

生产机械的电力装备

A. И. 舒金 講

交通大学工業企業电气化教研室譯

高等教育出版社



生产机械的电力装备

А. И. 舒金 講

交通大学工业企業电气化教研室譯

高等教育出版社



本書系根据交通大学苏联專家舒金(А. И. Шукин)教授于1955年在交通大学講課時所用的講義“生产机械的电力装备”(Электрооборудование производственных механизмов)譯出的。

本講義內容包括結論及生产机械电气化的基本問題,金屬切削机床电动机容量的選擇,金屬切削机床的啓动、制動和調速的特点,机床控制电路中若干典型的联鎖,控制綫路的特点和金屬切削机床的电气設備,金屬切削机床的电气化,鍛压机器的电力装备,生产机械电力装备的設計和安裝,起重运输机械的电力装备等九章。本書可作高等工業学校工業企業电气化專業“生产机械的电力装备”課程的主要参考書。

本書由黃俊同志翻譯,但未經專家最后審閱。

生产机械的电力装备

А. И. 舒金講

交通大学工业企业电气化教研室譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第954号)

上海市印刷四厂印刷 新华书店发行

統一書号:15010·629 开本850×1168 1/32 印張10 4/16插頁1
字數221,000 印數7,401—9,400 定价(4) 1.20

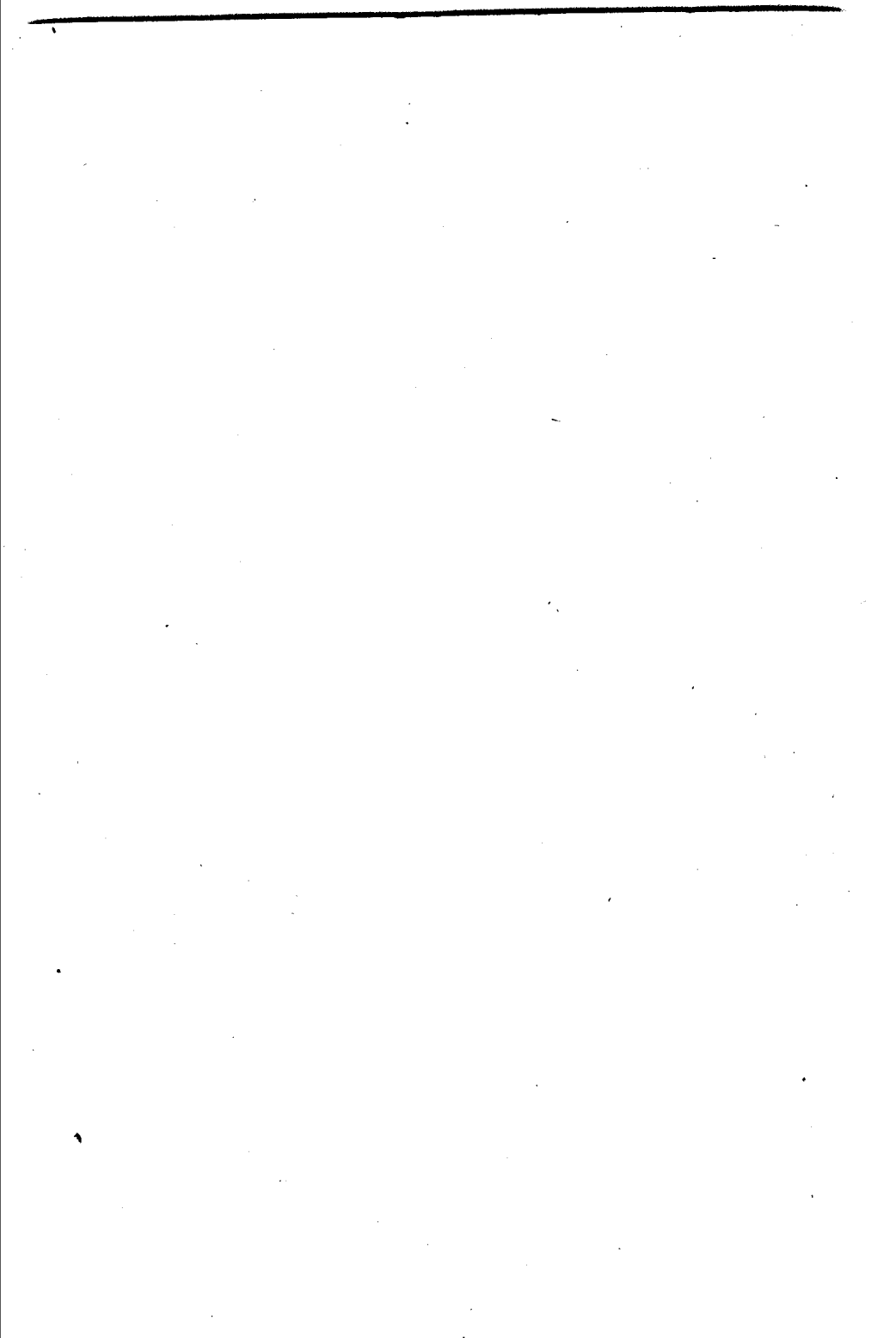
1956年3月第1版 1960年3月上海第4次印刷

目 次

緒論	7
第一章 生產機械电气化的基本問題	10
§ 1. 考慮功率因數選擇生產機械的電力裝備	10
§ 2. 生產機械电气化時高頻率及低頻率電流的應用	11
§ 3. 金屬切削機床以及其他生產機械电气化的基本方向	14
第二章 金屬切削機床電動機容量的選擇	24
§ 4. 金屬切削機床的分類及其基本的動作	24
§ 5. 機床機制時間的決定	34
§ 6. 運動元件慣量的折算	37
§ 7. 繪制機床的負載圖	41
§ 8. 長期恆值負載運行時和短期負載運行時電動機容量的決定	46
§ 9. 長期變值負載運行時和重覆短期負載運行時電動機容量的決定	50
§ 10. 機床電力拖动系統過渡歷程的特點	58
§ 11. 按運用系數決定電動機的容量	69
§ 12. 機床電力拖动的功能學	73
第三章 金屬切削機床的啟動、制動和調速的特點	78
§ 13. 機床啟動和制動的特點	78
§ 14. 機床調速的特點	79
§ 15. 機床的無級電調速	84
§ 16. 機床的有級電調速	89
§ 17. 按主傳動的負載，自動調節送進的速度	93
§ 18. 按加工物的直徑自動調節機床主軸的轉速	94
第四章 機床控制電路中若干典型的聯鎖	97
§ 19. 機床個別元件的協調運行	97
§ 20. 機床的各種元件同時運行的防止	98

§ 21. 調整時的聯鎖	99
§ 22. 限制電動機的負載以及限制機床空載運行時間的聯鎖	100
§ 23. 機床行程的限制及電力拖動系統的準確停車	102
§ 24. 準確停車時轉速的降低和定位停車	103
第五章 控制線路的特点和金屬切削機床的電氣設備	111
§ 25. 機床的手控電器	111
§ 26. 繼電接觸器控制的機床的電力裝備	112
§ 27. 按行程原則控制的自動化	118
§ 28. 按時間原則的自動控制	133
§ 29. 按轉速原則的自動控制	137
§ 30. 按負載原則的自動控制	140
§ 31. 電磁鐵和電磁離合器	145
§ 32. 電磁吸盤和去磁器	154
§ 33. 機床的照明	159
第六章 金屬切削機床的電氣化	163
§ 34. 機床電氣化的形式和程度	163
§ 35. 車床的電氣化	167
§ 36. 鉗床和銼床的電氣化	181
§ 37. 鉋床的電氣化	189
§ 38. 銑床和齒輪加工機床的電氣化	207
§ 39. 磨床和精磨機床的電氣化	211
§ 40. 聯合機床的電氣化	216
§ 41. 機床線和自動生產的電氣化	225
§ 42. 自動化車間和自動化工廠的電氣化	232
§ 43. 金屬切削機床上的電氣做幕	236
§ 44. 採用接觸做幕頭的機床的電氣化	238
§ 45. 帶無接觸做幕頭的電氣做幕機床	242
第七章 鍛壓機器的電力裝備	254
§ 46. 鍛壓機器電力裝備的特点	254
§ 47. 曲柄機構的負載圖	255
§ 48. 採用具有飛輪的拖動系統的必要性	257

§ 49. 具有飛輪的曲柄機構拖动系統計算的特点	260
§ 50. 空氣鏈的電力拖动系統及其計算的特点	265
§ 51. 摩擦鏈的電力拖动系統	269
§ 52. 曲柄壓壓機器的摩擦离合器的控制方法和控制線路	274
第八章 生產機械電力裝備的設計和安裝	279
§ 53. 設計工作的範圍和次序	279
§ 54. 對生產機械的電力拖动系統提出的基本要求	281
§ 55. 設計電氣控制線路	282
§ 56. 電氣設備的安置	283
§ 57. 安裝與安裝圖	284
第九章 起重運輸機械的電力裝備	287
§ 58. 起重運輸機械的裝置和分類	287
§ 59. 橋式起重機的電力裝備	288
§ 60. 起重機電氣設備的若干數據和定額	290
§ 61. 起重機的工作情況	292
§ 62. 起重機電力拖动系統型式的選擇	294
§ 63. 電動機容量的決定	296
§ 64. 起重機的電器	300
§ 65. 起重電磁鐵及其線路	301
§ 66. 起重機的控制電路	303
§ 67. 電葫蘆和電動滑車的電力裝備	314
§ 68. 單軌軌道換接器的電氣化	316
§ 69. 梁式起重機和單軌小車的電力裝備	321
§ 70. 電梯的電力裝備	322



緒 論

假如沒有生產機械，不可設想會有工廠企業、運輸業以及近代化的農業。生產機械經過了漫長的道路，才進入現在所采用的那種最近代的機器。

現代複雜的生產機械，常由許多各種各樣不同的零件、個別的機器和器具所組成，它們彼此間正確的动作是由各種控制系統來保證的。

機械的產生歷史，是遠在太古時代就開始了的，那時候人類在戰勝自然的過程中采取了種種措施來減輕自己的勞動。

一個最簡單的生產機械的例子，就是世界上第一台車床，其主軸是由繩子來帶動旋轉的，繩子的一端固定于易彎曲有彈性的杆子上，另一端則接于踏板，人們的腳可踏在板上而使車床工作。

我們還知道古代有用人力帶動的別種類型的機械。與此同時，人類還利用自然力來拖動各種機械。風車及水輪也是在太古時代即被應用。大家知道，在中國，遠在紀元前三千年就采用了水輪機。

隨着資本主義在十八世紀的發展，出現了很多工廠，那里大量采用了水輪機，例如在俄國烏拉爾以及其他的工廠中，就是如此。

與水輪機同時，亦開始運用了蒸汽機，第一台蒸汽機是由依·依·波爾宗諾夫在一七三六年就發明了的，其后廿年瓦特才被迫着手制造蒸汽機。

比蒸汽機略晚一些，到一八三四年，在俄國科學院士鮑里斯·謝苗諾維奇·雅可比（一八〇一至一八七四年）創造了完全新型的

拖动系統，亦即電力拖动。但在當時缺少資金，沒有可靠的電源，故在雅可比時代，不能在應有的程度上，把電力拖动應用於工業。

這樣直到上世紀末期，蒸汽與水一直是工業上機床及其他生產機械拖动的主要原動力，其原因也即因為當時雖已採用直流電源，但它不能解決電能在輸送以及分布上的問題。

解決上述問題，起極重要作用的屬帕威爾·尼科拉耶維奇·雅勃洛契科夫（一八四七年至一八九四年）及米哈伊爾·奧西波維奇·多利沃-多勃羅沃爾斯基（一八六二年至一九一九年），帕·尼·雅勃洛契科夫不單是電照的創始者，並且是變壓器的發明者以及在電工學的實踐中運用交流電的奠基者。天才的俄羅斯電工學家米·奧·多利沃-多勃羅沃爾斯基為三相交流電奠定了基礎。

在一八八九年，多利沃-多勃羅沃爾斯基發明的三相交流電動機，和由他創始的交流電輸送，促進了電動機在工業上的廣泛應用。多利沃-多勃羅沃爾斯基以自己工作的成就，開辟了在工業上廣泛應用三相交流電的道路，這種應用且在整個世界上得到很大的推廣。

另一位俄羅斯電工學家弗拉基米爾·尼科拉耶維奇·契科列夫（一八四五年至一八九八年）運用電動機為電弧燈創造了差動調節器的電氣設備，並創造了縫衣機的電力拖动（一八八二年）及通風機的電力拖动（一八八六年）。

由於電能的生產和分布在技術經濟方面具有無可懷疑的優越性，使電動機得以逐漸排擠其他原動力，而在所有工業技術部門佔據了首要地位。同時，生產機械電力裝備的種類將隨年代而逐漸增加。在工業上採用電力裝備的情況可根據下列數據來判斷：在沙皇俄國及蘇聯，電動機佔全部動力機械的比重在一八九〇年佔百分之五，在一九二七年佔百分之七十五，現在已趨近百分之一百。

毛主席教導我們說：“沒有工業，便沒有巩固的國防，便沒有人

民的福利，便沒有國家的富強”^①偉大的我國人民正遵照毛主席的指示，致力于建立近代的工業，首先就是建立強大的機器工業。隨着祖國經濟建設的高漲，生長并發展了金屬加工工業，因為沒有它即不可能發展近代的機器工業。這就是為什麼在建設社會主義工業化的事業中，金屬加工工業起着極其重要的作用。

在現代國民經濟中，與金屬加工機床同列，亦廣泛的應用着別種生產機械，然而金屬加工機床為生產機械中式樣最多的一類。

故本課程的主要內容即研究金屬加工機床和機構的電力裝備及其自動化的控制。

① 見毛澤東選集第三卷，第1081頁。

第一章 生產机械电气化的基本問題

§ 1. 考慮功率因數選擇生產机械的电力装备

功率因数为國民經濟各項企業中基本經濟指标之一。

用电單位如能提高其功率因數，即能提高电力系統的效率，其結果將嚴重的影响电力系統整個的技術經濟指标。

提高工業企業电力装备的功率因數，常為企業中動力工作者的中心注意問題。但是亦常有这样的情形，当設計及安裝工業企業的电力装备时，設計人員对上述問題不加注意或不是經常給以应有的注意。

根据苏联工業部門多年累積的經驗，一九五四年初苏联电力站及电气工業部批准了电能用戶提高功率的指示。提高功率因數的全部措施可分下列几項。

1. 提高已在运用的和正在設計的电力装备的功率因數的措施，这种措施不需要在技術經濟基礎上再計算引証。

2. 应用补偿裝置來提高功率因數的措施，这种措施要求在技術經濟方面有根据。

3. 被容許作为例外的以补偿虛功率而提高功率因數的措施。

屬於第一类者有下列数种方法：

1. 調整生產工藝过程，改善設備的動力負載情况，从而使功率因數提高。

2. 在所有情況下，只要按生產工藝过程是可能的話，采用容量相同的同步电动机來代替異步电动机。

3. 在千伏以下的異步电动机，如果它的負載經常小于額定值的 35% 至 40% 者，可將繞組自三角形接法改為星形接法。

4. 若兩種加工過程間的持續時間超過十秒鐘者，可廣泛應用空載限制器，以消滅異步電動機的空轉現象。

5. 若變壓器的負載小于額定負載的 30% 者，則換一只容量較小的變壓器。

6. 取締異步電動機的多余容量。

要求按技術經濟為基礎的措施有下列數種方法：

1. 應用高壓和低壓的靜電容器。
2. 應用同步補償機。
3. 應用容量比拖动機械所需功率稍大的同步電動機。

容許作為例外的措施，有下列數種方法：

1. 利用企業中原有的同步發電機與同步電動機作為同步補償機。

2. 應用異步電動機使它同步化。

堅持實行上述措施即能提高各個企業的功率因數，從而改善供電給這些企業的整個電力系統的技術經濟指標。

§ 2. 生產機械电气化時高頻率及低頻率電流的應用

使各種生產機械电气化的時候，不單應用了正常頻率 50 週的電流，同時也應用了較低的以及更高頻率的電流。

在實踐中應用無限多數的不同頻率，在經濟上是不合算的，因為頻率級數愈多，必須製造的電機電器的名目規範也愈繁多。

因此，蘇聯從一九五四年一月一日起實行了電力站及電氣工業部所制訂的國家標準 ГОСТ 6697-53 “交流電設備，額定頻率範圍最高至 10,000”。這個標準適用於準備在 10,000 週的頻率範圍

內在一個頻率下，或若干個頻率下運行的交流裝置。

國家標準規定了下列的一系列額定頻率，電氣裝置與設備須按照這一頻率範圍來製造：10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, (330), 400, 500, 600, 800, 1,000, 1,200, 1,600, 2,400, 4,800, 9,600 週/秒。

用括号括起的頻率 330 週/秒，通常是不推薦的，其在標準頻率中所以規定這樣的數據，是因它推行得已很廣。如果定戶堅持要定這種頻率的電氣設備時，可以專為他製造。

國家標準所規定的上述頻率等級，對於在 10,000 週/秒的範圍內進行國民經濟各個部門中，各種不同生產機械的電氣化是完全夠用的。

較低的頻率，常用在低速的電力拖动上，如運輸帶、輥道以及類似的裝置。

50 週波為額定的工業頻率；絕大部分的電氣化了的裝置與設備都是採用這個頻率的。

75、100、150、200、300 週/秒、有時甚至更高些的頻率，用在木材加工以及磨床等電力拖动上。

自 300 至 500 週/秒的頻率，常用在按迴轉儀的原則而動作的鎖定及檢驗量計裝置上。

在這些裝置中，大多數迴轉儀的轉子是由三相異步電動機拖動的，其速度為 18,000 至 30,000 轉/分。

二極電動機要有上述轉速，則其頻率必須為 300—500。

因為二極異步電動機在工業頻率為 50 時，其同步轉速為 3,000 轉/分，所以現在不單是在許多木材加工機床上，而且在金屬切削機床上，亦開始採用頻率為 600—1,600 或更高的電流。

例如若干專為小孔加工的磨床，其轉速達 100,000 轉/分，甚至更高些。在這樣的機床上，現在已開始採用頻率為 200 至 2,400

的交流电动机。自2,400至8,000週的高頻率，主要用來熔化金屬，對工件進行表面淬火以及工件的全部加熱。

為了鍛件以及鍛冶壓模毛坯的全部加熱以及工件的表面淬火等的电气裝置，通常由頻率為2,500至8,000週的高頻交流發電機供电。

為了表面淬火，也常用高頻真空管振盪器，其頻率約為250千週。

近年來高頻率電流（頻率高於10,000週）開始越來越多地用在各種生產工藝過程中，用在儲藏食物的裝置中，用於電熱干燥木材以及工件的表面淬火等。

但上述的頻率標準僅包括最高至9,600週的低中高三部分，對於高於10,000週的頻率則不作規定。

在若干特殊的電力拖动以及各工業部門的各種試驗設備中，即使功率相當大的裝置，可用改變頻率的方法來調節鼠籠式異步電動機的轉速。

若功率不很大，作為變頻的交流電源常用同步發電機。用改變發電機的轉速來調節頻率。

氣輪機壓縮機的試驗設備，強大的風筒鼓風機，以及其他類似的設備，須用高速的強大功率的電力拖动，其功率達15,000仟瓦甚至更高。

上述之電力拖动不但要求它能高速運轉，且要求它有極廣泛的調速範圍。

作為這樣高速的強大功率的電力拖动，可利用調速的同步發電機，而由它供电給異步電動機來調節異步電動機的轉速。

如須用改變頻率的方法平滑地並在廣闊的範圍內調速，則同步發電機用由直流電動機拖动，而直流電動機則由可控制的直流發電機供电。

除上述類型的拖動系統外，現代技術水平使我們能用異步電動機作為變頻機來調節速度。

在這種場合，異步變頻機是當作變頻電源的，由它供電給鼠籠式異步電動機。

§ 3. 金屬切削機床以及其他生產機械 電氣化的基本方向

生產機械電力裝備的品種與特性，在很大程度上是與所選用的電力拖動系統、工藝過程的特點以及機械的用途有關的。

眾所周知，電力拖動系統可分為下列三大類：天軸拖動、單元拖動和多電機拖動。

天軸拖動由於技術落后已逐漸淘汰，而為單元拖動和多電機拖動所代替。在近代企業中，天軸拖動已不採用。

所謂單元拖動就是用一台電動機拖動一台機器或機械。具有一台電動機的單軸鑽床即為單元拖動的一個例子。

這類拖動往往用特殊構造的電動機來實現，它在結構與工作機械連成一個整體，故這類拖動有時也叫做單獨拖動。

單元拖動使工作機能在最好的轉速下運行。其啟動和反轉的過程很快。較天軸式的拖動操作簡易，方便而且安全。

多電機拖動，即由若干電機組合而成，每一台電動機只拖動生產聯合機的一種工作機構。

在軋鋼機、大型的複雜金屬加工機床、造紙機、各種運輸機及其他機械化了的裝置中，廣泛應用這類拖動系統。

單元拖動，尤其是多電機拖動，在現代工業上已得到越來越廣泛的應用。

多電機拖動，有時由普通的電動機組成。但更常用的是特殊

結構的如法蘭盤式，裝入式的電動機，這樣可使电气化了的聯合機的組成元件得到緊湊的配合。

特殊結構的電動機不僅用在多電機拖动上，也在許多單元拖动上。這樣可使電動機與工作機械結成一個整體。

電磨砂輪就是一個例子，在這種機器上，異步電動機的定子是固定的，置於轉子的孔穴中，而在轉子的外圍則裝上磨輪。

另一例子即為現代重工業部門以及冶金工業部門中作運輸鋼坯及重物用的電動機軋道。

在這裡，固定的定子繞組也是裝置在內部的，軋軸就是它的轉子。

在現代工業以及國民經濟的其他部門中，生產機械的电气化主要是在應用特殊結構的電動機的單元拖动及多電機拖動的基礎上實現的。

在工業應用上，可以遇到各種不同的電力拖动系統，有用交流電動機的，有用直流電動機的，且有各種各樣的類型與結構。

但是在我們熟悉的電動機中，應用最廣的首推異步電動機。這是因為異步電動機雖然有些缺點，但它具有許多重要的優點。

其缺點之一就是其轉矩是與電壓平方比例的，由於這種關係，當電網電壓降低時，電動機的啟動和臨界轉矩將急劇的降低，而電壓升高時又有使定子過熱，電壓降低時有使轉子過熱的危險。

其優點首先是構造簡單、工作可靠、價值低廉而且效率較高。

由於這個不用懷疑的優點，並且因為它與直流電機不同，不需要裝置價值昂貴的變流設備如發電機電動機組、水銀或其他整流器，所以異步電動機在國民經濟的各個部門中獲得了最廣泛的應用。

生產機械如運輸帶、通風機、中小型水泵的電力拖动，大多數採用異步電動機。

大部分的橋式起重機、軋鋼機的輔助機械、各種機床及其他機械，也都是用異步電動機裝備的。

但是在不調速的長期工作制的大型或中型功率的設備中，如電動機發電機組、水泵、空氣壓縮機等，常用同步電動機代替異步電動機，這樣在上述條件下可保證最好的技術經濟指標。

由於同步電動機具有較高的效率、較高的功率因數，由於其定子轉子間空隙較大而有更高的可靠性，所以同步電動機，已很成功地排擠着異步電動機，尤其是在大功率及長期工作制的情況下。

除了空氣壓縮機、水泵及電動機-發電機組的原動機外，在連續不調速軋鋼機的主傳動方面，在印刷、造紙、水泥以及其他工業部分的現代拖動裝置中，同步機實際上已為不可替代電動機了。

由於同步機有較高的功能指標，因此，只要在工藝過程容許的條件下，應盡量設法採用同步機，以代替異步機。

尤其在近年來，在需要平滑且有廣闊調速範圍的電力拖動中，異步機也同樣被直流電機所代替。

直流機的電力拖動常用在可調速的軋鋼機的主傳動上，用在矯正機、大型龍門鉋床及其他型式的金屬切削機床上。

直流機同樣被採用在大功率的重覆短期工作制的電力拖動上，如可反轉的軋鋼機及其他相似類型的裝置上。

如果選擇異步機作為電力拖動，則應儘可能採用鼠籠式異步電動機。

鼠籠式異步電動機與其他類型的電動機比較起來，它的價格最低廉、構造最簡單、維護也最方便。

由於上述原因，鼠籠式異步電動機是各種生產機械電力拖動中最廣泛應用的電動機。

在現代工業的機床設備中，絕大多數裝配着鼠籠式異步電動機。象運輸機、通風機、水泵這類應用最廣的電力拖動中，以及在