

煤礦技術知識小叢書之一

煤礦豎井的開鑿

蘇聯 恩·格·特魯柏克著
鮑 羣 劉立達譯
高 博 彥校

燃料工業出版社

目 錄

緒 論	1
一、井筒開鑿的一般方法	5
二、井筒開鑿的特殊方法	18
參考文獻	39

緒 論

斯大林同志於 1946 年 2 月 9 日，在莫斯科城斯大林選區的選民大會上，發表了富有歷史意義的演說。在這次的演說中，他指出了蘇聯國民經濟新高漲中的任務，他說：「我們必須使我國工業能每年出產生鐵達五千萬噸，鋼達六千萬噸，煤炭達五萬萬噸，石油達六千萬噸。祇有做到這種地步時，才可以說，我們祖國已有了免除一切意外的保障。這大概是需要三個新五年計劃的時間——也許還要多些——才可做到。但這是可能做到，而且是我們所應當做到的」①。

爲了完成人民領袖的天才計劃，必需大量地擴大煤、鋼及石油工業的生產。要想達到擴大生產這一目的，祇有提高勞動生產率，使生產過程全部機械化和建設新的礦井，而且在最短時期內應建設數千個新井，並使之生產。

由於需要提高產量，因此，必得擴大現採區的工業開採境界及開發新的煤田。在蘇維埃政權的年代中，已經發現了一些新煤田：庫茲巴斯和卡拉岡達煤田、齊爾賓和葉高爾森以及其他產煤區。

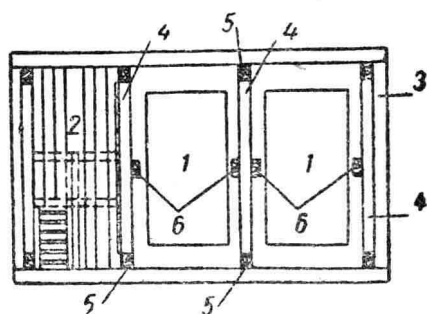
要建設新井就不可避免地要開鑿總深度達數萬公尺的井筒。

所謂井筒就是爲開發有益礦體用的一種直接通達地表的垂直的或傾斜的出口。可以利用井筒將有益礦物提昇至地面，可以利用它升降人員以及向井下運送開採煤田所必需的機械、工具、材料（特別是爆破材料）和支柱等。井筒中裝設向井內供給壓縮空氣用的壓風管，排水用的排水管及電纜等其他設備。

按井筒的用途可將井筒分爲主井及副井兩種。主井的主要用途就是利用它將有益礦物提昇到地面，有時也利用主井運送人員及材料，和裝設排水管。副井的用途是利用它完成採煤的一些輔助過程，如：通過井筒向地下巷道供給壓縮空氣、裝設排水管、升降人員、運送材料及提昇矸石等。

① 斯大林「在莫斯科城斯大林選區兩次選民大會上的演說」，外國文書齋出版社印行，1949年莫斯科版，第3頁。

井筒斷面的形狀不一：有長方形、圓形、橢圓形及不規則橢圓形。在硬岩層及鬆軟岩層內開鑿較淺的井筒時，可採用長方形（第1圖）。長方形井筒可用木製或鋼筋混凝土製（在鬆軟的岩層內）的井壁。木井壁壽命較短（易腐朽）是近年來很少採用這種井壁的原因。革命前廣泛採用過長方形井筒。不久以前，莫斯科近郊煤田也曾採用過此種井筒。但，最近幾年來莫斯科近郊煤田的長方形井筒已被圓形井筒代替了（第2圖）。



第1圖 長方形井筒

1—籠籠；2—梯子間；3—井壁；4—籠道樑；
5—籠道樑支柱；6—籠道。

在圓形井筒內採用混凝土的、磚的、料石的以及金屬的

（邱賓克^①-Тюбинг）井壁。此種井壁的壽命比木井壁的壽命長。這也就說明了為什麼近年來廣泛地採用圓形井筒。蘇聯煤礦工業部規定的標準井筒直徑規格如下：淨直徑為4.5公尺，5.0公尺，5.5公尺，6.0公尺，6.5公尺，7.0公尺，及7.5公尺。

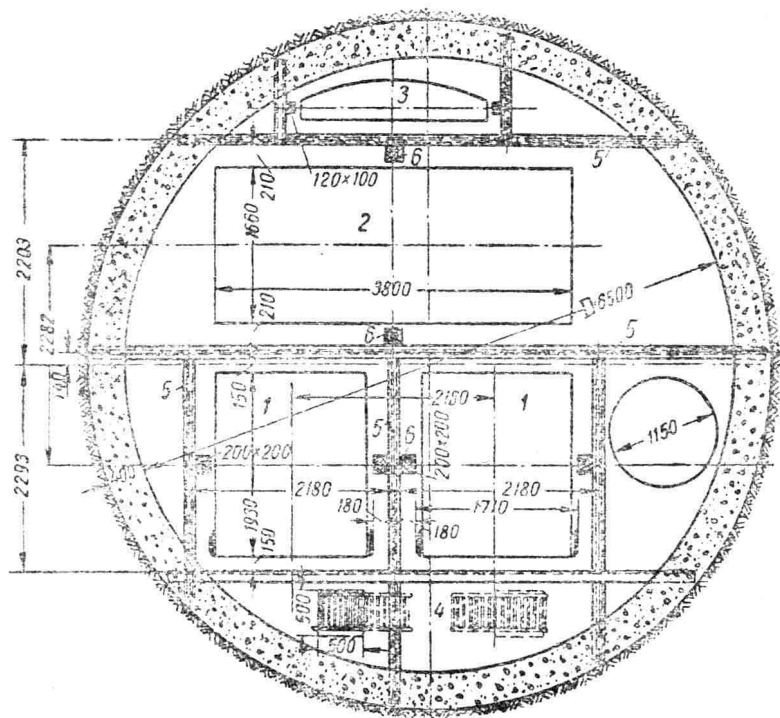
實際上很少採用橢圓形井筒及不規則的橢圓形井筒。但當改建長方形的井筒時，可用此兩種形狀，並用混凝土或磚井壁來代替木井壁。

井筒開鑿有兩種方法：井筒開鑿的一般方法及井筒開鑿的特殊方法。所謂井筒開鑿的一般方法，是不採用任何的特殊方法防止地下水湧入井筒內。流入井筒內的水是用吊桶或水泵排出的。經驗證明：在含水岩層內開鑿所需的工期及費用都比在不含水的岩層內或含水較少的岩層內開鑿時所需要的要多。如果水量較大，在井筒內就須安設兩台或三台水泵，有時還要更多些。水泵數量過多就會影響開鑿工作，同時也不能保證井筒工作面不被水淹。

如果在鬆軟的含水岩層內，特別是在流沙層內採用井筒開鑿的一

① 在礦井井筒中用以防止漏水的大口徑鑄鐵圈——編者。

般方法施工時，則將遇到更大的困難。在此種岩層內，由於湧水的關係，將不可避免地要在井幫形成空洞和發生片幫（即所謂井幫塌落）的現象。所以〔礦井技術操作規程〕內規定：當井筒開鑿時，如果每小時的湧水量超過 50 立方公尺時，必須採用特殊的方法施工。在〔礦山巷道掘進規程〕中規定：當井筒內每小時的湧水量達 30 立方公尺時，必須採用特殊的方法施工。



第2圖 圓形井筒

1—箕斗；2—罐籠；3—平衡錘；4—梯子間；5—罐道梁；6—罐道。

所謂井筒開鑿的特殊方法，是指利用各種設備和措施來防止水湧入井筒內或降低湧水量。

在開始井筒開鑿前，應完成下列各種措施及準備工作：清平工業建井場地，進行地面佈置，鋪設鐵路及公路，建築臨時及永久性的建築物（變電所、壓風機房、修理廠、辦公室及井架設備等）。

一、井筒開鑿的一般方法

當採用此種方法時應執行下列主要工序：

- 1) 和用風鏟、風鎬及打眼放炮等方法開鑿岩石；
- 2) 將岩石裝入提昇器內；
- 3) 將岩石提昇到地面並卸至捨場；
- 4) 砌築永久井壁。

井筒開鑿時的輔助工序是：

- 1) 架設臨時井壁；
- 2) 排水；
- 3) 向工作面連接電纜。

在緻密而不堅硬的岩層，例如：黏土、砂質黏土、泥灰岩等，用風鏟開鑿。此類岩石在掘進的總體積中所佔的比例很小。

在開鑿脆弱的及不堅韌的岩石時，使用風鎬及風鏟。此類岩石所佔的比例也不大。

井筒開鑿時所遇到的岩石經常是堅硬的，開鑿此類岩石，應進行爆破工作，爆破工作應利用炮眼及炸藥來進行。在井筒工作面上應鑽 20—90 個炮眼。炮眼的數量應根據工作面的大小、岩石的硬度及韌性、炸藥能力、裝藥方法及其他等因素而定。

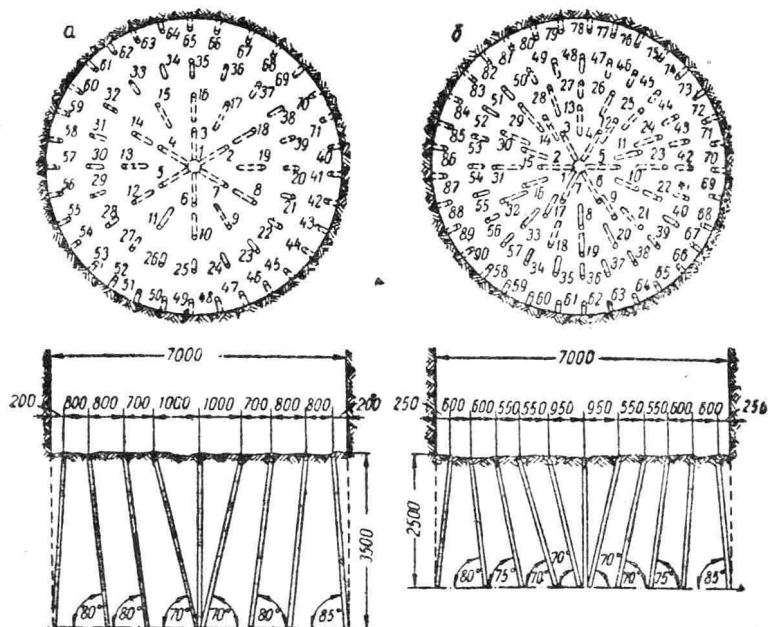
在泥質頁岩內開鑿時，要鑽 40—50 個炮眼，在砂岩內要鑽 70 個炮眼。每個炮眼應爆破的面積是 0.3—0.8 平方公尺。

炮眼的深度也是根據很多的因素決定的，主要因素是：開鑿岩石的性質；工作面的面積；鑽機類型，鑽頭的形狀及井內湧水量等。根據一個開鑿循環的時間及全部工作組織的計算來確定炮眼的深度。如果用人工裝岩，炮眼的深度通常是：在軟岩石內 2—4 公尺；在中等硬度的岩石內 1.6—3 公尺；在硬岩石 1.1—2 公尺。當利用機械裝岩時，在穩定的岩層內，炮眼深度應為 3—4.5 公尺。炮眼在工作面上排成 3—4 個同心圓。按炮眼的作用，可將其分成掏槽眼、輔助眼及岩卸眼。掏槽眼一般位於工作面之中心部分，也經常是首先爆破。

其目的是爲了形成一個新的自由面，以便減少下次炮眼爆破時的抵抗力。

掏槽眼爆破後，繼之有一兩圈的輔助眼爆破，這些眼爆破後就擴大了中間的槽口。最後，位於井筒周邊的卸岩眼的爆破便定出井筒的範圍。

炮眼應與水平面成一定的角度。掏槽眼偏向井筒中心，成 45—



第 5 圖 井筒開鑿工作面炮眼佈置圖

“a—在泥質頁岩內；b—在砂岩內。

65° 的傾斜角。掏槽眼爆破後，井筒工作面內形成一個圓錐形的凹槽。輔助眼也向井筒中心方向傾斜，其傾斜角成 65—75°（第一圈）及 75—80°（第二圈）。卸岩眼向井幫傾斜，成 85—90° 的傾斜角。同一圈上炮眼間的距離爲 0.65—1.2 公尺（第 3 圖）。

利用氣動鑽眼機（鑿岩機）打眼。蘇聯機器製造廠製造出很多型式的鑽眼機。在硬岩層內開鑿井筒時採用 OM-506 型鑿岩機（第 4 圖）。該機總重量爲 30 公斤。壓縮空氣消耗量每分鐘爲 2.4 立方公

尺。在中等硬度的岩層內開鑿井筒時，採用 PП-17 型鑿岩機（重 16.5 公斤）及 PПМ-17 型鑿岩機（重 17.5 公斤）。壓縮空氣消耗量每分鐘為 1.8—2 立方公尺。

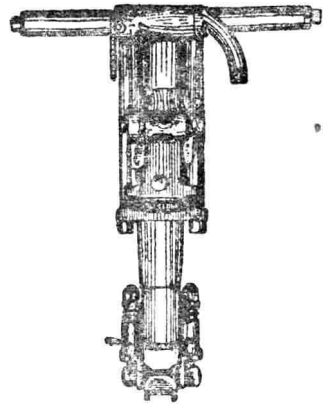
釐子是用 Y7A—Y10A 型碳素鋼製造，有時也用 7X 型鋼製造。釐子鋼的直徑為 20—32 公厘，其形狀有圓形、六角形、八角形及十字形。釐子頭有十字形鑽頭、單刃鑽頭、雙刃鑽頭及星形鑽頭。開鑿井筒時，經常採用的是十字形及單刃形的鑽頭。在開鑿硬的及中等硬度的岩層時，採用嵌有硬合金的釐子。有時也採用合成鋼製的活鑽頭。

每 3—4.5 平方公尺的面積，可用一台鑿岩機，因此，根據井筒開鑿工作面的直徑大小，可以有 6—10 台鑿岩機同時進行工作。

准許在煤礦工業部所轄的企業內使用的爆破材料，載於蘇聯國家礦山技術檢查總局的專項綱要內。在含有湧水的井筒內爆破硬岩時，可使用 62% 的硝化甘油炸藥（耐凍炸藥）。此種炸藥無需用防濕紙包裝，並且它的爆破能力很強。在無湧水的井筒內，可採用硝安炸藥。在有瓦斯爆炸危險的井筒內爆破時應採用安全炸藥，即 8.8П、Ш/1、АП-1、АП-2 及 АП-2П 號的安全炸藥。

爆破岩層時，炸藥的消耗量不一。爆破 1 立方公尺的岩石，62% 的耐凍（硝化甘油）炸藥的平均消耗量。在泥質頁岩為 0.6—1.2 公斤，在砂岩為 1.1—2 公斤。

爆破後的岩石，可以用人工或用機械進行裝岩。人工裝岩就是用鐵鍬裝爆破後的岩石。裝岩石的人數，是根據每人擔負 2.5 平方公尺的面積計算的。裝岩工每班可裝 2—3 立方公尺的岩石（實方）。實驗證明，吊桶的高度增加，則裝岩工的生產能力就降低。爆破後清理工作面需要 15—30 小時。因此，裝岩工作是件最繁重的工序。工作面經常要被水淹，而且井內也從上面向下滴水。當井筒面積為 25—35



第 4 圖 OM-506 型鑿岩機

平方公尺時，井內應有 10 名至 14 名裝岩工。

當利用人工裝岩時，豎井開鑿每一工序所用的時間佔整個開鑿循環時間的百分比如下：

1. 爆破工序（打眼、裝藥、放炮及吹出炮煙等其它安全處理）時間佔總時間 21%；
2. 裝岩工序時間佔總時間 49%；
3. 砌築永久井壁時間佔總時間 30%。

由上面的時間比率可以看出，裝岩及砌築永久井壁都是最繁重的工作。

當利用單行作業法開鑿井筒時，應計算每一工序所消耗的時間比。單行作業法就是一個工序連續着另一個工序，也就是先打眼、放炮然後裝岩，最後砌築永久井壁。採用平行作業法，即裝岩與砌築永久井壁同時進行，要比單行作業法所需要的時間減少到 30%。然而，採用此種方法的工作組織要比單行作業法的工作組織複雜得多；同時必須另設一台砌築永久井壁用的提昇設備。因此，採用平行作業法的要比較少些。

各繁重工序所需時間的百分比如下（砌築永久井壁工序不計算在內）：

- 打眼，裝藥及放炮所需時間為 15%；
- 裝岩時間為 75%；
- 輔助工序時間為 10%。

假如裝岩工序機械化後，這一工序所需的時間也就縮短了。黨及政府非常重視繁重勞動過程機械化的問題，尤其是裝岩工序的機械化問題。

在井筒開鑿方面首先是在蘇聯實現了裝岩機械化。

蘇聯的設計家們創造了各式的裝岩機，這些機械正在現場進行試用。

蘇聯廣泛使用的裝岩機是 БЧ-1 型氣動抓岩機。

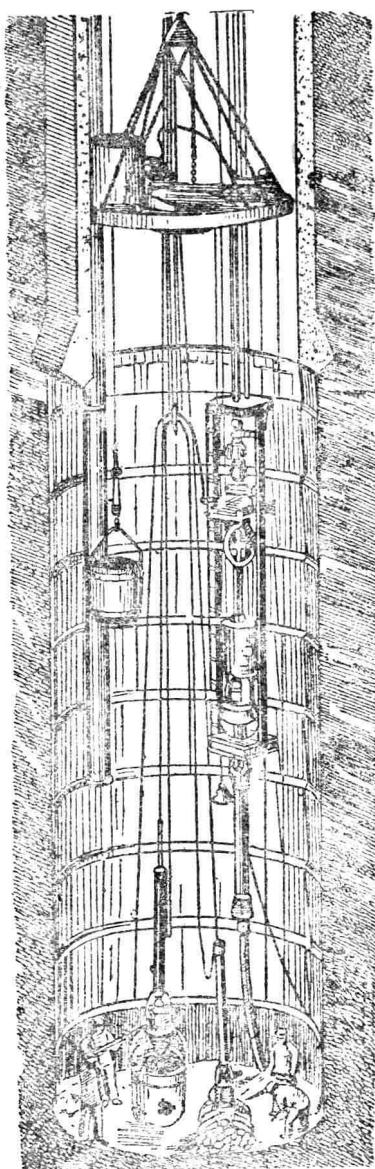
亞·依·巴露巴齊及阿·富·秋古諾夫兩工程師所設計的 БЧ-1 型氣動抓岩機的用途是把炸碎的岩石裝入吊桶或箕斗內。БЧ-1 型氣

動抓岩機是由兩個主要部分所組成：機體及懸掛抓岩機用的氣動絞車。機體本身又由三個部分組成：帶有四個爪瓣的氣動攫取器；操縱抓岩機用的操縱器及氣動提昇器（第5圖）。

抓岩機將破碎的岩石抓起後提至吊桶的上部，並將其卸入吊桶內。抓岩工作是利用由機體、氣動閉塞器及帶有四個爪瓣的氣動攫取器所組成的設備來進行。氣動閉塞器的圓筒在受到壓縮空氣的動力後即向下轉動；與此同時攫取器的爪瓣也在該軸上轉動伸開（第6圖）。當氣動閉塞器的圓筒向上轉動時，爪瓣便緊緊地抓住了岩石。

氣動絞車操縱攫取器的昇降。由一名工人用操縱器操縱氣動抓岩機。為了使抓岩機能在全工作面內進行抓岩起見，在必要時，可由另一名輔助工人利用特殊操縱器操縱抓岩機。工人藉助於壓縮空氣的力量操縱抓岩機。當壓縮空氣進入操縱器時，則用右操縱器調節抓岩機的氣動閉塞器，左操縱器操縱提昇器的圓筒。

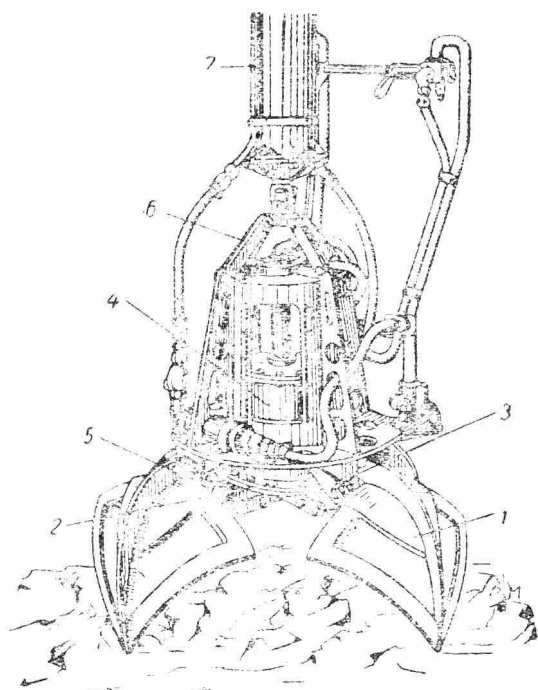
如果，井筒工作面的直徑小於5公尺時，井筒內可設一台抓岩機，如果大於5公尺時，可設兩台抓岩機。抓岩機可抓取小塊、中塊及



第5圖 B4-1型氣動抓岩機的全貌

大塊的岩石，最大的岩石塊可達 300×500 公厘。

現在已廣泛地使用着 B4-1 型抓岩機。由於採用了抓岩機，〔哥羅多夫〕2 號豎井的開鑿速度，平均每月為 30 公尺（完整井筒）（淨直徑為 5.5 公尺）。〔無產階級深井〕的井筒開鑿速度 淨直徑



第 6 圖 氣 動 抓 岩 機

1—爪；2—氣動原動機底蓋；3—聯動環；4—氣缸；5—聯動軸；
6—聯接板；7—昇降氣缸。

為 5.5 公尺的井筒，每月平均 37 公尺淨直徑為 6 公尺的井筒每月平均 40.5 公尺。此外，在開鑿〔普式庚〕豎井時，四個月間共開鑿 120.3 公尺的完整井筒，每月最高的開鑿速度為 45 公尺。

蘇聯除去製造出 B4-1 型抓岩機之外，尚製造了其他型式的抓岩機：格·伏·蘇爾米諾及甫·伏·索思諾夫兩工程師所設計的 ПГ-СС 型抓岩機；克·阿·羅哈寧工程師所設計的 ПГА-2 型鑿進抓岩機等。各主要鑿進操作（鑿岩，裝岩及架設臨時井壁）的總合，構成一

個開鑿循環。井筒開鑿工程中，一個循環接着另一個循環連續地進行。完成一個開鑿循環所需的時間稱為一個開鑿循環時間。在一定時間內，開鑿循環的次數越多，換句話講，即每一循環的時間越短，那末開鑿速度就越快，井筒開鑿成本也就越低。開鑿循環時間的長短與炮眼預定深度及裝岩方法有關。開鑿循環的時間，一般採用8、12或24小時。也即是一晝夜三循環，兩循環或一個循環。

在硬岩層內開鑿時，開鑿循環的時間要短些，而在中等硬度的岩層內開鑿時，開鑿循環的時間要長些。

在中等硬度的岩層內開鑿時，如果用人工裝岩，炮眼的深度可採取2.5—3公尺，如果用機械裝岩，其深度應為3.5—4公尺。

當按單行作業法開鑿時，開鑿工序是連續進行的。很明顯，如果各開鑿工序合併起來同時進行，就能夠提高井筒的開鑿速度。採用特製的開鑿機械便可以達到此種目的。蘇聯的工程師及設計師們正為解決這一問題而不間斷地工作，這一問題難以解決的原因，主要在於機械工作地點極其狹小——20至35平方公尺。此外，也因為工作面的位置在經常地改變。

蘇聯煤礦工業部的設計部門，設計出幾種類型的掘進康拜因：1) 南部礦井設計局所設計的ШС-6型康拜因；2) 礦山機械設計局所設計的康拜因；以及水力機械設計局所設計的水力康拜因等。此數種康拜因並未進行過生產試驗。

ШС-6型康拜因是由三個主要部分組成：1) 用特製鑽齒沿井筒斷面積切削岩石用的裝備；2) 將磨碎岩石排至地面用的吸碎岩的壓風排水設備；3) 帶有築混凝土永久井壁用的移動式模板的混凝土注入泵，這種康拜因的計劃開鑿速度為每月325公尺。

礦山機械設計局所設計的康拜因是由兩個主要部分所組成：一為破碎井內岩石用的設備，一為提昇岩石用的裝備。

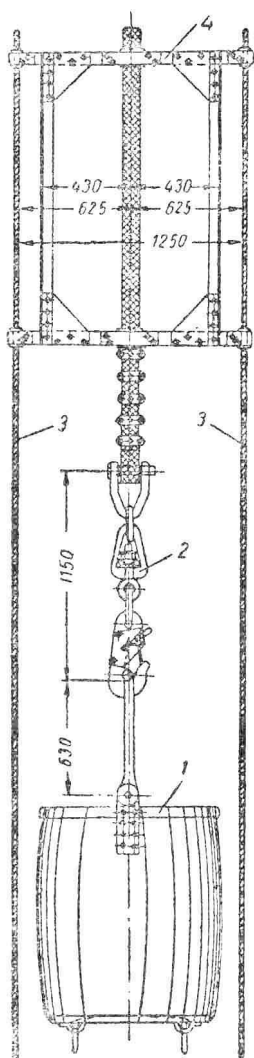
用48個重型風鎬（重250公斤）沿井筒的全面積鑿岩。風鎬固定在金屬架上，並且與金屬架同時旋轉。用刮板機將破碎的岩石運到井筒中央。

提昇岩石的方法有兩種：一種方法是利用提昇機斗；另一種方法

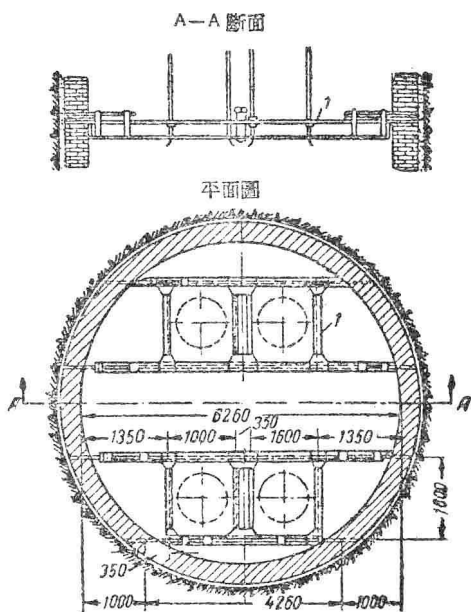
是利用水抽子先將泥漿狀的岩石送到專用漏斗內，然後再用吊桶將泥漿提至地面。這種康拜因的設計開鑿速度為每月 300 公尺。

水力機械設計局所設計的水力康拜因適用於不需爆破岩石的井筒開鑿工作。

水力康拜因由兩個主要部分組成：水唧子及水抽子。



第 7 圖 吊桶提昇
1—吊桶；2—掛鉤設備；
3—繩索；4—滑架。



第 8 圖 繩盤設備
1—繩索

井筒工作面的岩石，用水唧子的水沖擊，然後再用水抽子將泥漿狀的岩石提至地面。可採用金屬沉降式井壁作為永久井壁。水力康拜因的設計開鑿能力為每月 300 公尺。

井筒內提昇岩石、運送材料以及昇降人員都利用吊桶，有時也利用箕斗。如果開鑿井筒的深度不大，可使用生產用的提昇絞車。當開

鑿較深的井筒時，可用兩種專用的提昇絞車：滾筒式的和絞輪式；前一種絞車採用圓形鋼絲繩，後一種絞車用扁形鋼絲繩。開鑿提昇絞車所用的電動機的能力，應根據提昇負荷及提昇速度而定，一般為45—400瓩。

人工裝岩時，可採用容積為0.3—1.5立方公尺的吊桶。機械裝岩時可採用容積為2立方公尺的吊桶。

吊桶在井筒內運行時，經常搖擺，因此有時也就要碰撞和掛住安置在井筒內的設備。

為了避免吊桶的搖擺，需使其在穩繩中間運行。通常都用鋼絲繩作穩繩。鋼絲繩懸掛在吊桶的兩側（第7圖）。繩的一端纏繞在地面提昇絞車的滾筒上，另一端則固定在穩繩盤上，穩繩盤與工作面的距離約為20—30公尺（第8圖）。

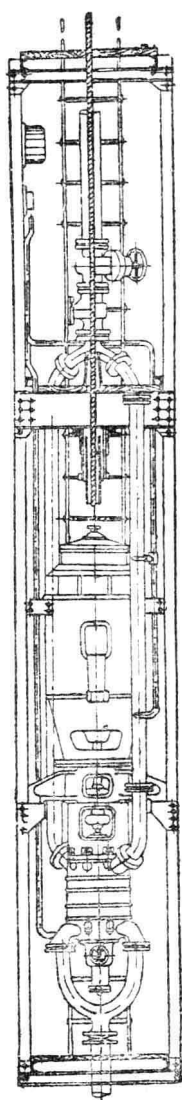
隨着開鑿工作面的前進，穩繩盤也隨着下降。當提昇吊桶時，滑架受吊桶的掛鈎設備承托而沿着穩繩上下。當吊桶下降時，滑架掛在穩繩盤上。而吊桶則可降至掘進工作面。

井筒開鑿時，經常要遇到湧水。假如湧水量並不大時，如每分鐘為10—15公升，則可以用它消除鑽眼及裝岩時所形成的岩塵。流入井筒的水，可在裝岩時與岩石一同裝入吊桶內。

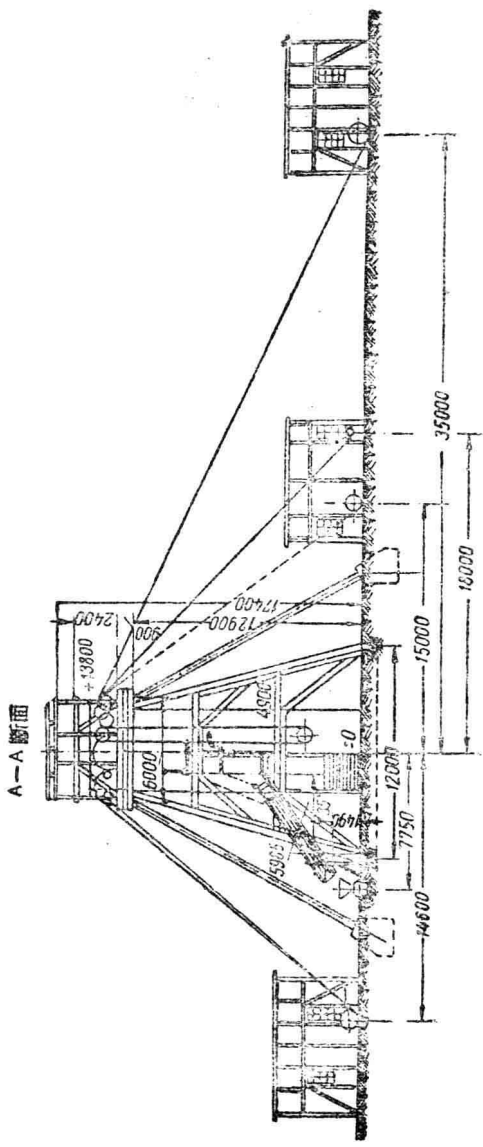
如果井筒內湧水量每小時達6—8立方公尺時，採用HIII-1型氣動自動水泵。該泵位於最低的地方，在裝岩時將水抽入吊桶內。假如井筒內湧水量再大時，可使用離心式吊泵（第9圖）。

在蘇聯，井筒開鑿時曾遇到過每小時2500立方公尺的湧水量。遇到此種情況，則應吊設2—3台（或再多些）吊泵。

應當指出，湧水量大，就會影響到井筒開鑿的速度：開鑿工序進



第9圖 離心式吊泵



行的慢，降低裝岩工的勞動效率以及使開鑿成本顯著增高。

吊泵掛設在提昇絞車的鋼絲繩上，這樣能使吊泵在井筒中的提起和放下方便。吊泵的這種優點能在井筒開鑿時具有很大的意義，因為井筒工作面的位置是不斷變動的，而且還要進行打眼放炮工作等，所以水泵就必須按時的移動。吊泵排水能力每小時為50—600立方公尺。

吊泵的排水管安設在吊泵上，並用卡子固定在鋼絲繩之間。很少將排水管安設在罐道樑上，或掛在單獨的鋼絲繩上。

如果水內混有沙子，粘泥及碴子時，可使用水抽子。水抽子可以將水提昇到60公尺高。水抽子的能力是每小時30—40立方公尺。水抽子內沒有運動部分，其抽水原理主要是利用真空。利用壓力將水由地表沿着特製管子壓入。水經由管子的管嘴噴出，該處水流每分鐘的速度為30—60公尺。因此，就在水抽子內造成真空，從而開始了抽水工作。此種機械之最大缺點就是利用率很低（0.125—0.165）。

有時也將用壓風排水器排水。壓風排水器的工作是以不同比重的液體在相連的容器內運行的原理做為根據的。壓風排水器是由兩種管子組成：外管（直徑為125—150公厘）及內管（直徑為25—50公厘）。將壓縮空氣壓入內管，在兩管的環形空間內壓縮空氣逐漸上昇並與被它帶上的液體混合起來。由於混合結果，環形空間內液體比重減少，液體則漸漸排至壓風排水器的頂端。

上面已經談到過，開鑿工作面在不斷地改變其位置。因此，開鑿設備的位置亦將隨之時時變更。為了加快改變開鑿設備位置這一工序的速度起見，把開鑿設備懸掛在連於地面絞車的鋼絲繩上。絞車設在井架之四周（第10圖）。共有絞車20台。

井筒開鑿是分段進行的，每段的高度如10公尺到50公尺，根據岩石的性質來決定。井筒開鑿時，為了使井幫不致塌落，就架設臨時井壁。臨時井壁採用槽鐵井圈。井圈間用Z型掛鈎連掛。井圈間之距離為0.7—1.5公尺。臨時井壁與井幫之間用楔形背板（厚50公厘的木板）襯緊。

當井筒開鑿到一定深度時，即築永久井壁。築壁工作是由下向上分段進行的。永久井壁的材料採用：木材、磚、混凝土鋼筋混凝土、