

應 用 科 學 叢 書

感應電動機的實際

陳 之 藩 編 譯

國立編譯館 自然科學委員會 主編

正 中 書 局 印 行

感應電動機的實際

Robert Rosenberg 著

陳之藩 編譯

正中書局印行



版權所有

翻印必究

中華民國四十三年五月臺初版

中華民國五十七年七月臺二版

感應電動機的實際

全一冊 基本定價捌角五分

(外埠酌加運費滙費)

原 著 者 Rodert Rosenberg

編 譯 者 陳 之 藩

發 行 人 李 潔

發 行 印 刷 正 中 書 局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集 成 圖 書 公 司

(香港九龍亞答街一一一號)

海 風 書 店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號(5521)川

序

交流電應用之廣，多歸功於感應電動機。因此式電機價廉而堅固，內部構造亦比較地單純，而應用所至，幾乎及於各種工廠的各個角落。

正因其應用廣泛得不可想像，所以對於它的研究亦應深刻而入微。感應電動機的理論本甚單純，各家闡述又不遺餘蘊。至於感應電動機的維護，最重要者是在實際方面的考求。講解這方面的書籍尚不多覩。二次大戰期間，各國工業競爭甚烈。對於此基本動力機械的維護上，亦致意再三。如美國，日本等國內對於講解感應電動機的實際之書籍不少出現。應付了訓練工人的迫切需要。亦因而使學校學生側重實際之研究。

譯者鑒於國內此種書籍尚付闕如，而工廠與學校之需求至為迫切。乃基於工廠中之實際經驗，並根據 1949 年 Robert Rosenberg 所著 *Electric Motor Repair* 一書，編譯成為本書。

承賈元亮先生校正甚多，特誌感謝。

編譯容有未恰當處，尚請專家指正。

陳之藩 四十二年十二月

目 次

序

第一章 分相電動機的實際.....	1
第二章 電容電動機的實際.....	45
第三章 多相電動機的實際.....	81
附 錄.....	143

第一章 分相電動機的實際

分相電動機的主要部份

分相電動機是一種容量不及一馬力的交流電動機，用在洗衣機或小泵的引動上。這種電動機有四主要部份：即(1)一個轉動的部份名爲轉子；(2)一固定的部份名爲定子；(3)端板，以鉚釘或螺釘接於定子的構架上，和(4)置於機內的離心開關。分相電動機的外形如第1—1圖所示。這種電動機常在單相照明或動力電源下運轉。



圖 1—1 分相電動機的外形

轉子

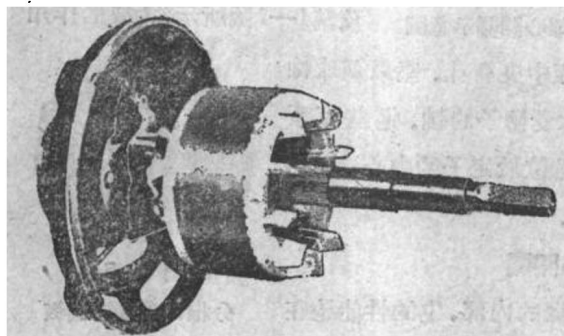


圖 1—2 分相電動機的轉子

轉子，如第1—2圖所示，包含三構成部份。一部份是鐵心，是由高度電器用薄矽鋼片製成。名爲樞心疊片。另一部份是軸，疊片圍置其上。第三部份爲鼠籠式繞組，是銅鋸置於鐵心邊

槽中，而於鐵心兩端用銅環連接銅桿。有許多電動機的轉子繞組是用鋁

鑄成一塊。(如第1—1圖所示)。

定子

分相電動機的定子，是疊片鐵心置於鋼構架之內，鐵心上有半開式溝槽，包以絕緣的銅線的兩繞組置於槽中，謂為起動繞組及運轉繞組(Starting and Running Windings)。繞組的照像如第1—3圖所示；繞組的示意圖如第1—4圖所



圖 1—3

分相電動機的定子

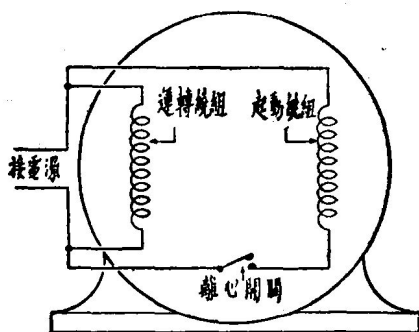


圖 1—4

分相電動機兩繞組及離心開關示意圖

是保持轉子的位置。端板中央有孔，座以鋼球軸承或套筒軸承，以軸承受轉子的軸。這些東西支持轉子的重量，使其確位於定子的中心，以免轉子的邊緣與定子相碰。

離心開關

離心開關位於電動機的內部。它的性能是在電動機達於預定速度後，使起動繞組切離電源。離心開關普通形狀包含兩部份，即固定部分(如第1—3圖所示)與旋轉部份。固定部份裝於電動

示。這兩個繞組在起動時均連於電源；可是，在電動機達於某一預定速度後，因為置於機內的離心開關的作用使起動繞組自動地切離電源。

端板

端板，以鉚釘或螺釘固定於定子構架上。(如第1—5圖及第1—7圖所示)主要的作用



圖 1—5

分相電動機的端板

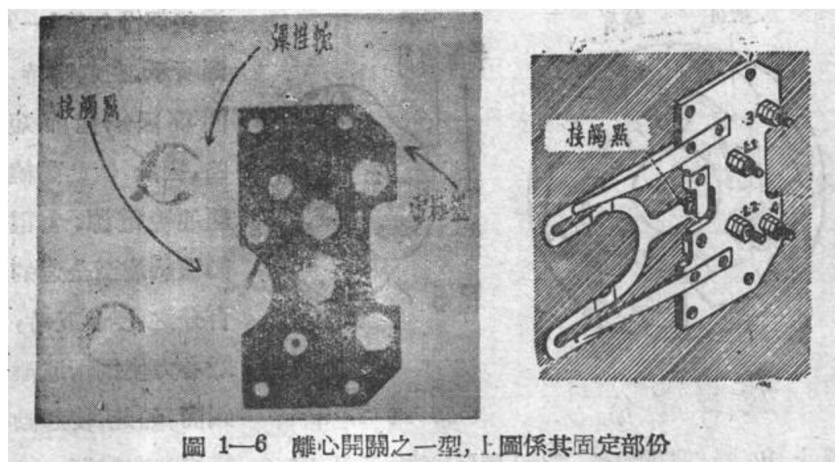


圖 1—6 離心開關之一型，上圖係其固定部份

機的前端板，有兩接觸點。它的作用與單極單投開關極相似。旋轉部份置於轉子，如第1—7圖所示。



圖 1—7 離心開關的旋轉機件

離心作用使旋轉部份
遠離接觸點

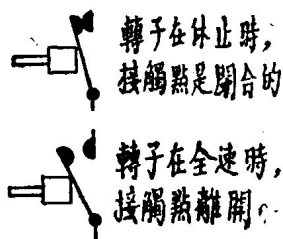


圖 1—8 離心開關的運轉步驟

離心開關的作用解釋如下：參看第1—8圖，電動機在休止不動時，開關固定部份的兩接觸點因旋轉部份的壓力而接觸。在電動機開動後，達至約全速的百分之七十五時，則旋轉部份即失掉對固定部份接觸點的壓力，而使接觸地方開啓。如此，自動地使起動繞組切離電源。

離心開關的另種型式是兩個半圓銅筒：這兩半圓銅筒座於前端板之內而彼此絕緣。旋轉部份是由三銅指組成，環騎於固定部份的圓筒上。

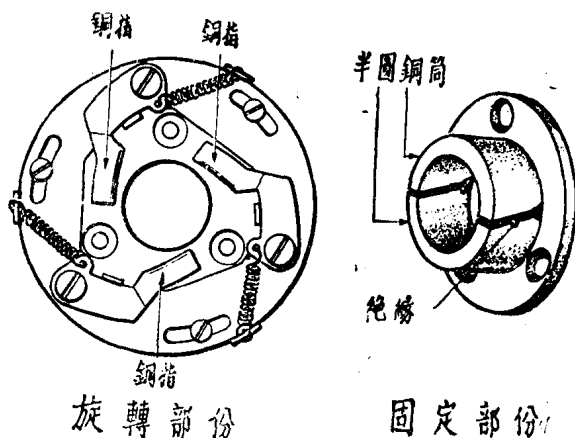


圖 1—9 離心開關的另一型，上圖係其旋轉及固定部份

這些部份如第1—9圖所示。在起動時，圓筒因銅指而短路。因此，使起動繞組連接電源。當電動機約達至全速的百分之七十五時，離心力使銅指遠離銅筒，如此，使起動繞組離開電源。

分相電動機的運轉

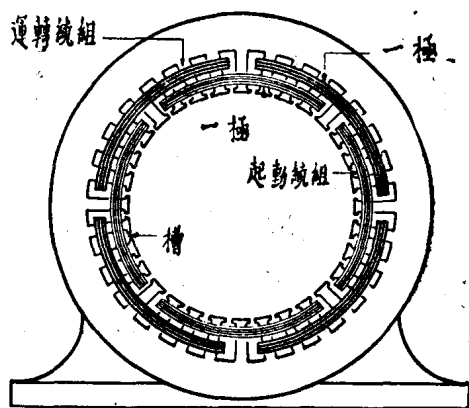


圖 1—10

分相電動機的兩繞組，每一繞組包含四極桿的兩端焊於轉子兩端的兩重銅環上，以完成一閉合電路，或者桿與環根本鑄在一起。如第1—7圖所示。

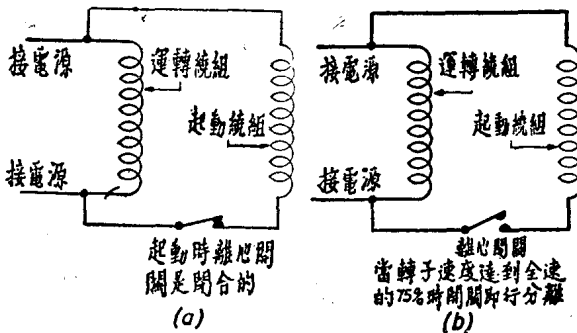
分相電動機通常是有三繞組：這三繞組在運轉時全屬需要，其中之一是於轉子中，名為鼠籠繞組；其他兩繞組是於定子中，如第1—10圖所示。這個電動機每一繞組有四節或說四極。

鼠籠繞組

鼠籠繞組包括許多重銅桿，穿入樞心疊片邊槽中。每

定子兩繞組

定子的繞組包括(1)包有絕緣的粗銅線所繞成的繞組。通常是位於定子槽的底部，名為運轉繞組或稱主繞組(Running or main winding)和(2)包有絕緣的細銅線所繞成的繞組。通常是位於定子槽的上部。名為起動繞組或稱輔助繞組(Starting or auxiliary winding)。定子的這兩繞組係并聯(Parallel connection)。在電動機起動時，兩繞組均接電源。



如第11—A圖所示。在電動機之轉數達到約全速的百分之七十五時，離心開關即行開離，如第11—B圖所示。於是使起動繞組不接電源。此後

圖 1—11 由離心開關的作用而造成電路的改變
僅有主繞組對電動機的運轉發生作用。

在起動時，電流於起動繞組及運轉繞組流通時，於電動機之內產生一磁場。此磁場是旋轉的，於轉子中感應生電又形成另一磁場。這些磁場使轉子轉動。起動繞組在起動時所以需要是因為藉它好產生一旋轉磁場。在電動機既經轉動之後，即不再需要起動繞組，離心開關遂使此繞組切離電源。

分析電動機故障的手續

當一電動機運轉不正常時，須依邏輯的程序檢視，從而決定修復的步驟。

1. 用觀察的方法檢視有無機械方面的故障：如端板破裂；軸彎曲；引線燒毀等。

2. 試驗軸承有無故障：檢視方法是用力迫使軸承中的軸上下移動。如有一些可移情況，即表示此軸承磨損。其次，用手轉動轉子，觀其能否自由旋轉。如果軸不能自由旋轉，故障的所在或在軸承，或屬軸彎，或是裝配不適。無論在上述何種情形下，如此電機連結動力線時，保險絲全要同樣地熔斷的。

3. 檢查電動機，觀其內部導線是否與定子或轉子的鐵心相接觸。這稱為「接地試驗」(Ground Test)。常用檢驗燈作這個試驗。

4. 經檢視，確知轉子能自由地旋轉，其次的試驗是通電運轉。電源連結電動機的引線，開關試合起數秒鐘，如果內部還有什麼故障存在，保險絲將遭熔斷，繞組將發煙，或者電動機轉動過慢；或運轉發不正常之聲；甚或不能轉動。這些象徵均表示故障發生在電動機內部。常屬內部有斷路或短路存在。這需要把端板及轉子取開，謹慎地試驗各繞組。如故障是由於壞的繞組所致，則必可看到，觸到，或嗅到該繞組之燒毀所在。

分相電動機的重新繞線

當我們藉上述試驗證實了電動機的繞組熔斷或短路後，為使其恢復原有健全的性能，必須重新繞線。在把電動機分解以前，端板與構架應記以輕跡(Center punch)記號，以便重新裝配時藉以參考。在前端板及與其相鄰構架處鑿一輕跡；在後端板及構架的對應點鑿兩輕跡。隨後將此電動機分解，預備重修。

一受損分相電動機的修理，包含有幾個步驟，其中最重要者為(1)記取有關紀錄，(2)拆脫繞組，(3)槽口中加絕緣物，(4)重新繞線，(5)結

線，(6)試驗，(7)烘乾與加絕緣漆。

記取有關紀錄

記取有關紀錄是上述各步驟中最重要的一個。即特別注意於舊繞組各種情形的報告。以免在重新繞線時發生困難。在繞組未拆脫以前，記取這個報告，在拆脫手續未開始時，盡可能的記取有關資料，其餘的資料在拆脫手續進行時記取之。不論對運轉繞組或起動繞組，下列報告必須記出(1)名牌額定紀錄，(2)極數，(3)圈距，(4)每線圈的匝數，(5)每一繞組的導線尺寸，(6)結線種類(并聯抑串聯)，(7)一繞組與另一繞組的關係，(8)繞組型式，(9)槽中絕緣，其尺寸與種類。

上述各項必須要詳予紀錄，使任何一修理工人不致因不明原來繞線情形而耽誤工作。今舉一實例，以示報告如何作法。今有三十二槽，四極電動機需重新繞線，技術熟練的工人將按以下步驟記取報告：

抄寫名牌額定紀錄，填入第1—15圖所示紀錄表中。名牌上的這些紀錄是非常重要的。它立時告訴修理工人關於此電動機的構造，馬力數，額定電壓，及全負荷時之速度。還有它指出此係直流或交流電動機，全負荷時之電流，型式及串聯數目。最末後這一項尤特別重要，如需要安排新部份時。

第1—10圖表示一個三十二槽，四極分相電動機。從一端望去的圖像。每一繞組包括四節。這些節稱為極(Poles)或組(Groups)。如欲鑑別電動機的極數，只數一數運轉繞組的節數即可。如果運轉繞組有六節，這即表示此電機為六極。在一感應電動機中極數決定速度，所以把它的確實數目記取下來是必要的。一兩極電動機的轉速稍低於3600r.p.m.。四極電動機轉速約為1750r.p.m.。六極的轉速略低於1200r.p.m.。八極的轉速略低於900r.p.m.。這些速度全是60週(Cycles)交流電源接

通時應有的一些速度。頻率改變時速度亦起相應變化。

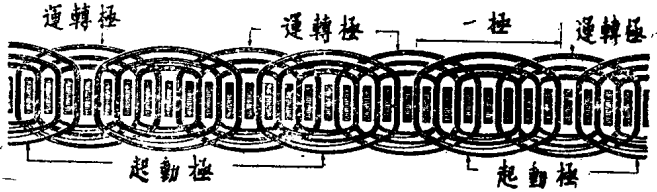


圖 1—12 圖 1—10 繞組的平面展開圖，起動繞組各極介於運轉繞組各極間

如將槽組從一處剪開，鋪平，則此繞組即為第 1—12 圖所示。注意運轉繞組與起動繞組的相對位置。起動繞組重疊運轉繞組的兩極。在分相電動機中總是如此。不論極數與槽數的情形。注意且記取運轉繞組與起動繞組的相對位置是件極重要的事情。假如在重新繞線的時候，把二者的關係位置放錯，則此電動機起動時即不正常。實際上，運轉繞組與起動繞組，相間 90 電學度。無論這個電動機有多少極，二者的關係總係如此。可是，兩繞組相間的機械度將因極數之不同而不同。在四極電動機中，兩繞組相距 45 機械度，而在六極電動機中，二者相距則為 30 機械度。

不論是在運轉繞組中，或起動繞組中，我們如仔細檢視其中的一

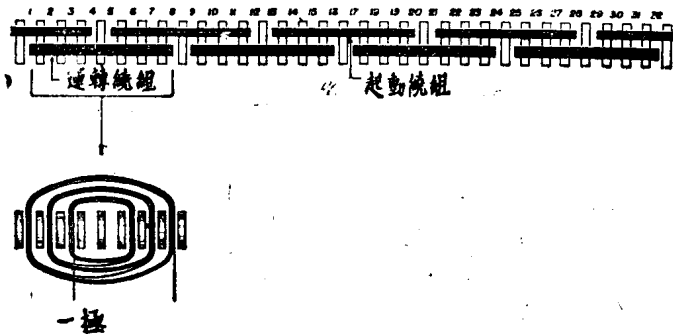


圖 1—13 每極包含三線圈，每線圈是經兩槽繞成

極，則發現每一極包含三個線圈。而此三線圈是一時繞成的。如第 1—13 圖所示。而且，每一線圈的構成是線圈兩側分置兩槽中，此兩槽間之距離謂為此線圈的圈距；圈距記法是「1至4」或「1至6」或「1至8」等，依各種情況差別而不同，如第 1—14 圖所示，這些線圈在槽端突出相當遠的距離，此謂之端室(End room) 這個距離的長度必須量出，記下。新線圈繞製時，其槽端突出部份不得超越此距離。否則，在加端板時，端板將壓迫線圈，致釀成短路或漏電故障。

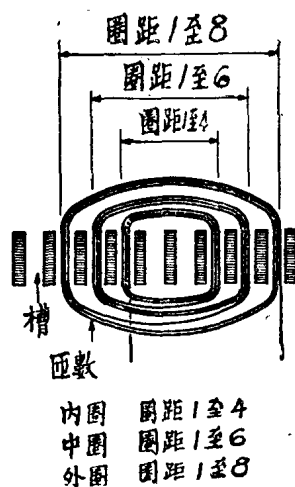


圖 1—14 每極三線圈的圈距

次一步驟是記取上述的這些構造。詳錄繞組的位置及圈距。記錄的方法可如第 1—15 圖所示。圖中畫出所有方格以代表槽。線圈的圈距表

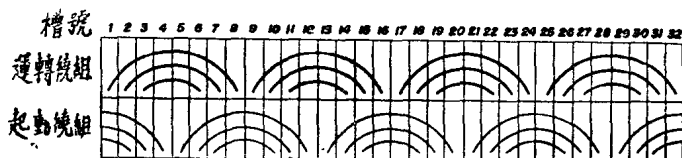


圖 1—15 一個三十二槽四極電動機，各線圈圈距的記錄方法。各圈的匝數也可以記在圖中，如果需要的話。

示法是於對應的槽口畫一曲弧。每一曲弧表示一極中的一線圈。記取電動機構造情形的完整紀錄表如第 1—15 A 圖所示。

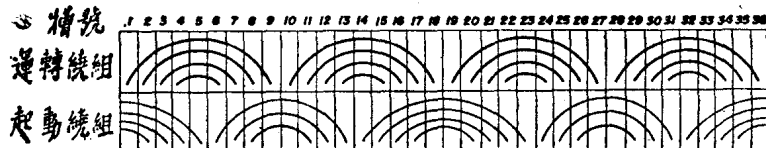


圖 1—16 三十六槽四極電動機的圈距紀錄圖。注意：起動繞組的各極並不完全相同，一極有四線圈，次一極則有三線圈。

許多分相電動機有三十六槽；有一些是二十四槽，但沒有三十二槽

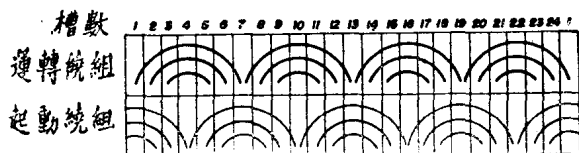


圖 1—17 二十四槽四極電動機的圈距紀錄圖。注意：相隣各極的外線圈是在一槽中。

的。第1—16圖是四極三十六槽分相電動機的紀錄圖；第1—17圖是四極二十四槽分相電動機的紀錄

圖。

另一紀錄需要記取的是運轉繞組在構架上的位置。在許多電動機中，在每一主極的中心部份有一尺寸稍異槽，藉資鑒別。這樣，在重新繞線決定極的位置時即易於辨識了。可是，如無此特殊尺寸的槽，則必須在一極中心地方標以徑跡。

下一步驟是記取極與極間結線的型式。紀錄的方法在本章後面再為詳述。此外，還須記取每一線圈的匝數，與所用線的尺寸。當然用最線規或千分尺來測線的規格 (Wire gauge or micrometer) 舉凡這些紀錄數字均於拆脫繞組時隨時注意，隨時記取下來。

如果僅是頂部繞組，或稱起動繞組燒毀或短路，那麼，需要記取的則僅屬此繞組的各種紀錄。

拆脫定子繞組

如果僅是起動線圈需要拆換，常常是在一邊切斷這些線圈的線，而從另一邊用力拉它。這樣可以很容易地將線圈拆下來。有時候，把保持這些線圈的楔取下以後，線圈可從槽中舉出來。取去楔的辦法可以用一鋸齒片與一錘頭，如第 1—18 圖所示。先將鋸齒片以錘迫擊，使齒深入楔，然後以圖中箭頭所示方向用錘將鋸齒片連帶楔一同擊出。

如果定子中所有繞組需完全拆脫，有許多工廠是把整個定子扔入

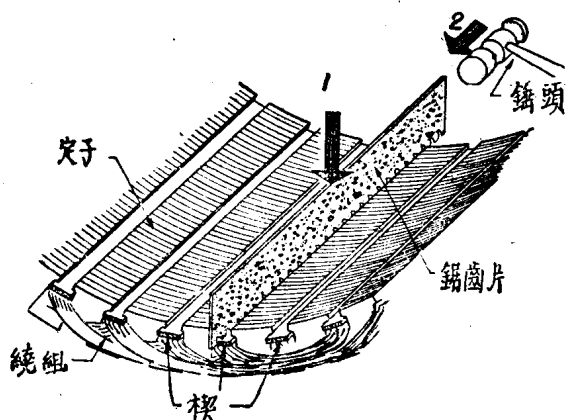


圖 1—18 鋸齒片釘入楔中，用以取出該楔。圖示取出的方法

專設的爐裏，採取燒的辦法，或者在繞組中通以過大電流，使其繞組發熱以熔化絕緣漆，因為在線上附有大量絕緣漆致使繞組硬化，想拆繞組必先把漆燒熔，不然要浪費很長時間。

在繞組的拆脫過程中，起動繞組的一極各線圈及運轉繞組的一極各線圈的匝數必須數出。記於如 1—15 A 所示的紀錄表內。記於表明圈距的曲弧圖旁。還有，在此時量出兩繞組所用線的尺寸並記錄下來。此時亦須注意所用絕緣屬於何種。

在繞組拆脫以後，槽中剩餘的絕緣物必須清除，如絕緣物業已燒焦，則清除時比較簡易，因在繞組拆出時，即將其帶下落出。可是，如果絕緣物緊貼於槽壁，則必須用小刀或尖利物把它刮下來。

在繞組及舊絕緣物均經拆脫後，定子槽中或許尚存有污泥，砂礫或其他雜物，也必須予以清掃。常用的工具是壓縮空氣機 (Air compressor)，空氣經一噴嘴噴出，吹掃定子，而將穢物吹出。如定子上有油脂存在，必須用清洗液劑予以洗刷。

槽中絕緣

上述手續完成後，此電動機即屬分解清掃完畢。然後可以開始做繞線的準備。在繞組放入槽內之先，必須先放置絕緣物，以免繞組的線任

何部份觸及鐵心。有許多種絕緣材料可以應用於此目的。普通常用的材料是(1)絕緣紙，一種摺彎時無裂縫的紙；(2)絕緣布，能以防油防潮，具有高度電絕緣性。與(3)雙料絕緣：即上述二者的合用。在重新加絕緣時，最好依照原有絕緣的原型式。

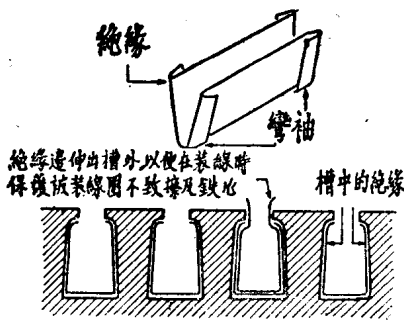


圖 1—19 繞線以前，佈置槽中絕緣

布，其厚度約為 0.007 吋。在圖 1—19 中，又示出一較長絕緣片蓋住槽口的邊緣，以便於裝線。這一長絕緣片可以在裝完線圈後取出；也可以不必取出，僅把它的端部摺入槽內。

重新繞線

分相電動機的繞線有三方法：即(1)手繞法，(2)模型繞法，與(3)成束繞法。這些方法全是很實際的，而且各有各的優點。不論在那種情形，先把全部運轉繞組放入槽中，然後把起動繞組繞於頂部。介於運轉繞組與起動繞組之間須加適當的絕緣。

手繞法 不論繞運轉繞組時；或繞起動繞組時均可用手繞法。這種方法是將線置於槽中，一次繞一匝，從內線圈起，繼續將一極的所有線圈繞完為止。現在假使有一個三十二槽的定子，欲以手繞法繞製，現在將手續說明如下。

絕緣紙，布的切法如圖1—19所示。其長度較槽的長度約長 $\frac{1}{4}$ 英寸。有一些工人彎折絕緣物的端部，如圖中所示。以免裝線圈時觸及鐵心形成「接地」故障。不及一馬力的電動機所用的槽絕緣紙厚度約為 0.015 吋，而在運轉繞組與起動繞組之間所用的絕緣