

電 機 結 構

Konstruktion elektrischer Maschinen

杜	伯	勒	著
劉	美	蔭	譯
吳	碩	麟	

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司
出 版

序 言

爲了配合祖國大規模的經濟建設，就必須大量地培養高級技術幹部。在五年建設計劃中，電機製造工業佔着相當重要的地位，因此要求設計者不僅要能熟諳計算而且要能掌握結構，因爲在實際工作中兩者是有機的聯系過程。這對技術人員的要求是相當高的，而且也是必須要做到的。因此高等學校在學習蘇聯，實行教學改革和制定新的教學計劃中，規定學生必須獨立地進行課程設計與畢業設計，就是要使學生將電機的電磁計算、通風、發熱、機械計算以至電機的結構製圖與工藝加工全部瞭解。爲了達到這一目的，除堅決吸收蘇聯的先進經驗外，還必須進一步充實參考資料，尤其是關於電機結構方面的資料，目前還相當缺乏。本書係1953年最新出版的德文電機結構書籍，內容相當精滿，原作者將各式電機的各部分結構作出深入分析比較，並說明在某種具體情況下，只能採用某一或某極少數幾個結構型式，因此，本書對於從事電機設計和製造者諒有一定的幫助。我系教研室劉美蔭、吳碩麟兩同仁特將它譯成中文以供高等學校、高級技術學校教學以及電機製造廠設計製造參考之用。

鍾兆琳 程福秀 1955年3月12日於交通大學

原 序

在前兩冊電工學中已將電機計算問題討論結束，這本第三冊將討論直流電機和交流電機的結構，如在第二冊第一部分圖 96.1 上所示，計算的結果一般註明在“尺寸草圖”上，結構工程師根據設計工程師所提出的這種尺寸草圖，確定電機結構，並作出施工設計。

處理結構問題時，如將電機仍劃分為直流電機和交流電機兩類則不合理，因為決定結構和製造方法的一些觀點，在兩類電機大部分都很相似，因此應該將各類電機的相似組件或結構單件總結起來，然後再從這些單件出發去確定某一電機的整個結構。這種總結工作應儘可能找出某種體系，亦即首先弄清楚各結構單件所應滿足的要求，然後導出合用的形狀。因此應該指出的是結構思路，以便得到正確合乎要求的解答，而不是指出現成的答案。初學者大都不能從所謂“資料”或“範例”得到很多益處；因為他還沒有能力判斷某一個結構的好壞；資料越多他越不能從中挑選出當前合用的一個，反而把它們看成一團紛亂，好像是多種多樣的解答。初學者首先應該學習對於這些不同的解答如何作出正確的判斷，因此本書力求分辨每一單件的形式，並從此明確決定電機整個結構的原則，以便說明某種具體情況下只限有一個或極少幾個答案，而再沒有多種答案的可能性。本書內首先總是只說明基本形狀，它大都就是最小型時的形狀，隨後才說明隨着電機的增大而按照增長定則或其他原因所發生的變化，因此在每一節中總是只討

論一個詳細問題並將各種可能的答案並列出來，以便能夠批判性地加以比較。

首先將對各類電機類型的一般構造輪廓加以概說；然後先討論轉動部分（疊片式轉子、磁極輪子和透平電機轉子），再論及固定部分（定子和定子磁軛），最後討論特殊部分（換向器、滑環、軸承等）。基本上所有這些圖樣不是示意圖，而總是從既有的成品中挑選出來並且和原有尺寸比例相符。我在這裏感謝我的合作者卡爾氏魯埃城的國家考許工程師保爾·奢勒先生，在圖樣選擇和整理上他廣泛地幫助了我。爲了容易找到插圖所在，現按照書局意見採用該書局在其他書籍已經應用的方法辦理。

杜伯勒 1953年初於康士坦滋

目 錄

第一章 電機的一般構造..... 1-7

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. 單件的分類..... 1 | 3. 電機的類型..... 5 |
| 2. 電機的組成部分..... 2 | |

第二章 轉動部分..... 8-88

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| I. 疊片式轉子..... 8 | 1. 動力機和工作機對磁極輪子結構的影響..... 38 |
| I-1. 支架: 8 | 2. 定形基本定則..... 40 |
| 1. 類型..... 8 | 3. 磁極輪子內的離心力..... 41 |
| 2. 各種類型的應用範圍..... 9 | 4. 磁極輪子類型一覽..... 43 |
| 3. 轉子成品範例..... 10 | II-2. 支架: 45 |
| 4. 支架外形..... 12 | 1. 整塊式轉子..... 45 |
| I-2. 轉子的疊片式鐵心: 15 | 2. 鋼塊疊合式轉子..... 46 |
| 1. 概述..... 15 | 3. 鋼環式轉子..... 49 |
| 2. 壓圈緊壓法..... 15 | 4. 疊片式轉子..... 51 |
| 3. 環形磁軛類型..... 19 | 5. 輪輻式轉子..... 53 |
| 4. 扇形片類型..... 22 | 6. 飛輪式轉子..... 57 |
| I-3. 疊片式鐵心的單件: 27 | 7. 各種結構的應用範圍..... 59 |
| 1. 壓圈..... 27 | II-3. 磁極: 60 |
| 2. 齒部緊固..... 28 | 1. 螺釘緊固的鋼質磁極..... 60 |
| 3. 風道片..... 29 | 2. 鑲入的鋼質磁極..... 60 |
| 4. 平衡塊..... 30 | 3. 與磁軛連生的磁極..... 63 |
| I-4. 繞組的固定: 31 | 4. 疊片式極靴..... 64 |
| 1. 機械負荷..... 31 | 5. 疊片式磁極..... 66 |
| 2. 紮線..... 32 | 6. 阻尼繞組..... 68 |
| 3. 繞組支架..... 34 | II-4. 磁極線捲: 70 |
| 4. 線捲端的其他固定方法..... 34 | 1. 線捲構造..... 70 |
| 5. 均壓線..... 36 | 2. 線捲盒..... 71 |
| II. 磁極輪子 38 | 3. 線捲框..... 72 |
| II-1. 一般構造: 38 | |

4. 線捲的固定方法.....72	3. 勵磁繞組.....80
III. 透平電機轉子.....74	4. 線捲端固定方法.....83
1. 定形基本法則.....74	5. 阻尼繞組.....85
2. 轉子結構類型.....77	6. 通風路徑.....87

第三章 固定部分.....89-147

I. 三相交流電機的定子.....89	2. 在機座內或機座筋條內的緊固方法.....111
I-1. 結構類型:.....89	3. 用軸向拉桿的緊固方法.....113
1. 疊片環結構類型.....89	4. 扇形片結構類型的緊固方法.....115
2. 扇形片結構類型.....90	5. 疊片式鐵心的熱膨脹.....118
I-2. 鑄鐵機座:.....90	6. 疊片式鐵心的單件.....119
1. 一般形狀.....90	I-6. 繞組的固定方法:.....121
2. 機座截面.....91	1. 繞阻式樣.....121
3. 無內筋的鑄鐵機座.....94	2. 線捲端層疊式繞組端頭的支撐方法.....123
4. 有內筋的鑄鐵機座.....96	3. 等距線捲端頭的支撐方法.....127
5. 大型機座.....98	II. 直流電機定子.....132
I-3. 軋軋鋼機座:.....98	II-1. 定子磁軛的結構式樣.....132
1. 應用範圍.....98	II-2. 主極和間極:.....137
2. 基本形狀.....99	1. 磁極的佈置.....137
3. 小型電機機座.....100	2. 主極式樣.....138
4. 中型電機機座.....101	3. 主極線捲.....140
5. 大型電機機座.....103	4. 磁極線捲的冷卻方式.....142
I-4. 機座附件:.....107	5. 間極.....144
1. 機座底腳.....107	6. 間極線捲.....145
2. 吊攀.....110	7. 阻尼鼠籠及補償繞組.....146
I-5. 定子疊片式鐵心:.....110	
1. 定形基本原則.....110	

第四章 從固定部分引入電流到轉動部分.....148-181

I. 交流電機的電流引入.....148	I-2. 電刷座:.....152
I-1. 轉動式電流引出器:.....148	1. 電刷桿.....152
1. 滑環.....148	2. 可舉起的電刷.....153
2. 滑環的特種式樣.....150	3. 短路和舉刷裝置.....153
3. 帶短路觸頭的滑環.....151	II. 直流電機的電流引入.....158

II-1. 換向器:.....	158	1. 電刷桿.....	169
1. 換向器類型.....	158	2. 電刷桿支架.....	169
2. 塑料式換向器.....	158	III. 電刷和電刷握.....	172
3. 鷗尾式換向器.....	159	1. 電刷.....	172
4. 套圈式換向器.....	166	2. 電刷握類型.....	174
5. 換向器和繞組間的連接.....	167	3. 槓桿式電刷握.....	174
II-2. 電刷座:.....	169	4. 導盒式電刷握.....	175

第五章 轉動部分的軸承..... 182-213

I. 軸承.....	182	3. 游動式向心軸承的結構.....	199
I-1. 水平轉軸用的滑動軸承: ..	182	4. 固定式向心軸承的結構.....	200
1. 油環潤滑式軸承.....	182	5. 扇座式向心推力軸承的結構.....	201
2. 軸承密封裝置.....	184	6. 軸承密封裝置.....	203
3. 軸承殼.....	185	7. 其他.....	203
4. 其他潤滑和冷卻方式.....	188	I-4. 垂直轉軸用的滾動軸承: ..	205
I-2. 垂直轉軸用的滑動軸承:.....	189	1. 游動式軸承.....	205
1. 導軸承.....	189	2. 支承軸承.....	206
2. 環式推力軸承.....	190	II. 軸承支架.....	207
3. 扇形式推力軸承.....	191	1. 軸承支架式端蓋.....	208
I-3. 水平轉軸用的滾動軸承: ..	194	2. 托架式軸承.....	210
1. 滾動軸承類型.....	194	3. 垂直轉軸的電機.....	211
2. 滾動軸承的裝配.....	197		

第六章 電機的冷卻和通風..... 214-226

I. 冷卻劑.....	214	III. 防護類型.....	218
II. 內部的冷風引導.....	214	IV. 總裝配.....	219

應用的符號及單位..... 227-228

參考文獻..... 229-231

第一章

電機的一般構造

1. 單件的分類 當純粹討論電機結構時，如仍按照電流種類把電機加以分類是沒有理由的；因為外形確定和製造上用的一些觀點，在各種電機類型大多是相似的。因此討論電機結構問題時，將各種電機的同類單件彙總，然後全面地加以劃分，是比較正確的。

按照單件所擔任的任務可以將它們分為兩大部分；一部分是發生電磁效應的，另一部分則有機械上的目的。前者通稱效用部分，後者通稱非效用部分。效用部分可分為磁性部分、導電部分和絕緣部分。非效用部分又可分為工作部分和支承或持定部分，前者在運轉過程中參加機械方面的工作（例如轉軸、風扇、軸承、傳動機構等），後者就是那些在機械連接和機械強度上需要應用的部分。因此便得到下列一覽表：

效用單件：1. 導磁部分，

2. 導電部分，

3. 絕緣部分。

非效用單件：1. 工作部分，

2. 支承部分。

各種單件所用的材料可按同樣原則劃分。由於它們性能的差別，就大致決定了沒有一個部分能夠同時擔任兩種不同的任務。即使是材料本身可以允許，但基本上仍然不應使它負擔兩種任務，例如

一個支承部分永遠不應同時作為導電部分。因為電流或磁通會使部件發熱，它的機械性能便成為可疑；長期的冷熱交替又將會使緊固部分鬆弛。於是每一單件基本上總是只服務於一個目的，因此上述分類各項間的界限得以異常明確。

2. 電機的組成部分 11, 每一電機（圖 1-1）由四個主要部分構成，即：轉動部分（轉子）^①、固定部分（定子）、拖動端軸承和電刷端軸承^②，根據單件的這種分類就可以將電機的根本必要組成部分全部列出。

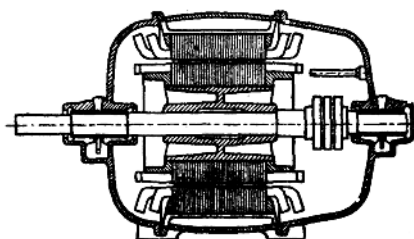


圖 1-1 感應電動機(一覽圖)

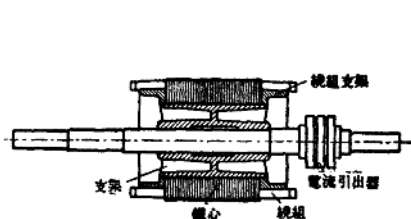


圖 1-2 轉子的組成部分

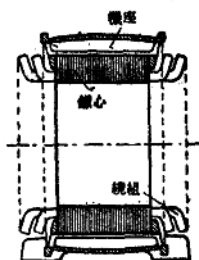


圖 1-3 定子的組成部分

① 為劃一起見直流電樞及同步電機磁極輪子亦表作“轉子”。

② 全部插圖上包括單件圖在內，左方是拖動端，右方是電刷端。

轉子(圖 1-2)共有下列組成部分:

1. 導磁部分:
效用的鐵心
2. 固定鐵心的單件:
支架及附件
3. 導電部分:
繞組(包括絕緣)
4. 繞組的固定單件:
繞組支架
5. 電流引出器:
換向器或滑環
6. 鼓風設備
7. 轉軸

定子(圖 1-3)具有完全相對應的組成部分:

1. 效用的鐵心
2. 支架
3. 繞組
4. 繞組支架
5. 線端盒或出線盒
6. 導風組件

爲清楚起見並未將所述組成部分全部繪出，各圖僅簡明表示其概況並非結構圖紙。

在兩端的軸承中自然不涉及效用組成部分，因此只要區別主要的軸承頭和它的支承部分(軸承殼、電機端蓋、支臂等)，靠近軸承兩者之一裝置着導電用的電刷；爲了整理電刷就必須容易下手，

所以電刷端幾乎沒有例外，全是處於和拖動端相對的一方(和電刷一起亦應設置附屬裝備，如短路器及舉刷裝置)。

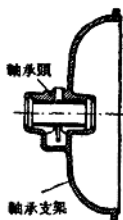


圖 1-4 拖動端的軸承端蓋

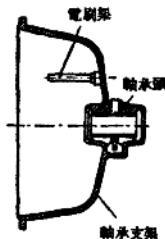


圖 1-5 電刷端的軸承端蓋

從此兩軸承有下列組成部分。

拖動端(圖 1-4): 1. 軸承頭,

2. 軸承支架。

電刷端(圖 1-5): 1. 軸承頭,

2. 軸承支架,

3. 電刷架包括附件。

以上所述的電機部分(共 18 項)合成為每一個電機的根本必要的組成部分,在實際製造中它們固可有各種型式,但它們總是以某種方式存在。

在這方面它們不一定是容易辨認的,例如,在小電機中並不一定能看到一個獨立的繞組支架,但繞組總必須備有某種的固定措施,無論如何——這是最根本的——在定形時,結構人員必須肯定地檢查繞組的固定問題。通風問題也相似;不一定會有風扇存在,但就在最小的電機內,結構人員總要處理熱風導出問題。

組成部分的彙總,不但是一系列零星事物的羅列,更基本的目的,是要利用這些部分,系統說明定形時要注意的問題和要求。因

此所要討論的不是單件而是由此所發覺的各種問題。

3. 電機的類型 在各種電機定形時，效用鐵心的形式，起着決定性的作用，鐵心普通有兩種形式，也就是顯極（比較圖 1-7、1-13 及 1-17）或是由沖片組合的疊片式鐵心，位於電機外座內的磁極就稱為外極型（比較圖 1-17），位於內部轉動部分者就稱為內極型（比較圖 1-13）。

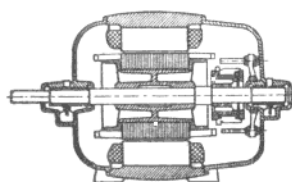


圖 1-6 直流電機

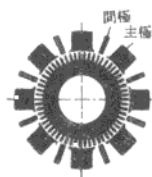


圖 1-7 直流電機鐵心

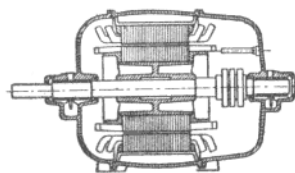


圖 1-8 滑環式感應電動機

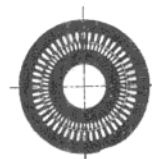


圖 1-9 滑環式感應電動機鐵心

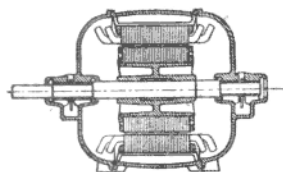


圖 1-10 鼠籠式感應電動機

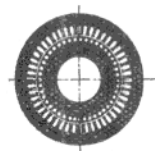


圖 1-11 鼠籠式感應電動機鐵心

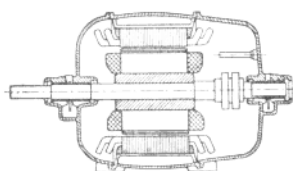


圖 1-12 同步電機

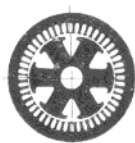


圖 1-13 同步電機鐵心

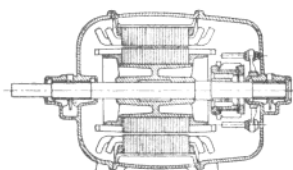


圖 1-14 交流電整流子電機

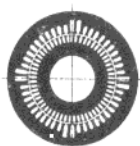


圖 1-15 交流電整流子電機鐵心

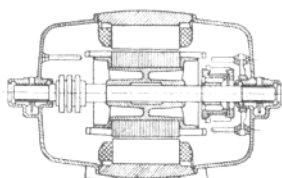


圖 1-16 單樞換流機



圖 1-17 單樞換流機鐵心

外極型常用於直流電機及單樞換流機，內極型用於同步電機。電機內既無內極亦無外極也是可能的，這時兩部分的鐵心都由沖片疊成；在感應電動機和交流整流子電機就是這種情形（比較圖 1-9、1-11 及 1-15）。

爲了儘可能清楚地表明電機類型和電流類型所決定的差別情況，以上各圖中係將全部結構零件加以劃一並簡化繪出。

表 1. 常用電機類型的特徵

電 機 類 型	定 子	轉 子	電 流 引 出 器
直流電機	磁極	帶槽的疊片式鐵心	換向器
滑環式感應電動機	帶槽的疊片式鐵心	帶槽的疊片式鐵心	滑環
鼠籠式感應電動機	帶槽的疊片式鐵心	帶槽的疊片式鐵心	—
同步電機	帶槽的疊片式鐵心	磁極	勵磁電流用的滑環
交流整流子電機	帶槽的疊片式鐵心	帶槽的疊片式鐵心	換向器
單樞換流機	磁極	帶槽的疊片式鐵心	滑環及整流子
透平發電機	帶槽的疊片式鐵心	透平電機轉子 (見圖 2-271 等)	勵磁電流用的滑環

第二章 轉動部分

I. 疊片式轉子

I-1. 支架

1. 類型 各種電機類型(表 1)中的轉子多數是由沖片疊合而成的效用鐵心。這種轉子可以分爲四種基本類型,就是:

壓圈類型 在這種類型是將疊片鐵心夾緊在兩端壓圈或壓板之間,它們都成爲支架(圖 2-1)。疊片鐵心的內圓直接套裝於轉軸上;電流引出器則座落在轉軸上。

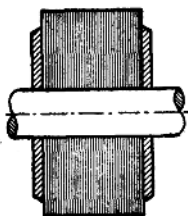


圖 2-1 壓圈類型

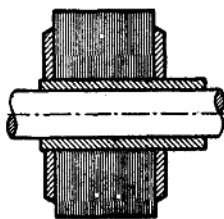


圖 2-2 套筒類型

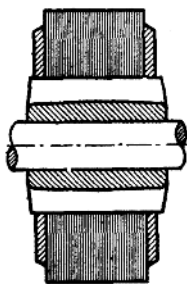


圖 2-3 環形磁軛類型

套筒類型 這裏,鋼片不直接碰到轉軸,疊片鐵心和壓圈都由另外一個套筒支承(圖 2-2)。電流引出器也裝置在它上面,因此它向引出器方面伸長一些。由此可見套筒類型和壓圈類型相反,即可以不必將轉子本身拆開,便可將轉軸抽出加以掉換。

環形磁軛類型 環形磁軛的疊片鐵心成圓環狀並裝設在特製的支承體上，它就稱為轉子支架，這是一個帶有若干(大多四或六條)長筋的鐵軛(圖 2-3)。環形磁軛類型適用於直徑較大的轉子。

扇形片類型 轉子直徑極大時，沖片環不再能整張製造，而必須由一些扇形片拼成，這時便是扇形片類型。

2. 各種類型的應用範圍 小型電機大多應用壓圈類型，難得用套筒類型。上面所說過的轉軸易換性，對於帶有換向器的電機，是一種優點；因為要取下換向器常須鬆掉大量換向器和繞組間的連接線。若是換向器和繞組用同一套筒支承，這種工作便成為多餘。但是只有在轉軸常常損壞且必要迅速消除時，這種優點才有價值。因此套筒類型最適宜用於電車電動機，其他情形就很少用。

如果根據轉子直徑大小來選擇，則以上兩種類型之間並無分別。

轉子直徑較大時常用環形磁軛類型。效用鐵環的尺寸，是根據磁性計算所得數值。轉子直徑在 350 毫米以上，效用鐵環的內徑一般已相當大，這時便要檢查它是否值得採用轉子支架。主要的是價格問題，也就是效用材料的節省是否超過轉子支架所增加的費用。這時就要看製造沖片環時，沖出的內裏部分是否當作廢料，抑或尚可用到別的電機上。

若是電機將受強烈交替衝擊的負載，則雖然直徑較大，仍然例外地採用壓圈類型，因為這樣可使力矩直接傳到轉軸上，於是比較經過轉子支架間接傳遞更為可靠。

轉子直徑超過 1000 毫米以外，便不能應用環形磁軛類型；因為按照(德國工業標準) DIN 46400(從前是 DIN VDE 6400)規定的電機矽鋼片整張尺寸是 1000 毫米 × 2000 毫米；例外可以供

給 1250 毫米寬的，但就要加價，再寬的就不可能達到必要的準確度。

因此外徑超過 1000 毫米的疊片或鐵心必須用扇形片疊成。在較小的疊片鐵心大致常從直徑 700 毫米開始使用扇形片疊製，因為將鋼片切成扇形片比較切成環狀片時利用得更好。

於是在轉子直徑——

大致 350 毫米以內用壓圈類型或例外地用套筒類型（電車電動機），

從 350 到 1000 毫米左右用環形磁軛類型，

超過 1000 毫米用扇形片類型。

3. 轉子成品範例 圖 2-1 到 2-3 只說明轉子構造的大概，下

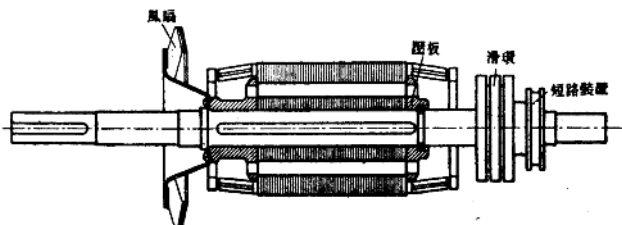


圖 2-4 中型感應電動機轉子 (11 仟瓦, 1500 轉/分), 壓圈類型

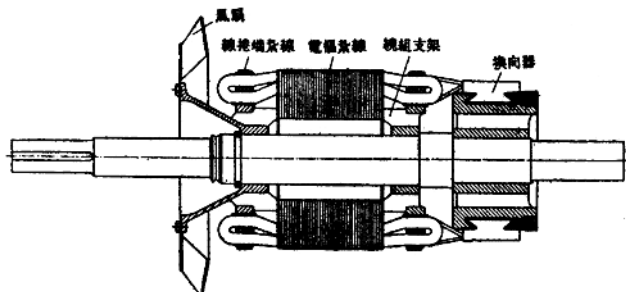


圖 2-5 直流電機轉子 (7.5 仟瓦, 1440 轉/分), 壓圈類型