	牛皮紙	3%	作業不良、成品不良
23	皺紋紙	3%	作業不良、成品不良
24	固定膠	1.5%	成品不良
25	錫條	1.5%	作業不良、成品不良
26	錫絲	1.5%	作業不良、成品不良
27	標籤	1%	作業不良、成品不良
28	束帶	1.5%	作業不良、成品不良
29	墊片	1.5%	作業不良、成品不良
30	內箱	0.4%	作業損耗
31	保麗龍	0.5%	作業損耗
32	隔離紙	0.5%	作業損耗
33	外箱	0.5%	作業損耗

## 第四章 副產品及下腳廢料之處理情形

### 一、副產品及下腳廢料之產製比率

電子電路的電源變壓器、電力用變壓器、音頻變壓器、射頻變壓器、匹配變壓器、馳返變壓器、自耦變壓器、脈波（衝）變壓器、小型變壓器、差動變壓器等製造過程並無其他副產品，其製造過程之各階段瑕疵品及廢料產製比率，各家廠商及各式產品均不相同。應用製作於精密電子、家電及玩具等的中小型電壓器，產製過程所產生之廢料較少，一般約在1%~4%之間，而應用於電力系統之輸配電變壓器，一般約在2%~5%之間。

### 二、副產品及下腳廢料之用途及價值

家電用變壓器及電子電路的電源變壓器，產品產製過程之不良品均以廢料丟棄。電力系統之輸配電變壓器，產品產製過程之下腳廢料如矽鋼片、銅線、鋁線、鋼板等，尚可以廢料賣掉處理。

## 第貳篇 旋轉電機

旋轉電機分為馬達與發電機。馬達為一種通過磁場和繞組電流將電能轉化成機械能，並可再使用機械能產生動能，用來驅動其他裝置的電氣設備；反之，發電機為動能轉化成電能。

旋轉電機之基本原理係依據弗萊明左手定則，電流進入線圈產生磁場，利用電流的磁效應，使電磁鐵在固定的磁鐵內連續轉動的裝置，可以將電能轉換成力學能。馬達與發電機的主要構造除定子(Stator)及轉子(Rotor)外，其他還有軸承、墊片、油封等。

### 第一章 業務概況

#### 一、產品種類及用途

##### (一)旋轉電機種類：

- 1.按轉換能源分類
  - (1)馬達
  - (2)發電機
- 2.按使用電源分類
  - (1)交流電機
  - (2)直流電機
  - (3)脈衝馬達
- 3.按有無轉速差分類
  - (1)同步機
  - (2)非同步機（又稱感應機）
- 4.按相數分類
  - (1)單相電機
  - (2)兩相電機

(3)三相電機

5.同步機按構造分類

(1)磁阻電機

(2)繞線式激磁電機

(3)步進馬達

(4)永磁式激磁電機

6.感應機按構造分類

(1)繞線式轉子

(2)鼠籠式轉子

(3)電容式

(4)分相式

(5)蔽極式

7.直流電機按構造分類

(1)他激式

(2)複激式

(3)並激式

(4)串激式

(5)永磁式

8.伺服馬達

9.磁阻馬達

10.永磁同步馬達

11.單極馬達

12.線性馬達

13.步進馬達

(二)旋轉電機用途：

馬達用途眾多，大至重型工業、小至小型玩具都有其蹤跡，在不同的環境下會選擇不同類型的馬達。

直流馬達：依靠直流電驅動的馬達，在小型電器上應用較為廣泛。

交流馬達：結構上可分為同步馬達及感應馬達兩大類。同步馬達的特點是轉速固定，不受電源電壓的影響；感應馬達可利用交流電相位的變化或周圍變動的磁場感應產生磁場，因此轉子可以不必再纏繞線圈，亦不需有電刷等構造，可簡化轉子的構造。大容量之同步馬達用於工廠之定速驅動，小容量之永磁同步馬達用於周邊裝置之驅動，如散熱扇、磁碟機、雷射印表機等；三相感應馬達常用於工業用的電動機械，其功率範圍從幾瓦到上萬千瓦，在化工、物流、工程製造等領域都廣泛應用；單相感應馬達主要用在負載較小的場合，如電風扇、洗衣機、電冰箱、空調器等家用電器等。馬達常用用途如表 2.1。

發電機與我們電力的使用息息相關，現今電力能源的產生除多數再生能源外，傳統發電方式如燃煤、燃氣、核能或水力等，均是以旋轉電機作為其組成的一部份。



表 2.1 馬達常用用途

馬達	用途
步進馬達	辦公室自動化(OA)：列表機、傳真機、掃描器等。
	工廠自動化(FA)：自動化設備、產業機械(繞線機)、半導體檢測設備、醫療設備等。
	消費性產品：電動遊戲機、自動櫃員機等。
有刷／無刷直流馬達	醫療用：電動跑步機、電動代步車、電動輪椅、電動自行車。
	家庭用：逆滲透飲水機。
	工業用：工具機、輸送帶。
伺服馬達	工具機：車床、銑床、磨床。
	產業機械：雕刻機、印刷電路版(Printed Circuit Board, P.C.B)切割機、印刷機械、裁切機械、編織機、紡織機、放電加工機、射出成型機。
	自動化設備：自動化生產線、組立機械人。

## 二、目前產銷供需情形及營業現況

### (一)旋轉電機之產製：

旋轉電機規格繁多且用途種類不同，各製造公司大多是客製化產品，依據客戶需求設計並試作，待客戶確認及下單後，製造公司再依設計/製造規格書等步驟生產製造。其種類有：伺服馬達、步進馬達（伺服步進馬達）、感應馬達、無刷馬達、DD 馬達（轉矩馬達）、線性馬達等。由於臺灣人工成本昂貴，馬達屬勞力密集工業，製造公司漸漸將工廠轉移至中國大陸或東南亞等人工成本較低之國家生產。

旋轉電機廣泛的應用於各種工業、民生、運輸與資訊設備，工業用馬達之容量與體積大、絕緣效果好、構造較

複雜。常用馬力有 150 kW~2000 kW 到 450 kW~5600 kW 等大型馬達，馬達繞組極數從 2P~16P 的範圍。種類有永磁馬達、水泵馬達、變速馬達、大型臥式馬達、大型管冷式馬達、大型軋鋼壓延馬達、大型開放型立式馬達、防爆馬達等。

旋轉電機主要由定子和轉子所構成，依使用電源不同分為直流、交流與脈衝三種馬達。使用永久磁鐵、電磁鐵、電刷、整流子等元件，利用外部供應直流電源，持續地供應轉子的線圈，適時改變電流的方向，使轉子能依同一方向持續旋轉，稱為直流馬達；將交流電通過馬達定子線圈，設計讓周圍磁場在不同時間、不同位置推動轉子持續運轉，稱為交流馬達；電源經過數位 IC 晶片處理，變成脈衝電流以控制馬達，稱為脈衝馬達。

## (二)營業現況

根據訪查瞭解，小家電及電子方面所使用之一般馬達製造業，在國內稍具有規模以上之公司，大多在國外也都有設廠，其對於要求高品質或數量不多、價位高之客戶訂單，在國內生產；若數量多、價位低而品質要求不高之客戶訂單，則可能在臺灣接单、試作，合格後則到中國大陸或東南亞工廠生產，產品市場在國內、國外都有。

而應用於電力系統之馬達，其附加價值高，國內具有這種技術能力之製造廠商如東元電機、台達、大同、士林電機等公司，其主要客戶為台灣電力公司、各中大型企業及高樓大廈。為提升產製能力，不斷引進國外先進技術、開發相關產品，配合國內產業升級及用電量不斷增加之需

求，提高馬達轉速上需要的高效能和高穩定性，並且達到節能水準的要求。除逐年增資、技術不斷提升外，更有擴大生產高容量及多樣化馬達產品之能力。產品主要市場以國內為主，並積極建立臺灣系統整合技術，加速進入國際供應鏈，進而打造綠能環保產業。

## 第二章 製造程序

### 一、概說

#### (一)旋轉電機製造關鍵步驟：

##### 1.機身：

定子衝片需要一種機械性的機構，裡面可以裝置一種或一種以上長度的鋼片，此機構稱作機身。機身尺寸設計愈佳，則設計在負載運轉定額時，所需用的物料就越少，而效率越高。

##### 2.矽鋼片：

要充分利用矽鋼片的分片優點，矽鋼片與矽鋼片之間必須能夠互相絕緣，防止渦流通過。鋼片絕緣通常使用方法為噴上液體絕緣料或黏上薄紙，只要能抵抗裝配鐵心時的夾力，及承受運轉時的溫度即可。

##### 3.轉動軸承：

依需求選擇軸承，影響的項目包含軸承壽命、容許轉速、防塵性、軸承內部間隙、軸承噪音、外部震動、摩擦轉矩等。

##### 4.鐵心壓裝：

鐵心壓裝有三個工藝參數，分別為壓力、鐵心長度和鐵心重量。在保證鐵心長度的情況下，壓力越大，壓裝的沖片數越多，鐵心越緊，重量越大。而電機工作時，因鐵心中磁通密度低，激磁電流小，鐵心損耗小，電動機的功率因數和效率提高，溫度升高趨勢降低。但壓力過大會破壞沖片的絕緣，使鐵心損耗反而增加，所以壓力過大是不適宜的。

## 5.絕緣浸漬：

絕緣浸漬是電機在製造過程中或製造後，及電機定子繞組或轉子繞組在嵌線裝配後，按一定的工藝方法浸漬絕緣漆，以提高絕緣的耐熱性、耐潮性、耐化學腐蝕性及電機絕緣的各種電氣性能，降低介質損耗，提高絕緣的力學性能，改善導熱性，降低電機溫升，提高電機絕緣，延長電機使用壽命。絕緣浸漬是電機製造的關鍵工序，常用的浸漬方法有(1)普通沉浸、(2)連續沉浸、(3)滾浸、(4)澆漆、(5)滴漆、(6)真空浸漆及(7)VPI 真空壓力浸漆等。

### (二)旋轉電機的基本生產流程

旋轉電機之種類繁多複雜，雖同稱馬達或發電機，依照使用性質及供電類別不同可分為各種類型的馬達，且因各廠產製方法、製造程序與用料截然不同，若欲將所有總類之產製方法進行說明及分別訂定其原物料耗用通用水準，將極為冗長。僅選擇就代表性廣義馬達說明。

電動機的種類很多，以基本結構來說，主要由定子(Stator)、轉子(Rotor)和端蓋(endbells)所組成。定子在空間中靜止不動，轉子則可繞軸轉動，由軸承、端蓋支撐，端蓋在前後兩側以支撐轉子，端蓋則覆蓋電機外殼的端部，用於容納電機端部的軸承以支撐轉子，提供冷卻氣流的路徑，並保護內部電氣和防止機械潮濕及污垢附著，本章節將介紹主要部分的製造流程。

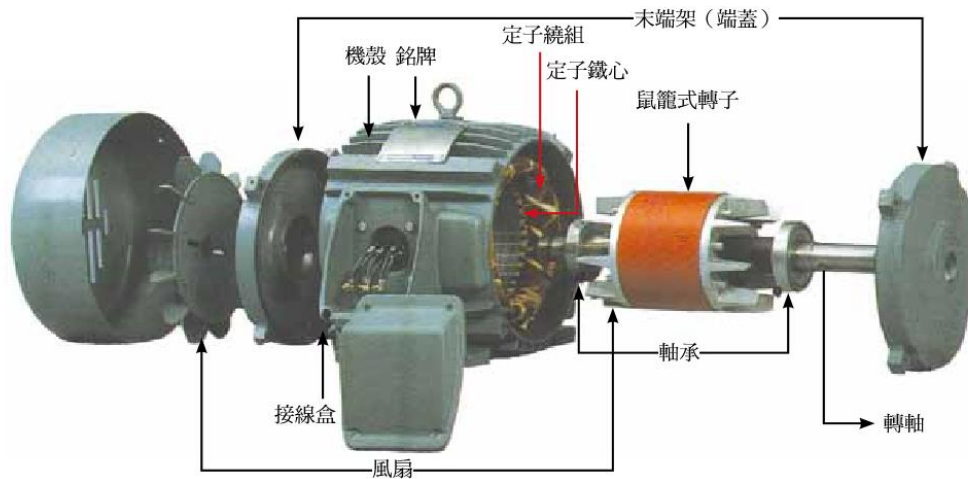


圖 2.1 三相感應電動機的構造

### 1. 轉子及定子之產製作業流程：

轉子是用於驅動外部機械的旋轉部件，通常電機製造商直接從鋼鐵供應商處購買薄層壓板。透過沖壓機沖壓層壓片或透過激光裝置切割，以形成所需的層壓圖案，沖壓疊片通常需要透過熱工藝處理，以穩定其電磁、熱和機械性能，轉子製造的最後一步是在動態條件下仔細校正，使轉子平衡。

定子的製造過程包括層壓沖壓、退火、堆疊、纏繞和浸漬/封裝，定子鐵心材料的選擇類似轉子鐵心的選擇，由於沒有離心力作用在定子鐵心上，因此對材料強度的要求可能低於轉子鐵心。為了減少渦流和磁滯損耗，透過堆疊大量由矽鋼製成的薄疊片來製造定子鐵心，矽鋼疊片層壓厚度的確定是鐵損和製造成本之間的折衷，較薄的層壓板總是更昂貴並且具有較低的堆疊效率。

轉子及定子之產製流程：零件檢驗→軸心及矽鋼片壓入→端板插入→整流子壓入→絕緣紙插入→繞線

→槽楔插入→整流子焊接→整流子車削→凡立水固型  
 →轉子動平衡→磁鐵充磁→磁鐵黏著→軸承壓入→碳  
 刷架鎖附→碳刷安裝→定轉子組裝→成品檢驗。轉子  
 及定子之產製作業流程如圖 2.2。

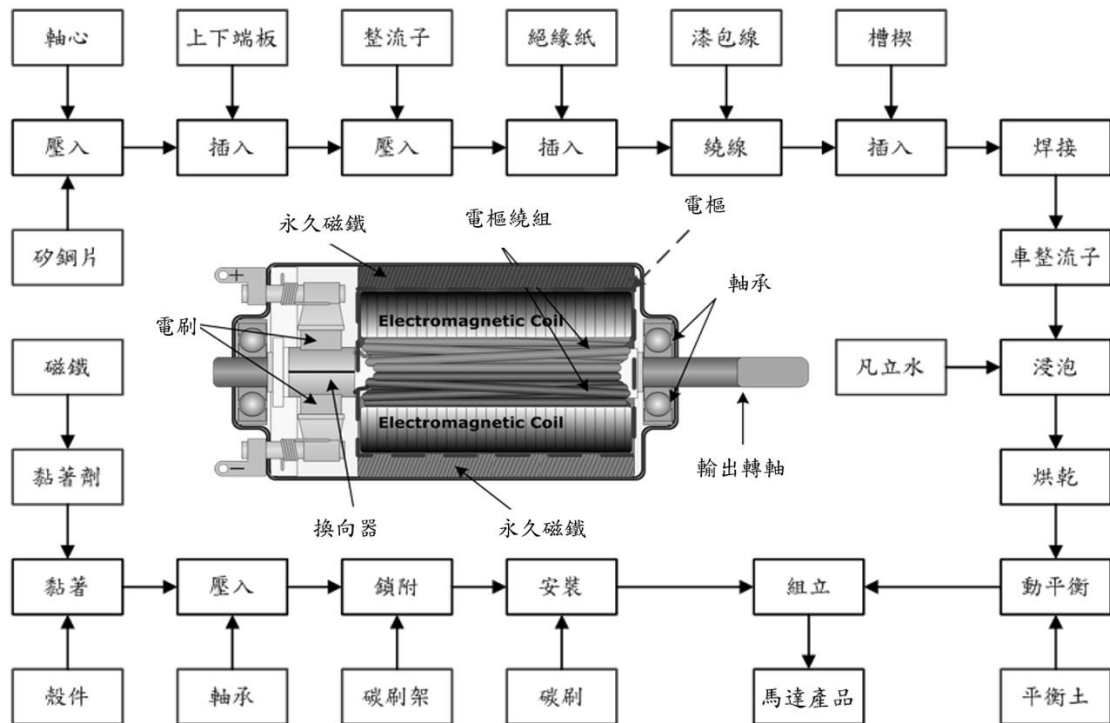


圖 2.2 轉子及定子之產製作業流程圖

## 2.端蓋之產製作業流程：

電動機端罩可以透過許多製造工藝製造，例如鑄造、機械加壓、沖壓、鍛造、擠壓和粉末冶金燒結。在考慮生產效率、成本、外觀和其他因素時，鑄造工藝最廣泛應用於生產電機端罩。端蓋之產製作業流程如圖 2.3。

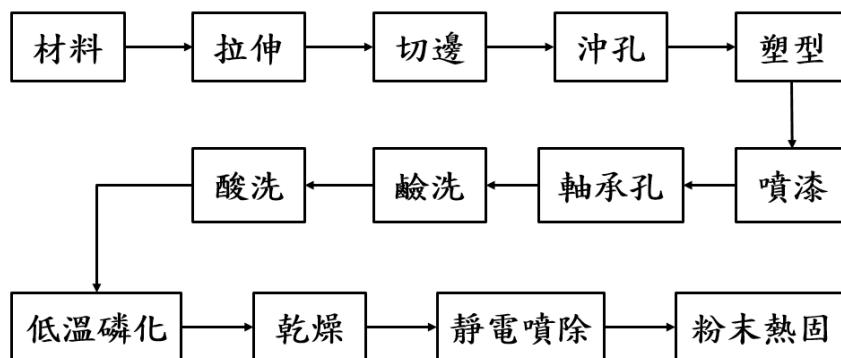


圖 2.3 端蓋之產製作業流程圖

當以上三種主要的零件製造完成，再加上電容器、接線板、離心開關等外部零件，即可完成馬達整機裝配製造流程如圖 2.4。

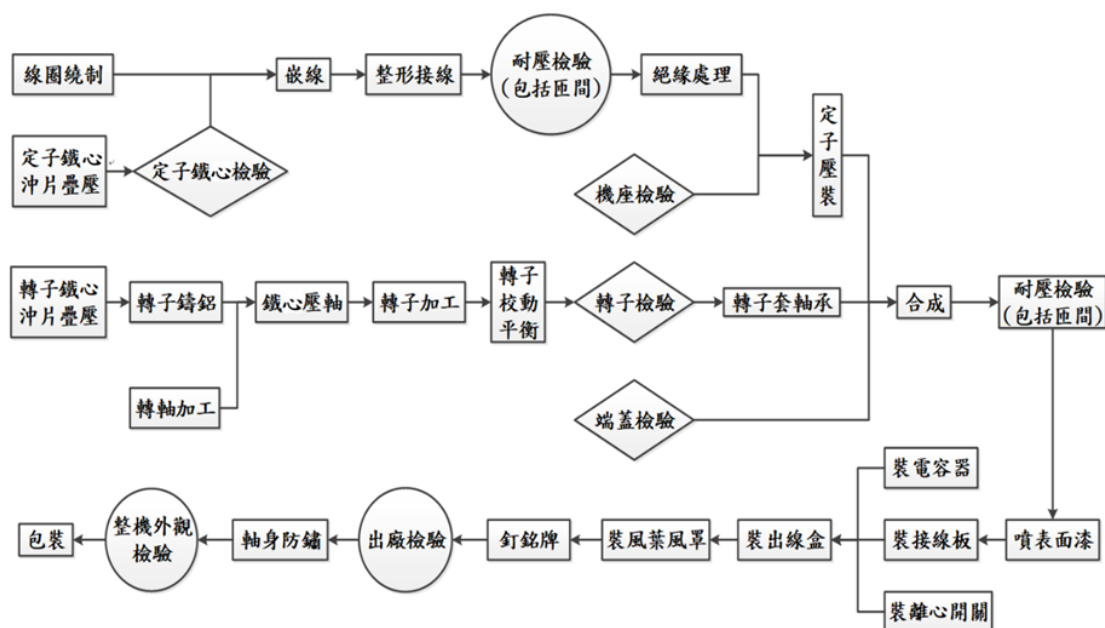


圖 2.4 馬達整機裝配製造流程圖



### 第三章 原物料耗用情形

#### 一、原物料之名稱及來源

旋轉電機所需之原物料，大部分由國內生產供應，部分由國外進口，主要原物料名稱及來源如表 2.2：

表 2.2 旋轉電機所需之主要原物料名稱及來源

項目	中文名稱	英文名稱	材料來源
1	銅線	Copper Wire	國內訂購
2	鋁線	Aluminum Wire	國內訂購
3	鐵心	Core	國內訂購
4	磁鐵	Magnet	國內訂購
5	外殼	Case	國內訂購
6	固定鉚釘	Rivet	國內訂購
7	彈簧	Spring	國內訂購
8	平墊圈	Flat Washers	國內訂購
9	螺栓	Bolt	國內訂購
10	擋塵圈	Dust Ring	國內訂購
11	油封橡膠	Seal	國內訂購
12	皮帶	Belt	國內訂購
13	保險絲	Fuse	國內訂購
14	積體電路	IC	國內訂購
15	電容器	Capacitor	國內訂購
16	整流器	Rectifier	國內訂購
17	(絕緣)雲母	(Insulated)Mica	國內訂購
18	(絕緣)玻璃纖維	(Insulated)Fiberglass	國內訂購
19	軸承	Bearing	國內訂購
20	軸承座	Bearing Housing	國內訂購
21	碳刷	Carbon Brush	國內訂購

項目	中文名稱	英文名稱	材料來源
22	碳刷架	Carbon Brush Holder	國內訂購
23	平衡土	Balanced Soil	國內訂購
24	風罩	Wind Cover	國內訂購
25	風扇	Fan	國內訂購
26	出線盒	Outlet Box	國內訂購
27	端子台	Terminal Block	國內訂購
28	接線螺柱	Bushing	國內訂購
29	接線座	Connector Base	國內訂購
30	連接桿	Connecting Rod	國內訂購
31	聯軸器	Coupling	國內訂購
32	免鍵式軸套	Keyless Bushing	國內訂購
33	離心開關	Centrifugal Switch	國內訂購
34	塑膠製品	Plastic Ware	國內訂購
35	橡膠製品	Rubber Ware	國內訂購
36	銅製品	Copper Ware	國內訂購
37	鐵製品	Iron Ware	國內訂購
38	鋁製品	Al Ware	國內訂購

## 二、產製過程中損耗率及損耗原因

旋轉電機產製過程中原物料損耗情形，分別是電樞繞線、鐵心疊積、絕緣物製作、外殼組立、安裝、以及成品組立包裝作業等，其損耗率如表 2.3。

表 2.3 旋轉電機產製過程主要原物料損耗率

項目	原物料名稱	損耗率	損耗原因
1	銅線	3%	頭、尾料；銲接、捲線不良
2	鋁線	3%	頭、尾料；銲接、捲線不良
3	漆包線	3%	頭、尾料；銲接、捲線不良
4	矽鋼片	3%	撞擊、破裂、產品變形不良
5	鐵心	3%	撞擊、破裂、產品變形不良
6	磁鐵	3%	撞擊、破裂、產品不良
7	電源線	2%	產品不良、銲接不良
8	絕緣管束	1%	頭、尾料
9	熱縮套管	1.5%	漏膠汙染、成品不良
10	絕緣紙	2%	產品不良
11	隔離紙	0.5%	作業損耗
12	絕緣膠帶	0.5%	尾料、產品不良
13	絕緣材料	0.5%	尾料、產品不良
14	外殼	0.5%	破裂、產品不良
15	印刷電路	3%	產品不良、銲接不良
16	電容	1%	產品不良
17	電阻	2%	產品不良
18	二極體	3%	產品不良
19	積體電路	3%	產品不良
20	橋式整流器	1%	產品不良
21	彈簧	1.5%	產品不良
22	螺絲五金	1%	產品不良
23	接線螺柱	1%	產品不良
24	擋塵圈	1%	產品不良
25	油封橡膠	1%	產品不良
26	皮帶	2%	作業不良、產品不良

項目	原物料名稱	損耗率	損耗原因
27	保險絲	1.5%	產品不良
28	固定膠	1.5%	成品不良
29	固定鉚釘	1%	作業不良
30	錫條、錫絲	1.5%	作業不良、成品不良
31	棉線	1%	頭、尾料；成品不良
32	束帶	1.5%	作業不良、成品不良
33	軸承	1%	產品不良
34	軸承座	0.2%	產品不良
35	碳刷	1%	破裂、產品不良
36	碳刷架	1%	產品不良
37	平衡土	1%	成品不良
38	風罩	1%	破裂、產品不良
39	風扇	1%	破裂、產品不良
40	出線盒	0.5%	破裂、產品不良
41	端子	0.5%	產品不良、成品不良
42	端子台	1%	產品不良
43	接線座	1%	產品不良
44	連接桿	0.5%	產品不良
45	聯軸器	0.5%	產品不良
46	軸套	0.5%	產品不良
47	離心開關	1%	作業不良、產品不良
48	塑膠製品	2%	破裂、產品不良
49	橡膠製品	0.5%	產品不良
50	其他金屬製品	0.2%	作業不良、產品不良

## 第四章 副產品及下腳廢料之處理情形

### 一、副產品及下腳廢料之產製比率

發電機、感應馬達、伺服馬達、步進馬達、無刷馬達、轉矩馬達、線性馬達等之製造過程大同小異，且無其他副產品。各家廠商及各式產品於製造過程中所產生的瑕疵品及廢料比率均不相同，應用製作於精密電子、家電及玩具等的中小型馬達，產製過程所產生之廢料較少，一般約在1%~4%之間；而應用於工業大型馬達、大型發電機，一般約在2%~5%之間。

### 二、副產品及下腳廢料之用途及價值

小型馬達、家電用馬達、產品產製過程之不良品等，均以廢料丟棄。大型發電機、大型馬達、工業用馬達等，產品產製過程之下腳廢料如矽鋼片、銅線、鋁線、鋼板等，尚可以廢料賣掉處理。

## 結論

變壓器及旋轉機械是生活週遭幾乎無所不在的電機、電子設備，但因用途功能不同、其種類規格繁多，大至重工業及電力系統、小至手機及精密儀器。在臺灣也有許多廠商致力於這些產品的研發與生產。其主要產製原料來源為電子零件工廠、銅（鐵）工廠、絕緣料工廠、銅線工廠及塑膠工廠等。未來技術日新月異，產品的製造越做越精密，引進並整合其他新技術，朝向使產品更加自動化、更加精確、更有效率、變壓器容量更大及旋轉機械馬力更大等方向發展。