

直流电动机的运行

舒 正 芳編著



電力工業出版社

內 容 提 要

這本書是為了使用直流電動機的技工同志們編寫的。書中用簡單易懂的文字，說明了關於直流電動機的基本知識和直流電動機的起動裝置、速度控制、改向、制動、正常和不正常的運行，以及直流電動機的維護和一般故障的處理。這書適合工人自學，也可作為技工學校的教學參考。

直 流 電 動 機 的 運 行

舒 正 芳編著

371D139

電力工業出版社出版(北京前右街26號)

北京市書刊出版業營業登記證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本•1 $\frac{1}{2}$ 印張•29千字

1956年9月北京第1版

1956年9月北京第1次印刷(1—10,100冊)

統一書號：T15036·28 定價(第9類)0.20元

目 录

第一节	直流电动机的基本知識	2
第二节	直流电动机的起动裝置	9
第三节	直流电动机的速度控制	15
第四节	直流电动机的改向	18
第五节	直流电动机的制动	21
第六节	直流电动机的起动和停机操作	23
第七节	直流电动机的正常运行	27
第八节	直流电动机的不正常运行	31
第九节	直流电动机的維護	34
第十节	直流电动机的故障处理	38

第一节 直流电动机的基本知識

我們使用的动力电源分为交流电和直流电两种。交流电的大小是不断地按照一定規律随時間变化的，而直流电的大小可以認為是不变的。接在交流电源上工作的电动机，叫做交流电动机；接在直流电源上工作的电动机，叫做直流电动机。这两种电动机在实际構造上有着很大的区别，但是它們的动作原理基本上是一样的，都是电磁作用的结果。下面簡單地說一下直流电动机的动作原理。

一根通有电流的导綫，在它的周围会产生許多磁力綫，磁力綫的方向是由导綫內电流的方向来决定；如果用我們常見的右轉螺旋的进行方向表示电流的方向，那么螺旋本身轉动的方向就是磁力綫的方向。这样，我們知道了电流的方向，便能决定出磁力綫的方向，如圖 1 甲所画的那样。如果这根导綫是放置在一对磁極中的，那么，因为磁極本身也有磁力綫（它的方向由北極进入南極），結果，在导綫兩側的磁力綫数便不同了：导綫左側的磁力綫数較少，这是因为电流产生的磁力綫和磁極的磁力綫方向相反，相互抵消的緣故；在导綫右側的磁力綫数較多，这是由於两种磁力綫方向相同相加的緣故。兩側磁力綫数的不同，較多一側的磁力綫便推着导綫向另一側移动如圖 1 乙所示，导綫將向左側移动。这实际上就是电动机动作的根

本道理。

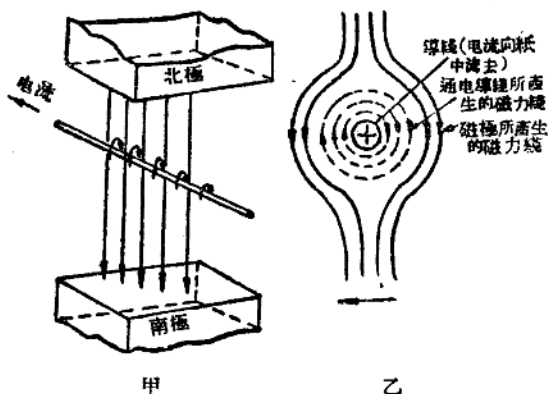


圖 1 电动机原理

直流电动机中的磁極是利用有良好导磁性能的鑄鋼来做成，如圖 2。在磁極的周圍繞有綫圈，綫圈中接通直流电，就能产生磁力綫。磁力綫从一个磁極發出，通过空气隙，进入电樞，然后經過另一空气隙，进入另一極，再經過磁軛返回原来磁極中。

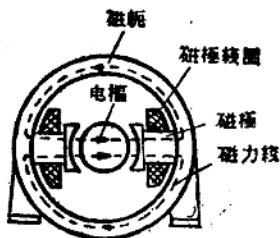


圖 2 电动机構造簡圖

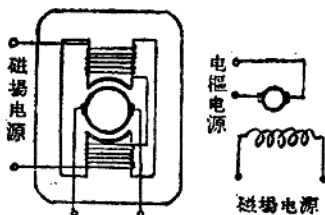


圖 3 他激式直流电动机

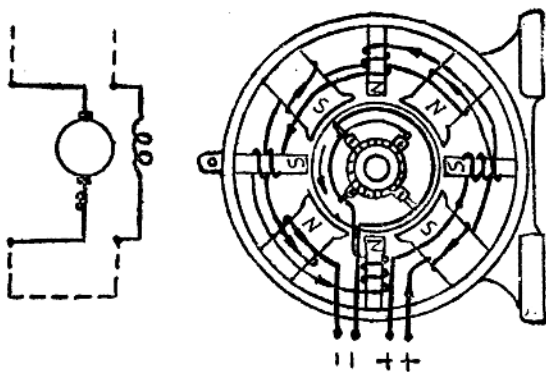


图 5 串激式直流电动机

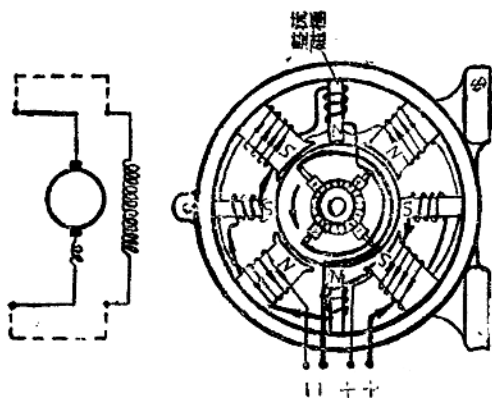


图 4 并激式直流电动机

电枢是一个转动部分，它的圆周上有着许多线槽，里面装有许多导线，这些导线接通电流时所产生的磁力线，便和磁极的磁力线相互作用，迫使电枢向着一个方向转动。

根据磁极和电枢之间接线方式的不同，直流电动机可以分为：

(1) 他激式直流电动机。它的磁极线圈需要另外电源来供给电流，如图 3。

(2) 并激式直流电动机。它的磁极线圈和电枢线圈是

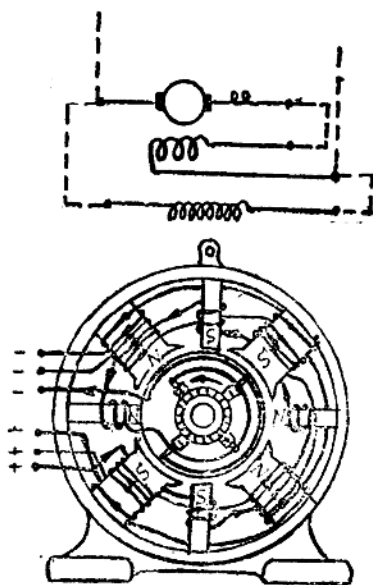


图 6 复激式直流电动机

並联联結的，如圖 4 虛綫所示。圖中的整流磁極（也叫間極）是用来防止电刷上發生火花用的。

（3）串激式直流电动机。它的磁極綫圈和电樞綫圈是串联联結的，如圖 5 虛綫所示。

（4）复激式直流电动机。它的磁極綫圈有兩組，一組和电樞綫圈相並联，另一組和电樞綫圈相串联，如圖 6 虛綫所示。

現在讓我們回过头来看看怎样改变圖 1 中导綫移动的方向。

如果我們把导綫中的电流方向改变（即和圖中的方向相反），那么，这电流所产生的磁力綫方向也跟着改变，因此导綫移动的方向也随着改变了。如果导綫中的电流方向不变，而將磁極的極性对調一下，結果也是一样的，这时我們也会發現导綫移动的方向是改变了；如果我們同时改变导綫中电流的方向和磁極的極性，那么，导綫移动方向仍和原来一样，不会改变。这些道理在实际使用上是很 有价值的，因为我們懂得以后，要改变电动机轉动的方向，只要改变电动机中电樞电流的方向或者磁極的極性，便能达到目的。把上面提到的兩种电动机——交流电动机和直流电动机对比一下，就可以發現直流电动机有下列許多缺点。

（1）直流电动机的价格較交流电动机为貴，这是因为直流电动机制造較难，体积較大，重量較重的緣故。从圖 7 中就可以明白的看出，在同一容量同一轉速时，直流电动机的重量都比交流电动机的大。例如 100 瓩 1500 轉/分

的 ПН 型直流电动机为 1250 公斤，而同容量的交流鼠籠型电动机只有 600 公斤，交流卷綫型电动机也只有 750 公斤（都是封閉型）。

(2) 由於直流电动机的体积較大，所以在安裝时，需要佔較大的地方，因此，使得生产面积被多佔去一部分。

(3) 直流电动机需要用直流电源，而直流电源需要企業本身發電供应，或添裝整流設備，先把取自發電厂的交流电变成直流电，因此，生产成本較高。

(4) 直流电动机有整流子，常会發生毛病，維護不容易。

(5) 直流电动机需要較多的备品(如炭刷等)。

(6) 直流电动机的操作比交流电动机复杂，需要技术

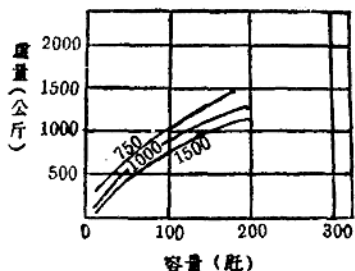
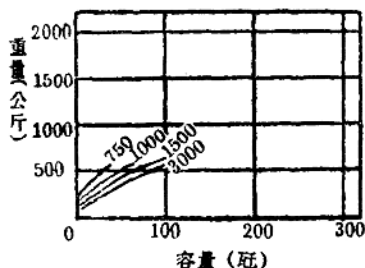
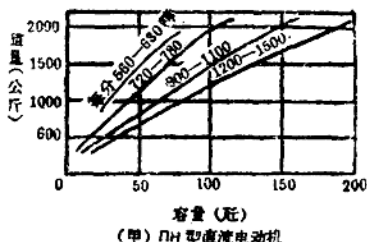


圖 7 各种电动机的重量

水平較高的操作和維護人員。

從上面所列举的許多缺點看來，直流電動機似乎應該早已被淘汰了。但是實際上在企業中還有採用它的地方，這就說明它本身一定具有特殊的優點，那就是交流電動機所不能及的改變轉速這一優越的性能。

根據生產過程上的要求，電動機有時需要改變速度。這種速度的改變，利用機械的裝置常常很難滿足要求，因為機械的調速都是不能平滑而是階段性的，一般實際使用前後級速度都採用大於1.12的速度級數比例；但是直流電動機的調速可以在很小的階段中進行，有時甚至可以达到平滑地改變速度。並且採用大量生產的中小容量的直流電動機進行改變速度，常常比較採用機械變速箱的成本為低。

在起重運輸裝置中，一般採用直流串激式電動機比交流電動機有更顯著的優點，主要表現在以下幾方面：

- (1) 起動轉矩大。
- (2) 能夠迅速的改變轉動方向。
- (3) 能夠起到安全的自然保證作用，吊大活時速度慢，吊小活時速度較快。

除了上面這些原因以外，交流電動機還存在一個缺點，對電壓的下降太敏感，因為交流電動機的轉矩是和電壓的平方成正比的，當電壓降低為額定值80%的時候，交流電動機的轉矩便只有額定轉矩的64%。

第二节 直流电动机的起动装置

要开动电动机的时候，需要把电送到电动机中去，这时它的转速由零（静止状态），逐渐上升。在它的电枢线路中假使接有电流表，我们将看到它的电流在接上电源时是由大逐渐变小的。这一点常常使得我们弄不清楚，为什么一起动的时候，电流要大呢？

当一根导线在磁场中移动时（注意不能沿着磁力线方向移动），因为它切割着磁极的磁力线，便在导线中感应出一个电势来；电动机中电枢的导线既然在磁场中转动，它也随时在切割着磁力线，因此它本身便感应出一个电势来，这个感应电势和外面电源供给的电压方向正好是相反的，所以我们称它为反电势或者逆电势。

反电势的大小是由磁极的磁力线数和切割磁力线的速度来决定的，所谓切割磁力线的速度也就是电动机的转速。用公式来表示，可以得到下面的关系式：

$$E = c \times \Phi \times n \quad \text{公式①}$$

式中 E ——反电势；
 Φ ——磁力线数；
 n ——电动机转速；
 c ——比例常数。

从上式中可以知道，当磁力线数一定时，转速越大反电势也越大；反过来，转速越慢，反电势也越小。所以当

电动机起动时，它的反电势随着转速的上升才逐渐增加。换句话说，反电势是由零逐渐上升的。因为反电势和电源的电压方向相反，所以驱使电流在电枢中流动的电压是电源电压(U)和反电势(E)的差值。如果用 R_a 来表示电枢回路的电阻，那么通过电枢的电流 I 应该满足下面的公式(这公式是根据欧姆定律推出来的)：

$$I = \frac{U - E}{R_a} \quad \text{公式②}$$

这一公式就可以解决我们先前提出的问题了。因为在起动时反电势是由零逐渐上升的，所以式中的分子在起动时是由大逐渐变小(U 是不变的)；当电枢回路的电阻 R_a 不变时，起动时的电流也就由大逐渐变小，而在刚起动的时候，即刚合上电源时， E 等于零，起动电流 I 的值为最大。

在转速正常时，反电势和电源电压的大小相差很少。例如有一台小直流电动机，电源电压为 220 伏，转速在额定值时，反电势为 218 伏，电枢电阻为 0.15 欧，根据上面的公式我们可以算出通过电枢的电流 I 为：

$$I = \frac{U - E}{R_a} = \frac{220 - 218}{0.15} = 13.3 \text{ 安}$$

现在让我们再来算一算，在刚一起动时，通过电枢的电流有多少？因为在刚起动时，电动机还未转动，所以反电势等于零，通过电枢的电流应该是：

$$I = \frac{U - E}{R_a} = \frac{220 - 0}{0.15} = 1466 \text{ 安}$$

这是使我们多么吃惊的事，起动时的电流竟为正常运行时电流的 $1466/13.3=110$ 倍，这样大的电流通过电枢是不允许的，因为它会使电枢中的导线很快的发热，另一方面也会引起线路上的电压发生变动，使得接在同一线路上其他电动机或电气设备的工作受到不良影响。这种情况当然需要想办法来防止。

常用的办法，就是在电枢线路中加入一个起动电阻 R 用它来达到限制起动时大电流的目的。

在前面的例子中，起动时，在电枢电路中如果串联一个 6.5 欧的起动电阻，那么在刚起动时，电枢中的电流为：

$$I = \frac{U - E}{R_a + R} = \frac{220 - 0}{0.15 + 6.5} = 33.1 \text{ 安}$$

这时起动电流只有正常运行时的 $33.1/13.3=2.4$ 倍。一般选用的起动电阻，常使起动电流限制在额定电流的 2—2.5 倍。

根据起动电阻控制方法的不同，起动器可以分为：

(1) 手动起动器；

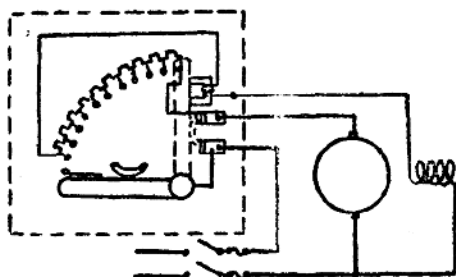
(2) 自动起动器。

手动起动器是利用手动操作的，它又可分为：

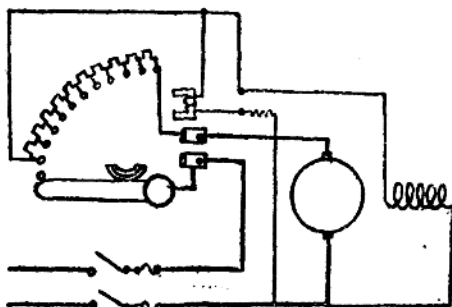
一、平板型起动器

这种起动器可以用于 110 伏电压、25 瓩以下的直流电动机，和用于 230 伏和 550 伏、40 瓩以下的直流电动机。

平板型起动器和直流电动机联结的方法如图 8 及图 9 所示；图 8 表示和并激直流电动机的联结，图 9 表示和串



(甲) 三点接触式

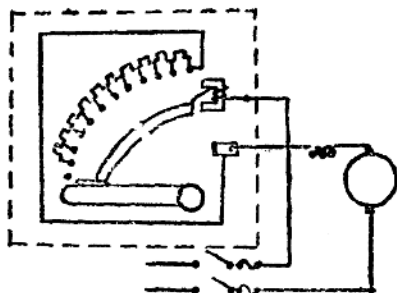


(乙) 四点接触式

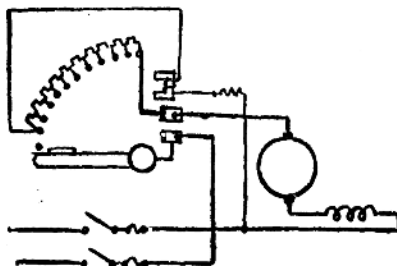
圖 8 並激直流電動機的起動器

並激直流電動機的聯結。根據起動器接頭頭的數量不同，分別有四點，三點及二點，三點的接觸。

圖 8 中的三點接觸和四點接觸不同的地方是：前者保持繞圈和磁極繞圈相串聯，後者的保持繞圈是和磁極繞圈相並聯。它們在使用時主要差別是：三點接觸時當電源開閉器拉開後，因為電動機的电樞不能立刻停止不轉，所以變成發電機發出電力，在电樞和磁極繞圈的封閉回路中便



(甲) 二点接触式



(乙) 三点接触式

圖 9 串激直流电动机起动器

通过了电流，因此保持线圈还是吸住控制杆不放，一直等到转动能量消耗了，这时保持线圈中因为电流通过很少，才会放开控制杆。而四点接触只要电源开闭器一拉开，控制杆便被转回到原来起动位置；这时转动能量是消耗在电枢和磁极线圈的回路中，而保持电磁铁的线圈因为电阻很大，几乎没有电流通过。但是三点接触在磁极线圈回路中任何一处断开，保持线圈中便无电流通过，控制杆转回避

免电动机速度上升到危險值。

圖9中的二点及三点接触器不同的地方是：前者的保持繞圈是和电樞及串激磁極繞圈相串联；后者的保持繞圈是和电樞及串激磁極繞圈相並联。二点接触較三点接触具备一个优点，就是在輕負荷时，通过保持繞圈的电流减少，放回控制杆。因为串激电动机是不允許在輕負荷下运行的，否則它的轉速將會很大。

圖10表示並激直流电动机用的三点接触並帶有防止过負荷裝置的起动机，由圖中可以知道：当电流超过一定值时，过負荷电磁鉄起作用，便把銜鉄吸起，使保持繞圈短路，因此沒有电流通过保持繞圈，使控制杆回到起动位置；这时电动机和电源断开，便可达到保护的目的。

利用同样的道理，可如圖中虛綫所表示的結綫法进行遙远控制，当把P接通时，保持电磁鉄就失磁，放回控制杆，使电动机停下不轉。

二、鼓形起动机

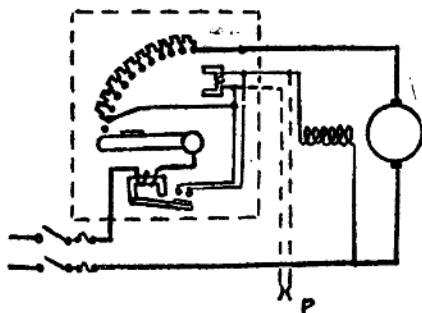


圖 10 帶过負荷並激式电动机的起动机

这种起动机較平板型起动机具备以下的优点:

1. 結構坚固;
2. 安裝佔地面积不大;
3. 控制容易。

它常常用於經常启动、停止、反轉或速度作不規則变化的場合。它的唯一缺点是触点很容易损坏。

三、凸輪起动机

这种起动机也是鼓形控制器的一种, 但比鼓形起动机还要可靠耐用, 这是由於它沒有剧烈摩擦的表面, 同时又有良好的灭弧裝置的緣故。它的控制特点是利用轉动軸上的凸輪使触点接触或断开。

自动起动机常常用於大电流, 經常启动或者遙远控制的場合。它主要元件是电磁开关或者是电磁开关和輔助繼电器合併应用; 用按鈕或者主開閉器来进行操作, 使达到自动启动的目的。

近代自动化控制裝置是很复雜的, 但它們的最基本的原理还是和上面所說的差不多。

第三节 直流电动机的速度控制

在第二节中已經介紹了二个公式, 即:

$$E = c\Phi n \quad (1)$$

$$I = \frac{U - E}{R_a} \quad (2)$$