

小型電機及變壓器 設計與製造

張景馨 編譯

大東書局出版

522.3
428
201774

小型電機及變壓器 設計與製造

張景馨 編譯



大東書局出版

原書名: Practical Design of Small Motors
and Transformers

原作者: E. Molloy

原出版者: George Newnes Ltd, London

——1947年第6版——

一九五二年九月初版

小型電機及變壓器設計與製造

定價人民幣: 12000 元

版權所有 編譯者 張 景 馨

不准翻印 出版發行者 大 東 書 局

上海福州路310號

印刷者 大東印刷廠

上海安慶路268弄



書號: 5074(0001—2000)

緒 言

由於現代生活中的廣泛需要，小型電機及變壓器的用途日益普遍，本書即爲此而寫。大體上根據 E. Molloy: Practical Design of Small Motor and Transformer 編譯而成。全書避免複雜計算與高深理論。專爲技術人員作設計的參考。亦可給技工同志對各種用途的小型電動機、發電機及變壓器的製造、修理及重繞作參考。

本書共分八章，第一章與第六章述電機及變壓器的一般原理與構造，使讀者先具有一簡單的觀念。第二章敘述直流發電機及電動機，除了詳細討論外，並列有許多數據及表格，使設計者不必用繁複的算式就能計算出一具實用電機。已經完全拆去，沒有任何數據可參考的電機，需要重繞線捲，這些數據和表格對這工作將有極大的幫助。第三章敘述重繞一具電機的步驟：包括如何剝除電樞繞線，如何做新的線捲和接線等等。不論是重嵌一隻與舊電機一樣的線捲或是改繞成電壓與原有者不同的電機，都詳加說明。第四章、第五章敘述小型交直流電機及小型感應電動機的製造方法。第七第八兩章敘述小型變壓器的設計與製造，同樣列有許多表格，可省却計算的麻煩。讀者要有機會能依據本書中所講述的方法去製造，一定能得到一具堅固、永久、效率相當高的電機。

編者學識有限，錯誤與不妥的地方一定難免。至希各界予以指正。

編 者 1952年4月

目 錄

第一章 總 論	1
(1.1) 電動機及發電機	1
(1.2) 直流電機構造	2
1. 磁場 2. 電樞 3. 前端蓋 4. 後端蓋	
5. 皮帶盤及底脚	
(1.3) 設計概要	7
1. 銅損耗 2. 鐵損耗 3. 機械損耗	
4. 電刷接觸電壓降損耗	
第二章 小型直流電機的設計	11
(2.1) 電動機及發電機的定額	11
(2.2) 二極或四極電機	12
(2.3) 設計步驟	12
(2.4) 電樞的體積	12
(2.5) 各種不同電樞疊片	15
(2.6) 設計實例	19
1. 選擇疊片種類、尺寸、及計算磁場強度 2. 計算電 樞輸出 3. 磁場線捲的設計 4. 電樞線捲及 電樞槽的設計 5. 使輸出增大	
(2.7) 電動機設計	30
1. 假定電樞電阻 2. 電樞導線數 3. 計算電樞 電阻 4. 串激磁場線捲的設計	

(2.8) 效率.....	33
(2.9) 電動機的總共電流計算.....	34

第三章 怎樣重繞小型電機.....41

(3.1) 一具有用的嵌線架.....	41
---------------------	----

重繞電樞步驟

(3.2) 拆除電樞線捲.....	41
(3.3) 紀錄繞線數據.....	41
(3.4) 做模子.....	43
(3.5) 怎樣繞線捲.....	45
(3.6) 重新裝配.....	51
(3.7) 嵌線問題.....	57
1. 嵌同樣的線 2. 嵌電壓不同的線 3. 嵌線法則	
(3.8) 重繞磁場線捲.....	59

第四章 怎樣製造一隻 $\frac{1}{16}$ 匹馬力的交直流電動機.....64

(4.1) 製造步驟及方法.....	66
1. 電樞軸 2. 裝配疊片 3. 車電樞	
(4.2) 怎樣製造整流器.....	68
1. 整流器工具軋圈 2. 整流器底座 3. 軋圈	
4. 整流器雲母片 5. 紫銅截片 6. 裝配銅截片及雲母	
7. 車整流器 8. 雲母套圈 9. 裝配	

10. 試驗	11. 裝置	12. 車光	13. 開嵌線槽及拉縫
(4.3) 繞電樞線捲	1. 軸絕緣	2. 電樞端絕緣	3. 槽絕緣 4. 線捲
(4.4) 磁極	1. 磁場線捲	2. 機身及磁極	3. 電刷
	4. 磁場線捲的接法		

第五章 $1/8$ 匹馬力鼠籠式感應電動機的典型設計 91

(5.1) 零件表.....	91
(5.2) 端蓋.....	95
(5.3) 輻.....	95
(5.4) 鉚定子疊片.....	95
(5.5) 製造方法.....	96
1. 機身 2. 端蓋 3. 轉子 4. 校正轉子靜平衡	
5. 定子	
(5.6) 嵌線方法	109
(5.7) 試驗與裝配	112

第六章 小型變壓器 114

(6.1) 變壓器原理及構造	114
(6.2) 小型變壓器的用途	116
1. 警鈴或電鈴電源	2. 火警鈴及防盜鈴電源

3. 玩具電動機、火車模型及無線電機的低壓直流電源
4. 充蓄電池 5. 供應無線電高壓方面的電源
6. 交直流無線電收音機中的變壓器 7. 小燈電源

第七章 小型變壓器的設計 121

- (7.1) 設計概要 121
- (7.2) 定額 121
- (7.3) 基本公式 121
- (7.4) 設計步驟 123
 1. 計算變壓器所需的定額 2. 磁路 3. 電路
 4. 繞線面積 5. 選擇疊片尺寸 6. 全波整流管

中所用的變壓器

第八章 小型變壓器製造 139

- (8.1) 電鈴變壓器 139
 1. 材料表 2. 初級線捲 3. 繞線準備
 4. 繞線步驟 5. 裝配疊片與軋緊疊片

材料及線捲數據

- (8.2) 用作低壓充電的變壓器 150
 1. 需要材料 2. 初級線捲 3. 次級線捲
- (8.3) 高壓整流器用變壓器 152
 1. 需要材料 2. 次級線捲 3. 低壓線捲

第一章 總論

(1.1) 電動機與發電機

電動機與發電機基本上是完全一樣的，將機械能轉變為電能的稱發電機，反過來，將電能轉變為機械能的稱電動機。它分磁路及電路兩個主要部份。磁路由磁軛、磁極、空隙、電樞所組成。圖 1 是一隻四極電機的磁路，虛線表示磁力線路徑。電路

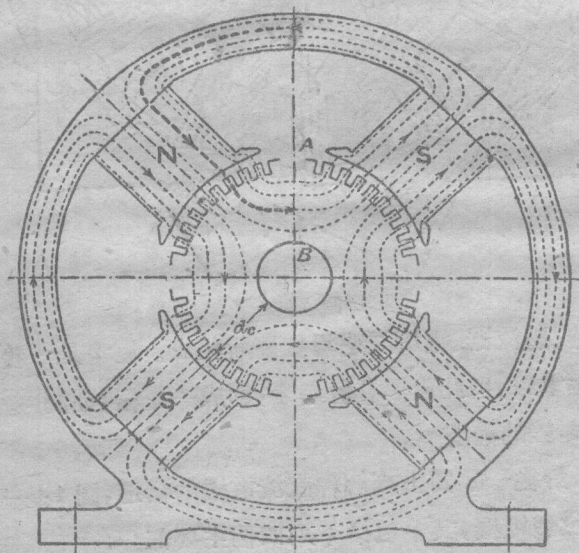


圖 1

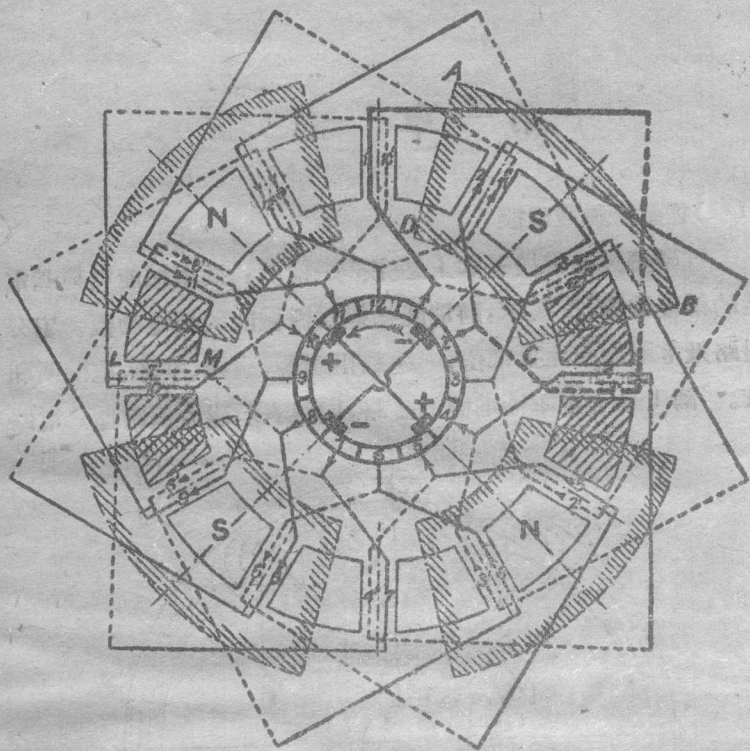


圖 2

由電樞線捲、整流器、電刷及磁場線捲所組成。圖 2 是一隻四極電機的電樞電路，將此兩圖合併起來，即成一電機，如圖 3。

(1.2) 直流電機的構造

我們最好從一張圖上來解釋直流電機的構造，圖 4 是一隻 8 伏 40 安直流發電機，其中包括下列四個主要部分：

1. 磁場 分磁軛、磁極、空隙、磁場線捲。磁軛的設計主

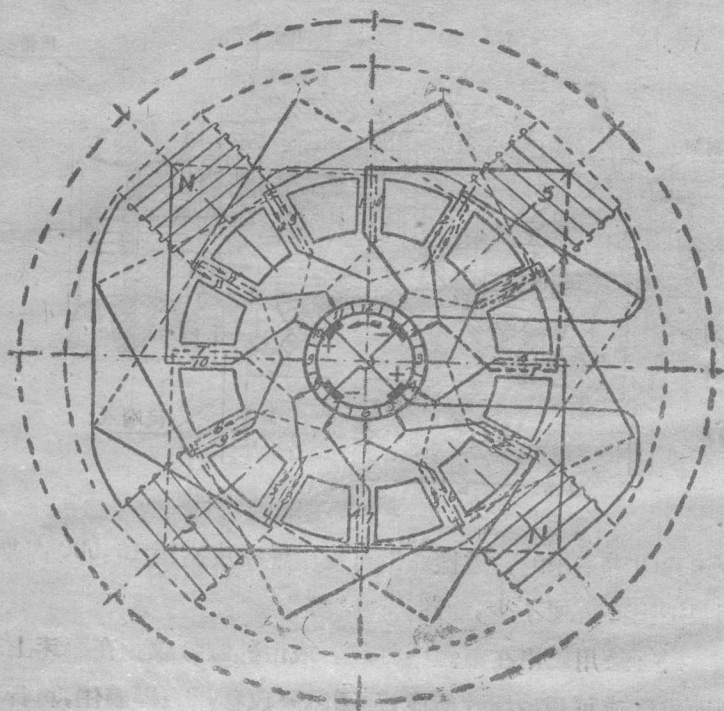


圖 3

要在有足夠的截面積與足夠的機械強度，磁軛可用鑄鋼或鑄鐵製成，但鑄件內免不了有氣泡，其機械強度亦不及熟鐵板強，又鑄鋼或鑄鐵的導磁能力低，通常由熟鐵板所做，磁軛中的磁通密度可高至 16,000 高斯(條/平方公分)，而鑄鋼僅可至 14,000 高斯，鑄鐵僅 7,000 高斯。因此若用它們來做磁軛，其厚度要大大增加，例如，現在火車中所用的列車發電機(30 伏 40 安)的鑄鐵磁軛須厚至 50 公厘，小型電機中的磁軛通常是與電樞在同一張

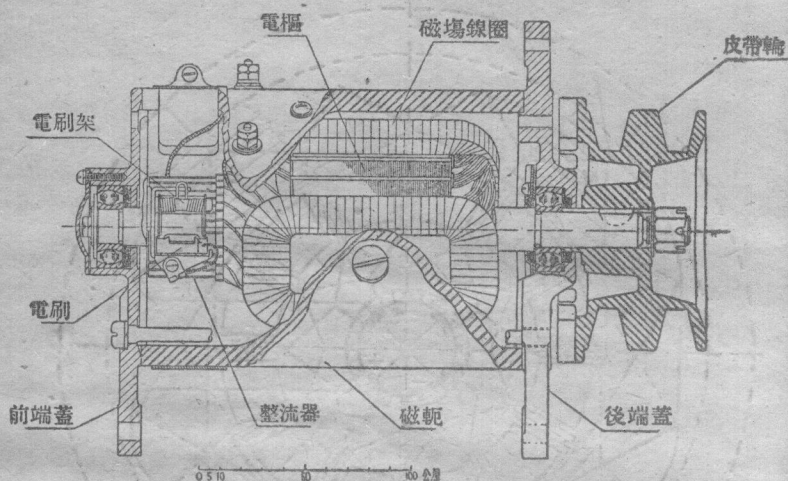


圖 4

矽鋼片中衝下來的，這樣非但可使磁通密度高至 16,000 高斯，而製造上亦方便不少，如圖 10、11 等。

磁極是用硬模在氣錘中打成，或由熟鐵打成後在車床上車製而成。或可用矽鋼片衝成，如圖 5，疊成後用鐵桿鉚住，再行車

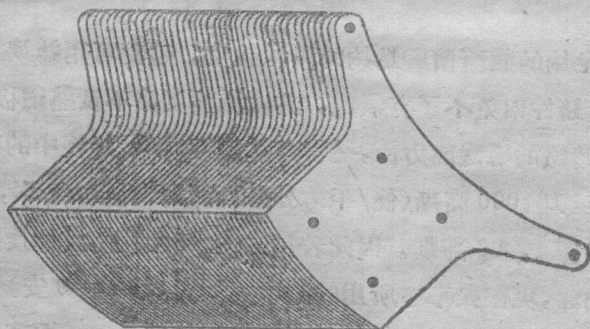


圖 5

製。在小型電機中，磁極與磁軛是一併從矽鋼片中衝出來的，如此非但可以使電機重量減小，而且可增加電機效率，設計磁極時須注意磁極面在電樞上所蓋的齒數，須使等於 $(k + \frac{1}{2})$ ， k 是一任意常數，而極的尖端須向外發出，如圖 6。二尖頭處的空隙較中央空隙大 $\frac{1}{2}$ 倍，否則在發電機則整流器上容易發生火花，即整流情況不良，在電動機則容易發生電樞在某幾個地位，不易啓動的現象。磁極面的大小，須使空隙內的磁通密度不太高，通常空隙磁通密度在 5,000 條/平方公分以下。

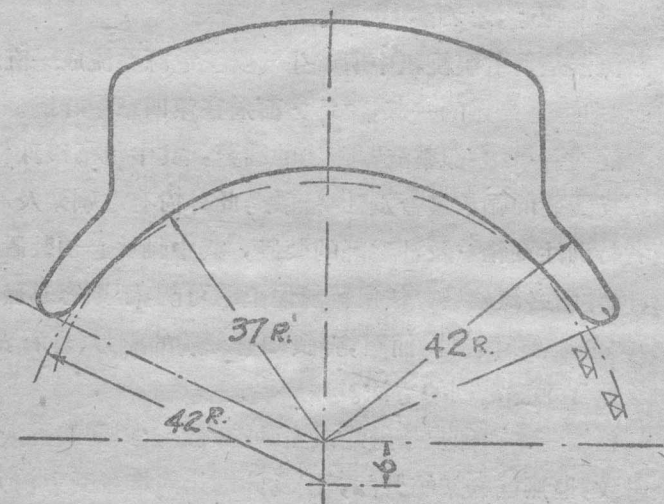


圖 6

磁場線捲 用漆包線繞成，外包白紗帶，其設計主要點，是要能供應足夠的安匝數。而由銅損而所產生的熱，不致使電機溫升超過額定值。

2. 電樞 電樞主要分軸、電樞疊片、電樞繞組、整流器及絕緣五部。軸是用洋元車製而成，電樞的其餘四個部分都裝在軸上，它的兩端裝軸承。

電樞疊片應用 24 號或 26 號（厚約 0.5 公厘）矽鋼片在沖床中衝出。但由於小型電機電樞上所用鐵的重量極有限，因此鐵損亦極小，並為製造方便起見，故往往不用矽鋼片而用較厚的約 20 號左右的鋼片（約 0.9 公厘），套入軸時不用鍵而在地軸上車插絲，硬壓入地軸。但疊片內圓邊上須有一小半圓，作裝配電樞時對準的記號，參看圖 10, 13。

整流器是將電樞繞組中所產生的交流電源整流成一直流電源，在製造上是最難的一部，製造方面將在第四章中詳述。

3. 前端蓋 即整流器一邊的端蓋，其中包括鋼珠軸承、和以鐵皮衝製的軸承護蓋及油毛氈等，此外尚有電刷架及電刷，請讀者特別注意軸承及油毛氈的裝置，其中軸承必須裝置得準確，其內外圈必須分別軋住使絕無偏歪的可能，否則容易發熱而損壞。電刷架須設計得簡單，彈簧須有足夠的壓力（參看表 5），表中敘述了選擇電刷的方法。

4. 後端蓋 即皮帶盤端或主動端之蓋，與前端蓋大致上完全一致，但無電刷架等裝置，因為此端比前端蓋受力較大，所以往往此端所用的彈子軸承亦較大。

5. 皮帶盤及底腳 通常皮帶盤均由鑄鐵車製而成。底腳普通以熟鐵板彎成後以電焊燒在機身下，讀者注意其裝置，前節中講過軸承內外圈均須分別軋住，此圖中皮帶盤非但兼作風

扇用，並伸入後端蓋作壓住軸承內圈用，圖4中不用底脚而用掛脚。

(1.3) 設計概要

不論何種電機，它的輸出往往被其溫升所限制。而溫升是由該電機中所用的絕緣材料來決定。在國內通用的絕緣材料，如牛皮紙、黃臘布、白紗帶等，如未經浸漆則其溫升不得超過 40°C 。若經浸漆則不得超過 60°C 。否則會把絕緣材料燒毀，而最後還會將整個電機燒毀。溫升的高低，是由電機中所產生的熱與該電機散熱的本領來決定。電機中熱的來源大凡有下列四種：

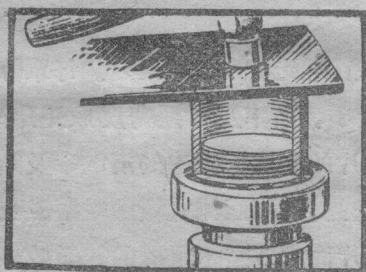
1. 銅損耗 等於電流平方與電阻的乘積，或以 $W_c = I^2 R$ 表示。其中 W_c = 銅耗以瓦為單位； I = 電流強度以安為單位； R = 電阻以歐姆為單位。電機中的電樞線捲與磁場線捲，均有此種銅耗。

2. 鐵損耗 主要是有磁滯損耗及渦流損耗兩種。每單位重量鐵的磁滯損耗與鐵的剩磁大小、頻率及磁通密度成正比。而每單位重量鐵的渦流損耗與鐵片的厚度、鐵內的導電率及頻率成正比。爲了將鐵損耗減少起見，所以直流電機的電樞及交流電機的靜子和轉子均用薄矽鋼片衝成。製造電機的普通矽鋼片，其厚度有 0.51 公厘 (24 號) 及 0.46 公厘 (26 號)，矽鋼片的一面塗有極薄的絕緣漆，以限止渦流的產生而減少渦流損耗。但在小型電機中，因爲所用鐵片極少，即使用鐵損耗較大的鐵片亦不致有溫升太高的弊病。往往用 20 號或更厚的普通鐵皮。而

利用鐵皮面上的鐵銹作為渦流的絕緣，如此可使製造容易，所化工時減少，在大量製造上是可以採用的。

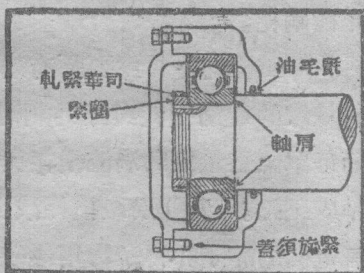
在這兩種主要鐵損耗外，尚有在磁極面上，由於電樞齒所造成的高頻率而增加磁極面鐵損耗，漏磁在端蓋中造成的鐵損耗等等，但在小型電機中，我們並不考慮這些。由於上述鐵耗的存在，因此即使電機無電流輸出時，只要有端電壓，機身溫度也會上升的。

3. 機械損耗 電樞在空隙中旋轉的風損耗，與電樞表面速度成比例。軸承間的摩擦損耗，與軸承和軸間壓力摩擦係數及轉速成比例。製造時軸承的裝置須十分注意（參看本書中各種軸承裝置圖及圖7），稍不注意會使軸承發高熱，或使滑潤油外漏，而致軸承損壞，在日常例子中，我們常會碰到這個問題，讀者須多注意。



甲

裝置軸承時，可先車一銅管，其內徑可套入軸端，外圓約與軸承內圈同大，確定軸承確係平置，再用鎚或壓具加力於鐵管端，絕不可直接擊軸承內圈或外圈。



乙

可用軋緊華司與緊圈使軸承平直不歪，緊靠軸肩上。蓋必須旋緊，以防漏油與髒物侵入。

圖7 軸承裝配圖

機械摩擦中，尚有電刷與整流器間的摩擦損耗，等於整流器表面速度、電刷壓力及電刷與整流器間的摩擦係數的乘積（參看表5）。

4. 電刷接觸電壓降損耗 等於接觸電壓降與電流的乘積，但接觸電阻隨電流密度而改變。通常電流與接觸電阻的乘積即電壓降，恆為一常數，此常數與所用電刷材料有關。在直流電機中所用的煤精電刷的電壓降總在2伏左右（參看表5）。

以上是電機發熱的來源。一產生熱，電機溫度即升高，當升高至高於四周溫度時，電機中所產生的熱即向外發散，電機散熱的本領與其表面面積及本身溫度與四周溫度差的四次方成正比。當然還與電機本身的通風程度及該電機運用地點的情形有關。在這許多關係中，我們可以想像輸出愈大的電機，其體積亦一定愈大。但由於太多的條件，我們無法列出一個表示電機輸出與體積的簡單關係來。

設計的主要目的，就是計算電機要多大才可輸出所需的定額，而其溫升亦在一定的範圍以內。一方面更要顧到經濟，不能將電機做得太大，一個完美的設計就是要計算得恰到好處，不大不小，這是需要經驗與多次試做的。

由於電機中產生熱及散熱的條件並不簡單，即使引用了許多繁複的計算，往往因各種不同的情況，使其實際結果並不與計算全部符合，小型電機尤其不易計算。且除了溫升限止外，往往被機械強度所限止，以致不能將電機做得過份小。在下章中將介紹幾張比較簡單而近於經驗的表格，由此可以省却不少繁複