

礦井固定裝置的 電氣設備

蘇聯 恩·阿·列托夫著

燃料工業出版社

PDG

序 言

我國(指蘇聯)現代化的礦井是以新的先進的技術裝備起來的，這些先進的技術使繁重的採煤過程全部機械化，並大大提高了勞動生產率。

由於礦井中大量地採用各種機械，就要求正確地選擇機械和更好地利用它們。現代機械化礦井的工作是否能達到最大的效率，是根據選用設備的型式、設備運行條件的配合、安裝、工作方式和修理的質量等而決定的。

每一個工作機械或機組由下面的幾個主要部分構成：

- a) 電動機——帶動工作機械或機組；
- b) 工作機構——完成一定的機械或機組的作用；
- b) 傳動系統——將電動機的動作傳遞至工作機構；
- r) 控制設備。

工作機械或機組中有電動機者稱為電氣機組。機組中由電動機、傳動機構及電動機的控制設備組成的部分就叫做機組的電力驅動設備。

驅動設備最重要的部分是電動機和起動控制設備，它能決定驅動設備的主要性能。

驅動設備和整個機組工作的經濟與可靠首先決定於選擇得是否正確及電動機與其起動控制設備運行的組織情況。

具有自動起動、各種閉塞裝置和其他設備的提昇機械、壓風機、主扇風機、變流器、水泵、地面生產系統設備等固定裝置的電動機和起動控制設備是極其完善的，並具有複雜的操作系統。

假如因為井下工作面機械中每一機械(如割煤機、裝岩機、運輸機及絞車等)均有一定合適的電動機與之配合(在構造上與這些機械聯接在一起)，而使選擇和採用電動機及其起動設備的工作變得較為簡單的話，那麼選擇礦井固定設備的電動機及其起動

設備就是較為複雜的工作了。因為此時必須確定電動機所需的容量，個別地進行選擇能滿足該裝置全部要求的電動機。

礦井回採與掘進工作面的移動，不僅使工作面機械的工作條件不斷地變化，而且也改變了固定裝置的工作條件。

隨着採礦工作的發展，井筒深度、運輸巷道、通風巷道、排水管、壓風管和電纜網的長度都要隨着改變；同時礦井含水量和瓦斯含量、出矸量、下井人員和材料的數量等也改變了。

經過一個時期以後，由於固定裝置工作方式的改變，必須以較大容量的電動機來代替該固定裝置的工作電動機。

更換電動機甚至有時更換全部固定裝置的情況大部分是發生在舊礦井中，因為這些礦井的發展問題是在它們的生產過程中加以解決的。在新建礦井中有時也必須更換設備，例如：當要開採下一層水平時，必須安裝容量較大的主排水泵，更換主扇風機，有時還更換提昇機械的電動機。

因此，礦井工作人員必須從事對容量最大的，而且對耗電量及功率因數有很大影響的礦井固定裝置中各種不同傳動的電動機的選擇工作。

為了正確地選出每個電動機，必須瞭解該固定裝置的工作方式和條件，計算電動機的容量，選擇與計算相適應的電動機型式及其起動設備。所選出的電動機必須適合該固定裝置在技術上、經濟上以及保證安全運行上的全部要求。

選擇電動機的起動控制設備也是極其重要的。

起動控制設備必須完全適合於電動機的容量和工作方式，並符合操作規程的全部要求。否則正確選出的電動機的運行將不能令人滿意，工作發生中斷和不能保證完成工作機械的全部作用。

由此可見，選擇電動機和起動控制設備時必須使電氣設備的規格與機械的工作方式協調一致。

本書所述的主要是關於主排水泵，壓風裝置，主扇風機和大型絞車的電力驅動。因為提昇裝置的電氣設備及其操縱系統另有專門書籍敘述之，故在本書中不多論敘。

目 錄

序 言

第一章 緒論	5
1. 礦用電力驅動設備	5
2. 電動機的機械特性	6
3. 電動機繞組的絕緣	13
第二章 直流電機	18
1. 礦用設備中直流電動機的應用	18
2. 直流電機繞組的接線圖	19
3. 電樞繞組的結構	23
4. 均壓連接	25
5. 整流子及其結構	26
6. 紮線	27
7. 直流發電機的並列運行	29
8. 礦井固定裝置所採用的直流發電機的技術規範	30
第三章 交流電動機	31
1. 同步電動機和感應電動機	31
2. 定子繞組的構造和接線圖	32
3. 轉子繞組的構造和接線圖	38
4. 交流電動機的主要參數	41
5. 礦井固定裝置中採用的交流電動機	45
6. 礦井固定裝置中採用的交流電動機的技術規範	49
第四章 礦井固定裝置用電動機容量的確定	68
1. 概論	68
2. 恒定負荷連續運行的電動機的選擇	69
3. 用於交變負荷的電動機的選擇	72
4. 經常起動的鼠籠型感應電動機容量的確定	74
第五章 電動機的起動和調整	76
1. 電動機運轉的過渡狀態	76
2. 直流電動機的起動。起動電阻的計算	78

3. 直流電動機的制動狀態	81
4. 交流電動機的起動。控制線路圖	83
5. 感應電動機起動變阻器的計算	97
6. 感應電動機的制動狀態	101
第六章 起動控制設備	104
1. 高壓配電裝置	104
2. 感應電動機的控制站	108
3. 防爆磁力起動器	113
4. 控制器和換向器	115
5. KT 和 KTЭ 系列的交流電磁接觸器	118
6. 變阻器和電阻箱	121
7. 操縱按鈕和凸輪控制器	125
第七章 電動機的安裝	129
1. 基礎	129
2. 安裝前的準備工作	130
3. 座板和滑軌的安裝	131
4. 電動機的裝配	131
5. 電動機的校正	133
第八章 電動機的檢修	135
1. 檢修的組織	135
2. 電動機檢修的準備工作	136
3. 電動機軸承的檢修	137
4. 磁極線圈的繞製及安裝	133
5. 穿線式的電動機定子繞組	141
6. 電動機定子元件繞組的製造和安放	144
7. 條形繞組的製造和安放	149
8. 電動機電樞和轉子紮線的繞製	153
9. 電動機繞組接頭的銲接	154
10. 電動機繞組的浸漬與乾燥	156
11. 電動機繞組檢修後的試驗	162
第九章 電動機的運行	166
1. 安裝或修理後電動機的起動	166
2. 電機的故障	167

第一章 緒 論

1. 礦用電力驅動設備

工程中所採用的驅動設備可分為：組合驅動——一個電動機帶動一組或數組工作機械；單獨驅動或單機驅動——一個電動機帶動一台工作機械；多機驅動——若干個電動機共同帶動一台工作機械。

組合驅動以前在金屬加工廠，紡織工廠及其他工業部門中曾廣泛採用過，但在煤礦中並沒有獲得廣泛的應用。

單機驅動曾在礦井中廣泛的加以採用，這也就是目前礦井中最普遍的驅動方式。

最近在礦井中多機驅動日漸得到普遍應用。井上及井下大量的固定裝置均採用這種驅動方法，就是複雜的電氣機組（聯合採煤機）也採用這種方法來驅動。

多機驅動之所以得到廣泛的採用，主要是控制方便和較為經濟。當必須採用多機驅動時，則可認為它是單機驅動的組合。

在一台機械上同時有幾個電動機工作時，必須按不同的情況來考慮其接線，起動和操縱系統中的某些特點。

礦井固定裝置電力驅動的特點就是在這種驅動裝置中，不是由傳動系統，而是由電動機來控制工作機械的作用。

礦井固定裝置電力驅動的傳動系統（減速器，軸，皮帶傳動裝置等）在工作中僅用為中間傳動的恆速機件，不像在其他機器中用變速箱，摩擦離合器或其他裝置而起變速的作用。

固定機器的起動、停止、調速和換向是利用起動控制設備對電動機的操縱而實現的。

礦井固定機械通常都是作旋轉運動（扇風機，離心水泵，旋轉式壓風機，變流機），但也有作直線往復運動的（活塞式水泵和壓風機）。

無論機械作何種運動，但在任何瞬間作用於物體上的力都應該是平衡的。

在穩定的工作狀態下，對旋轉運動來說，其運動的恆等式可以下式表之：

$$M_a - M_c = 0, \quad (1)$$

式中 M_a ——電動機所產生的有效動力矩；

M_c ——靜阻力的總力矩。

在加速或減速期間，運動恆等式為：

$$M_a - M_c = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}, \quad (2)$$

式中 G ——物體的重量；

D ——物體的環動直徑；

n ——每分鐘轉數。

當機器的工作機構作前進運動時，靜力矩可由下式求得之：

$$M_c = F \frac{30v}{\pi n \eta}, \quad (3)$$

式中 F ——靜阻力；

v ——前進運動的速度；

n ——電動機轉數；

η ——傳動效率。

2. 電動機的機械特性*

機械特性概論

機組工作的整個概念可以由工作機械和電動機的各個機械特性所組成的機械特性中獲得。

任何機器的機械特性乃是靜阻力的力矩與速度間的關係。

電動機的機械特性也即是電動機產生的轉矩與轉速間的關係。

* 阿·特·高洛瓦著：「電力驅動」，蘇聯國立動力出版社，1948年版。

電動機的機械特性分自然特性與人為特性二種；前者是在電動機的電樞或轉子回路中沒有加入附加電阻，並以額定電壓接入電動機時的特性；後者是在電動機的電樞或轉子內接入附加電阻或以較低於額定值的電壓接入電動機時的特性。

圖 1 為並激直流電動機的機械特性。由圖可見其特性為一直線。

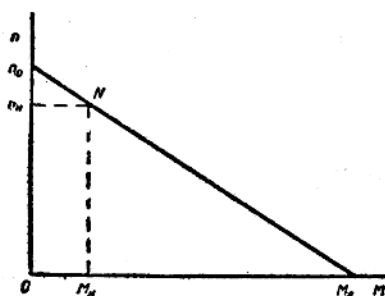


圖 1 並激直流電動機的機械特性曲線

表示此種電動機機械性質的直線經過三個象限：在第一象限中符合於電動機狀態；在第二象限中符合於發電機狀態；而第四象限符合於制動狀態。

此直線上的 N 點確定了在額定轉速 n_H 時的額定轉矩 M_H 。

機械特性曲線與縱軸相交於 n_0 點，此 n_0 點為理想的空載轉速；又與橫軸相交於 M_K 點，此 M_K 點稱為短路轉矩。

圖 2 所示為串激直流電動機的機械特性，此特性曲線顯示出：當負載轉矩減小時，電動機的轉速即增加。當轉矩不大時，轉速可達到極大數值。由圖 2 很明顯的可以看出：串激直流電動機沒有發電機的運行情形產生。

圖 3 中所示的感應電動機的機械特性具有一個最大的臨界轉矩 M_{HK} 。由圖可以知道：轉矩 M_{HK} 大於在額定轉速 n_H 下電動機所產生的轉矩 M_H 。特性曲線上由臨界轉速 n_{kp} 至同步轉速 n_c 間的部分的特點就是轉矩變化甚大時，轉速的變化很小。

特性曲線上的這一部分稱為工作部分，在這一部分內機器能

穩定地運行。

因為當電源週率不變時，同期電動機是以恒定轉速運轉，並與負荷無關，故同期電動機的機械特性是平行於轉矩軸（即橫軸）的一條直線。

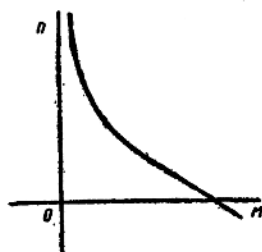


圖 2 串激直流電動機的機械特性曲線

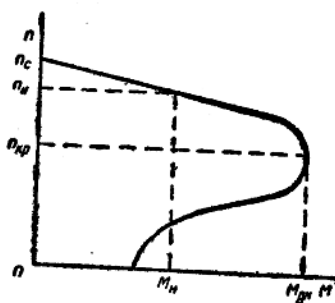


圖 3 感應電動機的機械特性曲線

當負荷有變化時根據電動機轉速變化程度的不同，其機械特性可分為硬性的、半硬性的和軟性的三類。

具有硬特性的電動機，其轉速不隨負載而改變。同步電動機即屬此類。

並激直流電動機和電樞或轉子內電阻甚小的感應電動機的特性是屬於半硬性的。這種電動機當其負荷由空載到滿載時，其轉速的變化在 10—15% 的範圍以內。

串激直流電動機以及並激直流電動機和電樞或轉子電阻大的感應電動機均具有軟特性曲線。

每一個工作（執行的）機件或機構也各有其機械特性，此特性決定了它的主要機械性質。

工作機件或機構在工作時產生一定的靜阻力矩。此力矩在一定的條件下是不變的，或者當轉速改變時也隨之改變。

例如在提昇機械，絞車，運輸機及曲柄聯桿傳動裝置的機械中，靜力矩與速度無關，即是說在一定的條件下是恒定不變的。

在離心水泵和扇風機中，靜力矩隨速度而改變。

因此機組的機械特性是由電動機和工作機械的機械特性綜合而成。

圖 4 所示為感應電動機的機械特性 1 和提昇機械的機械特性 2，該提昇機械的機械特性是與轉速軸平行的直線（提昇機械的工作機件的靜力矩與速度無關）。特性曲線 1 和 2 相加而成曲線 3 就是整個提昇裝置的特性曲線。

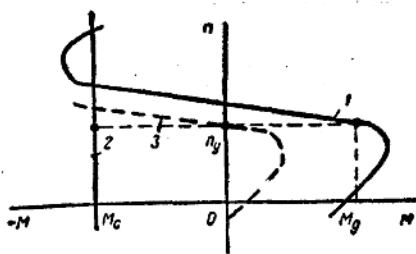


圖 4 感應電動機(1)，提昇機器的工作機構(2)和整個機組(3)的機械特性曲線

曲線 3 與縱軸相交於 n_y 點。當轉速為 n_y 時，機組就處於穩定的運轉狀態，這是由於它滿足了下述恆等式：

$$M_a - M_c = 0.$$

已知穩定運轉的轉速 n_y ，就可用作圖法求得電動機在這種運轉狀態下所產生的轉矩 M_y ，然後再用下式求出電動機的功率：

$$P_{\text{ab}} = \frac{M_y n_y}{975} \text{ 瓩}. \quad (4)$$

電力驅動設備工作的穩定性

感應電動機組成的機組具有二個穩定運轉的速度。

採用感應電動機的提昇裝置就是一個例子（參看圖 5）。

提昇裝置的工作機構的機械特性是由平行於縱軸的直線 2 和感應電動機的機械特性曲線 1 結合而成的特性曲線 3。曲線 3 與縱軸相交於兩點，即相當於二個穩定運轉速度 n_y' 和 n_y'' 。

僅僅在轉速為 n_y'' 時，機組的運行情況才是穩定的。

假定由於某種原因，電動機轉速由 n_y'' 降低到 n'' ；那麼電動機所產生的轉矩就不是 M_1 ，而是大於靜力矩 M_c 的 M_2 。

因此機組的速度就昇高起來，整個系統又從電動機特性曲線上的 b 點移到 a 點，而恢復到原來的運行狀態。當電動機的轉速從 n'_y 降低到 n' 時，電動機的轉矩也就從 M_1 減小到 M_3 ，因此機組就停止了運轉。

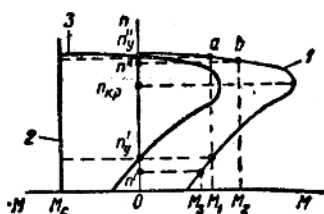


圖 5 具有二個穩定運轉速度的機械特性曲線

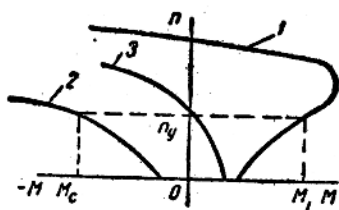


圖 6 感應電動機(1)，扇風機(2)和整個機組的機械特性曲線(3)

有時電動機能够在特性曲線的非工作部分，即低於臨界轉速 n_{kp} 的部分穩定的運轉。

圖 6 所示為感應電動機的特性曲線 1，扇風機的特性曲線 2 和整個機組的機械特性曲線 3。轉速為 n_y 時，其工作狀態是穩定的。當轉速降低時，電動機的轉矩 M_1 也減小，但此時靜力矩 M_c 減小的更多，因此整個系統又恢復到原來的運行狀態。不過電動機在特性曲線上的這一部分運行(轉速降得相當低的情況下)是非常不經濟的。

機組工作穩定性的問題只有同時考慮電動機和機組工作機件的機械特性曲線時才能得到解決。

機組穩定工作時，必須符合下面的條件：當轉速增加到大於臨界轉速 n_{kp} 時，機組特性曲線上力矩的增加量是負數；而當轉速減低時是正數。

為了確定同步電動機工作的穩定性，必須知道電動機的角度特性，即電動機產生的力矩與電網電壓和電動機的電動勢間角度 θ 的關係曲線。電動機產生的力矩與最大力矩 M_m 及 θ 的正弦成正比，即

$$M = M_m \sin \theta. \quad (5)$$

負荷增加時， θ 角增大，因此電動機的力矩也增加。這是與電動機穩定工作的要求相符合的。但是當 θ 角增加到大於 90° 時，電動機產生的力矩開始減小，因此電動機「失步」。當電動機的負荷為額定轉矩時， θ 角等於 $20-25^\circ$ 。

再來研究一下同步電動機工作的穩定性。大家知道，當頻率不變時，同步電動機的轉速也不變。因此同步電動機的機械特性曲線是平行於力矩軸的直線。

同步電動機的負荷變化時，電動勢 E 和電網電壓 U 間的 θ 角也隨着改變。

θ 角必須小於 90° 。通常不超過 $30-35^\circ$ 。

電動機的人為機械特性

圖 7 是電樞電路中具有不同電阻的並激電動機的機械特性曲線。

數字 1 表示自然特性曲線。

此種電動機的機械特性曲線是通過相當於理想空載轉速 n_0 點的一組直線。當電樞電路中外電阻增加時，可以得到一系列與外電阻 R_2, R_3, R_4, R_5 的數值相對應的人為特性曲線 2, 3, 4, 5。 R 之值愈大，人為特性曲線愈傾斜。此自然特性曲線以及所有人

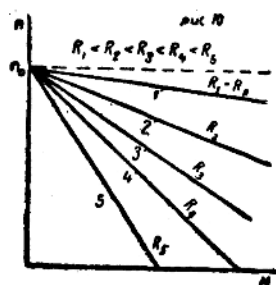


圖 7 電樞電路中具有不同電阻的並激電動機的自然特性曲線和人工為特性曲線系

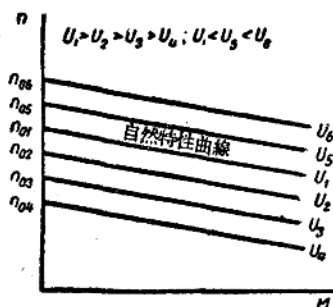


圖 8 在不同外加電壓下，並激電動機的自然特性曲線和人工為特性曲線系

為特性曲線的理想空載轉速 n_0 是相同的。人為特性曲線亦可由改變加在電樞上的電壓而得，此時，曲線的傾斜度沒有改變，僅理想的空載轉速 n_0 變更了(圖 8)。在這種情況下，電壓值越大，則人為特性曲線的位置越高。

改變電動機磁通的大小時，同樣可以得到一組機械特性曲線，不過此時曲線的傾斜度及理想空載轉速都同時改變。

讓我們來研究感應電動機的人為機械特性曲線。

電動機產生的力矩與電網及電動機的參數的關係可用下式表示：

$$M = \frac{3U_{\phi}^2 r_2'}{9.81s\omega_0 \left[\left(\frac{r_2'}{s} \right)^2 + x_k^2 \right]}, \quad (6)$$

上式中 U_{ϕ} ——相電壓；

r_2' ——轉子有效電阻的換算值；

s ——轉差率；

ω_0 ——同步角速度；

x_k ——定子和轉子換算到定子側的總電抗。

由上式可知電動機產生的力矩與外加電壓的平方有關。因此即使外加電壓稍為降低，也要使力矩大為減小。

電動機的力矩與轉子電路中有效電阻及電抗的比值有關。當

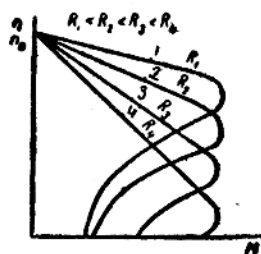


圖 9 轉子電路中具有不同電阻的感應電動機的自然特性曲線及人為特性曲線系

轉子電路中有效電阻 r_2' 之值較電抗 x_k 為甚小時，可以略去不計。此時電動機所產生的力矩與轉子電阻成正比。假如轉子電路中電阻 r_2' 之值甚大(如在轉子電路中接入電阻)，那麼就可以忽略電抗 x_k ，而力矩與轉子電路中的電阻成反比。

假如將方程式(6)用許多點繪出來，並以轉子和磁場的轉速代替轉差率，即得到了一定的感應電動機的機械

特性曲線。

感應電動機特性曲線的工作部分與直線相似。因此人爲特性曲線(用變阻器的特性曲線)的位置也可由工作部分與水平軸的傾斜角確定。

轉子電路中接入附加電阻後，變得更陡峻了。

圖 9 表示轉子電路中具有不同電阻時滑環式感應電動機的自然特性曲線 1 及人爲特性曲線 2, 3, 4。

3. 電動機繞組的絕緣*

電動機線圈和個別部分的絕緣按照耐熱程度分爲 A, B, BC, CB 和 C 五級。

A 級絕緣由用絕緣劑(如漆，化合漆，珞瑯漆等)浸漬過的棉、絲和其他類似材料製成。

屬於 B 級絕緣的有雲母(雲母板，雲母箔，雲母帶)、石棉和用有機浸潤劑或普通耐熱黏合劑處理過的玻璃纖維的製品。

BC 級絕緣是由與 B 級絕緣同樣的材料製成。但是由於用耐熱性的油漆(如甘油漆等)浸漬過，具有較大的耐熱性。

CB 級絕緣與 B 級絕緣材料相同，用特殊的耐熱漆浸漬(如矽素有機漆及其他)。

屬於 C 級絕緣的有不用黏合劑的雲母和玻璃纖維的製品以及瓷、石英和玻璃等。

電動機線圈和個別部分的發熱，決定於電動機所採用的絕緣材料的等級。

在礦井中大部分採用 A 級和 B 級絕緣的電動機。

冷卻空氣溫度爲 $+35^{\circ}$ 時，A 級和 B 級絕緣的容許溫昇列於表 1 中。

絕緣的耐熱性是決定絕緣質量的主要因素。但是根據應用的

* 維·伊·卡里特微亞斯基著：「電機絕緣」，蘇聯國立動力出版社，1949 年版。

絕緣容許溫昇*

表 1

機 器 的 部 分	冷却空氣的溫度為 $+35^{\circ}$ 時，絕緣容許溫昇	
	A 級 絕 緣	B 級 絕 緣
感應電動機的繞組，直流和交流勵磁繞組的多層繞組，電樞繞組	60	75
低電阻勵磁繞阻（補償繞阻）	65	85
滑環	70	90
整流子①	65	85

條件，對絕緣材料尚有其他的要求。

譬如根據冷却空氣中的塵埃和濕度；是否有滴水、潑水、油污、活潑的化學元素；是否有外部機械衝擊等條件選擇這一種或另一種型式的絕緣材料。

礦井固定設備的電動機採用普通的防潮的和加強的絕緣。電動機在下列條件下工作時採用普通的絕緣：

- (1) 空氣的相對濕度不超過 65—70%；
- (2) 四周空氣濕度不超過 $+35-45^{\circ}$ ；不低於 -40° ；
- (3) 正常的起動和逆轉次數；
- (4) 不受強烈的機械衝擊和震動；
- (5) 在冷却介質中無活潑化學元素，潤滑油，氨，溶解劑和導電塵埃。

採用防潮絕緣應符合上述的全部條件。但是當大氣相對濕度在 $95\pm 3\%$ 以下，溫度為 $20\pm 5^{\circ}$ 時，電動機在長期停止工作後，允許在額定電壓下再行運轉，而不必預先加以烘乾。

電動機在較嚴重的情況下工作時採用加強絕緣，如：起動和逆轉超過一般情況，經常短時過負荷，遭受衝擊和震動，冷却介質中有塵埃、瓦斯和油污，空氣相對濕度達 95%，溫度達 50° 等。

* 用溫度計法測量。

① 所指絕緣等級為與整流子聯接的線圈的絕緣等級。

絕緣材料應具有許多電氣及機械性能，其主要者如下：

(1) 當介質損失小和厚度最薄時，而絕緣强度高；

(2) 不受潮氣、油類、瓦斯、溶解劑、酸、鹼及其他作用的影響；

(3) 在長期工作溫度作用下的耐熱性能，因為絕緣將處在工作溫度與工作電壓下許多年；

(4) 機械强度高；在製造及運行中，電動機遭受很大的機械力量，因此不僅應具有很高的機械強度，而且須具有最大的彈性和最小的脆性；

(5) 不含有破壞金屬或絕緣材料的活潑化學元素；

(6) 良好的加工性能(模壓，切削，鑽孔等)；

(7) 價格便宜；

(8) 在工作溫度及工作電壓的作用下，絕緣材料的性能不變。

電動機定子及轉子的絕緣應該精細的製造。

電動機線圈的絕緣由導體絕緣(線匝絕緣)線槽絕緣或線圈對機殼的絕緣組成。

電動機導體的絕緣應能長期忍受下列溫度：A 級絕緣的電機者為 105° ，B 級絕緣者為 125° ，BC 級絕緣者為 145° 。

在導體絕緣厚度為最薄的條件下，必須保證其絕緣強度和機械強度，對溫度、潮濕和油類作用的穩定性以及彈性和脆性等。

漆包線(ПЭЛ, ПЭТ 與 ПЭВ)^①的絕緣強度最高，其次為漆與纖維綜合絕緣線(ПЭЛШО 與 ПЭЛВО)；纖維絕緣線(ПВД, ПВО, ПШО, ПСД 及 ПДА)的絕緣強度最低。

這些導線的防潮性能也與上面的順序相同。

ПВД 型導線的機械強度最高，其次為 ПЭЛВО, ПЭЛШО, ПСД,

① 各種線號導線的名稱如下：

ПЭЛ—漆包線，ПЭТ—耐熱漆包線，ПЭВ—高強度漆包線，ПЭЛШО—單絲漆包線，ПЭЛВО—單紗漆包線，ПВД—雙紗包線，ПВО—單紗包線，ПШО—單絲包線，ПСД—雙玻璃絲包線；ПДА—玢爾他石棉絕緣線。——譯者

ПДА 型導線；ПШО，ПЭЛ 及 ПЭТ 型導線絕緣的機械強度最低。

按照耐熱程度導線的絕緣可分成下面兩組：

(1) A 級絕緣：ПБО，ПШО，ПБД，ПЭЛ，ПЭТ，ПЭЛШО，ПЭЛБО；

(2) B 級絕緣：ПДА，ПСД；當採用高耐熱性油漆時，此類導線屬於 BC 或 CB 級。

線號 ПЭЛ-1，ПЭЛ-2，ПЭТ 及 ПЭВ 的導線具有最薄的絕緣層；其次為線號 ПШО，ПЭЛШО，ПБО，ПЭЛБО，ПБД 及 ПСД 的導線。ПДА 導線的絕緣層最厚。

礦用電動機中採用各種線號絕緣的導線。對於容量在 75 瓩以上各種類型的高壓及低壓電動機，最常用的為 ПБО 及 ПБД 線號的導線。

對於 МА-140 和 МА-170 系列的電動機採用棉紗絕緣和三角形石棉絕緣的導線 ПДА；割煤機的電動機亦用此種導線。

各種車床，小型扇風機和手動工具所用的小容量電動機用 ПЭЛШО 及 ПЭЛБО 導線。

玻璃絕緣導線 ПСД 在井下設備的鼠籠型電動機中用的較多。例如在 [庫茲巴斯] (K 和 KO) 系列的電動機中就用玻璃絕緣導線。

減少導線絕緣的厚度使電動機的外形尺寸和重量大為減小，並改善了散熱狀況；但是過分的減小絕緣厚度會降低電動機工作的可靠性。

因此線圈和線槽絕緣的最小厚度應以不破壞電動機運行的可靠性為原則。

另一方面，過度的增加絕緣厚度會使佔槽因數降低，因此使電動機的容量減小，而運轉的可靠性無任何顯著的增加。

圖 10 是絕緣厚度 K 與電動機運行可靠係數間的關係曲線。由圖可見，進一步增加絕緣厚度使超過 K' 值是不合理的，因為可靠係數並沒有顯著的增加。

因此當修理電動機時，不應該隨便地毫無根據地改變絕緣厚