

舒正芳編著

交流電動起重機的電氣裝置



機械工業出版社

出版者的話

祖國正在進行着大規模的經濟建設，大量的新工人將要不斷地參加到工業建設中來，同時現有的技術工人，由於在舊社會沒有學習的機會，經驗雖豐富，但理論水平較低。爲了使新工人能够很快地掌握技術的基本知識，並使現有工人也能把實際經驗提高到理論上來，因此，我們出版了「機械工人活葉學習材料」。

這套活葉學習材料是以機器工廠裏的鑄、鍛、車、鉗、銑、鉋、熱處理、鉚、鉗等工種的工人爲對象的。每一小冊只講一個具體的題目，根據八級工資制各工種各級工人所應知應會的技術知識範圍，分成程度不同的「活葉」出版。

本書把交流電動起重機的電氣裝置應該具備的基本知識，都作了有系統地講解。內容包括：三相感應電動機的運用原理、配電盤、限制開關、電磁制動器以及電氣配線圖。雖然書中插圖不够豐富，但爲了滿足讀者對於這方面知識的需要，決定先把它出版。

本書是八級工資制四級以下動力司機同志所要學習的材料。

目 次

一	三相感應電動機的運用原理.....	1
二	配電盤.....	4
三	限制開關.....	9
四	電磁制動器.....	11
五	電氣配線圖.....	14

上昇及下降——2 停止——3 急停車

電動起重機所用的電源有直流電和交流電兩種。使用直流的原因是由於直流電動機的速度容易控制；同時在吊鉤下降的時候，落鉤拉着直流電動機轉動，使它變為直流發電機來發電。將這電倒送出去便產生了動停車的作用，保證吊鉤下降的速度在安全的數值以內。這是採用直流電的優點。但是直流電沒有交流電那樣普遍，如果另外再裝置直流發電的設備，就會增加費用。所以一般廠礦都願意採用交流電。至於吊鉤下降可以利用機械裝置來減低它的速度。

使用交流電源的電動起重機應該採用交流電動機。交流電動機能夠利用的種類很多，常用的有三相感應電動機，單相感應電動機，同期電動機以及三相整流子電動機等等。實際上大家都喜歡選用三相感應電動機，同時它具有很多優點，如構造堅固耐用，價格低廉，操作簡單方便。現在將三相感應電動機運用的原理簡單的說明一下。

一 三相感應電動機的運用原理

假如我們手裏拿着一對磁極，放在一個可以自由轉動的圓柱體的外面，如圖 1。這時如果我們將這對磁極沿箭頭方向轉動，那麼圓柱體也跟着向同一方向轉動，這是什麼道理呢？理由很簡單，因為磁極從北極發出的磁力線通過圓柱體後再到南極；現在磁極一轉動，在圓柱體裏的磁力線便發生了變更，磁力線既然變更，圓

柱體裏便產生了電流。這個電流跟着產生了磁場，但這個磁場的方向和手裏拿着的磁極方向正相反：在南極下的圓柱體產生了北極，在北極下的圓柱體產生了南極；而南北兩極是互相吸引的。現在磁極既然沿着一個方向轉動，那麼圓柱體也就被吸着跟它同一方向轉動。但是我們還得注意一下，它們的速度是不是相同的呢？假如它們速度都是一樣的，在圓柱體裏的磁力線就不會發生變更，也就不可能產生電流，當然更不可能產生磁場了。圓柱體既然不能產生磁場，也就無法被吸着轉動。由此可以證明它們之間的速度是不相同的。磁極轉動的速度叫做同期速度，圓柱體轉動的速度叫做轉子實在速度，這兩個速度相差很少，如同期速度每分鐘 1000 轉的電動機，在轉子上實測所得的速度比 900 轉還多。



圖 1 感應電動機運轉原理

上面所講的磁極實際和電動機的定子相當，圓柱體和轉子相當。或許有人會提出這樣的問題。我們並沒有看到定子在外邊轉動啊！對，它並沒有轉動，但是在定子裏產生了一個磁場沿着轉子轉動，這個磁場我們叫做旋轉磁場。怎樣才能產生旋轉磁場呢？現在讓我們設想一下：假定有甲乙丙三個人，每人都用一根繩子拉一件東西，他們拉的方向都互相差 120° 角度；如果他們每個人用的力都一樣，那這件東西就不會移動，也就是說合力等於零。假如這三個人每人用的力都不同，這時便有一個合力，這件東西就沿着這個合力的方向移動。合力的方向

是由這三個人用力的情形來決定的，他們用的力如果老是變化的話，那麼合力的方向也一定是老是變更。如果我們要使這合力的方向沿着一個圓圈變更，也不是困難的事，只要我們使甲乙丙三人所用的力量按着一定的關係變化就可辦到。電動機定子的旋轉磁場就是根據這道理得到的。在定子繞上三個線圈，使它們互相差 120° 角度（實際情形是每個線圈分散在周邊，但每線圈的軸互相差 120° 角），這時在每個線圈裏通以「按照一定關係變化」的電流，就能產生一個旋轉磁場了。這個「按照一定關係變化」的電流，就是使通過每線圈的電流在時間上互相差 120° 。也就是說甲線圈通過電流為最大時，乙線圈要等 120° 的時間後方為最大，而丙線圈通過最大電流又要比乙遲 120° 的時間；並且通過每個線圈的電流都是按照正弦曲線而變化（圖2）。圖中1相（即一線圈）電流為最大，另二相（即另二線圈）電流為最大值的一半；並且都是負值，如（1）處的情形。

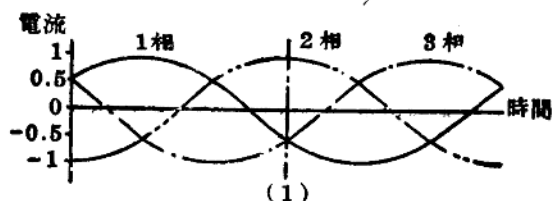


圖2 三相感應電動機定子線圈通過的電流

三相交流電的變化關係就是跟圖2一樣的。當三相交流電通到三相電動機後，在定子裏也就產生了旋轉磁場，拉着轉子轉動了。如果把電動機的二根電源線，互換兩根的話，那麼產生的旋轉磁場也就跟上面所講的方向正相反，因此轉子轉動的方向也就改

變了。這一點對於我們是很有用的，因為起重機裏的電動機都需要兩個不同方向的轉動。譬如就升降用的升降電動機來說，當它吊東西向上的時候，電動機轉動的方向同時針轉動的方向一樣；把東西向下降的時候，電動機轉動方向應該跟時針轉動的方向相反。要達到這個目的就要將去電動機的三根綫互換兩根了。

電動機的轉子自然不像圖 1 圓柱體那麼簡單，而是需要在一個鐵心周邊嵌入三相線圈，然後引到滑環再經過電阻器將三相封在一塊，這就是捲線型電動機。另外還有一種，是在周邊嵌入多根導體，在兩端封住，因為它的樣子很像老鼠籠，我們就叫它為鼠籠型的電動機。這兩種電動機在起重機裏都常用到，我們要區別它，只要看它有沒有滑環就可以了。

下面我們再就電動機的操縱機構，分別說明一下，以便我們能够更好地操縱電動機。

二 配電盤

起重能力在 5 噸以下，縱行速度每分鐘在 50 公尺以下的小型起重機，可以不需要司機房，如常用的單樑電動葫蘆，旋樑電動葫蘆，以及小起重機（有名小吊車，小行車）等都是在起重機架上安裝操縱開關，把手地方用索子引下來操作的。

普通較大的起重機（又名吊車，行車）都需要司機房。房的面積大約自 1.75~3 平方公尺。司機房的底板應該用乾燥的好木板，這樣可以起絕緣作用，當起重機有漏電的時候，司機就不會觸電，而發生人身事故。

起重機是要能在廠房裏面縱行的，我們不能配三根和軌道一樣長的電線；因為這樣做，當起重機在一頭時電線長度正够，但在另一頭電線就要掛下來，並且開動時，電線就跟着動。所以必需在軌道下架設三根明線，然後用三個集電輪把電傳到司機房的配電盤上來。同時爲了安全起見，送電到這三根明線上，需要經過總開關（離地約一公尺），當它切斷的時候，明線就沒有電，當起重機本身發生危險時，場房內的工作人員可以把總開關拉開，使起重機和電源隔絕。

電由集電輪傳到配電盤總開關，然後再配送到各處去。配電盤上有總開關、空氣斷路器、電動機保護裝置、電流計、電壓表及表示燈等。

總開關是一個三極單投閘刀開關。閘刀開關是不適宜用在常常啓閉的電路上的，因為這樣容易引起火花，燒壞接觸點。這裏的電路因為不是常常啓閉的，所以可以採用這種開關。如果能在閘刀開關外面再加上一個絕緣罩的話，那就更加安全了。平常使用開關時，應該注意它的溫度，最高溫度不能超過周圍溫度 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。而溫度最高的地方是在各端子的接觸地方。

閘刀開關附帶裝有包裝的保險筒，筒內裝有保險片；當電流太大時，保險片就熔斷了，這樣可以起保護作用。筒中還盛有大理石、石灰石等耐火粉末，當保險片熔斷時，它們就將火花熄滅，不會引起危險。

由總開關接到空氣斷路器，這時空氣斷路器只有兩極，而不是三極了。由總開關來的三根綫有一根是直接接到起重機架子上的

明線，直送到每個電動機上去。當電動機電流過大時，切斷兩根線，它就不轉；同樣當電壓過低時，也能將這兩根線切斷而起保護作用。至於要變更電動機轉動的方向，這在前面已經提到過了。空氣斷路器本身帶有兩個線圈，一個是過負荷線圈，另外一個是無壓釋放線圈。過負荷線圈的作用是當電動機或線路發生短路或者吊的東西過重的時候，通過過負荷線圈的電流也大起來，於是吸動線圈中的鐵桿，將空氣斷路器斷開，使電動機不會因負荷過大而燒壞。無壓釋放線圈是當電壓過低或者停電的時候，線圈中很少或者沒有電流通過，因此就吸不住線圈中的鐵桿，便將空氣斷路器打開。如果在無壓釋放線圈中串聯各種保安用的限制開關，當限制開關起作用而切斷電路時，那麼，這個線圈中的鐵桿便落下來打開空氣斷路器，達到保安的目的，這是起重機配線裏所用的保安方法。

使用空氣斷路器的原因是由於它老是在啓閉的，同時還怕它接觸點容易損壞，在主接觸的上端裝有炭精接觸點，在關閉的時候，炭精接觸點先閉合，然後主接觸再閉合；在開啓時，主接觸先離開，然後炭精接觸點再離開，這樣因開啓發生的弧光只能損壞炭精，而炭精接觸是容易修理或更換新品的。

雖然空氣斷路器有上面所說的好處，但是無壓釋放線圈過於靈敏，只要線圈不通電流，便會把它拉開。這時雖然仍有電流通過無壓釋放線圈，但只能把線圈裏的鐵桿吸上，而需要司機用手把空氣斷路器閉上，操作時非常不方便。爲什麼會使無壓釋放線圈電路一下子不通呢？這是由於起重機本身稍有扭偏或者明線不太平整，集電輪與明線會短時間內發生不接觸，使得線圈斷路的緣故。所以、

用空氣斷路器一定要求線路，軌道很好。不然的話，可以採取電磁開關；利用電磁開關的吸鐵線圈來代替無壓釋放線圈。這樣，雖然電路一時不通，使電磁開關開啓，但是利用起重機本身的慣性，繼續前進，接觸一好，就立即使吸鐵線圈有電流通過，使電磁開關自動的閉合。

總開關和空氣斷路器或電磁開關都是操縱整個線路的，由此分到每台電動機去的線路，都需要裝上一個二極開關，普通 20 噸以下的起重機可以裝設閘刀開關，但是最好能裝帶有過負荷保護的電磁開關。這樣可以使那一台電動機或者它的線路發生毛病的時候，可以更周密的切斷離開電流。

以上所講的是電動機的主要保護裝置，而電流表與電壓表是指示負荷的電流與電壓的數值的，幫助我們瞭解到是否動作正常，操縱機構有無故障。指示燈是裝在總開關的電源側，它的明暗更顯明的指出有無供電。

控制器 要操縱電動機運轉就要靠控制器，一般用的控制器多是鼓形的，所以叫它作鼓形控制器。在它的裏面有許多銅輪與銅環（東北地區叫做銅瓦），如果把它展開鋪平的話，就如圖 3 的樣子。

圖中的下面長銅條是用來控制電動機的方向的。當鼓形控制器轉向降的方向時，電源 R 就和電動機 u 接通，S 和 V 接通；如果控制器轉向升的方向，R 就和 V，S 就和 u 接通，所以電動機轉動的方向也就相反了；從圖中我們還可以知道，當控制器位在斷的位置 R，S 都不和電動機綫路相連接，自然就停止不轉了。下面兩根

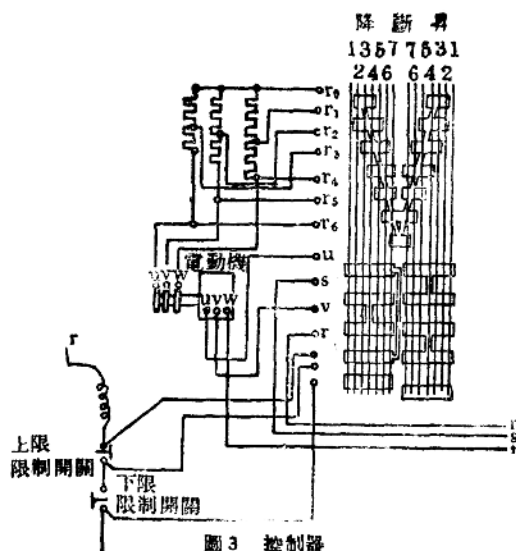


圖 3 控制器

銅條是保安用的，因為當吊鉤上昇超過安全值時，就將上限限制開關頂開，無壓釋放線圈的電路就不通，便將空氣斷路器拉開。但是吊鉤不能老停留在原位置不動，而是允許它往下降的，所以這時將控制器轉向降的方向可由這根銅條將無壓釋放線圈電路接通，同理，當吊鉤下降得過低時，可以將下限限制開關切斷，這時只有將控制器轉向升的方向，才能接通無壓釋放線圈的電路。這裏所講的雖然是指昇降情形，而大車縱行時距離限制開關的保安作用也是跟上面所說的一樣。

控制器上面的短銅條是用來短路電阻的，要改變捲線型感應電動機的速度，可以利用在轉子裏加減電阻，因為三相感應電動機

同期速度和轉子實在速度的差值是和轉子電路裏的熱損耗成正比的，也就是在一定的負荷下，加大了轉子的電阻，轉子的熱損耗也就增加，轉子的速度就減低了；相反的減低了電阻，轉子的速度也就增加。現在我們來看看當控制器位在 2 的位置時的情況，將第一相電阻 R_0-R_1 短路位在 3 的位置時，將第二相電阻 R_0-R_2 短路，順次將各相電阻短路，增加電動機的速度，最後位在位置 7 時，將各相電阻全部短路。

以上所講的位置 1, 2, 3……等，實用上叫做第 1 檔、第 2 檔、第 3 檔……等，平常起重機所用的 7 檔，10 檔。

三 限制開關

上面已經提到過限制開關，它可以在預定的情形下斷開無壓釋放線圈的電路，達到了保護作用。現在讓我們再來看看升降用的限制開關是怎樣的。

限制開關的組成是很簡單的（圖 4），在一端帶有一個齒輪和捲筒的齒輪相接，因此轉筒轉動時，便帶動限制開關的齒輪，由它再帶動螺絲桿轉動，使在螺桿上的小頂桿跟着向一方向移動。如果吊鉤上昇太高，小頂桿便將下面的上限限制開關拉向一邊，斷開無壓釋放線圈的電路，如圖中的情形，這樣就切斷了電路。

圖中所畫得只有一個上限限制開關，如需要下限限制開關，只要在圖中左邊加一下限限制開關就可以了。但很多廠礦都不裝設下限限制開關，因為它比較太不需要。

距離限制開關和上下限限制開關相差不多，可裝在起重機主

架的左右兩邊，當大車碰到牆或其他起重機（就是兩個以上起重機在同一軌道上使用）時，可以將距離限制開關切斷，不致發生危險，但很多是只用擋板。

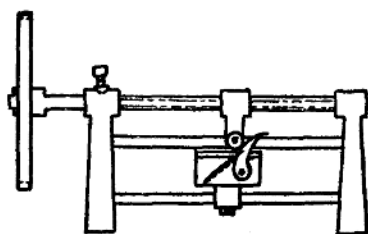


圖4 限制開關

在較小的起重機或單樑電動葫蘆等起重機，沒有配電盤的裝置，也沒有空氣斷路器和它附帶的無壓釋放線圈，這時要使吊鉤上升或下降過度時能起保護作用，平常是切斷主電源，如圖5所畫的綫路圖。當吊鉤上升太高時，使上限開關斷開，這時只有將控制器轉向降的方向才能送電進電動機；同樣的如吊鉤下降超過一定程度時，下限開關斷開，只有將控制器轉向昇的方向才能使電動機轉動。

這種限制開關和上面所講的不同，它是用來切斷主線路的，因為切斷的電流很大，火花也就很大，容易損壞接觸點，所以只適宜用在小型起重機裏。

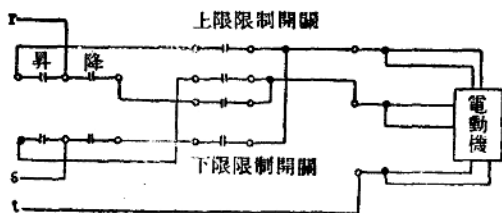


圖5 單樑電動機葫蘆配綫圖

四 電磁制動器

電磁制動器有叫做電剎車或抱閘的，它的作用是：當控制器位在斷的位置時，就靠它抱牢電動機的軸，使它不能轉動，這在起重機裏是很有用的，不然的話，當我們吊上一重物就無法叫它停止在一定的高度，因為一停下來，重物本身的重量就要將吊鉤向下拉，現在升降電動機一停電，抱閘立刻抱住電動機，重物也就掛在空中了。

既然需要升降用的控制器在斷的位置，抱牢升降電動機，而在其他任何昇或降的位置不抱住，那該怎樣辦呢？辦法是很簡單的，在一般起重機利用三相或單相電磁鐵。當通電時，電磁鐵吸它的鐵心，拉開電動機軸上的抱閘輪；當沒有電時，抱閘輪就緊抱着軸來產生制動的作用，它的樣子如圖 6。

單梁電動葫蘆所使用的抱閘，道理還是一樣，但是構造有些不同：現在將它作用圖畫在下面（圖 7）當磁場線圈通過電流後，吸動銜鐵，拉動鐵桿，將一鐵片拉動，這鐵片一端是固定的，它後面的溜帶板，由於彈簧作用，也就跟着向右伸出，於是電動機軸運轉自由；

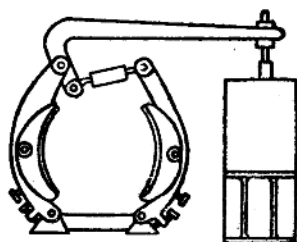


圖 6 抱閘

但當斷開電流時，作用相反，這時溜帶板被頂向左，抱住電動機，溜帶板前後移動距離很小，動作非常靈敏可靠。

以上我們已將電氣裝置各部分介紹過了，爲了能明白全部情

形, 底下就實際電線配線圖來討論。

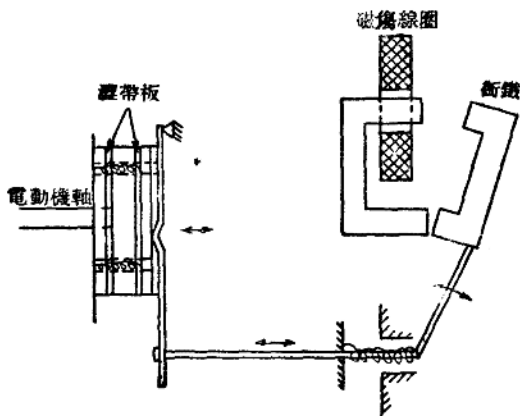


圖 7 單相電動葫蘆抱閘作用圖

五 電氣配線圖

首先讓我們舉一個 7.5 噸的起重機配線圖(圖 8)說明如下。

這張線路圖粗看起來似乎很複雜, 但是我們對上面各部分所講的如果都瞭解的話, 那麼看起來也並不怎樣困難。

從圖中可以看到, 電由集電輪配送到配電盤的總開關 S_w 上, 其中一根電線經過電磁開關直接送到吊車主架的明線 $T(W)$ 和縱行(大車)電動機裏(因為縱行電動機是固定於吊車上而不變更位置的, 所以它的電線路直接配送, 不經過吊車主架上的明線); 其餘兩根電線 R, S 分成三路, 分別經過過電流繼電器, 然後送到每個控制器的 R, S 接觸點上, 這樣我們就可以用控制器來改變 R, S 輸入電動機的線路, 達到改變電動機轉動的方向。其中縱行(大車)

電動機的位置是固定於吊車架上的，所以由控制器經過 u, V 接觸點送到電動機裏去。但是昇降和橫行（小車）電動機在吊車架上，是隨時變更位置的，我們沒有辦法用電線直送過去，需要經過吊車架上的明線，因此 R, S 兩根綫須經過控制器接到 u, V 後，再分別接到明線 u, V 上去。在前面控制器的說明裏已經提到，要改變電動機的速度需要在轉子裏加減電阻，所以將橫行及昇降電動機轉子裏的 W, u, V 分別引到主架上的明線上，然後再分別接到橫行及昇降控制器裏。縱行電動機轉子的 W, u, V 是直接引到縱行控制器裏的。

至於 9, 10, 11 這三根綫是做什麼用的呢？它們就是為了保安作用而架設的。要明白它們的作用，就得看看線路是怎樣聯結的：從總開關 S_w 的 S 那根綫裏接送出來，一路直接送到昇降控制器裏；另外分一路送到明線 10 上，由明線 10 接到下限限制開關接頭 10 到接頭 11，在 11 接頭上分出兩路，一路經過明線 11 送到昇降控制器 11 裏，另一路經過上限限制開關到接頭 9 再經過明線 9 然後分兩路送出來，一路送到昇降控制器 9，另一路經過右限制開關，左限制開關，按鈕開關，過電流繼電器的接觸點，然後經過電磁吸鐵線圈回到總開關 S_w 的 R 那根綫上；大體說來我們已把線路的情形都看完了，為了進一步弄清它們的作用現在讓我們再來這樣看一下，由總開關 S_w 的 S 那根綫經過明線 10，然後經過上下限制開關，左右限制開關，按鈕（開動時經過按鈕閉，開動後經 LI ，及過電流繼電器的接觸點，然後經過電磁吸鐵線圈回到總開關 S_w 的 R 上。所以只要在這條線路任何一個接觸點斷開，都會使電磁吸鐵線