

介紹

1. 使用範圍

由於電動機具備使用簡便又乾淨的特點，所以獲得廣泛的應用在動力機械領域，成為不能缺少的驅動源。生產機械與工作機械所需之動力源幾乎都是使用電動機，現代生產中，例如造紙機、紡織機、印刷機、化工機械、壓縮機、起重機、炸油機、水幫浦、電動工具，乃至家庭用電器等，不勝枚舉。分類上，從直流電動機到交流電動機，在工程上有很多的種類及主要用途。配合名詞解釋，一併將各種電動機的優點、缺點與用途列於表 1 中。

2. 名詞解釋

(1) **電動機 (Electric Motor)**：為承受電力產生機械動力的迴轉機。具體上，由固定部份（定子，一次側）與轉動部份（轉子，二次側）組成，接上電源後，一次側產生的磁場與二次側磁場相互作用，轉子槽內的線圈便在磁場中受力，轉子因而產生了電磁轉矩，進而產生轉動力帶動生產機械或工作機械。電動機並且能藉由外部控制而產生輸出質的變化，即能改變速度或轉矩的狀態，已做為特定用途的使用，如圖 1 所示。電動機是正規的稱呼，有時又稱為馬達。

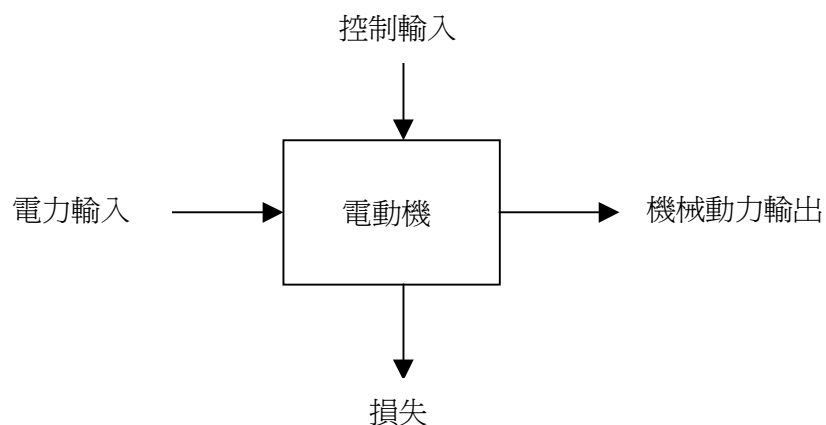


圖 1 電動機的機能

3. 型式種類、優缺點

(1) 電動機因承受的電力型式不同，可分類為交流電動機與直流電動機，其中交流電動機又因一次側與二次側磁場相互作用方式差異，分為同步電動機與感應電動機，如圖 2 所示。

(2) 各種電動機的優點、缺點與用途列於表 1 中。

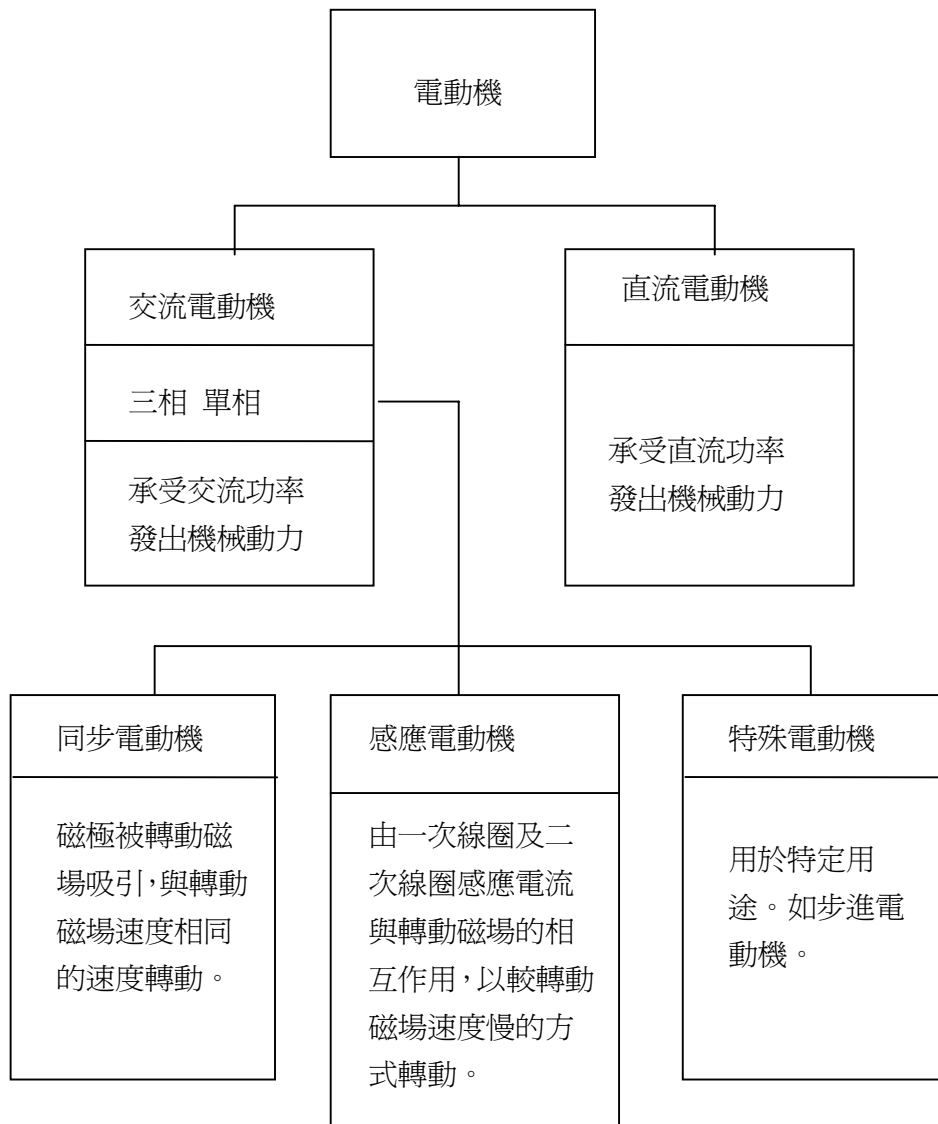


圖 2 電動機與種類

危害

1. 電動機現今被廣泛的應用在各種場所中，其潛在危害與使用環境有密不可分的關係。輕者造成噪音公害，重者引起如感電、爆炸事故。所以根據使用環境慎選適當的電動機及做適當的預防處理是很重要的，

詳如表 2。

2. 電動機危害以有爆炸性氣體、瓦斯或粉塵場所，其潛在的危險性最高。化工廠、石油煉製工廠等，存在著爆炸性瓦斯或蒸氣時，爲了確保安全，電動機盡可能應該設置在無危險的場所。不得已必須裝置在危險場所時，應按照環境使用防爆構造者才可以，尤其具有整流子或滑環的電動機，電刷周邊容易產生火花，更應謹慎預防。

表 1 各種電動機的優點、缺點與用途

	電動機的種類	優點	缺點	主要用途
直流電動機	分激機（它激）	速度控制容易，定速度電動機。	因有整流子的關係，構造複雜，維護麻煩。	捲揚機、抄紙機、工作機等。最適合精密控制。
	串激機	起動轉矩大，負載如增加，速度下降，變速度電動機。	同上之外，且無載變成飛崩速度而有危險。	電車、起重機
	複激機	有分激與串激的中間特性，約定速度的電動機。	與分激機相同	船用幫浦
交流電動機	三相感應電動機 • 普通的鼠籠型 • 特殊鼠籠型 • 繞線型	<ul style="list-style-type: none"> 構造、操作簡單，維護容易，價格最便宜。 同上 利用二次起動電阻抑制起動電流，改變起動轉矩。 	<ul style="list-style-type: none"> 起動電流爲額定值的 6~8 倍，起動轉矩不足。 起動電流 5~6 倍，起動轉矩比普通型大。 同上，二次電阻大的狀態，速度變動大。 	<ul style="list-style-type: none"> 風扇、小型壓縮機、一般工作機械。 鼓風機、壓縮機、運送機。 起重機、捲揚機、鼓風機、烘乾爐。
	三相同步電動機	速度一定，能功率因素改善。	起動特性不良，構造稍複雜。	壓縮機
特殊電動機		特定目的設計，功能強。	通常構造複雜，價格昂貴，維護不易。	特定目的用途

表 2 使用環境與電動機的預防處理

使用環境		環境及其影響	電動機型式及預防處理
普通環境（屋內）		周圍溫度 -10~+44℃ 而不對人體影響的環境	• 依照標準型式使用
周圍溫度特殊	高溫（+40℃ 以上）	• 過熱可能引起燒損 • 不能潤滑	• 提高電動機大型化、冷卻能力而壓制溫度上昇 • 使成爲能耐高溫的絕緣
	低溫（-10℃ 以下）	• 引接線劣化 • 潤滑脂硬化 • 軸易折損	• 施耐寒處理
高濕度（相對濕度 80~85% 以上）		• 絕緣劣化	• 耐濕絕緣處理 • 裝置防止結露用排出孔 • 在電動機內藏空中熱器 • 外殼宜用全閉型
高標高（1000m 以上）		• 空氣變成稀薄，冷卻效果減少而造成過熱原因	• 使用空氣冷卻型時，要在熱性方面多加裕量
有爆炸性瓦斯場所		• 存在可燃性瓦斯及蒸汽場所，易發生影響人命的重大災害	• 必須使用防爆型電動機
有粉塵場所		• 爆發性粉塵	• 使用特殊粉塵防爆型
		• 普通粉塵	• 使用防塵型，使粉塵難進內部構造
有腐蝕性瓦斯或液體場所		• 酸、鹼、鹽類瓦斯或液體經由腐蝕而降低壽命	• 使用經過防蝕處理的防蝕電動機
有水滴噴到場所		• 在屋內或屋外而有水滴或異物侵入可能場所	• 防滴保護型或全閉型
有研削液噴到場所		• 研削盤或工作機	• 對繞線施行耐研削液處理
全天候使用		• 常裝置在屋外，易絕緣劣化	• 使用屋外型，有腐蝕性瓦斯時使用防腐型，爆炸性環境時使用防爆型
熱帶地		• 高溫、高濕度、臭氧 • 絕緣劣化 • 由腐蝕而降低壽命	• 耐熱帶絕緣處理 • 襯墊等耐臭氧處理 • 確認電壓、頻率
振動造成問題的場所		• 振動爲使用目的時	• 使用振動電動機
		• 造成振動	• 用低振動電動機 • 一般用與負載的聯結法及強固基礎裝置來對付
噪音造成問題的場所		• 公害（噪音限制）	• 使用低噪音電動機

3. 其次，爲了防止噪音公害，應要求一切設備的低噪音化。對電動機本身冷卻扇形狀或通路改善，吸氣側、排氣側等裝設消音器。除電動機本身原因外，電源不平衡或裝置場所、裝設狀態的不良，或與對方連結的機械器具發生共振的吼聲音等，均需一一檢查，盡可能減至最低。

使用

1. 電動機幾乎是所有產業之主要動力源，小者數瓦（W），大者超過數萬仟瓦（kW），爲獲得所要的運轉特性，乃使用多種控制裝置，並爲防止電動機故障、事故、或事故後之擴大而裝設各種保護裝置。然選定適當控制與保護裝置相當重要，若運轉、使用與點檢維護保養不當，則電動機、保護裝置與控制裝置之機能或壽命將受影響，所以爲確保生產，點檢維護極爲重要。
2. 電動機維護應依照其種類、檢查處所與檢查時期而有所不同，另外，可分類維護檢查的重點實施項目，依照順序分期實施，並個別依基準而進行。維護可分爲起動前或運轉中必須注意之日常點檢、每一定期間施行之定期檢查、以及分解並加以精密測定之年度調查等幾種。表 3 爲一詳細維護計畫表例，以供參考。
3. 各時期維護點檢憑五官（五感）者多，必要時使用計器測定並記錄之，以作爲將來早期發現故障之資料。表 3 之維護計畫施行可配合表 4 維護點檢方式來記錄。
4. 測定方式與點檢保養詳述如下：
 - (1) 電壓測試：電源變動在額定電壓 10%以內及額定頻率 5%以內，而兩者同時變動時，其絕對值之和在 10%以內時，電動機可以在額定輸出下使用無礙。電壓變動過大時會導致電動機轉矩（Torque）變動與溫度上昇而引起故障，所以電源應盡量保持於額定值。
 - (2) 電流測定：電動機在額定電流以上運轉時，線圈溫度會過高，成爲絕緣劣化、壽命縮短或線圈燒損之原因，因此應減輕負載使其在額定電流以下。另外，三相電動機各相間電壓不平衡時，亦會產生不平衡電流，使溫度上昇不平均，產生局部過熱。因此，應定期測定各相電流值並記錄之。

表 3 維護計畫表例

	維護頻度	維 護 內 容	記 事
日 常 的 點 檢 維 護	1~2 日 一 次	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根據視、聽、嗅、觸等五官感覺全般點檢。 2. 注意各部份的振動、聲音。 3. 軸承、外被、排氣等的溫度記錄檢討。 4. 電刷注意是否產生異常的火花。 	與 前 日 比 較 是 否 有 明 顯 差 異 ？
月 間 的 點 檢 維 護	1~2 個 月 一 次	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根據五感全般點檢。 2. 各部份的鎖緊螺拴是否有鬆弛？ 3. 是否有破損的地方？ 4. 是否有塵埃或油的污染（特別吸氣口）？ 5. 是否有引線的劣化損傷？ 6. 接地是否安全？ 7. 與機械的連結狀態是否良好？ 8. 測試絕緣電阻。 9. 電刷及整流子是否異常？ <ol style="list-style-type: none"> (1) 電刷的磨耗程度以及電刷豚尾是否鬆弛？ (2) 握刷器的壓力是否達規定的壓力？ (3) 電刷與整流子的接觸狀態是否良好？ (4) 整流子片間之槽是否堆積導電性的塵埃？ (5) 整流子面是否粗糙？ (6) 是否有高雲母、高整流子片或低整流子片？ 	
年 間 的 點 檢 維 護	1~1.5 年 一 次	<ol style="list-style-type: none"> 1. 軸承以及滑脂的點檢或替換。 2. 線圈用壓縮空氣掃除，測定絕緣電阻，若其值在規定值以下時，則進行乾燥。 3. 分解維護。 4. 是否有整流子的擺動測試超過規定值，以及整流子面是否粗糙，必要時必須加以研磨、切硝。 	

(3) 溫度上昇與通風狀態之點檢：電動機若因過載運轉，電壓在額定以外或不平衡長時間使用，以及通風不良阻礙等使溫度上昇過大時，導致之絕緣劣化將使壽命縮短。運轉中電動機之溫度點檢可以手輕觸定子框架，憑感觸判斷。又定期點檢通風狀態，測定冷卻風吸氣與排氣溫度，其溫差過大時是因灰塵等之附著使冷卻空氣量減少所致，所以應仔細的清掃或分解整備。

表 4 電動機維護點檢方式

點檢週期	點檢項目	點檢方法	點檢器具
每日	電壓 電流 溫度上昇 軸承 異臭 振動 異常音	手觸，測定 手觸，聽覺 嗅覺 手觸，測定 聽覺	電壓計 電流計 溫度計 振動計
每週或每月	通風狀態 吸排氣溫度 電刷保持器 油膏補給	目視 測定 目視	溫度計
每年	以壓縮空氣清掃 接地線之損傷脫落 空隙 絕緣電阻 分解整備	目視 測定 測定	號規 高阻計

- (4) 軸承部份點檢及油膏（**Grease**）補給：近來電動機幾乎使用滾子軸承，其滾珠軸承一般使用油膏封入型，封入之油膏是使用具有耐高溫、耐水性機械性安定的鋰油膏（**Lithium Grease**），壽命大約為 30,000 小時之運轉時間，油膏之壽命可說是軸承之壽命。油膏補給應按銘版上所指定之規格、補給量及補給時間，且以同一品牌為佳，否則應反覆 3~4 次補給的操作，以便換掉舊的油膏。
- (5) 異臭：線圈引出線等過熱或燒損時，可以由絕緣漆、橡膠等燒焦之臭味或污煙感知事故。又皮帶滑動或軸承燒熱也可以由異臭發現，日常點檢時應十分注意。
- (6) 振動和異音：普通振動可以用手碰觸固定子框架，異音可用耳朵聽或使用聽音棒，唯需要詳細資料時應使用振動計，若發現與平常狀態不同時應詳細檢查。振動原因除基礎不良、迴轉子不平衡、軸承異常、或由其它機械之傳達振動等機械原因之外，尚有電源電壓不平衡、空隙（**gap**）不均勻引起電磁力等之電氣原因。異音則以軸承異常、構造物共鳴或基礎鬆弛等為最。
- (7) 電刷和電刷保持器：運轉中電刷磨耗粉會堆積於電刷與保持器之間，其表面容易附著油污、灰塵或因電刷之熱膨脹會導致其功能

受阻，因此應定期點檢電刷是否動作圓滑，如將電刷表面以乾布擦淨等。又應特別注意有無火花、電刷破損，以及電刷接續之裝置與附件等有無鬆弛。

- (8) 絕緣電阻測試：電動機放置於高度濕氣中、停止時間較長或周圍溫度急變時，因絕緣物之吸濕將使電氣特性下降。此外，絕緣物表面所附著的水分或絕緣物之污損也會使絕緣電阻下降。因此，定期點檢或分解整備，以及長時間停止使用之電動機在使用前，必須以高阻計測定絕緣電阻。通常在測定低電壓電動機時使用 500V 高阻計，而高電壓電動機則使用 1000V 高阻計。一般線圈的絕緣電阻值應為多少以上甚難斷言，最好的方法是以過去的測定值記錄之變化經過為參考，若下降甚多時，必須乾燥。因為絕緣材料於加直流電壓時會出現吸收電流(Absorbing Current)的現象，故可另用加壓 60 秒與 30 秒時之絕緣電阻測量值比值(60"/30"，稱為吸收率)，或加壓 10 分鐘與 1 分鐘時之比值(10'/1'，稱為極化指數 PI)，作為判斷絕緣電阻的依據，更專業的研判方法則是利用改變加壓電壓大小看「轉折點」。
- (9) 分解整備：電動機雖能耐長時間運轉，唯應定期分解，以詳細點檢各部份，早期發現不良處所加以整備，可防範事故於未然，並延長電動機的壽命。因此，即使電動機無事故，也應 1 年 1 次分解整備為宜。

相關法令、標準

1. 勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法

第十八條：雇主對以動力驅動之離心機械，應每年依規定定期實施檢查一次。

第十九條：雇主對固定式起重機，應每年就該機械之整體定期實施檢查(含荷重試驗)一次。雇主認無實施前項荷重試驗之必要，得報經檢查機構核准省略之。

第二十條：雇主對移動式起重機，應每年就該機械之整體定期實施檢查(含荷重試驗)一次。雇主認無實施前項荷重試驗之必要，得報經檢查機構核准後省略之。

第二十二條：雇主對升降機，應每年就該機械之整體定期實施檢查(含荷重試驗)一次。

第二十三條：雇主對營建用提升機，應每月依規定定期實施檢查一次。

第二十五條：雇主對簡易升降機，應每年定期實施檢查(含荷重試驗)一次。

第四十八條：雇主對固定式起重機，應於每日作業前依規定實施檢點；對置於瞬間風速可能超過每秒三十公尺或四級以上地震後之固定式起重機，應實施各部安全狀況之檢點。

第四十九條：雇主對移動式起重機，應於每日作業前對過捲預防裝置、過負荷警報裝置、制動器、離合器、控制裝置及其他警報裝置之性能實施檢點。

第五十一條：雇主對營建用提升機，應於每日作業前，依規定實施檢點。

2. 勞工安全衛生設施規則

第四十二條：雇主對於機械之設置，應事先妥為規劃，不得使其振動力超過廠房設計安全負荷能力；振動力過大之機械以置於樓下為原則。

第四十三條：雇主對於機械之原動機、轉軸、齒輪、帶輪、飛輪、傳動輪、傳動帶等有危害勞工之虞之部分，應有護罩、護圍、套洞、跨橋等設備。

第四十六條：雇主對於動力傳動裝置之軸承，應有適當之潤滑，運轉中禁止注油。但有安全注油裝置者，不在此限。

第二百三十九條：雇主對於電氣設備裝置及線路，應依電業法規規定施工，所使用電氣器材及電線等，並應符合國家標準規格。

第二百四十三條：雇主對於使用對地電壓在一百五十伏特以上移動式或攜帶式電動機具，或於濕潤場所、鋼板上或鋼筋上等導電性良好場所使用移動式或攜帶式電動機具及臨時用電設備，為防止因漏電而生感電危害，應於各該電路設置適合其規格，具有高敏感度，能確實動作之感電防止用漏電斷路器。

第二百五十一條：雇主對於易產生非導電性及非燃燒性塵埃之工作場所，其電氣機械器具，應裝於具有防塵效果之箱內，或使用防塵型器具，以免塵垢堆積影響正常散熱，造成用電設備之燒損。

第二百六十四條：雇主對於電力設備應置專任技術員、或委託電氣技術顧問團體、或電機技師負責責任分界點以下電氣設備之安全維護。

3. 屋內線路裝置規則

第一五一條：電動機工程應按金屬管、非金屬管、導線槽、匯流排及電纜等裝置法。

第一五二條：負載電流之決定應符合下列規定：

(一) 電動機(特殊用途電動機除外)負載電流應以銘牌上之額定電流(全載電流)，但一般用電動機可以國家標準值為準。

第一六一條：電動機裝置位置應符合下列規定：

(一) 電動機以裝置於通風良好及保養方便之位置為原則，但水中電動機以及無法避免時不在此限。

(二) 附有整流子或滑環之開放型電動機，應有防範措施使所發生之火花達不到附近易燃物品。

(三) 裝置於有危險性物質，多塵埃及潮濕等特殊場所，應按第五章有關規定辦理。

災害案例

1. 電動機漏電感電致死災害

發生於某纖維染整公司，一操作工人因工作需要，兩手扶握調漿把時，因電動機漏電，操作者又未穿戴絕緣手套及鞋靴，且工作地面潮濕，因而感電致死。分析其災害原因，乃由於電動機平日疏於維護，導致絕緣不良漏電，且電動機平時運轉即晃動不穩，至接地線脫落而未行接地，操作者又未依規定穿戴絕緣手套及鞋靴，與潮濕的地面成一良好的導電路徑，因而感電喪生。為防止類似災害再發生，有採取下列錯失之必要：

(1) 電動機外殼應確實接地，並定期檢查以確定其效能。

(2) 電動機應定期進行檢查與保養以維持其效能及絕緣之狀態，如發現有異常時應即補修或採取其他必要措施。

2. 電動機剎車鼓爆裂擊傷致死災害

發生於某水泥工廠，一操作員因該廠水泥磨由於人孔蓋有一支螺絲釘折斷而停車待修，為了取出留在人孔蓋內層部份之螺絲釘，必須調整

水泥磨人孔蓋之位置，此種調節位置工作，有異於平常正常之運轉，係將水泥磨改以兩部電動機作雙邊驅動，使之於慢車運轉。此種狀態下操作導致控制器無法正常動作，電動機剎車器之電磁開關無法正確激磁，使剎車器誤動作，電動機剎車鼓爆裂，控制電磁閥亦破裂，其破片擊中操作員頭部致死。為防止類似災害再發生，有採取下列措施之必要：

- (1) 對勞工應實施從事工作所必要之安全衛生教育、訓練，並將本案例列入訓練教材，提高勞工安全衛生知識，防止類似災害再發生。
- (2) 應訂定適合需要之安全衛生工作守則，內容包括電氣機械設備操作安全事項，經報檢查機構備查後，公告實施。

參考資料

- [1] 洪芳洲，民國85年；“電動機技術應用百科”，初版，全華科技圖書股份有限公司，台北市：1-3,139-142,189-193,200-214。
- [2] 陳柏宏，民國84年；“電力有效活用的基礎與實務”，初版，文笙書局股份有限公司，台北市：65-68。
- [3] 陳盟仁等，民國84年；“電機機械”，初版，全華科技圖書股份有限公司，台北市：14-17,618-620。
- [4] 許溢造，民國85年；“實用電動機設計手冊”，初版，文笙書局股份有限公司，台北市：1-2。
- [5] 許溢造，民國86年；“電動機活用手冊”，初版，文笙書局股份有限公司，台北市：1-10,55-60。
- [6] 宋平生，民國66年；“工業用電力機械設備維護”，中國電機技術出版社，台北市：288-297。
- [7] 中市中華電工，民國82年；“屋內外線路裝置規則”，九版，恆學初版社股份有限公司：75-92。