

分极馬力电动机

編譯者序

大家都知道，要提高人類生活水平和電氣化事業是分不開的。要達到電氣化的目的，除了成套的發電、變電設備以外，便是要研究怎樣來利用電能為人類服務的一些問題了。

小型分數馬力電動機便是減輕體力勞動，提高生產水平的各種設備中的一個很重要的工具。所以各種家庭電器用具、工廠裏電動工具以及許多自動化機器設備中，都已廣泛地採用了不同類別的分數馬力電動機來完成許多複雜的工作。分數馬力電動機已日益為人們所重視而被大量製造了。它們的發展前途實難衡量而盡述。

因此有關分數馬力電動機的作用原理、運轉特性、機械結構、怎樣選擇和應用以及試驗和保養方法等，也就成了電器工作者所迫切樂於知道的一些問題了。

爲了這個緣故，本人就不嫌簡陋，將費氏所著“分數馬力電動機”一書的主要部分譯出，以供讀者們參考。

由於本人翻譯水平的限制，編譯中雖曾化了好多時間來校閱和訂正，但仍不免有很多錯誤。懇切地希望各地讀者們隨時指正。

編譯者

目 次

第一章 緒論 1

分數馬力電動機的类型——電動機的原理

第二章 直流電動機 3

直流電動機的原理——電樞的構造——換向器——線圈的排列——換向器的連接——電刷——磁場磁鐵——磁場線圈的連接——永久磁鐵式直流電動機——航空用直流電動機——直流電動機的起動——轉速控制——改變轉速——電動機的倒轉——電壓改變後線圈的重繞——使用在通過整流器的直流電源上的情形——保養與故障

第三章 通用電動機 41

通用電動機的原理——電樞線圈——磁場線圈——特性——使用於直流電源和交流電源時特性的比較——補償式通用電動機——換向作用——電壓的限制——雜聲——轉速的控制——電氣調速器——通用電動機的倒轉——補償式通用電動機的倒轉——通用電動機的故障與保養——電壓改變後線圈的重繞——吸引電動機

第四章 多相感應電動機 67

多相感應電動機的原理——標準頻率單速電動機——多相電動機的線圈——多速電動機——高頻率電動機——多相分數馬力電動機的起動——多相電動機的倒轉

第五章 罩極電動機 90

單相感應電動機原理——罩極電動機的概況——構造——運轉原理——特性——效率——起動轉矩——運轉特性——過載特性——電流——電壓和頻率的影響——功率因數——雜聲——電氣設計——罩極電動機的起動——罩極電動機的倒轉——將定子反向裝置使電動機倒轉——轉速控制——故障和修理——怎樣增加轉矩——電壓改變後線捲的重繞——改變轉速——頻率的變化

第六章 分相電動機 114

優點——缺點——構造——起動線捲的開關——轉子的構造——定子沖片——特性——互換性——特性的變化——分相電動機的起動——分相電動機的倒轉——過載保護——轉速控制——故障和修理

第七章 電容電動機 134

電容電動機的原理——電容起動式電動機——電解質電容器——熱控保護裝置——電容起動式電動機的其他特性——電容起動式電動機的倒轉——T形接法——電容運轉式電動機——電容起動與運轉式電動機——故障和修理

第八章 推拒和推拒起動式電動機 151

推拒電動機的原理——特性——推拒電動機的倒轉——推拒起動式感應電動機——故障和修理

第九章 同步電動機 167

電鍍用電動機

第十章 電動機的構造 181

導線——絕緣——定子絕緣——磁場線圈的絕緣——浸漆處理——機座

——端蓋——電動機的散熱——軸承——滾珠軸承——潤滑——護油罩
 ——捲筒式套筒軸承——多孔性青銅軸承——立式電動機的軸承——皮
 帶傳動——齒輪和齒輪箱——蝸輪——制動輪

第十一章 怎樣選擇分數馬力電動機 219

負載的分析——電源系統——交流電源——電壓——頻率——輸出馬力
 ——轉速——轉速的調節——起動轉矩——加速轉矩——過載轉矩——
 溫度、定額和任務循環——間歇定額——機殼型式——軸承——電動機
 的安裝和傳動——雜聲——無線電的干擾——旋轉的方向——倒順運轉
 ——效率和功率因數——電動機的訂購

第十二章 分數馬力電動機的主要用途 245

風扇——吊扇——送風機——電吹風（電氣乾髮機）——吸塵器——電
 冰箱——洗衣機——電唱機——錄音機——電鑽——小型電動工具——
 手提工具——高頻電動工具——使用電動工具時的安全問題——電動工
 具在使用前的檢驗——砂輪機——縫紉機

第一章 結 論

凡出力小於一馬力的電動機叫做分數馬力電動機；出力等於一馬力或一馬力以上的電動機叫做整數馬力電動機。

較大的分數馬力電動機，在設計、構造、性能上與整數馬力電動機並沒有多大不同，因此本書的資料，多偏重於分數馬力電動機中的較小者——例如用於冰箱、真空吸塵器、風扇、手提式工具、辦公室用各種機械、航空以及許多其他地方用的電動機。這些應用，需要多種不同的特性與設計基礎。分數馬力電動機中有許多很有趣的式樣與整數馬力電動機的式樣完全不同。

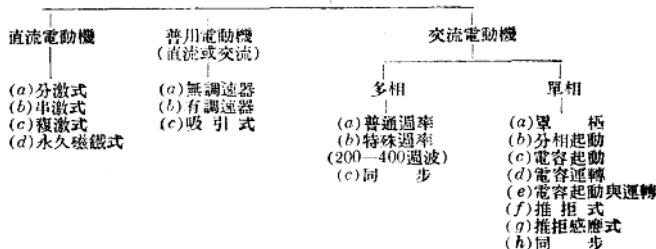
分數馬力電動機的型式

某一種型式的分數馬力電動機，決不能同時適用於各種不同的應用。分數馬力電動機至少有十八種不同的型式。特殊設計還不包括在內。根據電源的不同，分數馬力電動機可以歸納為直流、普用（交流或直流）與交流三大類，如表 1 所示。

在這些電動機中普用電動機比較用得最多。一部份原因是因為在一定限度以內，普用電動機在直流或交流電源上，以及在 60 週波以下任何頻率時有着相似的性能。然而主要的原因，還是由於普用電動機在交流電源中運轉時與感應電動機比較，有着較高的運轉速度。這樣對於同一馬力的輸出時，電動機可以較小與較輕，這一點在手提式器具中

表 1. 分數馬力電動機各種型式

分數匹馬力電動機的主要型式



注意:各式電動機均可裝以齒輪,以便減低轉速。

是重要的因素。

交流電動機可以是多相的或是單相的。多相分數馬力電動機差不多完全限於工業上應用,在這些地方多相電源的供應比較便利,但多相電動機也有用於航空上的。交流分數馬力電動機的極大部份,是用於家用器具方面。因此,必須運轉於單相電源,而且它的電壓不宜超過250伏。

單相感應電動機本身不能自己起動,因此產生了許多不同的型式。其名稱普通就以它們的起動方法來稱呼。在交流電動機中,單極電動機的應用比較廣泛,因為它的構造簡單、堅固並且經濟;同時它的性能特別適用於檯扇與吊扇、電吹風、留聲機與需要數量很多的其他用具方面。分相電動機與電容起動式交流電動機大都用於冰箱、洗滌機和一般需要較單極電動機出力為大的輕型機械方面。

低壓直流電動機廣泛地應用於航空、汽車、鐵路與船舶中。這種電動機也有見用於電子器具方面。由於目前一般的電源都是交流的,因此直流電動機在工業、商業與家庭方面的應用,在最近幾年中很快的縮

減了。

分數馬力電動機的轉速範圍很廣，可以從應用於旋轉儀的每分鐘 20000 轉，直到應用於留聲機的每分鐘 78 轉。如果需要更低的轉速時，還可以在電動機上裝一隻減速齒輪箱。電鐘就是一隻裝有減速齒輪箱而具有特殊用途的典型電動機，這種裝置使鐘上的時針在 12 小時中只旋轉一次。

在小型電動機的設計與製造上產生了許多重要的問題。除了需要合用之外，因為這種電動機時常應用在家庭與辦公室中，分數馬力電動機必須在運轉時保持特別的安靜。同時成本要低廉，製造要簡單；並且在應用時要絕對可靠，不需要定期檢修。

效率高與運轉費用低當然是需要的，然而並不像整數馬力電動機一樣重要，尤其是家庭中應用的分數馬力電動機，因為電力消耗本來很小，而且一般不是連續運用的。由於損耗較大，分數馬力電動機的效率較整數馬力為差。但是一般講來，一隻用分數馬力電動機操作的器具，所需要的運轉費用與整個器具使用價值相比較，是可以忽畧不計的。

分數馬力電動機除了根據電源分類以外，還可以用別的方法來分類。例如以負載與轉速的變動關係來分類。大部份分數馬力電動機的轉速隨負載增加而畧為降低，但是有的轉速降低很多，有的轉速保持不變。

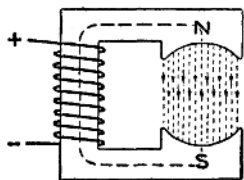
分數馬力電動機的起動特性也各有不同。有的起動轉矩有滿載轉矩的幾倍，有的起動轉矩小於滿載轉矩，有的甚至不能自己起動。電動機的轉速負載特性在某種情況下可以用調速器改善之。

電動機的原理

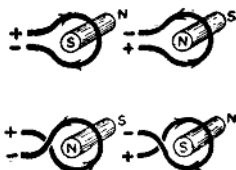
假使將一根通有電流的導體放在磁場中，這根導體將按着與磁場

相垂直的方向移動，這就是電動機作用的基本原理。磁場中的導體為什麼會有這樣的現象呢？這是因為導體中的電流在導體周圍產生了一個磁場，這一磁場與原來的磁場互相作用就產生了以上的現象。

圖 1·1(a) 表示電磁鐵所產生的磁場。磁場的極性與線圈中的電流方向以及線圈的環繞方向有關。圖 1·1(b) 表示產生電磁鐵極性的四種不同情形。從圖中我們可以看到，假使電流以順鐘向沿着圓鐵流動，接近讀者一端的圓鐵就變成負極。電磁的極性可用以下的方法來決定：以右手握線圈，以手指指示電流的流動方向，則大姆指所指的方向



(a) 電流通過線圈所產生的磁場



(b) 電磁鐵的極性



(c) 環繞於通電導體的磁場方向



(d) 通電導體在磁場中的合成磁場

圖 1·1 電動機的基本原理

向就是電磁鐵的正極*。圖 1·1(c) 表示通電導體的周圍空間的磁場。電流的方向與所產生的磁場方向之間的關係，相當於木螺絲的前進方向與旋轉方向之間的關係，這一關係又叫做電磁的木螺絲規則。

*註：本圖及以後各圖中以 N 代表正極， S 代表負極。

通電導體 c 在磁場 a 中的作用，如圖 1·1(b) 所示。假定電流從讀者流向書本，我們以 $\oplus$ 表示之，如果電流自書本流向讀者，我們則以 $\odot$ 表示之。

從圖 1·1(d) 中我們可以看到磁力線擠緊在導體的右面。一切磁力線都有一個把自己收縮到最短的趨勢。在目前的情況中，當磁力線收縮時，導體就被擠向左面直至離開磁場。假使導體中的電流方向或磁場的極性與現在的相反（二者並不同時相反），磁力線就擠緊在導體的左面，同時導體就向相反的方向移動。

在任何情況之下，用圖 1·2 的方法可以決定導體的移動方向。假使左手的姆指，食指與中指互成直角，以食指指示磁場的方向，中指指示電流的方向，則姆指所指的方向就是導體的移動方向。

實際上在電動機的電樞內，所有導體均通有電流。由於電樞導體的運動，電能就轉變為機械能。

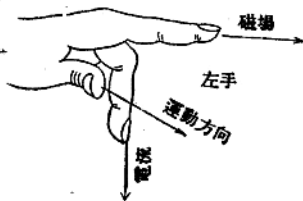


圖 1·2 左手定律決定磁場中帶電導體的運動方法

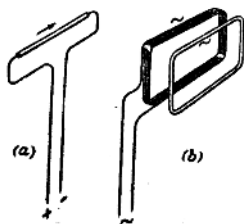


圖 1·3 導體中產生電流的二種方法：

- (a) 電流從發電機或電池中發出來直接經過導體，電流可以是直流或交流
- (b) 交流電經過初級線圈後在相鄰的線圈中產生感應電流

如圖 1·3 所示，可以有二種方法使電流通過導體。第一種方法是將導體與電池或其他電源（直流或交流）組成一個電路，如圖 1·3(a) 所示；第二種方法是將導體放在通有電流的電路附近，使在導體中產生感

應電流，如圖 1·3(b) 所示。但這裏的電流必須是交流電流。

根據以上二個原理，電動機可以歸納為以下二種基本型式：第一種電動機，它的電樞與電源互相連接——換向器式電動機；第二種電動機，它的電樞或轉子與電源不相連接，轉子中的電流，由感應作用產生——感應式電動機。在第一種電動機中必須要有電刷與換向器，以便將電流導入正在旋轉的電樞中。在第二種電動機中不需要電刷與換向器的裝置，因為轉子中的電流是被感應出來的。所有直流電動機與普通電動機都是換向器式的。除了普通電動機以外，雖然還有若干單純交流的換向器式電動機。但是為數不多，大部份交流電動機都是感應式的。

第二章 直流電動機

雖然交流電的應用在目前是非常方便的，然而有許多地方還要應用直流電動機。例如：

(1) 船舶上仍舊廣泛地採用直流電為電源，電壓一般為 110 伏。船舶上的排氣風扇，大部份都是分數馬力電動機。

(2) 在飛機中應用許多極小的直流電動機，這些電動機的電壓一般為 24 伏，然有提高為 27 伏至 29 伏的趨勢。

(3) 汽車上的設備，如起動電動機、拭雨器以及排氣風扇等均用直流電，它的電壓是 6 與 12 伏。

(4) 需要便於控制轉速或者由於其他性能的原因，應用直流電動機較交流電動機可以得到更好效果。在這種情況中，直流電源是由整流器、換流機或電動機發電機組供給的。

直流電動機的原理

試把二根導體放在磁場中，其末端與二隻接於蓄電池的滑環相連接，如圖 2.1 所示。

根據第一章的左手定律，這只線圈將要沿着順鐘向旋轉，待到達垂直的位置時線圈就停止不再旋轉。如果再向右轉過一些，上面的導體就進入負極的磁場；而下面的導體則進入正極的磁場，結果線圈就要反方向旋轉——反鐘向旋轉。

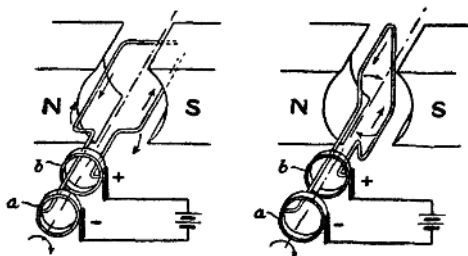


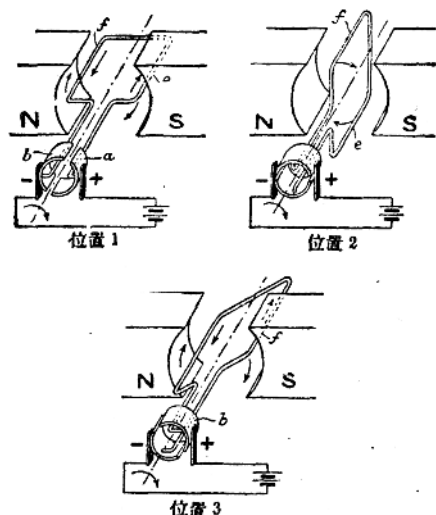
圖 2-1 載有直流電的導體在磁場中的運動

因此可以很清楚地知道，如果要使線圈連續旋轉，那末正當它們到達二極的中間時，線圈中的電流方向也必須反過來。祇要如圖 2.2 所示以換向器代替滑環，就可以達到這一目的。換向器是由二塊換相片 a 與 b 所組成，片上接有炭刷“+”與“-”。在位置 1 時，電流自換向片 a 通入，並如圖中所示的方向通過導體 e 與 f ，使導體順鐘向旋轉。

當線圈達到垂直位置時，每隻炭刷均跨接二塊換向片將導體短路（位置 2）。然而由於慣性的緣故，導體繼續向前旋轉，於是就形成了位置 3 的情形。此時電流自換向片 b 通入線圈，並如圖中所示方向通過導體 f 與 e 。從圖中可以看到，導體 f 中電流的方向與位置 1 時導體 e 中電流的方向相同。因此線圈仍沿着時針方向旋轉。導體每轉過半轉換向一次，這樣便產生連續的旋轉。

由一個線圈與一對換向片所得到的動作是不均勻的。在實際應用上必須有許多線圈與許多換相片。在分數馬力電動機中，線圈數目在很小的電動機中可以是 7 隻，在很大的分數馬力電動機中可以是 48 隻，或更多一些，每隻線圈的匝數，也隨着電動機出力的增大而增多。

圖 2.3 中用圖來表示線圈的排列。在圖中導線平均地繞在鐵圈上，並每隔一定的距離抽出一個線頭，這些抽出的線頭均接在換向器的銅

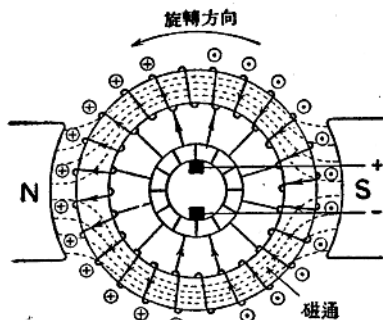


(線圈中的電流方向反了過來)

圖 2.2 換向器的作用

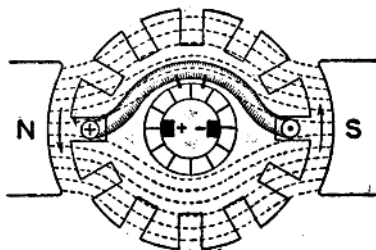
片上，因此整個的線捲包含了許多與換相片串聯的線圈。

從圖 2.3 中我們可以看到，當每對換向片被電刷跨接時，祇有很小部份的線捲被短路，其餘的線捲仍舊起着作用。每雙線圈經過磁場的中性位置，其中的電流方向即反了過來，因此，當它進入另一磁極的磁場時，它的旋轉方向仍舊保持不變。圖 2.3 中的電樞常叫做環形圈。這種電樞有一個缺點，就是磁力線並不切過鐵圈裏面的導體，所以它們對於電動機的運轉沒有什麼幫助。這種電樞在電動機發展的初期曾經採用，後來就被有槽齒的電樞所代替。在有槽齒的電樞中，線圈放在鐵芯面上的線槽內，如圖 2.4 所示。因此在運轉時線圈的兩邊均為磁力線所切割。圖 2.4 所表示的祇是一隻線圈。



注意：⊕ = 電流從讀者通向書本；⊙ = 電流從書本通向讀者。

圖 2·3 環形電樞



(這裏祇表示一個線圈的位置)

圖 2·4 有線槽的電樞

線圈通電以後，假使它的兩邊在同一磁極之下，線圈兩邊所產生的旋轉方向相反，因此不能旋轉。爲了克服這一困難，我們將線圈的節距做成接近兩極的中心距離，這樣線圈兩邊的位子，就在兩個不同的磁極之下。根據左手定律，這一線圈的兩邊產生方向相同的兩個扭力，因此使線圈沿着同一方向旋轉。現代的電極是由許多嵌在電極面上線槽內的許多線圈所組成。這些線圈均與換向片相連接。

線圈由絕緣的導線繞成。電樞線槽內襯有適當的絕緣材料。一般說來，每隻線槽內有兩個線圈邊，這兩個線圈邊一般叫做上層導體與底層導體。線圈可以預先繞好後再嵌入線槽內，也可以直接繞在已絕緣的線槽內。第一種線圈叫做成形線圈，它的外形可以做得比較整齊；但是第二種線圈的製造成本較低。

電樞的構造

圖 2.5 是一隻典型的直流電樞。在這隻電樞中，*A* 是由矽鋼片疊置而成的鐵芯，裝在地軸 *B* 上。*C* 是與換向器 *D* 相銲接的線圈。風扇

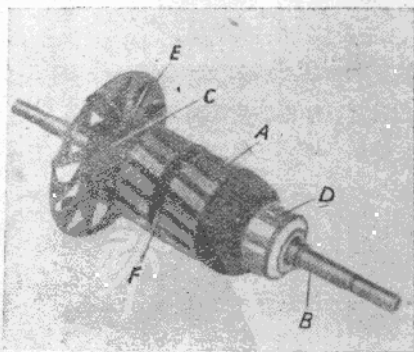


圖 2.5 直流電動機的電樞

E 幫助線捲冷却，使電樞在額定溫升下可以有最大的輸出。在很小的電動機中，鐵芯是直接壓裝在地軸上的。然而直徑在 60 公厘以上的電樞，則另外用銷子將鐵芯銷住在地軸上。

電樞的線槽可以用半封閉式的，也可以用開啓式的，如圖 2.6 (a) 與 (b) 所示。開啓式線槽的嵌線非常容易，但是必須如圖 2.5 中 *F* 所

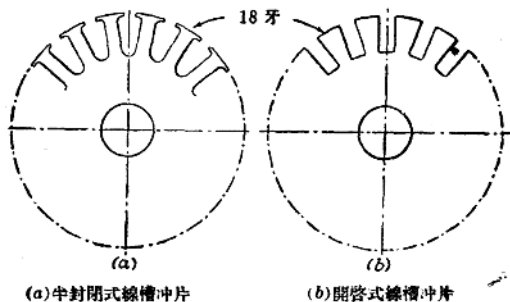


圖 2-6 直流電動機的電樞沖片

在的地方，加一道或一道以上的鋼絲箍，以防線圈因離心力而伸出槽外。

半封閉式線槽非常適宜於將導線直接繞在線槽內。在半封閉線槽中槽楔插入在線圈與線槽頂端內表面之間，使線圈固定在线槽內。

假如圖 2-1 的線圈中不通電流而用外力使它在磁場中旋轉，線圈中就有電壓產生。如果用導線將電刷連接起來，導線中就有電流通過，這就是發電機的原理。電流通過導體就使導體發熱。假如一隻閉合的線圈在磁場中旋轉，就會因電流通過而發熱。

整塊的鐵芯與閉合了的線圈一樣，它在磁場中旋轉，就產生如圖 2-7 所示的渦流，在鐵芯內自成一一個電路使鐵芯發熱。爲了防止這一情

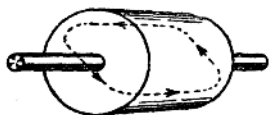


圖 2-7 當在磁場中旋轉時，整塊電樞中的短路電流

形的發生，我們改用疊片來製造電樞，使產生渦流電路的長度（疊片的厚度）變得很短。直流電動機疊片的厚度一般爲 0.3 至 0.5 公厘。這種疊片的一面塗有一層薄薄的絕緣漆或相似的物

質，使疊片與疊片之間互相隔絕。