

高等學校教學用書

露天採礦學

下 册

苏联 耶·弗·舍什科著

燃料工業出版社

高等學校教學用書

露天採礦學

下 冊

蘇聯工學博士 耶·弗·舍什科著

于汝綬 彭世濟 駱中洲譯 袁乃勤審校

蘇聯高等教育部審定作為礦業學院
和大學採礦系採礦專業教科書

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書中譯本分上下兩冊出版。下冊主要闡述露天開採工程方面的問題：**露天開採要素，開溝的方法，礦體的開拓與開採方法，露天開採的境界等。**

本書適於作大學露天採礦專業的教科書。

露 天 採 礦 學

ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

下 冊

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)
1951年哈爾科夫俄文修訂第二版翻譯

蘇聯 E. Ф. ШЕШКО 著

于汝綏 彭世濟 駱中洲譯 袁乃勤審校

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街燃料工業部

北京市書刊出版業營業許可証出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：梁祖佑 王華瑩 校對：郭益華 祁 峨

書號472煤178

850×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 * 3 $\frac{1}{2}$ 印張 * 8插頁 * 196千字 * 定價(8)一元四角二分
一九五五年八月北京第一版第一次印刷(1—2,500冊)

目 錄

第二篇 露 天 開 採

第七章 露天開採要素	262
第29節 階段,分段,工作面	262
第30節 採掘帶,採掘區及工作綫	278
第31節 階段平盤,儲量準備程度,工作綫的推進	286
第32節 採掘工程量的計算	298
第八章 露天礦山坑道及露天採掘工程的種類	305
第33節 出入溝,開段溝及專用溝	305
第34節 開溝方法	311
第35節 主要的和輔助的採掘工作	320
第36節 剝離運輸	325
第九章 礦體開拓	330
第37節 露天礦田及出入溝開掘方法	330
第38節 出入溝的設置	357
第39節 出入溝坡度決定的方法	373
第40節 開拓方法的分類及應用範圍	388
第十章 礦體開採方法	403
第41節 開採方法的分類	403
第42節 開採方法的特徵及應用範圍	417
第43節 應用排土橋及繩索電鏟的開採方法	441
第44節 防止有益礦物的損失	450
第十一章 露天工作組織與計劃	456
第45節 露天工作組織的概念	456
第46節 採掘計劃編製原理	466
第十二章 露天開採境界	471
第47節 確定露天開採境界的方法及原理	471
第48節 分析計算法	482
第49節 圖解分析計算法	492
第50節 圖解座標計算法	499
結束語	506
附 錄	512

第二篇 露天開採

第七章 露天開採要素

第29節 階段,分段,工作面

礦體及部分覆蓋礦體的岩石，在露天開採時，一般是被分為單獨的分層。當開採水平或緩傾斜礦體時，上述分層是按照有益礦物及岩石同一性的特徵來進行劃分的(圖148,149)。但在開採急傾斜或傾斜礦體時，就不能這樣分層。這時只能儘量使階段高度大致相等，並能適合生產的需要。

水平分層在開採過程中形成階梯狀，故稱為階段。工作階段的標誌就是在階段範圍內必須具有一個運輸平盤及用以自該階段運出岩石及有益礦物的運輸設備。

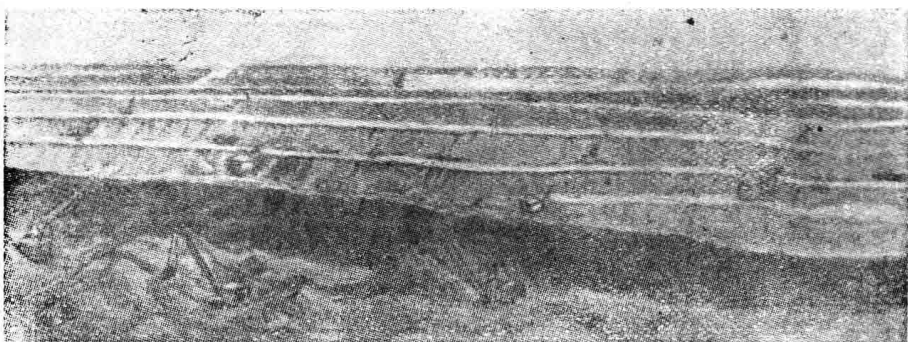


圖 148 瓦赫魯雪夫露天礦外貌圖。自圖中可看出剝離階段，採煤階段及其設備——單斗式電鏟；在前景內表示吊斗式電鏟在內部排土場將岩石進行再搗堆工作。

在同一岩石結構的階段上，它的坡面比較穩定，所以開採這些階段時比較簡單，生產力也高。但往往在礦體成層條件複雜時，因為分成同一性的階段來開採已不可能，所以階段往往必需要再分為二部或數部分，稱為分段。在這種情況下，則應力求分段的

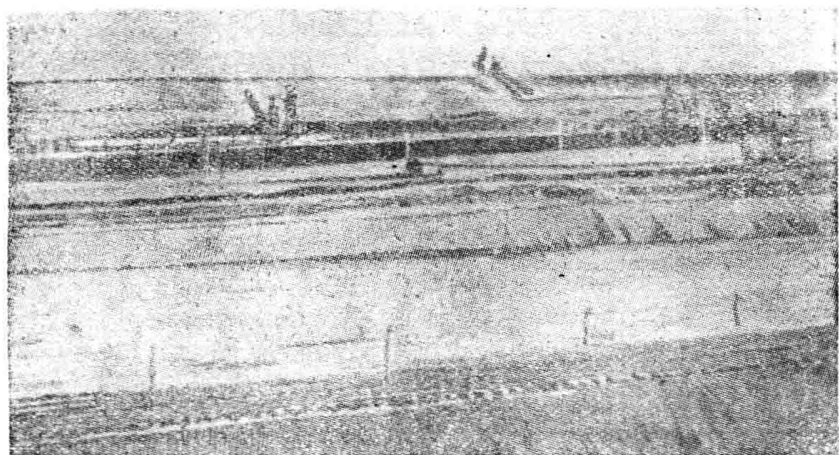


圖 149 設有多斗式電鏟的露天礦標準外貌圖(德意志民主共和國)

同一性。有時階段之分爲分段是由於配置設備的需要,例如在階段上有一個堅硬岩石的中間水平,適於安置設備,這樣就很可能把電鏟、列車運行綫路、採掘機械及排土機械等不像一般情況下安設在階段的底盤或頂盤上,而是安設在這個中間平盤上(圖150e及ж)。

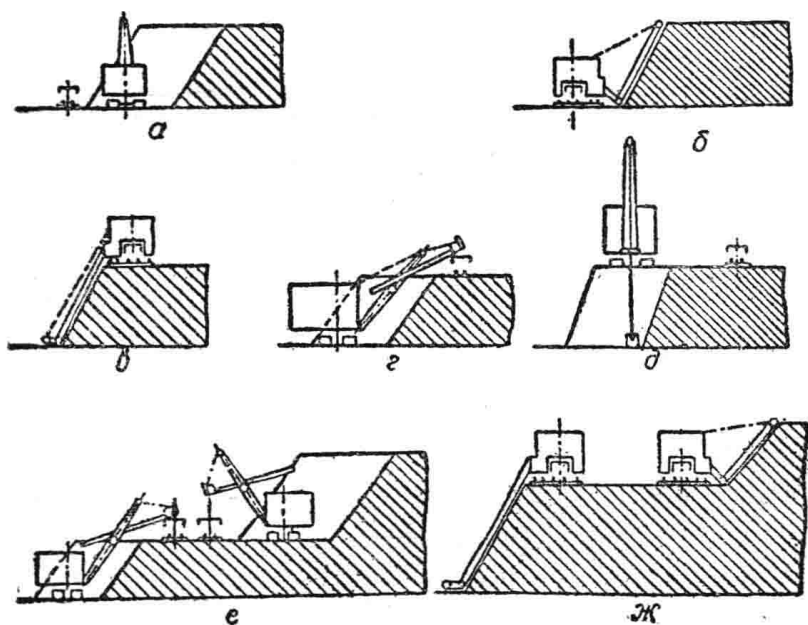


圖 150 階段開採的各種情況

同一階段上的分段共用一個安設運輸設備的平盤，而分段正根據這一特徵聯合成階段。在每一個分段上可用獨立的技术裝備來進行穿爆及採掘裝載工作。

開採階段時，採掘裝載工作可以有三种基本方式：下裝式、上裝式及混裝式。下裝式就是在階段下部平盤(底盤)裝車；上裝式——在階段上部平盤(頂盤)裝車；混裝式——在階段中間平盤裝車。

下裝式使用机械鏟裝車，也可用輪式電鏟(圖 157)或上斗式多斗電鏟(圖 150, б)。上裝式使用工作規格較大的机械鏟或下斗式多斗電鏟及吊斗式電鏟(圖 150, в, г, д)。

混裝式(圖 150, е, ж)係由上述二种方式——上裝式及下裝式——組合而成。这种方式在階段被分為分段時採用。

當開採山坡礦體，即礦體高於地表——般水平時，宜採用下裝式。因為在這種情況下剝離物在電鏟裝車過程中已趨近地表水平。

當開採低於地表的礦體時，顯然，上裝式能使剝離物趨近地表，從而能縮短運輸設備的運輸距離。

在深露天中開採堅硬岩石時，絕大多數是採用下裝式，因為上裝車時，机械鏟的生產力要降低一些。當開採軟質岩石時，上裝式應用較廣。因為在這種條件下，上裝式用的工具不僅是机械鏟，也可用其他電鏟，特別是多斗式及吊斗式電鏟。

根據上述特徵可分為順向及逆向電鏟裝車。顯然，對於山坡露天下裝式是順向的而上裝式是逆向的。但在一般情況下，也就是對於低於地表的露天，則上裝式是順向的，而下裝式是逆向的。在後一情況下，當各階段高度相同，運輸量相等時，整個露天每一噸剝離物的平均運輸功為(圖 151)：

當順向裝車時

$$1 \times \frac{H-h}{2} \text{噸-公尺}; \quad (184)$$

當逆向裝車時

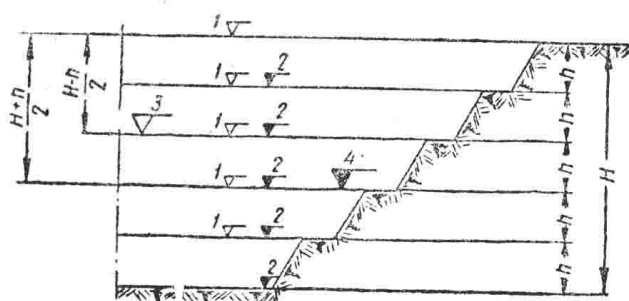


圖 151 順向及逆向裝車時之貨載運輸示意圖

1—順向裝車時之運輸水平；2—逆向裝車時之運輸水平；
3—順向裝車時之平均運輸水平；4—逆向裝車時之平均運輸水平。

$$1 \times \frac{H+h}{2} \text{ 噸-公尺。} \quad (185)$$

在具体条件下，裝車方法的相对值視露天總深度 H 与階段高度 h 的關係而變化。對於在山坡上的露天，这些公式的絕對值不變。但是当開溝時，上裝式就具有很大的意義，因為，在这种条件下，上裝式能大大提高開溝的速度(第34節)。

階段或分段的工作面形狀及尺寸均視其開採方法及工具而異。岩石及有益礦物全層開採，亦即所謂「整体開採」時，其工作面的形狀決定於工作面机械——電鏟，剷運机，射水机等——的類型及工作規格。岩石和有益礦物分層開採，亦即所謂「選擇開採」時，工作面形狀及大小除上述條件外，还決定於階段的構造，主要是開採分層的數目及厚度。

机械鏟工作面一般均自階段端面開始，軟岩工作面之斷面是一根很陡的曲綫，也就是電鏟勺斗的挖掘軌跡。在鬆散的或經穿爆後的堅硬岩石中，由於岩石不斷沉落，工作面的斷面曲綫發生變動，因而它按岩石的自然安息角而穩定。

机械鏟工作面的高度，一般不应超过電鏟本身的挖掘高度，即 $H \leq H_0$ (圖152)。但在鬆散的或破碎較好的硬質岩石中，由於沉落是逐漸的，沒有危險，所以工作面高度可稍高一些。但在其他情況下，高工作面上部電鏟勺斗不能達到的一段要用其他專門

的工具來協助——主要是用風鏟及小孔爆破，使之破碎後再塌入工作面內。在採取這些措施後，就能避免工作面上部的傘簷自行塌落而對人及機械發生危險。

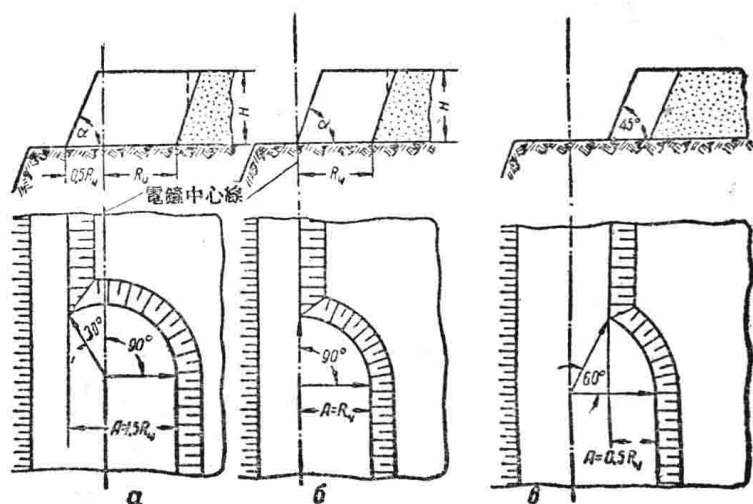


圖 152 機械鏟工作面之寬度及高度

機械鏟工作面寬度 A 通常在一到一個半電鏟水平挖掘半徑之間(圖152, a, b), 即

$$A = 1 R_q \text{ 至 } 1.5 R_q \text{ 公尺。} \quad (186)$$

在軟岩石中，若直接用電鏟排到內部排土場時，則工作面寬度有時可以小些，但亦不得小於挖掘半徑的一半(圖152, b)。

$$A \geq 0.5 R_q.$$

機械鏟在寬度超過 $1.5 R_q$ 的工作面上工作一般是不允許的，因為這將在工作面外部造成採掘殘餘。而這部分岩石由於電鏟勺斗的作用向探空地點愈離愈遠，漸漸成為不能達到部分。因此確定電鏟轉向探空地點的角度不大於 45° 時，電鏟勺斗可以挖到岩石(或有益礦物)。但一般總不使該角超過 30° (圖152, a), 亦即工作面外部寬為 $0.5 R_q$, 全寬則為 $1.5 R_q$ 。

工作面的寬度正常都採取其最大值，即 $A = 1.5 R_q$ 。因為這時工作面設備，尤其是掌子綫移動的次數最少。但若這樣作並沒有

意義時，工作面的寬度則可以小些(圖152,б,в)。

勺斗容量為1.5—3.0立方公尺的電鏟在露天中應用最廣。這種電鏟的工作面正常高度為8—10公尺，寬10—12公尺。工作規格較大的機械鏟工作面高達15—18公尺，寬為10—20公尺。

吊斗式電鏟工作面一般自階段端面開始，在較少情況下，如在開溝時亦允許自階段坡面開始。吊斗式電鏟工作面的斷面是曲綫形的，但較機械鏟工作面平緩，這是因為它的勺斗與懸架是撓性聯結的。吊斗式電鏟掌子坡面的計算角不得大於40—60°，而坡面穩定角為35—45°(圖153,б)。吊斗式電鏟安設在崩落三稜體以外，工作面高度 h 可根據其在工作面底盤 R_k 的挖掘半徑來確定，由吊斗式電鏟中心至工作面坡頂綫的距離決定於吊斗式電鏟所在水平的挖掘半徑 R_q (圖153a及б)。勺斗自垂綫拋出10—15°時的可能拋距及其相應的最大挖掘半徑 R_{max} 這裏不研究，因為吊斗式電鏟的這種最大規格在採掘時是不經常利用的。

吊斗式電鏟的工作面寬度根據挖掘半徑 R_k 及其由中心綫轉

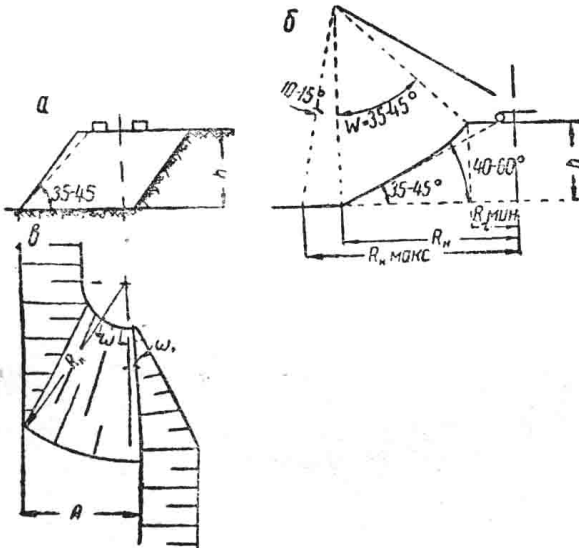


圖 153 吊斗式電鏟工作面

a—工作面；б—工作面縱斷面；в—工作面平面圖。

向兩側的工作旋轉角度 ω 及 ω_1 計算。在一般情況下寬度為：

$$A = R_k (\sin \omega + \sin \omega_1) \text{ 公尺。} \quad (187)$$

上述的每個旋轉角度根據需要來確定，但往往是在 $30-45^\circ$ 之間。角度小，週期生產力就高。通常只在為了階段延深開採時，電鏟才轉向階段新坡面的一方，所以(圖153, β)

$$A = R_k \sin \omega \text{ 公尺} \quad (187-a)$$

应用最廣泛的吊斗式電鏟，其勺斗容量是 $1.5-4.0$ 立方公尺，挖掘半徑為 $20-40$ 公尺，工作面寬度 $10-20$ 公尺。吊斗式電鏟的挖掘深度為 $12-25$ 公尺，階段高度 h 不應超過挖掘深度。吊斗式電鏟的挖掘深度在上述範圍內極易調節，故亦能適用於分層開採。

机械鉋工作面 与机械鏟工作面相似，也是自階段端面開始(圖154)。當懸架水平時，工作面寬度決定於机器工作旋轉角度

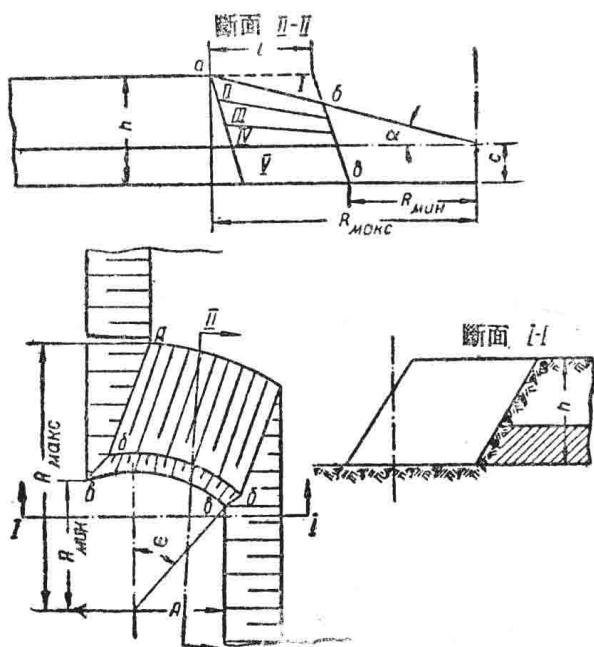


圖 154 机械鉋工作面
 α, β, θ —工作面斷面的折點。

ω ，其值為 $45-60^\circ$ 。此外還決定於最小挖掘半徑 R_{MIN} ，即由電鏟中心綫至工作面之距離。該距離在最大挖掘半徑 R_{MAX} 一定時，應與勺斗之工作行程所需的長度 l 相適應，於是：

$$R_{\text{MIN}} = R_{\text{MAX}} - l.$$

工作面寬度求法與機械鏟的情況相同

$$A = R_{\text{MIN}} \text{ 至 } 1.5R_{\text{MIN}}. \quad (188)$$

機械鉤工作面高度不大，因為機械鉤係用於開採不厚的分層及夾石層。但在必要時也可用以開採較高的工作面，在這種情況下，工作面高度決定於懸架之可能昇高角度 α 及最大挖掘半徑 R_{MAX} 。顯然

$$h = R_{\text{MAX}} \text{tg}\alpha + C \text{ 公尺}$$

懸架之允許上昇角度為 $\alpha \leq 20-30^\circ$ 。懸架軸部高度 $C = 1.5$ 至 2.5 公尺。刨斗容量為 $1.5-2.0$ 立方公尺的機械鉤最大挖掘半徑 $R_{\text{MAX}} = 4-10$ 公尺。這種機械鉤工作面的寬度 $A = 3-8$ 公尺。工作面高度 $h = 1.4-4$ 公尺。在少數情況下，當工作面寬度為 $10-14$ 公尺、高度為 $6-7$ 公尺時，才採用較大型的機械鉤，其刨斗容量 $5-6$ 立方公尺，最大挖掘半徑 $12-15$ 公尺，工作旋轉角度達 $60-70^\circ$ 。

機械鉤是單斗式電鏟中唯一具有直綫形勺斗軌跡的機械。它能保持有益礦物或岩石的切割面在工作面上經常水平而很少傾斜。這種條件使機械鉤能用於水平及緩傾斜分層或夾石層的分層開採(圖155)。

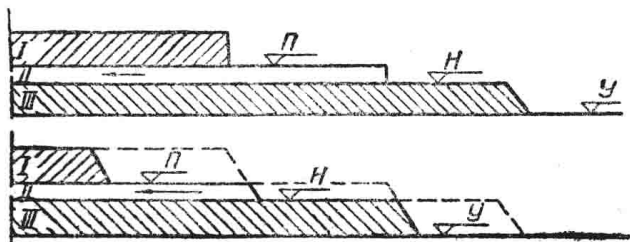


圖 155 有益礦物 I、III 與岩石 II 用機械鉤分層開採的方法
夾石頂板 II，下層礦物頂板 H 及階段底盤 Y 順序為
機械鉤之工作平盤。

輪式電鏟工作面(圖156)多半自階段端面開始,也可能从階段坡面的方向開始。在第一种情況下,輪式電鏟開採階段与用單斗式電鏟相似;在第二種情況下与多斗式電鏟相同。从端面開始的工作面,其尺寸的確定方法与机械鉋工作面相同。這時在工作面上机械旋轉角度,對於懸架迴轉式電鏟為 $\pm 45^\circ$ 而对机体迴轉式電鏟則可達 $+90^\circ$ 及 -45° ,也就是說, ω 的變化可自 90° 至 135° 。最大挖掘半徑 R_{max} 決定於輪式電鏟懸架的長度 L ,自電鏟中心至懸架軸部的距離 C 及斗輪半徑 r ,其值(圖156)對於懸架迴轉式電鏟為:

$$R_{\text{max}} = L + r \text{ 公尺}; \quad (189)$$

對於机体迴轉式電鏟為:

$$R_{\text{max}} = L + r + C \text{ 公尺}. \quad (190)$$

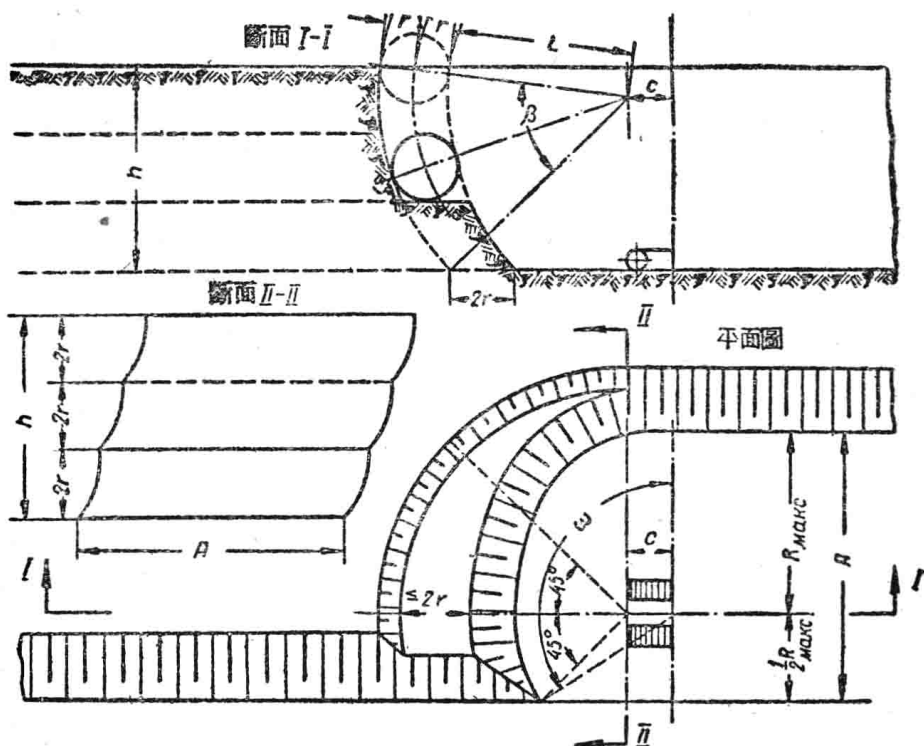


圖 156 輪式電鏟工作面

当挖斗容量為 100—1700 公升時，懸架長度 L 為 5—20 公尺，斗輪半徑 $r=1.6—6.0$ 公尺。

懸架上昇或下降的工作角度等於 $\pm 15^\circ$ 至 $\pm 20^\circ$ ， β 角相當於 30 至 40° 。

輪式電鏟工作面的一般寬度對懸架迴轉式 ($\omega=90^\circ$) 及機體迴轉式 ($\omega=135^\circ$) 之值為：

$$A \leq 2R_{\text{макс}} \sin \frac{\omega}{2} \cong 1.5R_{\text{макс}} \text{ 公尺。} \quad (191)$$

式中 $R_{\text{макс}}$ 由有關公式(189)及(190)決定。

工作面高度為：

$$h \leq 2R_{\text{макс}} \sin \frac{\beta}{2} \text{ 公尺。} \quad (192)$$

輪式電鏟工作面尺寸的實際數值如下：寬度 10—20 公尺，高 5—20 公尺。最大工作角度 $\omega=135^\circ$ 很少應用，因為這樣會使岩石或有益礦物由工作面滑至階段坡面，使得對工作面外部挖掘困難。因此，即使用機體迴轉式電鏟，也常用較小的角進行工作。掌子坡面角度 α 當階段高度 h 一定時，決定於電鏟懸架的伸縮度 II ，顯然， $\text{tg}\alpha=h: II$ (圖 157)。

輪式電鏟可用兩種方式——垂直刨片和水平刨片——進行挖掘(圖 158)。

在第一種情況下，電鏟懸架及工作輪經常轉動。這時工作面的採掘工作以及放下懸架使工作輪進行裝載等工作都在工作面狹窄的空間進行，空間的尺寸等於工作輪的寬度(0.5—2.0 公尺)。

工作面自上而下採完後，

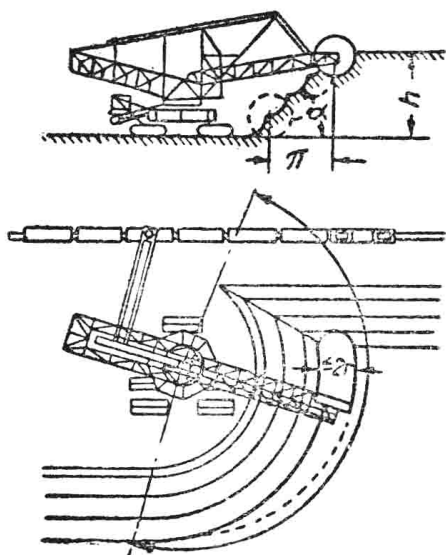


圖 157 在工作面中的輪式電鏟

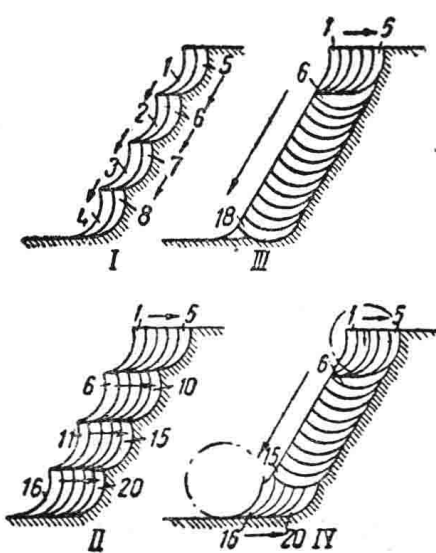


圖 158 輪式電鏟工作方法
1—20—分層順序編號。

再提昇懸架至所需高度，挖掘次一個相鄰的垂直刨片。

在第二種方式中，採掘工作是懸架不斷在水平面旋轉時進行。同時，工作輪沿工作面全寬多次前進及後退。工作輪每進退一次，它的挖斗就切下一條很薄的刨片。工作面自上而下分為若干厚度不大的水平分層採掘。分層厚度自0.2—0.3至0.5—0.7公尺或稍大，它主要決定於挖斗容量及岩石硬度。

根據上述的挖掘方式可採用下列四種工作面挖掘的基本

方法(圖158)。第一種是在工作面全高上，岩石都用若干垂直刨片來挖掘(圖158, I)。這種方法應用於全層開採較低的階段時從階段坡面開始的工作面中。這樣就使懸架空載移動的相對量減少。上述方法對非迴轉式電鏟也可應用，對沒有鐵道行車裝置的電鏟更為便利，因為電鏟必需沿工作綫多次往返移動。

第二種方法是在階段的一個分層中(即工作面高度的一部分)分為若干垂直刨片來挖掘。在電鏟懸架適當移動後再採掘第二個分層，餘者類推。順序是自上而下(圖158, II)，這樣，懸架的空載移動較少，所以可用於採掘自端面開始的工作面。這種方法的主要優點就是便於進行分層採掘，但是，這種方法只有機體能迴轉的電鏟或懸架能迴轉的電鏟才能應用。

第三種方法是垂直刨片與水平刨片的混合法(圖158, III)。若全部階段或即使只在下部是軟質岩石，當採掘自端面開始的階段時，就能採用這種方法，否則，以水平刨片挖掘時在工作面底部所留下的採掘殘餘就需要用輔助工具來清理。

在第四法中(圖158, IV)垂直刨片和水平刨片的混合應用能清

掃岩層底板。對於迴轉履帶式電鏟來說，第二、三及四法是主要的方法，宜用於採掘階段中自端面開始的工作面上。此時電鏟本身作較小量的往返移動(定期的移動)。

多斗式電鏟工作面一般自階段坡面開始(圖 159)，只在特殊情況下才自端面開始。工作面的形狀及部分尺寸決定於斗架斷面，挖掘方向及採掘特性——全層採掘或是分層採掘。在露天應用最廣的全層採掘法中多半採用帶有定向斗鏈的剛性懸架。定向斗鏈使掌子面呈直綫形。在這種情況下，工作面具有普通階段坡面的形狀。由於電鏟定期地橫向移動，懸架在工作面上的位置就各有不同，因而使工作面形狀不時變化。在採用自由下垂式斗鏈時，工作面是曲綫形的。

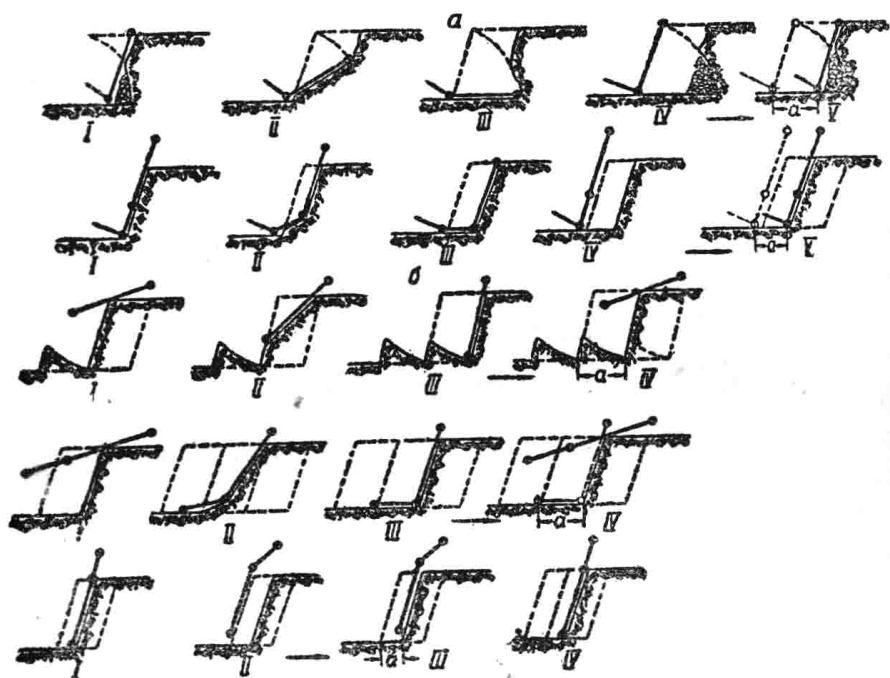


圖 159 多斗電鏟的工作面的形式

a—上斗式；b—下斗式；I—V—電鏟兩次橫移之間工作面形狀的改變順序。

當用剛性懸架工作時，上斗挖掘的工作面高度為 10—30 公尺；下斗挖掘時為 10—40 公尺；而在用自由下垂式斗鏈時則為

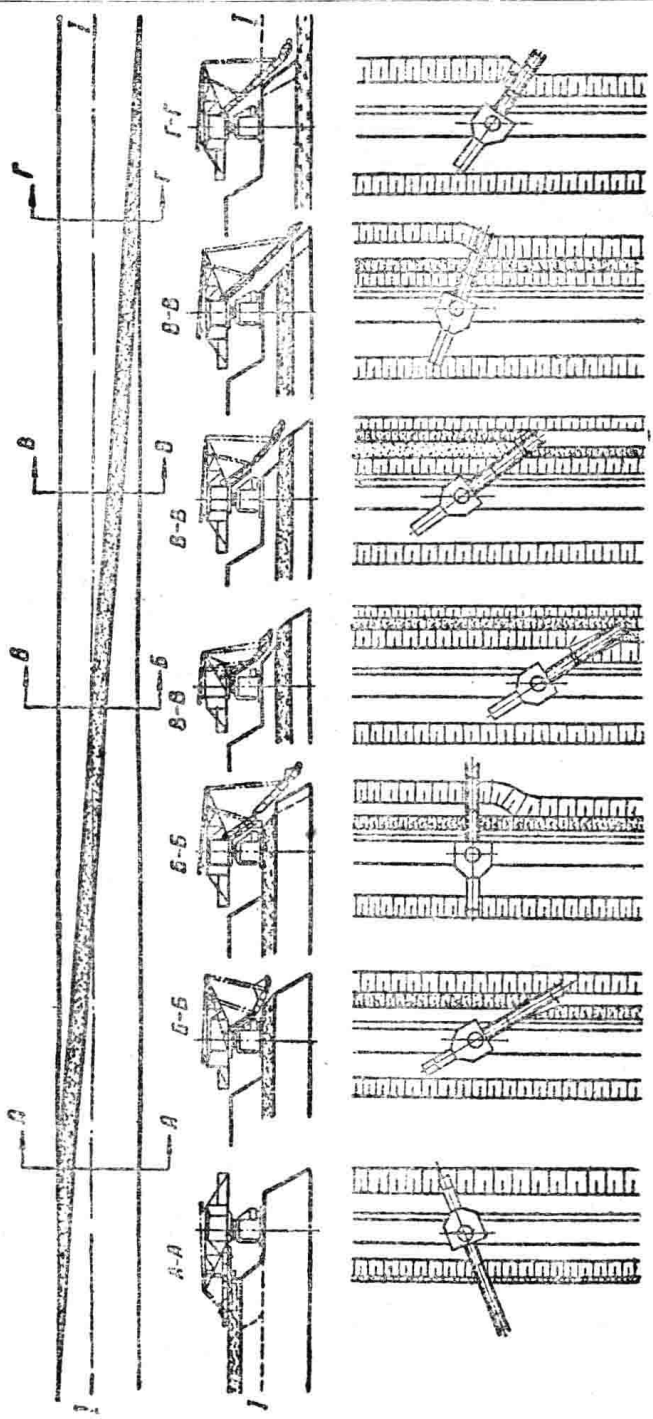


圖 160 迴轉式多斗電錐的分層採法