

134725

# 感應電動機接線概論

A. M. DUDLEY 原著

丁士鈞 譯



分

大東書局出版

1918

无錫新校資料室藏書

1918

# 感應電動機接線概論

A. M. DUDLEY 原著

丁士鈞 譯

江南大學圖書館



91190976



大東書局出版

原書名：Connecting Induction Motors  
原著者：A. M. Dudley  
原出版者：McGRAW-HILL BOOK CO. Inc.  
New York And London  
1936 年第三版

書 號：5044

一九五一年八月初版

(0001—3000)

## 感應電動機接線概論

定價人民幣：30,000元

版權所有  
不准翻印

原 著 者 A. M. Dudley

譯 者 丁 士 鈞

出版發行者 大 東 書 局

上海福州路310號

印 刷 者 大東書局印刷廠

上海安慶路268弄17號



## 譯 者 序

和各種交直流電動機相比較，感應電動機獨具四項壓倒性的優點：(一)構造最堅，(二)價格最廉，(三)養護最簡，(四)運用最便。因此它問世的歷史雖短，而應用範圍却日見廣泛，現在恐怕沒有其他種類的電機能和它爭一日之短長了。

感應電動機的構造最為簡單，唯一較繁複之處，就是線捲的接線方式。所以研究感應電動機可以從兩處着手：假使以實用為出發點，則討論重心應在線捲的接線方法；假使以理論為主題，則研究的重點應在電動機的運用原理。闡述原理的書籍，已經很多，但是線捲接線方面的撰著却還不多觀，偶或在專門的雜誌上發見一二，也往往語焉不詳，每令讀者有不能窺全豹之憾。這個最切實用，最為工作人員所急需了解的問題却一向沒有受到應有的重視，譯者有鑒於斯特將本書介紹給讀者。

本書原名 *Connecting Induction Motors*，為美國西屋電器製造公司航海電機部工程師陶德烈 (A. M. Dudley) 所著，該書討論範圍可分四大類：(一)接線方法，(二)改接規則，(三)舊壳重繞新線的計算，(四)磁性拉力的校正。書內並附有線捲接線圖形全套和不均分組的詳表。原書敘述簡單明白，所選擇材料又完全以實用為主，與它封面上所標的“專供繞線技工，修理人員，運用工程師，及青年學生之用”一語確相符合。據原序說，一應資料是從著者日常所撰論文中摘錄而得，所以綜觀全書，誠如著者所說，結構稍呈鬆弛，這可算是本書的一點微疵，不過它的優點，不勝枚舉，畧有缺點，當亦不足為病。

翻譯之際，承王樹良、柯士鏘二君贊助指示，又承華通電機廠蕭心

工程師詳為指正，獲益良多，謹此致謝；而三弟士鐸內子若華的督促鼓勵使竟全功，也是不可抹煞的，識此以示不忘。譯者材識淺陋，原書字句，容有誤解錯譯之處，尚祈讀者不吝賜教，幸甚！

丁士鈞敬識

一九五〇年夏六月序於吳淞

## 原 序

本書材料初見於一九一六年二月份的“電學雜誌”。其時，該雜誌的信箱常常收到讀者函札，詢問感應電動機的接線方式，和電壓相數等條件變更後電機的可能改接法則。著者的那篇短文就是為了解答這些問題而作。其後該文偶為“動力雜誌”副編輯安鼎德氏所見，當即囑著者就原文大意廣加補充，另撰長篇，分期刊登“動力雜誌”，計自一九一七年一月份起連續登載，幾達三年之久。從各方的輿論來看，該項材料似有彙訂專籍的價值，乃幾經修改，終於產生了本書初版時的面目。

本書資料是從零星短文上蒐集而來，所以結構方面微嫌散漫，全文缺乏一貫性是毋庸諱言的。又本書目的原係供給電機修理技工及運用人員日常參考之用，故寫作時常常站在修理的立場來考慮事物，並非完全討論繞線的專籍。

本書自問世以來，迄今已三版，在第三版中，修改頗多，較大之處，如第八章的不平衡電壓分析，第九章的電動機旋轉向預測術，第十七章的標準接線圖形，第二十章的電動機行為計算，都是新添資料，為以前兩版所未有。

對於西屋電器製造公司之允准發表本文，和“電學”“動力”二雜誌之容許摘取業已登載過的資料，著者表示衷心的感謝。至於個人方面，安鼎德氏所給予的幫助及鼓勵，也是著者所不能忘懷的。

倘若本書對於電機從業人員日常工作的幫助，仍與以前兩版相同，那麼著者的最高希望算是達到了。

陶 德 烈

## 藍懋氏導言

最好的教科書常是由精於教授法的學者們寫出來的。根據同一理由，技術書籍也應該由實地工作的工程師執筆，纔算合理；苟非如此，所寫文章很易落在實際情形的後面，形成脫節。就電機工業而論，它的發展至速，變遷至多，非日常接觸的人士不能道出最新的工作法則。很不幸的，“言行不一”原是人類的通病，這裏也不能例外。“言”者往往不必就是“行”者，因為“行”者總是不息地“行”去，而把“言”的工作交付與他人代理。一般書籍之所缺乏實際工作情形，原因就在這裏。陶德烈氏的著述獨在常例以外，因為作者十四年的實地工作經驗足以為其言論的後盾。他所發的論斷，語語有據，一字一句都可當做工作人員的參考資料；如書中所論關於三相電動機旋轉向的預測問題，和第九章所列電機改接圖表等等，無一不與實際工作有關。而且不僅如此，該書的資料既是代表着最新穎的工作方法，那些缺乏實地經驗的莘莘學子，苟能將本書閱讀一過，也自能獲得很多啓發性的指示。

正和一切高級技術相似，已往的人士對於感應電動機的理論，申論殊詳，而對於實際工作的細則，却多畧而不道，這豈不是一個很大的漏洞？況且這一式電動機的歷史雖短，不逮直流電機遠甚——而它在今日之動力界却已成了權威。陶氏發表感應電動機錄捲問題，非但是合乎時宜，簡直可說是對症下藥！

由於這種種原因，我萬分高興地把這本著作介紹給對於感應電動機的理論與實際同感興趣的人們。

藍懋(B. G. Lamme)敬序

## 目 錄

譯者序

原 序

藍懋氏導言

## 第一章 感應電動機錄捲之功用..... 1

反電動勢——直流電動機錄捲之功用——同步電動機——感應電動機

## 第二章 旋轉磁場..... 5

電動機勝任重負之原理——產生轉矩的方法——交流旋轉磁場之生成——交流磁力表示法——單相及多相交流電表示法——第二相錄捲反接之原因——二相電流生成磁場法則——三相電流生成磁場法則——磁場圖解法——對掉引線來反轉旋轉方向法——反電動勢——單相電動機運用原理

## 第三章 錄捲種類..... 24

機槽式樣之效應——半封閉槽錄捲——開朗槽錄捲——錄捲圖形表示法——波形錄捲——直流波形錄捲之用於交流——錄捲中各錄圈間之電壓關係——同心圈錄捲——同心圈錄捲之重接——波形錄捲——開朗槽錄捲與半封閉槽錄捲——標準疊形錄捲——概念圖——接錄之校核——二相錄捲接錄圖自繪法——三相星形錄捲接錄圖自繪法——三相網形錄捲接錄圖自繪法



## 第四章 轉子線捲.....50

基本概念——鼠籠式轉子——鼠籠線捲之電流路線——改變極數之效應——鼠籠線捲電阻計算法——轉子線捲歸於定子線捲之計算法——鼠籠線捲之構造——線繞轉子線捲式樣——線捲接線法——波形線捲——正型波形線捲接線捷法——變型波形線捲

## 第五章 單相線捲.....71

單相電動機分類——線捲式樣——外界電端接線草圖——定子線捲——繞線方式——線核繞法——線捲分佈法——線繞繞入機槽之程序——推拒電動機線捲——分相電動機線捲——主要及啓動線捲之接線——模板繞法——啓動線捲

## 第六章 短距線捲.....87

縮短間距之優點——改極數而不改間距——短距因數——短距之效應——分佈因數——相絕緣——磁場圖形之描繪——短距所生效應之圖形表示

## 第七章 分佈因數及其應用..... 112

集中線捲——分佈線捲及分佈因數——線捲更改相數時電流束的變動情形——分佈因數之導出——短距因數——分佈因數——圖解法——算術公式——二相分佈因數——二相推理磁極線捲之分佈因數——三相分佈因數——三相推理磁極線捲之分佈因數——單相線捲之分佈因數——單相線捲採用同心線圈之理由——單相線捲上短距因數與分佈因數之區別——分佈因數之應用

- 第八章 電壓變更對於線捲接線之效應…………… 125  
絕線之校核——絕線試驗——每匝伏特——電壓換算表用法——  
不平衡電壓之效應——不平衡電壓之分解法
- 第九章 相數變更對於線捲接線之效應.電壓及相  
數同時變更之處理方式…………… 141  
相數變更——丁字接法之缺點——電壓與相數之併合改變——旋  
轉向之配合
- 第十章 頻率變更對於線捲接線之效應…………… 157  
速率之校核——電壓與頻率之關係——轉矩,轉數與馬力之關係
- 第十一章 極數變更對於線捲接線之效應…………… 164  
極數與電壓之關係——變更極數時之校核
- 第十二章 特殊接線法…………… 173  
不均分組法——推理磁極雙速接法——剖裂分組法——丁字接法
- 第十三章 線捲改接綱要…………… 183  
基本概念——銅絲及鐵心之切面積——線捲之發電機作用——間  
距之變更——一切變更均可視同電壓變更——電壓變更——相數  
變更——頻率變更——極數變更——馬力變更
- 第十四章 感應電動機線捲故障之勘定法…………… 200  
喧聲與振動——電流及耗損之校核——故障十則——接地——短

路——線圈反接——極相組反接——分組錯誤——相反接—— 電壓錯誤——極數不符——斷路——故障校正法——故障之勘定 程序	
<b>第十五章 舊壳繞新線計算捷法</b> .....	222
電機線捲與電機性能之關係——設計要點——鐵心切面之校核 ——導線切面之計算——滑環間之電壓——計算總論	
<b>第十六章 校正磁性側邊拉力之接線</b> .....	239
電動機及發電機之磁性作用——穩定性磁力平衡——不穩定性磁 力平衡——路接法不能校正不平衡拉力——頂至頂接法的平行 路線確有校正之作用——頂至底接法的平行路線無校正作用—— 校正作用最大之理想接法——均衡線——直流電樞之均衡線—— 軸承磨蝕——電機具有自動校正之性能	
<b>第十七章 二極至十四極線捲之標準分組接線圖</b>	253
<b>第十八章 不均分組之分配方法</b> .....	298
不均分組——最小公倍法——不均分組線捲之平行路線——本法 之例外一：二相線捲——本法之例外二：三相線捲——不均分組表 之用法	
<b>第十九章 波形線捲接線圖</b> .....	326
<b>第二十章 電動機行為性能之計算</b> .....	339
算法提要——磁場及激磁電流——漏磁係數——鐵損——電阻 ——圓圖製法——圓圖用法——線繞感應電動機之行為計算—— 鼠籠感應電動機之行為計算	

# 第一章

## 感應電動機線捲之功用

任何電動機 (Motor) 的運用原理，不論直流電動機 (Direct-current Motor) 或交流電動機 (Alternating-current Motor) 簡單地講來，是由於磁路 (Magnetic Circuit) 和電路 (Electric Circuit) 的交互作用，因而產生了機械旋轉力。欲知機械旋轉力產生的原因和結果，我們必須先行研究磁路和電路的本質，和二者之間的關係。很久以前就有人知道把電流 (Current) 通入繞在磁性材料上的線圈來製造磁鐵 (Magnet)。嗣後又知道若把導線或線圈放在磁場裏而通入電流，則線圈上立即有機械力作用着，使線圈能夠在磁場內移動。製造磁鐵最簡單的方法是利用電流，而產生電流最簡單的方法又是利用磁鐵，所以現在我們也不必考慮電流和磁鐵之間究竟以何者為基礎以及應該以何者作為研究起點的問題了。惟有一件事情更為明顯，就是對於磁路和電路，銅絲所繞成的線圈 (Coil) 都是很重要的。交流電動機內線圈的式樣和組合的方式就是本書所要討論的主要課題。

**直流電動機線捲之功用** 在大家所熟知的直流並繞電動機裏面，有兩個不相關聯的線捲 (Winding)，各有其不同的功用。電機的定子 (Stator) 上面繞着並聯的場線圈 (Field Coil)，它的功用是在造成磁路 (或稱磁場)。電樞 (Armature) 上面却又另外繞着一套線圈，作為負載工作電流 (Working Current) 的電路。

電樞上的線圈除了負載電流的功用以外，還負有產生電壓 (Volt-

age) 的重要使命，使所負工作電流的強度只以足夠產生需要的轉矩 (Torque) 為限，不會無限制的增高。讀者試稍加思考，便可明瞭這一現象的必然性了。5 匹 230 伏特電動機的滿載電流 (Full-load Current) 約在 20 安培之譜，而電刷間所量得的電樞電阻 (Resistance) 僅有 0.3 歐姆。若別無原因，則依據歐姆定律 (Ohm's Law)，電樞內所流通的電流應為  $230 \div 0.3 = 767$  安培。不過，

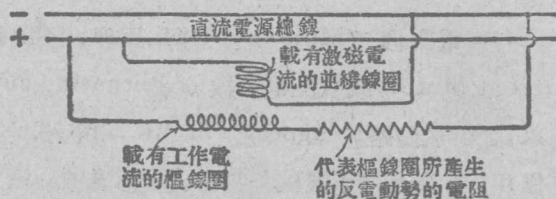


圖 1 直流電動機之線捲及其功用

現在事實上却只有 20 安培的滿載電流，按理只僅需 6 伏特的電壓即足夠使 20 安培的電流在線捲中暢流。由此看來，其餘的  $230 - 6 = 224$  伏特勢必另被其他方式所吸收無疑。事實是這樣的：電樞旋轉以後，電樞上的線圈產生了 224 伏特的電壓和總線上 230 伏特的電壓相對抗，只剩了 230 和 224 間的差額 6 伏特把所需的電流壓入電樞流通。這在電動機的電樞裏所發生的電壓名喚反電動勢 (Counter e. m. f., Back e. m. f.)，不論直流交流，也不論任何種類，只要是電動機，反電動勢是必然存在的。

從上面所講的看來，並繞直流電動機的二個線捲完成了三種任務：第一，場線圈生成了磁場；第二，電樞線圈負載了工作電流；第三，電樞線圈產生了一個和總線電壓相抗的反電動勢，決定電樞內所流電流的數值，也因而決定所生轉矩的大小。

這個情況可以用圖 1 抽象地表現出來，產生磁場的並聯場線圈和負載工作電流的電樞線圈都已在圖中繪出。電樞產生反電動勢的作用本在限制電樞電流的強度，所以圖上用了和電樞相串聯的電阻來代表。

**同步電動機** 同步式的交流電動機 (Synchronous Motor) 也有兩套錄捲來完成上述的三大功用：第一是直流錄捲，用來製造磁場；第二是交流錄捲，用來負載工作電流；第三是交流錄捲產生了一個幾和總錄電壓相等的反電動勢。

圖 2 就表現了這一情況，磁路所需的直流電另由外界直流電源供給，定子上的交流錄捲負載了工作電流，

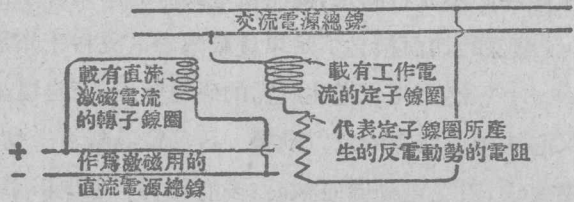


圖 2 交流同步電動機之錄捲及其功用

如圖所示，而所產生的反電動勢則由串聯的電阻代表着。

**感應電動機** 交流感應電動機 (Induction Motor) 的情形亦復如此。定子和轉子 (Rotor) 上各備錄捲一套，完成同樣的三個功用，可是其中有個小小的不同點值得注意。多相感應電動機的轉子錄捲本是負載工作電流的，不過定子和轉子錄圈之間却並無任何電性的連繫，所以轉子裏的電流只能由利用變壓器原副錄圈的原理感應出來。定子錄捲 (相當於變壓器的原錄圈) 於是單獨地擔任了三個功用：第一，激磁電流 (Magnetizing Current) 在裏面流通着，生成了磁場，正和直流並繞。電動機交流同步電動機的場錄圈相同；第二，工作電流在裏面流動着，並藉了變壓器的原理感應入轉子錄捲；第三，錄圈裏產生了發電機作

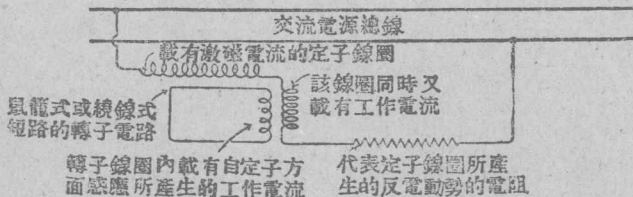


圖 3 交流感應電動機之錄捲及其功用

用，造成一個對抗外加電壓而數值畧低的反電動勢。

這一情況見圖 3。圖中項目和圖 1 圖 2 相似，不再重覆解釋。

因為三個功用都彙集在單獨的一套線捲身上的緣故，運用的情形若有改變——例如重繞線圈來適合不同相數不同速率等情形——這三個條件必須先行滿足，纔能使電動機的運用合乎常態不受影響。這就是說，導線的切面積必須足以負載激磁電流和工作電流的併合數值；匝數 (Turn) 必須足以產生所需的磁場強度，而磁場強度和匝數併合起來，又必須產生所需的反電動勢。這反電動勢在一切情形下都僅比外加電壓畧小，計算電動機匝數時，多有作為發電機計算的，正是爲了這個理由。此法在本書內將普遍利用，并設法使之視同一種自然現象，而不擬以數學公式或繁複的向量或圓圖出之。

## 第二章

# 旋轉磁場

**電動機勝任重負之原理** 感應電動機之所以旋轉並能推動負荷的唯一理由，是因為電動機定子上所產生的磁場具有旋轉能力，把轉子鐵心以及轉子線捲拉在一起旋轉的緣故。這磁場具備幾枚南極和同數的北極，它的作用就如排成輪輻形式并就中央釘住的棒形磁鐵。這一大發現——把交流電通入線捲能在鐵心內產生旋轉性磁場 (Rotating Magnetic Field) 的事實——就是促成感應電動機的迅速發展的主要因素。明瞭了旋轉磁場形成的原因，明瞭了磁場旋轉所加於線捲上的效應，我們就可領會電動機的運用原理，而對於外界情形變更以後可否把電動機加以改接來適合新的環境一節，也可獲得初步的概念。本章的目的就在闡明旋轉磁場的物理概念，并把它產生的方法加以圖解式的說明。

**產生轉矩的方法** 大家都知道把通有電流的電絲放在磁場中間就能使電動機產生轉矩 (Torque)。大家又知道把電流通入線圈可以使為其所繞的鐵心或在其近旁的鐵心產生磁場。知道了這兩點，則直流電動機之所以能夠產生轉矩，原因就非常明顯，第一步是把直流電流通入繞在磁極 (Pole) 上的線圈內，使其產生磁場。這激磁電流就從推動電動機的直流電源上吸取，不必另備。磁場既經生成，另有一股直流電流自電源上流入位置在磁場中的電樞線圈裏面。磁場所生的磁力和電樞線圈內的電流作用起來，使轉子產生轉矩，開始轉動。



另外一種講法或許較易明瞭，而所得的結論仍和上述的相同。我們可以說場線圈和鐵心會同造成了磁極，電樞線捲和樞心併合起來又造成了另一磁極。電樞所造的磁極和場磁極的方位微有不同，彼此都很希望能夠拉入同一直線位置，這相互的拉力就使電樞旋轉起來。可是既經拉入同一直線以後，整流子上的電刷隔斷了一枚樞線圈的聯繫而接通了另一線圈，於是樞心所成的磁鐵又恢復了電樞未曾旋轉前的原來位置。由於這種黃狗咬尾的作用，場磁極就繼續地拉動電樞，欲將電樞磁鐵拖入同一直線地位，而繼續的被整流子和電刷不息地在原來位置造成新的磁極的行動所阻礙，這局勢可自圖 4 上看出。

上述原則對於交流電動機也可一體適用，只是情形畧有不同。直流電動機使用了兩組線圈。第一組場線圈用以激發磁場；第二組樞線圈用以負載工作電流。而感應電動機僅備有一組線圈，磁場激發和工作電流的負載，這兩種任務必須由它獨自担任。這一事實就說明了電動機所以具有功率因數 (Power Factor) 的理由，功率因數這一名詞是直流電動機所沒有的。

對於感應電動機內磁場生成的理由以及該磁場以高速圍繞定子旋轉的原因，不妨用最簡單的說法講述一下。

遠在戴斯蘭 (Tesla) 和法樂理 (Feraris) 二氏以前，人們就久已知道了把磁鐵緊貼着銅片表面移動，可以使銅片跟隨磁鐵方向一併移動的事實。不過那時的人却沒有想到這種簡單事實却會成爲一切電機運用所依據的基本原理。戴斯蘭和法樂理二氏的功績是發現了移動磁場不必一定要永久性磁鐵纔能做成，也不必一定用直流電來激發。交流電本身即已足夠完成這使命。這纔是戴法二人的貢獻。

交流旋轉磁場之生成 試觀圖 4，可知不問電樞旋轉與否，磁場  $A-N_A$  是永久佔住了圖上的固定位置，毫不移動的，定子上的磁場