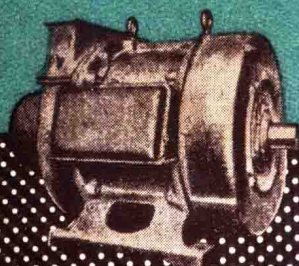


# 感应电动机制造

陳常興 編著



科學技術出版社

# 感应电动机制造

陈常兴編著

科学技術出版社

## 內 容 提 要

本書扼要介紹整個感應電動機製造的具體情況。如硅鋼片等材料的選擇，機座端蓋轉軸的車削、沖片、疊壓、澆鑄、繞綫浸漬、烘焙、焊接、總裝配、校平衡等等。對工作程序及各工序操作要求及操作方法皆不厭其詳，敘述清楚，並作出規定。適合電機製造工廠的技術人員和工人在實際工作中作為參考。

## 感 應 電 動 機 制 造

編 著 者 陳 常 興

\*

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 079 號

科學出版社上海印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

\*

統一書號：15119·653

開本 787×1092 1/32 · 印張 3 3/4 · 字數 73,000

1958 年 5 月第 1 版

1958 年 5 月第 1 次印刷 · 印數 1—4,000

定價：(10) 0.55 元

## 序 言

感应电动机在工業上的应用非常廣泛，因此不僅是制造厂的工作人員需要了解，在修理厂，在使用这种电机的工礦企業、机关里的技術人員以及学校里的專業师生，都希望对它有个較全面的認識。可是能够介紹一些实际关于感应电动机制造的書籍却很少見。为了適應生產需要，为了相互交流經驗，我把个人从事电机制造的一些心得寫出來，向讀者們作个簡要的介紹。

這本書是从 1954 年开始編寫的，到 1957 年才得完篇，不覺已三易寒暑。全書共分十一章，系按照制造过程排列。它的特点是扼要的介紹了整个感应电动机制造的具体情况，着重实际，并不多談理論，其中好些地方还是根据編者經驗，未見于其他參考書籍；同时也不采用繁雜的算式，力求通俗易懂，对于需要了解感应电动机制造情况的人來說，是比較实用的。不过感应电动机的結構各不相同，包含的問題十分廣泛，而它的制造方法國內外厂家也不一致，不可能在篇幅不大的一本書中詳盡敘述，这里只能選擇比較簡便適用的方法加以說明。并且还只限于中小批量的生產，不介紹大批生產的自动化作業。

本書初稿曾承甯建錦同志閱讀一过，指正不少缺點，謹此致謝。此外，由于時間短促及編者能力有限，書中錯誤一定难免，須請讀者加以指正和批評，以便再版時修改。

編者 1957 年 8 月

# 目 錄

## 序 言

第 一 章 概 論	1
1. 結構	1
2. 电机常用材料	3
3. 制造方法	8
第 二 章 主要机件制造	10
1. 机座	10
2. 端盖	13
3. 轉軸	14
第 三 章 鉄心制造	16
1. 冲片制造	16
2. 端板、端环、銅条、鉄心夾片、通風槽板及定子樺的	16
制造	23
3. 定子鉄心叠压	25
4. 轉子鉄心叠压	32
第 四 章 轉子鑄鋁	37
1. 离心澆鑄	37
2. 压力鑄造	39
3. 振动澆鑄	42
4. 重力澆鑄	44
第 五 章 綫圈制造	45
1. 綫圈的种类	45
2. 主要設备及工具	45
3. 綫圈材料	48
4. 繞綫	49
5. 拉型	49
6. 压弯、敲弯	49
7. 包紮	50
第 六 章 嵌綫与拼头	52
1. 嵌綫概論	52
2. 嵌綫工具及設备	53
3. 嵌綫前的准备工作	53
4. 定子嵌綫	54
5. 轉子嵌綫	56
6. 拼头	56
7. 集电环的連接	57

<b>第 七 章</b>	<b>浸漬与烘焙</b> .....	<b>58</b>
1.	浸漬的作用.....	58
2.	浸烘設備.....	59
3.	預烘.....	62
4.	浸漆.....	62
5.	烘焙.....	63
6.	浸瀝青(浸膠).....	64
7.	热压和冷压.....	65
8.	綫圈的檢查.....	66
<b>第 八 章</b>	<b>焊接</b> .....	<b>67</b>
1.	概論.....	67
2.	电弧焊接.....	67
3.	銀焊.....	70
4.	点焊.....	70
5.	錫焊.....	72
<b>第 九 章</b>	<b>紮鋼絲</b> .....	<b>73</b>
1.	概論.....	73
2.	操作方法.....	74
<b>第 十 章</b>	<b>校平衡</b> .....	<b>77</b>
1.	校靜平衡.....	77
2.	校动平衡.....	79
<b>第十一章</b>	<b>总裝配</b> .....	<b>86</b>
1.	軸承裝配.....	86
2.	中小型电动机的总裝配.....	87
3.	大型电动机的总裝配.....	88
4.	立式电动机的总裝配.....	89
5.	裝出綫匣、油漆及釘名牌	90
<b>附錄 I.</b>	.....	<b>92</b>
表 1.	圓形截面導綫綫規表.....	92
表 2.	矩形截面導綫(扁綫)綫規表.....	93
表 3.	絕緣導綫的双面厚度(絕緣总厚度).....	95
表 4.	國產 5012 号黑烘漆(仿苏 447 号漆)的性質.....	96
表 5.	國產 5052 号清烘漆(仿苏 202 号漆)的性質.....	97
表 6.	國產 5173 号灰瓷漆(仿苏 ТУМХІІ1527-49 灰瓷漆)的性質.....	98
表 7.	綫圈浸漬用膠的技術要求.....	99
表 8.	电机滑动軸承的潤滑油种类.....	99
表 9.	潤滑油的代用品.....	100
表 10.	滾珠軸承和滾柱軸承的推荐潤滑脂.....	100

表 11. 滾珠軸承和滾柱軸承潤滑脂比較数据 .....	101
表 12. 巴氏合金 $\left(\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}} 2721\right)$ .....	102
表 13. 苏联牌号 ТИС 有色玻璃 (电焊防护面盔用) .....	102
表 14. 直流电焊机 .....	103
表 15. 鋼絲繩和麻繩的負載 .....	105
表 16. 电机絕緣繞組电气强度試驗标准 .....	106
表 17. ПРТ-500 單芯編織塗蜡橡皮絕緣軟綫 .....	107
表 18. ПРТ-8000 單芯編織塗蜡橡皮絕緣軟綫 .....	108
表 19. 感应电动机制造中常發現的制造上誤差問題 .....	109
<b>附錄 II.</b> .....	112
感应电动机端部紮鋼絲的計算方法 .....	112
<b>参考文献</b> .....	114

# 第一章 概 論

感应电动机目前几乎广泛的应用于各项工业中。这是由于它的构造简单、价格便宜、效率高和工作可靠。现在1~100千瓦的鼠笼式感应电动机，每年在国内的生产量是很大的。100千瓦以上，则多半采用绕线式（即滑环式）。400~500千瓦的绕线式电动机，通常备有电刷提升设备。近年来，因为国内工业的发展，对于较大容量的感应电动机的需要量，也日益增加。感应电动机的制造，在电机制造中，已经占到了很重要的地位。因此对于这一方面的知识，特别感到需要，而它的结构、材料和制造方法，又往往对于感应电动机的制造，有着很大的影响。这就是其所以在讨论到感应电动机制造之前，必须首先说明的问题。

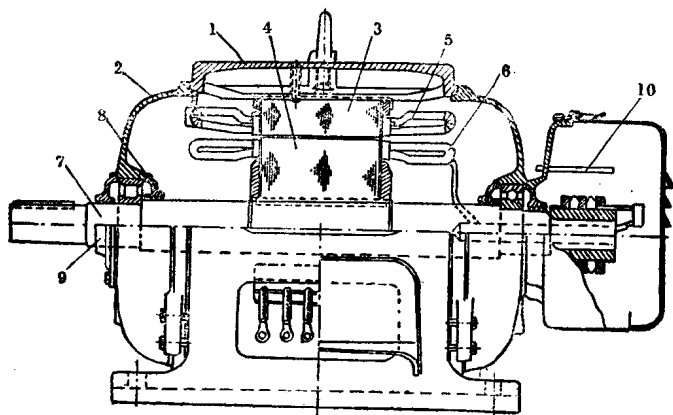
## 1. 结 构

感应电动机因为型式不同，它的结构也就各异。但是基本上总不外由于下列三个主要部分构成：即固定部分（定子）、转动部分（转子）及支持转子带轴承的端盖，如图1-1。大型感应电动机的端盖不带轴承，另有轴承座，共为四部分。

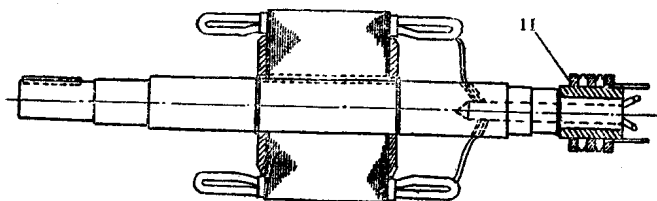
图1-1甲是表示绕线式感应电动机的装配简图，其中略去了电刷。图1-1乙是表示由图1-1甲中拆出的定子及转子。如果是鼠笼式感应电动机，则没有电刷架和集电环，转子绕组则成笼形如图1-1丙（图1-1丙是表示单鼠笼的转子绕组，如系双鼠笼的应有两层与图1-1丙相似的笼形结构）。



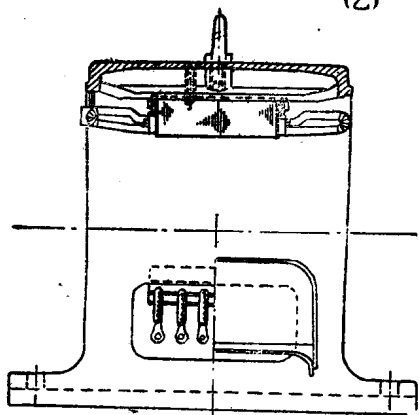
## 感应电动机制造



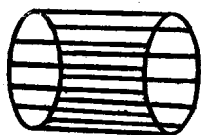
(甲)



(乙)



(乙)



(丙)

- 图 1-1 1. 机座 2. 端盖  
 3. 定子铁心 4. 转子铁心  
 5. 定子绕组 6. 转子绕组  
 7. 转轴 8. 轴承内盖  
 9. 轴承外盖 10. 电刷架  
 11. 集电环

鼠籠式与繞綫式感应电动机的定子構造完全相同。它們都是由机座、定子鉄心和定子繞組組合而成。封閉式感应电动机再加外罩，而大型感应电动机則加軸承座。它們主要的区别是轉子不同。鼠籠式轉子用銅条或鑄鋁，不需要集电环；而繞綫式轉子是繞綫的，需要集电环或电刷提升裝置。此外就端盖而論，繞綫式須加电刷支架，也与鼠籠式有些区别。从上圖中可以識別。

顯然就結構來說，鼠籠式轉子——無論是單鼠籠或双鼠籠，都要比繞綫式轉子簡單得多，且較牢固。

## 2. 电机常用材料

感应电动机常用的材料以磁性材料、导电材料、絕緣材料为主；構築材料和潤滑材料次之。磁性材料只用硅鋼片。导电材料常用的有銅条、銅綫、鋁及鋁合金、青銅、炭刷等。絕緣材料包括青殼紙、黃蜡帶、云母紙、玻璃絲布帶、絕緣漆等。構築材料如：鑄鉄、熟鉄、鋼料、鋼絲等。潤滑材料僅指潤滑油脂。这些材料的选用，不僅影响电机成本，而且影响电机性能和使用寿命。电机常用材料的种类既多，自不能一一介紹。今擇其最主要者說明如下，其他詳見于电工材料書中。

1. 磁性材料 感应电动机所采用的磁性材料通常就是硅鋼片。它是含碳量很低、含硫磷亦少的一种硅鉄合金鋼片。它的導磁率高，渦流損耗和磁滯損耗極低，非常適宜于做導磁的电机鉄心之用。

硅鋼片的苏联标号，按照苏联國家标准 ГОСТ 802-54 有：Э11, Э12, Э21, Э31, Э34, Э310, Э320, Э330, Э340, Э370, Э41,

$\text{D}42, \text{D}43, \text{D}44, \text{D}45, \text{D}46, \text{D}47, \text{D}48$  等种。标号的意义是： $\text{D}$ —表示电工用钢。第一位数字(1, 2, 3, 4)—钢片含硅的合金等级：1—表示低级合金钢(含硅 0.8~1.8%)；2—表示中级合金钢(含硅 >1.8~2.8%)；3—表示高级合金钢(含硅：热轧的 >2.8~4.0%；冷轧的 >2.5~3.5%)；4—表示超级合金钢(含硅 >4.0~4.8%)。第二位数字(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)—钢片保证的电磁性质：1, 2, 3—在频率为 50 赫钢片交变磁化时的单位损失和在强磁场内的磁感应；4—在频率为 400 赫钢片交变磁化时的单位损失和在中等强度磁场内的磁感应；5, 6—在弱磁场(低于 0.01 安匝/公分)内的导磁率；7, 8—在中等强度磁场(自 0.1 至 1 安匝/公分)内的导磁率。第三位数字(0)—表示冷轧钢片。

感应电动机通常采用  $\text{D}11$  和  $\text{D}21$  硅钢片来制造，而  $\text{D}11$  尤其用得普遍。一般选用的厚度是 0.5 公厘，面积有  $2 \times 1$  平方公尺、 $1.5 \times 0.75$  平方公尺、 $1.72 \times 0.86$  平方公尺等。它的比重则因含硅量增高而降低如： $\text{D}11$ —7.8,  $\text{D}21$ —7.75,  $\text{D}31$ —7.65,

表 1-1

钢号	单位损耗(瓦/公斤)	
	P10/50	P15/50
	不 大 于	
$\text{D}11$	3.3	7.9
$\text{D}21$	2.5	6.1

表中硅钢片厚度均为 0.5 公厘。P10/50—在 50 赫磁感应最大 10000 高斯。P15/50—在 50 赫磁感应最大 15000 高斯。

$\text{D}41$ —7.55 等。平均比电阻  $\text{D}11$  为 0.25 欧·平方公厘/公尺， $\text{D}21$  为 0.4 欧·平方公厘/公尺。它的损耗如表 1-1。0.5 公厘厚的  $\text{D}11$  及  $\text{D}21$  硅钢片的弯折次数均应不少于 10 次。

硅钢片的长度、宽度、厚度公差应合于规定。外表不应有显著的缺陷。它的含硅量可以由化验

分析得出,亦可用弯折次数大約估計。

2. 主要的導電材料 銅、銅綫和鋁是感應電動機制造中最主要的導電材料。鼠籠式電動機的轉子必須用銅條或鋁;定子及繞綫式轉子必須用銅綫。這是由於它們具有優良的導電特性,宜於用作導電體的緣故。

導體用銅均採用經過軋煉的純淨電解銅,呈紫紅色。它的含銅量在 99.9% 以上,要求不含磷硅;銅中含銀雖不影響它的導電率,但能使銅的硬度增大,對於要扭斜度的鼠籠式轉子銅條,甚不相宜。銅的特性是:電阻係數在 20°C 時為 0.017241;比重為 8.89;電阻溫度係數為 0.00393;膨脹係數為 0.000017;熔點為 1083°C;能抵抗大氣的腐蝕與氧化;容易焊接與熔接;富展延性;易於機械加工及彎折。

感應電動機所用銅綫,分為裸銅綫與絕緣電綫兩類。裸銅綫系不包絕緣的純淨電解銅制的軋銅綫,常用者為方綫和扁綫,多用於繞綫式轉子繞組,通常只要求它的成分和斷面尺寸公差合於規定,外表無損傷及其他缺陷即可。絕緣電綫是指外包有絕緣層的單心銅綫,按它的形狀有圓綫、方綫、扁綫之分。按絕緣層的性質則可分為漆包綫、單絲漆包綫、絲包綫、單紗漆包綫、雙紗包綫、玻璃絲包綫等。漆包綫系在軟銅綫外層塗以黑色或醬色的特殊絕緣漆,皮膜很薄而絕緣性能好,又能耐熱、耐酸、耐油,綫圈所占的空間最小,為小型電動機所常用。漆包綫外再繞一層細絲或細紗,就成絲漆包綫或紗漆包綫,更能加強絕緣及保護漆層不受損傷。絲包綫是用絹絲在軟銅綫外纏繞一層或多層,但相鄰層間的纏繞方向應相反,價格比紗包綫貴,但占空間較小。紗包綫的絕緣層是用細紗在軟銅綫外纏繞的,與纏絲的

方法相同。玻璃絲包綫則系利用 0.01~0.2 公厘直徑的玻璃絲纏繞，它不但所占空間小，而且耐熱性、耐濕性、耐磨性均佳，常用於 B 級絕緣電機中<sup>①</sup>。

以上三種絕緣層，無論絲層、紗層或玻璃層均應包織緊密，不能有斷頭、翻毛、厚薄不一及其他缺點。檢查絕緣電綫時，也要分別檢查銅綫尺寸、漆厚度、紗厚度或絲厚度，不能只測量最外層尺寸。而漆層的附着力、耐油性及耐酸性，也應按照材料的產品說明書作必要的檢驗。

鋁的導電性能雖不及銅，但因為它的產量較多、價格低廉、質量輕，所以近年鼠籠式電動機的轉子，幾乎大部改用鑄鋁。鋁為銀白色金屬，比重 2.7，約為銅的三分之一弱；熔點為 658°C；抗蝕性較強，但不易焊接；電阻係數在 20°C 時為 0.0288，約為銅的 1.65 倍。

3. 絕緣材料 按蘇聯 1956 年國家標準所規定，以材料的耐熱性能而分為七類，即：

Y 級絕緣：不經過浸漬、膠粘、塗復的有機物質，如棉、絲、人造絲、紙等。它的容許溫度為 90°C。

A 級絕緣：經過浸漬或浸於油中的有機物質，如棉、絲、紙等。它的容許溫度為 105°C。

AB 級絕緣：浸漬瀝青或人造樹脂油漆的有機物質，如棉、絲、紙等；又澆注、塗布或粘沾人造樹脂或醋酸酪酸纖維素的薄膜，如漆布與漆包綫的纖維素薄膜等。它的容許溫度為 120°C。

B 級絕緣：由雲母和石棉等包含有膠粘的物質所組成。它的容許溫度為 130°C。

① 絕緣等級詳見下節。

BC 級絕緣:由云母、玻璃絲和石棉與耐熱的絕緣漆所製成,容許溫度為  $155^{\circ}\text{C}$ 。

CB 級絕緣:由云母、玻璃絲和石棉與耐熱的絕緣漆所製成,但不含 A 級絕緣材料,它的容許溫度為  $180^{\circ}\text{C}$ 。

C 級絕緣:不含膠粘物質的云母、玻璃絲、瓷料等,容許溫度大於  $180^{\circ}\text{C}$ 。

以下為幾種常用的主要絕緣材料:

(1) 棉布帶:常用於包紮綫圈,它的絕緣性能甚好(約 6 千伏/公厘),但未經浸漬前容易吸收潮氣,使絕緣降低。

(2) 絕緣漆布:可分為黃蠟布及黑蠟布;有斜紋及直紋兩種,以用斜紋者為佳,因其縱向的抗張強度及伸長率均大。它是棉布打光後通過漆槽再烘乾製成的。黑蠟布含有瀝青成分,比較不易陳老,絕緣性及耐水性也比較好,但耐油性差些。如果質料良好,黃蠟布的耐壓強度可達 30 千伏/公厘,黑蠟布可達 70 千伏/公厘。

蠟布帶是由大張蠟布切成的,其性質與蠟布相同。

(3) 蠟綢布、帶:是用絹綢代替棉布製成的,比蠟布薄而耐壓較高,又較柔軟,撓曲性好。質地優良的黃蠟綢耐壓可達 70 千伏/公厘,黑蠟綢約達 90 千伏/公厘。

(4) 青殼紙:為棉、麻、亞麻等原料製成,呈青灰色。耐壓強度因厚度不同而有差異,一般在 11 千伏/公厘以上。此種材料常用於綫圈絕緣、相絕緣及槽絕緣。

(5) 云母紙:是由天然云母劈成的薄片,用膠粘合而成,並經過熱壓手續將過剩的膠擠出,膠的性質對製品的影響很大,一般耐熱幾達  $500^{\circ}\text{C}$ ,耐壓約 15~40 千伏/公厘。

(6) 玻璃絲布、帶：由玻璃纖維織成，纖維的種類不同，它的性質隨玻璃成分而有很大差別。未粘沾任何物質的玻璃絲布耐壓約 4 千伏/公厘。耐熱大大超過雲母，又幾乎不吸收潮氣，厚度較薄。耐磨性及抗張強度均大，在絕緣材料中有着很多的優點。

(7) 絕緣漆：絕緣漆的種類繁多，用於感應電動機的可分為浸潤用漆（浸綫圈用）及塗刷用漆（刷矽鋼片用）。

浸潤用漆系採用含有瀝青、干性油、樹脂等製成的黑漆。常用蘇聯 447 號黑色烘漆（國產為 5012 號漆）的抗潮性很好，皮膜的彈性大，耐熱強度在  $150^{\circ}\text{C}$  不小於 7 小時。如果用於塗刷綫圈端部，可以採用灰磁漆（國產編號 5173）。塗刷用漆常用蘇聯 202 號漆（國產為 5052 號漆），它是松香、桐油及干燥劑等製成的；可使用快速的烤干法。它有很高的機械強度，對於鋼的附着力很大，宜於塗刷矽鋼片。硬度與耐潮性也高。它的稀釋劑是煤油。烘干溫度為  $450^{\circ}\sim 550^{\circ}\text{C}$ 。

### 3. 制 造 方 法

感應電動機製造時，確定採取怎樣的加工方法和加工步驟。選擇什麼工具和設備來達到要求，是屬於製造方法的範圍。製造方法是根據產品的品質要求和批量多少或產量多少來確定的。只有在既能保證品質又能合於經濟原則的條件下，才能確定選用那一種製造方法。譬如沖片槽形尺寸的要求是很嚴格的，無論產品數量多少，都要利用精確的模具沖制；又如大型或高速電動機的校平衡是很重要的，也不能因為產量少而省去這一步驟。但是有些步驟為了要照顧到經濟原則，就可能在不在影響

品質的原則下,而用不同的制造方法.例如,机座鉆孔可以用鉆模定位,亦可用划綫定位;定子鉄心夾片可以用机床弯,亦可用手工弯;替風板可以用机床拉制,也可用手工敲制等.这些方法不尽相同,更难一致.現在以中小型鼠籠式电动机为例,將其制造步驟列于圖 1-2, 以作参考.

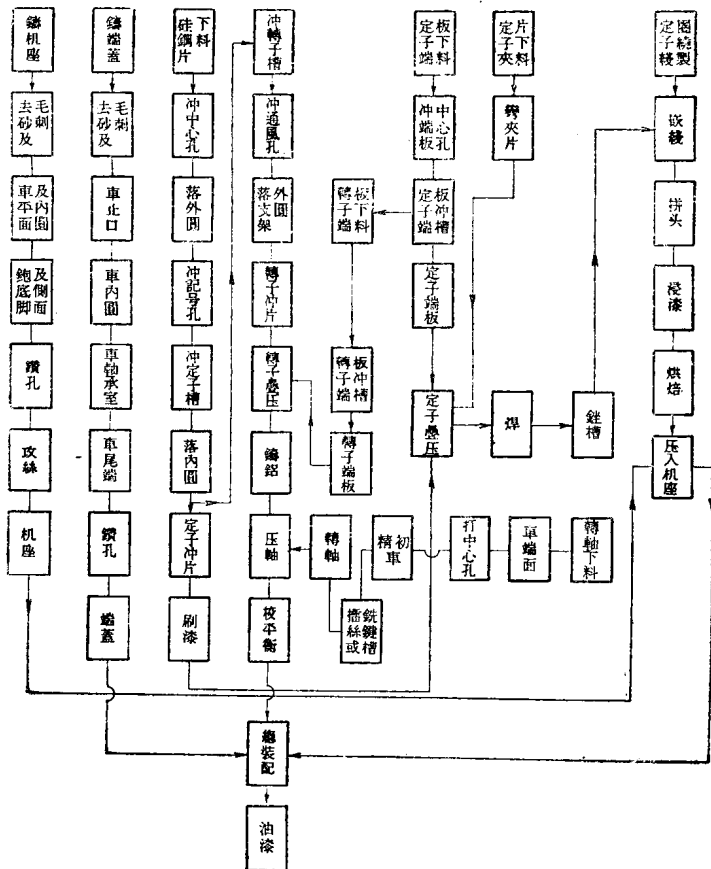


圖 1-2



## 第二章 主要机件制造

机座、端盖、轉軸是感应电动机最主要的机件。它們不是構成定子的壳体，就是支撐轉动的轉子鉄心。虽然中小型电机在某些結構中可以省略机座，但就一般情况而論，它們总是主要的机件。此外，虽然还需要具备一些其他机件，如軸承盖、風扇、螺栓、鍵、接綫盒、吊攀等，但不能一一在本章討論。

### 1. 机座

机座通常是用 C4 12-28 号鑄鉄鑄造，它的澆鑄方法与一般鑄件并無不同。通常系利用砂型澆鑄，澆口应有一定的傾斜度，

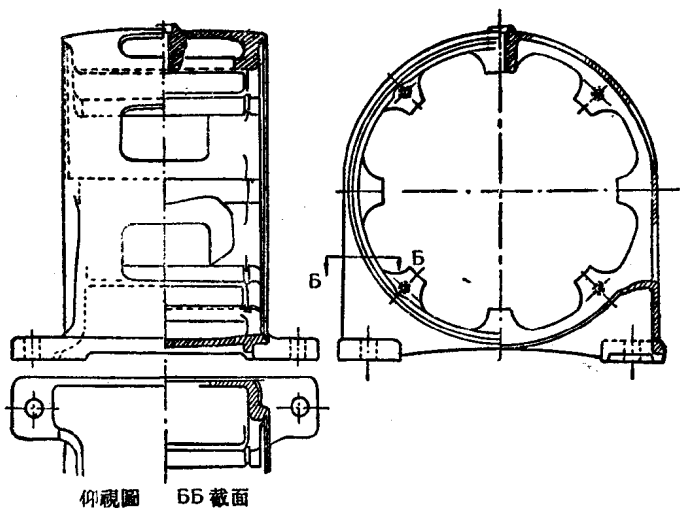


圖 2-1