

起重機電動機的 起動調整電阻器

M. M. 謝納斯 著

重工業出版社

起重機電動機的起動調整電阻器

M. M. 西納斯基 著

重工業部翻譯室 譯

江苏工业学院图书馆
藏书章

專科書館出版社

譯者的話

本書係根據蘇聯內河航運部出版社 (Издательство министерства речного флота ссср) 出版的 М.М. 西納依斯基 (Синайский) 所著「起重機電動機的起動調整電阻器」 (Пускорегулировочные сопротивления для крановых электродвигателей) 1953 年版譯出。在本書中，對起重機電動機的電阻器之選擇、安裝、調整及維護均作了較詳盡的敘述。本書可供運輸現場的起重機工、電工及鉗工參考。

本書係本室成秉進同志翻譯，張蓋楚、竇洪業兩同志校對。

重工業部翻譯室

М.М. СИНАЙСКИЙ
ПУСКОРЕГУЛИРОВОЧНЫЕ
ДЛЯ * КРАНОВЫХ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Реиздат (Москва: 1953)

* * *

起重機電動機的起動調整電阻器

重工業部翻譯室 譯

重工業出版社 (北京西直門內大街三官廟11號) 出版
北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五四年十二月第一版

一九五四年十二月北京第一次印刷 (1-3,630)

787×1092, $\frac{1}{25}$ · 80,000字 · 印張1 $\frac{2}{25}$ · 定價2,300元

* * *

發行者 新華書店

目 錄

原序	1
1. 起重機電動機的電阻器之用途及其構造	2
2. 電阻器的接綫系統	7
3. 電阻器的選擇	8
4. 電阻器的安裝	11
5. 電阻器的調整	11
6. 電阻器的維護及其修理	13
7. 電阻器的試驗	14
8. 電阻器的計算	14
9. 安全技術概述	26
附錄	27
參考文獻	30

原 序

在建設共產主義社會的國家裡，蘇聯共產黨第十九次代表大會的決議特別重視費力和繁重工作的機械化問題。

在歷屆斯大林五年計劃的年代裡，特別是在戰後的年代裡，我國在國民經濟方面達到了巨大的成就。

蘇聯各機器製造廠目前正大量製造和出產各資本主義國家技術發展史上所未曾有過的新型機器。這些機器由完全掌握着最新技術的蘇聯人來操縱，這樣就能大大地提高勞動生產率。利用這些機器我們可以完成開鑿運河、修築堰堤、建立水力發電站和建立共產主義物質技術基礎的其他水工構築物的巨大工程。

在運送大量貨物的運輸中，機械化的作用是特別巨大的。

在我們遼闊祖國的水運線上，目前很難找到一個港口和碼頭沒有裝備裝卸貨物的這種或那種機械化工具。

在這些機械中，有複雜電氣設備的電動起重機佔着一個特別重要的地位。

爲了幫助維護和修理起重機電氣設備的工人，本出版社將出版一套關於安裝、修理及維護起重機上各種電氣設備的叢書。

這套叢書包括下列各分冊：

1. 交流起重機電動機。
2. 直流起重機電動機。
3. 起重機電動機的起動調整電阻器。
4. 起重機的電磁控制器。
5. 交流及直流的制動電磁鐵。
6. 起重機電動機的終端開關。
7. 起重機電動機的保護盤。
8. 起重機電動機的控制器。

本書研究起重機電動機的起動調整電阻器之構造，選擇、安裝及計算問題。

本叢書適用於廣大讀者——起重機工、電工、鉗工及未受過專門技術教育和希望提高自己技術水平的工人。

本出版社將以感激的心情接受對本書的所有意見和希望。

1. 起重機電動機的電阻器之用途 及其構造

電動機是最簡單、最經濟而且最容易控制的發動機。

驅動起重機的電動機有着特別重要的意義，因為它幾乎可以代替所有其他種類的發動機（蒸氣機、內燃機）。

僅在個別情況下，裝在汽車上以及在鐵路上通行的起重機始採用蒸氣機或內燃機來驅動。

起重機電動機的主要型式為捲綫型交流感應電動機。對起重機供電所以選擇交流，係因這種電源應用廣泛，變流方法簡單和交流電動機在構造上有着顯著的優點（簡單、可靠）。

起重機電動機不同於驅動其他機器和工具（機床、泵、通風機等）的電動機，對其提出的要求較高，因為起重機電動機經常起動、經常變更旋轉方向和經常制動；且其負荷變化很大；每經很短時間就需調整其旋轉速度。

極廣泛地用以驅動其他機器的鼠籠型電動機，在起重機上應用不廣，因為這種電動機不允許調整旋轉速度。此外，在鼠籠型電動機每次接用和經常起動時所產生的起動電流（為額定電流的 5—6 倍）使電動機的綫捲發生高熱。

接在交流電動機滑環上的起動電阻器，和串接在直流電動機電樞上的電阻器一樣，係用以限制電動機的起動電流和調整其旋轉速度。

在起動、制動或調整電動機的旋轉速度時，接在電動機電樞或轉子上的電阻器的電阻不是固定不變的，而是用控制器械，即控制器來切換電阻器的段數以改變其電阻值。

由電阻器的每一段引出的導綫均接在控制器的端子上。控制器的觸點隨着手柄的轉動程度而將電阻器的大量或少量段數接入電路中或者將其完全切斷。

控制器手柄（或手輪）的第一個位置一般是與整個電阻器接入電路中時相適應；而最末的位置則與切斷電阻器的調整段數時相適應。

起重機的生產能力和電動機及電氣器械的磨損程度大半決定於選擇電阻器是否正確及其適用程度。例如：由於未正確選擇的電阻器而引起的大起動電流，可能使保護裝置動作，使控制器的觸點和電動機的滑環燒壞，甚至使電動機的綫捲傷損。

電動機用的成套電阻器由電阻元件組成。電阻元件為高電阻的電阻絲，其額定電流根據起重機機械的負荷特性確定。

對製造電阻器的材料有着下述要求：

1. 電阻材料應具有相當高的電阻係數（該數值與材料的化學成分和物理特

性有關)。

2. 電阻器接入電路時，電阻材料應能在長時間內耐溫到 $300-400^{\circ}\text{C}$ 而不致損壞。

3. 電阻材料的電阻不得隨溫度之變化而有極大的變化。

起重機用電阻器的導體(稱為「元件」)係由生鐵鑄造而成，其形狀為「蛇形」(圖1)或由康銅絲製成，康銅絲繞在帶瓷絕緣子的鋼板上(圖2)。還有一種是由費赫拉合金片^(譯註)製成，這種合金片按特殊方式「側放」並藉瓷絕緣子之助繞在鋼板上(圖3)。

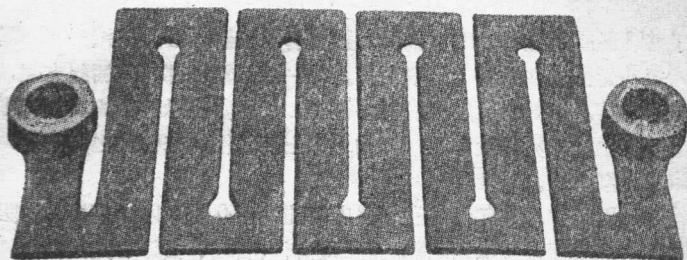


圖1 生鐵電阻器的元件

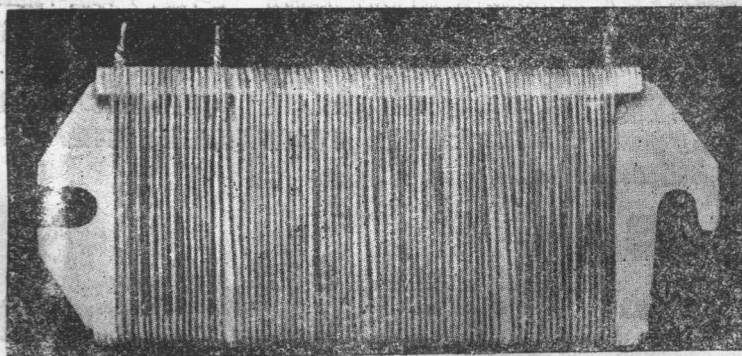


圖2 繞線式電阻器的元件

康銅及費赫拉均為特種金屬合金，具有較高的電阻係數，發熱時其電阻係數實際上不發生變化。

由於電阻器元件的溫度不應超過 $300-400^{\circ}\text{C}$ ，所以電阻器元件的電流越大，其截面也需越大，而其電阻則越小。

譯註：費赫拉為фехраль的音譯，是一種具有高電阻的合金，其化學成分為：

Fe 79.3%，Cr 14%，Al 5%，

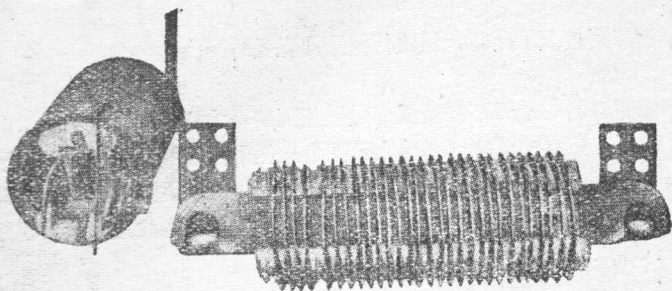


圖3 費赫拉合金片電阻器的元件

爲了替各種容量及電壓的電動機裝置成套電阻器，必須製造一套必需的電阻器元件，這些元件裝在所謂電阻器箱內。每一電阻器箱都有兩個側支架，用兩根水平的鋼棒支持。鋼棒用耐熱絕緣材料絕緣，此耐熱絕緣材料的成分有雲母和石棉。爲了增高絕緣的可靠性，在鋼棒的端頭上套以絕緣套管及絕緣墊圈，以使鋼棒與電阻箱側壁絕緣。

由於電阻器工作時其元件的發熱溫度可能達 350°C ，所以直接與電阻器元件相接觸的整個絕緣面必須採用耐熱的絕緣材料（石棉、雲母、瓷器）。

裝有生鐵元件的電阻器箱的構造如圖4所示，而其簡圖則如圖5所示。

電阻器生鐵元件的兩端均有圓柱形的凸起部分——「耳環」；每個耳環上有一孔眼，以便將元件穿在絕緣棒上。穿在絕緣棒上的元件以螺母緊固地聯接在一起。

爲了使電阻器元件的耳環接觸緊密不致「鬆弛」（因絕緣墊圈的厚度發生變化）起見，在鋼棒上套以彈力大的彈簧，用螺母將彈簧緊至不能再動的程度，因此成本的電阻器元件破壓緊。

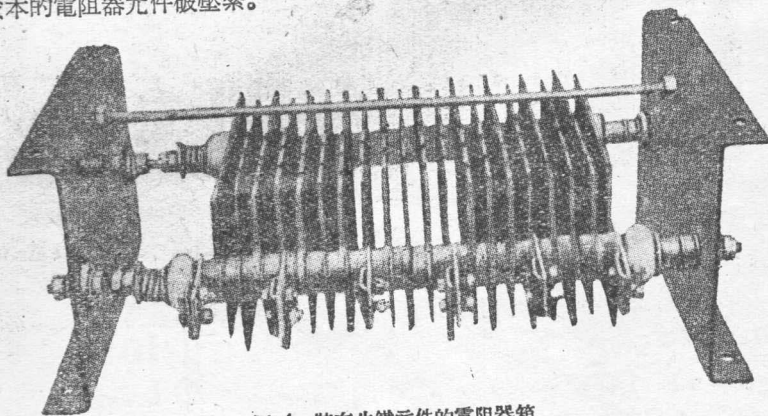


圖4 裝有生鐵元件的電阻器箱

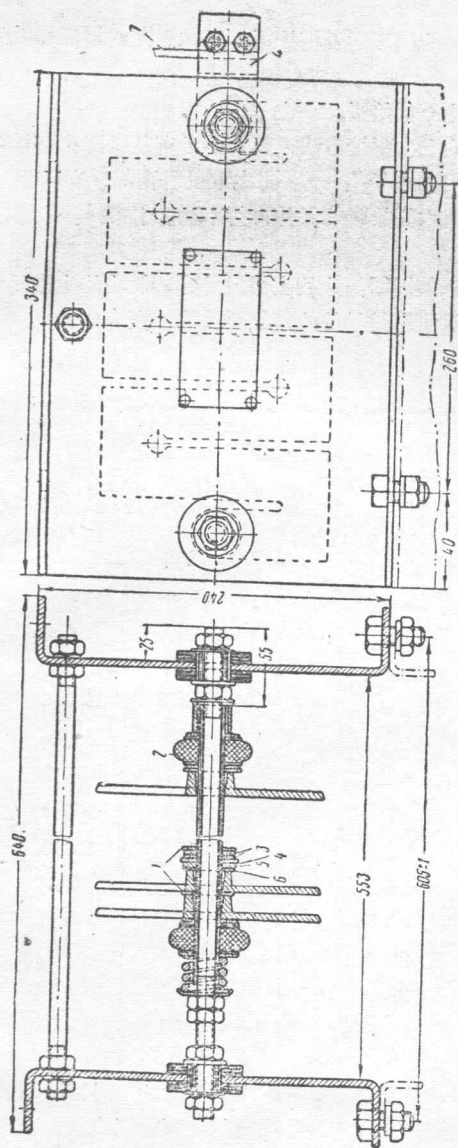


圖 5 裝有生鐵元件的電阻器箱簡圖
 1—聯接用墊圈; 2—絕緣子; 3—聯接用的長墊圈; 4—出線端子; 5—聯接用薄片; 6—絕緣墊圈; 7—聯接導線

將各耳環銑光的側表面緊密地聯接起來，以達到電氣聯接——電阻器兩元件間的接觸。此種聯接既可為串聯亦可為並聯。

當為串聯時，聯接元件的兩耳環互相接觸。穿在對面的絕緣棒上的電阻器元件的耳環間有絕緣墊圈。

當為並聯時，兩對耳環互相接觸。

為了說明電阻器元件的上述聯接方法，圖 6 中示有電阻器箱聯接系統圖，該電阻器箱裝有 20 個元件。出綫端子 P_1 — P_2 間之電阻器箱部分有 12 個元件，每兩個元件並聯在一起，而將這六對並聯的元件再行串聯。出綫 P_2 及 P_3 間的其餘八個元件串聯在一起。

在一個電阻器箱內可以放置 20 個大的生鐵元件或 40 個小的生鐵元件。

蘇聯各工廠製造之電阻器生鐵元件的電氣數據列於表 1 中。

表 1

元件型號	元件的電阻，歐姆	允 許 負 荷				
		100% ПВ 連續工作	35% ПВ	25% ПВ	17.7% ПВ	12.5% ПВ
		電		流，安培		
СВ-5	0.005	215	360	430	505	605
СВ-7	0.007	191	305	360	430	505
СВ-10	0.010	152	255	305	360	430
СВ-14	0.014	123	215	255	305	360
СВ-20	0.020	107	191	215	255	305
СВ-23	0.023	91	152	191	215	255
СВ-40	0.040	76	123	152	191	215
СВ-55	0.055	64	107	123	152	191
СВ-70	0.070	54	91	107	123	152
СВ-110	0.110	46	76	91	107	123
СМ-75	0.075	39	64	76	91	107
СМ-105	0.105	33	54	64	76	91
СМ-140	0.140	29	46	54	64	76

裝有繞綫元件的電阻器箱的構造與裝有生鐵元件的電阻器箱的構造相類似，但與後者不同的地方是：繞綫元件不是穿在一起，而是以支持物末端上的切口接在電阻器箱的絕緣棒上（參閱圖 2）。各元件間的聯接採用裸銅綫或銅排，而銅綫（銅排）則接在元件小櫛的端子上。

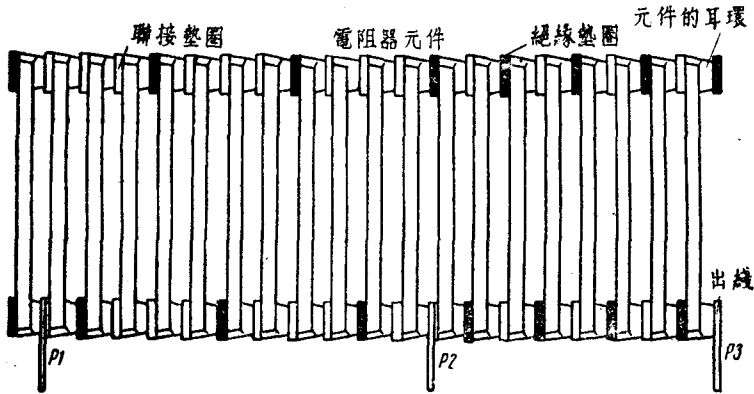


圖6 生鐵元件的聯接圖

在與生鐵電阻器箱同樣大小的電阻器箱內，可以裝置11個繞綫元件。

繞綫式電阻器一般應用於小型電動機。

用纏繞成「側放」狀的費赫拉合金片製成的元件，其厚度遠大於繞綫元件的厚度。因此，在一個電阻器箱中只能放置五個費赫拉合金元件。

費赫拉合金元件間的聯接也是採用裸銅綫或銅條。

2. 電阻器的接綫系統

整個電氣裝置的運行決定於電阻器接綫系統的正确程度，即決定於電阻器的端子與電動機及控制器的端子之聯接的正确程度。

通常，控制器附有電阻器接綫系統圖（貼在控制器外殼的內壁上），在控制器安裝及維護規程中和產品目錄中亦有電阻器接綫系統圖。

圖7為一實際例子。該圖表示控制器與三相交流電動機及與成套電阻器的接綫系統。

控制器及電阻器的端子用同樣圖例表示，在安裝時應按系統圖上所示的順序以導綫加以聯接。

由系統圖中可以看出，成套電阻器是由三組（三相）組成的，且都聯接在一點上。其中一相（圖7左例）只有兩個端子：即首端端子 P_1 和末端端子 P_4 。其餘兩相各有三個端子。接在端子間的元件之電阻及數量均不相同。這種電阻器的接綫系統稱為「非對稱系統」，但由於可以節省導綫和簡化器械的結構，所以在起動機設備中獲得廣泛的應用。如果適當地選擇電阻器並將其分成數段，則這種系統並不會影響電動機及控制器的正常工作。

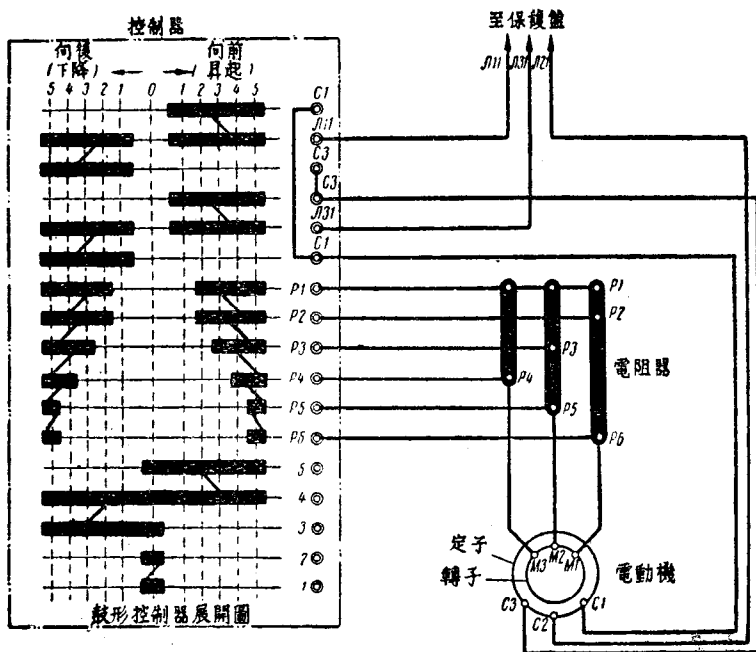


圖7 電阻器與控制器及與電動機連接的系統圖

直流電動機用的電阻器也是用上述方法接入線路中，但不分成三組。

3. 電阻器的選擇

製造起重機時，電阻器通常根據產品目錄選擇，或者按專用於起重機的機械設計。在這種情況下，在進行安裝時，只需按隨起重機提交（或貼在控制器上）的系統圖正確地聯接電阻器的端子。

在進行修理時，當拆卸和裝配器械後，應使接線系統恢復原狀。

但是，在許多情況下，由於在現場的修理廠中部分或全部裝置或改造起重機，所以電阻器必須在現場選擇。因此，我們在這裡指出下面幾點，以減輕此項工作。

三相交流電動機用的電阻器之選擇 電阻器的電氣數據（電阻，允許電流等）視電動機容量、工作制度、機械的用途及控制器的接線系統而定。

機械的工作條件（即：電動機是否經常起動、速度需要調整到何種程度，調整範圍的大小、電動機是否連續工作，在選擇電阻器時有着重要的作用。

所有這些說明〔工作制〕的數據均載於產品目錄中。

最經常採用的所謂〔起重機工作制〕是大多數普通起重機具有代表性的工作制。在這種情況下所採用的電阻器應這樣設計，即每小時內允許有大量的接通次數和能滿足這種型式的起重機所要求的速度調整範圍。

用起重機電力控制器控制的交流電動機所最常採用的電阻器的產品目錄數據載於附錄 1 中。

在應用表格時，必須考慮到下列情況。

由於採用交流時，電阻器不接在電動機定子繞捲與供電綫路之間，而接在電動機的轉子上，所以電阻器的計算數據與綫路電壓無關，而與轉子滑環間的電壓有關。所以，同一電阻器可以用於 220, 380 及 500 伏的電動機。每種電阻器限定用於一定容量和滑環間一定電壓的電動機。在選擇與表中所列型式不同的電動機用的電阻器時，必須注意滑環間的電壓。

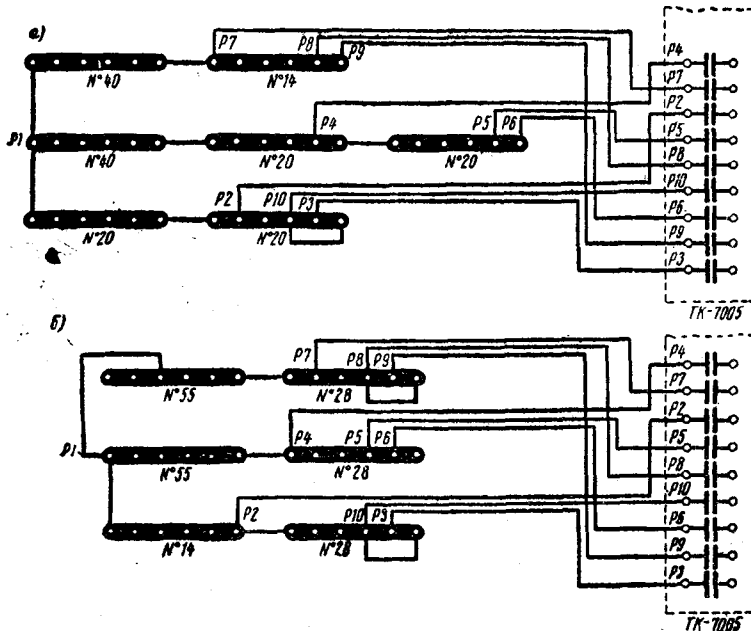


圖 8 標準電阻器箱與電動機的接綫系統圖

а—MT—71—10及MT—72—10型；Б—MT—63—10型

滑環間的電壓（或稱爲〔二次電壓〕）通常標在電動機容量的銘牌上或產品目錄中。在必要時，這一數值可以直接測得。爲此，將電刷提起或者在電刷與滑

環間放入一層絕緣材料，然後用電壓表測定任意兩個滑環間的電壓。測定時，電動機停止轉動，其定子接於線路的額定電壓。

在附錄 1 中按端子數和劃分的段數所列出的電阻器，適用於同一附錄中所列的各種控制器。

在其他型式的控制器必須採用不同端子數的電阻器時，亦可採用同一電阻器，但是此時其段數應適當地重新劃分。

關於段數的重新劃分應注意的事項，將在下面「電阻器的計算」中加以敘述。

對於大型電動機來說，其電阻器箱為數很多，因此，電阻器不是在製造廠將全部聯接部分裝配好和將出線標以符號，而是由幾個所謂標準電阻器箱組合而成。

其特點是：每一標準電阻器箱由某號電阻器的一定數量的元件組成，並且還有標準的成套端子，其位置也一定。

標準電阻器箱的型號、數量、以及與控制器的接綫系統，均由製造工廠標出。

從附錄 1 中可以看出，成套標準電阻器箱用於最後三個電阻器。這些電阻器的接綫系統（電阻器箱間的接綫、電阻器箱與控制器的接綫）如圖 3 所示。

蘇聯電器工業出品的標準電阻器箱的數據載於表 2 中。

表 2

電阻器箱 的標號	段數	電阻器箱 的電阻， 歐姆	允 許 負 荷				
			100% HB 連續工作	35% HB	25% HB	17.7% HB	12.5% HB
			電 流，安培				
N ₀ 5	5	0.1	215	360	430	505	605
N ₀ 7	5	0.14	191	305	360	430	505
N ₀ 10	5	0.2	152	255	305	360	430
N ₀ 14	5	0.23	123	215	255	305	360
N ₀ 20	5	0.4	107	191	215	255	305
N ₀ 23	5	0.56	91	152	191	215	255
N ₀ 40	5	0.9	76	123	152	191	215
N ₀ 55	5	1.1	64	107	123	152	191
N ₀ 80	5	1.6	54	91	107	123	152
N ₀ 110	5	2.2	46	76	91	107	123
N ₀ 75	7	3.0	39	64	76	91	107
N ₀ 105	7	4.2	33	54	64	76	91
N ₀ 140	7	5.6	29	46	54	64	76

4. 電阻器的安裝

在製造廠內裝配的特種電阻器，係由疊在一起並用螺栓加以聯接的電阻器箱組成。

由標準電阻器箱組成的成套電阻器，在安裝時一般也是疊在一起的，其層數隨安裝地點而定。從堅固及穩定性的觀點出發，以及為了上層電阻器箱不致發高熱，在任何情況下，均不得把四個以上的電阻器箱疊在一起（即不得多於四層）。

電阻器安裝地點之選擇，應根據下列條件：

（1）由於電阻器與控制器相聯需要大量導線，為了節省導線起見，最好將其裝在盡可能靠近控制器的地方；

（2）電阻器工作時散出許多熱量，其本身發熱至 350°C ，因此不允許將電阻器裝在在這種溫度下容易損壞以至燃燒的物體或構築物附近。特別是大型電動機用的電阻器，散出的熱量可能使封閉的司機室的溫度大大升高。因此這就使操作人員的勞動條件惡化，同時也使電阻器本身的通風條件趨於惡化。

（3）由於電阻器無保護外殼，所以必須將其裝在工作時不致與其接觸的地方。

對橋式起重機來說，其電阻器的良好裝置地點為司機室外壁上的壁架或高於司機室的平台。對於具有數十個電阻器箱的大型起重機來說，須在司機室專門設計一層用以裝置電阻器。

在塔式起重機、門式起重機及其他起重機上，將電阻器裝在司機室內在大多數情況下是較為方便的。

電阻器箱應以四個以上的螺栓固定在堅固的底板上。

當電阻器箱（多層電阻器箱）很高時，特別是在活動的機械上，最好用八個螺栓固定，以免振動。

往電阻器箱上接綫時，特別是往上層電阻器箱上接綫時，應考慮到電阻器所產生的高溫對導綫絕緣的危險性。如果可能的話，靠近電阻器的導綫最好採用裸綫或裸匯流排，但需在出綫端子上和與普通絕緣綫相聯接的地方可靠地緊固。如果由於某種原因而不能做到這點，則應將導綫的橡皮絕緣層（長度為 50—100 公厘）剝掉並將該部分用石棉帶絕緣。小截面的導綫應以穿在一起的瓷珠良好地絕緣。

5. 電阻器的調整

正確選擇的電阻器一般不需要補充調整或調準裝置。但是，在實際工作中，由於起重機工作條件的變更或電阻器計算得不正確、經常需要進行調準。

電動機經常容易產生的幾種非正常工作狀態及其消除方法敘述如下。

非 正 常 工 作 狀 態	原 因 及 消 除 方 法
1. 接入已處在第一個位置的控制 器時，過電流繼電器動作。 2. 控制器位於第二個位置時，電 動機發揮極大的加速度——「飛逸」。 3. 即使控制器位於第一個位置， 也不能得到相當低的速度。	總電阻小 電阻器選擇得正確時，如果控制器位 於第一個位置上，帶滿負荷的電動機也 不應轉動。 當負荷為額定 負荷的二分之一左 右 時，電動機的速度應小於額定速度的一 半。 應當檢查接綫是否錯誤。如果完全正 確，則需更換電阻器或增加補充元件。
4. 控制器位於第一個位置上時， 電動機空載時也不轉動。 5. 如果物體的重量很大，控制器 接入第一個「起重」位置上時，物體 便落下。	電阻極大 應將第一段的電阻器切斷一部分，以 減少電阻。
6. 控制器位於第一個位置上時， 電阻器正常。當控制器轉入第二個位 置上時，過電流繼電器動作或電動機 的速度顯著增大——「飛逸」。 7. 與 6 項的現象同，但在控制器 轉入其他位置時產生。	在正確選擇總電阻的情況下第一段的 電阻相當大。 應向第一個位置的方向移動與控制器 第二個位置相接觸的電阻器端子，以減 少該段的電阻。 將波動很大之位置上的端子向第一個 位置上的端子移動。
8. 當控制器由一個位置向下一位 置移動時，電動機的加速度不足。	將相應的端子移向下一端子（增大該 段的電阻）。

正確選擇的電阻器，其溫度在任意一點上不得比周圍空氣的溫度高於 55°C 。如果超過的話，則需增強電阻器的相當級段或將整個電阻器增強。在這種情況下，可以利用下面「電阻器的計算」中的計算方法。

當發熱的溫度低時，例如 100°C 以下，則表示電阻過於富裕。當電動機容量

很大，電阻器箱的數量很多時，應改製電阻器，以減小其尺寸和重量。餘下來的電阻器箱及元件可以作為備用。

6. 電阻器的維護及其修理

定期檢查時，首先應清除電阻器上的灰塵及除掉偶而落入的物體。電阻器髒污時可能被擊穿——其絕緣損壞、通風惡化。如果電阻器中落入易燃物體（木鉋花、紙等），可能引起燃燒。

潤滑油如果落入電阻器元件上，則在電阻器發熱時燃燒，冒出煙霧——「冒煙」。

電阻器的正常工作，在頗大程度上取決於所有聯接（特別是觸點聯接）是否完善。

生鐵電阻器鋼棒上的螺母應經常進行檢查和緊固到「極點」。螺母鬆弛時，生鐵元件的接觸耳環劇烈發熱，因此其接觸面損壞，並可能燒壞鋼棒上的絕緣。

在修理電阻器時，除了一般電氣安裝工作及鉗工工作外，可能碰到幾種特殊的工作。

1. 更換損壞的生鐵元件 如果檢查時發現有損壞（破裂）的生鐵元件，則需換以同種型號的備用元件。為此，需切斷全部出綫和聯接綫，拆下電阻器箱，卸下一個側壁（側面支架）及其螺母，並將元件一個一個地拆下，一直拆到損壞的元件為止。

如果損壞的元件為由大量元件組成的級段的一部分，且從起重機停止工作的觀點出發，全部拆開又不允許時，則可將該元件從電路中拆下，並將其短路。為此，不拆開整個電阻器箱，而直將鬆鋼棒上的螺母，切斷損壞元件的絕緣熱圈並將其取出即可。此時，此種損壞的元件在定期修理時更換新的。

2. 清掃生鐵元件接觸耳環 接觸耳環接觸不良時（鋼棒鬆弛），由於過負荷或產生火花，可能在表面上集有熔化的痕跡——「炭層」，因此觸點愈加發熱起來。

這種電阻器應全部拆開並仔細地將接觸表面加以清掃。

如果可能的話，最好用裝有磁板的平面磨床將接觸表面磨光到「極乾淨」。

3. 恢復鋼棒的絕緣層 鋼棒的工廠絕緣層用雲母和石棉製成。

在修理絕緣傷損的鋼棒時，最好還是採用雲母絕緣，使被損壞的絕緣恢復原狀。在不得已的情況下，可以僅採用一種石棉絕緣，在鋼棒上纏一層盡可能薄的石棉紙。

4. 鉗接繞綫元件的斷綫 如果繞綫元件某部分發生斷綫，而其他綫段仍處於良好狀態，可將斷綫處予以鉗接，此時可將繞綫的工作長度稍加縮短（2—3圈）。由於工作時元件發熱至500℃左右，故不允許採用錫鉗。鉗接時必須採用硬鉗料：黃銅鉗料，銀鉗料或銅磷鉗料。