

礦山電工學

下 冊

蘇聯 姆·伊·奧傑爾諾伊著

謝 之 熙譯

燃 料 工 業 出 版 社

礦 山 電 工 學

下 冊

蘇聯 姆·伊·奧傑爾諾伊著

謝 之 熙譯

蘇聯高等教育部批准作為大學採礦專業教材

燃 料 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本書共有七篇，前四篇介紹了井下電氣化的特點及電氣設備的構造和操縱等，已作為上冊出版。

下冊的主要內容是：(1)電鏟、排土運輸橋等露天礦用電設備的傳動及操縱；(2)露天礦的配電設備；(3)挖泥船的電氣設備的傳動和供電；(4)礦井的信號及通訊。

本書適於作高等礦業學校的教科書。

* *

*

礦 山 電 工 學

ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

下 冊

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)
1951年列寧格勒俄文增訂第二版翻譯

蘇聯 М. И. ОЗЕРНОЙ 著

謝 之 熙 譯

燃料工業出版社出版

社址：北京東長安街燃料工業部

北京市書刊出版業營業許可證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：梁祖佑 校對：劉露溪 陳風

書號334 * 煤128 * 850 × 1092 1/4 開本 * 54印張 * 138千字 * 定價11,500元

一九五五年一月北京第一版第一次印刷(1—3,000冊)

目 錄

第五篇 露天礦的電氣設備及配電

第二十章	露天礦工作機器的電氣傳動裝置的電氣特性及操縱	
第1節	概論	377
第2節	露天礦電氣化的特點	378
第3節	單斗式電鏟的電氣傳動裝置之電氣特性	379
第4節	單斗式電鏟交流電的傳動及操縱	385
第5節	單斗式電鏟的直流電的傳動及操縱	392
第6節	多斗式電鏟的電氣設備	407
第7節	對移動工作機器的送電	414
第8節	排土運輸橋的電氣設備	420
第9節	鑽機的電氣設備及輔助電氣設備	423
第二十一章	露天礦的配電	424
第1節	概論	424
第2節	對露天礦用電設備電壓值的選擇	425
第3節	露天礦的變電所	427
第4節	牽引變電所	430
第5節	梯段上的配電	432
第6節	接綫所	440
第7節	可移動的變電亭	444
第二十二章	露天礦供電的計算	448
第1節	露天礦變電所容量的確定	448
第2節	梯段上的可移動變電亭容量的確定	456
第3節	露天礦高壓配電綫路的計算	458
	第六篇 開採砂礦用挖泥船的電氣設備及供電	
第二十三章	挖泥船的電氣設備	461
第1節	概論	461
第2節	挖泥船電氣設備的工作特點	463
第3節	主傳動裝置	464
第4節	操縱裝置及採掘鍊的合閘系統	467
第5節	旋轉桶的傳動裝置	469
第6節	調度絞車的傳動裝置	470
第7節	排土機的傳動裝置	473
第8節	水泵的傳動裝置	474

第9節	挖泥船輔助設備的電氣傳動裝置	475
第10節	挖泥船上照明裝置的電氣設備	477
第二十四章	挖泥船的供電	479
第1節	對挖泥船進行供電時所具有的特點	479
第2節	挖泥船的供電原則系統	480
第3節	對挖泥船的送電	482
第4節	挖泥船上的配電	483
第5節	挖泥船的變電所及其設備	484
第6節	挖泥船供電的計算	486
第7節	挖泥船供電計算的示例	490
第七篇 礦井信號及通訊的基本原理		
第二十五章	礦井信號裝置的元件	495
第1節	概論	495
第2節	礦井信號裝置的元件及其分類	496
第3節	信號用機械開關	497
第4節	閉鎖裝置及器械	498
第5節	音響信號裝置	501
第6節	燈光信號	505
第7節	使用於礦井信號系統中的圖示及字母的符號	509
第二十六章	提昇信號	513
第1節	概論	513
第2節	罐籠的提昇信號	516
第3節	同期耦合制的提昇信號	519
第二十七章	礦井的運輸信號	523
第1節	概論	523
第2節	綫路的色燈信號	524
第3節	在電機車上對道岔進行操縱	526
第4節	進路分配信號	528
第二十八章	礦井電話通訊的基本原理	535
第1節	概論	535
第2節	電話傳遞的原理	536
第3節	電話機的種類	538
第4節	磁石式電話機	539
第5節	共電式電話機	540
第6節	全蘇煤礦研究所式的防爆型無電池的電話通訊	542

第五篇 露天礦的電氣設備及配電

第二十章 露天礦工作機器的電氣傳動裝置的 電氣特性及操縱

第1節 概 論

蘇聯在斯大林五年計劃的年代裏，在用露天方法開採有益礦物方面，有了巨大的發展。

發展的原因是因爲用露天方法開採有益礦物，比用井下開採法有顯著的優越性（經濟，效率高，可能使工作過程機械化，高度的安全性以及有較好的勞動衛生條件等），也因爲有國產的最爲完善而且效率又高的機械供露天礦使用。

蘇聯工業力量的不斷增長、黨及政府對露天礦發展的特別關懷、科學工作者、工程師、技術員及工人們在創造方面的合作，使得露天開採的技術獲得了發展，生產技術過程日臻完善，構造新穎而效率又高的機器得以創製。

烏拉爾的奧爾左尼奇結重型機器製造廠、諾沃克拉馬托爾斯基的斯大林機器製造廠、煤礦機械局的卡爾賓斯基及柯皮耶夫斯基機器製造廠，在創製新式的大型單斗式電鏟及繩斗式電鏟方面起了重大的作用，而斯大林獎金獲得者，如托姆布洛夫斯基、沙托夫斯基、波里索夫、士林以及其他設計此種構造新穎的機器的設計者們，在這一方面也起了重大的作用。

斯大林獎金獲得者，如緬里尼可夫、且爾聶哥維、托布奇耶夫及其他人等，根本地改善了露天礦的工作技術過程，這就使露天煤礦的生產率大爲提高，使露天開採工作更進一步地發展。舍維可夫院士、舍士柯教授、工學博士緬里尼可夫及蘇聯其他科學工作者，在研究及發展與露天開採有關的理論及科學總結方面，也建立了巨大的功績。

目前，就露天開採法的使用規模及在露天開採中所獲得的技術經濟指標而言，蘇聯佔世界的第一位。

露天開採工作具有許多特點，這些特點決定了必須使用特種的大而且複雜的機器及設備，並須使用特別的方法對其進行供電。

只有考慮到露天礦的特別條件而正確地設計設備，及運轉設備時，方能够合理地使用這些設備並使之不終斷地進行運轉。

第2節 露天礦電氣化的特點

露天礦電氣化的主要特點為：1)地區廣大以及採礦工作的分散，2)在露天進行工作，3)要大量地進行放炮工作，4)在工作過程中要移動機器及設備。

地區主要是決定於採礦工作的發展情況，露天礦的地區有時廣達數千公畝。一些可移動的大型機器，分散在廣大的地區上，使送電及配電的系統大為複雜。

在露天進行工作時，因為設備受到大氣的不良影響（雨、雪、灰塵、風等）而使設備的運轉條件大為惡化，因此，對於設備構造的可靠性及安全運轉方面，就要提出較高的要求。

用露天法開採時，因為要大量地進行放炮工作，在放炮時機器及電氣設備容易受到飛散岩石的損壞。因此，必須考慮到的一點，是在進行放炮工作之前，有沒有將設備迅速而便利地移至安全地帶的可能。所有不能移動的設施（例如架空電綫的綫桿），必須事先裝在爆炸區域以外的地點。

因為工作面是隨着剝離工作及採掘工作的發展而推進的，所以工作機器及設備是要隨之定期地進行移動（如單斗式電鏟、鑽機）或者不斷地移動（如多斗式的電鏟）的。這種工作的特點，使之必須利用特種的裝置將電力送至移動的工作機器。

利用各種工作機器，將露天採煤工作過程加以機械化。由於用途之不同，工作機器可以分為下列三大類：

- 1) 用於打眼、挖掘及裝車的機器 屬於這類機器的是：單斗式

電鏟、多斗式電鏟、鋼絲繩電鏟、鑽機等。

2) 運輸機器 屬於這類機器的是：電機車、運輸機、排土運輸橋、帶式排土運輸機等。

3) 輔助機器 屬於這類機器的是：在露天礦及排土場應用的使移置鐵路工作機械化的移道機、對風鑽供給壓風用的壓風機、排水及排乾露天礦用的水泵等。

第3節 單斗式電鏟的電氣傳動裝置之電氣特性

電鏟的主要工作過程如下：電鏟的戽斗在自重力量的作用下，以很大的速度下降到金屬礦物、煤炭或者土壤上，此時戽斗的把柄幾乎處於垂直的位置。然後，把柄以很大的力量向前推進而使戽斗的前部緊緊地壓在工作面上。把柄的運動與提昇鋼絲繩的運動相配合，而使戽斗鑽進金屬礦物、煤炭或者土壤之中，並將戽斗裝滿。裝滿了的戽斗被提昇到必要的高度後，帶有吊臂的旋轉台即將其轉至卸載地點，然後戽斗的底部即行啓開，而將戽斗卸空。此後，旋轉台連同吊臂及戽斗再轉回到原來的位置，開始進行另一個工作循環。新工作循環的工作次序與前者同。

根據上述的情況，電鏟上裝有三部主電動機：1)用於提昇及下降戽斗的提昇機械的電動機，2)用於轉動旋轉台的旋轉機械的電動機，3)用於使戽斗的把柄進行運動的推壓機械的電動機。

頭兩部電動機(提昇機械的及旋轉機械的)是裝在電鏟的旋轉台上的，而推壓機械的電動機則是裝在吊臂上面的。照例是利用提昇機械的電動機來使電鏟進行移動的，利用接軸器及齒輪將電動機連接於使履帶進行運動的輪軸之上。

除了上述的三部主電動機外，有時還要使用輔助電動機來啓開戽斗的底部、提昇吊臂(如果不用主電動機來提昇吊臂)以及傳動使工作電動機冷卻的風扇等。

目前只有戽斗的容量在1.5立方公尺以下的電鏟，才使用一部電動機進行工作。

單斗電鏟工作方式的特徵是起動及反轉的次數多、能很快的進行加速及停止、衝擊大、尖峯負荷也多。

茲簡略地介紹一下電鏟的主電動機的工作方式。

提昇電動機 根據技術工作過程，提昇電動機是用於進行下列工作的：1)掘土、掘煤炭或者金屬礦物，2)提昇滿載的戽斗，3)下放卸空了的戽斗。

挖掘工作方式的負荷最大，時間也最長，此工作方式的困難情形如何，要決定於土壤的阻力、裝戽斗的過程以及其他因素。提昇滿載戽斗的工作，和卸載時旋轉台的轉動同時進行，而下放空戽斗和旋轉台轉回工作面同時進行。

在下放空戽斗的時候，電動機在戽斗重量的作用下是加速轉動而達到最大速度的。然後，電動機應轉變到制動的工作方式，進行減速度的轉動，並漸漸地使速度降到零。

由上述的一點可以看出，在電鏟的整個工作循環中，提昇電動機幾乎是不斷地進行工作的，其持續時間約為 25—30 秒鐘。

在 $1/3$ 的工作循環中，電動機的負荷約等於額定負荷的 60%；而在其餘 $2/3$ 的工作循環中，電動機的負荷要達到等於額定值兩三倍的尖峯負荷。所以，電動機應具有較大的過負荷能力、具有能迅速地進行加速度的轉動以及在大量過負荷的時候能夠自動緩和的特殊機械特性，這一點對於防止機械部分受到猛烈的衝擊及損壞，是十分必要的。

為使提昇電動機能很好的冷卻及最大限度地利用其容量，照例要用專用的風扇對其進行通風。風扇是利用容量為 2—5 祇的小型電動機進行運轉的。

推壓電動機 利用這部電動機使戽斗鑽入被掘的土壤中，並使之由土壤中脫出，以及根據戽斗至車輛或者至工作面的距離，以推動把柄的方法使戽斗進行移動。

當戽斗鑽進土壤時，負荷最重，此時電動機承受着大量的過負荷，甚至使電動機停止轉動。過負荷的情況是取決於土壤的種類以及土塊之大小的。

由於推壓電動機的工作方式及負荷的變化不定，以及難於用理論的方法確定其所需的容量，所以推壓電動機的容量是根據經驗資料得出的。

推壓電動機通常是裝在吊臂上面的，因為大氣條件的關係此電動機必須是封閉式的。

為了加強電動機的冷卻條件及提高其出力，通常要以專用的風扇對其進行通風。

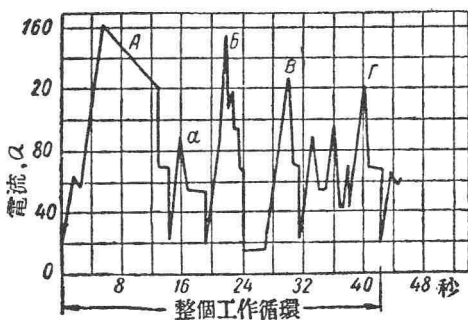
旋轉電動機 因為旋轉台的轉動慣量大而阻力的靜力矩又極小，所以電動機的負荷主要是動負荷。在 $90-100^\circ$ 的旋轉角度時，實際上就沒有穩定速度的期間。旋轉台由工作面至車輛間的來回旋轉，就要佔很大一部分的時間——約佔電鏟整個工作循環 $2/3$ ($50-70\%$) 的時間。為了保證電鏟的效率高，加速及減速過程，即加速及制動過程，是在很緊張的情況下進行的。

按照機械的最大容許動負荷來選擇電動機的容量，以保證電動機的加速；用緊急的電氣制動方法來保證電動機的減速度。

用強制式的通風方法來加強電動機的冷卻條件。

在整個工作過程中，電鏟的電動機所需要的總電流的曲線，示於第 213 圖^①。

第一個尖峯負荷 A ，是掘土時期及掘土後提昇電動機及旋轉電動機同時進行工作時的尖峯負荷。然後，進行工作的只有旋轉電動機，而昇斗是由工作面轉向車輛的(小尖峯負荷 a)。第二個尖峯負荷 B ，



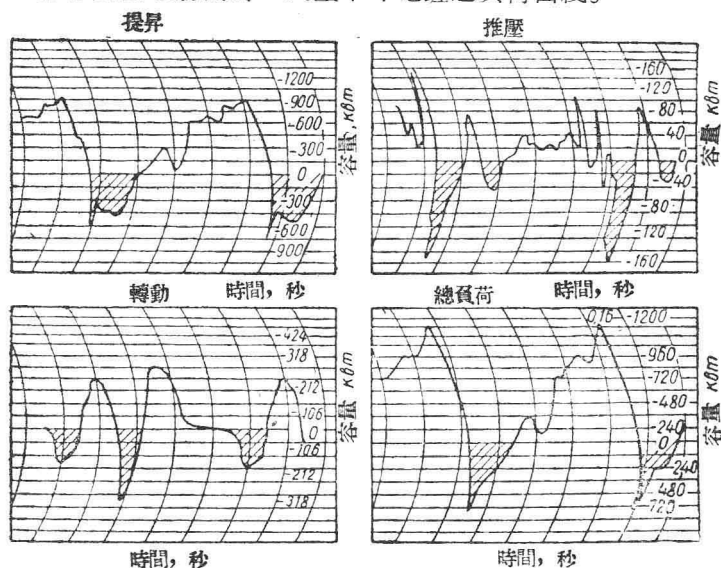
第 213 圖 在整個工作過程中，單斗電鏟電動機所需總電流的曲線

① [礦山電工學]第四卷，電鏟，斯克達爾斯基作，1936 年版。

對於單斗電鏟用理論方法繪製的較為詳細的負荷曲線及其分析，載於波里索夫所著 [昇斗容量為 3 立方公尺的電鏟的電氣設備] 一文中，[電氣工業雜誌] 1939 年第 7 期。

是因為第二次開動提昇電動機，以便將戽斗下放至卸載的高度而形成的；此後，所需的電流即幾乎降至零。然後，戽斗即被啓開，而又重新開動提昇電動機，以便將卸空了的戽斗升高，此時又造成了第三個尖峯負荷 B 。當電流稍微下降後，於戽斗由車輛轉向工作面以及將戽斗下放以便掘土時（開始新的工作循環），就形成了第四個尖峯負荷 I' 。

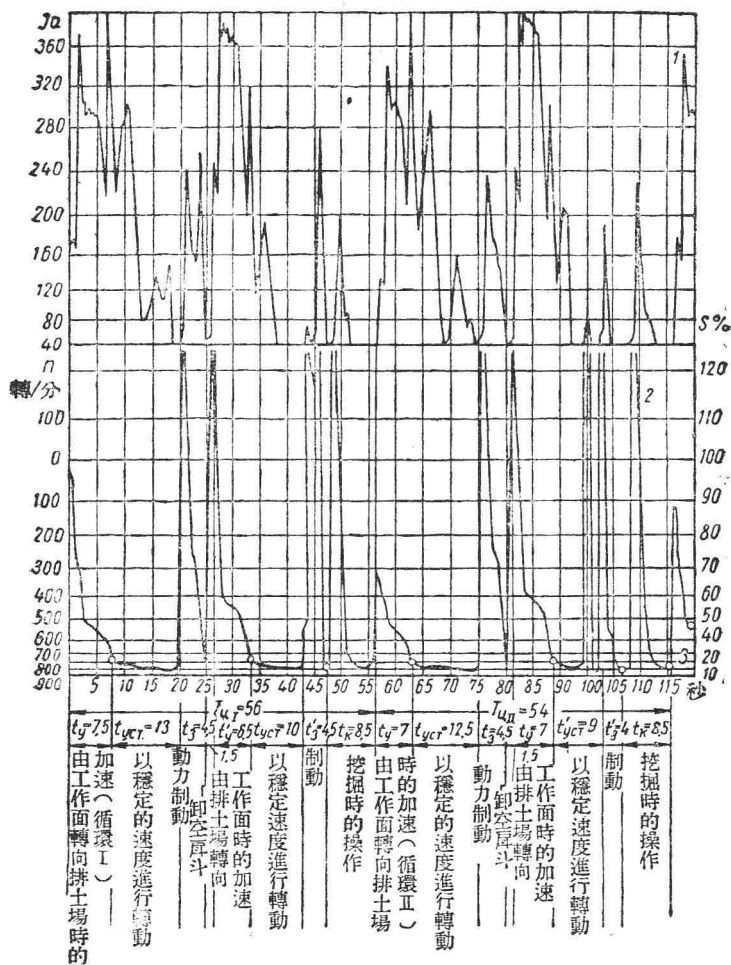
為了說明電鏟的每部電動機的工作方式及其總負荷，第 214 圖中表明了帶有直流電動機的①大型單斗電鏟之負荷曲綫。



第 214 圖 單斗電鏟電動機的負荷曲綫

步動式繩斗電鏟的工作過程與帶有機械鏟之電鏟的工作過程不同之處，在於其掘土過程是利用牽引裝置——牽引繩及牽引繩筒進行的。照例在繩斗式電鏟上裝有帶兩個繩筒（牽引繩筒及提昇繩筒）的絞車，兩個繩筒是用一部電動機來傳動的。這部電動機還要傳動步動機械，以使電鏟進行移動。有專用的電動機使電鏟進行轉彎。

① 托姆布洛夫斯基、朱可夫、阿衛林等著《電鏟》，國立機器製造書籍出版社 1949 年版。



第 215 圖 3Ш-1 型繩斗式電鏟的工作循環曲線

1—轉子電流的曲線；2—滑差(S%)及轉數曲線；3—第三個循環的加速度。

步動式繩斗電鏟的工作循環由以下各作業組成：

- 1) 掘土；
- 2) 提昇滿載的戽斗；
- 3) 轉動電鏟以便將戽斗卸空；
- 4) 卸空戽斗；
- 5) 將電鏟轉向工作面；
- 6) 下放戽斗以便進行掘土。

爲了縮短工作循環，當滿載的戽斗剛一脫離土塊後，電鏟即開始轉動。在電鏟轉向工作面時，戽斗即行下降，以準備重新掘土。

第 215 圖所示的，是戽斗的容量爲 3.4 立方公尺的 3Ш-1 型繩斗式電鏟^①之工作循環曲線，此曲線是用自動記錄器記載下來的。

對單斗電鏟主電動機的工作方式及負荷進行了分析以後，可以對電鏟的電動機提出下列主要要求：

- 1) 電動機的高度可靠性、機械的堅固性及高度的過負荷能力；
- 2) 電動機的特種「掘土」性能，這種性能，是在正常負荷時，能保證有高的速度，而在大量過負荷時，能限制電流使速度立刻降至零，以免機械及電動機受到損壞；
- 3) 電動機應有較小的飛輪力矩，以便縮短機械加速及減速的時間；
- 4) 緊急的電氣制動；
- 5) 簡單及可靠的操縱；
- 6) 在強烈的衝擊及震動的條件下，電動機應能擔負多次的起動（在個別情況下每小時要起動 600 多次）及反轉的工作。

在蘇聯教授托姆布洛夫斯基的領導之下，曾在各種條件下對各類型的單斗電鏟的工作方式作了深入的理論方面的研究及實驗。這種實驗有助於電鏟主要電氣指標的確定。

① 葉法諾夫及拉茨著：瓦赫魯舍夫烏哥爾礦務局所屬露天礦的運行及改善 3Ш-1 型繩斗式電鏟的經驗。《煤》雜誌，1951 年第 1 期。

根據實驗的資料^①，可知單斗電鏟的直流電動機在困難的工作條件下，可以經常滿負荷地進行工作。尖峯負荷可達電動機額定容量的170—180%，有時甚至達200%。

在正常運轉的情況下，提昇電動機的負荷平均等於其額定容量。尖峯負荷約達170—250%的額定容量。

旋轉及推壓電動機的負荷，平均等於額定容量的120—130%，其尖峯負荷可達額定容量的250—350%。

單斗電鏟的電耗根據土壤的硬度、掘土條件、斗的容量、電鏟傳動系統以及其他各種因素而變化，其變化範圍很大。

按照「前進式鏟土」系統進行工作的露天礦用的直流電鏟的電耗量，根據土壤不同的硬度，每鏟1立方公尺的土壤，約需0.25—0.7度的電。剝離用電鏟及繩斗式電鏟的電耗量，要較此多10—12%。根據土壤不同的硬度，交流電鏟的電耗量約為0.6—0.9度/立方公尺。

根據緬里尼可夫的資料，在露天礦每掘1立方公尺的岩石或者煤炭的電耗量約為0.4—0.7度^②。

第4節 單斗式電鏟交流電的傳動及操縱

目前大量地使用着兩種主要系統的單斗電鏟的電氣傳動：1) 交流系統，2) 直流系統。

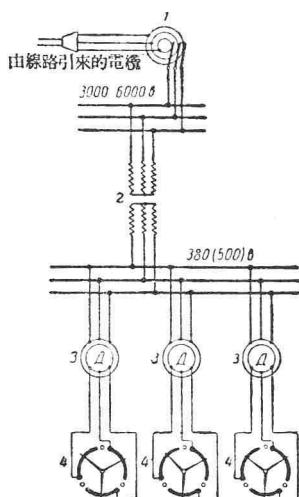
因為在斗的容量為3立方公尺以下的、裝有一部電動機及幾部電動的電鏟上，使用着電壓為380伏，有時是500伏的繞綫式電動機，所以決定了主要應使用交流系統的電氣傳動。

因為是用3000伏或者6000伏的高壓電來對露天礦的電鏟進行供電，所以要在旋轉台上安裝變壓器，以便將電壓降低。旋轉台上所裝設之變壓器同時亦可作平衡錘之用。僅在稀有的情況下，當容量不大（單電動機的電鏟），而為橡膠電纜的溫昇所容許時，才將變壓器裝設在梯段上的可移動的變電亭中。

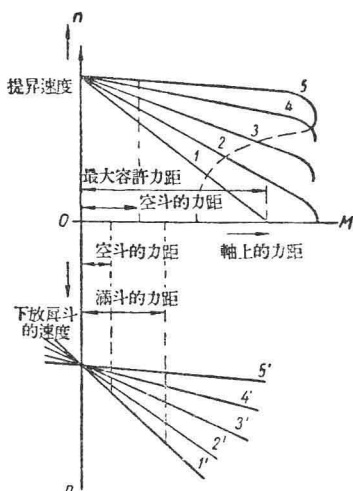
① 托姆布洛夫斯基、朱可夫、阿衛林著「電鏟」。國立機器製造書籍出版社1949年版。

② 緬里尼可夫著「露天礦工程師及技術員手冊」。國立煤礦技術出版社，1950年版。

單斗電鏟的交流電氣設備的原則系統示於第 216 圖。



第 216 圖 單斗電鏟的交流電氣設備的原則系統 1—集電裝置；2—主降壓變壓器；3—工作電動機(提昇、旋轉、推壓)；4—電阻器。



第 217 圖 電鏟用三相感應電動機的工作曲線

由系統圖中可以看出，每部工作感應電動機的操縱，是藉調整轉子回路中的電阻的方法而進行的。

電鏟用三相感應電動機的工作曲線示於第 217 圖^①。

第 217 圖的上半部是表示在進行提昇(提昇電動機及推壓電動機的)或者轉動畚斗(旋轉電動機的)時，電動機的傳動工作方式。電動機的曲線 1 是表示將全部電阻接入轉子回路時的曲線。電動機的曲線 5 是表示已將全部電阻拆除而轉子不帶電阻進行轉動時的曲線。

當將全部電阻接入轉子的回路時，電動機的轉速是漸漸地增加的，隨着各級電阻的切斷，電動機即由特性曲線 1 轉變到特性曲線 2、3、4，而最後即轉變到固有的特性曲線 5，此曲線是表示電動機

① 第 217 圖是轉載普列氏所著、國立機器製造書籍出版社 1938 年所出版的「電鏟的電氣設備」一書中的曲線圖。

以其最大的速度進行正常工作的。

當實行電氣制動時，例如下放戽斗時，電動機即進入發電的工作方式，其特性曲線示於第 217 圖的下半部。

在這種情況下，當將全部電阻切斷後，即轉子不帶電阻進行轉動時(特性曲線5')，電動機的轉速最小；而將全部電阻接入轉子的回路時(特性曲線1')，其轉速最大。

根據上面的曲線，可以作出一個這樣的結論，即感應電動機不大適用於電鏟主要機械的傳動，因為曲線5的[堅硬性]，感應電動機的轉速實際上幾乎是不決定於負荷的，所以對前面所提出的要求，有一項不能滿足。

在長時間過負荷的情況下，感應電動機會停止轉動，而且此時因為電流上長到正常電流的好幾倍，所以使電動機軸上的力矩大為降低。

欲克服這個缺點，可以使電動機不按照固有的特性曲線5運轉，而使其按照起動曲線之一進行運轉，即在電動機進行運轉時在轉子回路中接入一部分的電阻。但是利用這種方法的缺點是因此會減低電動機的轉速，因而降低了電鏟的效率，以及使電力的損失增加。這種額外的損失是消耗於使電阻器發熱的。

因為上述的系統既簡單可靠，而裝置的價格也低廉，所以經常把它用於戽斗容量不大的單斗電鏟。在這種情況下，為了[緩和]提昇電動機及推壓電動機的曲線，轉子回路中電阻器的最後一級，所謂[滑差級]，經常是通路而不被切斷的。

如果採用自動化的方法使電動機的速度因為負荷的增加，即因為電流的變動，而由一個速度曲線變換到另一個速度曲線時，則這種系統中的所有缺點均可克服。但是，使用這種方法時，操縱系統的動作應當是很迅速、準確而且可靠的。

由於[電氣傳動]設計局工作人員創作性的勞動，電鏟三相電動機的自動操縱系統現在已完善到如此程度：它已可有效地用在構造最為新穎、戽斗的容量為3.4立方公尺、吊臂的長度達38公尺的ЭШ-1型

繩斗式電鏟了。

與普通電鏟不同的地方是：在 $\Theta\text{Ш-1}$ 型能旋轉 360 度的繩斗式電鏟上的提昇機械、拖曳斗的機械及步動機械，是共用一部容量為 280 瓩、電壓為 380 伏的三相繞綫式感應電動機傳動的，該電動機的轉速為 750 轉/分鐘。

旋轉機械是另用一部容量為 70 瓩、電壓為 380 伏、每分鐘 1000 轉的立式繞綫式電動機來傳動的。

利用摩擦裝置來聯動提昇絞車及拖曳斗的絞車，而摩擦裝置是藉風缸的活塞聯動桿傳動的。

壓風是經過電力風動閘門進入風缸的，閘門的動作原理已闡明於第 15 章的第 5 節。用裝在電鏟的旋轉台上的小型操縱裝置來對電力風動閘門進行操縱。

步動機械的聯動是利用凸輪式的接軸器進行的，此接軸器也是藉壓風之力進行動作的。

除主電動機及旋轉電動機外，在電鏟上還裝有以下各鼠籠式的輔助電動機：1) 容量為 3.3 瓩、電壓為 380 伏、每分鐘 1000 轉的用於提昇吊臂的電動機；2) 容量為 10 瓩、電壓為 380 伏、每分鐘 1000 轉的用於對摩擦裝置的風缸供給壓風的壓風機的電動機；3) 用於對電壓為 48 伏的操縱回路及動力制動器供給直流電的、容量為 9.6 瓩的電動發電機組。

爲了照明及自用，另裝有一部容量為 2.5 千伏安、380/127 伏的降壓變壓器。

主電動機及旋轉電動機的保護裝置是過電流繼電器，而各輔助電動機及自用變壓器的保護裝置是可熔保險。

在電鏟旋轉台上佈置設備的情況示於第 218 圖，而動力回路的原則系統則示於第 219 圖^①。

利用接觸裝置來對主電動機及旋轉電動機實行遠距離操縱。由於

① 葉法諾夫作： $\Theta\text{Ш-1}$ 型電鏟的交流傳動裝置 [電工雜誌] 1949 年第 8 期。